

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 : 2024.07.25] [Update : 2024.07.01]

課題データ / Project Data

課題番号 Project Issue Number	23HK0087
利用課題名 Title	構造色と特定波長の吸収を組み合わせた「融合発色体」の構築
利用した実施機関 Support Institute	北海道大学 / Hokkaido 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)
横断技術領域 Cross-Technology Area	計測・分析 / Advanced Characterization
重要技術領域 Important Technology Area	次世代ナノスケールマテリアル / Next-generation nanoscale materials
キーワード Keywords	電子顕微鏡 / Electronic microscope, 電子回折 / Electron diffraction, ナノ粒子 / Nanoparticles

利用者と利用形態 / User and Support Type

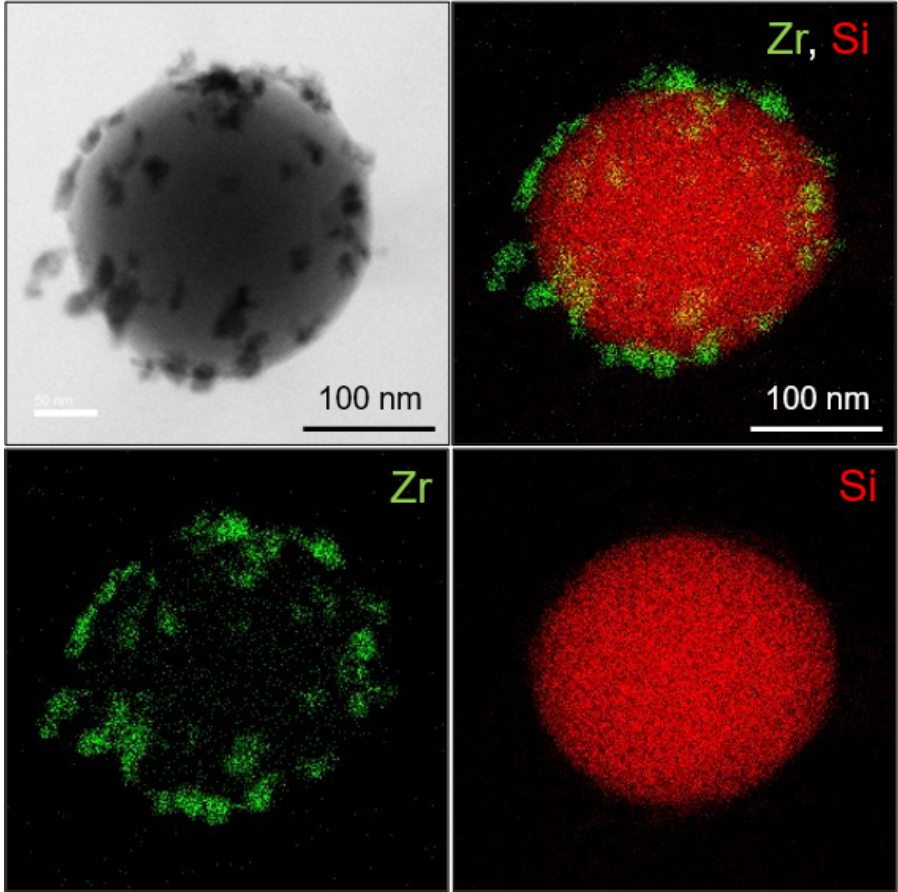
利用者名 (課題申請者) User Name (Project Applicant)	野口 真司
所属名 Affiliation	北海道大学 大学院総合化学院 無機物質化学講座
共同利用者氏名 Names of Collaborators in Other Institutes Than Hub and Spoke Institutes	
ARIM実施機関支援担当者 Names of Collaborators in The Hub and Spoke Institutes	Tomokazu Yoshizawa, Yongming Wang, Yuko Mori, Naomi Hirai, Atsuki Sawa
利用形態 Support Type	機器利用 / Equipment Utilization, 技術補助 / Technical Assistance

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

利用した主な設備 Equipment ID & Name	HK-304 : 集束イオンビーム加工・観察装置 HK-401 : 収差補正走査型透過電子顕微鏡 HK-402 : 走査型透過電子顕微鏡 HK-102 : 電界放射型分析電子顕微鏡
---------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------

報告書データ / Report

<p>概要 (目的・用途・実施内容) Abstract (Aim, Use Applications and Contents)</p>	<p>金属窒化物ナノ粒子は、AuやAg, Ptなどの貴金属ナノ粒子が役割を果たしてきた光学機能、触媒機能の代替材料として研究されている。特に、遷移金属窒化物であるTiN, ZrN, HfNナノ粒子は局在表面プラズモン共鳴を示すことが報告されており、この特性を利用して様々な分野での応用が期待されている。利用者は、金属窒化物ナノ粒子のプラズモン特性を構造色材料に組み合わせる手法を研究しており、これまでに、粒子の大きさを制御してZrN-SiO₂コア-シェル粒子を合成する方法を報告している[1]。しかし、作製したZrN-SiO₂コア-シェル粒子は反射スペクトルにおいて粒子の大きさに応じて極大を示したものの、構造色材料として利用できるほどの十分な単分散性は得られていない。本利用課題では、単分散性の高いSiO₂粒子をコアとし、局在表面プラズモン共鳴を示すZrNナノ粒子をシェルとして用いることで、SiO₂-ZrNコア-シェル粒子の作製を試み、形態や物性の評価を行った。</p>
<p>実験 Experimental</p>	<p>不活性ガス雰囲気下でZrO₂とMg₃N₂を加熱して反応させることにより、ZrNナノ粒子を得た。表面を修飾した単分散SiO₂粒子の分散液と混合することにより、SiO₂粒子表面にZrNナノ粒子を付着させた。作製したこれらの粒子を透過型電子顕微鏡、および、走査型透過電子顕微鏡により観察し、形態の評価を行った。得られた粒子をガラス基板上に積層させ、粒子積層膜の光学特性を評価した。その際、積層状態を走査型電子顕微鏡で評価した。</p>
<p>結果と考察 Results and Discussion</p>	<p>150 nmから300 nmのSiO₂粒子の周囲に、10-30 nmのZrN粒子が付着したSiO₂-ZrNコア-シェル粒子を得た (Figure 1)。ZrNナノ粒子の分散液は約700 nmに極大吸収を示し、得られたSiO₂-ZrNコア-シェル粒子の分散液における吸収スペクトルにおいても約700 nmで極大を示すことを確認した。分散媒を乾燥させたSiO₂-ZrNコア-シェル粒子粉末、および、粒子積層膜は、コアとして用いたSiO₂粒子の大きさに応じて異なる発色を示した (Figure 2)。 SiO₂-ZrNコア-シェル粒子積層膜とSiO₂粒子のみを使用した粒子積層膜の反射スペクトルにおいて、短波長側の極大反射率と長波長側の極大反射率の比を比較すると、SiO₂粒子のみを用いた粒子積層膜では極大反射率の比が大きく変化しなかったのに対し、SiO₂-ZrNコア-シェル粒子積層膜は長波長側の極大波長がZrNナノ粒子の吸収に相当する700 nmに近づくほど長波長側の極大反射率の比が低下した。 以上のことから、SiO₂-ZrNコア-シェル粒子は、SiO₂コアに付着したZrNナノ粒子が700nm付近の光を吸収し、粒子が周期構造を形成することにより、プラズモン共鳴による特定波長の吸収と周期構造による特定波長の回折を組み合わせた「混色効果」による反射スペクトルを示すことを確認した[2]。</p>

<p>図・表・数式 1 Figures, Tables and Equations 1</p>	 <p>Fig. 1 STEM-EDS images of the SiO₂-ZrN core-shell particle.</p>
<p>その他・特記事項 (参考文献・謝辞等) Remarks(References and Acknowledgements)</p>	<p>[1] Shinji Noguchi, Akira Miura, Kiyoharu Tadanaga, Synthesis of ZrN-SiO₂ Core-shell Particles by a Sol-gel Process and Use as Particle-based Structured Coloring Material, <i>Under revision</i>. [2] Shinji Noguchi, Milena Lama, Yuta Fujii, Akira Miura, Kiyoharu Tadanaga, Structural Color Materials with Color Mixing Effect Using Noble Metal-Free Plasmonic Particles in SiO₂ ZrN System. <i>Advanced Optical Materials</i>. 2024, 2400287.</p>

成果発表・成果利用 / Publication and Patents

<p>DOI (論文・プロシーディング) [1] DOI (Publication and Proceedings)</p>	<p>Shinji Noguchi, Structural Color Materials with Color Mixing Effect Using Noble Metal-Free Plasmonic Particles in SiO₂-ZrN System, <i>Advanced Optical Materials</i>, 12, (2024). DOI: 10.1002/adom.202400287</p>
<p>口頭発表、ポスター発表および、その他の論文[1] Oral Presentations etc.</p>	<p>Shinji Noguchi, Milena Lama, Yuta Fujii, Akira Miura, Kiyoharu Tadanaga, Structural Color Materials with Color Mixing Effect Using Noble Metal-Free Plasmonic Particles in SiO₂ ZrN System. <i>Advanced Optical Materials</i>. 2024, 2400287.</p>
<p>口頭発表、ポスター発表および、その他の論文[2] Oral Presentations etc.</p>	<p>Shinji Noguchi, Akira Miura, Kiyoharu Tadanaga, Synthesis of ZrN-SiO₂ Core-shell Particles by a Sol-gel Process and Use as Particle-based Structured Coloring Material, <i>Under revision</i>.</p>
<p>口頭発表、ポスター発表および、その他の論文[3] Oral Presentations etc.</p>	<p>野口 真司, Milena Lama, 藤井 雄太, 三浦 章, 忠永 清治, SiO₂-ZrNコア-シェル粒子を用いた混色効果を有する構造色材料, 日本セラミックス協会2024年年会 (熊本), 令和6年3月14日.</p>

口頭発表、ポスター発表 および、その他の論文[4] Oral Presentations etc.	Shinji Noguchi, Ryuji Kiyama, Masahiro Yoshida, Naohiro Kashimura, Kiyoharu Tadanaga, Jian Ping Gong, and Takayuki Nonoyama, Real-Space Visualization of Charged Polymer Network of Hydrogel by Double Network Strategy and Mineral Staining, Submitted.
口頭発表、ポスター発表 および、その他の論文[5] Oral Presentations etc.	Shinji Noguchi, Maradhana Agung Marsudi, Ryuji Kiyama, Naohiro Kashimura, Masahiro Yoshida, Kiyoharu Tadanaga, Jian Ping Gong, Takayuki Nonoyama, Real-Space Visualization of Charged Polymer Network of Hydrogel by Double Network Strategy and Mineral Staining, The 104th CSJ Annual Meeting (2024) (Chiba), March 18, 2024.
口頭発表、ポスター発表 および、その他の論文[6] Oral Presentations etc.	Shinji Noguchi, Akira Miura, Kiyoharu Tadanaga. "Preparation of ZrN-SiO ₂ Core-shell Particles and Application for Structural Color Materials", The 14th CSE International Summer School & The 11th ALP International Symposium (Hokkaido), September 1, 2023.
口頭発表、ポスター発表 および、その他の論文[7] Oral Presentations etc.	野口 真司, 藤井 雄太, 三浦 章, 忠永 清治, ZrN-SiO ₂ コア-シェルナノ粒子の合成と粒子積層膜の構造色評価, 日本ゾルーゲル学会第21回討論会 (愛知), 2023年7月14日.
口頭発表、ポスター発表 および、その他の論文[8] Oral Presentations etc.	Shinji Noguchi, Akira Miura, Kiyoharu Tadanaga, "Synthesis of ZrN-SiO ₂ Core-shell Particles and Investigation of Particle-stacked Films as Structural Color Materials", ICMAT2023 (Singapore), June 27, 2023.
口頭発表、ポスター発表 および、その他の論文[9] Oral Presentations etc.	田淵 健太郎, 野口 真司, 藤井 雄太, 三浦章, 忠永清治, Urea-glass 法による窒化ジルコニウムおよび酸窒化ジルコニウムの合成と評価, 令和5年度日本セラミックス協会東北北海道支部研究発表会 (新潟), 令和5年11月2日.
口頭発表、ポスター発表 および、その他の論文[10] Oral Presentations etc.	田淵 健太郎, 野口 真司, 藤井 雄太, 三浦章, 忠永清治, Urea-glass法によるジルコニウム窒化物および酸窒化物の合成と評価, 日本化学会北海道支部夏季研究発表会 (北海道), 令和5年9月3日.
口頭発表、ポスター発表 および、その他の論文[11] Oral Presentations etc.	木山 竜二, 野々山 貴行, Marsudi Maradhana Agung, 野口 真司, 忠永 清治, 龔 劍萍, 高分子ゲル網目構造の実空間観察, 日本顕微鏡学会第79回学術講演会 (島根), 令和5年6月25日.
口頭発表、ポスター発表 および、その他の論文[12] Oral Presentations etc.	(Shinji Noguchi, Milena Lama, Yuta Fujii, Akira Miura, Kiyoharu Tadanaga, Structural Color Materials with Color Mixing Effect Using SiO ₂ -ZrN Core-Shell Particles, International Sol-Gel Conference (Berlin), September, 2024.)
口頭発表、ポスター発表 および、その他の論文[13] Oral Presentations etc.	(Kentaro Tabuchi, Shinji Noguchi, Ryosuke Nakazato, Keeko Matsumoto, Yuta Fujii, Akira Miura, Kiyoharu Tadanaga, Catalytic Activity of electrochemical CO ₂ reduction of zirconium nitrides synthesized by the urea-glass route using ZrCl ₄ as a raw material, ISGS Annual Meeting 2024 (Incheon), August, 2024.)
特許出願件数 Number of Patent Applications	0件
特許登録件数 Number of Registered Patents	0件