

科学研究費助成事業（基盤研究（S））中間評価

課題番号	22H04958	研究期間	令和4(2022)年度～ 令和8(2026)年度
研究課題名	高品質単結晶薄膜・界面による金属ハライド X-nics の基盤構築	研究代表者 (所属・職) (令和6年3月現在)	川崎 雅司 (東京大学・大学院工学系研究科 (工学部)・教授)

【令和6(2024)年度 中間評価結果】

評価	評価基準
○ A+	想定を超える研究の進展があり、期待以上の成果が見込まれる
A	順調に研究が進展しており、期待どおりの成果が見込まれる
A-	一部に遅れ等が認められるため、今後努力が必要であるが、概ね順調に研究が進展しており、一定の成果が見込まれる
B	研究が遅れており、今後一層の努力が必要である
C	研究が遅れ、研究成果が見込まれないため、研究経費の減額又は研究の中止が適当である

(研究の概要)

本研究は、他の化合物にはない様々な物性(巨大励起子エネルギー・スピン軌道相互作用、優れた光電変換特性)や機能の特徴を有する金属ハライドを対象として、特にMBE法を用いた高品質単結晶薄膜・接合界面を作製する技術の確立により、様々な物性・機能の創出を試み、「ハライド X-nics」なる学術領域へと発展させるものである。具体的には、量子閉じ込め効果による励起子物性や高移動度二次元キャリアによる量子現象の探求、スピン流発生やスピン軌道トルクによる磁化反転などスピントロニクス機能の検証、強誘電ハライドを活性層とする新型光電変換デバイスの実証などを行う。

(意見等)

ハライド膜に特化した独自の分子線エピタキシー(MBE)装置を立ち上げ、学術的に意義深い研究成果が期待以上に出て軌道に乗り始めている。具体的には、(A)薄膜成長、(B)量子物性、(C)スピントロニクス、(D)光電変換の各研究テーマにおいて、(A)ではMBEシステムの構築とプロセスの確立、(B)ではPbI₂量子井戸における励起子閉じ込めクロスオーバー、(C)ではヘテロ接合界面における創発磁場の観測、(D)ではCuI薄膜における巨大な励起子シフト電流の観測、などである。

特に(C)の研究成果に関しては、磁性層と伝導層のヘテロ接合界面では伝導電子が創発磁場を感じてトポロジカルホール効果を誘起するとの着想から、実際に酸化物接合を利用したプロトタイプ素子の実証に初めて成功した点が評価できる。今後は本題であるハライド界面創発磁気輸送現象への展開を期待する。

また、(D)の研究成果は、大きな励起子束縛エネルギーと励起子吸収を持つCuIにおいて、シフト電流という非線形過程を介して、励起子を乖離せずに電流に変換できることを初めて実証している。ペロブスカイト型ハライドや有機半導体など、励起子束縛エネルギーの大きな太陽電池材料における光電変換効率の向上への貢献が期待できる。

今後の計画としても、マルチチャンネルプレートを用いた低エミッション型反射高速電子線回折(RHEED)を導入するなど、ハライド系で問題となるカラーセンターなどの欠陥を制御せんとする意図が見られ、更なる展開が見込まれる。