

## 2024年度 各務記念材料技術研究所共同研究報告書

研究課題名	環境統合的なマルチ機能性ハイブリット材料の創成に関する研究
重点課題	I-C (長寿命化と物性), III-C (省エネルギーと物性)
新規・継続	新規
研究代表者	ムナカタ フミオ
氏名	宗像 文男
所属機関・部局・職名	東京都市大学・理工学部 応用化学科・教授

**研究目的**

電気自動車やドローン用のモーター摺動部材及びピエゾセンサ・アクチュエータなどの圧電振動デバイスでは、部材の摩擦等による熱の放出を効率的に排熱できる複合材料を開発することで、デバイスの耐久性向上・長寿命化とシステムのエネルギー変換効率の向上による省エネルギーに貢献する。特に、熱の効率的な利用を行うには、デバイス・部品の構成材料の熱伝導特性の向上が重要になる。この熱伝導性の向上を目指し、自己組織化プロセスを用いて構築された材料組織を新たに**複雑ネットワーク性**という視点で解析して、高熱伝導性等のもマルチ機能性材料の設計指針を確立することを目指す。一方、光学機能デバイスにおいても発光特性の向上には、発生する熱を排出する事が特性向上につながるため、高熱伝導性光学結晶の育成も試みた。

## 実験内容と研究成果

本研究では、「自己組織化プロセス」を用い、従来の圧電機能と新規付与機能のハイブリット化した自己組織化コンポジット材料の開発を行っている。2024年度は、新たにセンサやアクチュエータへの応用を念頭に熱伝導性をより改善するために異方性粒子配向配置制御を行ったマルチ機能性ハイブリット材料組織の構築を目指してきた。特に、圧電体ポリフッ化ビニリデン (PVDF) に高誘電性チタン酸バリウム (BT) と高熱伝導窒化ケイ素 (SN) を同時添加し、「粒子群が高度に分散させたハイブリット材料組織の構築」を実施した。目的とした材料組織と得られた各添加フィラーの状態を図1に示す。併せて、フィラー添加効果を熱伝導率と誘電率で比較した結果を図2に示す。この結果が示すように目標としていた異なる二つの機能を併せ持ったマルチ機能を両立させた材料組織の構築に成功した。

構築された材料組織中の独立したフィラー粒子群の熱伝導性を向上するために、添加フィラーとして用いる高熱伝導性β型SNフィラー単結晶のSiメルトからの育成を試みた。また、このSN単結晶は光学機能を有する事が知られているため、Siメルトからのサイアロン蛍光体単結晶の育成も可能であると考えられた。そこで、SiにAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、AlN、Eu<sub>2</sub>O<sub>3</sub>などを添加して熱伝導性と光学機能性について検討を加えた。その結果、Euの添加により、緑色蛍光体の合成に成功した。

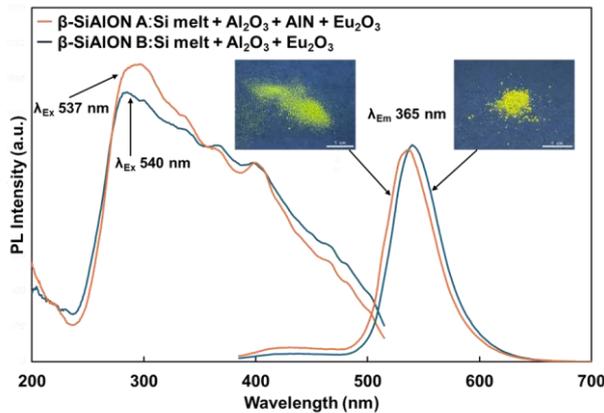
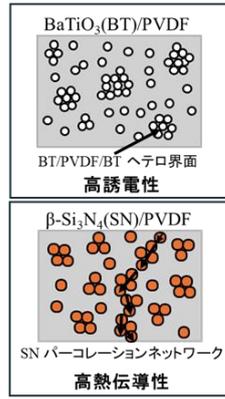


図3 Si溶融物から成長したサイアロン結晶の励起(Ex)及び発光(Em)スペクトル

### 自己組織化単一フィラー材料組織



### BT/SN/PVDFマルチフィラー複合材

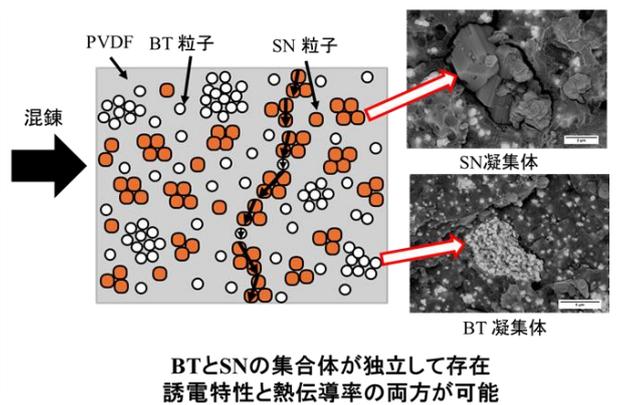


図1 BT/SN/PVDFマルチフィラー材料組織の模式図と得られた各フィラー凝集体のSEM画像

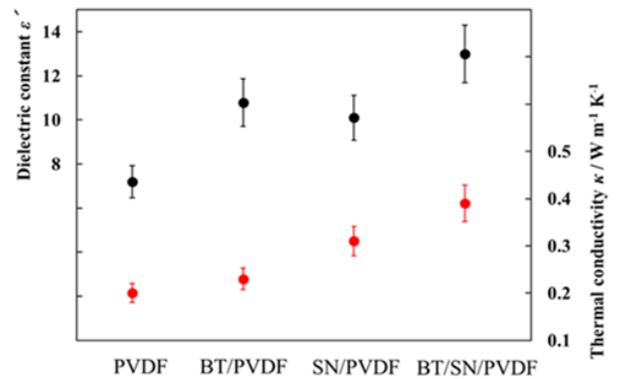


図2 PVDFへフィラー添加効果—熱伝導性及び誘電特性の比較—

得られた

光学特性を図3に示す。添加するアルミニウムの化合物の違いが発光特性に影響を及ぼしていた。特にこの化合物の違いに伴う酸素量の違いが、育成されたβサイアロン結晶の光学特性に効果がある事が示唆された。

以上の結果から本年度は、自己組織化混練プロセスを用いることで目標値としていたマルチ機能性材料の設計が可能になった。併せて、Siメルトから高熱伝導性窒化ケイ素を育成すると共に、添加元素の化学状態を制御する事で光学機能も付与できる可能性が示された。

## 研究成果の公表状況 (論文、国際・国内会議、学会発表、特許等の知財)

1) F.MUNAKATA,<sup>a\*</sup> T. NAKAGAWA,<sup>a</sup> T. OGIYA,<sup>a</sup> M. TAKAHASHI,<sup>a</sup> R. MIYATA,<sup>a</sup> R. KOBAYASHI<sup>a</sup> and A. HIRATA.” Synthesis of phosphor single crystals SiAlON:Eu<sup>2+</sup> grown from a Si melt in N<sub>2</sub>”, Materials Letters, 397, 138838 (2025)