

新たな光機能や光物性の発現・利活用を基軸とする
次世代フォトニクスの中盤技術
平成 28 年度採択研究代表者

H28 年度 実績報告書

金光 義彦

国立大学法人京都大学 化学研究所
教授

ハロゲン化金属ペロブスカイトを中盤としたフレキシブルフォトニクス技術の開発

§ 1. 研究実施体制

(1)「金光」グループ

- ① 研究代表者: 金光 義彦 (京都大学化学研究所、教授)
- ② 研究項目
 - ・高品質単結晶・薄膜・ナノ構造の作製と基礎光学・電気特性の解明
 - ・光物性・光機能を中盤としたフォトニックデバイスの開発と特性評価

(2)「山田」グループ

- ① 主たる共同研究者: 山田 泰裕 (千葉大学大学院理学研究科、准教授)
- ② 研究項目
 - ・高品質単結晶・薄膜・ナノ構造の作製と基礎光学・電気特性の解明
 - ・光物性・光機能を中盤としたフォトニックデバイスの開発と特性評価

§ 2. 研究実施の概要

本研究では、結晶成長が容易でしかも非常に高品質な単結晶・薄膜が作製できる新しい半導体材料であるハロゲン化金属ペロブスカイトに注目し、それを基盤としたフレキシブルフォトンクス技術の開発を目指す。溶液塗布法による非常に高い発光効率の結晶・薄膜・ナノ構造の作製を新しい切り口としてアプローチする。安価で大量生産可能、さらに加工性や光機能に優れた高品質塗布型半導体は、「死の谷」を一気に超えるポテンシャル有しており、単一物質による新しいデバイス研究に取り組む。半導体材料としての基礎物性を明らかにし、発光・受光素子、レーザー光源・光変調素子などのデバイス材料としての新機能・高性能を引き出す。柔らかいポリマーなどの基板の上に作製可能という大きなアドバンテージを活かしたデバイスの作製・提案を行う。ペロブスカイト半導体に特異的な光学的・電気的性質の解明、またそれらの物理的な起源の理解を進める。また、元素置換・ナノ構造化などを駆使した物性制御を実現する。これによって、フォニックデバイス材料としてのペロブスカイト半導体の光物性・光機能の本質を理解し、新機能・高性能を引き出すデバイス構造を提示することを行う。本年度の研究項目として、(i)高品質単結晶・薄膜・ナノ構造の作製と基礎光学・電気特性の解明、(ii)光物性・光機能を基盤としたフォニックデバイスの開発と特性評価をあげ、ハロゲン化金属ペロブスカイトのフォトンクス材料としてのポテンシャルを明らかにする研究を進めた。

研究初年度である平成 28 年度において、金光グループでは、多様なハロゲン化金属ペロブスカイトの高品質単結晶ならびに薄膜、ナノ粒子の作製とそれらの最適作製方法の確立に向けて研究を進めてきた。出発原料の高純度化および脱水化により、強く発光する $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbX}_3$ ($\text{X}=\text{I}, \text{Br}, \text{Cl}$) 試料および CsPbBr_3 ナノ粒子の作製に成功した。基礎光学特性の解明に必要なフェムト秒レーザーパルスを用いた時間分解発光・過渡吸収分光計測システムおよびナノ粒子の特性を評価できる単一顕微発光分光装置の構築・改良を行い、これらの特色ある先端分光手法を用いてペロブスカイト半導体の基礎光物性研究を開始した。2光子励起顕微分光システムおよび単一ドット顕微発光システムの構築・改良を行い、単結晶やナノ粒子試料が高い発光量子効率を有することを明らかにした。可視波長の全領域に対して非線形光学係数を測定できるシステム(Z スキャン測定システム)の構築を進めた。

山田グループでは平成 28 年度は、ハロゲン化金属ペロブスカイトにおける光キャリアの伝導特性を評価するために、不純物置換によるキャリアドーピング単結晶試料の作製を行った。また、電界効果型トランジスタ(FET)構造の作製に向けた研究を開始した。さらに、局所的な伝導および光学特性を解明するために、時空間分解発光および光伝導計測システムの構築を行ったほか、高抵抗試料においても高精度にキャリア移動度を測定するためのACホール測定システムの開発にも着手した。本年度は、電極材料の探索など、伝導測定およびデバイス作製に必要な基礎的知見の蓄積も行った。

金光グループと山田グループは互いに密接に連携し、研究を効率良く推進する。次年度には本研究課題実施に必要な主要設備がほぼ導入される予定であり、目標達成に向けた本格的な研究が推進できるものと期待される。