

研究課題名 ファンデルワールス・ヘテロ接合の物理と機能



東京大学・大学院工学系研究科・教授

いわさ よしひろ  
岩佐 義宏

研究課題番号：19H05602 研究者番号：20184864

キーワード：2次元物質、ファンデルワールスヘテロ接合、非線形現象、磁性ヘテロ接合、電界効果

【研究の背景・目的】

近年の物質科学は、原子層1層あるいは数層の物質が安定に存在し、バルクの結晶と大きく異なる性質を示すことを明らかにし、2次元物質という新しい一大分野を形成するにいたりました。2次元物質を自在に積層したファンデルワールス(vdW)ヘテロ接合は、従来の格子整合を前提としたヘテロ接合の枠組みを大きく超えた新しい概念であり、今後その物性・機能の開拓が大きな課題となってきました。

本研究の目的は、vdWヘテロ接合からなる様々な新物質を作製し、単一物質では決して得られない新しい物性を見出すことです。

その中心的なテーマとして、第1に、対称性の破れに起因した非相反輸送現象や異常光起電力効果などの新現象を、第2に隣接する物質との強い近接効果に起因する新しい電子相の形成を取り上げます。さらにこれらの微視的機構を明らかにして、それに基づく新しい機能性の提案を行います。

【研究の方法】

本研究グループは、VdWヘテロ接合を作製する手法として、機械的積層法とMBE法の2つを有する世界的にも稀有のグループです。前者は、積層物質間の相対角度を人為的に制御して、自然には決して存在しない物質を作ります。一方後者では、機械的な方法では不可能な単層物質を作製できるとともに、大面積試料を作製できます。またこれらを組み合わせたvdWヘテロ接合も作製できます。この手法によって得られた試料の、電気抵抗や光伝導性、それらの

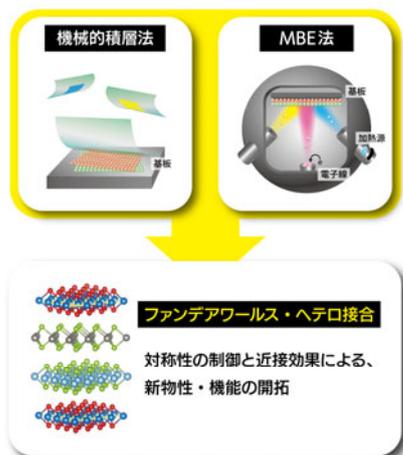


図1

非線形応答などの実験を通して、上記2つの観点から本系の物性を解明します。

【期待される成果と意義】

第1に、2次元物質とそのヘテロ接合の多様性を生かし、空間反転対称性の回転対称性や反転対称性を制御したvdWヘテロ構造を、多様に設計・作製し、そこでの電場に対する2次の非線形応答を明らかにします。これによって、対称性の破れた物質・構造における、ベリー接続、ベリー曲率、ベリー曲率双極子、すなわち運動量空間での量子位相が物性に与える影響を包括的に理解します。特に、pn接合を必要としない異常光伝導現象の効率を、vdWヘテロ接合を用いた最大化を目指します。

第2に、隣接する物質との強い近接効果に起因する物性を物性の開拓を行います。2次元物質が表面のみで構成されていることを利用し、隣接物質の磁気秩序、超伝導などがお互いに近接効果で相互作用しあうことによって、単一物質のみではありえない新たな電子相や機能をvdWヘテロ接合において発現せしめることを目指します。また、光物性の側面からは、従来、一つの物質の中で研究されてきた励起子-マグノン相互作用を、vdW界面を通した異種物質間に拡張します。この性質を解明するとともに、マイクロ波-可視光変換効率の増強を目指します。

【当該研究課題と関連の深い論文・著書】

- Enhanced intrinsic photovoltaic effect in tungsten disulfide nanotubes, Y.J. Zhang, T. Ideue, M. Onga, F. Qin, R. Suzuki, A. Zak, R. Tenne, J. H. Smet and Y. Iwasa, *Nature*, **570**, 349 (2019).
- Bulk rectification effect in a polar semiconductor T. Ideue, K. Hamamoto, S. Koshikawa, M. Ezawa, S. Shimizu, Y. Kaneko, Y. Tokura, N. Nagaosa & Y. Iwasa, *Nature Physics*, **13**, 578 (2017).

【研究期間と研究経費】

令和元年度-令和5年度  
154,600千円

【ホームページ等】

<http://iwasa.t.u-tokyo.ac.jp/index.html>  
[iwasa@ap.t.u-tokyo.ac.jp](mailto:iwasa@ap.t.u-tokyo.ac.jp)