

【基盤研究(S)】
大区分D



研究課題名 原子層人工ヘテロ構造におけるバレースピ量子光学
の開拓と応用

京都大学・エネルギー理工学研究所・教授

まつだ かずなり
松田 一成

研究課題番号： 20H05664 研究者番号：40311435

キーワード： 原子層物質、量子光学、フォトニクス

【研究の背景・目的】

本研究では、原子層物質科学と量子光学の接点において、光量子情報デバイスに繋がる新たな学術領域である「バレースピ量子光学」を創出することを目指す。近年、急速に研究が進展した単層遷移金属ダイカルコゲナイド (MX_2 ; $M=Mo, W, X=S, Se, Te$) などの新たな原子層物質では、クラマース縮重の破れに起因して、運動量空間でのバレーと電子のスピが結合したバレースピという新たな物理自由度が生じる。これまでの我々の研究によって、バレースピの応用技術であるバレートロンクスにおいて重要な、バレースピ緩和の詳細な物理メカニズム解明とバレースピの外部制御に成功している。これら一連の研究の進展により、バレースピという物理自由度を一つの量子状態として見做して制御する新たな道筋を見出し、その量子状態制御を基礎とした「バレースピ量子光学」という新しい研究への視野が拓けた。

そこで本研究では、これを契機として究極の量子ドットを原子層ヘテロ構造で実現し、光科学・物質科学の接点にある従来の量子光学の枠組みを超えた「バレースピ量子光学」の学理を構築する。更に、それを応用へと橋渡しした「バレースピ量子フォトニクス」という新しい研究へと昇華させることを目的としている。

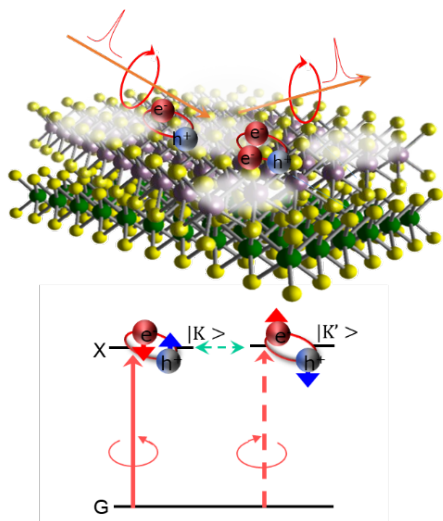


図1 原子層人工ヘテロ構造とそのバレースピ量子システム

【研究の方法】

わずか原子数層からなる原子層物質を積み重ねたヘテロ構造において、モアレなどの新しい形での量子閉じ込めポテンシャルを導入することで、真のゼロ次元（量子二準位系）半導体量子ドットを実現することがわかりつつある。そこで、本研究で提案するバレースピ量子光学の実現に向け、必要とされる要素技術の研究を進める。具体的なアプローチとして、1) 原子層人工ヘテロ量子ドットおよびデバイス作製技術の確立、2) 原子層ヘテロ量子ドットの量子光学現象の開拓、3) バレースピ量子光学に向けた原子層量子ドットの量子制御、4) バレースピ制御を利用した量子情報処理デバイスへの応用、などである。

【期待される成果と意義】

本研究を通してバレースピ自由度のコヒーレンスを長時間維持し、自在な量子制御が可能となれば、量子制御の際の外部との情報インターフェースを有し、また、量子ビット間の相互作用を自在に制御することが可能な、他にはない新しい量子システムを実現しうる。これは、量子演算・暗号通信などの量子デバイス（量子ビット・単一光子源）としての応用への新たな道が拓かれることを意味する。これらバレースピ量子光学を機軸とした研究を通して、学術・応用両面においても新たな研究展開が期待される。

【当該研究課題と関連の深い論文・著書】

- ・ Y. Miyauchi, S. Konabe, F. Wang, W. Zhang, A. Hwang, Y. Hasegawa, L. Zhou, S. Mouri, M. Toh, G. Eda, and K. Matsuda: Evidence for line width and carrier screening effects on excitonic valley relaxation in 2D semiconductors, Nat. Commun. **9**, (2018) 2598.
- ・ K. Shinokita, X. Wang, Y. Miyauchi, K. Watanabe, T. Taniguchi, and K. Matsuda: Continuous control and enhancement of excitonic valley polarization in monolayer WSe₂ by electrostatic doping, Adv. Func. Mater. **29**, (2019) 1900260.

【研究期間と研究経費】

令和2年度－6年度 151,000千円

【ホームページ等】

<http://www.iae.kyoto-u.ac.jp/conv/matsuda@iae.kyoto-u.jp>