文部科学省ナノテクノロジープラットフォーム

第16回ナノテクノロジー総合シンポジウム

JAPAN NANO 2018

"Nanotechnology for Sustainable Development of Society"

Proceedings

NanoTechnology

Date: **February 16th (Fri), 2018**

Venue: **Tokyo Big Sight, Conference Tower (Tokyo)**

Sponsored by

Nanotechnology Platform by the Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology (MEXT)
Center for Nanotechnology Platform, National Institute for Materials Science (NIMS)

The Institutions, participating in the Nanotechnology Platform:

Hokkaido University, Chitose Institute of Science and Technology, Tohoku University, University of Tsukuba, National Institute of Advanced Industrial Science and Technology, The University of Tokyo, Tokyo Institute of Technology, Waseda University, Shinshu University, National Institutes of Natural Sciences Institute for Molecular Science, Nagoya University, Nagoya Institute of Technology, Toyota Technological Institute, Kyoto University, Japan Advanced Institute of Science and Technology, Nara Institute of Science and Technology, Osaka University, Japan Atomic Energy Agency, National Institutes for Quantum and Radiological Science and Technology Hiroshima University, Yamaguchi University, Kagawa University, Kyushu University, Kitakyushu Foundation for the Advancement of Industry Science and Technology Japan Science and Technology Agency

NanotechJapan
Nanotechnology Platform

文部科学省ナノテクノロジープラットフォーム

第16回ナノテクノロジー総合シンポジウム

JAPAN NANO 2018

"Nanotechnology for Sustainable Development of Society"

Proceedings

Date: **February 16th (Fri), 2018**

Venue: **Tokyo Big Sight, Conference Tower (Tokyo)**

Sponsored by

Nanotechnology Platform by the Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology (MEXT)
Center for Nanotechnology Platform, National Institute for Materials Science (NIMS)

The Institutions, participating in the Nanotechnology Platform:

Hokkaido University, Chitose Institute of Science and Technology, Tohoku University, University of Tsukuba, National Institute of Advanced Industrial Science and Technology, The University of Tokyo, Tokyo Institute of Technology, Waseda University, Shinshu University, National Institutes of Natural Sciences Institute for Molecular Science, Nagoya University, Nagoya Institute of Technology, Toyota Technological Institute, Kyoto University, Japan Advanced Institute of Science and Technology, Nara Institute of Science and Technology, Osaka University, Japan Atomic Energy Agency, National Institutes for Quantum and Radiological Science and Technology Hiroshima University, Yamaguchi University, Kagawa University, Kyushu University, Kitakyushu Foundation for the Advancement of Industry Science and Technology Japan Science and Technology Agency

NanotechJapan
Nanotechnology Platform

February 16th, 2018, Reception Hall
2018年2月16日（金） 会議棟1階レセプションホール

10:00-10:10【Opening Remarks / 開会挨拶】

Kazuhito Hashimoto (President, National Institute for Materials Science, Japan)
橋本 和仁（物質・材料研究機構理事長）

Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology/ 文部科学省

10:10-10:45【Plenary Lecture / 基調講演】

Teruo Kishi (Prof. Emeritus at The University of Tokyo / Science & Technology Advisor to the Minister for Foreign Affairs, Japan)
岸 輝雄（東京大学名誉教授／外務大臣科学技術顧問）
"Role of Science & Technology for the Sustainable Development of Society"
「持続可能な社会の発展に向けた科学技術の役割」

10:45-11:15【Special Lecture / 特別講演】

Hideo Ohno (Tohoku University, Japan)
大野 英男（東北大学）
"Nano Spintronics Devices for VLSI and AI"
「超微細スピントロニクス素子とその集積回路、AI 応用」

11:15-12:15【Session 1】

Nanotechnology for Innovation (I) / ナノテクノロジーによるイノベーション (I)

11:15 - **Mihail C. Roco** (National Science Foundation, USA)
"Nanotechnology and other Grand Challenges for Future Society"
「将来に向けたナノテクノロジー及びその他の先端的取り組み」

11:45 - **Suvit Maesincee** (Minister, Ministry of Science & Technology, Thailand)
"Thailand 4.0 - Thriving in the 21st Century in the Time of Changes"
「タイ 4.0 - 21 世紀の繁栄」

12:15 - 13:30 Lunch / 昼食

12:15 - Poster Presentation on Activities of Nanotechnology Platform
ナノテクノロジープラットフォーム利用成果ポスター展示

13:30-14:30【Session 2】

Nanotechnology for Innovation (II) / ナノテクノロジーによるイノベーション (II)

13:30 - **Jean-Charles Guibert** (MINATEC, France)
"Nanomaterials Based Start-Up, the MINATEC Experience"
「ナノテクノロジー研究開発拠点 MINATEC」

14:00 - **Oliver Brand** (Georgia Institute of Technology, USA)
"National Nanotechnology Coordinated Infrastructure : an NSF - funded Nanotechnology Lab Network in the United States"
「米国ナノテクノロジー共用施設ネットワーク、NNCI」

14:30 - 14:50 Break and Poster Presentation / 休憩・ポスター発表

14:50-15:50【Session 3】

Nanotechnology for Innovation (III) / ナノテクノロジーによるイノベーション (III)

14:50 - **Shiro Hara** (National Institute of Advanced Industrial Science and Technology, Japan)
原 史朗（産業技術総合研究所）
"Minimal Fab Realized as a One-by-One Device Production System to Individualize the Device Industry"
「産業が "Individual" になる～実用域に達した超小型デバイス生産システム・ミニマルファブ」

15:20 - **Genki Yoshikawa** (National Institute for Materials Science, Japan)
吉川 元起（物質・材料研究機構）
"Comprehensive Development and Industry-Academia-Government Collaboration toward Standard IoT Olfactory Sensor Systems"
「嗅覚 IoT センサシステムの標準化に向けた総合的研究開発と産学官連携」

15:50-16:20【Session 4】

nanotech 2017 award lecture / nanotech 大賞 2017 受賞者講演

15:50 - **Kohei Arakawa** (Zeon Nano Technology Co., Ltd., Japan)
荒川 公平（ゼオンナノテクノロジー株式会社）
"Innovations Induced by Single Walled CNTs"
「単層 CNT に誘発されるイノベーション」

16:20-17:20【Session 5】

Topics of Nanotechnology Platform / ナノテクノロジープラットフォーム利用主要成果講演

16:20 - **Syo Matsumura** (Kyushu University, Japan)
松村 晶（九州大学）
"Atomic Resolution Electron Microscopy of Nanoparticles for Development of Advanced Catalysts"
「高分解能電子顕微鏡によるナノ粒子の状態解析の進展と新たな触媒機能の開発」

16:40 - **Kohei Sasaki** (Novel Crystal Technology, Inc. / TAMURA CORPORATION, Japan)
佐々木 公平（株式会社ノベルクリスタルテクノロジー／株式会社タムラ製作所）
"Ga_2O_3 Trench MOS-type Schottky Barrier Diodes"
「トレンチ MOS 構造を設けた Ga_2O_3 ショットキーバリアダイオード」

17:00 - **Shohei Saito** (Kyoto University, Japan)
齊藤 尚平（京都大学）
"Light-melt Adhesive as a New Application of Liquid Crystals"
「光で剥がせる液晶接着「ライトメルト接着材料」の開発」

17:20-17:25【Closing Remarks / 閉会挨拶】

Shigeo Tanuma
(Chairperson of the Organizing Committee of JAPAN NANO 2018 / Director, Center for Nanotechnology Platform, National Institute for Materials Science, Japan)
田沼 繁夫（JAPAN NANO 2018組織委員長、物質・材料研究機構ナノテクノロジープラットフォームセンター長）

Contents / 目次

Plenary Lecture / 基調講演

"Role of Science & Technology for the Sustainable Development of Society" 10
「持続可能な社会の発展に向けた科学技術の役割」
Teruo Kishi (Prof. Emeritus at The University of Tokyo / Science & Technology Advisor to the Minister for Foreign Affairs, Japan)
岸 輝雄（東京大学名誉教授／外務大臣科学技術顧問）

Special Lecture / 特別講演

"Nano Spintronics Devices for VLSI and AI" 16
「超微細スピントロニクス素子とその集積回路、AI 応用」
Hideo Ohno (Tohoku University, Japan)
大野 英男（東北大学）

Session 1: Nanotechnology for Innovation (I) / ナノテクノロジーによるイノベーション (I)

"Nanotechnology and other Grand Challenges for Future Society" 22
「将来に向けたナノテクノロジー及びその他の先端的取り組み」
Mihail C. Roco (National Science Foundation, USA)

"Thailand 4.0 - Thriving in the 21st Century in the Time of Changes" 24
「タイ 4.0 - 21 世紀の繁栄」
Suvit Maesincee (Minister, Ministry of Science & Technology, Thailand)

Poster Presentation on Activities of Nanotechnology Platform
ナノテクノロジープラットフォーム利用成果ポスター展示

Session 2: Nanotechnology for Innovation (II) / ナノテクノロジーによるイノベーション (II)

"Nanomaterials Based Start-Up, the MINATEC Experience" 30
「ナノテクノロジー研究開発拠点 MINATEC」
Jean-Charles Guibert (MINATEC, France)

"National Nanotechnology Coordinated Infrastructure : an NSF - funded Nanotechnology Lab Network in the United States" 32
「米国ナノテクノロジー共用施設ネットワーク、NNCI」
Oliver Brand (Georgia Institute of Technology, USA)

Session 3: Nanotechnology for Innovation (III) / ナノテクノロジーによるイノベーション (III)

"Minimal Fab Realized as a One-by-One Device Production System to Individualize the Device Industry" …… 38
「産業が"Individual"になる～実用域に達した超小型デバイス生産システム・ミニマルファブ」
Shiro Hara (National Institute of Advanced Industrial Science and Technology, Japan)
原 史朗（産業技術総合研究所）

"Comprehensive Development and Industry-Academia-Government Collaboration toward Standard IoT Olfactory Sensor Systems" …… 40
「嗅覚 IoT センサシステムの標準化に向けた総合的研究開発と産学官連携」
Genki Yoshikawa (National Institute for Materials Science, Japan)
吉川 元起（物質・材料研究機構）

Session 4: nanotech 2017 award lecture / nanotech 大賞 2017 受賞者講演

"Innovations Induced by Single Walled CNTs" …… 46
「単層 CNT に誘発されるイノベーション」
Kohei Arakawa (Zeon Nano Technology Co., Ltd., Japan)
荒川 公平（ゼオンナノテクノロジー株式会社）

Session 5: Topics of Nanotechnology Platform / ナノテクノロジープラットフォーム利用主要成果講演

"Atomic Resolution Electron Microscopy of Nanoparticles for Development of Advanced Catalysts" …… 52
「高分解能電子顕微鏡によるナノ粒子の状態解析の進展と新たな触媒機能の開発」
Syo Matsumura (Kyushu University, Japan)
松村 晶（九州大学）

"Ga_2O_3 Trench MOS-type Schottky Barrier Diodes" …… 54
「トレンチ MOS 構造を設けた Ga_2O_3 ショットキーバリアダイオード」
Kohei Sasaki (Novel Crystal Technology, Inc. / TAMURA CORPORATION, Japan)
佐々木 公平（株式会社ノベルクリスタルテクノロジー／株式会社タムラ製作所）

"Light-melt Adhesive as a New Application of Liquid Crystals" …… 56
「光で剥がせる液晶接着「ライトメルト接着材料」の開発」
Shohei Saito (Kyoto University, Japan)
齊藤 尚平（京都大学）

【Plenary Lecture / 基調講演】

“Role of Science & Technology for the Sustainable Development of Society”

「持続可能な社会の発展に向けた科学技術の役割」

Teruo Kishi (Prof. Emeritus at The University of Tokyo /
Science & Technology Advisor to the Minister for Foreign Affairs, Japan)

岸 輝雄（東京大学名誉教授／外務大臣科学技術顧問）

Roles of Science & Technology for the Sustainable Development of Society

T. Kishi

Prof. Emeritus, University of Tokyo
Science & Technology Advisor to the Minister for Foreign Affairs

Abstract

The 2030 Agenda for Sustainable Development (the 2030 Agenda) is a set of international development goals from 2016 to 2030, which was adopted by the UN Sustainable Development Summit held in September 2015. The 2030 Agenda listed "Sustainable Development Goals (SDGs)" consisting of 17 goals in order to eradicate poverty and realize a sustainable world, several of which demand advanced science and technology including those in the areas of nanotechnology and materials. For example, to "3. Good health and well-being", "6. Clean and sanitation", "7. Affordable and clean energy", innovative nanotechnology and materials for life, environment and energy can contribute directly, and also, to "8. Decent work and Economic growth", "9. Industry, innovation and infrastructure, "11. Sustainable cities and communities", and "12. Responsible consumption and production", nanotechnologies and materials for manufacturing, IT, civil engineering, transportation will be widely applied.

In the lecture, for planning strategies to achieve such goals, the past, present and future of science and technology, especially in the areas of nanotechnology and materials, are reviewed and discussed. For example, regarding structural materials, ongoing two large government R&D projects will be introduced. One is called ISMA, the Innovative Structural Materials Association, supported by METI, the Ministry of Economy, and Trade and Industry, and the other is SIP-SM^{4}I, Structural Materials for Innovation of the Strategic Innovation Promotion Program, supported by CAO, the Cabinet Office. Both in ISMA and SIP-SM^{4}I, materials for transportation are being developed: mainly ISMA for automobiles and SIP-SM^{4}I for aircrafts. In ISMA, for drastic weight reduction, light and strong materials including steels, aluminum alloys, titanium alloys, magnesium alloys, and CFRP, and their joining technologies are being developed. On the other hand, in SIP-SM^{4}I, as well as light and strong materials, heat resistant materials are demanded for higher thermal efficiency of aircraft engines, and CFRP, titanium alloys, nickel-base alloys, titanium aluminide intermetallic compounds, SiC/SiC ceramics matrix composites are being developed. Furthermore, materials integration, the integrated systems of theories, numerical simulation, experimental data and rules, and informatics including AI tools relating to materials science and engineering, are being developed in order to speed up materials design.

岸　輝雄（きし　てるお）

新構造材料技術研究組合 理事長
東京大学 名誉教授
外務大臣科学技術顧問

Teruo Kishi is the President of Innovative Structural Materials Association (ISMA). He is also the Program Director for SIP (Cross-ministerial Strategic Innovation Promotion Program) at Cabinet Office, Government of Japan. And he is Science and Technology Advisor to the Minister for Foreign Affairs from September 2015. He is NIMS Advisor Emeritus of the National Institute for Materials Science (NIMS) after serving as the first President of NIMS from April 2001 till June 2009 and Professor Emeritus, the University of Tokyo.

Teruo Kishi received the degree of Doctor of Engineering from the University of Tokyo in 1969. His expertise is materials science, especially fracture mechanics and nondestructive testing of metal, ceramics and composite materials. He was Associate Professor, the Institute of Space and Aeronautical Science (ISAS), the University of Tokyo in 1974, Professor, the Research Center for Advanced Science and Technology (RCAST), the University of Tokyo in 1988, Director General of RCAST in 1995, and Director General of the National Institute for Advanced Interdisciplinary Research, Ministry of International Trade and Industry (MITI) in 1997. He was Vice President of the Science Council of Japan in 2003 and the President of the Japan Federation of Engineering Societies in 2007. He is also Advisor of Four University Nano-micro Consortium, Advisor of Tsukuba Innovation Arena, Director of Strategic International Program of Japan Science and Technology Agency (JST), Management Council Member of the University of Tokyo, Tohoku University and University of Tsukuba.

At present, Teruo Kishi devotes to the research and development of structural materials such as steels, nonferrous metals, composite materials for automobiles and aircrafts at ISMA and SIP program, respectively.

Teruo Kishi received the following awards: Fellow of the Society, the American Ceramic Society (1996), Officer de l'Ordre National du Merite, France (2004), Honda Memorial Award, Honda Foundation (2006), Barkhausen Award, Dresden, Germany (2007), Carl-von-Bach-Medal Award, Germany (2009), Distinguished Life Membership, ASM, USA (2010), Ostwald Fellowhip, BAM, Germany (2010), and Fellow of the Japan Federation of Engineering Societies, etc.

Profile

東京大学大学院工学系研究科博士課程修了（工学博士）

1969 年	3 月	東京大学助手、同宇宙航空研究所助教授、工学部助教授、先端科学技術研究センター教授（現在 名誉教授）
1995 年	4 月	先端科学技術研究センター長
1996 年	4 月	通商産業省工業技術院産業技術融合領域研究所長
1997 年	7 月	日本学術会議会員（17-20 期）
2001 年	4 月	独立行政法人物質・材料研究機構理事長（現在 名誉顧問）
2003 年	7 月	日本学術会議副会長
2013 年	10 月	新構造材料技術研究組合理事長
2013 年	12 月	内閣府政策参与 科学技術政策・イノベーション担当 PD
2015 年	9 月	外務省参与　外務大臣科学技術顧問

その他西ドイツゲッチンゲン大学フェロー、日本工学会会長などを歴任。本多記念賞、フランス国家功労勲章、バルクハウゼン賞、ASM 栄誉終身フェローなどを受賞。

【Special Lecture / 特別講演】

“Nano Spintronics Devices for VLSI and AI”

「超微細スピントロニクス素子とその集積回路、AI 応用」

Hideo Ohno (Tohoku University, Japan)
大野 英男（東北大学）

Nano Spintronics Devices for VLSI and AI

Hideo Ohno[1-5*]

[1]Laboratory for Nanoelectronics and Spintronics, Research Institute of Electrical Communication, Tohoku University, 2-1-1 Katahira, Aoba-ku, Sendai, 980-8577 Japan
[2]Center for Spintronics Integrated Systems, Tohoku University, Sendai, Japan
[3]Center for Innovative Integrated Electronics, Tohoku University, Japan
[4]WPI Advanced Institute for Materials Research, Tohoku University, Sendai, Japan
[5]Center for Spintronics Research Network, Tohoku University, Sendai, Japan
*Email: ohno@riec.tohoku.ac.jp

Development of spintronics nonvolatile nano-devices and their integration with CMOS circuits is critical to realize standby power free, low-power consumption, yet high performance integrated circuits for Internet-of-Things (IoT), high performance computing and artificial intelligence. Endurance and low supply-voltage operation make these spintronics device the only known nonvolatile memory option capable of being used in the place of currently volatile, and hence leaky, working memories such as DRAM and SRAM [1]. Magnetic tunnel junction (MTJ), a two-terminal nonvolatile spintronic device that can scale down to 20 nm with the perpendicular-easy-axis CoFeB-MgO system [2, 3], is the device most widely employed for such a purpose. I will review the development of MTJs, and discuss about its ultimate scalability beyond 10 nm by showing MTJs with current induced switching and high thermal stability in the range of 8 nm [4]. I will then describe the work on three-terminal devices that separate the write current path from the read current path; another important entity suitable for high-speed operation. While three-terminal devices utilizing current-induced domain wall motion show favorable features [5], here I focus on those devices that utilize spin-orbit torque arising from heavy metals as well as from antiferromagnets [6-10]; the latter is shown to operate as analog memory suitable for neuromorphic applications [11]. If time allows, I will touch upon the nonvolatile integrated circuits utilizing developed MTJs.

Work supported in part by the ImPACT Program of CSTI, the R & D for Next-Generation Information Technology of MEXT, Grant-in-Aid for Specially Promoted Research (17H06093) and the FIRST Program.

References

[1] H. Ohno, International Electron Device Meeting (IEDM) (invited) 9.4.1 (2010).
[2] S. Ikeda, *et al. Nature Materials,* **9**, 721 (2010).
[3] H. Sato, *et al.* IEDM 2013 and *Appl. Phys. Lett.* **105**, 062403 (2014).
[4] K. Watanabe, *et al.* to appear (2018).
[5] S. Fukami, *et al.* IEDM 2013; *Nature Comm.* 4:2293 doi: 10.1038/ncomms3293 (2013); *IEEE Tras. Mag.* **50**, 34106 (2014); *Phys. Rev. B* **91**, 235401 (2015).
[6] M. Yamanouchi, *et al. Appl. Phys. Lett.* **102**, 212408 (2013).
[7] C. Zhang, *et al. Appl. Phys. Lett.* **107**, 012401 (2015).
[8] S. Fukami *et al. Nature Nanotechnology* doi:10.1028/nnano2016.29 (2016).
[9] S. Fukami *et al.* 2016 *Symp. on VLSI Tech.*, T06-5 (2016).
[10] S. Fukami *et al. Nature Materials* **15**, 535 (2016); doi:10.1038/nmat4566.
[11] W. A. Borders *et al.*, *Appl. Phys. Express* **10**, 013007 (2017).

Professor Hideo Ohno received the Ph.D. degree from the University of Tokyo in 1982. He is Director of Research Institute of Electrical Communication, Director of Center for Spintronics Integrated System, Principal Investigator of WPI Advanced Institute for Materials Research, Professor of Center for Innovative Integrated Electronic Systems, and Director of Center for Spintronics Research Network, all at Tohoku University. His current research interests include physics and applications of spin phenomena in semiconductors and metal-based nanostructures. Professor Ohno received the IBM Japan Science Award (1998), the IUPAP Magnetism Prize (2003), Japan Academy Prize (2005), Presidential Prize for Research Excellence, Tohoku University (2005) and the 2005 Agilent Technologies Europhysics Prize. He has been a fellow of the Institute of Physics (IOP) since 2004, an honorary professor of Institute of Semiconductors, Chinese Academy of Sciences since 2006, a fellow of the Japan Society of Applied Physics (JSAP) since 2007, a fellow of American Physical Society (APS) since 2012 and a fellow of Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE) since 2018. IEEE Magnetics Society named him for the Distinguished Lecturer for 2009. He was awarded the Thomson Reuters Citation Laureate (2011), the JSAP Outstanding Achievement Award, IEEE David Sarnoff Award (2012), JSAP Compound Semiconductor Electronics Achievement Award (2015), Leo Esaki Prize (2016), C&C Prize (2016) and The Commendation for Science and Technology by the Minister of Education, Culture, Sports, Science and Technology (2017). He is currently Tohoku University Distinguished Professor.

Session 1
【Nanotechnology for Innovation (I) / ナノテクノロジーによるイノベーション (I)】

“Nanotechnology and other Grand Challenges for Future Socity”

「将来に向けたナノテクノロジー及びその他の先端的取り組み」

Mihail C. Roco (National Science Foundation, USA)

“Thailand 4.0 - Thriving in the 21st Century in the Time of Changes”

「タイ 4.0 - 21 世紀の繁栄」

Suvit Maesincee (Minister, Ministry of Science & Technology, Thailand)

Nanotechnology and Other Grand Challenges for Future Society

Mihail C. Roco

National Science Foundation and U.S. National Nanotechnology Initiative
2415 Eisenhower Avenue, Alexandria, VA 22314, USA

Abstract

The science and technology evolve increasingly turbulent, coherent and divergent. Two general trends for understanding and finding solutions for progress are applying convergence science and giving priority to emerging foundational science and technology fields. Three stages of science and technology convergence are nanotechnology, foundational emerging technologies, and global society oriented initiatives. Nanotechnology is a global grand challenge since 2000. Several trends for grand challenges in science and engineering in the next decade will be evaluated.

This presentation will outline the basic theories, principles and methods underlying the convergence science, and on that basis its application to education, research, production and other societal activities. Knowledge, technology and society convergence is developing as a general-purpose framework for decision- making and problem-solving [1], [2]. It provides an approach for advancing not only science and engineering but also business and policies. Examples of opportunities for convergence include a platform for human–technology coevolution using intelligent cognitive assistants, and the expansion of citizen science and technology.

The development of nanotechnology between 2000 and 2016 as reflected in the Word of Science papers, United States Patent and Trade Office (USPTO), World International Patent Office (WIPO) patents, and National Science Foundation (NSF) funding, will be presented with a special reference to the United States, European Union, P.R. China, Japan and South Korea. The field of nanotechnology is branching out into novel scientific and technology platforms, and it is increasingly difficult to separate foundational nanoscale components from divergent application areas. The average global growth rate has been sustained at about 15% for both papers and patents in the selected interval. The growth rates per regions are nonuniform. P.R. China and South Korea have increased faster in both the numbers and quality of their scientific publications, and currently P.R. China has the largest volume of nanotechnology publications and South Korea the most publications per capita in the field of nanotechnology. The US, EU27 and Japan have maintaining the leadership in the upstream, better cited, conceptual components of nanotechnology R&D.

References

[1] M.C Roco, W.S. Bainbridge, B. Tonn, G. Whitesides, 2013. "Convergence of Knowledge, Technology and Society: Beyond Convergence of Nano-Bio-Info-Cogno Technologies", Book Springer, Dordrecht/Boston/Berlin, 600p. (available on: http://www.wtec.org/NBIC2-Report/)

[2] W.S. Bainbridge and M.C. Roco. 2016. Handbook of Convergence in Science and Technology. Springer Reference Volume. Berlin, 1154p. Springer 2016.

[3] H. Zhu, S. Jiang, HC Chen and M.C. Roco. 2017. International perspective on nanotechnology papers, patents, and NSF awards (2000–2016), J Nanopart Res (2017) 19: 370

Bio-note

Mihail C. Roco, PhD

National Science Foundation and National Nanotechnology Initiative

Mike Roco is the Senior Advisor for Science and Engineering at the National Science Foundation and founding chair of the U.S. National Science and Technology Council's subcommittee on Nanoscale Science, Engineering and Technology (NSET). Prior to joining National Science Foundation, he was professor of mechanical and chemical engineering. Dr. Roco is credited with thirteen inventions, contributed over two hundred articles and twenty books. Dr. Roco is correspondent member of the Swiss Academy of Engineering Sciences, member of the European Academy of Sciences and Arts, Honorary member of the Romanian Academy, and Fellow of ASME, IoPhysics and AIChE. He was awarded the U.S. National Materials Advancement Award in 2007 "as the individual most responsible for support and investment in nanotechnology by government, industry, and academia worldwide", and received the IUMRS "Global Leadership and Service Award" at the EU Parliament in 2015 for "vision and dedicated leadership ...that has made major impact to all citizens around the world."

Thailand 4.0 - Thriving in the 21st Century in the Time of Changes

Dr. Suvit Maesincee

Minister of Science and Technology
Ministry of Science and Technology
75/47 Rama VI Rd, Phaya Thai, Ratchathewi, Bangkok, 10400, Thailand

Abstract

We are living in the age of disruptions in nature, society, and technology. To thrive in the 21st century, Thailand needs to find creative ways to succeed in new environments. This talk will introduce our new economic model called "Thailand 4.0", that will lead Thailand out of 'the middle income trap' to achieve economic goals through innovation. In Thailand 4.0 model, we aim to reduce the three imbalances: the imbalances between human and nature, between human and human, and between human and technology. New government programs will focus on three types of economy: circular economy to promote sustainability, distributive economy to uplift inequality, and innovate economy to increase our competitiveness. In addition, the Thai government also aims to prepare the 21st century citizen via major investments to promote learning and mastering of knowledge in all age groups.

Based on the underlying concept of Thailand 4.0, this talk will highlight how Ministry of Science and Technology (MOST) translates the policies into actions and generates positive impacts on economy and people health and well being. The roles of MOST in the new Thai government's major investments, the Eastern Economic Corridor of Innovation (EECi), will also be elucidated.

SUVIT MAESINCEE

Full Name Suvit Maesincee, Ph.D.
Current Position Minister of Science and Technology

Education

- Ph.D. in Marketing, Kellogg Graduate School of Management, Northwestern University, U.S.A.
- MBA, School of Business Administration, National Institute of Development Administration (NIDA), Thailand
- Bachelor of Pharmacy, Faculty of Pharmacy, Mahidol University, Thailand

Key Experience

2016-2017 Minister Attached to the Prime Minister's Office
2015-2016 Deputy Minister of Commerce
Board of Director, Thai Oil Public Co. Ltd.
Board of Director, Krungthai Card Public Co. Ltd.
Borad of Director, Berli Jucker Public Co. Ltd.
2008-2014 Director of Sasin Institute for Global Affairs,
Sasin Graduate Institute of Business Administration, Chulalongkorn University
2007-2011 Advisory Board of Market for Alternative Investment (MAI), The Stock Exchange of Thailand
2005-2006 Vice Minister for Commerce, Ministry of Commerce
2004-2005 Vice Minister of the Office of the Prime Minister
2004 Advisor to the Deputy Prime Minister
(Dr. Somkid Jatusripitak)
2000-2001 Senior Consultant, L.E.K. Consulting

Selected Publications

1. "Thailand Stand-up Bangkok: BrandAge Books, 2005"
2. "The Marketing of Nations: A Strategic Approach for Building the National Wealth" with Philip Kotler and Somkid Jatusripitak: The FreePress, 1997
3. "Marketing Moves: An Integrated Approach for Profit, Growth and Market Renewal" with Philip Kotler and Dipak C. Jain: Harvard Business School Press, 2002

Session 2
【Nanotechnology for Innovation (II) / ナノテクノロジーによるイノベーション (II)】

“Nanomaterials Based Start-Up, the MINATEC Experience”

「ナノテクノロジー研究開発拠点 MINATEC」

Jean-Charles Guibert (MINATEC, France)

“National Nanotechnology Coordinated Infrastructure : an NSF - funded Nanotechnology Lab Network in the United States”

「米国ナノテクノロジー共用施設ネットワーク、NNCI」

Oliver Brand (Georgia Institute of Technology, USA)

Nanomaterials Based Start-Up: the MINATEC® Experience

Jean-Charles Guibert

CEA-MINATEC, France

Abstract

Grenoble history is based on a strong engineering culture around the triple helix higher education, research and industry.

This engineering culture started from 1870 with the development of all the necessary technologies to capture energy from water falls, then develop paper making industry, leading to electrotechnology, and in the seventies Grenoble city emerges as a forerunner to microelectronics.

At the end of the nineties, Leti institute management was convinced that a new model has to be adopted to face the challenges of nanotechnology and that entering in the nano-era requires an increasingly significant effort in basic research and consecutive development.

So, following the Grenoble culture of technology transfer from research to industry, in order to boost the economic impact of investment in public research, the innovation campus in MIcro and NAnoTEChnologies MINATEC was thought as a place to manage the integration of knowledge based results from academic research in applied research programs. These programs are conducted within public-private partnership and target high TRL in products available daily at an affordable price by customers.

Today MINATEC hosts more than 4000 research oriented staff from masters students to industrial staff of partners, covering 150.000 sqm of building in which 12.000 sqm of clean room dedicated to micro and nanotechnologies.

A favourite way to transfer knowledge to industry is via the creation of start-up because start-up is a very effective way to move invention into innovations for the market. This trend is supported by young researchers looking to develop their own company.

In regard of the field of activities of MINATEC laboratories, materials were, are and will be at the core of multiple applications fuelled by start-up innovative products.

In fact, MINATEC campus teams have created more than 50 material based companies, companies still active on MINATEC campus for many of them. All these companies are based on MINATEC Laboratories background including proprietary IP.

This is supporting the MINATEC business model, with a strong income in term of R&D contract and licence, and now 30 % of campus revenue is based on income from these start-ups. In addition, a complementary revenue could be obtained through the mandatory15% shares as founder laboratory and very often an additional 15% shares in capital investment through our own venture capital company.

Within the presentation, we will cover multiple examples of these materials based start-up.

Jean-Charles Guibert

CEA
Senior advisor to the CEO for innovation, Chairman of MINATEC®

Jean-Charles Guibert graduated in 1981 from Languedoc University "Institut des Sciences de l'Ingénieur de Montpellier" in Materials science and then in 1983 from Strasbourg University "Ecole d'Application des Hauts Polymères" in Polymer science.

In the 80's and 90's, Jean-Charles Guibert was actively involved in managing the development of lithographic activities and microelectronics program at CEA-Leti, the Europe's largest microelectronics research centre.

In 2000, as deputy manager of CEA-Leti in charge of strategic marketing and international partnership development, he took an active role in the development of the MINATEC, one of the largest world-wide innovation campus in Micro-Nano-Bio Technologies.

In October 2004, Jean-Charles Guibert was appointed Director for the Technology Transfer activities of CEA, a leading Research Technological Organisation in Europe (15.000 staff, 3.3 B€ annual budget), ranked as N°1 RTO worldwide from Thomson Reuters. This responsibility until 2016 covered different activities, ie strategic marketing, contracts, intellectual property and start-up creation.

From January 2017, Jean-charles Guibert is senior advisor to the CEO of CEA for innovation at international.

In addition, Jean-Charles Guibert was elected as Chairman of MINATEC in June 2008 by the steering committee. His on-going mission is to foster cross-exchanges between the different institutions within Minatec and to develop an international vision and recognition.

Jean-Charles Guibert is an expert for the European commission and multiple national authorities for innovation activities in the field of new technologies. He is a permanent member of the commission in charge to evaluate French innovation policies.

He is also at the board of different companies and non-profit organisations related to technology transfer activities, like the European TTO circle.

Jean-Charles Guibert is Doctor Honoris Causa of INRS - Université of Quebec / Canada.

National Nanotechnology Coordinated Infrastructure: an NSF-Funded Nanotechnology Lab Network in the United States

[1,2]Oliver Brand and [1]David Gottfried

[1]Institute for Electronics and Nanotechnology, Georgia Institute of Technology
345 Ferst Drive, Atlanta GA 30332-1000, USA

[2]School of Electrical and Computer Engineering, Georgia Institute of Technology
777 Atlantic Drive, Atlanta GA 30332-0250, USA

Abstract

The presentation will provide an overview of the National Nanotechnology Coordinated Infrastructure (NNCI), an NSF-funded network of 16 academic nano-fabrication and characterization sites and their partners in the US, formed to advance research in nanoscale science, engineering and technology. The NNCI sites are located in 17 states and involve 29 universities and other partner organizations that provide researchers from academia, small and large companies, and government with access to university user facilities with leading-edge fabrication and characterization tools, instrumentation, and expertise within all disciplines of nanoscale science, engineering and technology. In addition, the NNCI program supports a wide range of educational and outreach as well as societal and ethical implications (SEI) activities.

I. NNCI by the Numbers

The 16 NNCI sites and their 13 partners (universities, colleges, national labs, and non-profit foundations) are geographically distributed across the United States (see Fig. 1) and provide access to more than 2,000 tools located in 67 distinct facilities.

During the second year of the program, which concluded in September 2017, the 16 NNCI sites served more than 12,400 users, including >3,100 users external to the NNCI sites and their partners. The network users represent >200 academic institutions and >800 companies, as well as >50 international organizations. In the one-year period, almost 5,000 new users were trained within the network and >900,000 facility hours were logged. Almost 5,000 users use the facilities and tools available within the NNCI on a monthly basis.

The majority of the users come to the NNCI facilities and use the tools themselves, paying for tool access based on site-specific fee structures. In particular for external users, timely access to the research infrastructure offered by the network, including efficient safety and tool training, as well as excellent support by technical staff are crucial. Besides using the tools on site, some of the NNCI sites offer remote service capabilities, where site staff can perform certain processes or measurements for the users. Details on the network and its capabilities can be found at http://www.nnci.net.

Fig. 1: Location of the 16 NNCI network sites (including their partners).

II. NNCI Supported Research

As to be expected, the nanofabrication activities supported by the network are very broad and include lithography-defined ("top-down") as well as material-synthesis-based ("bottomup") processes, both complemented by substantial nanoscale imaging and metrology efforts in dedicated characterization facilities. The supported research activities span the full spectrum from materials and process development to complex devices, systems and their applications. Fig. 2 shows a breakdown of the users by self-selected discipline. Increasingly users are affiliated with disciplines such as life, environmental or geo sciences that traditionally have not used micro/nanofabrication facilities and typically require additional staff support and training to accomplish their tasks. This clearly shows the growing impact nanotechnology is having on a variety of disciplines, but also presents a challenge to adequately support a more diverse user base.

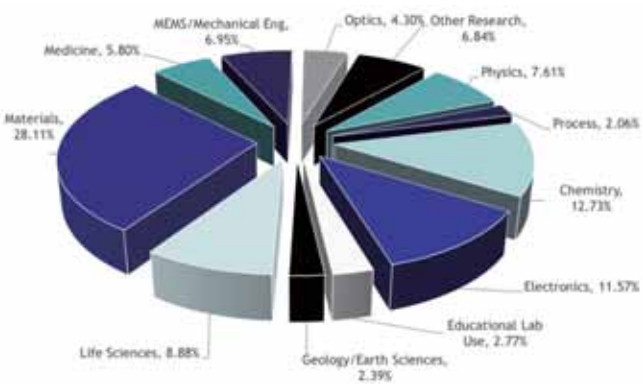


Fig. 2: NNCI users by discipline.

III. NNCI Education, Outreach and SEI Activities

NNCI's Education and Outreach (E&O) mission seeks to (1) offer education and training to address the growing need for a skilled workforce and informed public; (2) provide resources, programs, and materials to enhance knowledge of nanotechnology and its application to real-world issues; and (3) support the US economy by enabling a STEM-literate workforce ready to meet the technological challenges of a nano-enabled economy. To this end, the NNCI sites support a wide variety of local, regional and national programs that target the general public, K-12 community, undergraduate, graduate and postgraduate students, community colleges and the general workforce, reaching tens of thousands annually. One of the signature E&O programs is a *Research Experience for Undergraduates (REU)* summer program that is offered by most NNCI sites and culminates in a network wide REU Convocation at the end of the summer. In 2017, 56 NNCI REU students as well as 6 international REU (iREU) students participating in a summer program at NIMS, Japan (funded through Cornell University) and 4 visiting graduate students from Japan participated in the REU convocation.

The NNCI program also supports societal and ethical implications (SEI) efforts that provide awareness to the impacts of nanotechnologies as we conceive them, develop them, and implement them. One ongoing activity is Science Outside the Lab, a yearly policy workshop in Washington, DC for graduate student scientists and engineers, organized by the NNCI site at Arizona State University, where students meet with policymakers, funders, regulators, and lobbyists.

Speaker Biosketch: Prof. Oliver Brand is a Professor in the School of Electrical and Computer Engineering and the Executive Director of the Institute for Electronics and Nanotechnology at the Georgia Institute of Technology. He received his diploma degree in Physics from Technical University Karlsruhe, Germany in 1990 and his Ph.D. degree from ETH Zurich, Switzerland in 1994. From 1995 to 1997, he worked as a postdoctoral fellow at the Georgia Institute of Technology. Before joining the faculty of the Georgia Institute of Technology in 2003, he was a lecturer at ETH Zurich in Zurich, Switzerland and deputy director of the Physical Electronics Laboratory (PEL) from 1997 until 2002. Dr. Brand has co-authored more than 200 publications in scientific journals and conference proceedings. His research interests are in the areas of integrated microsystems, microsensors, MEMS fabrication technologies, and microsystem packaging. Since 2016, he serves as the Director of the Coordinating Office of the NSF-funded National Nanotechnology Coordinated Infrastructure (NNCI).

Session 3
【Nanotechnology for Innovation (III) / ナノテクノロジーによるイノベーション (III)】

“Minimal Fab Realized as a One-by-One Device Production System to Individualize the Device Industry”

「産業が“Individual”になる～実用域に達した超小型デバイス生産システム・ミニマルファブ」

Shiro Hara (National Institute of Advanced Industrial Science and Technology, Japan)
原 史朗（産業技術総合研究所）

“Comprehensive Development and Industry-Academia-Government Collaboration toward Standard IoT Olfactory Sensor Systems”

「嗅覚 IoT センサシステムの標準化に向けた総合的研究開発と産学官連携」

Genki Yoshikawa (National Institute for Materials Science, Japan)
吉川 元起（物質・材料研究機構）

Minimal Fab Realized as a One-by-One Device Production System to Individualize the Device Industry

S. Hara, S. Khumpuang, Y. Ishida, J. Kurumida, S. Ikeda, and H. Maekawa

AIST,
1-1-1 AIST Tsukuba Central 2, Tsukuba, Ibaraki 305-8568, Japan

I. INTRODUCTION

A recent semiconductor fab needs a huge investment cost of around 5 billion dollars. One of the problems in the oligopolistic volume-driven fab is that the fab is not suitable for low-volume device markets [1]. The number of each order in the low-volume market is very small, but it forms a large market when the orders are summed up. The minimal fab we propose uses a small wafer with a half inch in diameter and is a type of fab designed for the low-volume devices. It can produce a device one by one by built-to-order. It is also effective for research and development of devices.

II. DEFINITION AND FEATURES OF THE MINIMAL FAB

The minimal fab is defined as the following three elements: (1) The wafer diameter is a half inch, whose wafer area is around 1/1,000 of that of a conventional 12" wafer, (2) A tool size is standardized as W294 × D450 × H1440 mm, which is almost the size of a human, (3) the cleanroom is not required by using a clean-localized system, where environmental space is cleaned only in the wafer space comprised of a wafer transfer vehicle named minimal shuttle (Fig. 1(a)), a wafer loading system named particle-lock airtight docking system (PLAD) mounted in a tool in Fig. 1(b), and a process chamber in the tool. Since a shuttle docks to a PLAD with a hermetically sealing mechanism, a wafer is air-tightly transferred from the shuttle to the PLAD without a cleanroom.

III. DEVELOPMENT OF THE MINIMAL EQUIPMENT

We have developed minimal equipment including RCA cleaner, piranha cleaner, resist coater, resist developer, mask-less exposure system, mask aligner, wet etcher, dry etcher, wet resist remover, resist asher, oxidation furnace, diffusion furnace, sputter, plasma CVD (chemical vapor deposition) for TEOS and SiN, CMP (chemical-mechanical polishing), DRIE (deep reactive ion etching), and so on as shown in Fig. 2. Also, back-end tools and packaging tools including grinder, dicer, laminator, die bonder, compression molding, laser ablation, Cu electroplating, ball mounter, wafer particle scanner, optical thickness tester, 3D microscope have been developed. The mask-less exposure system uses a *i*-line or *h*-line LED light source and digital mirror devices (DMD) to reflect the light toward the wafer. These tools became the practical use for device fabrication.

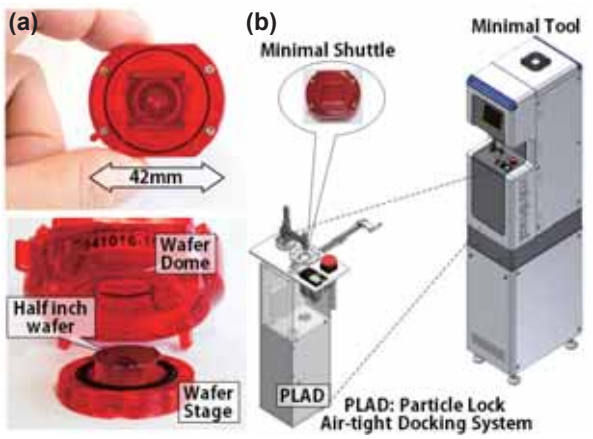


Figure 1. (a) minimal shuttles and a wafer, (b) a minimal tool and a PLAD

IV. DEVICE FABRICATION

In 2012, we have formed resist patterns on a 0.5" wafer using a minimal lithography system with a minimal coater, a minimal developer, and a minimal mask-less exposure system. The resolution of the minimal lithography system was 1.0 μm [2]. The resolution of our present minimal system is ~ 0.5 μm. In 2013, p-MOSFET was fabricated only by minimal equipment [3]. In 2015, we have succeeded in forming CMOS inverters and ring oscillators. It was formed by the minimal equipment in a typical experimental room shown in Fig. 2, whose environment is not cleaned.

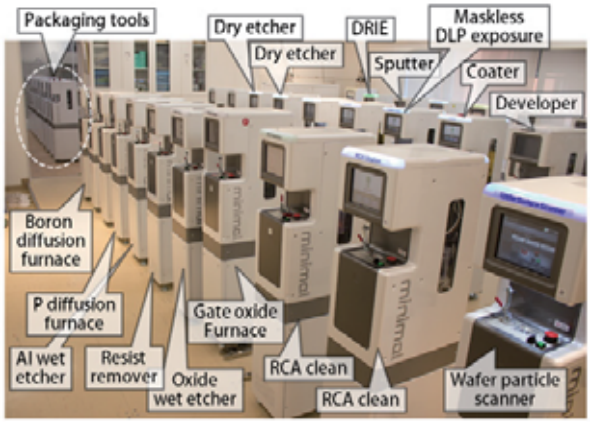


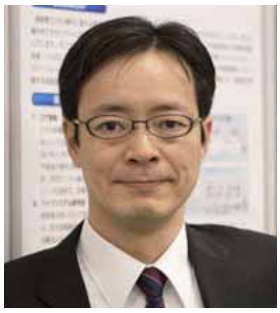
Figure 2. Minimal equipment in AIST. This is not a clean room.

References

[1] A. Dasgupta, E. B. Magrab, D. K. Anand, K. Eisinger, J. G. McLeish, M. A. Torres, P. Lall, and T. J. Dishongh, *IEEE Transactions on Components, Packaging, and Manufacturing Technology*, vol. A20, pp. 542-547, 1997.

[2] S. Khumpuang and S. Hara, *IEEJ Transactions on Sensors and Micromachines*, vol. 133, pp. 272-277, 2013.

[3] S. Khumpuang, F. Imura, and S. Hara, *IEEE Transactions on Semiconductor and Manufacturing*, vol. 28, pp.551-556, 2015.



Shiro Hara was born in Tokyo, Japan in 1961. He received his Ph.D in engineering from Waseda University in Japan. In 1989, he joined Waseda Univ. where he was an Assistant Professor. He was a special researcher, basic science program in Riken Institute since 1990. In 1993, he became a researcher of Electrotechnical Laboratory, MITI. He developed a local clean research system to find elemental cause of variations of electronic device characteristics. In 2007, he proposed the Minimal Fab concept to reduce an investment cost of a semiconductor factory into 1/1000. He apply the local clean technology to the minimal wafer transfer system. Using this transfer system as the core technology of the minimal fab, he has been developing the minimal fab with around 50 makers. During FY2012-2014, he promoted the national project on the development of minimal system as the project director. He is the Principal Research Scientist and the group leader of the minimal system group in AIST, METI. Also, he is the representative of Fab System Research Consortium of Minimal Fab General Incorporated Association.

嗅覚 IoT センサシステムの標準化に向けた総合的研究開発と産学官連携

吉川 元起

国立研究開発法人 物質・材料研究機構（NIMS）
305-0044 つくば市並木 1-1

はじめに

五感のうち、最もデバイス化が遅れているのが「嗅覚」である。嗅覚センサの実現を難しくしている大きな要因のひとつが、その測定対象である「ニオイ」の複雑さである。ニオイとは、40 万種類以上といわれる各成分が、特定の割合で、時には数千種類混ざり合って形成されるものであり、非常に複雑な混合ガスである。これは裏を返せば、ニオイにはその発生源に関する非常に多くの情報が秘められているとも言える。そのため、ニオイを簡便かつ高精度に分析・識別可能な嗅覚センサが実現すれば、全く新しいアプローチとして様々な分野での貢献や、既存の置き換えでは無い新たな産業群の創出が期待される。

ナノメカニカルセンサ「MSS」

嗅覚センサの肝となるセンサ素子に関して、我々は汎用性の高いナノメカニカルセンサに着目した。各種基礎科学を融合して最適化を行うことにより、高感度と小サイズを両立する「膜型表面応力センサ（Membrane-type Surface stress Sensor, MSS）」の開発に成功した（Fig.1）[1]。MSS は、以下の特徴を有しており、モバイルやモノのインターネット（IoT）などの用途にも対応可能である：

- 高感度　感応膜や測定条件しだいでガス分子に対して ppm ～ ppb 感度
- 小型　1 cm^2 に 100 チャンネル以上集積可能
- 多様性　有機・無機問わず様々な感応膜を利用可能
- 室温動作／低コスト／低消費電力／高速応答／安定動作

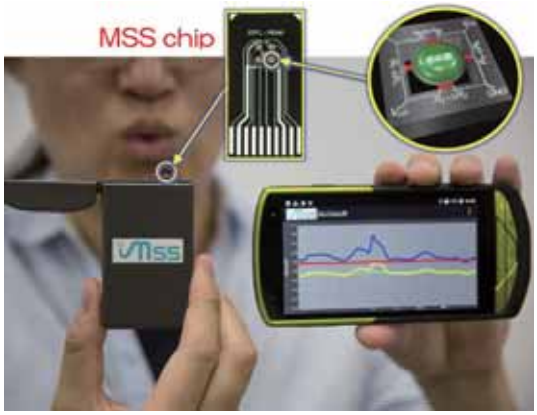


Fig.1 A proto-type module of MSS with real-time monitoring through a smart phone. (Inset) A photo and schematic images of an MSS chip and the MSS structure.

アプリケーション実証例

これまでに MSS を用いて、食品や化粧品、燃料油など、様々なニオイの測定・識別の実証を行ってきた。このうち、Fig.2 には飲食物のニオイを分析した例を示しており、各種のスパイスやハーブのニオイが識別されることが確認された（Fig.2a）[2]。さらに、機械学習と融合することによって、複雑な混合ガスである各種のお酒のニオイから、アルコール度数という特定情報を高い精度で定量推定することに成功した（Fig.2b）[3]。このほか、癌の呼気診断の可能性も実証されており [4]、今後は生体ガスによる健康状態の数値化など、様々な分野での利用が期待される。

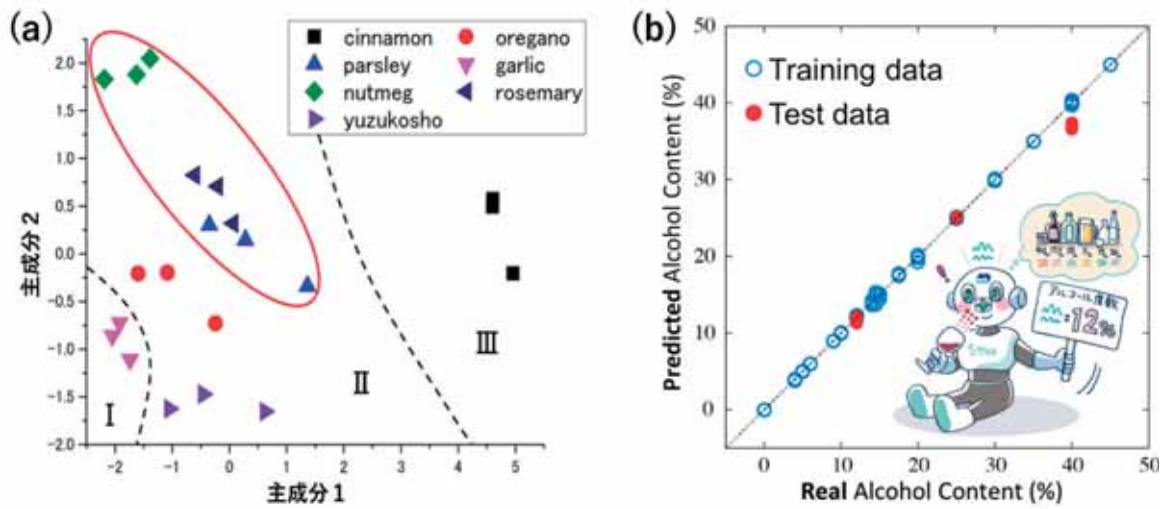


Fig.2 Application examples of MSS olfactory sensors. (a) Principal Component Analysis case score of spices and herbs. (b) Parity plot of predicted alcohol content versus real alcohol content under an ambient condition.

MSS アライアンス／ MSS フォーラム

このMSSによる嗅覚センサシステムの社会実装に向けて、2015年に産学官連携「MSSアライアンス」（Fig.3）を発足させ、最先端要素技術の垂直統合を行ってきた。さらに2017年11月より「MSSフォーラム」を発足させ、MSSアライアンスで構築された技術体系を展開した公募型実証実験活動を開始した[5]。ここで実施される様々な分野での有効性実証実験を通じて、「香りやニオイの基準モノサシ」の確立を目指す。

Fig.3 The MSS logo.

References

[1] G. Yoshikawa, T. Akiyama, S. Gautsch, P. Vettiger, H. Rohrer, ***Nano Letters*** **11**, 1044 (2011).
[2] G. Imamura, K. Shiba, G. Yoshikawa, ***Japanese Journal of Applied Physics*** **55**, 1102B1103 (2016).
[3] K. Shiba, R. Tamura, G. Imamura, G. Yoshikawa, ***Scientific Reports*** **7**, 3661 (2017).
[4] F. Loizeau, H. P. Lang, T. Akiyama, S. Gautsch, P. Vettiger, A. Tonin, G. Yoshikawa, C. Gerber, N. de Rooij, ***IEEE MEMS*** **26**, 621 (2013).
[5] https://mss-forum.com

Genki Yoshikawa: He received M.S. and Ph.D. in Science from The University of Tokyo, Japan, in 2001 and 2004, respectively. He was Assistant Professor at Institute for Materials Research (IMR), Tohoku University, Japan (2005-2008), Visiting Scientist at Department of Physics, University of Basel, Switzerland (2007-2009), ICYS-MANA Researcher (2009-2011), Independent Scientist (2011-2016), and currently Group Leader (2016-present) at WPI-MANA, NIMS, Japan. Since 2015, he is also Associate Professor of Joint Graduate School in University of Tsukuba. He received the 23rd Tsukuba Encouragement Prize and nano tech 2015 Research Project Award in 2013 and 2015, respectively.

Session 4
【nanotech 2017 award lecture / nanotech 大賞 2017 受賞者講演】

“Innovations Induced by Single Walled CNTs”

「単層 CNT に誘発されるイノベーション」

Kohei Arakawa (Zeon Nano Technology Co., Ltd., Japan)
荒川 公平（ゼオンナノテクノロジー株式会社）

単層カーボンナノチューブに誘発されるイノベーション

荒川 公平

ゼオンナノテクノロジー株式会社 代表取締役社長
〒 100-8246　東京都千代田区丸の内 1-6-2
ZEON Corporation
1-6-2 Marunouchi, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8246 Japan

要　旨

日本ゼオンは 1950 年の創業以来、無機物に関する研究開発を行ってこなかった。しかし、2015 年 11 月 11 日に無機物である単層カーボンナノチューブの量産工場を徳山に建設した。このカーボンナノチューブ（以後 CNT）に関わる発端は、2005 年 6 月 22 日である。産業技術総合研究所から、スーパーグロース法の単層カーボンナノチューブ（以後 SGCNT）の発明者である畠博士と上司の湯村博士が日本ゼオンを訪れ、SGCNT の量産技術を開発するパートナーになってほしいと言う要請があったことによる。しかし、全く CNT に関わったことの無い会社に産総研が何故開発のパートナーになってほしいという要請に来たのだろう。またどうして、全く CNT の研究者がいない日本ゼオンがその要請を受け入れたのだろう。このようなとても有りえない奇跡的な事が発端となって、現在の SGCNT の量産工場の建設に至ったのである。

本講演では、このような経緯と現在進めている SGCNT をキーマテリアルとして誘発される数々のイノベーションの最新情報を紹介する。

略　歴

昭和 53 年 3 月 31 日	東京大学大学院工学系研究科修了
平成 14 年 1 月　1 日	日本ゼオン株式会社入社
平成 15 年 6 月 26 日	取締役　精密成型研究所所長
平成 21 年 6 月 26 日	取締役　常務執行役員　研究・知財担当
平成 25 年 6 月 27 日	特別経営技監　会長プロジェクト担当
平成 27 年 6 月 26 日	特別経営技監　会長プロジェクト担当　兼 ゼオンナノテクノロジー株式会社　社長

この間、CNT 関係では、

平成 18 年～平成 22 年

　カーボンナノチューブキャパシタプロジェクト（NEDO プロジェクト、リーダー）

平成 22 年～平成 29 年

　技術研究組合単層 CNT 融合新材料研究開発機構　理事

Session 5
【Topics of Nanotechnology Platform / ナノテクノロジープラットフォーム 利用主要成果講演】

“Atomic Resolution Electron Microscopy of Nanoparticles for Development of Advanced Catalysts”

「高分解能電子顕微鏡によるナノ粒子の状態解析の進展と新たな触媒機能の開発」

Syo Matsumura (Kyushu University, Japan)
松村 晶（九州大学）

“Ga_2O_3 Trench MOS-type Schottky Barrier Diodes”

「トレンチ MOS 構造を設けた Ga_2O_3 ショットキーバリアダイオード」

Kohei Sasaki (Novel Crystal Technology, Inc. / TAMURA CORPORATION, Japan)
佐々木 公平（株式会社ノベルクリスタルテクノロジー／株式会社タムラ製作所）

“Light-melt Adhesive as a New Application of Liquid Crystals”

「光で剥がせる液晶接着「ライトメルト接着材料」の開発」

Shohei Saito (Kyoto University, Japan)
齊藤 尚平（京都大学）

Atomic Resolution Electron Microscopy of Nano-Particles for Development of Advanced Catalysis

Syo Matsumura

The Ultramicroscopy Research Center, Kyushu University
Motooka 744, Fukuoka, 819-0395, JAPAN

Abstract

The Ultramicroscopy Research Center Kyushu University is one of the 11 member institutes of the Advanced Characterization Nanotechnology Platform, Japan. It houses 9 transmission electron microscopes (TEMs), 2 scanning electron microscopes (SEMs) and related experimental apparatuses, including an energy-filtering high voltage electron microscope and advanced aberration correcting atomic resolution STEMs and so on [1]. The present talk will show you some examples of atomic scale structure analyses on catalytic materials performed as collaborative subjects on the course of the Advanced Characterization Nanotechnology Platform.

I. Introduction

Heterogeneous Catalysis plays a key role in chemical processes in the production of fuels and chemicals as well as in environmental protection. The catalysts consist of high surface area solids onto which an active component is dispersed in the form of nanometer sized particles and/or layers. It is therefore essential to have information about the size, shape and surface structure of the catalysis at the atomic level to understand the catalytic functionality. Here, two topics will be reported.

II. Nano alloy particles for catalytic applications

Recently, it has been revealed [2][3] that nanoparticles of Pd and Ru solid solution show excellent CO oxidizing ability as well as high NO_x reducibility comparable to or better than Rh nanoparticles, which is widely used as three-way catalyst for purifying automobile exhaust gas. Thus PdRu alloy nanoparticles are strongly expected as alternate for precise and rare Rh. However, Pd and Ru are immiscible to each other at thermal equilibrium, and therefore the solid solution becomes unstable to decomposition at elevated temperature. Fig. 1 shows a HAADF-STEM image and a line profile of local composition of a Pd-Ru nanoparticle, which was subjected to 3 cycles of NO_x reduction process at 600 °C. One may recognize that phase separation into Pd-rich and Ru-rich phases has taken place. Then ternary alloy nanoparticles have been produced to stabilize the solid solution. The thermal stability and catalytic performance of PdRuRh nano particles will be demonstrated in the presentation.

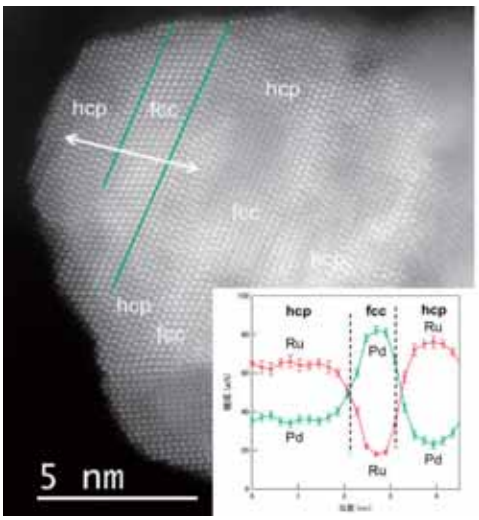


Fig. 1 HAADF-STEM image of a Pd-Ru nanoparticle after NO_x reaction. The composition profile inserted was obtained along the arrow portion.

III. New catalysis for ammonia synthesis

Ammonia is a crucial chemical feedstock for fertilizer production and is a potential energy carrier. The typical Haber–Bosch process of ammonia synthesis consumes a great deal of energy. New catalysis

is therefore strongly demanded to synthesize ammonia under a mild condition, such as lower temperature and pressure. Sato *et al.* has succeeded to develop a new active Ru/Pr_2O_3 catalysis for ammonia synthesis [4], as shown in Fig. 2. STEM observation and XEDS mapping revealed low-crystalline nano-layers of Ru formed on the surface of Pr_2O_3, as shown in Fig. 3. The unique structural feature is considered to synergistically accelerate the rate-determining step of NH_3 synthesis and cleavage of the N ≡ N bonds.

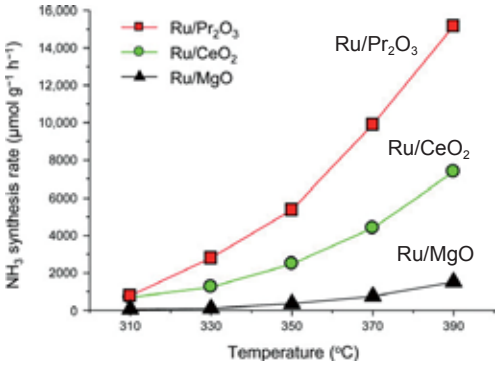


Fig. 2 Rate of NH_3 synthesis over supported Ru catalysts.

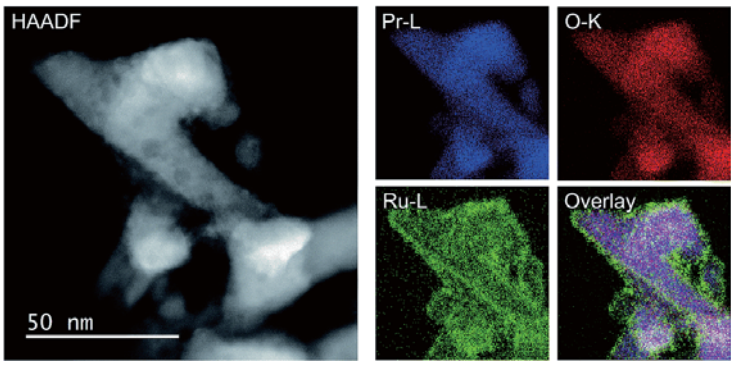


Fig. 3 HAADF-STEM image and XEDS maps of Pr-*L*, O-*K*, Ru-*L* and their overlay.

Acknowledgements:

These studies have been carried out by collaboration with Profs. H. Kitagawa, H. Kobayashi and K, Kusada (Kyoto University) and with Profs. K. Nagaoka and K. Sato (Oita University). The author is also indebted to the technical support by Drs. T. Yamamoto and T. Toriyama (Kyushu University).

References:

[1] http://www.hvem.kyushu-u.ac.jp
[2] K. Kusada, H. Kobayashi, R. Ikeda, Y. Kubota, M. Takata, *et al.*, *J. Am. Chem. Soc.*, **136**, 1864 (2014).
[3] K. Sato, H. Tomonaga, T. Yamamoto, S. Matsumura, *et al.*, *Scientific Reports*, **6**, 28265, (2016).
[4] K. Sato, K. Imamura, Y. Kawano, S. Miyahara, *et al.*, *Chem. Sci.*, **8**, 674, (2016).

Syo Matsumura

Professor of Faculty of Engineering,
and Director of the Ultramicroscopy Research Center, Kyushu University

His scientist carrier was started as a research associate at Graduate School of Engineering Sciences, Kyushu University in 1981 after receiving his *M. Eng.* on Materials Science. After receiving his *Ph. D.* at Kyushu University in 1992, he moved to Faculty of Engineering at Kyushu University as an associate professor and was promoted to a professor at the same institute in 1998. He spent his sabbatical leave at Hahn-Meitner-Institut (presently, Helmholtz-Zentrum Berlin für Materialien und Energie) in Germany (1994-1995). He is now in charge of the Director of the Ultramicroscopy Center as well as Deputy Dean of Faculty of Engineering of Kyushu University. His main research field is nanostructure characterization and analysis of metallic and inorganic materials. He is currently a member of the executive board of Int'l. Federation of Societies for Microscopy as well as of the Committee of Asia Pacific Societies for Microscopy.

トレンチ MOS 構造を設けた Ga_2O_3 ショットキーバリアダイオード

佐々木 公平 [1,2]，ティユ クァン トゥ [1]，脇本 大樹 [1,2]，小石川 結樹 [1,2]，
高塚 章夫 [1]，倉又 朗人 [1,2]，山腰 茂伸 [1,2]

ノベルクリスタルテクノロジー [1]，タムラ製作所 [2]
〒 350-1328 埼玉県狭山市広瀬台 2-3-1
E-mail: sasaki@novelcrystal.co.jp

概要

次世代のパワーデバイス用半導体材料として、酸化ガリウム（Ga_2O_3）に注目が集まっている。これまで、Ga_2O_3 を用いたトランジスタやダイオードの初期的な動作実証を行って来たが、Ga_2O_3 の潜在能力を引き出せておらず、炭化ケイ素や窒化ガリウムなどの他の材料よりも低損失で動作させることができていなかった。今回、トレンチ MOS 構造を導入することにより Ga_2O_3 のポテンシャルを引き出し、超低損失 Ga_2O_3 ショットキーバリアダイオードの動作実証に成功した。

I. イントロダクション

近年、電気機器の省エネルギー化のため、電力変換素子（パワーデバイス）の高効率化が精力的に進められている。これまでシリコンを用いて高効率化が図られてきたが、材料物性の限界に達しており、これ以上の大きな進展は期待できない。そこで、より物性の優れた炭化ケイ素（SiC）や窒化ガリウムへの置き換えが世界中で検討されている。我々は、それらの材料よりも物性が優れ、さらに低コストで製造することができると期待される酸化ガリウム（Ga_2O_3）に注目し、研究開発を進めてきた。これまで、Ga_2O_3 を用いたトランジスタやダイオードの初期的な動作実証には成功したが、Ga_2O_3 の潜在能力を引き出せず、他の材料よりも低損失で動作させることができていなかった。本研究では、Ga_2O_3 の能力をフルに発揮することができる、トレンチ MOS 構造を導入した Ga_2O_3 ショットキーバリアダイオード（MOSSBD）の試作を行った。[†]

II. デバイス作成方法

図 1 に試作したデバイスの断面模式図を示す。Sn ドープ (001) 基板上に、HVPE 法で Si ドープ Ga_2O_3 膜を成長させた。基板およびエピ膜のドナー濃度と厚さはそれぞれ 6×10^{18} cm^{-3}、570 μm と 6×10^{16} cm^{-3}、5 μm である。エピ膜の表面に、ドライエッチングによりメサとトレンチの周期構造を形成した。トレンチ側面及び底面には厚さ 50 nm の HfO_2 膜を設けた。アノード電極には Mo/Au/Ni を、カソード電極には Ti/Au を用いた。アノード電極の外周部には、厚さ 400 nm の SiO_2 によるフィールドプレート構造を形成した。

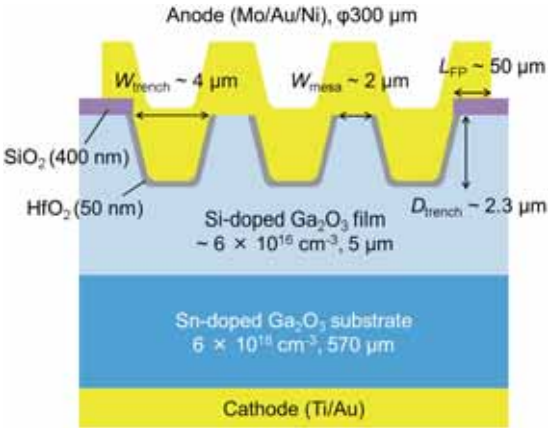


図 1. Ga_2O_3 MOSSBD の断面模式図.

III. 測定結果

図 2 に、Ga_2O_3 MOSSBD と、各社から市販されている 600-650 V 耐圧の SiC SBD の逆方向電流 - 電圧 (*I-V*) 特性を示す。Ga_2O_3 MOSSBD の逆方向リーク電流は、SiC SBD と同程度に低く抑えられている。図 3 に順方向電流密度 - 電圧 (*J-V*) 特性を示す。Ga_2O_3 MOSSBD は SiC SBD よりも立ち上がり電圧を半分程度に低減できており、動作電流値における順方向損失を最大で 40% 低減することに成功した。

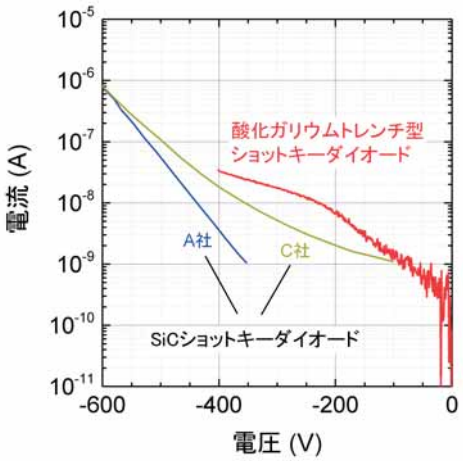


図 2. 逆方向 *I-V* 特性.

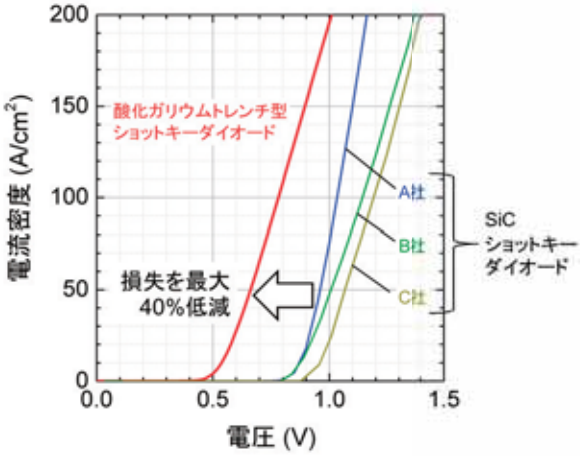


図 3. 順方向 *J-V* 特性.

IV. まとめ

トレンチ MOS 構造を設けた Ga_2O_3 ショットキーバリアダイオードを試作した。試作したデバイスは、市販されている SiC SBD と同程度に低い逆方向リーク特性を維持しつつ、順方向損失を最大で 40% 低減することに成功した。今後、早期実用化を目指してデバイス構造の改良を進めて行く。

参考文献

[†] K. Sasaki, et al.: IEEE Electron Device Lett., vol. 38, (2017) pp. 783-785.

佐々木 公平（ささき こうへい）
1981 年仙台市生まれ。宮城工業高等専門学校、長岡技術科学大学工学部を経て、2006 年長岡技術科学大学工学研究科修士課程終了。株式会社タムラ製作所へ入社し現在に至る。2015 年より株式会社ノベルクリスタルテクノロジー兼務。酸化ガリウムの結晶成長およびプロセス技術、パワーデバイス開発に従事。2016 年京都大学へ論文を提出することにより学位授与。応用物理学会員。

Light-melt Adhesive as a New Application of Liquid Crystals

Shohei Saito

Graduate School of Science, Kyoto University, Kyoto 606-8502, Japan
s_saito@kuchem.kyoto-u.ac.jp

Photoactive liquid crystal (LC) is a most suitable platform for realizing a quick photomelting (that is, photochemical reaction-triggered isothermal phase transformation into a fluid mixture), while some crystals show a slow photomelting behavior.[1] In spite of this advantage, the application of photomelting LCs to light-removable adhesives has not been explored until very recent reports on azobenzene smectic LCs.[2] The light-melting function offers a new manufacturing technique not realized with conventional hot-melt adhesives as long as the following essential requisites are fulfilled.

(i) adequate strength for a temporary bond (more than 1 MPa) even under heating conditions
(ii) significant reduction of the bonding strengths by light irradiation
(iii) quick photoresponse for the separation of bonded materials

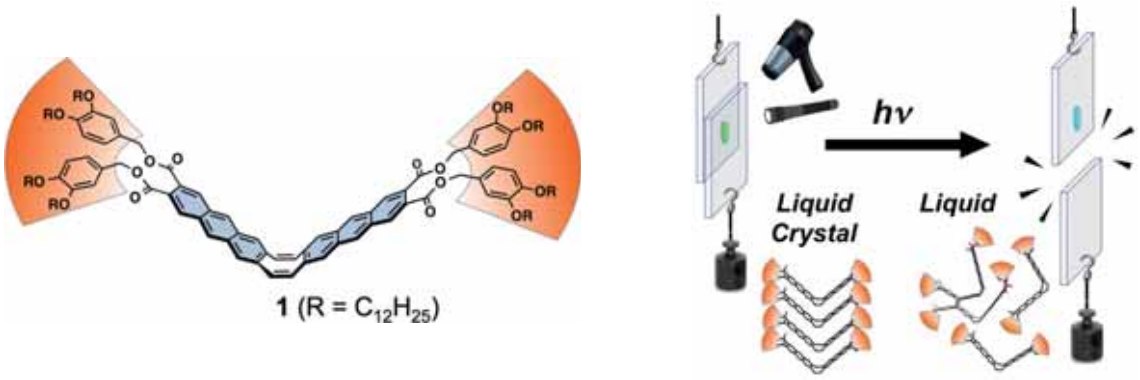


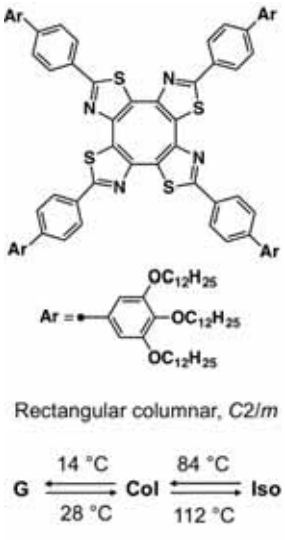
Figure 1. Light-melt adhesive

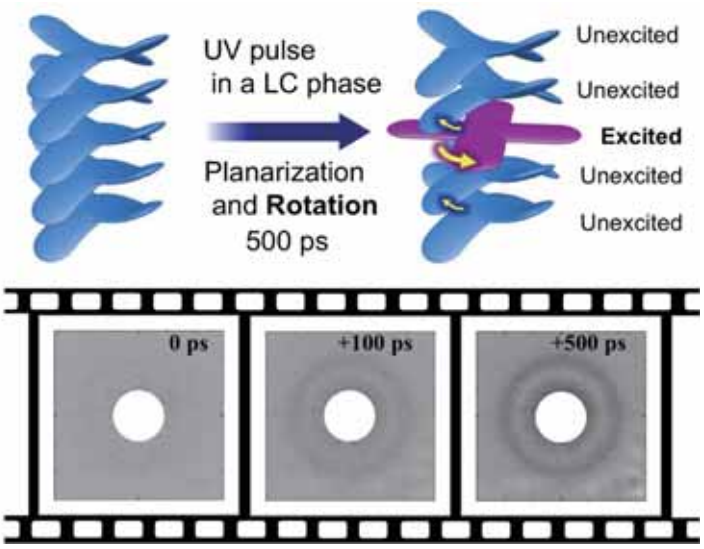
Here we report a LC material that satisfies all of the above-mentioned requisites for the light-melt adhesives, namely, (i) a shear strength over 1 MPa up to 110 °C for bonding glass plates, (ii) an 85% reduction of the strength by ultraviolet (UV) irradiation, and (iii) an instant photomelting of the LC film in a few seconds.[3] The photoresponsive framework is composed of rigid anthracene wings and a flexible joint of cyclooctatetraene.[4–6] The mechanism of the photomelting behavior will be demonstrated in this presentation.

近年、光軟化あるいは光流動化を起こす液晶材料は、光で剥がせる接着材料として新しい応用展開が期待されている。我々はこれまでに、独自の光応答分子骨格FLAPをメソゲンとしたカラムナー液晶、「ライトメルト接着材料」を開発し、光融解によって剥離を引き起こす材料として報告した[3]（上図）。本材料の性能については既に報告済みであり、上記の英文要旨を参照されたい。この液晶材料のメソゲンとなっているFLAP骨格は、基底状態ではV字型をとりカラム状に集積しているが、光励起状態（S_1）では平面型へとコンフォメーション変化した後に光2量化を引き起こすことがわかっている。しかし、液晶中における光応答メソゲンの構造変化を実際のタイムスケールで直接構造観察することはできていなかった。今回我々は、FLAPと同様に光励起状態で平面化を起こすπ-COTをメソゲンにもちいた室温カラムナー液晶を新たに合成し、液晶中における光励起分子のコンフォメーション変化と、それに付随する光励起分子近傍のパッキング構造の変化を直接構造観察することに成功した。これまで、いわゆる“Molecular Movie”と呼ばれる超高速のX線・電子線回折法の構造解析は、その対象が

無機固体、有機単結晶、孤立分子に限られていたが、今回我々ははじめて液晶を対象とした直接構造解析に挑戦し、時間分解電子線回折法（岡山大・羽田真毅助教）、時間分解 IR 分光法（九大・恩田健教授）、分子動力学シミュレーション（筑波大・重田育照教授）を相補的に用いることでこれを達成することができた[7]。

今回新たに合成したカラムナー液晶材料においても接着機能が確認できたことから、従来の高分子接着とは全く異なる接着アプローチとして、今後も「液晶接着」に注目した研究が産学の垣根を超えて広まることを期待している。





References

[1] Y. Norikane, Y. Hirai, M. Yoshida, *Chem. Commun.*, **47**, 1770 (2011).
[2] H. Akiyama, M. Yoshida, *Adv. Mater.*, **24**, 2353 (2012).
[3] S. Saito, S. Nobusue, M. Hara, T. Seki, *et al.*, *Nature Commun.,* 7, 12094 (2016).
[4] S. Saito, S. Irle, S. Yamaguchi, *et al.*, *J. Am. Chem. Soc.*, **135**, 8842 (2013).
[5] S. Saito, S. Irle, S. Yamaguchi, *et al.*, *Chem. Eur. J.,* **20**, 2193 (2014).
[6] S. Saito, *et al.*, *J. Mater. Chem. C* **5**, 5248 (2017).
[7] M. Hada, S. Saito, Y. Shigeta, K. Onda, *et al.*, *J. Am. Chem. Soc.* **139**, 15792 (2017).

齊藤 尚平

京都大学大学院理学研究科化学専攻 准教授
専門：構造有機化学・光化学・有機材料化学

2010 年　京都大学大学院理学研究科　博士（理学）取得（大須賀篤弘 教授）
2010-2016 年　名古屋大学物質科学国際研究センター 助教（山口茂弘 教授）
2012-2015 年　JST さきがけ「分子技術」（加藤隆史 総括）
2016 年 -　現職 および JST さきがけ「光極限」（植田憲一 総括）
受賞：2014 年　文部科学大臣表彰　若手科学者賞
2015 年　日本化学会　進歩賞　2016 年　光化学協会　奨励賞
2017 年　NanoTech 2017 秀でた利用成果
謝辞：名古屋大学分子・物質合成プラットフォーム（関隆広 教授、原光生 助教）
JST さきがけ、科研費若手 A、新学術「高次複合光応答」、デンカ株式会社

Poster Presentation / ポスター発表

【文部科学省ナノテクノロジープラットフォーム】

≪ H29 年度「秀でた利用成果」≫

成果 -1　微細構造解析 PF：名古屋大学
「塩ストレス下におけるイネ葉の葉緑体の三次元構造解析」

成果 -2　微細構造解析 PF：量子科学技術研究開発機構／日本原子力研究開発機構
「Pt、PtCo 触媒表面の酸素吸着に及ぼす水の影響」

成果 -3　微細加工 PF：物質・材料研究機構
「トレンチ MOS 構造を設けた Ga_2O_3 ショットキーバリアダイオード」

成果 -4　微細加工 PF：東京工業大学
「量子ホールエッジチャネルにおける電荷ダイナミクス研究」

成果 -5　分子・物質合成 PF：千歳科学技術大学
「海洋設備表面への付与を目的とした微細構造による環境負荷の少ない付着生物防止技術の開発」

成果 -6　分子・物質合成 PF：自然科学研究機構　分子科学研究所
「EI-MS/MS によるフルオロベンジル基を有する合成カンナビノイドの *o*-, *m*-, *p*- 位置異性体識別」

≪平成 29 年度「技術スタッフ表彰」≫

表彰 -1　優秀技術賞　微細構造解析 PF　東京大学　熊本 明仁
「原子分解能 STEM-EDS マッピングによる原子カラムの可視化」

表彰 -2　技術支援貢献賞　微細加工 PF　山口大学　岸村 由紀子
「電子線リソグラフィを用いたパターン形成技術支援」

表彰 -3　技術支援貢献賞　微細加工 PF　公益財団法人北九州産業学術推進機構　安藤 秀幸 , 竹内 修三
「CMOS 集積回路 -MEMS 試作支援」

表彰 -4　若手技術奨励賞　微細構造解析 PF　名古屋大学　樋口 公孝
「超高圧電子顕微鏡によるガス中その場観察の研究支援」

≪ナノテクノロジープラットフォームプロジェクトの全体概要≫

事業　文部科学省ナノテクノロジープラットフォーム事業概要

≪ナノテクノロジープラットフォームセンター≫

センター　ナノテクノロジープラットフォームセンター事業概要（1）、（2）

≪微細構造解析プラットフォーム≫　実施概要および利用成果概要

解析 PF- 代表機関　微細構造解析 PF 実施概要（1）、（2）
解析 PF-1　北海道大学
解析 PF-2　東北大学
解析 PF-3　物質・材料研究機構
解析 PF-4　産業技術総合研究所
解析 PF-5　東京大学
解析 PF-6　名古屋大学
解析 PF-7　京都大学
解析 PF-8　大阪大学
解析 PF-9　日本原子力研究開発機構
解析 PF-10　量子科学技術研究開発機構
解析 PF-11　九州大学

≪微細加工プラットフォーム≫　実施概要および利用成果概要

加工 PF- 代表機関　微細加工 PF 実施概要（1）、（2）
加工 PF-1　北海道大学
加工 PF-2　東北大学
加工 PF-3　物質・材料研究機構
加工 PF-4　産業技術総合研究所
加工 PF-5　筑波大学
加工 PF-6　東京大学
加工 PF-7　早稲田大学
加工 PF-8　東京工業大学
加工 PF-9　名古屋大学
加工 PF-10　豊田工業大学
加工 PF-11　京都大学
加工 PF-12　大阪大学
加工 PF-13　香川大学
加工 PF-14　広島大学
加工 PF-15　山口大学
加工 PF-16　北九州産業学術推進機構

≪分子・物質合成プラットフォーム≫　実施概要および利用成果概要

合成 PF- 代表機関　分子・物質合成 PF 実施概要（1）、（2）
合成 PF-1　千歳科学技術大学
合成 PF-2　東北大学
合成 PF-3　物質・材料研究機構
合成 PF-4　信州大学
合成 PF-5　北陸先端科学技術大学院大学
合成 PF-6　自然科学研究機構分子科学研究所
合成 PF-7　名古屋大学
合成 PF-8　名古屋工業大学
合成 PF-9　奈良先端科学技術大学院大学
合成 PF-10　大阪大学
合成 PF-11　九州大学

文部科学省蓄電池基盤プラットフォーム

蓄電池　蓄電池基盤プラットフォーム実施概要（1）、（2）

Nanotechnology Platform
文部科学省ナノテクノロジープラットフォーム

Research Topics of Nanotechnology Platform

【文部科学省ナノテクノロジープラットフォーム】
平成 29 年度「秀でた利用成果」

文部科学省ナノテクノロジープラットフォーム
平成 29 年度「秀でた利用成果」

1．微細構造解析プラットフォーム：名古屋大学
「塩ストレス下におけるイネ葉の葉緑体の三次元構造解析」
ユーザー氏名：山根浩二[a]，大井崇生[b]，谷口光隆[b]（[a]近畿大学農学部，[b]名古屋大学大学院生命農学研究科）
実施機関担当者：中尾知代，榎本早希子，中野美恵子，荒井重勇，山本剛久（名古屋大学）

2．微細構造解析プラットフォーム：量子科学技術研究開発機構／日本原子力研究開発機構
「Pt、PtCo 触媒表面の酸素吸着に及ぼす水の影響」
ユーザー氏名：崔藝涛[a]，原田慈久[a,b]，丹羽秀治[a,b]，畑中達也[c]，中村直樹[d]，安藤雅樹[d]，吉田利彦[d]，尾嶋正治[a,b]
（[a]東京大学物性研究所，[b]東京大学放射光機構，[c]豊田中央研究所，[d]トヨタ自動車）
実施機関担当者：石井賢司（量子科学技術研究開発機構），松村大樹（日本原子力研究開発機構）

3．微細加工プラットフォーム：物質・材料研究機構（最優秀賞）
「トレンチ MOS 構造を設けた Ga_2O_3 ショットキーバリアダイオード」
ユーザー氏名：佐々木公平（株式会社ノベルクリスタルテクノロジー）
実施機関担当者：大里啓孝，津谷大樹（物質・材料研究機構）

4．微細加工プラットフォーム：東京工業大学
「量子ホールエッジチャネルにおける電荷ダイナミクス研究」
ユーザー氏名：橋坂昌幸[a,b]，村木康二[b]，藤澤利正[a]（[a]東京工業大学理学院，[b]NTT 物性科学基礎研究所）
実施機関担当者：河田眞太郎（東京工業大学）

5．分子・物質合成プラットフォーム：千歳科学技術大学
「海洋設備表面への付与を目的とした
微細構造による環境負荷の少ない付着生物防止技術の開発」
ユーザー氏名：室﨑喬之[a]，野方靖行[b]（[a]旭川医科大学，[b]電力中央研究所）
実施機関担当者：平井悠司，下村政嗣（千歳科学技術大学）

6．分子・物質合成プラットフォーム：自然科学研究機構　分子科学研究所
「EI-MS/MS によるフルオロベンジル基を有する
合成カンナビノイドの *o*-, *m*-, *p*- 位置異性体識別」
ユーザー氏名：村上貴哉，岩室嘉晃，石丸麗子，地中啓（石川県警察本部科学捜査研究所）
実施機関担当者：東林修平，野田一平，大原三佳（自然科学研究機構 分子科学研究所）

Outline of Nanotechnology Platform
ナノテクノロジープラットフォーム事業概要

文部科学省ナノテクノロジープラットフォーム事業

ナノテクノロジー施設利用による課題解決の加速

- 最先端の研究設備とその活用のノウハウを有する26機関が全国的な設備の共用体制を構築
- 「**微細構造解析**」「**微細加工**」「**分子・物質合成**」の研究領域において広く一般の研究者・技術者に対し、施設利用機会と高度な技術支援を提供

ナノテクノロジープラットフォーム推進体制（全26機関）

微細構造解析プラットフォーム

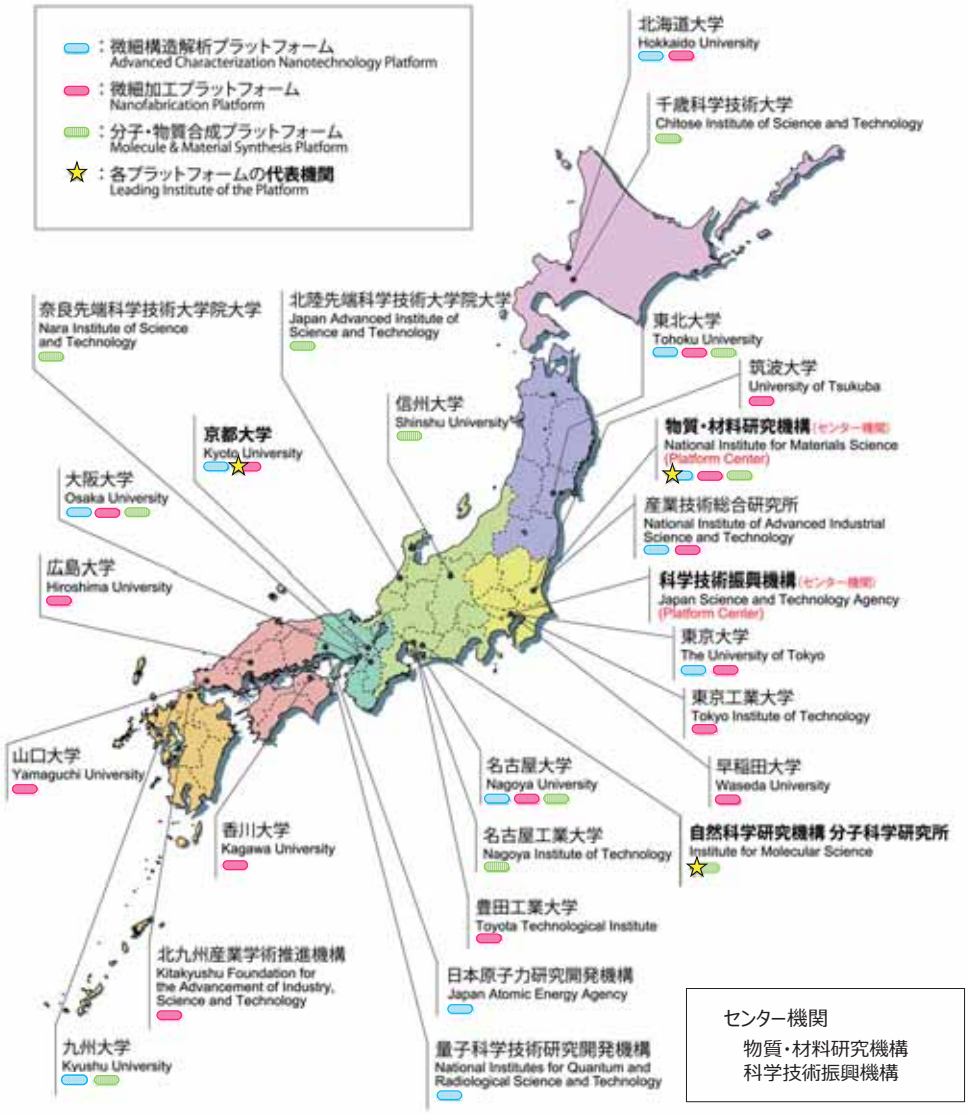
主要研究設備
マルチビーム超高圧電子顕微鏡、
収差補正分析電子顕微鏡、
単原子分析電子顕微鏡、
陽電子ブローブマイクロアナライザー装置、
軽元素対応型超高分解能走査透過型電子顕微鏡、
反応科学走査透過電子顕微鏡、
極低温高分解能透過電子顕微鏡、
超高圧電子顕微鏡、
SPring-8放射光源ビームライン、
電子分光型超高圧電子顕微鏡

微細加工プラットフォーム

主要研究設備
電子ビーム露光装置、 ステッパー、
RIE（Reactive Ion Etching）装置、
スパッタ装置、 CVD装置、
収束イオンビーム装置、 レーザー加工装置、
膜特性計測・分析装置、形状計測装置,
表面計測装置（SEM等）

分子・物質合成プラットフォーム

主要研究設備
核磁気共鳴装置、 光分析装置、
質量分析・その他材料評価、 バイオ用光学顕微鏡、
バイオ評価、 真空成膜装置や薄膜/ナノ調製加工、
化学材料合成・素子作成、バイオ調製、
透過型電子顕微鏡（TEM）、
表面分析（走査電子顕微鏡(SEM)/EDX/EPMA、
電子分光（XPS/UPS/AES））、X線回折装置、
走査型トンネル顕微鏡(STM)/原子間力顕微鏡(AFM)



問い合わせ：ナノテクノロジープラットフォームセンター　（運営：物質・材料研究機構）
E-mail: NTJ_info@nanonet.go.jp　Phone: 029-859-2777
ホームページ　http://nanonet.mext.go.jp

ナノテクノロジープラットフォームセンター

文部科学省ナノテクノロジープラットフォーム事業
ナノテクノロジープラットフォームセンター事業の概要および成果（1）

総合利用案内

Nanotech Japan WEBサイト http://nanonet.mext.go.jp/

コンテンツ
- 事業のご案内
- 利用方法
- 共用設備
- 参画機関
- 成果事例
- ニュース
- イベント
- Webマガジン

Webマガジンで成果を紹介

センター機関の役割

センター機関は、①事業全体の調整・推進、②総合的な窓口・交流促進、③産学官連携・分野融合、④人材育成・国際連携等の実施により、各プラットフォームとの有機的連携を図り、ナノテクノロジープラットフォームの総合的な推進を行う。

産学官連携推進マネージャー

【北海道・北東北担当】
江本 匡
【南東北・関東甲信越担当】
菊地 博道
【東海・北陸担当】
近藤 慶子
【関西・四国担当】
吉川 昭男
【中国・九州担当】
西ヶ野 政宏

産学官連携推進マネージャー（全国５か所）

- JSTのネットワークを活用、企業、大学、公設試を訪問し、新規ユーザを開拓、産官学連携を推進
- 試行的利用案件を基に各プラットフォーム／実施機関との連携

利 用 手 順

利用相談 → 利用申請 → 利用予約 → 設備利用 → 利用報告書 → 利用料支払

- 新規利用者などには、事前にJST産学官連携推進マネージャーが利用方法、機器の選択などご相談に応じます。
- 利用した結果(成果)は公開が原則ですが、特許出願などの理由により、2年程度延期が可能です。

利 用 形 態

技術相談	技術的な問題について、各機関の担当がご相談に応じます。
機器利用	利用者ご自身で機器を操作し、実験を行います。
技術補助	技術支援者の指導・補助のもと、機器を使用します。
技術代行	利用者の依頼に基づいて、技術の実施を代行します。
共同研究	実施機関との合意に基づいて、共同で研究を行います。

研究設備の試行的利用

ナノテクノロジープラットフォーム

新規利用の拡大
・企業利用者
・若手研究者

→ 研究設備の試行的利用
- 新規ユーザー発掘
- 利用成果の更なる深耕
- 若手研究者支援

→ 産業化 / 自立した研究者

支援内容

採択課題に対し、ナノテクノロジープラットフォームに登録されている共用設備の試行的利用に伴い必要となる経費（利用料、旅費等）について支援。

応募・採択件数実績

	採択件数（件）	新規（件）	若手・女性（件）	学生（件）	企業（件数[%]） 大企業	企業（件数[%]） 中小企業
平成 24 年度	52	31	27	2	4 (8%)	6 (12%)
平成 25 年度	95	56	58	10	7 (7%)	14 (15%)
平成 26 年度	95	60	60	8	8 (8%)	13 (14%)
平成 27 年度	80	50	57	14	5 (6%)	18 (23%)
平成 28 年度	78	52	48	10	3 (4%)	16 (21%)
平成 29 年度	74	51	62	10	1 (1%)	11 (15%)

☆平成24年度は、11月下旬以降の募集実績。　☆「若手」は39歳以下。
☆平成29年度は暫定値。

問い合わせ：ナノテクノロジープラットフォームセンター　（運営：物質・材料研究機構、科学技術振興機構）
E-mail: NTJ_info@nanonet.go.jp　Phone: 029-859-2777
ホームページ　http://nanonet.mext.go.jp

文部科学省ナノテクノロジープラットフォーム事業
ナノテクノロジープラットフォームセンター事業の概要および成果（2）

成果普及・交流促進

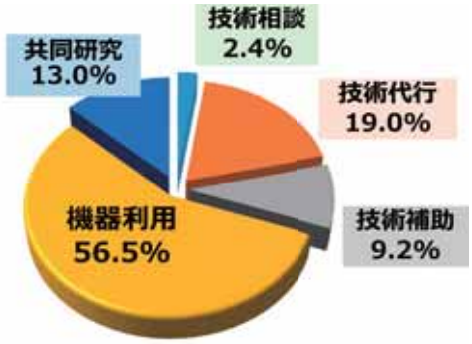
ナノテク総合シンポジウム/ nanotech 2017 展示会

ナノテクノロジー総合シンポジウム
2017年2月17日（金）
会場：東京ビッグサイト（会議棟１F）

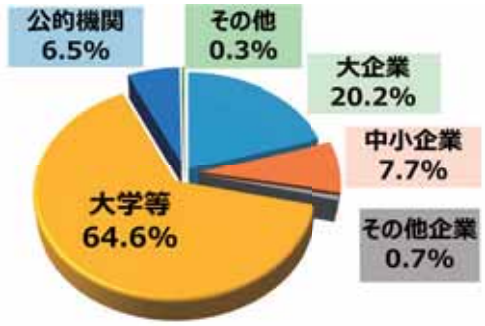
平成28年度の実績

総件数：2,961件

利用形態別



利用者所属別



人材育成

学生研修プログラム

プラットフォームの施設を利用した研修に、全国の大学生・大学院生・高専生が夏休みを利用して参加

研修期間：4月に公募し、現地研修は7～9月中旬の3～7日間
9月末に、研修生が一同に会しての成果発表会を開催

これまでの参加人数：

H24	H25	H26	H27	H28	H29
12名	33名	39名	41名	54名	54名

国際交流プログラム

日本の大学院生を、米国NNCI*（H27年度以前はNNIN**）での夏期研修に派遣

* National Nanotechnology Infrastructure Network
** National Nanotechnology Coordinated Infrastructure

技術スタッフ交流プログラム

技術スタッフが、異なる実施機関での研修に参加

研修期間：2～5日間
これまでの参加人数：

H24	H25	H26	H27	H28	H29
5名	21名	12名	23名	34名	32名

技術スタッフ職能名称付与

技術スタッフに対して、技術レベルに応じた3段階の「職能名称」付与 ⇒優れた研究支援人材のキャリアパス構築へ

職能名称付与人数：

技術領域	エキスパート	高度専門技術者	専門技術者
微細構造解析	11	26	21
微細加工	8	24	8
分子・物質合成	6	27	16
計	25	77	45

技術スタッフの表彰

技術スタッフの優れた技術支援、事業への貢献を表彰

H28年度「優秀技術賞」：
荒井　重勇氏（名古屋大学）
H28年度「技術支援貢献賞」：
沖津　康平氏（東京大学）
H28年度「若手技術奨励賞」：
山本　悠太氏（名古屋大学）

「優秀技術賞」副賞のバッジ

「技術支援貢献賞」「若手技術奨励賞」副賞のバッジ

問い合わせ：ナノテクノロジープラットフォームセンター　（運営：物質・材料研究機構、科学技術振興機構）
E-mail: NTJ_info@nanonet.go.jp　Phone: 029-859-2777
ホームページ　http://nanonet.mext.go.jp

≪微細構造解析プラットフォーム≫
実施概要および利用成果概要

文部科学省ナノテクノロジープラットフォーム事業
微細構造解析プラットフォーム

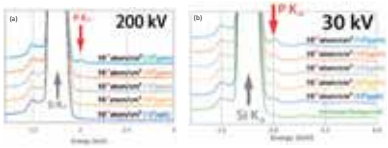
世界トップ水準の最先端計測を提供

超低加速 30 kV STEM-XEDSを用いた微量元素の検出限界の向上

Enhancing the XEDS detection limit using ultra-low kV STEM

● 九州大学

JEM-ARM200CF ACCELARM
広電圧超高感度原子分解能電子顕微鏡
Atomic Resolution Analytical Electron Microscope



(a) 200 kVおよび (b) 30 kVで取得したXEDSスペクトル
XEDS spectra acquired at (a) 200 kV and (b) 30 kV

機器利用 1時(4時間)あたりの使用料 （円）	
広電圧超高感度原子分解能電子顕微鏡 JEM-ARM200CF ACCELARM	9,400

低加速におけるイオン化断面積増大を利用することで30 kVの超低加速電圧においてシリコン中の極微量リン(10^{16} atoms/cm^3)をXEDSにて検出することが可能となった。

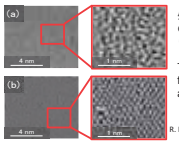
The XEDS detection limit of Phosphorus dopants in silicon wafers was enhanced down to 10^{16} atoms/cm^3 by using the 30 kV ultra-low acceleration voltage STEM.

エタノール気相雰囲気加熱還元処理による高結晶性グラフェン薄膜合成

Synthesis of highly crystalline graphene thin films using thermal treatment in ethanol

● 京都大学

モノクロメータ搭載低加速原子分解能分析電子顕微鏡（JEM-ARM200F）
Monochromated atomic resolution analytical electron microscope



処理温度の異なるエタノール加熱還元後のGO薄膜のTEM像
（a）900℃、（b）1100℃

TEM images of graphene oxide thin films prepared by ethanol treatment at (a) 900 ℃, (b) 1000℃.

R. Negishi et al., *Sci. Rep.* **6** (2016) pp. 28936-1-10.

機器利用・技術代行 利用料（円/H）		
	大学・公的研究機関	企業
機器利用	6,040	12,080
技術代行	9,440	15,480

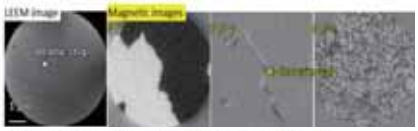
エタノール気相雰囲気下での高温加熱還元プロセスにより、酸化グラフェン薄膜の欠陥構造を修復し、最高レベルのキャリア移動度を達成した。

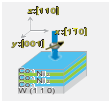
The defect structure of the graphene oxide thin film was repaired by the thermal reduction process in the ethanol environment and the highest level of carrier mobility was achieved.

スピン偏極低エネルギー電子顕微鏡による材料開発

Materials development with spin-polarized low energy electron microscopy

● 物質・材料研究機構





スピン偏極低エネルギー電子顕微鏡
Spin-polarized low energy electron microscopy

M. Suzuki et al., J. Phys.: Condens. Matter 25, 406001 (2013)

機器利用・技術補助・技術代行 利用料 （ 円／H ）			
	大学・公的研究機関	中小企業	大企業
技術代行	3,000～	6,000～	9,000～

SPLEEMによる三次元磁化方向解析および成膜中の磁区構造の動画観察から、W(110)基板上のCo/Ni多層膜における垂直磁気異方性の安定化過程を解明。

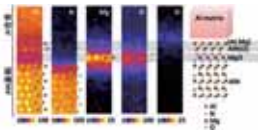
Stabilization process of perpendicular magnetic anisotropy in Co/Ni multilayer on W(110) was investigated from 3D analysis of magnetization direction and dynamical imaging of magnetic domain structure during growth of the multilayer with SPLEEM.

溶融接合金属セラミックス基板界面における原子分解能構造解析

Atom-resolved structural analysis of a liquid-bonded heterointerface

● 東京大学

環境対応型超高分解能電子顕微鏡
Environment-Adapted Scanning Transmission Electron Microscope



Al合金/AlN界面の原子分解能STEM-EDSマップと構造モデル

Atomic STEM-EDS maps and the structure model of the Al alloy / AlN interface.

A. Kumamoto, et al., *Sci. Rep.* **6**, 22936 (2016).

JEM-ARM200F Cold-FEG 利用料 （円/日）		
機器利用	技術補助	技術代行
60,000	120,000	300,000

様々な産業分野で用いられている溶融接合技術は、原子スケールの現象により成り立っている。我々は原子分解能STEM法を活用し、溶融接合技術で作製されたAl合金/AlN界面で、単原子Mg層を発見した。この界面構造の形成により界面の機械的強度が向上することが明らかになった。

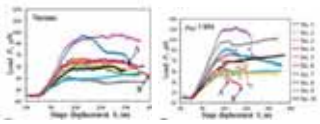
Liquid bonding technology used in various fields of the industry consists of atomic-scale phenomena. By utilizing the atom-resolved STEM technique, we have discovered a monoatomic Mg layer at the Al-alloy/ AlN interface. It is explained that this monoatomic Mg layer enhances the mechanical strength at the interface.

水素ガス環境下におけるNi_3Alの結晶粒界への影響実験

Influence experiment to the crystal grain boundary of Ni_3Al under the H_2 gas conditions

● 名古屋大学

反応科学超高圧電子顕微鏡
JEM-1000K RS
Reaction Science HVEM JEM-1000K RS



Vacuum　　H_2 gas 1,000Pa

Y. Takahashi et al., Materials Science & Engineering A 661 (2016) 211-216

Nano Indentation Holder

機器利用・技術補助・技術代行 利用料（円）		
	大学・公的研究機関	企業
1件/日	28,000	82,400

水素脆化が結晶粒界に及ぼす影響を水素ガス環境下で観察し、粒界の接合角度により異なることを明らかにした。

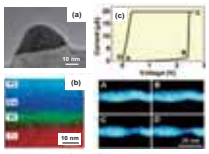
Under the H_2 gas condition, it was cleared that varied according to the joint angle of the grain boundary.

ナノ電子デバイスの微細構造と電磁気特性の相関

Investigation on microstructure and properties of nano-electronic devices

● 北海道大学

高分解能3次元構造評価装置 収差補正型TEM・STEM
Cs-corrected TEM・STEM FEI Titan3 G2 60-300



M. Arita et al., Scientific Reports, **5** (2015) 17103

(a) FIB加工による作製したReRAMデバイス (b) 接合部のEDX像 (c) 初期のI-V特性（上）ナノフィラメントのTEM像

(a) ReRAM device fabricated using FIB (b) EDX mapping of the junction (c) I-V curve of *SET*-pristine stage (upper) and TEM images (lower)

	機器利用 (円/H)	技術代行 (円/H)
収差補正型TEM・STEM	4,500	8,000
複合ビーム加工観察装置 FIB-SEM	2,300	5,800

ReRAMの動作原理検証のために実用ReRAMと同等の100nm以下のデバイスをFIB装置を用いて効率良く作製できた。In-situ TEM観察によってReRAMの絶縁層中のナノフィラメント形成やスイッチング動作におけるナノフィラメント変化の詳細を調べることができた。

FIB was successfully used for fabricating ReRAM devices with a size of 100 nm. In-situ real-time TEM observation results provided a detail nderstanding of nano-filament formation and its evolution during switching.

問い合わせ：微細構造解析プラットフォーム推進室 （代表機関：物質・材料研究機構）
E-mail: acnp@nims.go.jp　Phone: 029-859-2139
ホームページ: http://www.nims.go.jp/acnp/

文部科学省ナノテクノロジープラットフォーム事業
微細構造解析プラットフォーム

世界トップ水準の最先端計測を提供

$CaGe_2F_X$化合物の解析

Structural Analysis for $CaGe_2F_x$ Compound

● 東北大学

超高分解能収差補正型分析電子顕微鏡
300kV Cs corrected TEM
FEI Titan³ TM 60-300

HAADF-STEM image of $CaGe_2F_{0.8}$ compound.

	機器利用（円/日）
超高分解能収差補正型分析電子顕微鏡 FEI Titan³ 60-300 Double Cs corrector	35,930
超高分解能収差補正型分析電子顕微鏡 FEI Titan³ 60-300 Probe Cs corrector	32,337

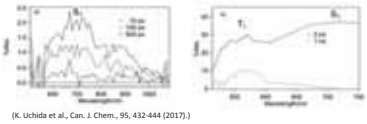
$CaGe_2F_X$化合物中に、多層のゲルマネンとCaF2層の積層構造の形成が確認された。二層ゲルマネンにはフッ素濃度に依存して三種類の構造が存在し、この中にはw-BLSiと同じ構造を有するw-BLGe(wavy bilayer germanene)が含まれていた。

Ge monolayer networks (germanene) in Zintl-phase $CaGe_2$ crystals transform into multilayer (bi- or tri-layer) germanenes in $CaGe_2F_X$ compounds. One of the bilayer germanenes is a new allotrope comprising four-, five-, and six-membered Ge rings.

新規芳香族多環系有機分子の過渡吸収スペクトル評価

Transient absorption spectroscopy of polycyclic aromatic organic molecules

● 産業技術総合研究所



(K. Uchida et al., Can. J. Chem., 95, 432-444 (2017).)

Phenyl peropyrene結晶の過渡吸収スペクトル
Transient absorption spectra of phenyl peropyrene crystal

ナノ秒可視・近赤外過渡吸収分光装置(VITA)
Nanosecond time-resolved visible-near infrared transient absorption spectrometer

	機器利用(円/H)	技術代行・技術補助(円/H)
ナノ秒可視・近赤外過渡吸収分光装置(VITA)	9,000	14,000
ピコ秒可視・近赤外過渡吸収分光装置(VITA)	9,700	14,700

S_1のエネルギーを制御したペロピレン誘導体の過渡吸収測定を行い、シングレットフィッション(SF)の反応機構を評価した。S_1からSFは生じないが、励起子-励起子消滅が起こる高い励起光密度で、S_nからのSFが生じることが明らかとなった。

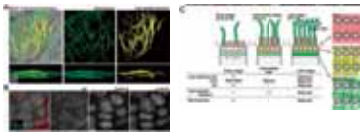
Singlet fission (SF) phenomena in peropyrene derivatives are investigated by using transient absorption spectroscopy. No SF occurs under normal exciton density conditions due to the substantial stabilization of the S_1 state. In contrast, under high exciton density conditions, SF from highly excited singlet (S_n) states, which is generated by singlet–singlet exciton annihilation, takes place to produce a triplet exciton.

気管上皮アピカル構築の観察

Observation of three-dimensional organization of layered apical cytoskeletal networks

● 大阪大学

H-3000超高圧電子顕微鏡
H-3000 Ultra-High Voltage Electron Microscope



機器利用・技術補助・技術代行（円）		
	大学・公的研究機関	企業
1件/日	※ 18,000	30,000
1件/年	※ 600,000	1,000,000

※H30年4月改定料金

我々の気道表面には数億本という繊毛が存在する。超高圧電子顕微鏡トモグラフィー法と免疫蛍光法を活用した3次元イメージングにより、気管上皮細胞における細胞骨格の発達と組織機能との関連を明らかにした。

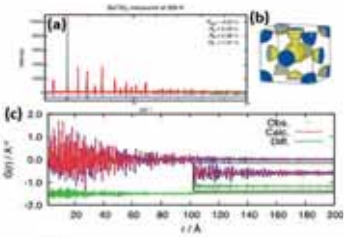
The cytoskeleton is an essential cellular component that enables various sophisticated functions of epithelial cells by forming specialized subcellular compartments. Three-dimensional imaging by ultra-high voltage electron microscopy and immunofluorescence revealed that the morphological features of each network depended on the cell type and were spatiotemporally integrated in association with tissue development.

強誘電体のマルチスケール構造解析

Multi-scale structure analysis of ferroelectric materials

● 日本原子力研究開発機構

κ型多軸回折計
kappa-type multi-axis diffractometer equipped on beamline BL14B1, SPring-8



Y. Yoneda, to be published in Journal of Ceramic Society of Japan (in Japanese)
Results of (a) Rietveld, (b) MEM electron density map, and (c) PDF analysis

研究開発	一般課題	競争的資金利用	備考
施設の運転に係わる経費	9,580円	22,700円	1シフト(8H)当たり

利用料金=取扱手数料10,700円/件+施設の運転に係わる経費+追加経費

高エネルギー粉末X線回折で得られた同一セットのデータからリートベルト解析、MEM解析、PDF解析を行い、ドメインによって生じる平均構造と局所構造の"ずれ"を見出した。

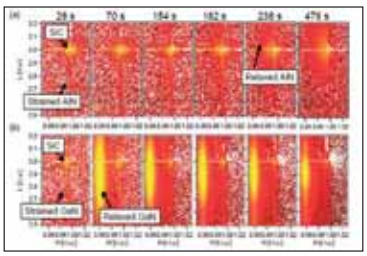
Rietveld, MEM, and PDF analysis were performed by using only one data set. The multi-scale analysis revealed the deviation between average and local structures.

窒化物半導体薄膜成長のリアルタイム構造解析

Real-time structural analysis during film growth of nitride semiconductors

● 量子科学技術研究開発機構

表面X線回折計
Surface X-ray Diffractometer



T. Sasaki et al., Jpn. J. Appl. Phys. 55, 05FB05 (2016).

SiC基板上の(a) AlNおよび(b) GaN薄膜成長中の逆格子マップ
Reciprocal space maps during (a) AlN and (b) GaN film growth on SiC substrates

研究開発	一般課題	競争的資金利用	備考
施設の運転に係わる経費	9,580円	22,700円	1シフト(8H)当たり

利用料金=取扱手数料10,700円/件+施設の運転に係わる経費+追加経費

SPring-8 / BL11XU において独自開発した表面X線回折計（分子線エピタキシー/X線回折計複合装置）を利用して、窒化物半導体薄膜成長中のひずみ緩和の様子をリアルタイム観測した。
その結果、炭化ケイ素（SiC）基板上の(a) 窒化アルミニウム（AlN）および(b) 窒化ガリウム（GaN）薄膜成長中の逆格子マップから、AlN薄膜は成長時間200秒程度（膜厚約4 nm）から、GaN薄膜は成長時間70秒程度（膜厚約1 nm）から、それぞれひずみ緩和が始まることが明らかになった。

Real-time structural analysis during the film growth of nitride semiconductors was performed using the Surface X-ray Diffractometer [a MBE (Molecular Beam Epitaxy)-XRD(X-ray Diffractometer) hybrid system] at SPring-8/BL11XU.
It was clarified that the strains of AlN and GaN films grown on SiC substrates were relaxed at the growth time of about 200 s (film thickness of 4 nm) and about 70 s (1 nm), respectively.

問い合わせ：微細構造解析プラットフォーム推進室　(代表機関：物質・材料研究機構)
E-mail: acnp@nims.go.jp　Phone: 029-859-2139
ホームページ: http://www.nims.go.jp/acnp/

文部科学省ナノテクノロジープラットフォーム事業　微細構造解析プラットフォーム
北海道大学

北海道大学　微細構造解析プラットフォーム
－先進ナノ構造・状態解析共用拠点－

材料の表面・表層から内部に至る一貫した包括的な先進ナノ構造・状態解析を支援します

国立大学法人北海道大学では、(1)表面構造、(2)内部構造・3D構造、(3)電子状態分析の観点からナノ～マイクロメートルオーダーにわたる材料・デバイスの分析・評価に関する研究支援を行います。最新のX線光電子分光、電子プローブマイクロアナライザー、UHV-SPMなどによる表面構造解析支援、高エネルギーイオン加速器と各種レーザーを持つ世界に唯一の超高圧TEMを中心とした電子顕微鏡群とSEM-FIBとの組み合わせによる内部構造・3D構造解析支援、超高速時間分解光電子顕微鏡などによる電子状態のリアルタイム解析支援を提供します。

- 各種ナノ計測設備群と計測技術を応用した**多種多様な解析技術の提供**
- 無機材料から生体材料にいたる**多様なマテリアル**のナノ構造・状態解析
- 材料の表面・表層から内部に至る一貫した**包括的な先進微細構造解析**
- ナノテクノロジーを活用した材料研究分野における**学問的課題を解決**
- 産業界の研究者が有する技術的課題を解決し、**イノベーションを加速**
- **知の集約**による産学官連携による異分野融合と最先端計測人材の育成

施設・設備紹介

計測・解析技術	装置名（型式）
走査型電子顕微鏡（SEM）	3D環境マテリアル分析システム（FE-EPMA：JXA-8530F, FIB-SEM：JIB-4600F/HKD）
	電界放射型走査型電子顕微鏡（JSM-6500FA）
	スピンSEM
走査型プローブ顕微鏡（SPM）	超高真空・極低温・高磁場SPM（JAFM4500LT）
	超高真空STM・スピン偏極STM装置（オミクロン　STM/AFM, VT-STM）
超高圧電子顕微鏡（HVEM）	マルチビーム超高圧電子顕微鏡（JEM-ARM-1300）
透過型電子顕微鏡（TEM）	収差補正走査・透過電子顕微鏡（JEM-ARM-200F）
	収差補正走査・透過電子顕微鏡（Titan 3G 60-300）
	電界放射型分析電子顕微鏡（JEM-2010F）
	環境セル対応電子顕微鏡システム（JEM-2010）
走査・透過電子顕微鏡（STEM）	超薄膜評価装置（Hitachi HD-2000）
集束イオンビーム加工装置（FIB）	超薄膜評価装置（Hitachi FB-2100）
	試料作製装置群（電解研磨、イオン研磨）
光電子顕微鏡（PEEM）	時間分解光電子顕微鏡システム
表面分析	オージェ電子分光装置（JAMP-9500F）
	X線光電子分光装置（JPS-9200）

利用事例

マルチビーム超高圧電子顕微鏡　JEM-ARM-1300

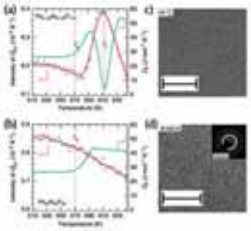
その場観察や3次元観察に最適な電子顕微鏡
～バイオマテリアルの低損傷・高分解能解析にも威力を発揮する～

装置の外観と仕様（JEOL JEM-ARM-1300）

イオンビーム、電子ビーム、レーザー光からなる複数の量子ビームを持つ超高圧電子顕微鏡。高エネルギー電子線の試料透過能が高いため高分解能その場観察や3次元観察に適し、ハード材料のみならずバイオマテリアルの低損傷・高分解能観察も可能。

- 加速電圧：最大1300kV
- イオン加速器：300kV, 400kV
- レザー：YAG, HeCd, フェムト秒
- 粒子分解能：0.118nm
- 倍率：x 200～1,500,000
- 加熱ホルダー, 冷却ホルダー, 二軸傾斜ホルダー

Pd-Ni-P金属ガラスにおけるポリアモルファス相転移のその場観察



(a) $Pd_{41.25}Ni_{41.25}P_{17.5}$ と (b) $Pd_{40}Ni_{40}P_{20}$ バルク金属ガラスの Q_1 ピーク強度（Q値の4.98～5.00 Å^{-1}の範囲で積分）とQの温度依存性．(c) T_G で急冷した $Pd_{41.25}Ni_{41.25}P_{17.5}$ のHRTEM像．(d) 遷移領域終了後の643 Kで急冷した後のHRTEM像．(d) の電子回折図形（右上）のスケールは10 nm^{-1}

$Pd_{40}Ni_{40}P_{20}$は異常発熱ピークを示さないが、$Pd_{41.25}Ni_{41.25}P_{17.5}$ は約612Kで異常発熱ピークを示す

超高真空STM・スピン偏極STM装置　VT-STM

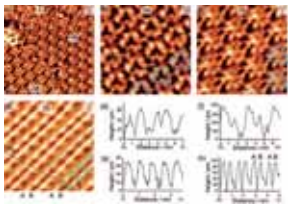
表面原子構造解析・表面スピン構造計測装置
～薄膜成膜、表面清浄化、組成分析、STM・スピン偏極STM観察～

装置の外観と仕様（Omicron VT-STM）

薄膜成膜装置、表面清浄化装置、組成分析装置などを備えている温度可変STM観察が可能な表面原子構造解析装置。さらに、スピン検出可能な探針作製機構を備え、表面スピン構造観察も可能

- 金属成膜装置：Fe, Co, Cr, Au
- 表面清浄化装置：Ar$^+$ スパッタ装置
- 表面構造解析装置：RHEED、LEED
- 組成分析装置：XPS
- 試料加熱：～950℃
- STM観察：20 K～室温

磁性分子TTTAの構造解析



Ag(111)基板上に成膜した有機ラジカル分子TTTA膜のSTM像 (a) 領域I. IIa, IIb. 23 nm x 23 nm . V_t= 2.4 V; I_t= 0.3 nA. (b) 領域IIa. 10 nm x 10 nm. V_t= −1.3 V; I_t= 0.3 nA. (c) 領域IIb. 10 nm x 10 nm. V_t= 2.4 V; I_t= 0.3 nA. (d) 領域III. 6 nm x 6 nm. V_t= 2.4 V; I_t= 0.3 nA. (e–f) 各STM像上の各線のラインプロファイル.

同一膜上に秩序と非秩序領域があり、秩序領域では2次元構造と1次元構造が混在する

利用形態と利用料金

機器利用	利用者自らが機器を操作するものであり、支援者は研究の内容にタッチしない，独立性の高い形態です
技術補助	装置管理者・支援者が補助をしながら利用者が装置を操作する支援
技術代行	装置管理者・支援者が装置の操作・解析を代行
共同研究	支援事業参画教員と利用者による成果公開型共同研究
技術相談	技術的な問題解決などについて，各機関の相談スタッフが，さまざまな相談に対応いたします

利用料金

本学規程の機器利用料金を装置の使用時間に応じて課金

装置利用形態、技術相談、利用料金など、下記にお問い合わせ下さい

問い合わせ：北海道大学　ナノテクノロジー連携研究推進室
E-mail: nanoplat@cris.hokudai.ac.jp,　Phone: 011-706-9340
ホームページ　http://www.cris.hokudai.ac.jp/cris/nanoplat/

文部科学省ナノテクノロジープラットフォーム事業　微細構造解析プラットフォーム
東北大学

東北大学　ナノテク融合技術支援センター

東北大学微細構造解析プラットフォームでは本学のナノテク融合技術支援センターを核として金属材料研究所が主体となり、様々な物質群の組織と構造解析のお手伝いをいたします。透過型電子顕微鏡による一般的な組織、形態観察から球面収差補正により実現されたサブオングストロームの高分解能観察に加え、走査型電子顕微鏡においても低加速での観察や透過モードでの観察など、研究のニーズに応じて経験豊かな研究者による適切なアドバイスのもと、最適な観察・解析方法をご提案します。また集束イオンビーム装置（デュアルビームシステム™）を用いた局所構造の解析、試料作成に対するニーズも最近は多くなってまいりました。本プラットフォームを抱えるナノテク融合技術支援センターのもう一つの特徴は微細加工分野や分子・物質合成分野の研究者と一体になって融合領域における構造解析を自由にできることにあります。どうかお気軽に私どものウェブページにアクセスしていただき必要な装置をお使いいただければ幸いです。

共用装置の紹介

Dual Beam™ FIB-SEM

FEI Versa 3D
デュアルビーム™FIB-SEM

FEI Quanta 3D
デュアルビーム™FIB-SEM

高分解能・低加速電圧SEM

Hitachi SU-8000
高分解能低加速電圧FE－SEM

Hitachi S-5500
超高分解能FE－SEM

球面収差補正装置付高分解能・分析TEM

Thermo Fisher Sci. Titan 80-300
サブオングストローム分解能分析TEM

JEOL JEM-ARM 200F Cold
原子分解能分析TEM

Thermo Fisher Sci. Titan³ 60-300
超高分解能分解能収差補正TEM (Co doubled)

Thermo Fisher Sci. Titan³ 60-300
高分解能分解能収差補正分析TEM (Probe Cs)

利用料金　【円/日(8Hours)　税抜】

装置名	利用料	装置名	利用料
高分解能・低加速電圧SEM（ SU-8000, S-5500 ）	10,345	サブオングストローム分解能分析TEM（Titan80-300 Image Corrector）	30,156
Dual BeamTM FIB-SEM（ Quanta 3D ）	22,003	原子分解能分析TEM （ JEM-ARM200F Double Corrector ）	24,000
Dual Beam™ FIB-SEM（ Versa 3D ）	22,003	超高分解能分解能収差補正ＴＥＭ（Titan³ 60-300 Double Corrector ）	35,930
イオンミリング（ Model 1010 ）	10,404	超高分解能分解能収差補正ＴＥＭ(Titan³ 60-300 Probe Corrector ）	32,337

平成28,29年度支援から　～　利用事例

LPSO型Mg合金における新規規則相の形成機構と微細構造の解明

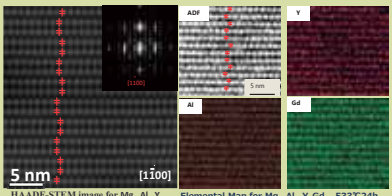
仙台高等専門学校　岡部 亮, 霜原 英, 今野一弥, 武田光輝

Objective

Mg-Zn-Y合金中に長周期積層構造（LPSO構造）形成が2001年熊本大学の河村等により発見され、優れた超々ジュラルミンを超える優れた機械的特性と耐燃性、耐腐食性を示すことからLPSO型合金（Kumadai 合金）の開発が実用を視野に進められている。その中でもMg$_{75}$Al$_{10}$Y$_{15}$合金中にはLPSO合金系で初めて規則構造(HAADF-STEMが確認された事から**Mg$_{75}$-Al$_{10}$(Y, Gd)の希土類元素の添加による組織への影響を調査する。**

Results

Mg$_{75}$Al$_{10}$Y$_5$Gd$_{10}$（533C 24H処理）のLPSO相の元素マッピングからGd及びYの両元素はクラスタあるいはグレイン上での分布が示され、両希土類元素はそれぞれで分離はせずに分配され組織を形成する事が確認された。



HAADF-STEM image for Mg$_{75}$Al$_{10}$Y$_{15}$ 550℃ 24h

Elemental Map for Mg$_{75}$Al$_{10}$Y$_5$Gd$_{10}$ 533℃24h
R. Abe, S. Sugawara, M. Takeda, M. Nishijima, K. Konno
JIM 2017Fall

Equipment　*JEM-ARM200F*　*JEOL Ltd.*
Supported by Dr. M. Nishijima

強誘電体薄膜の局所構造解析

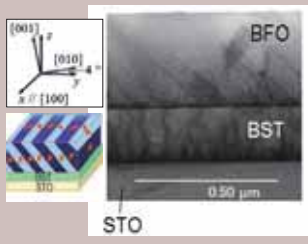
東京大学大学院工学系研究科　松尾拓紀

Objective

強誘電体はバンドギャップを超える光起電力を生じるが、強誘電体のドメイン壁においてバルク領域を凌駕する光起電力効果が発現することが示唆されている。本研究では、**酸化物ペロブスカイト型強誘電体BFO/BST/STO積層薄膜に形成されるドメイン構造をTEM観察により明らかにし、光起電力効果との相関を解明する。**

Results

BFO薄膜内にはBFOの(011)面と平行に形成されたドメイン壁のコントラストが観測されており、強弾性71・ドメイン壁（間隔約100 nm～400 nm）が導入されている。緻密にドメイン壁が導入された本試料は、ドメイン壁の無い試料を大きく超える光起電力効果を示した。本研究におけるドメイン構造評価および光起電力特性評価の連係により、ドメイン壁において特異的に大きな光起電力が発現することが裏付けられた。



Schematic image and TEM image of BFO/BST/STO thin film
H. Matsuo, Y. Kitanaka, R. Inoue, Y. Noguchi, M. Miyayama, T. Kiguchi, and T. J. Konno, Phys. Rev. B 94, (2016) 214111.

Equipment　*JEM-ARM200F*　*JEOL Ltd.*
Supported by Dr. T. Kiguchi, Mr A. Akama and Dr. T. J. Konno

単分子磁石内包カーボンナノチューブの創製と解析

[a]東北大学大学院理学研究科, [b]東北大学原子分子材料科学高等研究機構
中西　亮[a], 山下　正廣[a, b]

Objective

１分子を１メモリとして扱う単分子磁石を、カーボンナノチューブ（CNT）の一次元内部ナノ空間に内包し、デバイスへの応用を目指している。

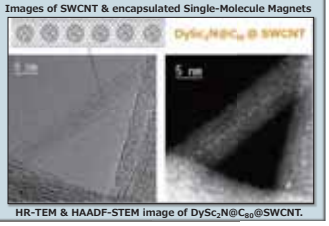
本研究では、**金属内包フラーレンDySc$_2$N@C$_{80}$分子等を単層CNTに内包し、その高分解能TEM観察を行う。**

Results

高分解能TEM観察によりCNT内部に単分子磁石の内包を確認することが出来た(Fig. 2左)。特に、DySc$_2$N@C$_{80}$を内包したものにおいては、フラーレンが確認された場所についてHAADF-STEM観察により明るい 金属由来のコントラストを明瞭に観察することができた。

電子エネルギー損失分光分析（EELS）により金属がDyであることも確認され、すなわち単分子磁石を一次元的に配列することに成功した。

Images of SWCNT & encapsulated Single-Molecule Magnets



HR-TEM & HAADF-STEM image of DySc$_2$N@C$_{80}$@SWCNT.

Equipment　*JEM-ARM200F*　*JEOL Ltd.*
Supported by Dr. M. Nishijima

CaGe$_2$F$_x$化合物の構造解析

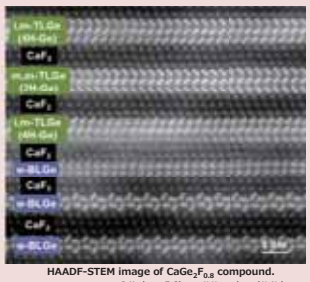
株式会社　豊田中央研究所八百川律子

Objective

シリセンとカルシウムの層状化合物であるCaSi$_2$にフッ素を拡散させると、二層シリセンを含む多層シリセンとCaF$_2$が交互に積層したCaSi$_2$FX化合物が合成される。CaGe$_2$にフッ素を拡散させると、シリセンと同様に**多層ゲルマネンが形成するかを試み高分解能TEM観察を行う。**

Results

CaGe$_2$F$_{0.8}$組成のHAADF-STEM像のように、フッ素の組成範囲が0.6≦X≦1であるCaGe$_2$F$_x$化合物中に、多層のゲルマネンとCaF$_2$層の積層構造の形成が確認された。二層ゲルマネンにはフッ素濃度に依存して三種類の構造が存在し、w-BLSiと同じ構造のw-BLGe(wavy bilayer germanene)が含まれている。三層ゲルマネンは、高圧相であるhexagonal構造（２Ｈ及び４Ｈ）の一部が認められた。ゲルマニウムとCaF$_2$間のミスフィットは、常圧相であるcubic-diamond構造の方が、高圧相であるhexagonal構造よりも大きいため、CaF2に挟まれた三層ゲルマネンは高圧相であるhexagonal構造をとると考えられる。



HAADF-STEM image of CaGe$_2$F$_{0.8}$ compound.
R. Yaokawa, T. Ohsuna, Y. Hayasaka and H. Nakano, ChemistrySelect, 1 (2016) pp.5579-5583.

Equipment　*Titan³ G2 60-300*　*Thermo Fisher Scientific (FEI)*
Supported by Mr. Y. Hayasaka

ご利用案内

http://www.cints-tohoku.jp　CINTS　検索

ナノテクノロジーの社会への浸透と発展に伴い、東北大学微細構造解析PFに持ち込まれるナノテク材料は金属・半導体やセラミックスにとどまらず、生物由来の生活素材、文化財と幅広い分野に及んでいます。このような状況の中で、私たちは観察試料の作製および電子顕微鏡観察において従来マテリアル分野で行ってきた手法に、異なる分野の知識、技術の手法も融合し発展させる事が求められていると考えています。

Prof. T. J. Konno
Center for Integrated Nano Technology Support
Tohoku University

東北大学ナノテク融合技術支援センター
『CINTS』ホームページでは…

- 微細構造解析分野
- 微細加工分野
- 分子・物質合成分野

東北大学が提供する
３つの分野
すべての課題申請
ができます

最先端の装置を気軽に利用しよう。申請はWEB(CINTS)から！

問い合わせ：国立大学法人　東北大学　産学連携推進本部　ナノテク融合技術支援センター
http://cints-tohoku.jp/　電話：022-217-6037　メイル：cintsoffice@rpip.tohoku.ac.jp

文部科学省ナノテクノロジープラットフォーム事業　微細構造解析プラットフォーム
国立研究開発法人物質・材料研究機構

大気エアロゾルの物理化学特性分析

[a]気象研究所, [b]国立研究開発法人物質・材料研究機構

足立 光司[a], 根本 善弘[b]

目的

大気中に浮遊する微粒子（エアロゾル）は、数ナノメートルから数十マイクロメートルの大きさを持ち、太陽光を散乱・吸収することにより地球気候に影響を与え、雲の核になることなどにより気象を変化させ、また人体に取り込まれた際に健康に影響を及ぼす。このエアロゾルの環境への影響を詳細に理解するためには、そのナノサイズ粒子の物理化学特性を知ることが必要である。本研究では、透過型電子顕微鏡とEELSを用いることによって、大気中に浮遊する酸化鉄エアロゾル等の化学種特定を行い、その気候への影響を理解することを目的とした。

成果

日本と中国の間の黄海において航空機を用いた観測を行った（図１）。捕集したエアロゾル試料を、透過型電子顕微鏡（JEM-ARM200F）と電子エネルギー損失分光法（EELS; GATAN Quantum）によって分析を行った。EELSと高分解能画像分析の結果、この地域の大気エアロゾル中で見つかった酸化鉄は数十ナノメートル粒子の凝集体であり、強い光吸収性を有するマグネタイトであることが発見された（図２,３）。その形態や化学種から人為的な発生源が考えられ、この地域の太陽光吸収に少なくない影響を及ぼしていることが明らかになった。また、EELSを使った技術は、大気中の有機エアロゾルの炭素分析にも用いられ、その大気中での変質プロセスの一端を明らかにしつつある。このように、本研究ではナノテクノロジーを大気中のエアロゾルに応用することによって、その地球気候影響を明らかにする重要な成果が得られた。なお、本研究の一部は以下の論文に掲載されている。

Moteki, Adachi et al., Anthropogenic iron oxide aerosols enhance atmospheric heating, Nature Communications, 8, 15329, 2017.

図1　飛行機観測で採取した大気汚染層。主に中国から飛来したエアロゾルが輸送されている。東京大学の研究グループが代表をつとめたA-FORCE2013Wキャンペーンで観測を行った。

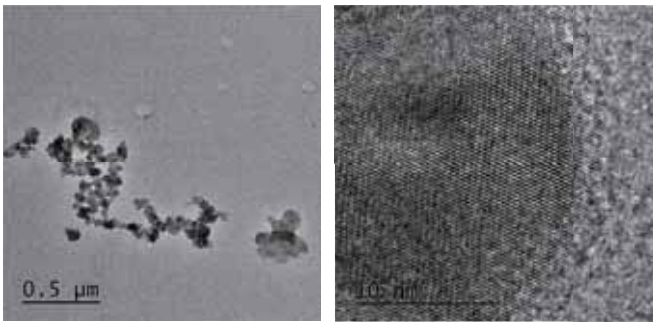


図2　黄海上空で見つかった凝集体をした酸化鉄粒子（左）と酸化鉄粒子の高分解能結晶像（右）。酸化鉄粒子は数十ナノメートル粒子が凝集した形態で大気を浮遊していた。

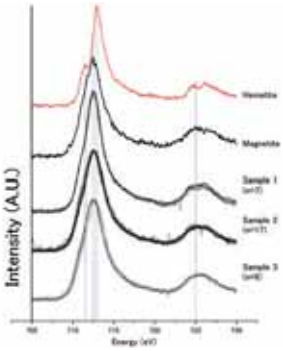


図3　大気中で得られた酸化鉄粒子と標準試料（ヘマタイト(Fe_2O_3)とマグネタイト(Fe_3O_4)）のEELSデータ。環境中の酸化鉄粒子はマグネタイトと同じスペクトル特徴を持つ。（Moteki et al., 2017中のFig S3）

実施機関からのコメント

足立氏は透過型電子顕微鏡とEELSを熟知されていて、コールドエミッションのJEM-ARM200FとQuantumを活かされて、研究目的の成果を効率よく上げられた。明らかにされた内容も大変素晴らしいと思います。

（支援実施者：根本善弘）

問い合わせ先：ナノテクノロジープラットフォーム　NIMS微細構造解析プラットフォーム事務局
E-mail: nmcp@nims.go.jp Phone: 029-859-2310
ホームページ　http://www.nims.go.jp/nmcp/

文部科学省ナノテクノロジープラットフォーム事業　微細構造解析プラットフォーム
産業技術総合研究所

新規芳香族多環系有機分子の過渡吸収スペクトル評価

[a]徳島大学，[b]産業技術総合研究所

山中　大樹[a]，古部　昭広[a]，松﨑　弘幸[b]

【目　　的】

シングレットフィッション(SF)は、有機固体において、励起一重項状態（S_1）から2つの励起三重項状態（T_1）に遷移する過程である。本研究では、高効率のSFが期待されるペロピレン誘導体に対し、過渡吸収測定を行い、SFの反応機構を評価した。

【成　　果】

Phenyl peropyrene結晶の過渡吸収測定の結果をFigure 1(a)に示す。700 nm付近にS_1の吸収のみ観察でき、S_1状態からは、SFは起こらないことが分かった。一方、S_1より高いエネルギー状態であるS_nからのSFを観察するために、励起光強度を高くし、励起子-励起子消滅が発生する状態で測定を行った（Figure 1(b)）。1 ns後に注目すると、S_1の吸収帯が減衰した後、570 nm付近に信号が残っているのがわかる。これはS_n状態からのSFでT_1が生成したことによるものであると考えられる。これらの結果から、S_1からのSFを実現させるには、ペロピレンのS_1のエネルギー状態がより高くなるように分子設計をする必要があると分かった。

【実施機関からのコメント】

独自開発装置の利点を生かして、粉末試料を対象に拡散反射光学系を適用して、広帯域かつ高感度に過渡吸収スペクトルを測定し、有機分子固体ペロピレン誘導体におけるシングレットフィッションの反応機構と分子設計指針を明らかにできた成果事例である。

（支援実施者：松﨑 弘幸，岡林 裕介）

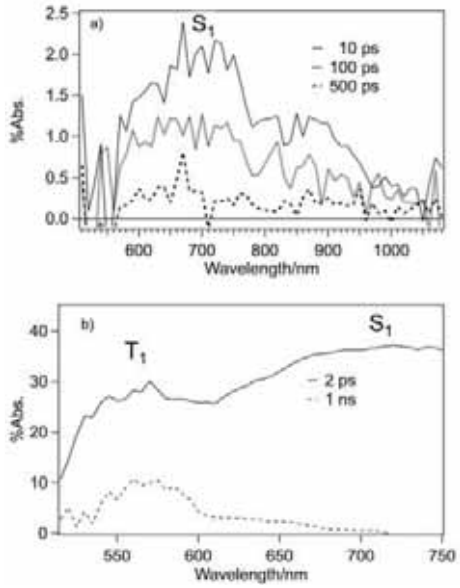


Figure 1: phenyl peropyrene結晶の過渡吸収スペクトル

固体NMRを用いた新規層状無機-有機複合体の可逆溶融過程の解明

物質・材料研究機構

藤井　和子

【目　　的】

層状無機／有機複合体は、高分子材料等のフィラーとして期待され、応用もされている。層状無機／有機複合体が可逆に溶融すれば、溶融状態で混合できるため、分散性のさらなる向上が期待される。また、可逆に溶融すれば、熱貯蔵材料等への応用の可能性も広がる。

本課題では、シロキサンシート部分と長鎖アルキル鎖からなる層状アルキルシロキサンの温度に伴う構造変化を解明する。

【成　　果】

層状アルキルシロキサンは、層状に積層したシロキサンシートと、その層間に存在する長鎖アルキルシリル基からなると考えられる。また、長鎖アルキルシリル基は、シロキサンシートと共有結合している。

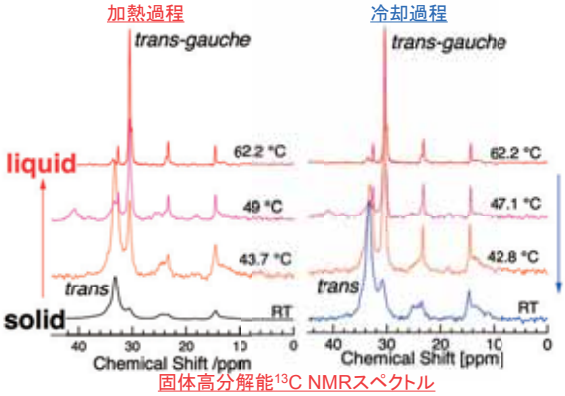
層状アルキルシロキサンを加熱・冷却しながら温度制御下で固体高分解能^{13}C NMRスペクトルを測定したところ、室温では、*all-trans*配座をとり規則的に配列しているメチレン基に帰属される33 ppmの強いシグナルが最も鋭く現れた。加熱に伴い、33 ppmのシグナルは弱くなり、30.5 ppmのシグナルが相対的に強くなった。30.5 ppmのシグナルは、トランス-ゴーシュ配座のメチレン基に帰属できる。

これらの結果から、長鎖アルキル鎖の規則的な配列が加熱に伴い崩壊するため、層状アルキルシロキサンが溶融することが解明された。また、溶融後、冷却すると、再び長鎖アルキル鎖が規則的に配列することも明らかとなった。

【実施機関からのコメント】

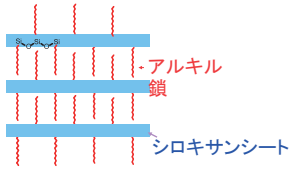
利用者と実施機関は共同研究を継続して行っており、本成果は実施機関において蓄積された微細構造解析技術を利用者が合成した新規材料に適用して得られたものである。材料の機能を微細構造と関連づけることができ、材料開発研究を大いに後押しすることが期待される。

（支援実施者：林　繁信，治村圭子）

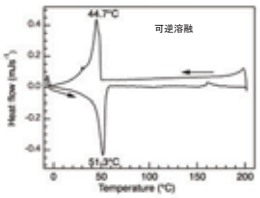


固体高分解能^{13}C NMRスペクトル

加熱に伴い、*all-trans*配座をとり規則的に配列しているメチレン基に帰属される33 ppmの強いシグナルが弱くなり、トランス-ゴーシュ配座のメチレン基に帰属される30.5 ppmのシグナルが強くなる。



層状アルキルシロキサンの模式図



層状アルキルシロキサンのDSC曲線

参考文献　藤井他、*Phys. Chem. Chem. Phys.*, 2016, **18**, 19146

問い合わせ：産業技術総合研究所　先端ナノ計測施設（ANCF）事務局
E-mail: ancf-contact-ml@aist.go.jp，Phone: 029-861-5300
ホームページ　https://unit.aist.go.jp/rima/nanotech/index.html

文部科学省ナノテクノロジープラットフォーム事業　微細構造解析プラットフォーム
東京大学

事例1: カーボンナノチューブと高分子複合材料の表面分析

【目　的】 大容量のスーパーキャパシタ用材料として多孔質活性炭モノリスの3次元構造体（3D-NDP-ACM）の新規作製方法を開発した。

【成　果】 予め分散したCNTを混合したPANを出発原料とし，3D-NDP-ACMがテンプレートを必要としないプロセスで得られた。図2には3D-NDP-ACMの電気化学的特性を示す。CV曲線(A)は電気二重層キャパシタの特徴である角形に近い特性を示した。サイクルテスト(D)ではスキャン速度50mV/sで3000回のサイクルでも安定したキャパシタンスを示し、従来品の4倍容量のスーパーキャパシタの開発が可能になった。

【実施機関からのコメント】
解析ソフトウェアとデータベースの使い方について支援を行うことにより、論文に掲載されたXPSのスペクトルフィッティングを得ることができた。（支援実施者：沖津 康平 利用設備：XPS）

[a]東京大学, [b]信州大学, [c]MIT, [d]The Pennsylvania State Univ.
Yanqing Wang[a], Bunshi Fugetsu[a], Zhipeng Wang[b], Wei Gong[a], Ichiro Sakat[a], Shingo Morimoto[b], Yoshio Hashimoto[b], Morinobu Endo[b], Mildred Dresselhaus[c] & Mauricio Terrones[d]

Fig. 1. 3D-NDP-ACMの作製プロセス

Wang Y, Fugetsu B,et al. *Scientific Reports 2017;7:40259. DOI: 10.1038/srep40259*

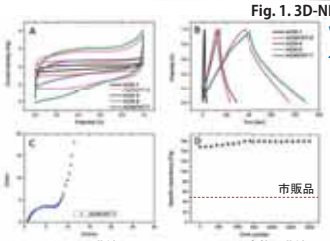


Fig. 2 A. CV曲線(scan rate 10 mV/s) ,B. 充放電曲線 , C. Nyquist plots(100 kHz～10 mHz), D.cycle test (scan rate :50 mV/s ,3000 cycles)

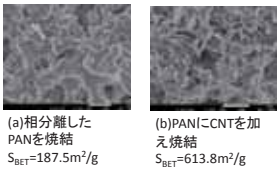


Fig. 3. 3D構造の形成

事例2: セラミックスのSIMS分析

【目　的】 耐熱部材の長寿命化を図るため、酸化保護膜であるセラミックス膜（Al_2O_3、Mullite($Al_6Si_2O_{13}$)）について酸素トレーサ（$^{18}O_2$）を含む高温環境下で酸素透過試験を実施し、NanoSIMSで試験後の膜断面の^{18}O分布を評価した。

【成　果】 ^{18}O分布から粒界毎の酸素の粒界拡散係数($D_{gb}\delta$)を決定する手法を確立した。$Al_6Si_2O_{13}$膜の場合は酸素ポテンシャル勾配$d\mu_0$の有無に関係なく$D_{gb}\delta$は一定であるため、$d\mu_0$有りの方が^{18}Oが深く浸透する。一方、Al_2O_3膜の場合は、$d\mu_0$印加の方が$d\mu_0$無しに比して一桁も小さく、酸素の粒界拡散が抑制されるという現象を世界で初めて見出した。

【実施機関からのコメント】
試料は絶縁体であり当初はSIMS測定が困難であったが、利用者の測定試料準備の工夫と実施機関における測定条件等の検討により、安定して高分解能の測定が可能になった。
（支援実施者：竹内 美由紀　利用設備：NanoSIMS）

[a]ファインセラミックスセンター, [b]東京大学
松平恒昭[a], 北岡諭[a], 小川貴史[a], 柴田直哉[b], 幾原雄一[b]

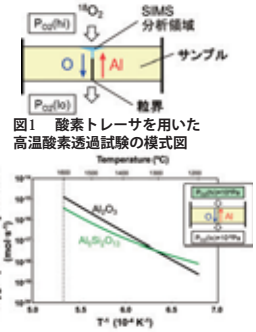


図1　酸素トレーサを用いた高温酸素透過試験の模式図

図3　単位粒界当たりの酸素透過係数の温度依存性

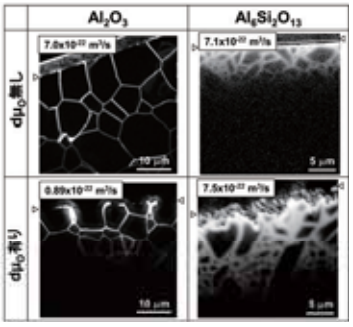


図2　酸素透過試験後（1600℃、1h）のセラミックス膜断面のP_{O2}(hi)表面近傍の^{18}Oマップ

S. Kitaoka, T. Matsudaira, et al., *J. Am. Ceram. Soc.,100, 3217(2017)*
S. Kitaoka, T. Matsudaira, et al., *Mater. Sci. Forum., 879, 966(2017)*
M. Wada, T. Matsudaira, et al., *Acta Materialia, 135, 372(2017)*

事例3: 金属酸化物ナノワイヤの局所構造観察

【目　的】 金属酸化物ナノワイヤ成長プロセスにおいて共存する2つの結晶成長界面により，電気伝導性が大きく異なることが見出された。電気伝導特性の起源を，STEMによる原子構造直接観察とEELSによる電子状態観察によって解明した。

【成　果】 高電気伝導度のナノワイヤのEELSスペクトルは，中心付近ではSnO_2単結晶と同一スペクトルであるが，表面付近ではSnO単結晶から取得したスペクトルが現れており，2価のSnが存在していると解釈でき，酸素空孔の存在によるキャリアが高い電気伝導性をもつシェル状領域を形成していることが分かった。

【実施機関からのコメント】
異なる電気伝導特性のナノワイヤを，位置分解能の高い分光法であるSTEM-EELS法を用いることで，ナノスケールで内部に存在する電子状態の不均一性を直接観察することに成功した。
（支援実施者：関 岳人，柴田 直哉 利用設備：環境対応ARM200F）

九州大学先導物質化学研究所
安西宇宙，長島一樹，柳田剛

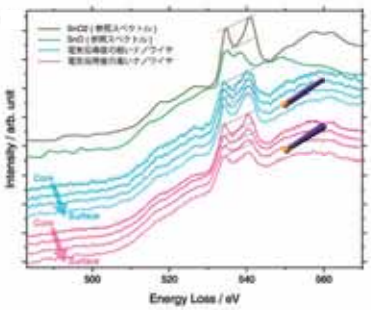


fig.3 ナノワイヤから取得したEELSスペクトルとSnO_2とSnOの参照スペクトル.
530から540 eV付近の酸素K吸収端のピーク形状を比較するために補助線をひいた.

H. Anzai, M. Suzuki, et al., *Nano Lett., 17, 4698-4705 (2017)*

fig,1 VLS(Vapor-Liquid-Solid)法によるナノワイヤ形成

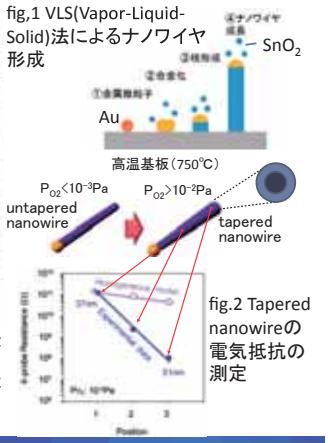


fig.2 Tapered nanowireの電気抵抗の測定

問い合わせ先：東京大学・微細構造解析プラットフォーム　コーディネート室（松畑）
E-mail: info@lcnet.t.u-tokyo.ac.jp, Phone: 03-5841-6372
ホームページ　http://lcnet.t.u-tokyo.ac.jp/index.php

文部科学省ナノテクノロジープラットフォーム事業　微細構造解析プラットフォーム
名古屋大学

名古屋大学 超高圧電子顕微鏡施設 微細構造解析プラットフォーム
-高性能電子顕微鏡による反応科学・ナノ材料科学研究支援拠点-

名古屋大学に設置された「反応科学超高圧電子顕微鏡」は、ガス中での各種の反応や現象を観察することができるため、環境・エネルギー関連材料の開発研究に適し、グリーンイノベーションに大いに貢献できる装置です。応用例として自動車エンジン排ガス浄化用触媒、リチウム電池や燃料電池等の材料開発、最近では細胞一個丸ごとの内部組織構造立体構築による生物試料観察など、全国の大学、研究所、産業界の研究者に共用され、成果を挙げています。本プラットフォームではその他の高性能電子顕微鏡群も含め、ナノテクノロジー研究において最先端の電子顕微鏡技術を提供し、試料作製から電子顕微鏡観察、解析、コンサルティングまで支援いたします。

反応科学科学超高圧走査透過電子顕微鏡
(JEM-1000K RS)

高分解能電子状態計測走査透過
電子顕微鏡（JEM-ARM200F）

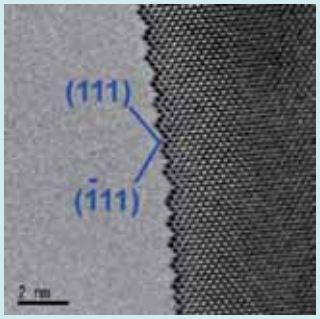
高速加工観察装置 FIB-SEM
(MI-4000L)

施設・設備紹介

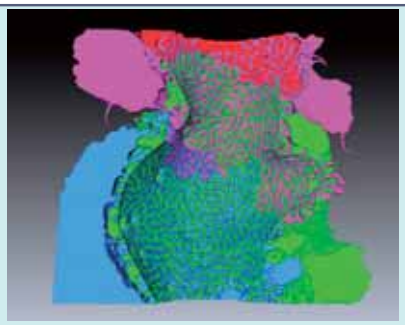
世界で唯一の各種ガスを 0.1気圧まで導入することが可能な反応科学超高圧電子顕微鏡(JEM-1000K RS)による反応ガス環境下における自動車用触媒、燃料電池や二次電池などの反応現象のその場観察、収差補正装置を搭載した原子直視型電子顕微鏡、FIB-SEM装置による金属、半導体や生物の三次元構造解析などの高性能電子顕微鏡による観察・分析・解析を実施し、皆様のナノ材料の開発、課題解決を支援しています。

- ●反応科学超高圧走査透過電子顕微鏡
- ●高速加工観察分析装置（FIB-SEM）
- ●電子分光走査透過電子顕微鏡
- ●走査型電子顕微鏡
- ●アルゴンイオン研磨機
- ●高分解能電子状態計測走査透過型電子顕微鏡
- ●収差補正電界放出走査透過型電子顕微鏡
- ●高分解能分析電子顕微鏡
- ●集束イオンビーム加工機
- ●試料作製装置群

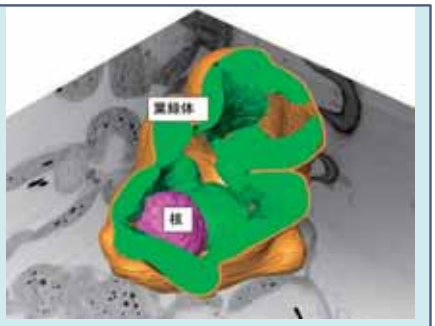
利用事例



ナノポーラス金属触媒の動的観察(JEM-1000K RS)
画像データ：東北大学 藤田武志先生


ラットの腎糸球体の足細胞の三次元構築像(FIB-SEM)
画像データ：順天堂大学 市村浩一郎先生

疲労試験後の銅単結晶中の転位Wall像(JEM-1000K RS)
画像データ：東京工業大学 藤居俊之先生、宮澤知孝先生



イネの葉の葉肉細胞の立体再構築像(FIB-SEM)
画像データ：近畿大学 山根浩二先生

利用ガイド

利用ガイド

観察・分析の利用相談	試料作製方法、観察手段、電子顕微鏡の選定
↓ 見積書の送付	
利用申請書の提出	利用許可条件により、申請書提出
課題審査・利用承認	毎週金曜日に開催、装置予約
電子顕微鏡試料の作製	専従加工技術者による試料作製
電子顕微鏡観察・解析	専従電顕操作技術者による観察
観察結果報告	観察結果の解釈、アドバイス
利用報告書の提出	利用後30日以内に提出

利用料金例

企業(営利法人)　(FIB-SEM)　1日　基本料　30,400円
大学等(非営利法人)　(JEM-1000kRS)　1日　基本料　28,000円
※解析手数料、コンサルティング料を別途加算する場合もあります

利用関連書類一式(利用許可条件、利用申請書、利用料金、利用報告書)は、ホームページからダウンロードできます。

http://nanoplat.nagoya-microscopy.jp

NAGOYA UNIV. HVEM
超高圧電子顕微鏡施設
High Voltage Electron Microscope Laboratory NAGOYA UNIV.

問い合わせ：名古屋大学　未来材料・システム研究所　超高圧電子顕微鏡施設
ナノテクノロジープラットフォーム　微細構造解析プラットフォーム
E-mail: nanoplat@nagoya-microscoy.jp,　Phone:　052-789-3632
ホームページ　http://nanoplat.nagoya-microscopy.jp

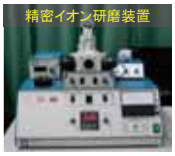
文部科学省ナノテクノロジープラットフォーム事業　微細構造解析プラットフォーム
国立大学法人　京都大学

京大微細構造解析プラットフォーム/最先端構造観察・計測共用拠点

組織紹介

本拠点では、高度な透過電子顕微鏡を提供することにより、無機結晶からソフトマテリアルに渡る広い材料の微細構造 解析および計測の研究支援を提供します。モノクロメータを搭載した球面収差補 正走査透過電子顕微鏡では、原子分解能の高分解能観察や高エネル ギー分解能の電子エネルギー損失スペクトルを用いた分析などを提供します。また、極低温高分解能透過型電子顕微鏡では、電子線照射損傷の低減や溶液中のナノ構造の観察を可能にします。

施設・設備紹介



電子顕微鏡

極低温高分解能透過電子顕微鏡
JEOL JEM-2100F(G5)

球面収差補正透過電子顕微鏡
JEOL JEM-2200FS + CEOS CETCOR

モノクロメータ搭載低加速原子分解能分析電子顕微鏡
JEOL JEM-ARM200F

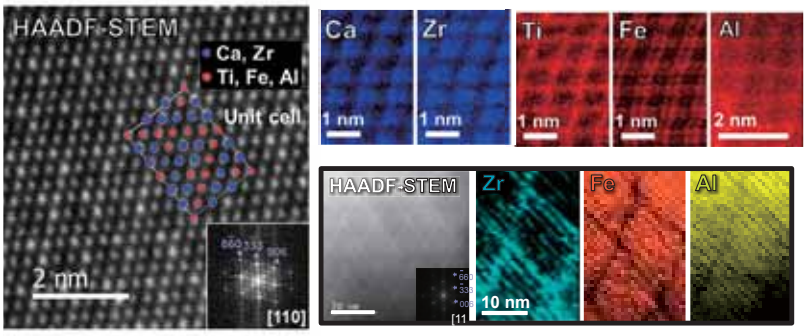
試料作製装置群

集束イオンビーム装置	JEOL JEM-9310FIB
精密イオン研磨装置	Gatan Model 691 PIPS
ミクロトーム	Leica Ultracut UCT
ディンプリング装置	South Bay Technology D500i

利用事例

新規蛍石型超格子構造における金属イオン分布の観察

牧涼介[a,b]、鈴木義和[a]（[a]筑波大学、[b]東京工業大学）



利用事例
公称組成[8]$Ca1_6$[8]$Ca2_4$[6]$Ti1_{12}$[5]$Ti2_4$[4]AlO_{42}（cubic, a=14.568Å）で表される、複雑な超格子構造を有する酸化物セラミックスの金属イオン占有サイトが、原子分解能STEM-EELSにより観察された。構造中には、Zrイオンが周期的に偏在している長周期構造も観察され、アクチノイド含有量の豊富な新規シンロック材料（放射性廃棄物のホスト材）の創成に有用な情報を得ることができた。

利用ガイド

利用形態

機器利用、技術補助、技術代行、共同研究、技術相談の5つの利用形態からお選びいただけます。

利用料金　（1時間当たり, 円, 税込）

機器	一般	学術
極低温高分解能透過電子顕微鏡	10,620	5,310
球面収差補正透過電子顕微鏡	8,050	4,025
モノクロメータ搭載 低加速原子分解能分析電子顕微鏡	12,080	6,040
集束イオンビーム装置	4,020	2,010
精密イオン研磨装置	730	315
ミクロトーム		315
ディンプリング装置	360	180
技術料	3,400	3,400

※「学術」は学術研究機関の利用に適用される料金です。
※「技術料」は技術代行での利用の際に、機器利用料に加え負担いただく料金です。
※詳細につきましては、ホームページより「利用内規」「利用負担金内規」をご覧ください。

問い合わせ先：京大微細構造解析プラットフォーム事務局
E-mail: nanoplat@eels.kuicr.kyoto-u.ac.jp, Phone: 0774-38-3051
・ホームページ　http://tem.nanoplat.cpier.kyoto-u.ac.jp/

文部科学省ナノテクノロジープラットフォーム事業　　微細構造解析プラットフォーム

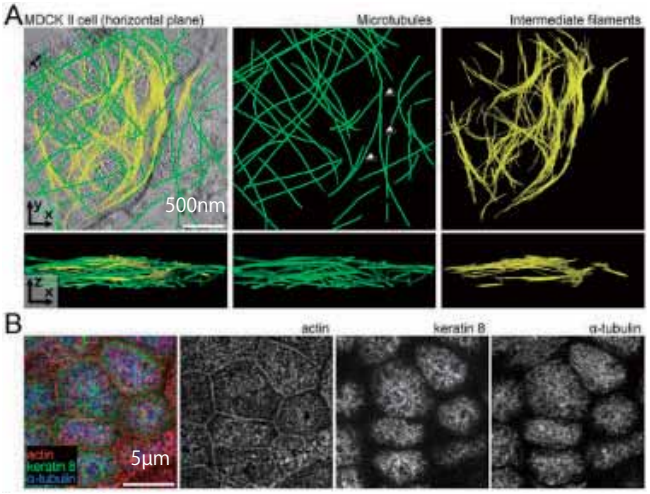
大阪大学　超高圧電子顕微鏡センター

気管上皮アピカル構築の観察

[a]大阪大学医学系研究科, [b]超高圧電子顕微鏡センター, [c]日本繊維製品品質技術センター
立石和博[a], 井上加奈子[b], 西田倫希[c], 月田早智子[a]

目的　気道表面には数億本もの繊毛が存在し、協調的に運動し粘液流を作ることでカビやウイルスを排出する組織機能を創出している。こうした高度な組織機能は、細胞骨格が発達し繊毛基部の基底小体と適切に相互作用することで獲得されると予想される。しかし、それぞれの細胞骨格の役割や基底小体との相互作用様式については不明な点が多い。そこで、超高圧電子顕微鏡トモグラフィー法と免疫蛍光法を活用した3次元的イメージングにより、気管上皮細胞における細胞骨格の発達と組織機能との関連を明らかにすることを目的とした。

成果　気管組織の発生にともなう細胞骨格の時空間的変化を詳細に解析した。その結果、マウス気管多腺毛細胞（MCC）アピカル面直下において、アクチン、中間フィラメント、および微小管からなるネットワーク構造を見出した。また、それぞれのネットワークは発生中に異なる時空間的遷移を示すことがわかった(図)。これらアピカル細胞骨格ネットワークの発達は、MCCの機能的成熟と連動しており、高度な組織機能への寄与が示唆された。また、繊毛基部と細胞骨格との相互作用を欠失することが知られているOdf2変異マウスを用いた解析により、3種の細胞骨格ネットワーク同士の相互作用様式を示唆する結果が得られた。また、より一般的な培養上皮細胞においても類似の構造が確認され、アピカル細胞骨格ネットワークの上皮細胞における一般性が示唆された。



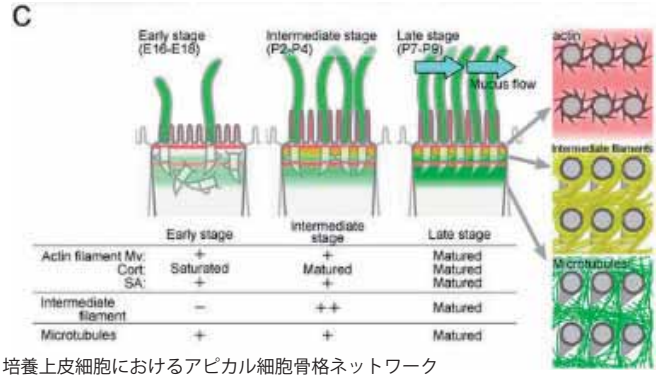


図. 培養上皮細胞におけるアピカル細胞骨格ネットワーク
(A)培養MDCK細胞の微小管および中間フィラメントネットワークの抽出モデル。微小管(緑色)、中間フィラメント(黄色)およびBB(灰色)。矢印は細胞接合部と平行に伸びる微小管。(B)MDCK細胞の免疫蛍光。(C)マウス気管MCCのアピカル細胞骨格ネットワーク形成の模式図。 縦軸の段階的な遷移(左図)、ネットワークパターン(右図)。Mv：微絨毛、Cort：Cortical actin、SA：Sub apical actin。

高エネルギー電子照射による高融点材料におけるボイド形成過程

[a]島根大学　荒河 一渡[a]

目的　従来、近傍にある2つの空孔同士は引力的な相互作用を持ち、結合した方が安定であると考えられてきた。したがって、空孔が導入される系では、材料の深刻な劣化をもたらす空孔集合体（ボイド）の形成は避け得ない現象と信じられてきた。これに対し、近年の理論研究によれば、核融合炉候補材料の一種であるタングステン等では、空孔同士が反発的な相互作用を持ち得ると結論されている。本研究では、この特異な空孔挙動に対する実験的な検証を目的として、タングステンの電子照射下におけるボイドの形成過程のその場観察およびその後観察を行った。

成果　高純度タングステンTEM用薄膜試料を超高圧電子顕微鏡H-3000内で 加速電圧2MVで電子照射してボイドを導入した。電子ビーム照射強度は、3×1022e/m2s、試料温度は628～1219K とした。電子照射後に加速電圧1MVでボイドを導入した視野を観察した。

図は、照射温度16Kにおける転位ループの形成過程の実験結果を示す。一方、モンテカルロシミュレーション結果によると、パラメーター・セットを選べば、自己格子間原子の移動次元が1Dの場合には、実験結果が再現された。これに対し、移動次元が3Dの場合は実験結果を再現するパラメーター・セットを選ぶことができなかった。この事実は、タングステン中の自己格子間原子(SIA)の移動次元は3Dではなく1Dであることを示している。また、ボイド密度の厚さ依存性から、各温度でのボイド体積密度を評価した結果、ボイド体積密度の温度依存性に異常が見られ、タングステンにおける空孔挙動の特異性を示唆する結果を得た。以上の事実は、BCC金属におけるSIAの長期にわたる、そして広く受け入れられている見解を覆し、最近、ab-initioシミュレーションによって得られた空孔同士が反発的な相互作用を持ち得るという結果を支持する。

(1) T.D. Swinburne, K. Arakawa, H. Mori, H. Yasuda, M. Isshiki, K. Mimura, M. Uchikoshi, and S.L. Dudarev, Scientific Reports, 6 (2016)30596 (8 pages).

(2) T. Amino, K. Arakawa, and H. Mori, Scientific Reports, 6 (2016)26099 (10 pages).

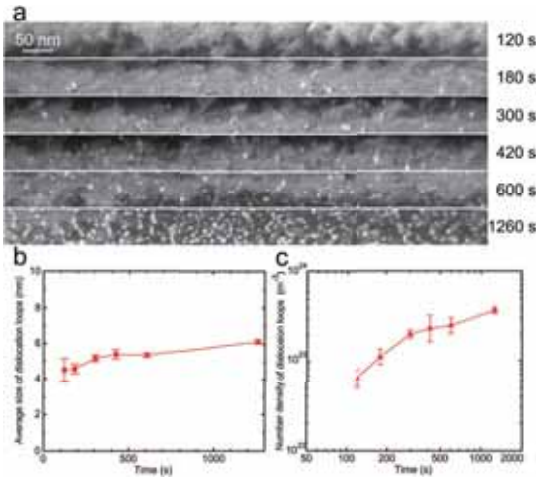


図. 純タングステンの電子照射下での転位ループ形成過程：実験(a)、平均サイズ(b)と数密度(c)（2MeV, 3×1022 e/m2s, 16 K）

総括　気管上皮アピカル構築の研究では、超高圧電子顕微鏡観察による繊毛協調運動の視覚的データにより、繊毛協調運動の関連遺伝子や細胞骨格、細胞小器官の特定、ならびにそれらの機能的役割を明らかとすることができた。本研究成果は、繊毛協調運動異常により誘発される疾患の病態解明にとって有意義であり、さらにそれらの治療のための有用な新知見であるといえる。

高エネルギー電子照射による高融点材料におけるボイド形成過程を超高圧電子顕微鏡で解析した研究では、当実施機関でのみ実施可能な世界最高加速電圧の電子ビームによって原子のはじき出し効果を利用したその場観察のデータが得られた。これらの結果を基に、金属材料中の原子空孔の相互作用を解明することができた。材料開発に必要となる原子の動的過程を理解する上で極めて重要な知見を与え、当実施機関のその場観察と利用者の当該材料科学の協創知によって秀でた研究成果を得るに至った。

いずれの研究においても超高圧電子顕微鏡の威力を十分に活かしたユニークかつ発展性のある研究成果であると評価できる。

問い合わせ先：大阪大学 超高圧電子顕微鏡センター ナノテクノロジープラットフォーム事務局（幕田 奈々）
E-mail: info-nanoplat@uhvem.osaka-u.ac.jp,　Phone: 06-6879-7941
ホームページ　http://www.uhvem.osaka-u.ac.jp/nanoplatform-kouzoukaiseki

文部科学省ナノテクノロジープラットフォーム事業　微細構造解析プラットフォーム
日本原子力研究開発機構

低温合成バナジウム酸化物を正極とする二次電池の反応解明

[a]関西学院大, [b]日本原子力研究開発機構

吉川浩史[a], 王恒[a], 磯部仁[a], 清水剛志[a], 松村大樹[b]

目的

電気エネルギーを安定に貯蔵、供給できる二次電池の開発は、大容量や高速充放電などをキーワードに、資源や環境への配慮も含めて、今なお重要な研究課題となっている。現在幅広く利用されている二次電池として、リチウムコバルト酸を正極とするリチウムイオン電池があるが、容量やサイクル特性、充電速度などの点で問題を抱えており、新しい正極材料の開拓が必要不可欠である。本研究では、近年、より原子量が小さく資源的に豊富なことから注目を集めているバナジウム系化合物に着目し、その電池特性と反応機構を明らかにすることで、次世代二次電池の有望な正極材料としての可能性を提示することを目的とした。

成果

従来、複数のステップと高温での焼成により合成されていたγ-LiV_2O_5について、$Li_7V_{15}O_{36}(CO_3)$クラスター分子をAr雰囲気下200℃で焼成することにより合成することに成功した（Fig. 1）。このような低温での合成は画期的であり、これはγ-LiV_2O_5と$Li_7V_{15}O_{36}(CO_3)$のLiとVの比率やV^{4+}とV^{5+}の比率がほぼ同じであるためと考えられた。今後、このような分子を基盤とした酸化物の合成は簡便かつ安価な方法として期待される。
得られたγ-LiV_2O_5を正極活物質とするLi電池の充放電曲線を測定したところ、2段階のプラトーを示しながら約260 Ah/kgの容量を示すことが分かった（Fig. 2）。この値は従来のLiイオン電池の容量150 Ah/kgを大幅に越えるものである。電池充放電中のV *K*端 X線吸収微細構造（XAFS）分析より、 V^{4+}とV^{5+}間の可逆な酸化還元反応により電池は動作し（Fig. 3）、反応式はEq.1のように表される。また、充放電中の EXAFSや粉末X線回折から、Fig.4のような構造変化が示唆された。これらの結果は、層状構造を有する γ-LiV_2O_5が大きな構造変化を伴うことなく、安定にLiイオンが挿入脱離することを意味しており、バナジウム系酸化物が次世代二次電池の正極材料として期待される物質群であることを明らかにした。

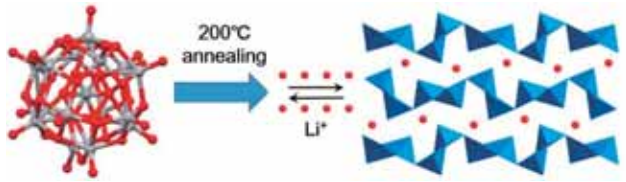


Fig.1:クラスター分子（左）の低温焼成による酸化物（右）合成

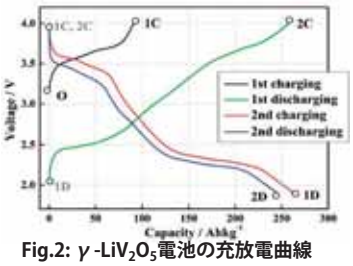


Fig.2: γ-LiV_2O_5電池の充放電曲線

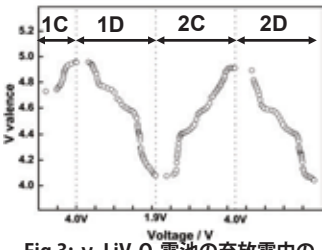


Fig.3: γ-LiV_2O_5電池の充放電中のVの価数変化

電圧範囲

$Li_{0.1}V_2O_5+0.4Li^+ +0.4e^- \Leftrightarrow Li_{0.5}V_2O_5$　$3.3<x<4.0$
$Li_{0.5}V_2O_5+0.5Li^+ +0.5e^- \Leftrightarrow Li_{1.0}V_2O_5$　$2.5<x<3.3$
$Li_{1.0}V_2O_5+0.9Li^+ +0.9e^- \Leftrightarrow Li_{1.9}V_2O_5$　$1.9<x<2.5$

Eq.1: γ-LiV_2O_5の正極反応式

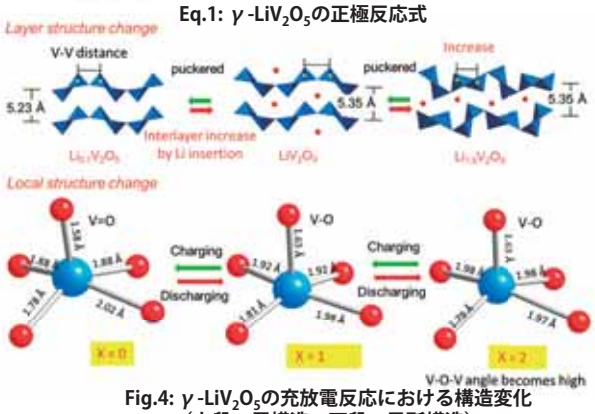


Fig.4: γ-LiV_2O_5の充放電反応における構造変化
（上段：層構造、下段：局所構造）

実施機関からのコメント

利用者は新奇性の高い電極材料を開発しており、また、反応中の状態把握に興味を持っていた。実施機関はX線吸収微細構造法による構造解析を得意としており、本手法が有効であることを利用者と共に確認し、一体となってスペクトルを測定した。利用者と実施機関とは打合せを幾度となく実施しており、綿密な連携が功を奏したものと考えている。

（支援実施者：松村大樹）

問い合わせ先：国立研究開発法人 日本原子力研究開発機構 原子力科学研究部門 物質科学研究センター 研究推進室（毛利 梓）
E-mail: harima-usersoffice@jaea.go.jp,　Phone: 070-1456-9348
ホームページ　http://www.kansai.qst.go.jp/nano/

事例1: Pt、PtCo触媒表面の酸素吸着に及ぼす水の影響

[a]東京大学物性研究所, [b]東京大学放射光機構, [c]豊田中央研究所, [d]トヨタ自動車

崔 藝涛[a], 原田慈久[a,b], 丹羽秀治[a,b], 畑中達也[c], 中村直樹[d], 安藤雅樹[d], 吉田利彦[d], 尾嶋正治[a,b]

【目　的】固体高分子型燃料電池の正極にはカーボンに白金（Pt）ナノ粒子を分散させた触媒が使われているが、白金触媒であっても、加湿により、電池の性能を低下させる活性化過電圧（電気化学反応の理論的に求められる電位と、実際に反応を進行させるために余分にかけなければならない電極の電位との差）が発生することが知られている。本研究では、燃料電池正極に用いられる平均粒径1～3ナノメートルの白金ナノ粒子触媒を1気圧の実環境下で酸素や水と反応させながら詳細にその酸化状態を解析することで、活性化過電圧が存在する原因を探ることを目的とした。

【成　果】従来、白金の酸化状態の分析には透過法または蛍光法によるX線吸収分光法が用いられてきたが、今回は、量研の放射光ビームラインBL11XUの共鳴非弾性X線散乱装置を用いて、検出する蛍光のエネルギー幅を狭めた高分解能型の蛍光X線吸収分光法を採用した。

図1に、白金と白金コバルト合金ナノ粒子の高分解能蛍光X線吸収スペクトルを示す。これらのスペクトルは、還元状態の白金からの吸収量変化（酸化状態を反映）を表している。白金ナノ粒子では、酸素が水と共存することにより、白金の酸化を促進することが明瞭に検出され、実験的に初めて明らかにすることができた。本来、触媒である白金は反応前後で不変であるべきものだが、この反応では、白金上で酸素が共吸着することにより安定化して反応の進行を遅らせた結果、より過電圧が生じていると解釈できる。

また、平均粒径約2.5ナノメートルの白金よりも触媒性能に優れる平均粒径約3ナノメートルの白金コバルト粒子についても調べたところ、酸素と水の共吸着における酸化促進効果がほとんど起きないことを見出した。

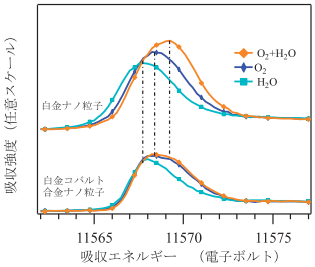


図1　白金ナノ粒子と白金コバルト合金ナノ粒子の高分解能蛍光X線吸収スペクトル。スペクトルは還元状態の白金からの吸収量変化（酸化状態を反映）をあらわしている。

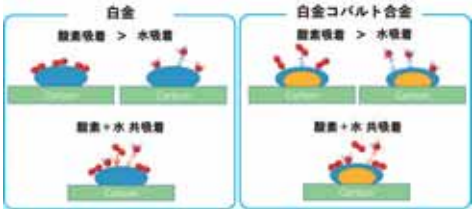


図2　白金と白金コバルト合金における酸素吸着、水吸着、酸素＋水吸着の模式図。白金では水が酸素の吸着を促進するが、白金コバルト合金では促進効果が見られない。

【実施機関からのコメント】　燃料電池の研究に豊富な経験を持つ利用者が、量研が開発してきた装置による、通常のX線吸収スペクトルよりも高分解能のスペクトルを得ることができる手法を活用することで、重要な成果が得られました。本成果は2017年4月6日付日刊工業新聞一面、およびScientific Reports誌に掲載されました。（Y. Cui *et al.*, Sci. Rep. 7 (2017) 1482 (1-8).）

（支援実施者：石井賢司（量子科学技術研究開発機構）、松村大樹（日本原子力研究開発機構））

事例2: 新規放射光メスバウアー回折装置を用いた鉄化合物のナノ局所構造の研究(4)

[a]帝京大学, [b]岡山大学, [c]京都産業大学

中村真一[a], 池田直[b], 藤原孝将[b], 下村晋[c]

【目　的】鉄のメスバウアー分光のスペクトルの解析からは、鉄の電子状態、局所構造、磁気構造、緩和状態を知ることができる。しかし、ナノ金属多層膜を含む多くの機能性鉄化合物では、結晶学的に複数の鉄サイトを有するため、各々のサイトにある鉄に起因するスペクトルが重なり合い、精密な解析が困難となることがしばしばある。この問題を解決するために、放射光メスバウアー線源を用い、サイト選択的にスペクトルを測定できるメスバウアー回折分光法を開発した。

【成　果】実験には量研の放射光ビームラインBL11XUに設置されている放射光メスバウアー分光装置を用いた。測定対象に、スピントロニクス素子開発において重要な高スピン偏極材料（ハーフメタル）で、典型的なFe複サイト化合物として良く知られるマグネタイト（Fe_3O_4）の高温相を取り上げた。図1にマグネタイトのメスバウアー回折概念図を示す。AサイトはFe^{3+}が、Bサイトは同数のFe^{2+}とFe^{3+}が占有している。回折γ線には、電子で散乱されるもの（電子散乱）と、^{57}Fe核で一旦共鳴吸収された後に再放出されるもの（核共鳴散乱）の2種類があるが、電子散乱を抑制するために、ブラッグ角が45°に近い666反射及び10 10 0反射を用いた測定が行われた。図2に測定結果を示す。これらのスペクトルを解析することにより、666反射はBサイトのみ、10 10 0反射はAサイトのみのスペクトルになっていることが確かめられた。本手法は、今後、新規スピントロニクス素子であるFe/Fe_3O_4金属薄膜の物性解明や多彩な複サイト化合物薄膜の研究などに適用され、有用な開発指針が得られることが期待される。

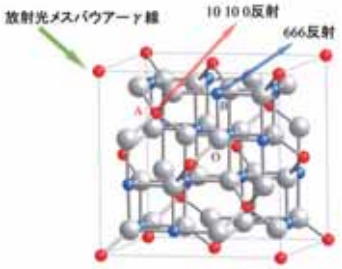


図1. マグネタイトのメスバウアー回折概念図
A, B, Oはそれぞれ、Aサイト鉄、Bサイト鉄、酸素を表す

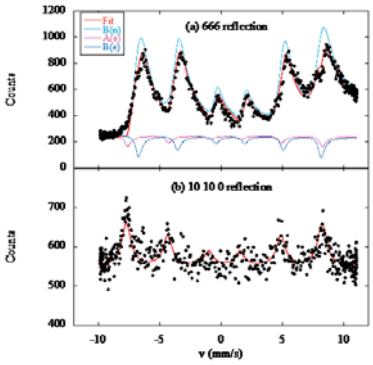


図2. (a) 666反射、(b) 10 10 0反射メスバウアースペクトル。
(a)図アサインメントのカッコ内n、eはそれぞれ核共鳴散乱、電子散乱を表す

【実施機関からのコメント】　量研が独自開発した放射光メスバウアー分光装置で得られる超単色X線を活用することで、利用者が目的としていた結晶サイト選択的なメスバウアースペクトル測定を可能にしました。本成果は、日本物理学会のJPSJ注目論文表彰を受けており，研究の詳細は物性研究の専門誌（固体物理：10月号：アグネ技術センター）に紹介されました。

（支援実施者：三井隆也）

問い合わせ先：QST微細構造解析プラットフォーム事務局（宮本 依理子）
E-mail: ml-qst-nanoinfo@qst.go.jp, Phone: 0791-58-2640
ホームページ　http://www.kansai.qst.go.jp/nano/

文部科学省ナノテクノロジープラットフォーム事業　微細構造解析プラットフォーム
九州大学

高分解能元素マッピングによる臭化ヨウ化銀ナノ粒子の構造評価

[a]京都大学大学院理学研究科

山本貴之[a], 草田康平[a], 小林浩和[a], 北川　宏[a]

目的

高性能、高安全な全固体型電池の実現に向けて、高いイオン伝導性を示す固体電解質の開発が求められている。ヨウ化銀(AgI)の高温相（α相）は超イオン伝導性を示し、古くから候補材料の一つとして考えられているが、バルクのAgIでは147 ℃以下でα相からβ/γ相への転移が起こり、イオン伝導性が著しく低下することが知られている。我々はこれまでに臭素(Br)とIを混合した臭化ヨウ化銀($AgBr_xI_{1-x}$)ナノ粒子を合成して、α相を室温まで安定化することに成功している。しかしながら、ナノ粒子の均質性や組成など固溶状態に関する知見が全く得られていなかった。本研究では収差補正電子顕微鏡（JEM-ARM200F ACCELARM）を用いて$AgBr_xI_{1-x}$ナノ粒子の固溶状態や結晶構造などについて状態分析を行うことを目的とした。本研究対象である$AgBr_xI_{1-x}$は写真感光剤に応用されるほど電磁波や電子線の照射に極めて敏感であり、電子励起によって容易に分解する。そのため、これまでにTEMによる高分解能状態解析の報告は皆無であり、本実験では如何に電子照射による損傷を抑えて研究目的を達成するかが大きな挑戦であった。

成果

室温において単純に電子顕微鏡観察を行うと、$AgBr_xI_{1-x}$ナノ粒子は即座に分解して大きく状態が変化してしまい組成分析など目的とする解析は全く不可能であった。そこで、２軸傾斜液体窒素試料冷却ホルダーを用いて試料を約マイナス２００℃に冷却して、加速電圧を80 kVにして10 pA程度の電子プローブを高速で走査して画像を重ねることで試料の分解と像ドリフトを抑える試みを行った。このとき冷媒の液体窒素のバブリングによる振動を抑えることが重要であった。そのようにして得られた仕込み組成が$AgBr_{0.4}I_{0.6}$のナノ粒子の観察例を図１に示す。一般の金属合金ナノ粒子と比べて遜色ない高質なHAADF-STEM像とXEDS元素マッピング像が得られている。元素マッピング像から、三角形状のAgBr相の粒子と等方的な形状で組成が$AgBr_{0.1}I_{0.9}$のナノ粒子の２種類のナノ粒子が混在していることが明らかとなった。$AgBr_{0.1}I_{0.9}$のナノ粒子を詳細に観察した例を図２に示す。粒子内はほぼ均質な組成の固溶体である。HAADF-STEM像には六角格子状の原子配列が明確に映し出されている。試料冷却に伴って低温で安定なウルツ鉱型結晶構造を有するβ相の単結晶状態に至ったものと考えられる。このように、本研究では世界で初めて電子照射に敏感な$AgBr_xI_{1-x}$ナノ粒子の固溶状態解析と原子構造観察に成功した。本成果はこのような電子照射敏感ナノ材料の構造・状態解析の可能性を切り拓き発展させるものとして、大きな意義がある。

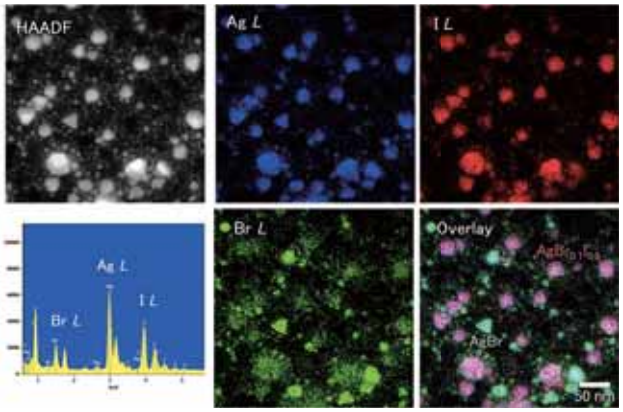


図１：　仕込み組成が$AgBr_{0.4}I_{0.6}$のナノ粒子のHAADF像とXEDS元素マッピング．組成と形状が異なる２種類のナノ粒子が混在している。

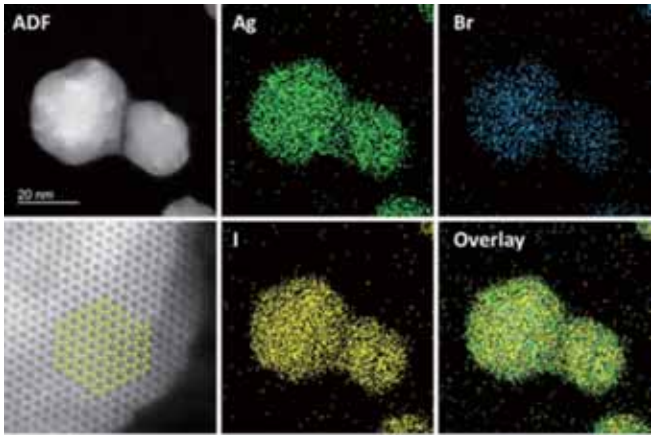


図２：$AgBr_{0.1}I_{0.9}$ナノ粒子の元素マッピングと原子構造像.

実施機関からのコメント

本課題を開始したときは安定した像を撮影することが全くできずに悪戦苦闘の連続でしたが、粘り強く挑戦を続けることにより、最後は原子分解能のHAADF-STEM像を得てβ相構造（ウルツ鉱型）の極性や積層欠陥まで解析できるほどに至りました。

（支援実施者：鳥山誉亮, 山本知一, 松村　晶）

問い合わせ先：九州大学超顕微解析研究センター（松村　晶）
E-mail: nano_hvem@hvem.kyushu-u.ac.jp,　Phone: 092-802-3489
ホームページ　http://nanoplat.hvem.kyushu-u.ac.jp

≪微細加工プラットフォーム≫
実施概要および利用成果概要

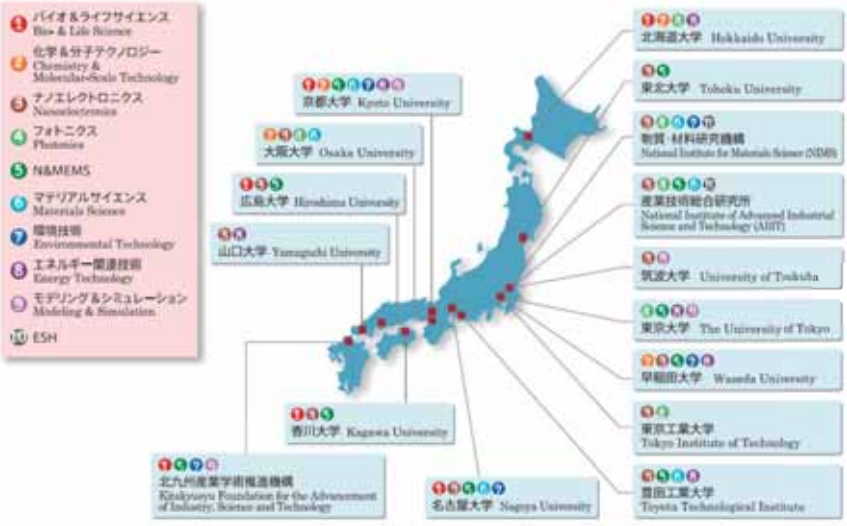
文部科学省ナノテクノロジープラットフォーム事業
微細加工プラットフォーム

微細加工プラットフォーム 代表機関（京都大学）

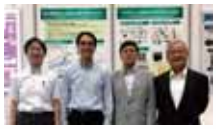
大学や研究機関の最先端微細加工設備＆保有技術が活用できます

●装置を持たない研究者や企業が、最先端の加工プロセス、評価装置を使ってアイデアを具現化

支援体制



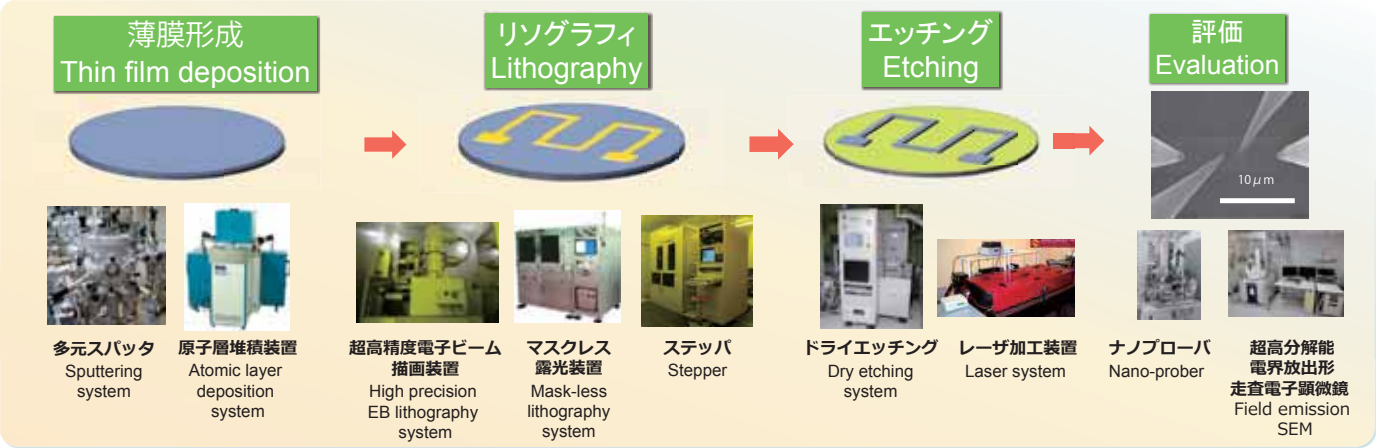
- 全国 13大学＋3研究機関が、**補完的、融合的な取り組み**で、主要技術領域をカバー
- **コーディネータ**が最適な支援機関を紹介（ワンストップサービス）



ご利用できる装置

●500台以上の装置が利用できます
●各大学、研究機関の専門スタッフがサポートします
●複数の機関との連携で、最適な装置をご提供します

一連の微細加工プロセスの実行＆評価解析が可能です

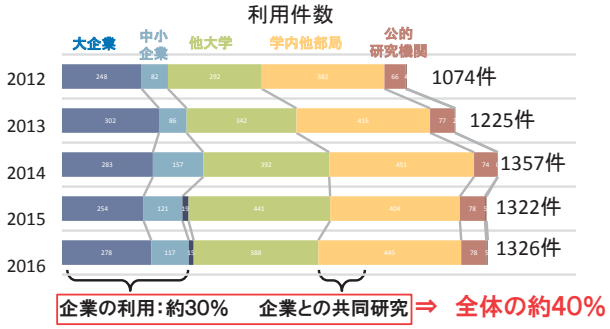


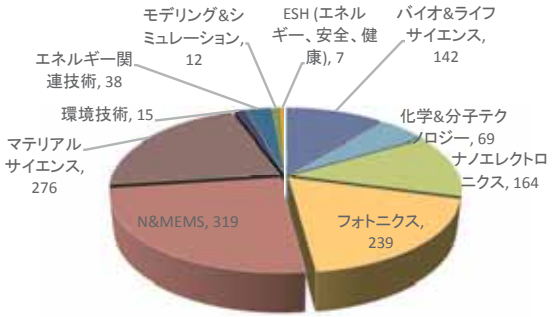
問い合わせ先：微細加工プラットフォーム 代表機関（京都大学）
E-mail: nanoplat@t.kyoto-u.ac.jp, Phone: 075- 753-5656
ホームページ http://nsn.kyoto-u.ac.jp

文部科学省ナノテクノロジープラットフォーム事業
微細加工プラットフォーム

利用状況（実績）

- 年間 1,000件を超える研究開発課題を支援
- 企業の利用は30%（共同研究を含めると40%）
- R&Dの広い領域を支援





平成２８年度の技術分野別利用件数

技術と情報の発信

● スクール（講習会や実習）

設備を利用したことのないユーザ様も微細加工技術を修得できます

『ビームテクノロジー＆ナノ加工実践セミナー』
EBリソやFIB等の最新動向を紹介
（2017.10 @東大＆拠点ネット接続にて講座開講 ）

『3次元造形 ＆ 薄膜実践セミナー』
マスクレス露光装置、原子層堆積装置、その他薄膜形成装置を紹介
（2014.9 @東工大）

● シンポジウム等 交流活動

ナノテク最新技術動向やプラットフォームの利用成果事例、などの情報を発信します

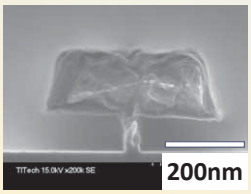
シンポジウム『共用施設から生まれるイノベーション』
～ナノテクが拓く未来～
（2017.3 @東大）

2018年3月9日(金)に
シンポジウムを開催します
＠東大 武田先端知ビル

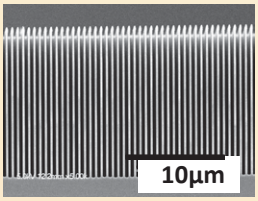
微細加工事例

● ナノ加工からマイクロ加工まで

5nmギャップ白金(Pt)電極
（大阪大学）



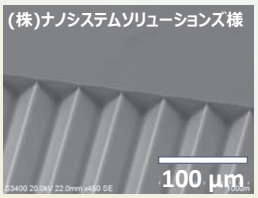
超高周波トランジスタ用T型ゲート
（東京工業大学）



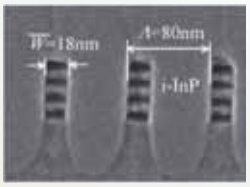
Ｓｉ深掘りトレンチ構造
（東京大学）

メッキによる微細Niパターン
（早稲田大学）

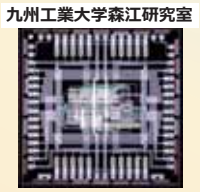
●シリコンからカーボンナノ材料まで



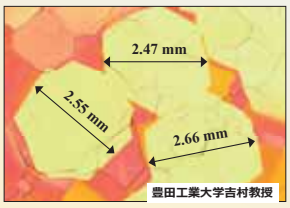
グレースケール露光
（物質・材料研究機構）



MOVPE成長とエッチングによる量子細線
（東京工業大学）



パルス駆動位相振動子回路
（北九州産業学術推進機構）



大面積グラフェン成膜(豊田工業大学)

問い合わせ先：微細加工プラットフォーム 代表機関（京都大学）
E-mail: nanoplat@t.kyoto-u.ac.jp, Phone: 075- 753-5656
ホームページ http://nsn.kyoto-u.ac.jp

文部科学省ナノテクノロジープラットフォーム事業　微細加工プラットフォーム
北海道大学

北海道大学　微細加工プラットフォーム

国立大学法人北海道大学では、学内2カ所のクリーンルームを開放して幅広いユーザーへの研究開発支援を行います。

支援装置としては、加速電圧130kVの超高速スキャン電子線描画装置を含む5台のEB描画装置、レーザー直接描画装置、FIB加工装置、両面マスクアライナーといった微細パターン形成装置群、金属、磁性体、酸化物までを高精度に成膜可能なスパッタ・蒸着装置群、加工素材と精度に合わせて選択できるドライエッチング・イオンミリング装置、作製したデバイスを評価するためのFE-SEMや太陽光シミュレーター等を整備しています。

これらの装置群に加え、多くの研究者がもつ最先端の加工ノウハウと技術職員が積み上げたデータを有効に活用し、ユーザーの研究、技術・製品開発が加速されるようなデバイス創出への積極的なサポートを推進します。

- 北海道大学が持つ特徴的な技術であるフォトニック結晶デバイス、プラズモニックデバイス、メタマテリアルなどのフォトニクスナノデバイス開発の支援
- バイオ・ライフサイエンスデバイスの作製支援
- 豊富な加工ノウハウを活かし、スピーディーな支援で技術的課題解決へ
- 産業界の研究者が有する技術的課題を解決し、イノベーション創出を加速
- 産学官連携による異分野融合と若手人材の積極的な育成

集約された先端ナノ加工装置群と蓄積した加工ノウハウによる微細加工作製支援

ユーザーの技術課題への適切な対応　産業界への研究開発支援　若手人材の育成

高度かつ幅広い分野への最先端研究や産業界へのニーズに対応した支援
微細加工プラットフォーム全体の発展、我が国の新しい技術・産業創出へ

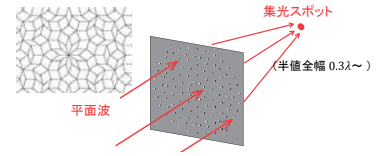
施設・設備紹介

加工領域	装置名(型式)
リソグラフィー技術	超高速スキャン電子線描画装置（エリオニクス：ELS-F130）
	超高精度電子線描画装置（エリオニクス：ELS-F125）
	超高精度電子線描画装置（エリオニクス：ELS-7000HM）
	電子線描画装置（エリオニクス：ELS-3700）
	電子線描画装置（エリオニクス：ELS-7300）
	レーザー直接描画装置（ネオアーク:DDB-201）
	両面マスクアライナ（ズースマイクロテック：MA-6）
	マスクアライナ（ミカサ：MA-20）
成膜技術	真空蒸着装置（サンバック：ED-1500R）
	プラズマCVD装置(サムコ：PD-220ESN)
	液体ソースプラズマCVD装置（サムコ：PD-10C1）
	ヘリコンスパッタリング装置(アルバック：MPS-4000C1/HC1)
	イオンビームスパッタ装置(アルバック：IBS-6000)
	原子層体積装置(ピコサン社製：SUNALE-R)
	ALD製膜装置（Cambride NanoTech：Savannah 100）
	超高真空5源ヘリコンスパッタ（菅製作所：Av028）
	パルスレーザー堆積装置（パスカル：PAC-LMBE）
	EB加熱・抵抗加熱蒸着装置（アルバック：EBX-8C）
エッチング技術	ICP高密度プラズマエッチング装置（サムコ：RIE-101iPH）
	ICPドライエッチング装置（住友精密：SPM-200）
	ICP加工装置（エリオニクス：EIS-700）
	ドライエッチング装置（アルバック：NLD-500）
	反応性イオンエッチング装置（サムコ：RIE-10NRV）
	イオンミリング装置（アルバック：IBE-6000S）
	ECR加工装置（エリオニクス：EIS-200ER）
評価技術	高分解能電界放射型走査型電子顕微鏡（日本電子社製：JSM-6700FT）
	環境試験器（エスペック：SH-221）
	デジタル顕微鏡（ハイロックス：KH-7700）
	太陽電池評価システム（ワコム電創：WXS-156S-L2,AM1.5GMM）
その他加工技術	FIB加工装置（エリオニクス：EIP-3300F）
	真空紫外露光装置（エヌエル房：フォトクリエーターPC-01-H）

上記装置を学内2ヶ所のクリーンルーム（クラス100、クラス10000）に設置。ドラフト設備なども完備。

利用事例

準結晶パターンを利用した超高分解能計算機ホログラムの開発（北見工大　杉坂先生）



準結晶パターンが集光レンズとして機能
光の回折限界を超えた集光が可能

超解像ホログラム

図１　試作した準結晶ホログラム素子のFE-SEM像

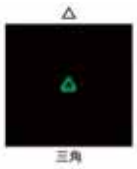
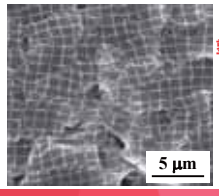


図２　任意形状のホログラム再生

Al被覆Mg合金薄板の引張変形メカニズムの調査　（北大　徳永先生）

この面に、ピッチ1μm以下の格子模様作製

専用治具を共同開発
スピンコート→EBリソへ活用可能なホルダ作製



塑性変形挙動の詳細な解明が可能に

構造解析支援による材料開発へ

利用ガイド

機器利用	利用者自らが機器を操作する支援
技術代行	装置管理者・支援者が装置の操作・解析を代行
共同研究	支援事業参画教員と利用者による成果公開型共同
技術相談	加工技術全般へのコンサルタントとしての支援

利用料金

本学規程の機器利用料金を装置の使用時間に応じて課金

装置利用形態、技術相談、利用料金など、下記にお問い合わせ下さい。

問い合わせ先：北海道大学創成科学研究機構　ナノテクノロジー連携研究推進室（松尾保孝）
E-mail: nanoplat@cris.hokudai.ac.jp，Phone: 011-706-9340
ホームページ　http://www.cris.hokudai.ac.jp/cris/nanoplat/

文部科学省ナノテクノロジープラットフォーム事業　微細加工プラットフォーム
東北大学

東北大学ナノテク融合技術支援センター 微細加工プラットフォーム

1,800m²の大型のクリーンルームにおいて、MEMSを中心とした半導体試作開発ラインを開放しています。

小片から6インチ（一部8インチ）まで対応する100台を超える共用の設備で、必要な装置を必要な時に利用可能です。

東北大学に蓄積されたノウハウをもとに、デバイス／プロセス設計、測定、装置操作指導など経験豊富なスタッフが最大限支援します。人材の育成にも役立ちます。

実施場所：東北大学西澤潤一記念研究センター　試作コインランドリ

施設・設備紹介

地下鉄東西線青葉山駅よりバス乗換、青葉台バス停より徒歩5分　※青葉山駅と西澤センター間は大学の無料バスの運行もあります（1日3便）。
詳細はこちらのホームページをご覧ください→

これまでに200を超える企業、研究機関が利用しています。製品化された事例も複数あります。

【設備の例】

レーザ描画装置

EB描画装置

UVインプリント

両面アライナ

LPCVD（SiN, Poly-Si, SiO_2, SiON）

PECVD 4台（SiN, SiO_2, TEOS-SiO_2, a-Si, W）

Si, Poly-Si エピ炉

スパッタ装置（5台）

Deep RIE（4台）

多用途RIE・NE-550

ケミカルドライエッチャー

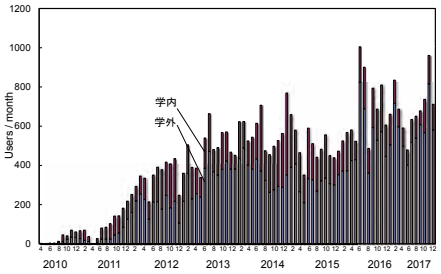
イオンミリング

酸化拡散炉（7チューブ）

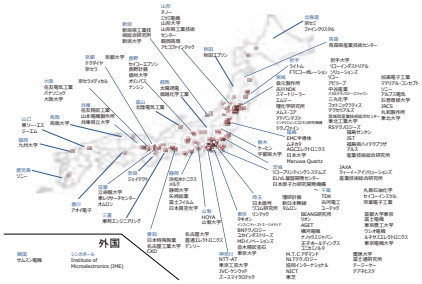
中電流イオン注入装置

ウェハ接合装置

TOF-SIMS



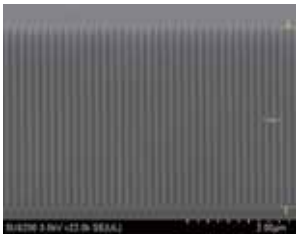
毎月の装置利用件数の推移



200を超える企業、研究機関の利用（2010年～）

利用事例

作製デバイスの例
加速度センサ、角速度センサ、圧センサ、磁気センサ、フォトダイオード、放射線センサ、ガスセンサ、振動発電デバイス、太陽電池、圧電デバイス、水晶デバイス、Siめっき型、マイクロホン、マイクロ光スキャナ、微小光学部品など


Si Nano Wallの異方性エッチングによる形成
ピッチ140nm、幅約20～40nm、高さ3.3μm
科学技術振興機構　（F-16-TU-0080）

単工程（成膜、エッチングなど）のみのご利用も大歓迎です。

原則、利用者の方に直接装置を操作していただきますが、スタッフが喜んで支援します。この分野の仕事が初めての方も多く利用されています。

状況によっては技術代行も受けていますので、お気軽にご相談ください。

利用ガイド

まずは下記の問い合わせ先まで、ご連絡ください。
ご利用後にお支払いただく料金は下記の通りです。
・施設使用料：¥880/h（学内¥690 /h）
・技術支援料：¥5,565 /h
（ナノテクプラットフォーム利用の場合、¥3,150 /h）
・装置使用料：¥300～16,000 /h（装置毎に設定）
・材料費：実費（薬品、貴金属材など使われた場合）

皆様のご利用をお待ちしております！

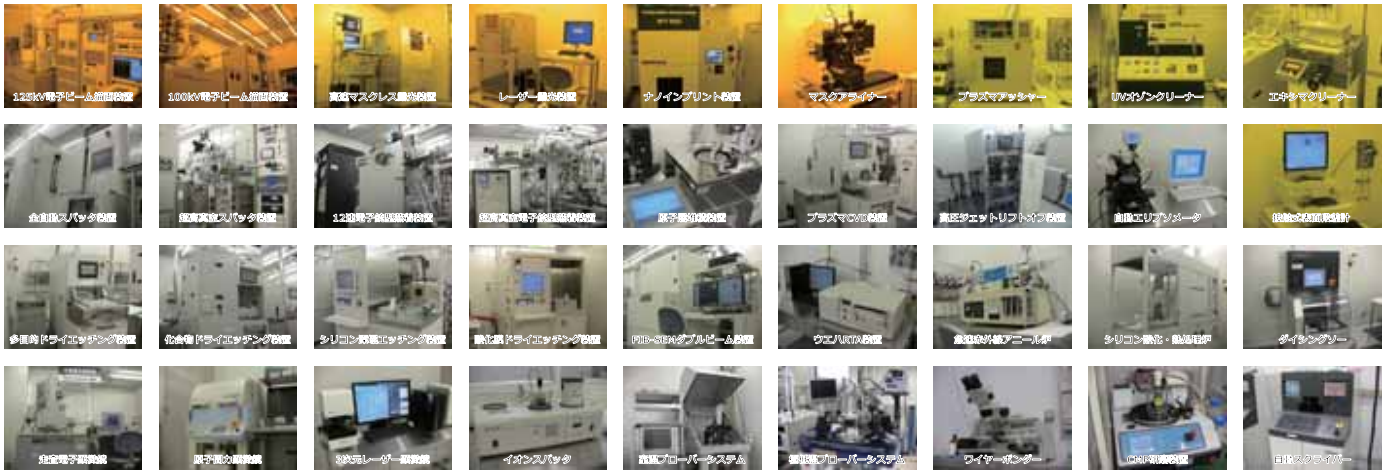
問い合わせ先：東北大学試作コインランドリ　（東北大学西澤潤一記念研究センター内）　戸津 健太郎
E-mail: totsu@tohoku.ac.jp,　Phone: 022-229-4113
ホームページ　http://cints-tohoku.jp

文部科学省ナノテクノロジープラットフォーム事業　微細加工プラットフォーム
国立研究開発法人物質・材料研究機構

NIMS微細加工プラットフォーム

- 450m²のクリーンルームに40台以上の装置群を集約
- ナノ～ミリスケールにわたる微細加工・素子作製を支援
- 多種多様な材料加工に対応可能
- 機器利用・技術補助・技術代行での利用が可能
- 微細加工スペシャリストによる充実したサポート環境
- 大学から民間企業まで幅広い支援・人材育成を積極的に推進
- 他機関、他プラットフォームとの連携利用もサポート

施設・設備紹介



利用事例

トレンチMOS構造を設けた Ga_2O_3ショットキーバリアダイオード

株式会社ノベルクリスタルテクノロジー　佐々木 公平

Ga_2O_3ショットキーバリアダイオード(SBD)の逆方向リーク電流を低減するためにトレンチMOS構造を設けたデバイス試作を行った（図1）。

トレンチの形成は、化合物ドライエッチング装置と酸化膜ドライエッチング装置を利用した。トレンチの幅は5 μm、深さは2 μm、メサの幅は1 μmとした。

図2は逆方向電流密度ー電圧特性を示す。トレンチSBDは通常のSBDより数桁低いリーク特性を示しており、トレンチMOS構造を設けることによって、逆方向リーク電流の抑制が可能なことを実証できた。

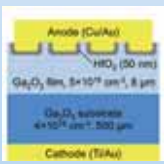


図1　Ga_2O_3トレンチMOS型SBDの断面概要図

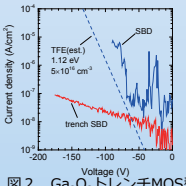


図2　Ga_2O_3トレンチMOS型SBDと通常のSBDの逆方向の電流密度-電圧特性

折り畳みによる方向性結合器型バイオセンサの平面集積化

筑波大学　大久保 喬平

バイオセンシング応用を目的とした方向性結合器(DC)型干渉計の光路長伸長と平面集積化の同時達成に向け、折り畳み構造を有するデバイス試作を行った（図1）。

波長1.3 μmで動作するSi DCデバイスは125kV電子ビーム描画装置、シリコン深掘りエッチング装置、PECVD装置等を利用し、SOIウエハ上に形成した。

近赤外光を作製したSi DCセンサへ入射し、グリセロール水溶液の濃度依存性を測定したところ、取得信号からDC動作を確認できた（図2）。

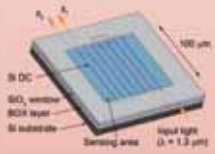


図1　折り畳み構造Si DCバイオセンサーの概要図

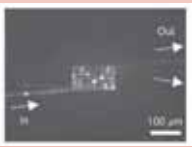


図2　折り畳み領域の近赤外光伝搬

利用ガイド

利用方法

利用料金（2018年4月適用予定価格）

利用料金単価　（金額は単位時間当たり）　※税抜

	機器利用	技術補助	技術代行
125kV電子ビーム描画装置	10,000円	機器利用 +3,000円	機器利用 +6,000円～
100kV電子ビーム描画装置 FIB-SEMダブルビーム装置	6,000円		
高速マスクレス露光装置 酸化膜ドライエッチング装置	4,000円		
上記以外の装置	2,000円		

※ 上記金額は大学・公的研究機関所属利用者の単価
※ 中小企業利用者は上記×2.0, 大企業利用者は上記×2.5
※ クリーンルーム利用料別途加算

問い合わせ先：NIMS微細加工プラットフォーム事務局
E-mail: NIF-office@nims.go.jp,　Phone: 029-859-2349
ホームページ　http://www.nims.go.jp/nfp/

文部科学省ナノテクノロジープラットフォーム事業　微細加工プラットフォーム
産業技術総合研究所　ナノプロセシング施設

光学多層膜の物性解析

有限会社シーアンドアイ

上野耕治

【目　的】

光導波モードセンサー用光学薄膜の評価法を確立し、可視光領域（D線=589.3 nm）で透明で、かつ適度な屈折率（nD＝1.6～1.8程度）を持つ、光学多層膜の製造技術を確立する。

【成　果】

光学薄膜の評価法を確立させ、製造条件の最適化により、目的の光学特性を持つ光学多層膜を安定に製造できるようになった。これによりインフルエンザ等の臨床検査への応用が期待される光導波モードセンサーチップ製造の大幅(1/8)なコストダウンに成功した。本器は近日中に発売予定であり、昨年より医療機器メーカーとの共同開発も進行中である。

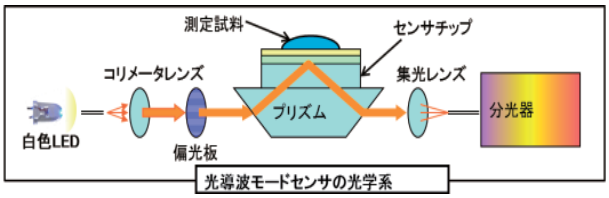


図１．光導波モードセンサーの概念図

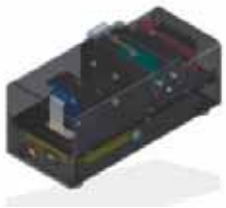


図２．光導波モードセンサーの外観

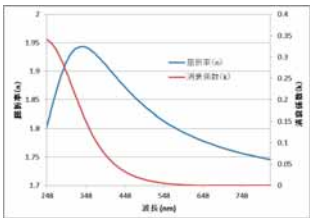


図３．エリプソメトリー解析によるSiOxのnk特性

【実施機関からのコメント】

光学薄膜の成膜技術、及び評価法についての的確なアドバイスを行った。また、この製品開発の過程で同社の経済産業省の戦略的基盤技術高度化支援事業（サポイン事業）予算の獲得にも貢献した。
（支援実施者：赤松雅洋，松野賢吉）

多層薄膜評価用デバイス作製

[a]機慶應義塾大学，[b]産業技術総合研究所，[c]物質・材料研究機構

加藤健太郎[a]，中村文[a]，津田裕之[a]，桑原正史[b]，河島整[b]，鶴岡徹[c]

【目　的】

近年のインターネットトラフィック量の爆発的増加への対応に必須である光ネットワークのキーデバイスとして、相変化材料 Ge2Sb2Te5を用いた不揮発性の超小型光スイッチを開発する。

【成　果】

Si光導波路回路の載った基板上に、$Ge_2Sb_2Te_5$のアモルファス及び結晶状態での透過率の変化を利用した不揮発性の相変化光スイッチを開発した。数μmオーダでほぼ設計通りに光スイッチデバイスを作製することが出来た。ヒータ電極にパルス電流を流してGSTを結晶状態からアモルファス状態に変化させることで、光スイッチング動作を確認することができた。

図１．相変化光スイッチの模式構造

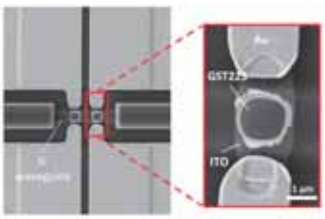


図２．作製した相変化光スイッチのSEM写真

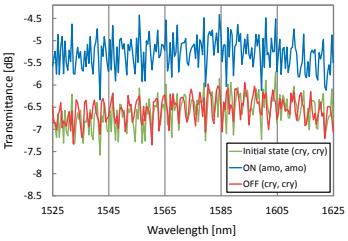


図３．相変化光スイッチの消光特性

【実施機関からのコメント】

下地ITOパターン形成をリフトオフからエッチングへ、層間絶縁膜をALD_SiO2膜へ変更するなどの的確な示唆によって、順調に実験を進めることができ、短期間での成果へと繋がった。
（支援実施者：山崎将嗣，増田賢一）

問い合わせ先：産業技術総合研究所ナノプロセシング施設（ＮＰＦ）
E-mail: tia-npf-ml@aist.go.jp，Phone: 029-861-3210
ホームページ　https://ssl.open-innovation.jp/npf/

事例1: GOS型電子放出デバイスの作製

産業技術総合研究所
村上勝久

【目　的】

MOS(Metal/Oxide/Semiconductor)構造を用いた平面型電子放出素子は、従来の針状陰極構造に比べて、低電圧動作や動作可能な真空度に制約が無い、面放出など様々な利点を有している。しかしながら、MOS構造では、電子は酸化膜中の走行過程で大部分は散乱されてエネルギーを失い、金属電極を貫通した電子のみが真空に放出され、その取り出し効率は通常数%以下である。この主原因は、金属電極膜の厚さに起因する。本研究では、この電極にグラフェン単分子層膜を適用し、電子取り出し効率の向上を目的とする。

【成　果】

図1に示すGOS構造は、n-Si基板(酸化膜厚300nm)に 100μm× 100μmの電子放出部を形成し、Siを露出後、膜厚8nmの熱酸化膜を形成した。その上にグラフェン単分子膜を形成し、グラフェンへのコンタクト電極のAuをRFスパッタし、これらのパターン形成には投影露光(ハイデルベルク社製μPG501)を用いた。図2はグラフェン膜電極(1.8～7nm)形成法の概略を示す。Ga 蒸気を触媒として炭化水素ガス雰囲気中に絶縁基板を1050℃で暴露することで基板全面に良好な透明性を維持しつつ、表面で導電性を示す。図3に示すようにラマンスペクトル(a)と高分解TEM像から、大部分が単層、一部が2層のグラフェンであることが分かる(b)。図4は、GOS型素子の電子放出特性を示す。印加電圧5Vから放出電流を検出し、10Vで電流密度40mA/cm²到達した。最大電子放出効率は印加電圧が10Vのとき9.5%であった。

応用として、平面型発光素子、自発光薄型ディスプレイ、高速電子ビーム露光、耐放射線撮像素子、フラットパネル型X線源などが期待される。今後、更なる長寿命化、電子放出効率向上、大面積化を目指す。

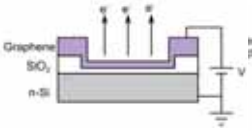


図1 素子構造の概略図

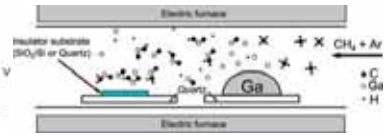


図2 グラフェン成膜の概要図

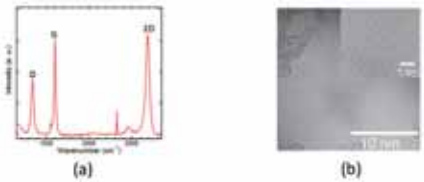


図3 (a) 石英基板上に生成したグラフェン膜のラマンスペクトル
(b) TEM像 右上: 単層膜, 左上: 2層膜

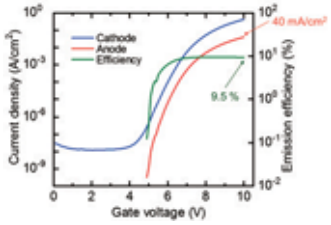


図4 放射電流と電子放出効率のゲート電圧依存性

【実施機関からのコメント】

本研究は、筑波大学微細加工PFの装置群(パターン投影リソグラフィ装置、スパッタリング装置、FIB-SEM、走査プローブ顕微鏡など)を効果的に活用することにより、支援依頼者が発明した新規デバイス構造の作製・評価を円滑に進めることができ、早期成果創出へと繋がった事例である。　　(支援実施者: 渡辺英一郎)

事例2: 三次元細胞組織の再生医療実現に向けた血管構造作製技術の確立

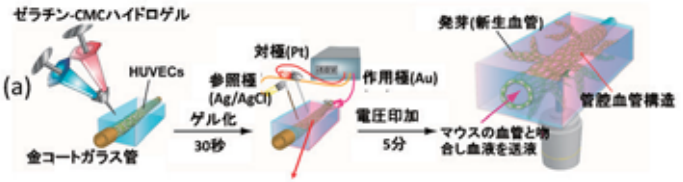
横浜国立大学工学研究院
榎本詢子、小林優香、篠原礼奈、福田淳二

【目　的】

再生医療では、皮膚や角膜などの薄い二次元的組織に限られていた。一方、膵臓や腎臓などの器官の3次元的組織を創製する場合は、酸素や栄養素を供給する血管構造の作製技術が重要となる。これまで、in vitroでの3次元組織は3次元プリンテイングやマイクロモールディングなど種々研究されてきた。本研究は、スパッタで金を成膜したガラス管の表面にHUVEC (ヒト臍帯内皮細胞)を培養し、ゼラチン-CMCハイドルゲルを高速に架橋させて覆い、マイクロ流路にセットして電気化学的にガラス管から剥がし、培養液や血液を作製した血管構造内に流し、内皮細胞をさらに培養することで、さらに複雑な血管構造の作製を目的としている。

【成　果】

洗浄した複数本のガラス管(1cm長、500μm径)の一方の端面をスパッタ装置の陽極側にカーボンテープを介して立てて貼り付け、まずCrスパッタ後金をスパッタして金電極を作製した。電極上に金－チオール結合を利用して、自己組織化オリゴペプチドの単分子膜を形成し、ペプチド層を介して細胞を金電極上に接着させた。金電極に-1.0 Vの電圧を5分間印加することで、オリゴペプチド分子と金電極の結合を還元反応により切断し、分子層と共に細胞を周囲のコラーゲンなどのゲル側に転写することで血管様構造を構築、これを細胞培養担体として利用する。ハイドロゲル側に、血管内皮細胞や間葉系幹細胞を導入することで、ハイドロゲル内に血管内皮細胞のネットワークが形成できることを示した。ゲル内に肝細胞を導入することで、肝細胞の重要な機能の1つであるアルブミンを分泌することを確認し、培養とともに肝細胞が成熟していくことがわかった。さらに、作製した血管様構造をマウスの血管に吻合した結果、マウスの血液が作製した血管様構造に流入し、血管として機能することが示された。



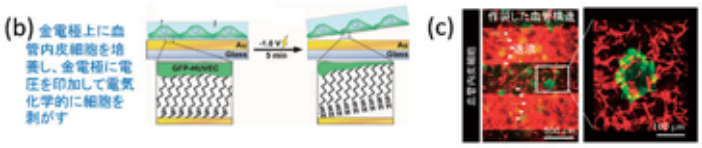


図1 (a) 管腔血管構造の作成方法 (b) 血管細胞の培養と剥がし法
(c) 血管構造にGFPで染色した肝細胞(緑色)を血液などで送り込み(左図)
肝細胞から発芽した新生血管のローダミン(赤色)で染色したアクチン

【実施機関からのコメント】

利用者からスパッタ装置を用いてガラス管上に金コートをしたい旨を受け、スパッタ装置の操作方法を指導した。ガラス管のセッティング方法を提案して機器利用を実施し、その実施機関双方が協力の結果、肝細胞が成熟していくことが分かり、秀でた成果に至った。　　(支援実施者: 中島清美)

文部科学省ナノテクノロジープラットフォーム事業　微細加工プラットフォーム
東京 大学（超微細リソグラフィー・ナノ計測拠点）

有機系浮遊粒子状物質を検出するMEMS形センサの開発

東京電機大学大学院工学研究科
原　和裕、神保直道

目 的

近年、有機系浮遊物質による健康被害が深刻になっている。本研究では、これらを検出するMEMSセンサの開発を行った。検知対象として、肺がん等の疾病のリスクがあるとされるPM2.5およびアレルギーの原因となるハウスダストを選び、これらの検出の可能性を検証した。

成 果

8インチ汎用スパッタ装置、高密度汎用スパッタリング装置、光リソグラフィ装置MA-6、および汎用高品位ICPエッチング装置を用いて、Fig. 1に示すMEMSセンサのうちダイヤフラム構造を除く部分を作製した。その後、利用者の所属する機関でダイヤフラム構造を作製し、検出性能の評価を行った。作製したMEMSセンサにディーゼルエンジンから排出された浮遊粒子(DPM)を投下した。その結果、Fig. 2に示すように、粒子のサイズに対応して、抵抗値が変化する応答が得られた。大別して、抵抗値が一瞬下がり、その後すぐに上がり、元に戻る応答と、抵抗値が一瞬下がり、元に戻る応答の２種類の応答が得られた。前者は硫酸塩を含むもの、後者は含まないものであると考えられる。

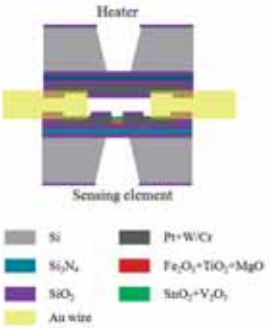


Fig. 1 Schematic cross-sectional view of a MEMS sensor

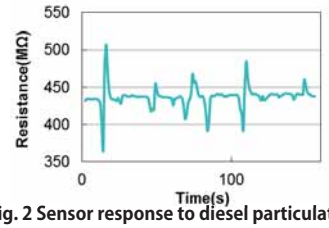


Fig. 2 Sensor response to diesel particulate matter

実施機関からのコメント

4月5日に利用相談、7月11日に技術相談を行いました。原先生自ら学生を引率して実験を行われ、極めて短時間に実測も含む研究成果を得られたという点、研究室の装置とナノテクプラットフォームの装置を補完的に利用して成果を得たことが特筆するべき点です。

（支援実施者：水島　彩子）

薄膜太陽電池のための、銀スロット電極の作製

東京農工大学工学部電気電子工学科
川上　顕、久保若奈

目 的

有機薄膜太陽電池(OPV : Organic Photovoltaics)は柔軟で軽量、かつ低コストな次世代太陽電池である。製品化にむけた課題の一つは、11.4 %に留まる光電変換効率の向上である。OPVの発電機構には、励起子の拡散機構及び電荷の捕捉効率が関わる。そのため、OPVの光電変換層の膜厚を増して光吸収を増強しても、光電変換効率は単純には向上しない。
そのため本研究は、伝搬型プラズモン(SPP : Surface Plasmon Polariton)を利用して光電変換層の膜厚を変化させることなく、光電変換層の光吸収効率のみを向上させることを目指した。OPVの電極表面上にSPPを誘起すれば、入射した太陽光は、電極表面に沿って伝搬し、結果的に、光電変換層と太陽光との相互作用が増えると期待できる。本研究では、SPPを誘起するために、銀電極表面上に微小な空隙を配列した銀スロット構造を作製した（Fig. 1）。

Fig.1 Schematic image of Ag slot electrode

成 果

自部門において、銀薄膜上のレジストに電子線描画を行った。支援機関においてプラズマエッチングを行い、幅80 nm、ピッチ350 nmの銀スロット電極を作製した。また、走査型電子顕微鏡(SEM)を用いてサンプル表面を観察した。その後、Zinc oxide(ZnO)と光電変換材料のPC61BM:P3HT([6,6]-phenyl-C61 butyric acid methyl ester: poly(3-hexylthiophene))をスピンコート法によって成膜し、自部門において、反射スペクトルを測定した。
ピッチ350 nmのスロット構造の正面SEM画像をFig. 2に示す。レジストの周期構造が銀薄膜に転写され、銀膜上にスロット構造が作製されていることを確認した。Fig. 3はスロット構造の反射スペクトルである。スロットの短軸方向に偏光する光(TM偏光)を、垂直に入射した場合、波長450 nmにおいて反射率が急激に減少するピークが観測された。一方、長軸方向に偏光する光(TE偏光)を入射したときは、明確なピークは観測されなかった。TM偏光下におけるピークは、スロット構造により、電極表面上を伝搬するSPPが励起されたことを示す。
さらにZnO、PC61BM:P3HTを塗布すると、各層の屈折率の変化に応じてSPP共鳴波長が長波長側にシフトした。またそのSPP共鳴波長は、P3HT薄膜の吸収波長域と一致し、P3HTの光吸収量が増加すると推測された。スロット電極によるP3HTの吸収増加比を算出すると、1.61倍であった。銀スロット電極の利用により、OPVの光電変換効率の向上が期待できると思われた。

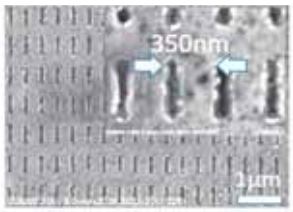


Fig. 2 SEM images of Ag slot electrode surface

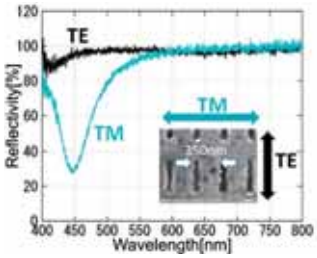


Fig. 3 Reflection spectra of Ag slot electrode under TE and TM polarizations

実施機関からのコメント

本課題は10月13日にWEB経由で相談を受けてから直ちに技術相談を行い、センター機関の試行的利用採択課題に推薦、採択直後の11月11日に利用が行われました。電子線描画を東大拠点の新型装置でおこなうことでさらに精密大面積なパターン作製が期待できます。

（支援実施者：水島　彩子）

問い合わせ：東京大学超微細リソグラフィー・ナノ計測拠点支援室（受付：渡邊かをる　拠点マネージャ：三田吉郎）
E-mail: nanotech@sogo.t.u-tokyo.ac.jp，Phone: 03-5841-1506
ホームページ　http://nanotechnet.t.u-tokyo.ac.jp/

文部科学省ナノテクノロジープラットフォーム事業　微細加工プラットフォーム
早稲田大学

埋め込み型プラズモンセンサの開発

早稲田大学
柳沢　雅弘

目 的

表面増強ラマン散乱（SERS）は、通常のラマン分光法では測定できない表面や界面の微量な物質の分子構造を測定する手法として注目されている。プラズモンセンサは、SERSを簡便に利用できる光学デバイスであり、高感度な測定が可能である。今回は本センサの作製に関して、多数のAu-Agナノ粒子を凸レンズ表面の凹部に埋め込んだレーザ光が一部透過するタイプのセンサの可能性について検討した。

成 果

透過型プラズモンセンサを用いて測定物のラマン分光測定を行う概念図をFig. 1 に示す。凸レンズ上に形成されたＡｇやＡｕ－Agナノ粒子間でのラマン増強により被測定物の表面構造やナノレベルの深さ方向の構造解析が可能となった。

Fig. 2にPDMS＋UV樹脂を型としたゾルゲルプロセスにより形成されたナノ・ホールにＡｕ－Ａｇ電析膜を埋め込んだＡＦＭ像を示す。ピッチ 200 nm、直径 100 nm のナノホールパターン内にＡｕ－Ａｇ電析膜が形成されていることが分かった。

Fig. 3に埋め込み型プラズモンセンサを磁気ディスクのダイヤモンドライクカーボン(DLC)膜 (膜厚2 nm)と摺動させたときのラマンスペクトルを示す。1300 cm^{-1}から1500 cm^{-1}付近のDLC膜のラマンスペクトルは780秒(13分)以上の摺動状態でも観察され、耐摩耗性を有することが確認された。

このように、従来の反射型のセンサとは違い、透過型のセンサーでは、被測定物の材料を選ばずにまた被測定物が回転するものであっても回転状態でスペクトルを観測できることが分かった。

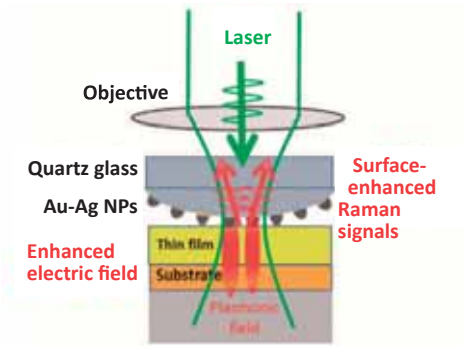


Fig. 1. Schematic of measurement by transmission-type plasmonic sensors.

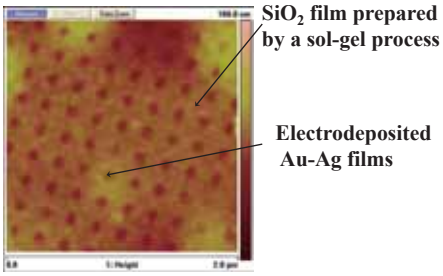


Fig. 2. AFM image after Au-Ag electrodeposition.

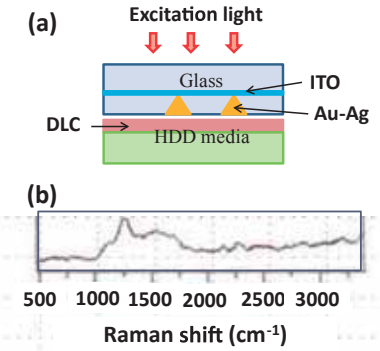


Fig. 3. (a) Arrangement of DLC film in an HDD and sensors. (b)Raman spectrum of DLC obtained by the sensors during sliding.

実施機関からのコメント

廉価かつ簡便にできるナノパターン形成方法としてナノインプリントとゾルゲル法を組み合わせたプロセスを採用することとした。またナノ・ホール内に均一に埋め込み可能な電析法を検討し、機械特性に適したプラズモンセンサ作製を進めた。このようなプラズモンセンサは世の中にはなく、オリジナルなセンサ開発となった。

（支援実施者：齋藤美紀子）

問い合わせ：早稲田大学ナノテクノロジープラットフォーム事務局
E-mail: ntrc-office@list.waseda.jp，Phone: 03-5286-9067
ホームページ　https://www.waseda.jp/inst/nanolife/project/nanotechnologyplatform/

文部科学省ナノテクノロジープラットフォーム事業　微細加工プラットフォーム
東京工業大学

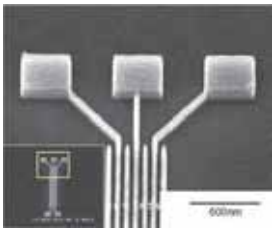
–電子ビーム露光を中心とした微細構造技術支援–

東京工業大学未来産業技術研究所

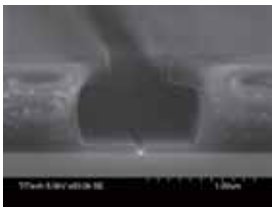
•東京工業大学において支援する研究領域は、トップダウン式のナノ構造構築の基盤装置である電子ビーム露光を中心とした微細構造構築技術です。

•20nmクラスの微細パターン形成技術を基盤として，利用者の必要に応じて半導体/金属/絶縁体などのデバイス構造に重要な薄膜への転写までを含む3次元ナノ構造を構築する総合的な技術を提供します．電子ビーム露光に重ね合わせ露光等を行った場合には、構築可能な構造は非常に幅広くなります。化合物半導体を中心として光・電子デバイス作製の為の広いノウハウを持ち、デバイス物理まで踏み込んだアドバイスが可能です。

•利用申請者のアイデアに基づいた研究を行う為に、知的財産権が申込者に帰属できる技術代行を主とした利用形態としています。



周期80nmの微細電極例



EBLスクールでの重ね合わせを含んだTゲート用三層レジストパターン断面図

•また，重ね合わせ露光や近接効果補正を含む高度な電子ビーム露光技術を中心にして、電子ビーム露光装置を持った主要大学，研究機関等のそれぞれの露光装置を高い活用度にする体制構築を目指した支援として，関東地区での産総研と共同開催でのEBLスクール、および首都圏外での出張技術指導・出張スクール等も開催します．（2012 -2017 年度での開催実績は 名大、北大、香川大, 北九州産業学術推進機構（FAIS)、京大、広島大です。2018年度は豊田工大での開催を予定しています。）

施設・設備紹介

化合物半導体光・電子デバイス研究用に実績のある
•電子ビーム露光装置　日本電子製　JBX-6300
•マスクレス露光装置　大日本科研製　MX-1204
•コンタクト光学露光装置(Suss MA -8)
•ロードロックチャンバ付き6連子銃蒸着器
　エイコーエンジニアリング製
•有機金属気相成長装置　日本酸素製　HR3246
•リアクテブイオンエッチング装置　サムコインターナショナル
　RIE-10NR　3台　ICR-101RF　1 台
•走査型電子顕微鏡　日立製作所製　S-5200
•FIB/SEM　デュアルビーム加工装置　日本電子製　JIB-4501
•プラズマ原子層堆積装置　Ultratech製　Fiji　F200
や薄膜貼り合わせ装置等があります。

利用事例

東工大/NTTへの技術代行
“量子ホールエッジチャネルにおける電荷ダイナミクス研究”
はH29年度の秀でた利用成果に選出され、別にポスター展示をしております。そちらもご参照下さい。

III-V CMOS フォトニクスプラットフォームを用いた光電子集積回路に関する研究

東京大学工学系研究科　電気系工学専攻　ハンジェフン，高木信一，竹中充

• データセンター内光インターコネクション用途に向けたシリコンフォトニクス技術が活発に研究されている。しかし、Si光変調器の変調効率が充分に高くないことが課題となっている。そこで化合物半導体を Si導波路上にゲート絶縁膜を介して貼り合わせたハイブリッドMOS構造を用いた光変調器の実現を目指して、研究を進めている。図 aに示す作製プロセスに従ったIII-V/SiハイブリッドMOS型光変調器を作製し、SOI基板上にSi導波路を形成後、技術代行で作製したInPエピ基板をAl_2O_3ゲート絶縁膜を介して貼り合わせた。不要なInP基板等を選択エッチングした後、コンタクト電極を形成した。作成した構造の表面像および断面像を図b,cに示す。InGaAsPとSi間はMOS構造となっており、ゲート電圧印加でInGaAsP界面に電子が蓄積し光の位相変調を通しての振幅変調の変化が確認された。見積もられた位相変調効率は0.1 Vcm以下となり極めて高い効率であった。

J. Han,et al., OFC, Mar.2017.

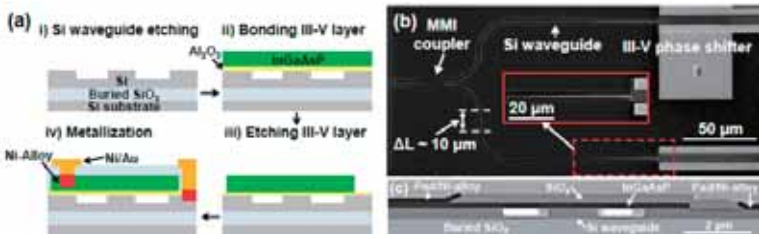


図 a) III-V/SiハイブリッドMOS型光変調器の作製プロセス　b) 位相シフターとテーパー部分のSEM像　c)位相シフター部の断面TEM像

利用ガイド

料金表（ナノプラットでの一例）	
電子ビーム露光装置	￥11,900/1露光
マスクレス露光装置	￥3,900/1露光
6連子銃蒸着器	￥10,400/1蒸着
有機金属気相成長装置	￥33,300/1成膜
リアクテブイオンエッチング装置 RIE-10NR	￥7,200/1エッチング
リアクテブイオンエッチング装置 ICR-101RF	￥7,300/1エッチング
走査型電子顕微鏡	￥4,100/1観察
FIB/SEM デュアルビーム加工装置	￥2,600/時間
プラズマ原子層堆積装置	￥5,700/1成膜

問い合わせ先：事業責任者　未来産業技術研究所　（本務 工学院電気電子系）・宮本恭幸
E-mail: miya@ee.e.titech.ac.jp，Phone: 03-5734-2572
ホームページ　http://www.pe.titech.ac.jp/qnerc/nano_support/index-j.html

文部科学省ナノテクノロジープラットフォーム事業　微細加工プラットフォーム
名古屋大学

微細加工プラットフォーム　名古屋大学

名古屋大学は，ナノテクノロジーに関連する広範な技術領域およびそれらに必要となる各種材料群に対して，最先端の薄膜形成技術，リソグラフィー技術，プラズマエッチング技術を保有しており，ナノ材料形成，ナノデバイス形成などさまざまな支援を行うことができます．

本事業では，下記の技術および支援を行います．

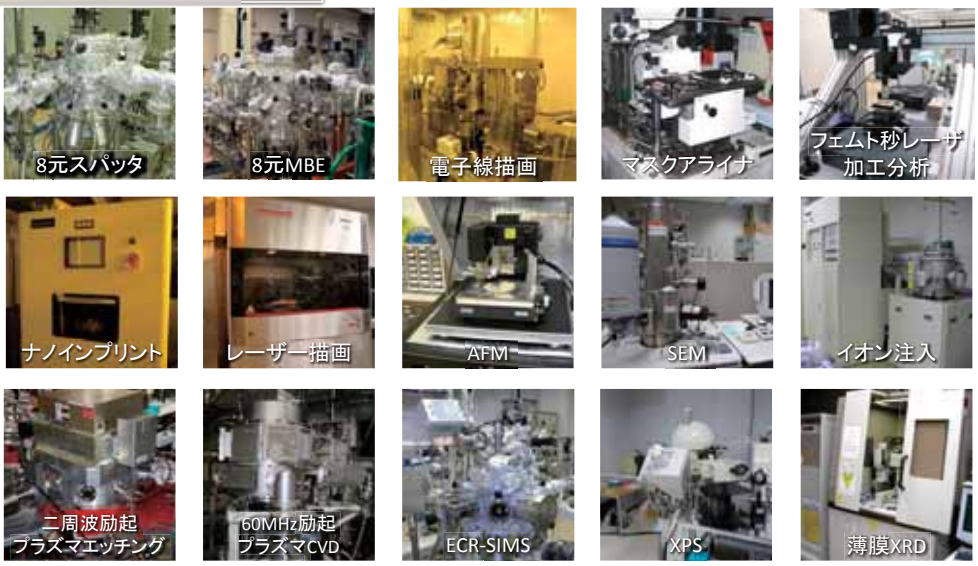
○ナノスケール／マイクロスケール微細パターン形成技術
○ナノ配線・ナノ電極形成技術
○ナノドット・ナノ構造等の配列技術
○プラズマを用いた各種材料のエッチングおよび表面処理技術
○各種電子・光デバイス構造作成技術
○MEMS・NEMS構造作成技術
○各種材料（半導体材料，磁性体材料，金属材料，有機材料，無機材料など）の薄膜形成技術

施設内には，3つに区切られたクリーンルームがある．デバイスプロセス室には各種の成膜装置，イオン注入装置，電気炉，RIE装置など，薄膜プロセスやデバイス作製プロセスに必要な機器が備えられている．微細加工室には，レジスト塗布用スピナー，ベーク炉，ドラフト，マスクアライナなど，フォトリソグラフィに必要な機器が，マスク室には電子ビーム描画装置が設置されている．

フロンティアデバイス室（クラス10,000）とナノプロセス室（クラス1,000）の２つに区切られたクリーンルームに，MBE装置，真空蒸着装置，ICPエッチング装置，酸用と有機用のクリーンドラフト，光学顕微鏡，実体顕微鏡，ベーク炉，ホットプレート，UVドライクリーナー，プラズマアッシャーなどの設備が備えられおり，ナノ材料，ナノデバイスの開発環境が整えられている．

8インチウェハに対応したULSI製造プロセスレベルのサブ100nm幅・高アスペクトトレンチ加工が可能なプラズマエッチング装置をはじめ，ラジカル注入型プラズマ支援化学積装置，超高密度大気圧・液中プラズマ装置など多様なプラズマ装置と共に，レーザー描画装置など，デバイス作製に必要な設備を揃えており，世界最高峰の最先端プラズマプロセスに関する研究・開発が可能である．

施設・設備紹介



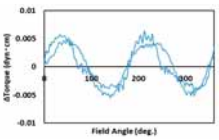
装置分野	装　置　名
成膜装置	8元マグネトロンスパッタ装置 3元マグネトロンスパッタ装置 8元MBE装置 電子ビーム蒸着装置 スパッタ絶縁膜作製装置
露光・描画装置	電子線描画装置 マスクアライナ レーザー描画装置
プラズマプロセス・エッチング装置など	反応性イオンエッチング装置 ECR-SIMSエッチング装置 ICPエッチング装置 超高密度大気圧プラズマ装置 大気圧IAMS (イオン付着質量分析器) 真空紫外吸収分光計 （原子状ラジカルモニター） 二周波励起プラズマエッチング装置 60 MHz 励起プラズマCVD装置 ラジカル計測付多目的プラズマプロセス装置 イオン注入装置 急速加熱処理装置 ナノインプリント装置 フェムト秒レーザ加工分析システム
計測・分析装置	X線光電子分光装置 走査型電子顕微鏡 透過型電子顕微鏡 薄膜X線回折装置 原子間力顕微鏡 段差計 電子スピン共鳴装置 磁気特性評価装置

利用事例

磁気光学効果を利用したデバイスの研究開発
支援先：長岡技術科学大学

100 nm程度以下のガーネット膜からの磁気信号は非常に小さく，正確な測定が非常に困難であったが，信号の外部磁界依存性などを詳細に解析することで，信頼性の高い磁気的データを得ることができた．例としてユーザーが開発した金属有機化合物分解（MOD）法により成膜した$Nd_2BiFe_4GaO_{12}$膜の磁歪定数は6×10^{-7}と見積もられたが，本支援により10^{-7}台の磁歪定数を高感度に検出することに成功した．

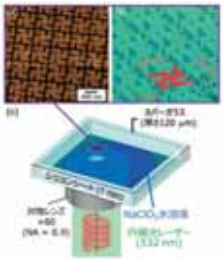
φ6インチガラス基板上に作製した$Nd_{0.5}Bi_{2.5}Fe_5O_{12}$薄膜



$Nd_2BiFe_4GaO_{12}$薄膜について測定した磁気トルク曲線

強く捻れた光場中でのカイラル核形成による結晶カイラリティ制御
支援先：千葉大学

光と金属ナノ構造体との相互作用により誘起される表面プラズモンにより増強された電場は，新たな光—物質相互作用をもたらすことが期待されている．本研究では，電子線描画装置を用いて卍型キラル金属ナノ構造体を作成し，ナノ構造体へ可視円偏光集光レーザーを照射することにより，光励起下での塩素酸ナトリウム($NaClO_3$)キラル結晶化を試みた(図1)。偏光顕微鏡によるその場観察から，本実験の溶液条件では得られるはずのない準安定相が集光点近傍で結晶化し，局所的に大きな過飽和状態を時空間的に制御できる可能性が示された．



(a) 電子線描画装置により作成したキラル金属ナノ構造体のAFM像
(b) キラル金属ナノ構造の寸法
(c) 実験方法概略図

利用形態と利用料金例

機器利用　利用者自らが機器を操作する技術支援

技術代行　支援者が機器の操作を代行する技術支援

共同研究　名古屋大学との契約に基づき登録機器を利用して利用者と支援者が共同で実施する成果公開型研究（民間企業等との成果非公開型共同研究に移行した場合は，自主事業）

技術相談　利用者の相談に専門家として応える計測技術コンサルタントとしての支援

大学などの公的機関と民間企業で利用料金は異なります．
各装置の料金については，下記のURLをご覧下さい．
http://nanofab.engg.nagoya-u.ac.jp/equipment.html
＊まずは電話，メールにてご相談下さい．利用相談は無料です．

問い合わせ先：ナノテクノロジープラットフォーム　名古屋大学　微細加工プラットフォーム事務局（岩田 聡）
E-mail: info@nanofab.engg.nagoya-u.ac.jp，Phone: 052-789-3639
ホームページ　http://nanofab.engg.nagoya-u.ac.jp/

分子レベルでの構造制御に基づく再生可能資源としての高タフネスシルク素材の創成

(国)農業・食品産業技術総合研究機構
吉岡太陽，亀田恒徳

【目　的】

絹糸は硬さ（初期弾性率）、柔らかさ（破断伸び）、強さ（破断強度）のバランス（タフネス）に優れる再生可能資源である。しかし、絹糸を溶解して得た再生シルクは、力学特性が大きく劣化する。カイコに負けない、分子レベルのタンパク階層構造の制御が不可欠である。我々は、高い結晶配向性の付与方法を確立し、弾性率と破断伸びで天然絹糸を超えることに初めて成功した。しかし、破断強度は依然として劣るため、取り組むべき課題を明確にする。

【成　果】

延伸を加える図1の構造制御法により製作した再生シルクの結晶構造、結晶化度、結晶配向度は、天然シルクと大差ないことを確認した。しかし、図2の002反射ピークの半値幅が広いことから、分子鎖軸方向の微結晶サイズは、天然シルクの約半分と小さいことが分かった。カイコの絹糸腺から直接取り出したシルクを延伸したテグスは、天然シルクと同等の微結晶サイズを示した。微結晶サイズの低下は、構造形成過程に起因すると考えられる。天然シルクでは、カイコ絹糸腺内のタンパク会合状態で微結晶サイズが決まっていることが示唆された。延伸前のタンパク会合状態の解明と制御が今後の課題となる。

【実施機関からのコメント】

吉岡氏は、再生絹糸の製作条件を様々に変更し、赤外分光やX線回折を測定した。これに支援者側の知識が組み合わさることで、目的の階層構造に近付ける知見を得た。

（支援実施者：田代孝二）

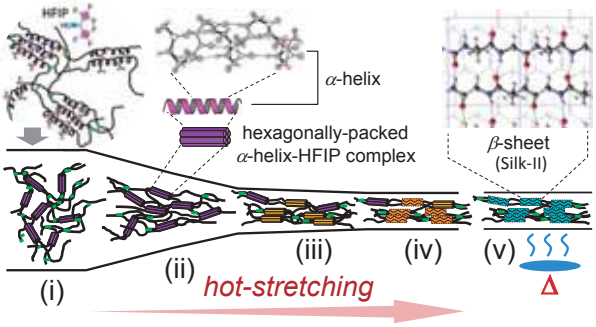


図1：天然絹糸の弾性率を超える再生シルク配向試料を与えるシルク構造制御法。Yoshioka T. et. al, Biomacromolecules 2016, 17, 1437-1448.

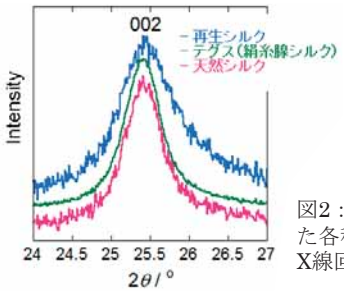


図2：透過法を用いて測定した各種シルク配向試料の広角X線回折002プロファイル。

Siライン&スペース上へのSi量子ドットの高密度形成

名古屋大学 大学院工学研究科
牧原克典, 永井僚，宮崎誠一

【目　的】

Ge-Si系スーパーアトムを活性層に用いて、室温･低電圧(1V 程度)で動作する極薄の高効率・高速エレクトロルミネッセンス(EL)デバイスが実現できれば、Si 系デバイスと組み合わせて、将来の少数電子･少数光子を使った大規模な高度情報処理へと発展する可能性が高い。p-Si(100)基板にSi細線を形成し、熱酸化後、GeコアSi量子ドットを高密度形成し、細線劈開面からのEL特性を評価した。

【成　果】

豊田工業大学で用意したパターンを用いてSi細線を加工し、LPCVDを560ºC、SiH_4ガス圧0.5Torrで行った。Si初期核発生・成長が均一に進行し、上面、側面、底面に均一サイズのSi量子ドットが高密度・一括形成できた。図4挿入図に示すSi細線上にGeコアSi量子ドット(Geコア：約6nm)と、Al電極を形成したLED構造に、順方向パルス電圧(1kHz、duty比:50%)を印加したところ、4V以上でSi細線劈開面から0.78eV近傍に室温ELを得た。強度は印加電圧で増加するが、エネルギーは一定であった。Al電極からドットへの電子注入とp-Si(100)基板からGeコアへの正孔注入が起こり、Geコアの量子準位間で電子－正孔対が発光再結合し、光はSi細線内を伝搬したことを示す。

【実施機関からのコメント】

幅400nmで長さ最大1mmの微細パターン形成に困っていると相談を受けて支援した。名古屋大学とは距離が近いため、翌週には学生の装置利用が開始した。EB描画エリアのつなぎ合わせ精度が最初は低かった。ソフト機能を様々に試しつつ、ハードの不具合を見つけて問題解決した。利用者への操作指導は、熊谷准教授が協力した。

（支援実施者：梶原建）

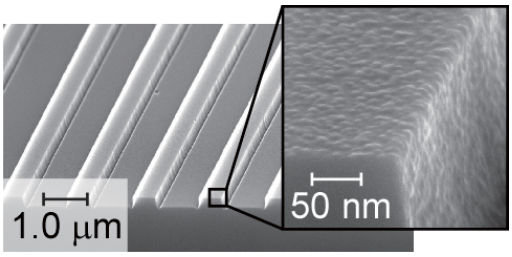


図3：GeコアSi量子ドット3層積層LED構造付きSi細線。

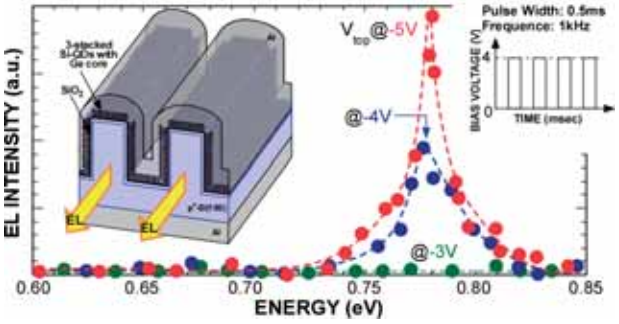


図4：Si細線構造上のLED構造から得た室温ELスペクトル。挿入図はLED構造の模式図。

文部科学省ナノテクノロジープラットフォーム事業　微細加工プラットフォーム
京都大学　ナノテクノロジーハブ拠点

位相変調透過板に関する研究

大阪府立大学工学研究科
平井義彦，田中利樹，杉原大貴

【目　的】
位相変調透過（ビルトインレンズマスク）によるレンズ効果を利用した3次元リソグラフィの可能性を検討するためのビルトインマスクの試作する．

【成　果】　図1に示すプロセスに従い，大面積EB描画装置等を用いCrリフトオフ，ステッパで露光，エチャーにより石英基板を掘り下げて位相変調透過板を作製した（図2）．作製した透過板を用い，ピラミッド状のフレーム構造を一括露光行った．シミュレーション（図3）と良く一致する図4に示す構造体が作製できた．

【実施機関からのコメント】
EB描画装置とステッパ装置における寸法マッチングの問題，金属マスクでのリフトオフ不良の問題を，利用者と協力して問題解決にあたった．
（支援実施者：井上良幸，岸村眞治，佐藤政司ら ）

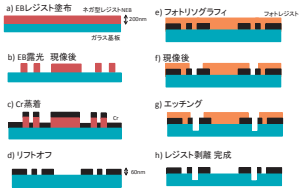


図1 プロセスフロー

図2 試作マスクのOM写真

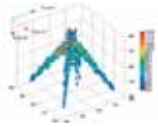


図3 構造体のシュミレーション

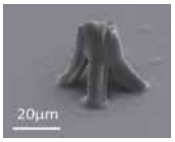


図4 試作した構造体

プラズモニック金ナノ粒子凝集構造体を有するMEMS共振器

神戸大学工学研究科
菅野公二ら

【目　的】
金薄膜上に金ナノ粒子を配置したプラズモニック構造をMEMSと集積化し，波長1.55μm近傍で吸収するナノ構造体を有する共振器デバイスを作製する．

【成　果】
作製したMEMS共振器を用い，光吸収特性を評価した結果，1.48μmの近赤外線領域の吸収ピークが観察できた．このピークは金粒子の直径により制御可能である．照射レーザーの波長がずれた場合，光吸収率が変化するため共振周波数がシフトし，レーザー波長のずれを計測できる．

【実施機関からのコメント】
課題申請者研究室の学生の利用をサポートした．作製したデバイスはユニークな構造を有し，かつ入射光波長変化が検出可能なデバイスが作製できた．なお，学生の育成にも貢献できた．
（支援実施者：大村英治ら）

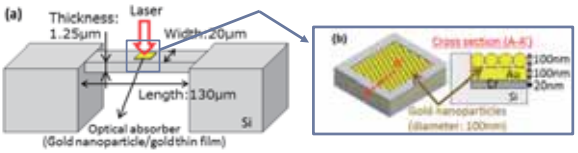


図1（a）デバイス構造と(b)検出部

図2 試作デバイスのSEM写真

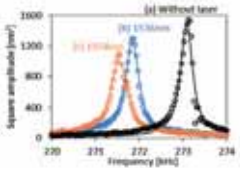


図3 共振強度 vs 周波数

抗原抗体反応の検出を目的とした横波型薄膜共振子MEMSセンサの創製

名古屋工業大学工学研究科
高柳真司

【目　的】 生活習慣病リスクマーカーの抗原抗体反応を検出するため，ZnO圧電薄膜の横波を利用する共振子を作製し，その上にPDMS流路を接着した共振子質量MEMSセンサを開発する．

【成　果】
作製した共振子にBiotinを固定し，流路にStreptavidin溶液を流し，共振周波数の時間変化を測定した．結果，BiotinとStreptavidinとが結合することにより質量負荷分の共振周波数の低下がおこり，抗原抗体反応の検出が可能であることが判明した．本共振子は液体の粘度測定も可能である．

【実施機関からのコメント】
作製プロセスが複雑であるため，支援者全員でプロセスから測定までの開発支援し，デバイス作製にいたった．
（支援実施者：井上良幸，瀬戸弘之ら ）

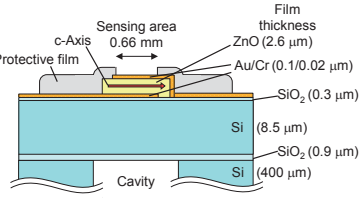


図1 共振子の断面構造

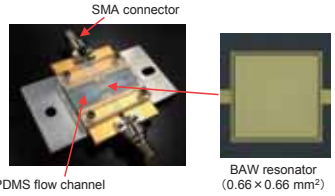


図2 PDMS流路を設けた薄膜共振子センサの写真

問い合わせ先：京都大学ナノテクノロジーハブ拠点
E-mail: kyodai-hub@saci.kyoto-u.ac.jp, Phone: 075-753-5231
ホームページ　http://www.mnhub.cpier.kyoto-u.ac.jp

文部科学省ナノテクノロジープラットフォーム事業　微細加工プラットフォーム
大阪大学

電子線リソグラフィー加工による周期的ナノ構造を利用した有機発光デバイスの高効率化

[a]京都工芸繊維大学　材料化学系

河田 至弘[a], 青木 和輝[a], 稲田 雄飛[a]

目 的

多くの有機発光材料は、色純度が低く（色々な波長の光が混在）、デバイス化の際にフィルターを通して余分な波長の光をカットするため、効率が低下する。「周期的ナノ構造」は特定波長の光を強める（回折）性質をもち、本問題の解消に利用できる。利用者らは最近、集束イオンビームを用いて有機単結晶表面への本ナノ構造の作製に取り組んでいるが、加工領域で発光が阻害（消光）されるため、加工周期の縮小が困難であった。そこで、大阪大学ナノテクノロジー設備供用拠点の微細加工設備を試行的に利用して、電子線リソグラフィーで消光を抑制しつつ周期を縮小可能か否か検討し、双方の両立を達成した。

成 果

表面に疎水化処理を施した酸化膜付きシリコン基板に平板状の有機単結晶を貼付け、電子線レジストをスピンコートし、ベークした。本レジスト膜に周期１５５ ｎｍのライン＆スペースパターンを描画した（超高精細電子ビームリソグラフィー装置：ＥＬＳ－１００Ｔ）。現像して得られたレジストパターンの上からエッチングを行い（深掘りエッチング装置：ＲＩＥ－４００ｉＰＢ）、有機単結晶表面に周期的ナノ構造を作製した。レジスト塗布前、描画・現像後、エッチング後の本結晶について、蛍光顕微鏡観察を行った。また、エッチング加工後の結晶表面を原子間力顕微鏡（ＡＦＭ）で観察し、作製したナノ構造の周期および溝深さを見積もった。

レジスト塗布前、描画・現像後、エッチング後における結晶の蛍光顕微鏡写真をＦｉｇ．１に示す。Ｆｉｇ．１（ｂ）および（ｃ）の結晶面内に認められる縞状の発光は、レジストパターンの倒壊によるものであり、レジスト製膜条件に改善の余地がある。一連の加工によって顕著な消光が起こらないことが明らかとなった。ＡＦＭ測定から得られた本周期的ナノ構造の表面像および断面プロファイルをＦｉｇ．２に示す。溝の周期は１４６ ｎｍ、平均深さは１５ ｎｍであり、従来（≳２００ ｎｍ）よりも小さな周期での加工を実現できた。

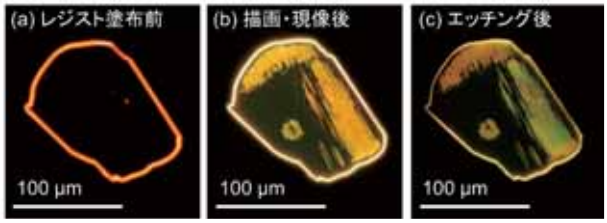


Fig. 1 Fluorescence micrographs of the organic single crystal (a) before resist coating, (b) after drawing and development, and (c) after etching.

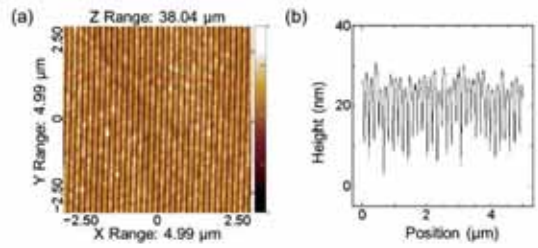


Fig. 2 (a) AFM image and (b) depth profile of the organic crystal surface equipped with periodic nanostructure fabricated by electron beam lithography.

実施機関からのコメント

試行的利用（Ｔｙｐｅ１）でのご利用です。ＦＩＢで加工していたがイオンによるダメージで消光するのを改善したいと相談を受け、電子線リソグラフィーとドライエッチングを提案したところ消光を防げました。

（支援実施者：近田和美、法澤公寛）

問い合わせ先：大阪大学ナノテクノロジー設備供用拠点　微細加工プラットフォーム(法澤公寛)
E-mail: info-nanoplat@sanken.osaka-u.ac.jp，Phone: 06-6879-4654
ホームページ　http://nanoplatform.osaka-u.ac.jp/

事例1: NEMSを用いたプラズモン変調器の作製

[a]徳島大学大学院先端技術科学教育部,
[b]同大学院理工学研究部

加地崇洋[a], 原口雅宣[b]

【目　的】

光情報・光通信機器の更なる小型化、高密度化に向け、光を回折限界以下の微小領域に閉じ込めることができる表面プラズモンポラリトンの伝搬制御の手段として、NEMS（Nano Electro Mechanical Systems）を組み合わせることを発想した。本研究では、そのための作製プロセスの確立と素子の基本構造の提案を目的とした。

【成　果】

Fig.1に、プロセスの概要を示す。本研究では、成膜・リソグラフィ・エッチングに加え、有機物除去のために硫酸過水洗浄、スティッキング防止のために超臨界乾燥を行っている。当初はエッチングマスクとしてデュアルイオンビームスパッタ装置で成膜したCrを用いていたが、プロセス最適化により、最終的にはレジストマスクのみで加工できるようにデバイス作製工程の短縮を実現した。作製結果のSIM像を、Fig.2に示す。また、異方性ドライエッチング時のSi壁面の凹凸の低減も実現した。Fig.3に示すように、電圧印加によってアクチュエータが駆動していることを光学顕微鏡で直接確認できた。

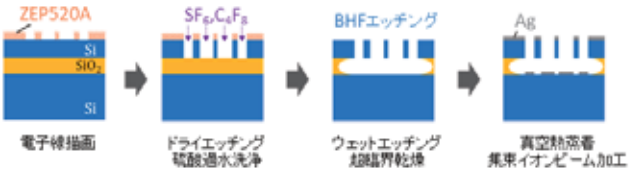


Fig.1　Process chart

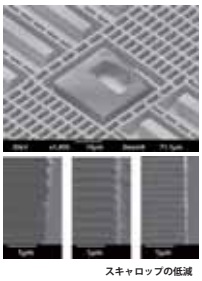


Fig.2　SIM images of
(a) Plasmon modulator
(b) Scallops

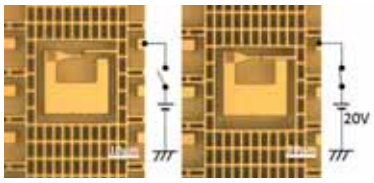


Fig.3　Photographs of the drive

【実施機関からのコメント】

技術相談に端を発し、これまで密に情報共有をさせて頂きながら、機器利用に関わるご指導をさせて頂いた。実施機関としては、保有する技術分野以外であるフォトニクス技術に関するテーマであり、基盤技術の拡大、それに伴う利用者の増大にも大いに期待をしている。

（支援実施者：鈴木勝順）

事例2: THz帯メタマテリアルの作製

香川大学工学部材料創造工学科

谷口雅輝，岡部京介，井上晶太，
鶴町徳昭

【目　的】

現在までにTHz波の制御デバイスとしてレンズやミラー、偏光板のようなpassiveなものからテラヘルツスイッチのようなactiveなものまで様々なものが提案されてきた。そのような中、メタマテリアルの利用が注目されている。今回、高屈折率が期待できる金属のI型構造に着目し、試料の設計・作製および、その光学特性を評価した。

【成　果】

マスクレス露光装置とデュアルイオンビームスパッタ装置を利用し、I型メタマテリアル構造をSi基板上に作製した。また、自作のTHz時間領域分光系にてこの試料の複素透過スペクトル測定を行った。作製したI型構造の一例をFig.1に示す。横向きのアームの間がキャパシタの役割を果たすことで高い誘電率が得られる。その一方で、薄膜構造とすることで透磁率の減少を防いでいる。この構造は高い屈折率を示し得る。

測定したサンプルの透過スペクトルをFig.2に示す。位相スペクトルの解析からは、今回の試料においては高屈折率といえるものは得ることができなかった。しかしながら基本構造の作製には成功しており、今後パラメータを変化させることで高い屈折率物質を得ることが期待できる。

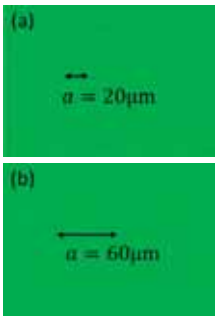


Fig.1　Top view images of I type metamaterial structure

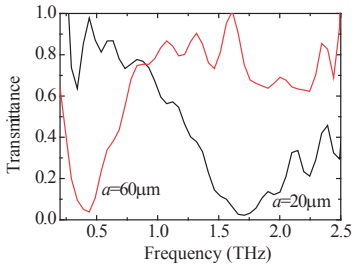


Fig.2　Transmission spectrum of I type metamaterial

【実施機関からのコメント】

本プラットフォームの保有技術分野以外であるフォトニクス・マテリアルサイエンス技術に関するテーマであり、研究開発の進展に大いに期待している。

（支援実施者：鈴木勝順）

問い合わせ先：国立大学法人 香川大学　社会連携・知的財産センター　ナノテクノロジー支援室（鈴木勝順）
E-mail: nanoplatform@ao.kagawa-u.ac.jp，Phone: 087-887-1873
ホームページ　http://www.kagawa-u.ac.jp/nanoplatform/

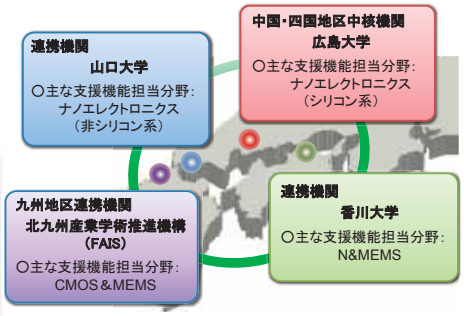
文部科学省ナノテクノロジープラットフォーム事業　微細加工プラットフォーム
広島 大学

ナノデバイス・バイオ融合科学研究所　微細加工支援室

広島大学では、ナノデバイス・バイオ融合科学研究所のスーパークリーンルームに設置された電子線描画装置を始めとするデバイス試作ラインを用いて、シリコンベースの微細加工および微細デバイス作製支援を実施します。シリコン以外の材料に対しても可能な限り対応します。さらにN&MEMS技術、バイオ関連デバイスに関しても異分野融合を推進し、高度で多様な支援を提供します。

ナノデバイス・バイオ融合科学研究所

スーパークリーンルーム内風景



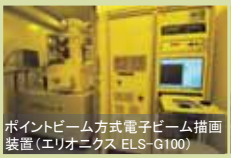
広島大学は山口大、香川大、FAISと連携して微細加工支援を行います。

施設・設備紹介

広島大学ナノデバイス・バイオ融合科学研究所はクラス10のスーパークリーンルーム及びリソグラフィー、薄膜形成等の半導体製造装置を有しており、半導体デバイスを設計から開始してシリコンウェハ上へ試作するまで一貫して行えることが特徴です。

リソグラフィー装置群

可変成形方式電子ビーム描画装置（日立HL700）


ポイントビーム方式電子ビーム描画装置（エリオニクス ELS-G100）

マスクレス露光装置（ナノシステムソリューションズDL-1000）

酸化、アニール、不純物注入装置群

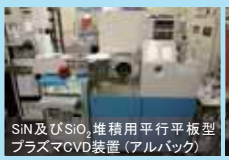
酸化・拡散炉（東京エレクトロン）

イオン注入装置（アルバック）

リン拡散炉（神港精機）

薄膜形成装置群

SiO_2堆積用大気圧CVD装置（天谷製作所）


SiN及びSiO_2堆積用平行平板型プラズマCVD装置（アルバック）

金属配線用スパッタリング装置（エイコー）

薄膜物性評価装置群

2次イオン質量分析装置(SIMS)（アルバック-ファイ PHI-6650）

原子間力顕微鏡（セイコーインスツルメンツ SPI3800）

X線光電子分光分析装置（XPS）（KRATOS ESCA-3400）

プラズマエッチング装置群

Si用ICP（誘導結合プラズマ）エッチング装置（ユーテック）

Al用ICPエッチング装置（ユーテック）

シリコン用深掘りエッチング装置（住友精密工業、MUC-21）

分光エリプソメーター（ジェー・エー・ウーラム・ジャパン M-2000D）

ホール効果測定装置（ACCENT HL5500PC）

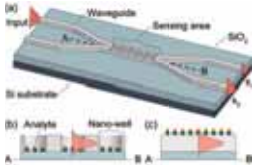
電界放出型走査電子顕微鏡(SEM)（日立 S4700）

利用事例

SiN光方向性結合器と分子鋳型ポリマーの融合による新規バイオセンサの開発

筑波大学大学院数理物質科学研究科

ナノウェル構造形成による光導波路センサの高感度化と、分子鋳型ポリマーの組み合わせによる、デバイスの繰り返し利用の実現および低コスト化を目指した。
デバイス材料として窒化シリコン及び酸化シリコンを選択し、広島大学で成膜を実施した。



(a) ナノウェル光導波路センサの構造図。(b) その断面図。(c) 通常の光導波路センサの断面図。

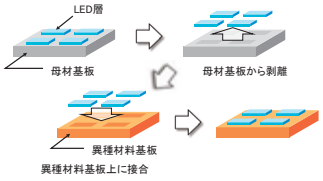
作製したナノウェル光導波路の断面SEM像

窒化物薄膜LEDの開発

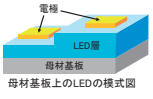
㈱フィルネックス

単結晶半導体薄膜素子と異種材料とを接合する技術の開発を目標として、窒化物薄膜LEDを作製し、異種材料基板上に接合して発光動作を実証した。

異種材料基板上への薄膜LEDの接合



LED加工に利用した装置
①マスクレス露光装置
②反応性イオンエッチング装置
③誘導結合プラズマ（ICP）エッチング装置
④Al用スパッタ装置
加工状態確認のため利用した装置
⑤表面段差計
⑥走査電子顕微鏡（SEM）
薄膜LEDの発光動作実証で利用した装置
⑦デバイス測定装置（HP4156, ブローバー）



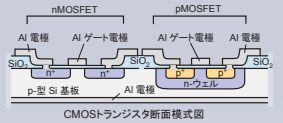
母材基板上のLEDの模式図

石英基板上に接合した窒化物薄膜LEDの点灯時の光学顕微鏡写真

利用ガイド

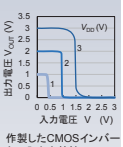
短納期CMOS作製支援

広島大学では、CMOSを含むデバイス開発支援として、短納期CMOS作製を受け付けています。

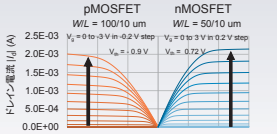


CMOSトランジスタ断面模式図

試作したCMOSインバータ



作製したCMOSインバータの入出力特性



CMOSインバータ内のnMOSおよびpMOSトランジスタのI_d-V_d特性

最短4日で作製

利用形態

共同研究	利用者と支援者が共同で実施する研究
機器利用	利用者が自ら機器を操作する技術支援
技術代行	支援者が利用者に代行して機器を操作する技術支援（技術代行料が生じます）
技術相談	利用者からの相談に専門家として応える技術コンサルタントとしての支援
技術補助	支援者が補助し操作方法を指導しながら、利用者が機器を操作する技術支援

利用料金例（平成29年12月現在）

装置等名	対応可能な試料サイズ	利用料金（円/時間）
超高精度電子ビーム描画装置（エリオニクス ELS-G100）	2～6インチ，カットウェハ	20,000
マスクレス露光装置（ナノシステムソリューションズ）	2, 4インチ，カットウェハ	6,000
LPCVD装置（poly-Si, SiO_2, Si_3N_4堆積用）	2インチ，カットウェハ	6,000
エッチング装置（Si深掘り用）	4インチ	12,100
エッチング装置（Si用）	2インチ	2,500
イオン注入装置	2インチ，カットウェハ	9,000
ラザフォード後方散乱測定装置	－	6,000
二次イオン質量分析装置(SIMS)	－	7,000

■クリーンルーム利用料は別途900円/時間です。
■技術代行の場合は代行料2700円/時間が生じます。

問い合わせ先：広島大学ナノデバイス・バイオ融合科学研究所 ナノテクノロジープラットフォーム微細加工支援室（田部井 哲夫）
E-mail: nanotech@hiroshima-u.ac.jp，Phone: 082-424-6265
ホームページ　http://www.nanofab.hiroshima-u.ac.jp

事例1: 高解像電子線レジストのプロセス開発

星野　亮一, 合同会社グルーオンラボ

【目　　的】

原子移動ラジカル重合法を用いて、核にフラーレンを用いて分岐を持たせたPMMAを合成しこちらのレジストの基本性能の確認を行った。

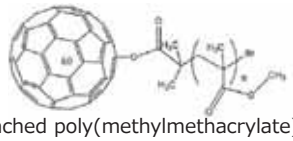


Fig. 1 Hyperbranched poly(methylmethacrylate).

【成　　果】

評価には、熊本大学で原子移動ラジカル重合法により合成した分子量21万のレジストを用いた。核にはフラーレンを用い、50以上の分岐をもつハイパーブランチポリマーである。
膜厚180 nmに塗布し、 Line / Space=100 / 100 nmおよび高アスペクトのLine / Space=50 / 50 nm設計で、加速電圧50kVの電子線描画装置で露光を行った。
その後、MIBK ： IPA＝1：3および1：2と組成比を変えた現像液で現像を行ったがいずれも矩形性の高い良好な形状が得られた。

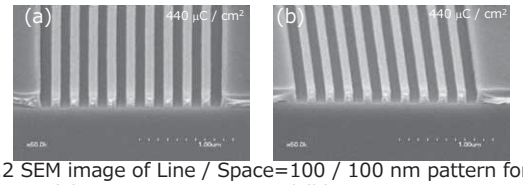


Fig.2 SEM image of Line / Space=100 / 100 nm pattern for (a) MIBK：IPA＝1：3 and (b) MIBK：IPA＝1：2.

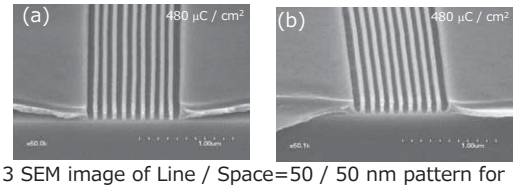


Fig.3 SEM image of Line / Space=50 / 50 nm pattern for (a) MIBK：IPA＝1：3 and (b) MIBK：IPA＝1：2.

【実施機関からのコメント】

これまで行ってきた分岐型レジストの知見を活かすことで、フラーレンを核とした本ポリマーが、ハイパーブランチレジストとして機能することを確認できた。分岐ポリマーはレジスト溶媒への溶解性が高く、高粘度化・厚膜化が可能であるので、ホログラム作製や、シンクロトロン光によるＬＩＧＡプロセスへの展開の可能性が期待できます。（支援実施者：岸村　由紀子 ）

事例2: 真空プロセス開発のための基礎実験

中川　貢, 株式会社マルナカ

【目　　的】

従来の気体を用いた漏れ検査法で高圧部品を高圧下で漏れ検査する場合、試験体に突発的な破れが発生すると大破裂する危険があることから、高圧下での漏れ検査が課題となっている。我々は従来の気体に代わり、高圧下でも体積変化の小さい液体を用いた高圧漏れ検査を提案している。本報告では液体漏れ検査モデル装置による短時間での微量漏れ検出の基礎実験を行った。

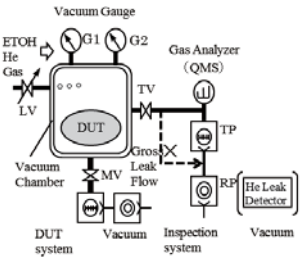


Fig. 1 Diagram for the leak testing model apparatus using the liquid.

【成　　果】

Fig. 2に2.0×10^{-6} Pam^3 / sec (He)の漏れ孔に対するエタノールの漏れ検出実験の結果を示す。ガス放出の比較的多い有機材料製自動車部品O1を真空容器に挿入した場合の結果である。t = 0 secからt = 30 secにおいてシグナルが1×10^{-12} A程度で擾乱するが、これはバルブMVとTVの開閉動作の振動に起因する。t = 30 sec以降において漏れ有のシグナルは1.8×10^{-11} Aに、漏れ無のシグナルは1～2×10^{-13} Aとなった。以上より、60 sec以内の短い検査時間で10^{-6} Pam^3 / secの微量の液体漏れ検出が実証できた。

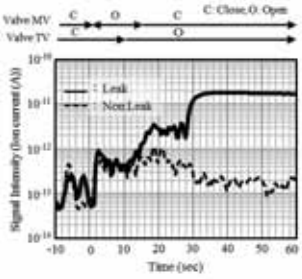


Fig. 2 Results of the ethanol leak testing for the model apparatus with O1 part, here the solid line is the leak signal and the brake line is the non -leak signal of the ethanol (m/z 31) in QMS, respectively.

【実施機関からのコメント】

本研究は、エネルギー関連の部品など通常ヘリウムなどの気体で行われる漏れ検査を液体で行うという利用者の新奇な発想に基づくものである。今回の支援で、液体を用いて漏れ検査ができることを実証できた。この技術は学術的に新規性が高く、産業技術として利用されれば、日本の高品質な物づくりに貢献できる。　（支援実施者：栗巣　普揮）

問い合わせ先：山口大学・大学研究推進機構・微細加工支援室（木村 隆幸）
E-mail: nanotech@yamaguchi-u.ac.jp , Phone: 0836-85-9993
ホームページ　http://www.nanotech.sangaku.yamaguchi-u.ac.jp

文部科学省ナノテクノロジープラットフォーム事業　微細加工プラットフォーム
公益財団法人 北九州産業学術推進機構

公益財団法人 北九州産業学術推進機構【FAIS】共同研究開発センター

北九州学術研究都市内の共同研究開発センターは，IC･MEMS関連デバイス研究開発向けの各種微細加工設備を有し，広く企業・大学研究機関等に開放しています。

これら設備及び微細加工技術は，バイオ＆ライフサイエンス，環境技術分野への活用も期待されており，企業・大学における微細加工関連の研究者のみならず，異分野の研究者（バイオ・医療系等）にも利用しやすい環境づくりを目指して取り組んでいます。

施設・設備紹介

【FAIS】共同研究開発センター

【FAIS】共同研究開発センターには1階にIC・MEMS関連デバイス研究開発向けのクリーンルームを設置しており，専任の技術スタッフが日々装置メンテナンスや消耗品管理等を実施しています。

2階には貸研究室が7部屋あり，クリーンルームを利用する研究者の居室として活用することが可能です。

貸研究室
（面積：42.21m²）

ケミカルプロセス室　イエロールーム　レイアウト設計室　組立測定室　マイクロプロセス室

＝利用までの流れ＝

＝利用料金表＝

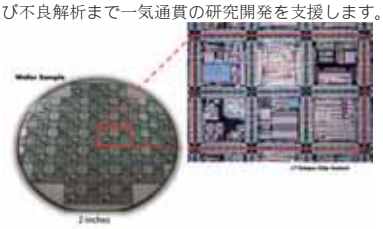
区分	1時間
ケミカルプロセス室	¥7,600/h (9:00-17:30)
イエロールーム	¥3,500/h (9:00-17:30)
レイアウト設計室	¥1,500/h (9:00-17:30)
組立測定室	¥3,500/h (9:00-17:30)
マイクロプロセス室	¥3,500/h (9:00-17:30)

*公的研究機関・大学等の研究者または公的研究に属し研究開発を目的とする場合

活用例その1　【CMOSプロセス品一貫開発支援】

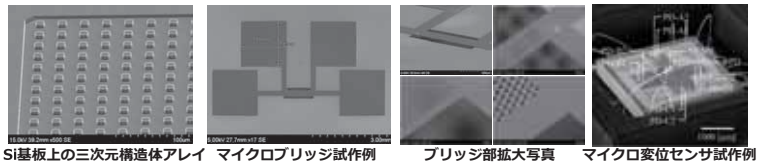
共同研究開発センター独自のCMOS1umプロセスに基いた設計ルールを用いて，回路設計からフォトマスク作製，前工程，後工程，特性評価及び不良解析まで一気通貫の研究開発を支援します。

設計から試作・評価までの一貫した研究開発支援


CMOS IC試作例（6Chipに10ユーザーが相乗りした例）

活用例その2　【MEMS微細加工技術支援】

Si系材料を主体とした三次元構造体（マイクロブリッジ・カンチレバー・SiN自立膜等）や，マイクロ変位センサの製作など，数々のSiプロセスの他，水晶，石英，サファイア基板などを使った様々なMEMSデバイスの研究開発を支援します。


Si基板上の三次元構造体アレイ　マイクロブリッジ試作例　ブリッジ部拡大写真　マイクロ変位センサ試作例

活用例その3　【人材育成】

安全教育やオペレーショントレーニングなど，施設を安全に利用するための基礎教育を行うと共に，微細加工技術を応用した実用性の高いアプリケーション創出が可能な人材を育成することを目的とした教育を，IC・MEMS関連の実習型セミナーを通して実施します。

要素技術セミナー　フォトリソグラフィ実習

利用事例

【循環腫瘍細胞検出のためのマイクロウェルアレイの作製】

一般財団法人ファジィシステム研究所　江口正徳

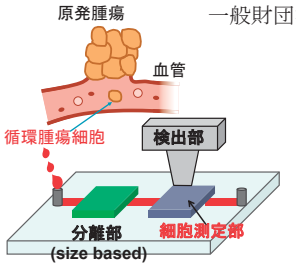


図1.循環腫瘍細胞検出イメージ

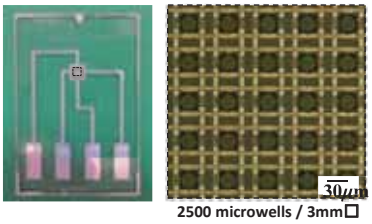


図2. 試作したデバイスの顕微鏡写真

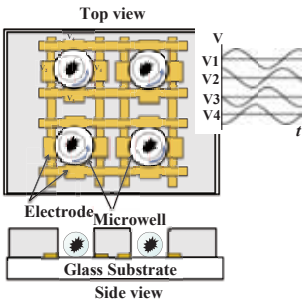


図3. エレクトロローテーション マイクロウェルアレイの構造図

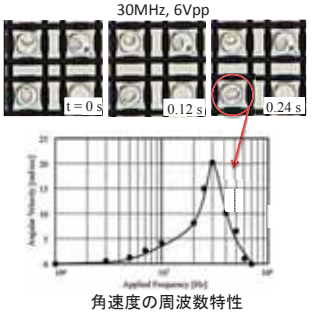


図4. エレクトロローテーションマイクロウェルアレイを用いた肺がん細胞株(PC-9)の自転の様子と角速度特性

肺癌は早期発見が困難であることから、近年、癌による死亡原因のトップとなり、いまだ増加傾向にあります。循環腫瘍細胞は、肺癌、胃癌、乳癌等の原発巣から遊離して血液中を循環する細胞であり、迅速で的確な治療決定を行なう際の指標の一つとして近年注目されています。そこで、血液中の循環腫瘍細胞(Circulating Tumor Cells)の早期検出を目的とし、エレクトロローテーションマイクロウェルアレイを作製します。図1に、循環腫瘍細胞の検出イメージを示します。

エレクトロローテーションマイクロウェルアレイは、実施機関が有する多層配線技術により作成しました。作成したデバイスの顕微鏡写真を図2に、その構造図を図3に示します。試作したデバイスは、ガラス基板上に4相電圧を印加可能な電極が2層配線により配置され、その電極中心には循環腫瘍細胞の大きさより若干大きい、マイクロウェルを有する構造となっています。試作した電極に循環腫瘍細胞懸濁液を滴下し、マイクロウェル内に細胞が配置されたことを確認後、各電極に4相電圧を印加し、細胞の挙動を観察しました。図4に、マイクロウェル内の循環腫瘍細胞のエレクトロローテーションによる回転の様子及びその角速度の周波数得性を示します。図4より、試作したデバイスにより、細胞1個の誘電泳動特性が測定可能であることが確認できました。今後は、回転する細胞の各周波数における角速度を動画像解析により自動測定を行い、この特性の違いに基づいた細胞検出のハイスループット化を目指します。

問い合わせ先：ナノテクノロジープラットフォーム　共同研究開発センター（上野・安藤・竹内）
E-mail:nano01@hibikino.ne.jp　Phone:093-695-3007
ホームページ　http://www.ksrp.or.jp/fais/sec/nano/index.html

≪分子・物質合成プラットフォーム≫
実施概要および利用成果概要

文部科学省ナノテクノロジープラットフォーム事業

分子・物質合成プラットフォーム

- 機能性有機・無機材料・ナノ材料・生体分子等の合成、分子物質設計を支援します。
- 先端機器を用いた構造・機能特性の評価等を支援します。
- 初心者でも、材料合成～装置の操作方法まで、丁寧に教えます。

幅広い分野の支援

合成・ものづくりから、評価・分析までを総合的にサポートし、新規材料の研究開発を応援します。それぞれの実施機関の特徴を生かした研究設備も充実しており、最先端の大型設備から、オリジナルな特殊装置、一般的な装置まで多種多様に揃えています。

最先端の装置の利用

超高磁場ＮＭＲや極端紫外光施設、各種電子顕微鏡、バイオイメージング、各種分光装置など、安価に利用出来ます。

ものづくり・合成も支援します

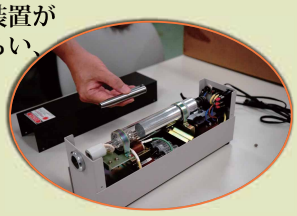
新規化合物の有機合成、新奇カーボン材料の合成、ナノ粒子、生体分子調製など、ものづくり・合成も支援しています。

世界で一つしかない
STMBEの開発を行っています。

阿南工業高等専門学校
（塚本史郎　様）

（利用機関：大阪大学）

世界で一つしかないSTMBEの開発と、それを用いた量子ドットの成長に関する基礎研究を行っています。作製した量子ドットを後から探すのが困難なため、成長するところに目印をつける方法に着目しました。わが校にはクリーンルームも、微細加工ができる装置もありません。
当時、大阪大学にそのような装置が誰でも使えるという情報をもらい、利用させて頂き、スタッフの皆さんがとても親切で助かりました。



試料の分析に影響を与えない
容器の開発に取り組んでいます。

ケイネックス株式会社京都南研究所
（北井憲博　様）

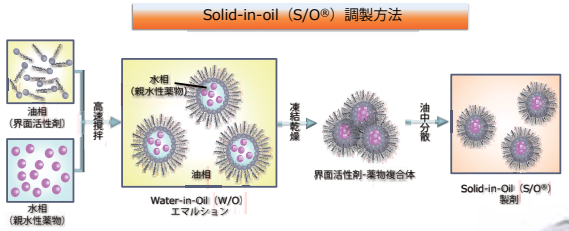
（利用機関：ＮＡＩＳＴ）

半導体プロセスの分野で新たな道を模索しています。
X線回折装置は、一定波長のX線を分析試料に照射し、物質の原子･分子の配列状態によって、物質特有の回折パターンを示すことで物質の構造が分かります。
ガラスの構造のデータが邪魔をして、本来測定したい試料の構造が分からなくなってしまい、正確な構造を計測できません。
私たちの会社には大した設備はありません。奈良先端科学技術大学院大学の設備を使わせてもらえるのは大変助かっています。

問い合わせ先：分子・物質合成プラットフォーム　代表機関（分子科学研究所）
E-mail: nanoplat@ims.ac.jp，Phone:0564-55-7431
ホームページ　http://mms-platform.com/

文部科学省ナノテクノロジープラットフォーム事業
分子・物質合成プラットフォーム

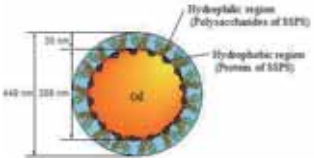
S/O化技術を利用した化粧品の開発



有効成分を界面活性剤のコアで包み、油相にナノ分散化させるＳＯ技術を用い、新たな化粧品の開発に成功した。

マルバーン社製
ゼータサイザー
ナノ ZS

食品に重要な乳化物の構造を直接確認

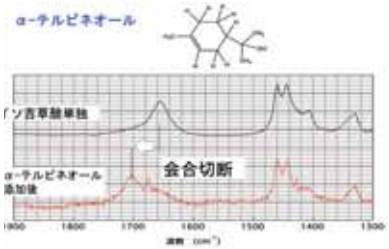


大豆多糖類乳化物の推定モデル
Estimated model of soybean polysaccharide emulsion

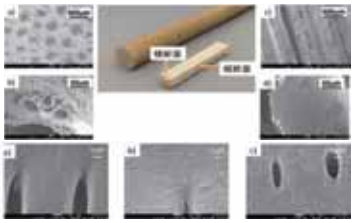
蛍光標識した大豆多糖類でモデルを確認

・大豆多糖類の乳化物を共焦点顕微鏡で直接観察し、推定モデルが現実のものに近いことを確認した。

自然の消臭力を科学で解明　檜をラマンで、ラタンをＳＥＭで観察



ひのき精油成分に多様な分子が含まれることをNMRで確認。次にラマンスペクトル分析で、悪臭であるイソ吉草酸が、ひのき精油成分によって会合切断されていることがわかった。



籐内部の微細構造とタバコの煙が吸着される様子を走査型電子顕微鏡を用いて観察し、籐の高通気性構造が煙の吸着に有効に働いていることも分かった。

質量分析計とNMRを使用して精油の構造決定を行いました。

シンゲンメディカル札幌医薬研究所
（高橋延昭　様）

（利用機関：千歳科学技術大学）

海藻やウニなどの海産物やマツなどの樹木から抽出した天然物からがんを予防する物質を見つけようと考えています。アカエゾマツとグイマツの自然由来の天然物を抽出してみたら、驚くことにその精油は微量でがん細胞を殺傷する能力があることが分かりました。
千歳科学技術大学の質量分析計と北海道大学のNMRを使用して、精油の構造決定を行いました。
これまで人任せにしていた構造決定についても学ぶ機会があり、知識の幅が広がりました。

静電反撥技術・材料の開発を行っています。

サスティナブル・テクノロジー株式会社
（緒方四郎　様）

（利用機関：信州大学）

光触媒や静電反撥技術・材料の開発・製造を行っています。酸化チタンに無機材料・金属を複合化し、絶縁性の表面に100nm前後の薄膜を形成すると、表面の電荷が固定される事がわかりました。
機能条件を一つ一つ見つけ出して光触媒の欠点を逆の角度から全体を見直し、結果的に正反対の機序をもつ静電荷固定化技術の発見に繋げました。
信州大学の清水先生には試行錯誤してもらいながら、材料特性の評価なども協力していただいています。

問い合わせ先：分子・物質合成プラットフォーム　代表機関（分子科学研究所）
E-mail: nanoplat@ims.ac.jp，Phone:0564-55-7431
ホームページ　http://mms-platform.com/

文部科学省ナノテクノロジープラットフォーム事業　分子・物質合成プラットフォーム
千歳科学技術大学

千歳科学技術大学　分子・物質合成プラットフォーム
－北海道バイオ・材料イノベーション－

千歳科学技術大学では、光ナノテクノロジーに関する研究を活かし、電子・光を制御する新規ナノデバイスの創製・評価、有機分子・無機セラミックスの合成・分析への研究支援を行います。

バイオ分野の食品・環境分析・材料の活用などを通し、産業が活性化する事を目的とした「バイオ・材料イノベーション」を支援します。

具体的な支援内容としては、分子・物質合成に必要なNMRや化学系分光器を用いた合成過程の測定、TEMやEDX、高分子計測装置や表面物性測定装置を用いた材料の評価、FZ炉や薄膜形成支援装置を用いた構造体作製などを行います。これらを有機的に連携させることで、材料の合成研究や利用者のナノテクノロジー知識の育成から最終製品の評価までの一貫したサポートを行うことを目指しています。

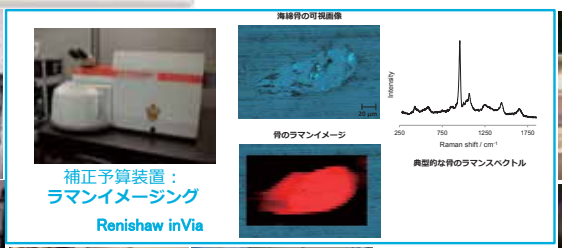
施設・設備紹介

顕微分光

顕微IR

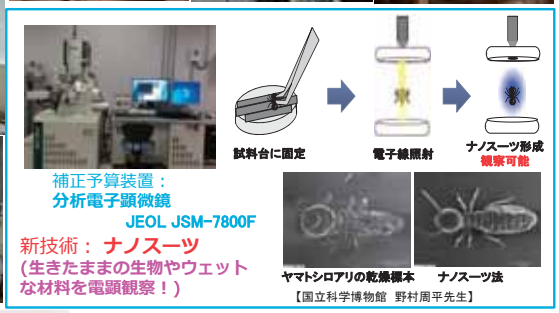
NMR

TEM

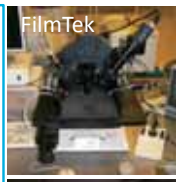


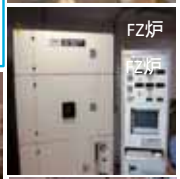
補正予算装置：
ラマンイメージング
Renishaw inVia

クライオミクロトーム　X線小角 Nano Viewer　円偏光二色性(CD)



補正予算装置：
分析電子顕微鏡
JEOL JSM-7800F
新技術：ナノスーツ
(生きたままの生物やウェットな材料を電顕観察！)
【国立科学博物館　野村周平先生】


FilmTek


FZ炉

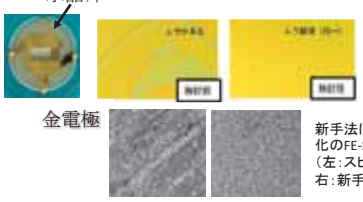
真空蒸着

3Dレーザー顕微鏡

装置群	装置名(製造業者、型番)
化学系分光測定装置群	元素分析装置(Perkin Elmer II 2400) 紫外近赤外分光装置(日本分光 V-670) 顕微分光システム(Photon Design社 PDP-353) 赤外分光装置(島津製作所 FTIR-8700) 顕微IR(島津製作所 AIM-8800) 顕微ラマン分光(Photon Design社 RSM-310) ラマンイメージング(Renishaw社 inVia) 蛍光分光装置(島津製作所 RF-5300PC) NMR(日本電子 JNM-ECP400)
顕微鏡群	3D測定レーザー顕微鏡(オリンパス LEXT OLS4000) 蛍光顕微鏡(オリンパス　BX51) 走査型プローブ顕微鏡(日本電子 JSPM-5200, JSPM-4200) 走査型電子顕微鏡(キーエンス　VE-8800) 電界放出形走査電子顕微鏡(日本電子　JSM-7800F) 透過型電子顕微鏡(日立 H-7600) クライオミクロトーム(ライカ ULTRACUT UCT) クロスセクションポリッシャ(日本電子　IB-09010CP)
表面物性測定装置群	走査型近接場光学顕微分光システム【SNOM】 (日本分光 NFS-230) 分光エリプソメーター(日本分光 M-150) X線解析装置(リガク RINT2000) X線小角散乱装置(リガク　Nano Viewer) 表面分析装置(理研計器 AC-1) 触針式表面形状測定器(アルバック　Dektak 6M) 非接触光学式薄膜計測システム(Film Tek 4000) 接触角計(協和界面科学 DM-501)
薄膜形成支援装置群	自己組織化構造作成装置(ESD-23改) スパッタ装置(ALS E-100; アルバック VPC-260; アネルバ L-043E-TN; アルバック MUE-ECO-C2) 液晶配向膜ラビング装置(日本文化精工) リアクティブエッチング装置(サムコ FA-1) (ミカサ　1HD7, 共和理研　RIE-10NR)
高分子計測装置群	オートグラフ(島津製作所 AGS-H) 熱重量測定装置(島津製作所 TGA-50) 示差走査熱量計(島津製作所 DSC-60)
機能性分子・高分子合成	有機合成(蛍光性分子、液晶分子)、高分子合成 ドラフト(島津製作所　CBI-ZC18S) グローブボックス(美和製作所　SDB-1T) サイズ排除クロマトグラフィー(島津製作所 CLASS-VP) キャピラリーガスクロマトグラフ(島津製作所 GC14B) 真空ミキサー(泡とり練太郎、シンキー社　ARV200) FZ炉(キャノンマシナリー　SC-M50XS) 湿式微粒化装置(ジェットミル、常光　JN20)

利用事例

ビールのコク定量に用いるQCMセンサに塗布した脂質膜高度均質化

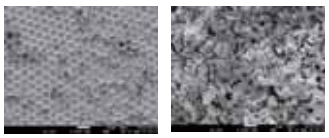


スピンコーターによる均質化の光顕観察

新手法による均質化のFE-SEM観察(左:スピンコート 右:新手法)

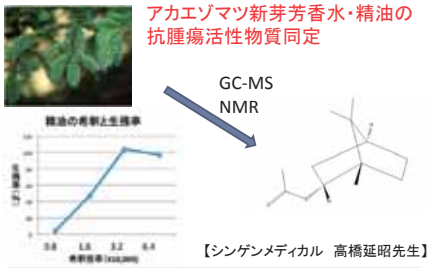
【日本電波工業　忍和歌子、柳澤祐希様】

防汚性表面微細構造開発に向けた海洋付着生物の付着機構の解明


表面微細構造(ピラー構造)上での付着珪藻のFE-SEM像(左:5マイクロメートル、右:15マイクロメートル)

【旭川医大　室崎喬之先生】

アカエゾマツ新芽芳香水・精油の抗腫瘍活性物質同定



【シンゲンメディカル　高橋延昭先生】

最新鋭FE-SEMによる表面構造と元素マッピング

金粒子含有ハニカム膜加熱処理後の電子顕微鏡像(右図)とEDS像(中図、Auマッピング)。左図はアパタイト表面の再石灰化を示す

【北海道医療大歯学部　倉重圭史先生】

利用ガイド

1.「利用相談」*　2.「技術相談」
3.「技術代行」　4.「技術補助」
5.「機器利用」　6.「共同研究」

＊1.「利用相談」に限り無料

従量制
成果公開型　　学5,000円/日、企10，000円/日
成果非公開型　　15,000円/日
定額制(成果公開型のみ)
50,000円/年　30,000円/6ヶ月　15,000円/1ヶ月

問い合わせ先：千歳科学技術大学フォトニクス研究所
E-mail: photon@chitose.ac.jp，Phone: 0123-27-6044
ホームページ　http://www.chitose.ac.jp/~nanotec/

文部科学省ナノテクノロジープラットフォーム事業　分子・物質合成プラットフォーム
東北大学

糖鎖特性解析

株式会社アクロスケール
坂本　泉，來間　利江，上松　亮平

目　的

抗体医薬品の糖鎖は医薬品の反応性や機能，ADME（吸収・分布・代謝・排泄）等に影響する重要な構造因子である．特に非ヒト型糖鎖は免疫原性を有するため，その混入には十分な注意を払わなければならない．しかし，非ヒト型糖鎖を検出する簡便な糖鎖分析・試験法は確立されていない．本研究では，抗体医薬品に混入したGala1-3Gal構造を有する非ヒト型糖鎖を用いてその定量評価法について検討した　．

成　果

Fmoc化された2分岐N結合型糖鎖から，Galα1-3Gal構造（図１）を有する数種類の非ヒト型糖鎖標準品を合成した．Galα1-3Galの同定は各種NMRスペクトル（図２）と質量分析（図３）により行った．

糖鎖の定量評価には蛍光検出法と質量分析法を併用した．蛍光標識剤として 2-Aminobenzamide (2-AB) 及びGlycosylamineを用いて検出感度を比較した．合成した非ヒト型糖鎖標準品を基準にして数種類の抗体医薬品に含まれる糖鎖を分析した．抗体の糖鎖はペプチドN-グリコシダーゼF 酵素によって切り出し，標識化した．

質量分析による検出感度はGlycosylamine化糖鎖が2-AB化糖鎖より数倍優れていた．また，同一質量のGlycosylamine化糖鎖でも糖鎖結合様式の違いをLCにより区別できた．そして，数種類の抗体医薬品に含まれる糖鎖を分析した結果，Glycosylamine化糖鎖標識によって抗体医薬品に含まれる結合様式の異なる糖鎖の定量評価も行えることがわかった．

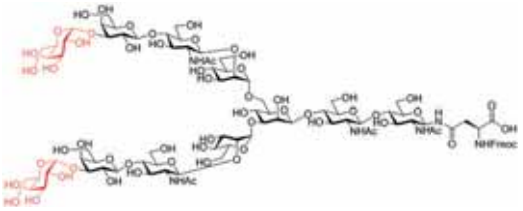


図１．Gala1-3Galの分子構造．

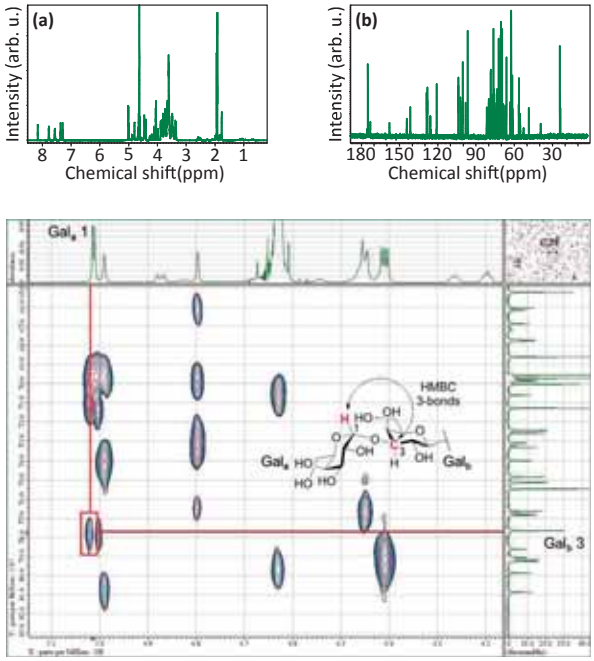


図２．Gala1-3Gal の (a) ^{1}H-NMR，(b) ^{13}C-NMR，(c) TOCSY（TOtal Correlation SpectroscopY）スペクトル．

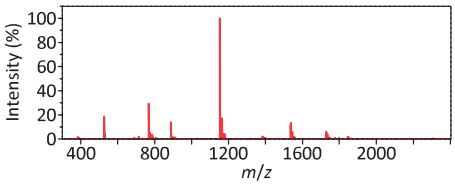


図３．Gala1-3GalのFT-ICR-MSスペクトル．

実施機関からのコメント

次世代のバイオ医薬品として注目されている抗体医薬品中に含まれる糖鎖の分析について，本プラットフォームが運用している超高磁場NMR分光分析法を中心に支援した．その結果，抗体医薬品に含まれる結合様式の異なる糖鎖の定量評価が行えることが分かった．今後，本支援を拡張して糖タンパク質関連化合物の合成を実施する予定である．

（支援実施者：權垠相，吉田慎一朗，門馬洋行）

問い合わせ先：東北大学材料科学高等研究所（谷垣勝己）
E-mail: tanigaki@m.tohoku.ac.jp
Phone: 022-217-6166
東北大学大学院理学研究科巨大分子解析研究センター（權垠相）
E-mail: ekwon@m.tohoku.ac.jp, Phone: 022-795-6752
ホームページ　http://www.kiki.chem.tohoku.ac.jp

文部科学省ナノテクノロジープラットフォーム事業　分子・物質合成プラットフォーム
物質・材料研究機構

NIMS分子・物質合成プラットフォーム

設備の共同利用

技術的課題の解決

産学官連携・異分野融合

施設・設備紹介

セルアナライザー

共焦点蛍光顕微鏡

卓上電顕

施設紹介
ナノ材料のバイオ系への応用研究や生体材料の合成・調整を支援するバイオ実験室と材料そのものの分析・調整を支援する有機・分析実験室を備えています。

LMD

LC/MS/MS

NMR

MALSとGPC

ナノサーチ顕微鏡

レーザーラマン顕微鏡

利用事例

ラマン分光による脂肪の結晶状態イメージング技術の開発

(独)農研機構畜産草地研究所　本山三知代　様

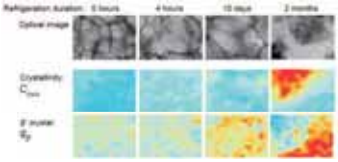
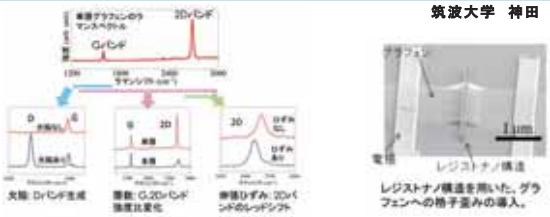


図
冷蔵期間を変えた豚肉脂肪における、脂肪の結晶状態のラマンイメージング
C_{trans}:結晶化度を表すラマン分光指標
$\alpha_{\beta'}$:β'型結晶多形の量を表すラマン分光指標

グラフェンの電子デバイス応用に向けた基礎伝導特性の解明と制御

筑波大学　神田　晶申　様



食品の微細構造の観察～大豆由来水溶性多糖類の乳化作用に関して～

不二製油株式会社　中村　彰宏　様

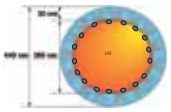


図1：大豆多糖類乳化物の推定モデル

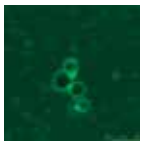


図2：蛍光標識した大豆多糖類が油滴表面を覆っている

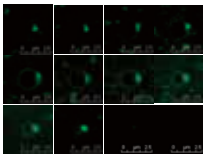
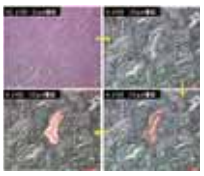
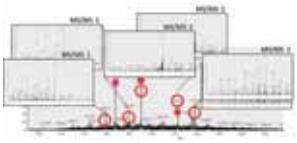


図3：エマルジョンの断層像

臨床プロテオミクスによる新規バイオマーカー探索

東北大学医学部　高舘　達之　様


LMDによる癌組織のダイセクション


LC-MS/MSによるプロテオーム解析

利用ガイド

装置	大学・公的研究機関所属ユーザー	
	機器利用	技術補助
LC/MS/MSおよびSP5	¥1,000	¥1,750
上記以外の装置	¥500	¥1,250

装置	中小企業所属ユーザー	
	機器利用	技術補助
LC/MS/MSおよびSP5	¥2,000	¥3,500
上記以外の装置	¥1,000	¥2,500

装置	大企業所属ユーザー	
	機器利用	技術補助
LC/MS/MSおよびSP5	¥3,000	¥5,250
上記以外の装置	¥1,500	¥3,750

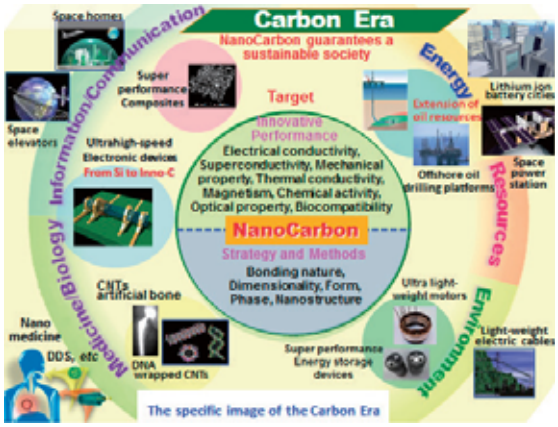
＊料金はすべて1時間当たり、消費税別。H30年4月より平均50%増の料金改定を予定。

問い合わせ先：物質・材料研究機構・技術開発・共用部門　ナノバイオG（箕輪貴司）
E-mail: SML-office@nims.go.jp,　Phone: 029-859-2399
・ホームページ　http://www.nims.go.jp/mmsp/

文部科学省ナノテクノロジープラットフォーム事業　分子・物質合成プラットフォーム
信州大学

信州大学カーボン科学研究所　新奇ナノカーボン材料合成評価拠点

カーボンナノチューブ発祥の地：信州大学ではナノカーボンの多様化を目指して命名した新奇ナノカーボンの合成から構造評価・特性評価さらにはナノ複合化によって得られる新規機能創出までを一貫して支援できる態勢を準備しております。異種元素添加ナノカーボンなど新奇ナノカーボンを通じて今までに経験されたことのない新規機能・特性発現を支援いたします。有機合成部門が含みますので、新規有機材料の合成支援にも対応いたします。



施設・設備紹介

①ナノカーボン合成

横型CVD装置

縦型CVD装置

②高倍率観察

CsTEM

STEM

FE-SEM

③合成・その場観察

環境TEM

触媒制御ナノカーボン合成解析装置

④特性評価

PPMS

Triラマン

XPS

⑤有機合成

⑥その他共用機器

熱処理装置・高温熱処理装置
Hydroshot
2軸押し出し混練装置・ラボプラストミル

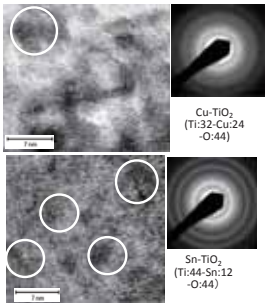
特性等評価用前処理は
ご相談ください。

ダイヤモンド電極合成装置

利用事例

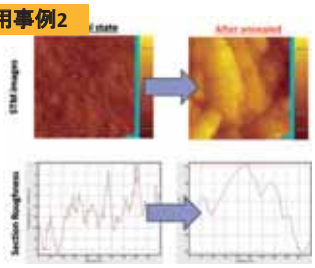
利用事例1

JR茨木駅に施工されたチタニア基防汚膜



チタニア基膜のTEM明視野像と
電子線回折像
サステナブルテクノロジー㈱

利用事例2


SPTされたCNT成長用Fe触媒のアニール時の合体を高真空STMで確認　新光電気㈱

利用ガイド

利用手順

①事前確認　ご利用の可能性確認
②申請　可能性ありの場合、申請書提出
③審査　申請内容を審査、可否報告
④設備利用　可の時、担当研究者と利用協議
⑤報告　利用後成果報告書作成
⑥成果公開　原則公開（猶予規定あり）

利用形態

①共同研究型　担当研究者と協議・実験・解析
②機器利用型　利用者にて実験・解析
③有機合成支援　支援担当者が合成まで実施

利用料・課金（2018年2月現在）

共同研究型利用　6か月の利用料：50,000円
（日数加算等あり、詳細はご相談願います）
機器利用　1日当たり10,000円～20,000円
有機合成支援　基本料金30,000円
1日当たり2,000円（15日を超える場合）

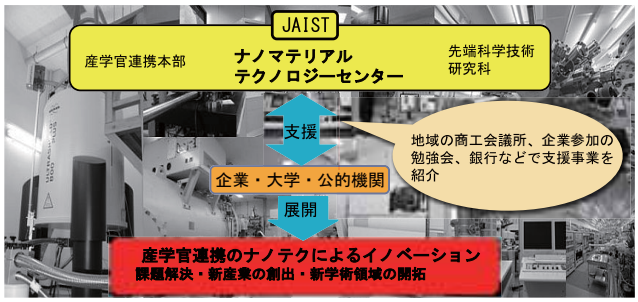
・問い合わせ先：信州大学　カーボン科学研究所
E-mail: icst@shinshu-u.ac.jp,　Phone: 026-269-5230（橋本），026-269-5670（事務　倉田）
ホームページ: http://www.shinshu-u.ac.jp/institution/icst/nano/

文部科学省ナノテクノロジープラットフォーム事業　分子・物質合成プラットフォーム
北陸先端科学技術大学院大学

全学体制で分子物質合成を組織的に支援します

組織紹介

- 本州日本海側唯一のプラットフォーム参画機関として、地域を中心に全国からの依頼を広く受け付けます。
- 共通利用機器・設備を一元管理し、技術職員が所属しているナノマテリアルテクノロジーセンター、専門知識を持つ教員が所属する先端科学技術研究科、URAが所属する産学官連携本部が協力して、本事業を推進します。
- 学外の研究者・技術者からの依頼に応えて、新産業創出や新学術領域開拓につながる新しい分子・物質の合成とその性状評価等を支援します。



施設・設備紹介

主要装置一覧

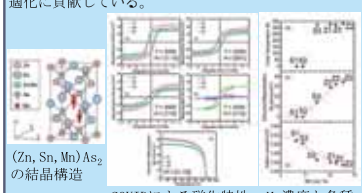
装置・設備の動画紹介はこちら。
http://www.jaist.ac.jp/ms/equipments/index.html

設備名	装置名、仕様
核磁気共鳴装置群	Bruker Biospin AVANCE III 800MHz（超高感度検出器付き）、400MHz（自動サンプルチェンジャー付き）
質量分析装置	Bruker Daltonics FT-ICR MS Solarix Bruker Daltonics MALDI-TOF/TOF MS UltrafleXtreme
極低温物性評価装置	Quantum design MPMS-XL7SK（超伝導量子干渉観測磁束計　SQUID）
透過型電子顕微鏡群	日立ハイテクノロジーズ　TEM　H-7650, H-9000 日本電子　STEM ARM-200F
多機能顕微鏡群	日立ハイテクノロジーズ SEM S-5200 日本電子　EPMA JXA-8900 アルバックファイ SAM 670 SII SPI-3800N/SPA-400　(AFM) ホリバ　JY T64000　(ラマン)
電子顕微鏡観察試料作製装置	SII FIB SMI 3050
X線・イオン解析装置群	パナリティカル　X'Pert PRO MRD Epi 理学 XRD SmartLab 島津クレートス　XPS AXIS-ULTRA DLD 理研計器　UPS AC-2

利用事例

室温強磁性半導体スピントロニクスデバイスの開発とその評価　（長岡技術科学大学）

- InP基板の格子整合する室温強磁性半導体として、$(Zn,Sn,Mn)As_2$を合成し、これを用いたスピントロニクスデバイスの開発を目指している。
- 本課題では、合成した$(Zn,Sn,Mn)As_2$の物性評価を行うとともに、デバイスの試作と評価を行った。
- 物性評価のうち、特に重要となる磁化特性評価を支援し、その結果をフィードバックすることで、合成条件や組成と磁性との関係の理解を深め、合成条件の最適化に貢献している。

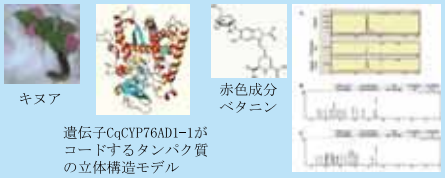


$(Zn,Sn,Mn)As_2$の結晶構造　SQUIDによる磁化特性評価結果　Mn濃度と各種磁性パラメータとの関係

Appl. Phys. Lett. 110 (2017) 132410.
Jpn. J. Appl. Phys. 56 (2017) 063001.

植物の色素を合成するタンパク質の同定と、色素の大量合成システムの開発　（石川県立大学）

- 栄養豊かなスーパーフードとして注目されるキヌアには、茎や葉が赤色になる系統がある。この赤色成分には防虫効果や抗酸化作用がある。
- 本課題では、この赤色の色素成分を合成するタンパク質をコードする遺伝子を同定し、それを植物培養細胞に組み込んで色素を大量合成するシステムを開発した。
- 研究の中で、赤色化合物の構造の同定を支援。この分子には光学異性体が存在することがわかり、特定の遺伝子を利用することで異性体の一方だけを選択的に大量合成できるようになった。
- より効果の高い防虫剤や抗酸化物質を化学合成する際に、光学異性体の一方だけを出発物質として入手できる利点は多い。



キヌア　遺伝子CqCYP76AD1-1がコードするタンパク質の立体構造モデル　赤色成分ベタニン　色素成分のLC-MS分析結果

1PVJOLT. Biophys. Res. Commun. (2018) in press

利用ガイド

利用形態

技術代行：JATSTスタッフが機器を使用して依頼試料を測定

装置利用：利用者が自分で機器を操作

利用料金

	大学・公的研究機関	企業
1日（8時間）利用	10,000	20,000
半年パス（最大20日利用）	100,000	200,000
年間パス（最大40日利用）	200,000	400,000

＊どちらの利用形態でも同一料金です。

秘密保持契約・包括契約を結べる自主事業も行っています。お気軽に下記までご相談ください。

利用実績

- 昨年度（平成28年度）は、56件（企業：18、大学：34、公的機関：4）の課題を支援。今年度もほぼ同数を支援中。

問い合わせ先：JAISTナノテクノロジープラットフォーム学内運営委員会（橋本、大木）
E-mail: nano-net@jaist.ac.jp，Phone: 0761-51-1449
ホームページ　http://www.jaist.ac.jp/NanoPlat/

文部科学省ナノテクノロジープラットフォーム事業　分子・物質合成プラットフォーム
大学共同利用機関法人自然科学研究機構 分子科学研究所

分子科学研究所

最先端の設備から、有機・無機合成のものづくりまで幅広く支援

走査型電子顕微鏡

ESR

3次元プロファイラー

有機太陽電池･デバイス作製

有機合成、無機合成

レーザー装置

NMR

UVSOR

大型計算機、分子ｼｭﾐﾚｰｼｮﾝ

利用事例

EI-MS/MSによるフルオロベンジル基を有する合成カンナビノイドのo-, m-, p-位置異性体識別

石川県警察本部刑事部科学捜査研究所　村上 貴哉, 岩室 嘉晃, 石丸 麗子, 地中 啓

① モデル化合物の合成

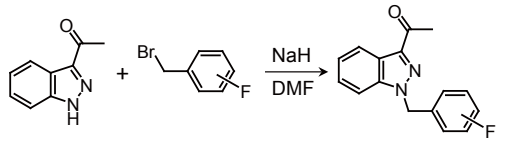


Fig. 2 Syntheses of *o*-, *m*-, and *p*-FUBINAE.

本合成は，協力研究（ナノプラット）を通じ，野田一平氏，東林修平氏に依頼した．

② 電子イオン化－トリプル四重極型質量分析

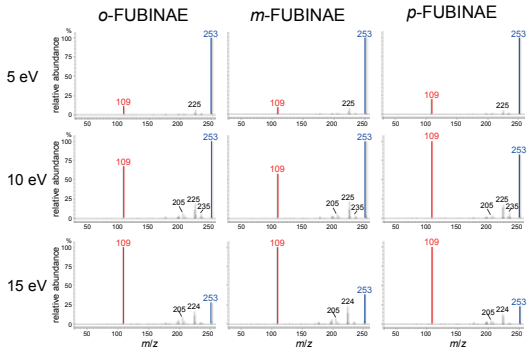
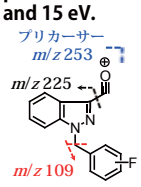


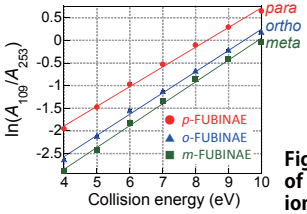
Fig. 3 Product ion spectra of *o*-, *m*-, and *p*-FUBINAE for the precursor ion at *m/z* 253 at the collision energies of 5 , 10, and 15 eV.



得られたプロダクトイオンは異性体間で同一であったが，*m/z* 109と*m/z* 253のシグナル強度に僅かに差がみられた．

③ モデル化合物の$\ln(A_{109}/A_{253})$プロット

m/z 109と*m/z* 253の強度比の対数値$\ln(A_{109}/A_{253})$ vs. コリジョンエネルギー



各コリジョンエネルギーで
- *meta* < *ortho* < *para*
- 高い直線近似性

o-, *m*-, *p*-FUBINAEを明確に識別可能

Fig. 4 Logarithmic plots of the abundance ratios of the ion at *m/z* 109 to *m/z* 253 for the precursor ion at *m/z* 253.

④ 危険ドラッグ成分との照合

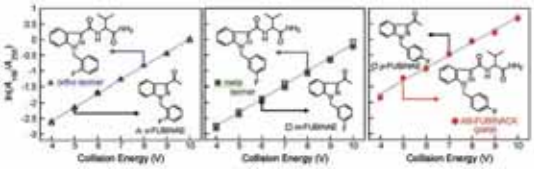
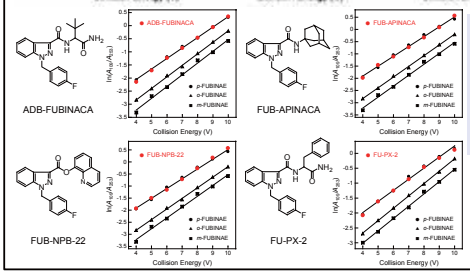


Fig. 5 Comparisons of the $\ln(A_{109}/A_{253})$ plots of the AB-FUBINACA isomers with those of *o*-, *m*-, *p*- FUBINAE.



フッ素の置換位置に応じて，モデル化合物と各種危険ドラッグ成分のプロットは一致

Fig. 6 Comparisons of the $\ln(A_{109}/A_{253})$ plots of ADB-FUBINACA, FUB-APINACA, FUB-NPB-22, and FU-PX-2 with a set of *o*-, *m*- and *p*-FUBINAE.

結論

✓ プロダクトイオンのシグナル強度に着目した新たな位置異性体識別法を確立した．
✓ モデル化合物と分析対象である危険ドラッグのプロットを照合することで、フッ素の置換位置を識別できた．

References : T. Murakami et al, *J. Mass Spectrom.*, 51, 1016-1022 (2016)　T. Murakami et al, *Jpn. J. Forensic Sci. Tech.*, 22, 133-143 (2017)

問い合わせ先：分子科学研究所　機器センター　（横山 利彦）
E-mail: nanoplat@ims.ac.jp,　Phone:0564-55-7431
ホームページ　http://nanoims.ims.ac.jp/ims/

事例1: 加湿アニール処理によるアモルファス高分子薄膜の高秩序ラメラ構造の発現

山形大学理学部
松井 淳

【目　的】

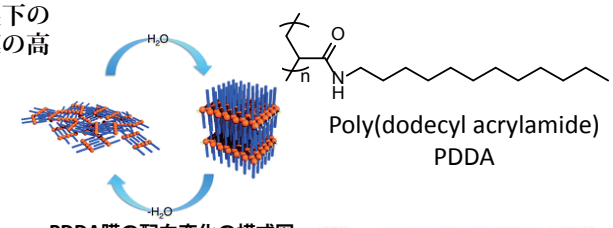
LB積層膜により層状規則構造を構築することで様々なデバイス特性が発現するＰＤＤＡはアモルファス性高分子と考えられてきた。

我々は、ＰＤＤＡのスピンコート膜を加湿アニール処理を行うだけで、ＬＢ積層膜に匹敵する高規則構造が自発的に形成されることを見いだし、加湿下の高規則構造の発現機構を明らかにするため、ＰＤＤＡのバルクおよび薄膜の高湿度下ｉｎ－ｓｉｔｕＸ線散乱測定を行った。

【成　果】

ＰＤＤＡ粉末を乾燥下にて加熱処理した試料は、側鎖のドデシル基と主鎖との相分離構造に由来する散乱が観察された（図１ａ）。一方、加湿下では、約６０℃で高規則的な構造となった（図１ｂ）。加湿下の高次の散乱ピークはある種のリオトロピック液晶性を示すことが明らかとなった。

ＰＤＤＡ薄膜では、成膜後では等方的な散乱が観察され、有意な配向は見られないが、加湿加熱処理を行うと基板と平行に高度に再配向したラメラ構造が形成されていることがわかった(図２）。アモルファスと考えられてきた高分子であっても、提案する加湿アニール法により、リオトロピック液晶性が発現し、高配向性の薄膜が得られることを見いだした。本成果は、英国化学会誌 *ＲＳＣ Ａｄｖａｎｃｅ*, ７，６６３１（２０１７）に掲載された。



PDDA膜の配向変化の模式図

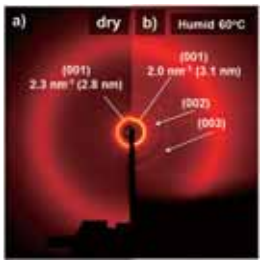


図1 ＰＤＤＡ粉末のX線散乱測定
(a)乾燥下
(b)60℃の加湿下

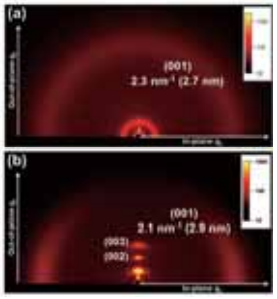


図２ 加湿アニール前後の
ＰＤＤＡ膜のin-situ GI-XRS
２次元プロファイル：
(a) 成膜後 (b) 加湿アニール後

【実施機関からのコメント】

有機分子の有用な組織構造の構造形成を明らかにするには、その形成過程を詳しく解析する必要があります。当実施機関のＸ線散乱測定は、温度制御、湿度制御、光照射など、様々なｉｎ－ｓｉｔｕ測定が可能です。サンプルの調製から測定手法、解析手法に至まで、利用者に適した測定系を提案しています。

（支援実施者：永野 修作，名古屋大学）

事例2: 木曽ヒノキ精油成分の消臭機能性に関する分子挙動の解析

夢木香株式会社
野口　剛，　中川　信治

【目　的】

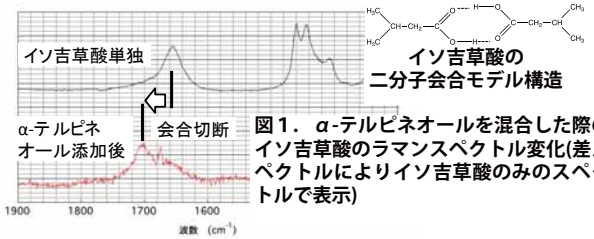
夢木香株式会社では、木曽ヒノキから抽出した精油混合蒸留水が消臭・抗菌作用を有していることを認めた。ナノプラットでは、悪臭成分としてイソ吉草酸等の有機酸を取り上げ、ヒノキ精油中の代表的化学成分の消臭能力を個々に比較するとともに、有機酸分子とヒノキ精油分子の相互作用を化学分析で捉えることに取り組んだ。

【成　果】

ヒノキ精油を構成する代表的精油成分として、α-テルピネオール等４種類を選定し比較消臭実験をしたところ、α-テルピネオールが特に消臭力の高い結果を与えた。一方、それぞれの精油成分をイソ吉草酸に混合した際のラマンスペクトルを測定すると、α-テルピネオール混合系において、イソ吉草酸のカルボニルピークの高波数シフトが観察され (図１)、イソ吉草酸の二分子会合が水酸基を持つα-テルピネオールにより解離し、α-テルピネオールとの相互作用が優先する状態になっていることを示唆してる。

接触表面積を一定にした大過剰精油成分に有機酸ガスを共存させると、α-テルピネオールは他精油成分よりも速く有機ガスを吸収し、有機酸との相互作用が効果的に作用していることが考えられた(図２）。あらかじめ精油成分と有機酸を混合した状態から有機酸分子が気化する挙動も、α-テルピネオール系での気化速度が遅い(図３)。

α-テルピネオールの有機酸との分子的親和性、有機酸溶解性、自己の低揮発性等の化学的特性が高い消臭効果を示す要因として寄与していると考えられ、特許出願に繋げた(特願2016-43883)。本取組みは、H28年8月18日付中日新聞に取り上げられた



イソ吉草酸の
二分子会合モデル構造

図１．α-テルピネオールを混合した際のイソ吉草酸のラマンスペクトル変化(差スペクトルによりイソ吉草酸のみのスペクトルで表示)

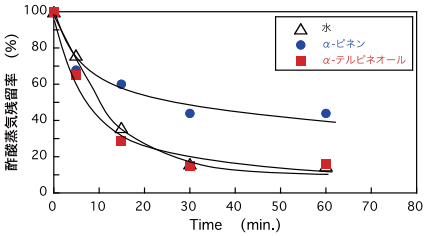


図２．有機酸(酢酸)ガス分子が大過剰の精油成分等に吸収される挙動の評価

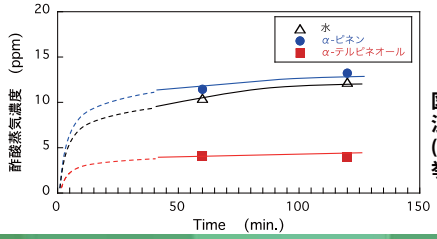


図３．精油成分等との混合溶液から有機酸(酢酸)が気化する挙動の評価

【実施機関からのコメント】

ログハウスメーカーである夢木香株式会社が、自社使用木材由来の機能性商品を開発し、その機能発現メカニズムを追求したいとの相談を受け、化学分析的なアプローチにより消臭機能の一面を切り出すことに取り組みました。

（支援実施者：坂口　佳充，名古屋大学）

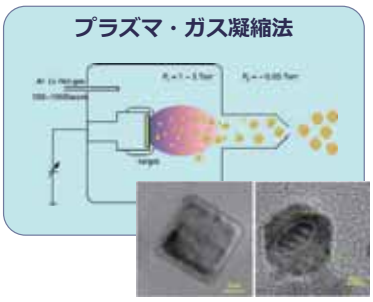
問い合わせ先：名古屋大学分子・物質合成プラットフォーム事務局
E-mail: nano-platform@chembio.nagoya-u.ac.jp, Phone:052-789-4609
ホームページ　http://nano-platform.apchem.nagoya-u.ac.jp

文部科学省ナノテクノロジープラットフォーム事業　分子・物質合成プラットフォーム
名古屋工業大学

名工大スマートマテリアル創成支援

複合ナノ粒子の気相合成支援

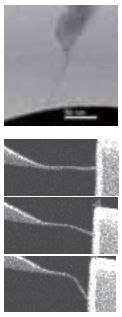
気相合成法をベースとした、ナノサイズの高純度金属および酸化物粒子の合成、表面を被覆した「コアシェル粒子」や異種元素のナノ粒子が接合した「バイメタル粒子」の試料作製を支援します。



ナノカーボンの環境に優しい合成と評価支援

種々の基板表面へのカーボンナノファイバー（ＣＮＦ）の室温形成、グラフェンの化学気相合成、有機半導体との融合デバイスの開発と評価、および電子顕微鏡（ＴＥＭ、ＳＥＭ）とプローブ技術を組み合わせたナノ材料の精密評価等の各種支援を行います。

中規模ＣＮＦ室温合成装置


ＴＥＭ中電気特性評価例
ＳＥＭ中機械特性評価例

生物分子関連の新規化合物合成支援

シデロフォアの鉄捕捉機能を利用し、微生物等の細胞の認識・識別・構造解析が可能なナノ構造解析装置により、新規化合物の合成と生物分子との相互作用等をはじめ、化合物の詳細な解析について支援します。

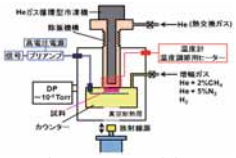
微生物検出システム

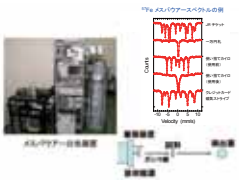
分子合成テンプレート創成と評価支援

ガラス、セラミクス、金属等の各種基板材料上に超平滑面を形成し、分子合成用溝構造(マイクロラボ)を創成します。また、溝構造中での分子合成挙動評価支援を行います。

メスバウアー分光支援

原子核によるガンマ線の共鳴吸収スペクトルから局所的な価数状態や結晶構造や磁性を評価することができるメスバウアー分光法を通じて、ナノスケールの微粒子、析出物、薄膜などの局所物性評価を行い、ユーザーの分子物質合成を支援します。


低温動作散乱法測定装置



利用事例

金属／半導体複合ナノ粒子の合成と評価

ユーザー：　葛谷 俊博　（室蘭工業大学）
実施担当者：　濱中 泰、浅香 透

【目　的】 金属と半導体という異種材料で構成された複合ナノ粒子を液相法で合成し、金属部から発生する局在プラズモンによる増強光電場が半導体部に作用して機能を発現するナノ粒子を実現したい。

【成　果】
- 合成方法を工夫して、異なる形態をもつ二種類の$Ag/CuInS_2$複合ナノ粒子を得ることに成功した。
- 得られた複合ナノ粒子の構造をモデルとしてシュミレーションをおこない、半導体と金属の界面に、局所的に強いプラズモン増強光電場が作用するホットスポットが存在することを明らかにすることができた。
- ナノ複合構造が形成されるプロセスを解明することができた。

論文発表：T. Kuzuya et al., Mater. Trans. 58, 65 (2017).
学会発表：2017 MRS Fall Meeting (Boston)

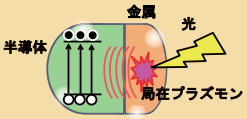


図１　金属/半導体複合ナノ粒子のイメージ

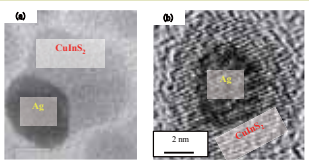


図２　高分解能電子顕微鏡写真
(a)ヤヌス型のAg/CIS複合ナノ粒子
(b)コアシェル型Ag/CIS複合ナノ粒子

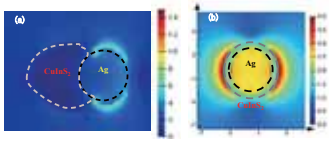


図３　プラズモン増強光電場のシミュレーション
(a)ヤヌス型ナノ粒子
(b)コアシェル型ナノ粒子

利用形態と利用実績

・受託試験
外部研究者・技術者からの依頼を受けて、材料の試験や試料作製を行います。事前打ち合わせ後、依頼者立ち会いで行います。試料をお預かりし、測定結果を郵送することも可能です。
機器利用：利用者自ら機器を操作する
技術代行：支援者が利用者に代行して機器を操作する

・共同研究
外部研究者が本支援で行う研究分野の技術・知識を有していない場合、あるいは試料が多数あり、一連の試験を希望される場合は、共同研究の形態が便利です。支援内容・利用形態の詳細や申請書類については、「お問い合わせ」先までご連絡下さい。

平成28年度実績

民間企業	5件
大学(外部)	16件
(内部)	15件
公的研究機関	3件
その他	1件
合計	**40件**

主な利用形態内訳
共同研究　50%、機器利用　35%

利用設備の例
- ・高分解能透過電子顕微鏡
- ・振動試料型磁力計（VSM）
- ・メスバウアー分光装置（線源Fe, Sn）
- ・単結晶X線構造解析装置
- ・質量分析装置（ESI-MS）
- ・PLスペクトル・PL寿命測定装置
- ・UV/VIS/NIR分光光度計
- ・グラフェン・カーボンナノチューブ合成装置
- ・特型表面ナノ構造形成装置
- ・超精密電子材料基板平坦化装置
- ・原子分解能分析電子顕微鏡（ARM200F）

問い合わせ先：名古屋工業大学　ナノ材料・機能分子創製研究所（日原岳彦）
E-mail: hihara@nitech.ac.jp,　Phone: 052-735-5298
ホームページ　http://nano.web.nitech.ac.jp/

文部科学省ナノテクノロジープラットフォーム事業　分子・物質合成プラットフォーム
奈良先端科学技術大学院大学

奈良先端科学技術大学院大学　分子・物質合成プラットフォーム
～最先端ナノテクノロジー研究施設の共用化と高度技術支援～

全教員参加による協力研究制度、高度な専門技術を持つ技術職員・技術補佐員、連携・技術調査を専門とする連携マネージャー、およびリーズナブルな利用料金により、新材料創成とものづくりに貢献し、アカデミアだけではなく、産業界、特に、中小・ベンチャー企業にご活用いただいています。

主な支援機器

透過電子顕微鏡　日本電子, JEM-3100FEF
粉末X線回折装置　リガク, RINT-TTRⅢ/NM
単結晶X線回折装置　リガク, VariMax RAPID RA-Micro7
X線散乱測定装置　リガク, Micro/Max-007HF
MALDI-TOF質量分析装置　Bruker Daltonics, AutoflexⅡ
多機能走査型Ｘ線光電子分光分析装置
アルバック・ファイ, PHI5000Versa ProbeⅡ
分光感度・内部量子効率測定装置　分光計器, CEP-2000RP
大気中光電子分光装置　理研計器, AC-3
熱電特性評価装置　カンタム・デザイン, PPMS EverCool Ⅱ

支援試行機器の例　（下記の機器も適宜ご利用いただけます。詳細は連携マネージャーにご相談ください。）

電子線マクロアナライザ（EPMA）　島津, EPMA1610
走査透過電子顕微鏡（STEM）　HITACHI, HD-2700
二次イオン質量分析（SIMS）装置　ULVAC-PHI, ADEPT-1010
600MHz超伝導NMR　JEOL, JNM-ECA600
400MHz固体超伝導NMR　JEOL, JNM-ECX400
全自動元素分析装置　Perkin Elmer, 2400 Ⅱ CHNS/O
二重収束型質量分析計（EI, CI, FAB）　JEOL, JMS-700
ESI専用飛行時間型質量分析計（TOF-MS）　JEOL, JMS-T100LC
MALDI-Spiral-TOF質量分析装置　JEOL, JMS-S3000
微細形状測定機　小坂研究所, ET200
分光エリプソメーター　HORIBA JOBIN YVON, UVISEL ER AGMS-NSD
顕微レーザーラマン分光光度計　日本分光, NRS-4100-30
円二色性分散計（CD）　日本分光, J-725
ダイナミック光散乱光度計　大塚電子, DLS-6000
電子スピン共鳴（ESR）装置　JEOL, JES-FA100
複合型表面組成分析装置（XPS/AES）　島津, KRATOS AXIS-165
示差走査熱量計・示差熱熱重量同時測定装置　日立ハイテクサイエンス, DSC 7000X / S.TA 7200
フェムト秒,サブナノ秒パルスレーザー・蛍光寿命測定装置　Coherent Mira, 宇翔 KEC-160, 浜松ホトニクス C4780

支援件数と利用料金

	年度別件数				
機関	24	25	26	27	28
大学	23	22	22	36	34
企業	11	15	25	21	26
合計	34	37	47	57	60

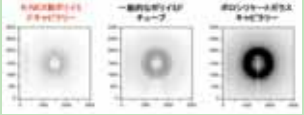
平成29年度料金　（円）				
機関	技術相談	機器利用	技術代行	協力研究
大学	無料	10,800	16,200	54,000
中小企業	無料	16,200	21,600	70,200
企業	無料	21,600	32,400	108,000

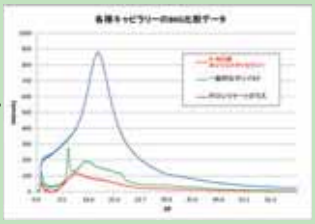
※支援期間：4－12月
※機器利用・技術代行は一日の料金
※協力研究は四半期単位
4－6、7－9、10－12月

利用事例（企業）

「X線回折用ポリイミドキャピラリの開発」 ケイネックス株式会社

ナノテクノロジープラットフォームを通じ、奈良先端科学技術大学院大学と共同研究を行う事でポリイミド材料の最適化を進め、結晶構造解析時に問題となるBKGをほぼ0にする事に成功した。
国内外へのユーザーへサンプル提供を始め、ユーザーから高い評価を得ている。様々な用途に合わせた形状、膜厚でのサンプルを作製していく準備を進めており、量産に向けての生産設備を準備中である。

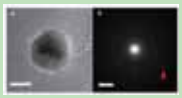




利用事例（大学）

「タンパク質の結晶化における非結晶粒子の役割」
山崎智也, 木村勇気（北大低温研）,藤原正裕,藤田咲子（奈良先端科学技術大学院大学）

水溶液中で生成するタンパク質の結晶はX線などを用いたタンパク質分子の立体構造解析に用いられるが、一般的にタンパク質を単結晶化することは非常に困難であり、目的のタンパク質結晶が得られないことがしばしばある。この要因の一つとして、結晶化において熱力学的に安定なサイズの結晶の核ができるまでの過程（核生成）が、未だに良く分かっていないことが挙げられる。本研究ではこの問題に対し、水溶液中を透過型電子顕微鏡（TEM）で観察する技術を用い、結晶のできる瞬間を分子のスケールで直接観察するアプローチを行った。この結果、タンパク質結晶の核生成は非結晶粒子中で生じるという描像（図2）の直接的な証拠を得ることに成功した。



問い合わせ：　奈良先端科学技術大学院大学　物質科学教育研究センター　NAIST ナノテクノロジープラットフォーム事務局
E-mail: nano-net@ms.naist.jp　Phone: 0743-72-6185
ホームページ　http://mswebs.naist.jp/nanopla/

文部科学省ナノテクノロジープラットフォーム事業　分子・物質合成プラットフォーム
大阪大学

PLDによる非鉛強誘電体(K,Na)NbO_3膜の作製

[a]大阪府立大学工学研究科, [b]大阪大学ナノテクノロジー設備供用拠点

齊藤 丈靖[a], 玉野 梨加[a], 髙田 瑶子[a], 樋口宏二[b], 北島彰[b]

目 的

強誘電体は、各種センサ及びアクチュエータ、電子回路に広く用いられており、 MEMS 分野でも注目されている。Pb(Zr,Ti)O_3 が主要な強誘電体材料として用いられているが、環境汚染などの点で、非鉛系材料の利用が検討されている[1, 2]。(K,Na)NbO_3(KNN) は、優れた圧電特性(圧電定数d_{33}=160 pm/V) を示し[3]、次世代ピエゾ素子や強誘電体材料として期待されているが、KNNを強誘電体キャパシタに用いた報告はほとんどない。本研究では、Pulsed Laser Deposition(PLD)によるKNN薄膜作製時の基板温度と酸素分圧がキャパシタの特性に与える影響を調査した。

成 果

PLDのターゲット組成はKとNaの揮発を考慮して($K_{0.48}Na_{0.62}$)NbO_3を用いた。Pt(111)下部電極上に表1に示す条件でKNN(500nm)を製膜後、Pt上部電極をDCスパッタで形成した。

表1 KNN薄膜の製膜条件

PLD conditions	
Laser	ArF excimer
Laser energy	60 mJ
Repetition Frequency	20 Hz
Target-Substrate distance	25 mm
Substrate Temperature	400-600 ° C
O_2 Pressure	0.2-20 Pa

XPSによるKNN薄膜の組成を図1に示す。下軸は基板温度であり（20 Pa）500° Cでは製膜時の酸素圧力（上軸参照）を変化させた。

ターゲット組成と比較して、殆どの条件で作成したKNN薄膜のK, Na組成は減少している。KNNは500° C前後で結晶化すると言われており[4]、400° Cでは膜が非晶質なために揮発が進んだと考えられる。また、K, Naは600° Cでも揮発が進んでおり、製膜条件による組成制御は課題である。

600° C, 20 Paで製膜したKNNキャパシタは、2 Vで残留分極値$2P_r$=17.4 μC/cm^{2}を得た（図2）。

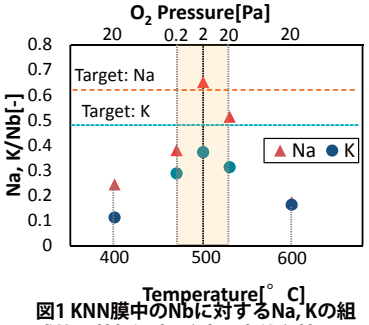


図1 KNN膜中のNbに対するNa, Kの組成比の基板温度, 酸素圧力依存性

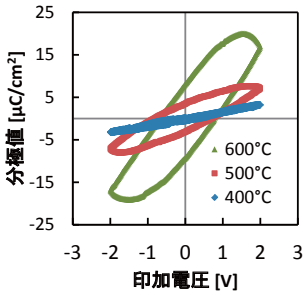


図2 20Pa, 400～600° Cで製膜したKNNキャパシタのヒステリシス

Pt下部電極上にPLDでHfO_2, SnドープIn_2O_3（ITO）, AlドープZnO（AZO）という3種類（0.2Pa, RT, 10～20 nm）のバッファ層を挿入後、20 Pa, 600° Cで製膜したKNN薄膜のX線回折（XRD）を図3に示す。HfO_2, ITOを用いた場合、KNNは(100)に強く配向しており、(100)/{(100)+(110)}比はそれぞれ75, 88%であった。2θ = 29° 付近のKNNの2次相のピークはHfO_2 の挿入で減少し、ITO, AZOの挿入では完全に消失した。バッファ層の相違によるKNN薄膜の表面形態を図4に示す。結晶形態は一様で、ITO、AZOの場合は粒子サイズが増大した。

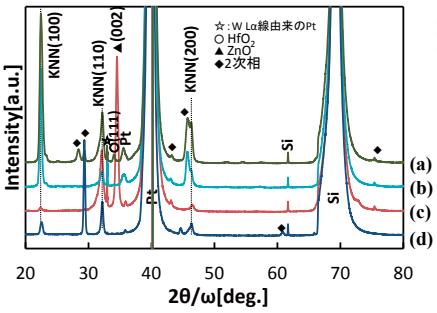


図3 20 Pa, 600° Cで製膜したKNN薄膜のXRD結果 (a) HfO_2, (b) ITO, (c) AZO, (d)バッファ層なし

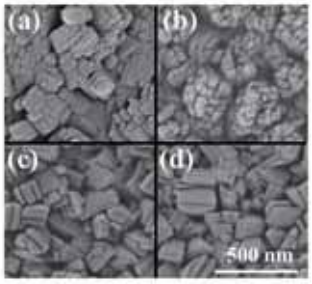


図4 20Pa, 600° Cで製膜したKNN薄膜の表面形態 (a) バッファ層なし, (b) HfO_2, (c) ITO, (d) AZO

1) Setter, N. *et al.*, J. Appl. Phys., 100, 051606 (2006)
2) Yu, Q. *et al.*, J. Appl. Phys., 113, 024101 (2013)
3) Rodel, J., *et al.*, J. Am. Ceram. Soc., 92, 1153 (2009)
4) Saito, T., *et al.*, J. Appl. Phys., 43, 6627 (2004)

Pt基板は（株）富士通セミコンダクターから提供して頂いた。XPS測定は奈良先端科学技術大学 分子・物質合成プラットホームの支援を受けた。

実施機関からのコメント

非鉛系強誘電体キャパシタ材料として着目されているKNNについて、本実施機関のPulsed Laser Deposition(PLD)により成膜時の基板温度およびO_2圧力を制御して行った。基板温度600℃、O_2圧20PaではKおよびNaの組成減少を生じたが、2 Vで残留分極値2Pr=17.4 μC/cm^{2}が得られた。また、PLDでHfO_2,ITOをバッファ層として成膜すると高配向のKNN膜が得られ、高特性の強誘電体キャパシタの形成を期待できる。

（支援実施者：樋口宏二，北島　彰）

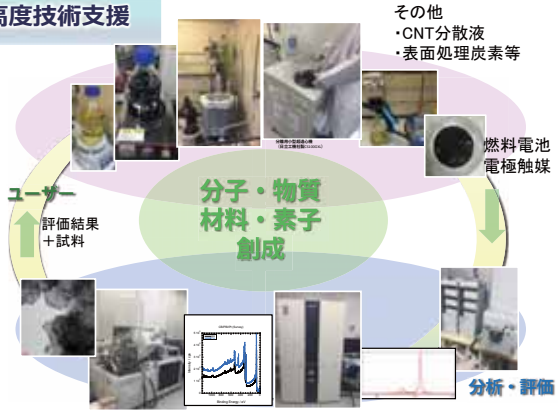
問い合わせ先：大阪大学産業科学研究所（北島彰）
E-mail: kitajima@sanken.osaka-u.ac.jp, Phone: 06-6879-4309
ホームページ　http://nanoplatform.osaka-u.ac.jp/syn/

文部科学省ナノテクノロジープラットフォーム事業　分子・物質合成プラットフォーム
国立大学法人九州大学

九州大学　分子・物質合成プラットフォーム

最先端ナノテクノロジー研究施設等の共用化と高度技術支援

●産官学の研究者・技術者の要請に応じて九州大学が所有するナノテクノロジー最先端施設・設備および解析技術により利用者に対して問題解決への最短アプローチを提供します。



機器の利用だけではなく
ものづくり・合成支援も
行っています

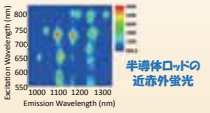
- ドープ剤の合成
- 炭素繊維の高分子被覆処理
- 炭素材料の作製
- 燃料電池触媒の合成
- 機能性ナノ粒子の合成（化粧品）等

主な支援装置・利用サンプル

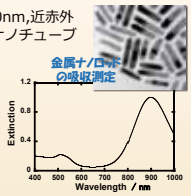
■分光測定装置

★近赤外蛍光分光装置

励起波長500-850nm,蛍光900-1600nm,近赤外領域の蛍光分光特性評価、カーボンナノチューブのカイラリティ測定が可能。



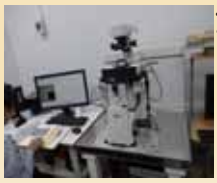
半導体ロッドの近赤外蛍光



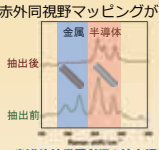
金属ナノロッドの吸収測定

近赤外蛍光分光装置（左：ランプ励起、右：レーザー励起付）

★高速レーザーラマン顕微鏡



3波長(532, 633, 785 nm)励起による分光測定。高分解能マッピングと近赤外同視野マッピングが可能。

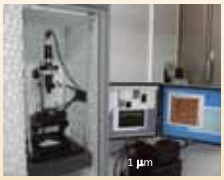


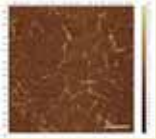
半導体性単層CNTの抽出評価

■表面ナノ形状分析装置

★走査型プローブ顕微鏡システム

原子間力顕微鏡・走査型トンネル顕微鏡。表面の微細構造・微細電子構造観察が可能。

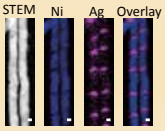




CNTのAFM写真

★超高分解能走査型電子顕微鏡

同視野の透過像と反射像の同時取得や高分解能EDXマッピングが可能。

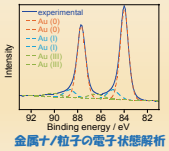


Ni-Agバーコードナノロッドの EDX マッピング像

■表面物性分析装置

★Ｘ電子状態測定システム

高感度光電子分光測定。
高分解能元素マッピングが可能。



金属ナノ粒子の電子状態解析

■ナノ構造解析装置

★単結晶高速Ｘ線構造解析装置

大型４Ｋダイレクトイメージング ＣＣＤ検出器搭載により、複雑な錯体等の有機化合物の構造を高感度、高精度で極めて短時間のうちに解析可能。

★透過型電子顕微鏡システム

ラテックス、エマルジョン、ミセル、ゲル、ゾル、タンパク、核酸、ウィルス、多糖、リポソーム、ベシクル、細胞無機高分子、セラミックス、磁性体、金属 コロイドの形態観察。

白金を担持したカーボンナノチューブの透過型電子顕微鏡像

★超高速HPLC分離・分子構造分析システム

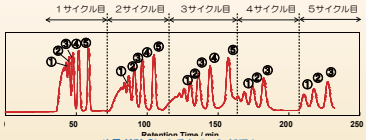
HPLCとESIの連動によりオンライン分離分析が可能。２次元検出器でオンラインスペクトル測定も可能。
コールドスプレーにより低温でのESI測定が可能で、壊れやすい錯体の同定に最適。

島津製作所NexeraX2　Bruker micrOTOF-QIII

大塚電子DLS-8000DL

日本分光J-1500

■ナノ物質合成・精製支援装置



分取HPLCによるクロマトグラム

★分取ＨＰＬＣシステム

分子をサイズでふるい分け。
グラムオーダーの分取が可能

★分離用小型超遠心機

最高回転数100,000ｒｐｍ,
最大遠心加速度604,000ｘｇ

■ナノバイオ測定装置

★動的光乱射測定装置

粒径分布、ゼータポテンシャル、分子量測定が可能。

★マイクロカロリメトリー

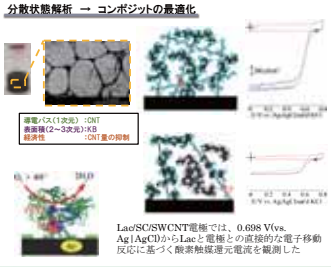
試料の固定化や修飾をすることなく、溶液中という天然に近い条件のまま測定を行えます。熱の発生または吸収はすべての化学反応に普遍的な現象であるため、あらゆる分子の相互作用を測定することが可能。

成果事例「バイオカソードとしてのナノカーボンコンポジット膜の解析」

【目　的】 カーボンナノチューブ（CNT）は優れた電気的特性と比表面積から、バイオ燃料電池の電極材としての応用が期待される。しかし、CNTは高価であるため、実用化には安価な炭素材料が好ましい。本研究では、安価な酸化グラフェン（GO）に、最小限の単層カーボンナノチューブ（SWCNT）を加え、SWCNT電極と同等の還元電流を得ることのできるバイオカソード電極の開発を目的としたコンポジット電極を作製した。

【成　果】 酵素を反応触媒にしたバイオ燃料電池や酵素センサは、ディスポーザルタイプデバイスとして実用化が進められており、そのために高効率かつ低コストな酵素固定化電極開発が求められている。本研究では、酸素還元触媒として白金触媒よりも活性やコストに優れたラッカーゼをモデル酵素として用い、電極として導電性・比表面積に優れるナノカーボンを用いた酵素固定化電極の開発を行った。
その結果、SWCNTに安価なKBを複合化した電極において、SWCNTの凝集を効率よく防ぐことができ、さらに酵素が入り込むことのできる細孔を確保できた効果によりSWCNTのみ、KBのみ場合に比べて３倍以上の活性を得ることに成功した。これまで用いられてきた他のナノカーボンを電極に用いた場合より活性が高かったことから実用化に極めて有望な成果であると言える。

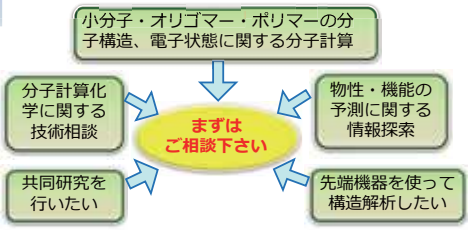
分散状態解析 → コンポジットの最適化



酵素/電極デバイスのトリプルボトムライン

利用ガイド

機器利用・共同研究・技術代行を受け付けます



※詳細はホームページをご覧下さい
http://nano.kyushu-u.ac.jp

KYUSHU UNIVERSITY
問い合わせ先：九州大学「分子・物質合成プラットフォーム」事務局
E-mail: nano_office@mail.cstm.kyushu-u.ac.jp　Phone： 092-802-2845
ホームページ　http://nano.kyushu-u.ac.jp

Battery Reserch Platforme
文部科学省蓄電池基盤プラットフォーム

JST先端的低炭素化技術開発（ALCA）
特別重点技術領域　次世代蓄電池研究加速プロジェクト（SPRING）

蓄電池基盤プラットフォーム

H24年度補正予算で設備導入された、「次世代蓄電池」研究のためのプラットフォームです。

- 物質・材料研究機構を中核とするアンダーワンルーフによる研究推進を旨とします。
- 「先端的低炭素化技術開発（ALCA）」における「次世代蓄電池研究加速プロジェクト」と連携し、同プロジェクトで実施される次世代蓄電池の研究開発に対して優先的に支援していきます。
  そのために、以下の点に対応します。

- 物性分析や電気化学的な分析などにより、次世代電池材料の基礎特性を測定する。
- 次世代蓄電池の性能の確認のため、分析・解析、簡易な蓄電池の組み立てを行なう。
- 界面での現象観測や劣化機構等次世代蓄電池内部の現象解析を行なう。
- 次世代蓄電池を解体し、材料の表面や内部構造等を分析・解析し、次世代蓄電池としての成立に向けた評価を行なう。
- 実用化に向けた橋渡しが効果的に行われるよう、当該拠点と関係機関間で人的交流や情報交換を円滑に実施する。

蓄電池基盤プラットフォーム
実施責任者：魚崎浩平（NIMSフェロー）

物質・材料研究機構
NIMS蓄電池基盤プラットフォーム
電池試作から最先端材料評価まで

産総研（関西）
中型電池の評価解析

早稲田大学
インピーダンス解析

（参考）次世代蓄電池研究加速プロジェクト組織図

産業技術総合研究所（関西）　－中型電池の評価解析－

次世代蓄電池について、中型の電池パック、モジュールをそのままの状態で、内部の構造を観察し、電池材料や構造評価手法を開発します。また、革新型蓄電池の電極材料、電解質材料の機能向上のための添加材料等の光学的、熱的物性を計測評価します。

中型電池非破壊観察装置

・X線出力：最大450kV
・試料：φ600mm×H600mm, 60kg
・最小焦点寸法：1mmおよび0.4mm
・フラットパネル検出器を採用
　1回のスキャンで最大1024スライスの撮影可能

大型X線CT装置　（TOSCANER-34500FD）

中型電池物性解析装置

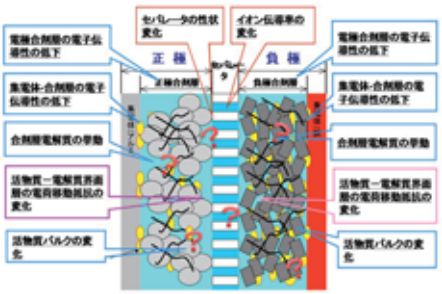
レーザーラマン顕微鏡
（RAMANtouch VIS-NIR-LT）
・レーザー：532nmおよび785nm
・空間分解能：
　(X) 0.5μm (Y) 0.35μm (Z) 1μm
・ライン照明による高速イメージング

熱分析装置
・DSC-60plus：室温～600℃
・DTG-60：室温～1100℃
・TMA-60：室温～1000℃

カルベ式熱量計
（SETARAM C600）
・室温～600℃
・等温、昇温モード
・0.01～2℃/min
・試作電池（体積約2ml程度）を　そのまま測定することが可能

早稲田大学　－インピーダンス解析－

電池を解体することなく劣化解析が可能な「交流インピーダンス測定」を用いて、次世代蓄電池の解析を行います。



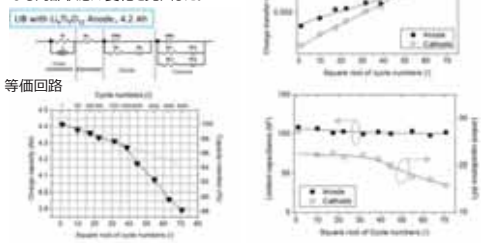
蓄電池の考えられる劣化要因

電池解析ゾーン

電極解析ゾーン

インピーダンス解析装置群

グラファイト負極系のLIBだけでなく電池構成材料（LTO系）の異なるとして市販セルにおいても、インピーダンス解析が可能である。主に正極に起因する劣化による内部状態の変化を見出した。



放電容量の変化

劣化セルのインピーダンス解析パラメータの変化

市販LIBのインピーダンス解析例

問い合わせ：物質材料研究機構　蓄電池基盤プラットフォーム事務局（杉山　直之）
E-mail: Battery-PF@nims.go.jp，Phone:029-860-4760
ホームページ　http://www.nims.go.jp/brp/nims

JST先端的低炭素化技術開発（ALCA）
特別重点技術領域　次世代蓄電池研究加速プロジェクト（SPRING）

蓄電池基盤プラットフォーム

物質・材料研究機構

NIMS蓄電池基盤プラットフォーム（PF）は、
我が国の次世代蓄電池の研究開発の加速を目的に、NIMS、産総研（関西）、早稲田大学に設置された蓄電池基盤プラットフォームにおける**中核機関**です。

◆次世代蓄電池材料解析向けに特化して整備された、特徴ある最新装置群を、**ご自身で操作して頂くことが可能です。**
　　→例：**軟X線分光装置（SXES）**を備えるFE-SEM　・　**実験室型硬X線光電子分光装置**など
◆全ての装置が、蓄電池材料解析に必須の**大気非暴露対応**となっています。また、電子ビーム・イオンビームを用いる解析装置については、照射ダメージを低減するために**低温**での測定も対応可能となっています。
◆厳格に露点管理されたスーパードライルームでの小型蓄電池の試作～解析まで、**ワンストップで実施**することが可能です。
◆分析手法に関するコンサルタントから測定操作補助まで、経験豊富なスタッフがお手伝いいたします。

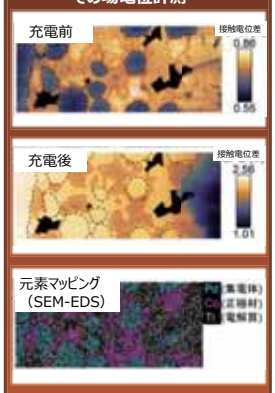
研究設備

●冷却ステージ 装備　●Ar Gas Cluster Ion Beam装備

利用事例

環境制御型　走査プローブ顕微鏡

断面KPFM技術を用いたその場電位計測



大気非暴露条件下で適切に作成された断面サンプルを用いることで、充放電前後のポテンシャル分布の変化を明瞭に観察できた。
不均一な電気化学反応を可視化することに成功したと言える。
この結果より、複合材料中の固体電解質からLiイオンが抜けている可能性が示唆された。

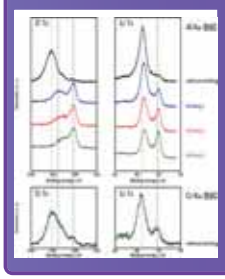
透過型電子顕微鏡

チタン酸化物負極材料の高分解能HAADF-STEM像

Laがオーダーした構造を持つ、$Li_{0.33}$ $La_{0.56}$ TiO_3 において、球面収差補正装置を用いた高分解能観察より、直接そのドメイン構造や、逆位相境界（APB）の様子を知ることが出来る。

硬X線光電子分光装置

SEIに埋もれたSi負極のHAXPES解析



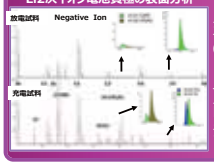
SEI（固体-電解質界面）層に埋もれたSi負極のAl KaおよびCr Ka励起XPSスペクトル。
Cr Ka励起スペクトルではArイオンエッチングをせずとも、55 eVおよび530 eVの深い領域の成分が観察された。

飛行時間型二次イオン質量分析

Li空気電池正極の表面分析

$^{18}O_2$ガスを使用し放電を行った正極表面をAr-GCIBでスパッタ後スペクトルモードで分析
→ $^{18}O_2$ 由来の$^{18}O^-$、$^{18}O^-$を含む成分（HCO_2^-など）を検出。
同位体成分検出可能。

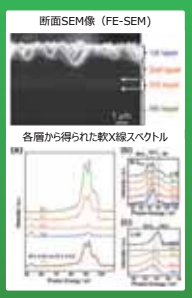
Li2次イオン電池負極の表面分析



充電・放電後の負極表面をAr-GCIBでスパッタ後スペクトルモードで分析を行った。
→SEI層を破壊することなく最表面に付着した電解液成分を除去し、SEI層成分を検出

軟X線分光器付き　走査型電子顕微鏡

Si単結晶基板に電気化学的にLiを挿入したSi-Li合金の断面SEMおよびSXEスペクトル

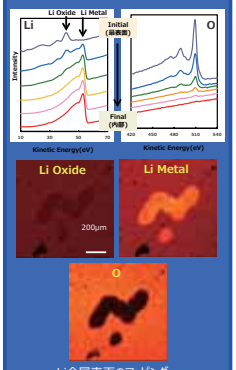


軟X線（40~2000eV）は、そのエネルギーが軽元素の吸収端に相当することから、これを利用して、Liの検出が可能になる。
また、フェルミ準位近傍で感度が高いことから、電子状態の解析が可能になる。
左図では、合金の組成（結晶構造）の差異に起因した電子状態の差異を検出している。

走査型オージェ電子分光装置

Li金属表面の深さ方向析

Arスパッタ銃による表面酸化状態の評価



Li金属表面のマッピング：
元素分布＆化学状態イメージング

～AES分析のメリット～
・Liの分析が可能
・化学状態評価が可能
・高解像度での元素分布・化学状態分布の可視化
・SEM観察・高解像度画像取得が可能
・半定量評価が可能

問い合わせ：物質材料研究機構　蓄電池基盤プラットフォーム事務局（長瀧　篤子）
E-mail: Battery-PF@nims.go.jp，Phone:029-860-4975
ホームページ　http://www.nims.go.jp/brp/nims

Organazing Committee

Shigeo Tanuma (Chair)	National Institute for Materials Science
Hidetoshi Kotera	Kyoto University
Hitoshi Saito	Japan Science and Technology Agency
Daisuke Fujita	National Institute for Materials Science
Toshihiko Yokoyama	National Institutes of Natural Science

Program Committee

Shigeo Tanuma (Chair)	National Institute for Materials Science
Hiroyuki Akinaga	National Institute of Advanced Industrial Science and Technology
Masahiro Goto	Kyushu University
Naonobu Shimamoto	The University of Tokyo
Nobuo Tanaka	Nagoya University
Tetsuji Noda	National Institute for Materials Science
Yoshinobu Baba	Nagoya University
Daisuke Fujita	National Institute for Materials Science
Kazuo Furuya	National Institute for Materials Science

Cooperating Organizations

IEEE Tokyo Section,
The Japan Society of Applied Physics
The Society of Polymer Science, Japan,
The Institute of Electrical Engineers of Japan,
The Institute of Electronics, Information and Communication Engineers,
The Society of Nano Science and Technology,
Nanotechnology Business Creation Initiative,
The Materials Research Society of Japan,
The Chemical Society of Japan,
The Japan Institute of Metals and Materials,
The Japanese Society of Microscopy,
The Society of Materials Science, Japan,
Japanese Society for Artificial Organs,
Japanese Society for Medical and Biological Engineering,
The Ceramic Society of japan,
The Japan Society of Drug Delivery System,
Japanese Society for Biomaterials,
The Surface Science Society of Japan,
The Physical Society of Japan

―禁無断掲載―
Copyright (c)
文部科学省ナノテクノロジープラットフォーム
第 16 回ナノテクノロジー総合シンポジウム
JAPAN NANO 2018

発　　行　2018年（平成30年）2月
編集・発行　国立研究開発法人　物質・材料研究機構
ナノテクノロジープラットフォームセンター
〒305-0047 茨城県つくば市千現1-2-1
電話：029-859-2777

JAPAN NANO 2018