

論文審査の結果の要旨および担当者

報告番号	※ 甲 第 号
------	---------

氏 名 張 紹春 (ZHANG Shaochun)

論 文 題 目 Symmetry Engineering of Two-dimensional
Materials and Their Transport and Optoelectronic Properties

(対称性を制御した二次元物質の光電子物性)

論文審査担当者

主 査 名古屋大学大学院理学研究科 教授 理学博士 阿波賀 邦夫
委 員 名古屋大学物質科学国際研究センター 教授 博士(工学) 菱川 明栄
委 員 名古屋大学トランスフォーマティブ生命分子研究所
教授 博士(工学) 柳井 毅
委 員 名古屋大学大学院理学研究科 特任准教授 博士(工学) 北浦良

論文審査の結果の要旨

別紙 1 - 2

本論文は、対称性の制御に基づく物性探索、特に対称性が破れた二次元系における光起電力効果を探索した。第一章では、対称性が物性におよぼす影響から実験の舞台となった様々な二次元物質の性質を総括している。第二章では、異なる二次元結晶を積層することによる対称性の制御と光起電力効果の観測について議論している。第三章では、歪の導入による対称性の制御と鉛直方向の光起電力効果の観測について述べられている。第四章では、トップダウン法によるナノリボン化による対称性の制御と光起電力効果の観測について述べている。

物質の構造に存在する対称性とその物性は強く結びついている。例えば、遷移金属ダイカルコゲナイドを単層膜にすることで反転対称性が破れ、これに伴ってブリルアンゾーンの K および $-K$ 点が非等価となる。いわゆるバレー自由度が生まれ、これがバレーホール効果など様々な物性に結びつく。したがって、もし対称性を自在にコントロールできれば、対称性の変化に伴って新たな物性を引き出すことができると期待される。本論文で、申請者は対称性をコントロールする場として二次元系に着目した。二次元系は、その極薄構造から、周環境との相互作用および曲げによる対称性・電子状態制御を行う格好の場となる。さらに、極薄構造は容易にエッチングして細くすることが可能であるため、その形状制御を通じた対称性の制御も可能である。申請者は、典型的な二次元系である遷移金属ダイカルコゲナイド(TMD)を用い、複層化、曲げ、ナノリボン化、という 3 つの異なるアプローチで対称性を制御し、母体には見られない新たな物性探索を進め、以下に述べる結果を得た。

第二章では、 WS_2/MoS_2 積層構造における光起電力効果の観測を報告している。構成要素はそれぞれ C_3 軸をもっているが、積層界面では C_3 対称性が破れうる。申請者は、 WS_2/MoS_2 積層構造の二端子デバイスに対し、スポット状に絞った励起光を走査することによる光電流マッピングを行い、積層部分で特に大きな光電流が流れることを見出した。また、バイアス依存性、励起パワー依存性および波長依存性を測定し、pn 接合で見られる光起電力効果とは異なることを明らかとした。

第三章では、曲げた多層 MoS_2 の光起電力効果を観測している。申請者は、曲げを誘起するために微細加工技術を用いて基板上に突起を作製し、その上に多層 MoS_2 を貼り付けた構造を作製した。さらに、層に対して垂直な方向への光起電力効果を測定するため、多層 MoS_2 の上下にグラフェンを配置したデバイスを作製し、光起電力効果の観測を行った。その結果、曲げが入っている領域で大きな光起電力効果を観測することに成功した。

第四章では、幅を細くりボン状に加工した多層 MoS_2 を対象に光起電力効果を観測した。申請者は、切り出し方向を選ぶことで、多層 MoS_2 リボンが反転・回転対称性を同時に破る構造を作製し、第二、三章と同様の手法を用いて光起電力効果が出現することを確認した。

上記のように、二次元系を母体として対称性の制御、とくに反転対称性および回転対称性を破るという普遍的なアプローチで光起電力効果を引き出せることを明確に示している。以上より、申請者は博士（理学）の学位を授与される資格があるものと認められる。