マテリアル先端リサーチインフラ利用報告書
ARIM User's Report

【Release：2025.06.10】　【Update：2025.04.29】

課題データ / Project Data

課題番号 Project Issue Number	24UT1035
利用課題名 Title	機能性酸化物を用いた生体センシングデバイス開発
利用した実施機関 Support Institute	東京大学 / Tokyo Univ.
機関外・機関内の利用 External or Internal Use	内部利用（ARIM事業参画者以外）/Internal Use (by non ARIM members)
ARIM半導体基盤PF 関連課題 Related to ARIM-SETI	指定なし / No Designation
横断技術領域 Cross-Technology Area	加工・デバイスプロセス/Nanofabrication 計測・分析/Advanced Characterization
重要技術領域 Important Technology Area	高度なデバイス機能の発現を可能とするマテリアル/Materials allowing high-level device functions to be performed
キーワード Keywords	揮発性有機化合物、VOCs、慢性腎臓病、CKD、,光学顕微鏡/ Optical microscope,電子線リソグラフィ/ EB lithography,センサ/ Sensor,リソグラフィ/ Lithography,光リソグラフィ/ Photolithgraphy,膜加工・エッチング/ Film processing/etching

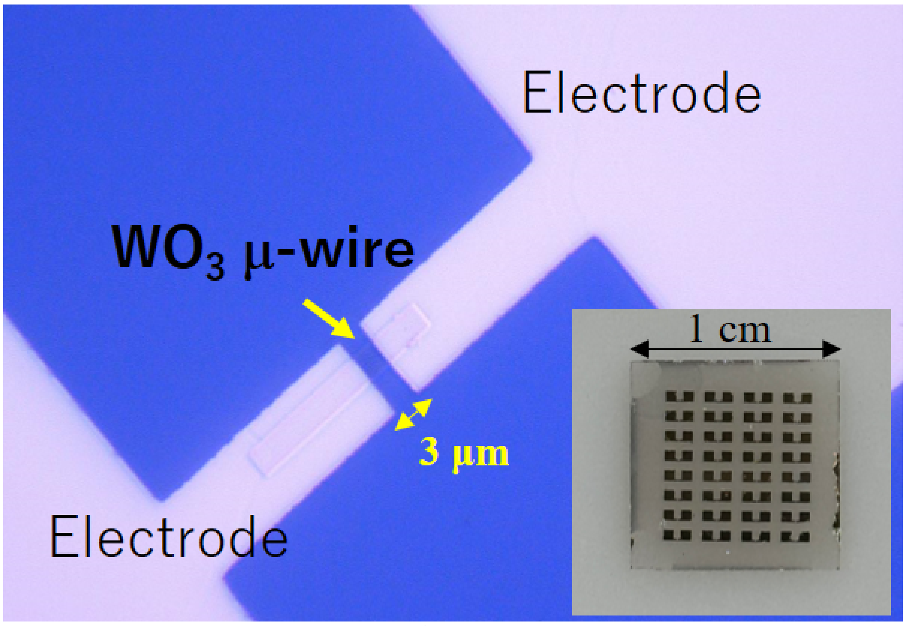
利用者と利用形態 / User and Support Type

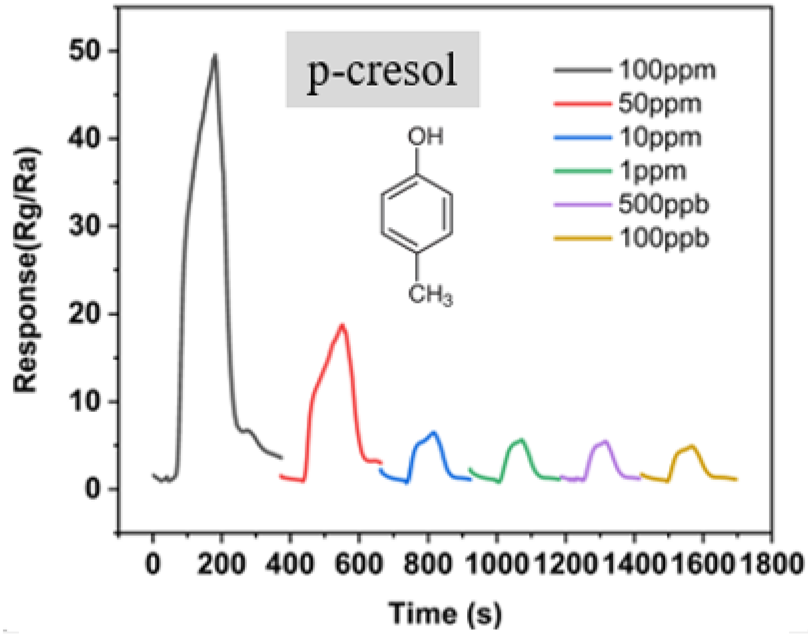
利用者名（課題申請者） User Name (Project Applicant)	田畑 仁
所属名 Affiliation	東京大学工学系研究科バイオエンジニアリング専攻
共同利用者氏名 Names of Collaborators Excluding Supporters in the Hub and Spoke Institutes	黄可瑩,市川響己,藤岡諒,A. EMK Ikball,Md. S. Sarker,S. G. Ramaraj,山原弘靖
ARIM実施機関支援担当者 Names of Supporters in the Hub and Spoke Institutes	
利用形態 Support Type	機器利用/Equipment Utilization

利用した主な設備 / Equipment Used in This Project

利用した主な設備 Equipment ID & Name	UT-505：レーザー直接描画装置 DWL66+2018 UT-503：超高速大面積電子線描画装置 UT-855：高精細電子顕微鏡 UT-501：卓上アッシング装置 UT-800：クリーンドラフト潤沢超純水付

報告書データ / Report

概要（目的・用途・実施内容） Abstract (Aim, Use Applications and Contents)	療診断における革新的なツールとして、ガスセンサシステムは人体から放出される揮発性有機化合物（VOCs）を分析し、非侵襲的な病気の検出を可能にする。VOCsは様々な疾患のバイオマーカーとして機能し、p-cresolおよびNH_3は慢性腎臓病（CKD）との関連が広く認識されている。昨今、CKDは国内の罹患率が約8人に1人の国民病となり、早期発見・早期治療が求められている。本研究では、CKDを対象とした体ガス計測に必要なppb（parts per billion: 10億分の1）レベルの超高感度ガスセンサの開発を目的とし、酸化物半導体WO_3のガス応答を評価した。
実験 Experimental	ガスセンサはパルスレーザー堆積法（PLD）によるWO_3薄膜成長、スパッタ法によるCr/Au電極成膜、レーザーリソグラフィ（DWL66$^+$）の微細加工により作製した。
結果と考察 Results and Discussion	Fig.1にWO_3ガスセンサの光学顕微鏡画像を示す。1cm^{2}の単結晶基板上に3 μm×3 μmのWO_3センサを32個作製した。 Fig. 2に100 ppb～100 ppm濃度の、p-cresolおよびNH_3に対するWO_3薄膜のガス応答R_g/R_aを示す。ここでR_g, R_aはそれぞれ対象ガス中, 空気中のセンサ抵抗を表す。作製したWO_3センサは、100 ppb～100 ppmの濃度範囲で両ガスに対して明確な応答を示した。100　ppbのp-cresolに対してR_g/R_a～5, NH_3に対してR_g/R_a～10に達している。以上の結果、開発したセンサはCKDのバイオマーカーとして知られるp-cresolおよびNH_3に対してppbレベルのガス感度を有していることが明らかとなった。
図・表・数式 1 Figures, Tables and Equations 1	 Fig.1 Optical microscopy image of WO_3 gas sensor

<table>
<tr><td>図・表・数式 2
Figures, Tables and Equations 2</td><td>


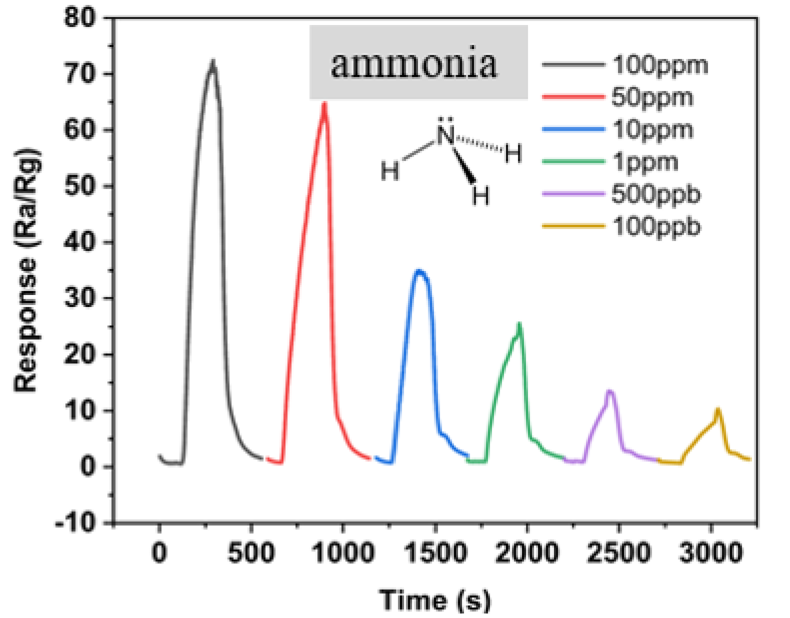


Fig.2 Gas response of WO_3 sensor for p-cresol and ammonia in the concentration range of 100 ppb-100 ppm.
</td></tr>
<tr><td>その他・特記事項（参考文献・謝辞等）
Remarks(References and Acknowledgements)</td><td>1. C. Zang, et al. IEEE Sens. J., 23, 17925 (2023). 2. C. Zang, et al. Front. Sens, 4, 1 (2023). 3. H. Zhou et al., Nanoscale Adv. 5, 6999 (2023). 4. H. Zhou et al., ACS Sensors (2025) Accepted.</td></tr>
</table>

成果発表・成果利用 / Publication and Patents

DOI（論文・プロシーディング）[1] DOI (Publication and Proceedings)	Haining Li, Epitaxial Single-Crystalline PZT Thin Films on ZrO_2-Buffered Si Wafers Fabricated Using Spin-Coating for Mass-Produced Memristor Devices, *Advanced Electronic Materials*, **11**, (2024). DOI: 10.1002/aelm.202400280
DOI（論文・プロシーディング）[2] DOI (Publication and Proceedings)	Momen Sahriar Shoshi, Revolutionary barium titanate-BlueP/TMDCs SPR sensor: Ultra-sensitive detection of urine glucose levels, *Talanta Open*, **11**, 100401(2025). DOI: 10.1016/j.talo.2025.100401

DOI（論文・プロシーディング）[3] DOI (Publication and Proceedings)	Hening Qin, A neuromorphic radial-basis-function net using magnetic bits for time series prediction, *Results in Engineering*, **24**, 103371(2024). DOI: 10.1016/j.rineng.2024.103371
DOI（論文・プロシーディング）[4] DOI (Publication and Proceedings)	Amit Das, Ultra-sensitive refractive index detection with gold-coated PCF-based SPR sensor, *Talanta Open*, **10**, 100384(2024). DOI: 10.1016/j.talo.2024.100384
DOI（論文・プロシーディング）[5] DOI (Publication and Proceedings)	Peihong Li, Parameter-induced logical stochastic resonance in substrate potential with deformable sine-Gordon shape, *Chinese Journal of Physics*, **92**, 542-553(2024). DOI: 10.1016/j.cjph.2024.09.025
DOI（論文・プロシーディング）[6] DOI (Publication and Proceedings)	Hinano Sugimoto, Direct Measurement of Intermolecular Bonding of Bio-Related Molecules by Terahertz Surface Plasmon Resonance, *IEEE Sensors Journal*, **24**, 40634-40640(2024). DOI: 10.1109/JSEN.2024.3443266
DOI（論文・プロシーディング）[7] DOI (Publication and Proceedings)	Tang Dang, Label -free measuring biomolecular interactions using plasmonic metasurfaces with dual bands based on surface lattice resonances in the mid-infrared range, *Sensors and Actuators B: Chemical*, **417**, 136230(2024). DOI: 10.1016/j.snb.2024.136230
DOI（論文・プロシーディング）[8] DOI (Publication and Proceedings)	Chuanlai Zang, Imaging of Volatile Organic Compounds Using a Single Nanowire-Based Electronic Nose for Future Biomedical Applications, *ACS Sensors*, **9**, 5188-5196(2024). DOI: 10.1021/acssensors.4c01280
DOI（論文・プロシーディング）[9] DOI (Publication and Proceedings)	Md Abu Huraiya, New Approach for a Highly Sensitive V-Shaped SPR Biosensor for a Wide Range of Analyte RI Detection, *The Journal of Physical Chemistry C*, **128**, 15117-15123(2024). DOI: 10.1021/acs.jpcc.4c04425
DOI（論文・プロシーディング）[10] DOI (Publication and Proceedings)	Md Shamim Sarker, Electrically Induced Redox Reaction Driven Magnon Field Effect Transistor, *ACS Applied Electronic Materials*, , (2024). DOI: 10.1021/acsaelm.4c00984
DOI（論文・プロシーディング）[11] DOI (Publication and Proceedings)	Jiaqi Yang, Plasmon-Free Surface-Enhanced Raman Spectroscopy Using α-Type MoO_3 Semiconductor Nanorods with Strong Light Scattering in the Visible Regime, *ACS Applied Materials & Interfaces*, **16**, 41257-41270(2024). DOI: 10.1021/acsami.4c01435
DOI（論文・プロシーディング）[12] DOI (Publication and Proceedings)	Siyi Tang, High-Speed and Long-Distance Spin-Wave Propagation in Spinel γ-Fe_2O_3 Epitaxial Thin Films, *Advanced Physics Research*, **3**, (2024). DOI: 10.1002/apxr.202400066
DOI（論文・プロシーディング）[13] DOI (Publication and Proceedings)	Zhiqiang Liao, Topologically Defective Lattice Potential-Based Gain-Dissipative Ising Annealer with Large Noise Margin, *Advanced Physics Research*, **3**, (2024). DOI: 10.1002/apxr.202400035
DOI（論文・プロシーディング）[14] DOI (Publication and Proceedings)	Zhiqiang Liao, Overdamped Ising machine with stochastic resonance phenomena in large noise condition, *Nonlinear Dynamics*, **112**, 8967-8984(2024). DOI: 10.1007/s11071-024-09486-y
DOI（論文・プロシーディング）[15] DOI (Publication and Proceedings)	Zhiqiang Liao, Robust QRS detection based on simulated degenerate optical parametric oscillator-assisted neural network, *Heliyon*, **10**, e28903(2024). DOI: 10.1016/j.heliyon.2024.e28903

口頭発表、ポスター発表および、その他の論文[1] Oral Presentations etc.	“超高感度皮膚ガスセンサ（電子鼻）の開発 - 嗅診に係る最先端技術を用いた体調・未病モニタリングの可能性”, 田畑 仁, 第２８回 ダイキン・東大 未来ビジョン討議の会, 2025/02/05, 東京大学 産学連携プラザ
口頭発表、ポスター発表および、その他の論文[2] Oral Presentations etc.	“Hyper-ordered spin arrangements in iron oxide garnet thin films towards neuromorphic computation”, Md Shamim Sarker, EMK Ikball Ahamed, Ritsuki Sonetaka, Ryoken Nako, Hiroyasu Yamahara, and Hitoshi Tabata, Symposium on Hyper-Ordered Structure Sciences, 2025/01/30, London, UK
口頭発表、ポスター発表および、その他の論文[3] Oral Presentations etc.	“Short-Term Memory-Enhanced Ising Machine Based on Spin Cluster Glass”, Zhiqiang Liao, Kaijie Ma, Siyi Tang, Hiroyasu Yamahara, Hitoshi Tabata, SpinX 2024, 2024/12/10, Tohoku University, Japan
口頭発表、ポスター発表および、その他の論文[4] Oral Presentations etc.	“Materials Design and Realization of Room Temperature Spin Glass for Brain-morphic Computing”, 田畑 仁, 日本物理学会 第79回年次大会, 2024/09/18, 北海道大学
口頭発表、ポスター発表および、その他の論文[5] Oral Presentations etc.	“Neuromorphic spintronics for low energy consumption devices”, Hitoshi Tabata, 2024 TSMC-UTokyo Semiconductor Technology Research Symposia, 2024/07/02, Online
口頭発表、ポスター発表および、その他の論文[6] Oral Presentations etc.	“Evaluation of sensing performance of amorphous and crystalline WO3 thin films for VOCs detection”, Keying Huang, Sankar Ganesh Ramaraj, Chuanlai Zang, Hiroyasu Yamahara, Hitoshi Tabata, 2025年第72回応用物理学会春季学術講演会, 2025/03/17, 東京理科大学野田キャンパス
口頭発表、ポスター発表および、その他の論文[7] Oral Presentations etc.	“光電子ホログラフィによる高温スピンクラスターグラスFe3-xTixO4のスピン超秩序局所構造解析”, 山原 弘靖、徳原 圭祐、Md Shamim Sarker、Ahamed EMK Ikball、関 宗俊、橋本 由介、松下 智裕、田畑 仁, 2025年第72回応用物理学会春季学術講演会, 2025/03/17, 東京理科大学野田キャンパス
口頭発表、ポスター発表および、その他の論文[8] Oral Presentations etc.	“Logical Stochastic Resonance in a Spintronics Stochastic Neuron with Colored Noise”, 廖 智強、Siyi Tang、Hiroyasu Yamahara、Munetoshi Seki、Hitoshi Tabata, 2025年第72回応用物理学会春季学術講演会, 2025/03/16, 東京理科大学野田キャンパス
口頭発表、ポスター発表および、その他の論文[9] Oral Presentations etc.	“高温スピングラス Lu3Fe5-2xCoxSixO12磁気ダイナミクスの温度・置換量制御と物理リザバーコンピューティングへの応用”, 曽根高 立樹、Sarker Md Shamim、Ikball EMK Ahamed、山原 弘靖、田畑 仁, 2025年第72回応用物理学会春季学術講演会, 2025/03/16, 東京理科大学野田キャンパス
口頭発表、ポスター発表および、その他の論文[10] Oral Presentations etc.	“可調整なサインゴードン形状ポテンシャルによる論理的確率共鳴の向上”, 李 佩虹、廖 智強、田畑 仁, 2025年第72回応用物理学会春季学術講演会, 2025/03/15, 東京理科大学野田キャンパス
口頭発表、ポスター発表および、その他の論文[11] Oral Presentations etc.	“Short-term memory property in non-substituted lattice mismatched iron garnet-based room temperature spin-glass”, Shamim sarker, E M K Ikball Ahamed, Haining Li, Zhiqiang Liao, Yang Dongxun, Siyi Tang, Hiroyasu Yamahara, Munetoshi Seki, Hitoshi Tabata, 2025年第72回応用物理学会春季学術講演会, 2025/03/14, 東京理科大学野田キャンパス
口頭発表、ポスター発表および、その他の論文[12] Oral Presentations etc.	“Influence of Bi doping on the magnetization of YIG/sGGG characterized by static Magneto-Optic Kerr effect (MOKE) system”, Dongxun Yang, Md Shamim Sarker, Siyi Tang, Hiroyasu Yamahara, Munetoshi Seki, Hitoshi Tabata, 2025年第72回応用物理学会春季学術講演会, 2025/03/14, 東京理科大学野田キャンパス
口頭発表、ポスター発表および、その他の論文[13] Oral Presentations etc.	“Short-term memory property in non-substituted lattice mismatched iron garnet-based room temperature spin-glass”, Md Shamim Sarker, E M K Ikball Ahamed, Haining Li, Zhiqiang Liao, Yang Dongxun, Siyi Tang, Hiroyasu Yamahara, Munetoshi Seki, and Hitoshi Tabata, PASPS-28, 2025/02/27, 大阪大学 豊中キャンパス

口頭発表、ポスター発表および、その他の論文[14] Oral Presentations etc.	“Electric field control of spin wave in iron oxide garnet thin films with reduced inversion symmetry”, EMK Ikball Ahamed, Md Shamim Sarker, Hiroyasu Yamahara, Munetoshi Seki, Hitoshi Tabata, PASPS-28, 2025/02/27, 大阪大学 豊中キャンパス
口頭発表、ポスター発表および、その他の論文[15] Oral Presentations etc.	“Logical stochastic resonance in a spintronics neuron with colored noise”, Z. Liao, S. Tang, H. Yamahara, M. Seki, H. Tabata, The future of computing: Perspectives, 2025/02/25, 東北大学
口頭発表、ポスター発表および、その他の論文[16] Oral Presentations etc.	“Tunable magnon interference-based reconfigurable logic gate using microstructured Y3Fe5O12 Thin Films”, Md Shamim Sarker, Lihao Yao, E M K Ikball Ahamed, Hiroyasu Yamahara, Sankar Ganesh Ramaraj, Hitoshi Tabata, 13th International Conference on Electrical and Computer Engineering (ICECE), 2024/12/20, Bangladesh University of Engineering and Technology, Bangladesh
口頭発表、ポスター発表および、その他の論文[17] Oral Presentations etc.	“Detection of Kidney disorder based on pulsed laser deposited WO3 nanowire gas sensor”, Keying Huang, Sankar Ganesh Ramaraj, Chuanlai Zang, Hiroyasu Yamahara, Hitoshi Tabata, 第85回応用物理学会秋季学術講演会, 2024/09/20, 新潟（朱鷺メッセ他2会場＆オンライン）
口頭発表、ポスター発表および、その他の論文[18] Oral Presentations etc.	“Experimental and simulation of suspended graphene surface acoustic wave skin gas sensor for effective detection of acetone gas molecules”, Sankar Ganesh Ramaraj, Haolong Zhou, Hiroyasu Yamahara, Hitoshi Tabata, 第85回応用物理学会秋季学術講演会, 2024/09/18, 新潟（朱鷺メッセ他2会場＆オンライン）
口頭発表、ポスター発表および、その他の論文[19] Oral Presentations etc.	“Quantum Stochastic Resonance-Based Reservoir Computing System for Hypertensive and Diabetic MCG Diagnosis”, Xiaoyu Shi, Zhiqiang Liao, Hitoshi Tabata, 第85回応用物理学会秋季学術講演会, 2024/09/18, 新潟（朱鷺メッセ他2会場＆オンライン）
口頭発表、ポスター発表および、その他の論文[20] Oral Presentations etc.	“Hydrophobic Filters Based on PDMS and Zeolite Hybrid Membrane for Pre-separation of Gas Detection”, Chuanlai Zang, Hiroyasu Yamahara, Hitoshi Tabata, 第85回応用物理学会秋季学術講演会, 2024/09/18, 新潟（朱鷺メッセ他2会場＆オンライン）
特許出願件数 Number of Patent Applications	0件
特許登録件数 Number of Registered Patents	0件