

氏名	上杉 英里
授与した学位	博士
専攻分野の名称	理学
学位授与番号	博甲第5538号
学位授与の日付	平成29年 3月24日
学位授与の要件	自然科学研究科 地球生命物質科学専攻 (学位規則第4条第1項該当)
学位論文の題目	Study on novel physical properties induced by electrostatic carrier doping of two-dimensional layered materials (二次元層状物質への静電的キャリアドーピングによる新規物性の開拓に関する研究)
論文審査委員	教授 久保園芳博 准教授 大久保貴広 教授 横谷尚睦 准教授 小林夏野

学位論文内容の要旨

Electrostatic carrier doping has attracted much attention during a past decade because of a successful achievement to induce the novel physical properties. Furthermore, an electronic device based on electrostatic carrier doping, *i.e.*, field-effect transistor (FET) is a core element of modern electronics, and the progress of performance of FET device is a very significant task from technological point of view. Therefore, the study on electrostatic carrier doping is one of the most fascinating and significant research subjects from viewpoint of both science and technology. Throughout a whole of this thesis, the author reports transport properties of various interesting materials which are electrostatically carrier-accumulated. The final goal of this study is to clarify and detect the interesting physical and electronic properties of various low-dimensional materials using the FET technique. The author aims to tune the physical and electronic properties of the materials using field-effect carrier doping, and to induce novel physical properties, in particular superconductivity.

In chapter 3, the author reports FET properties of one of the ideal 2D layered materials, $\text{Mo}(\text{Se}_{1-x}\text{Te}_x)_2$, which showed polarity switching in FET operation with increasing x . In chapter 4, the FET properties of a new class of low-dimensional Bi compounds, Bi_2CuO_4 and LaOBiS_2 , are reported, verifying the successful electron accumulation in LaOBiS_2 using FET with electric-double-layer (EDL) capacitor. This is the preliminary work for the electrostatically induced superconductivity observed in LaOBiS_2 which is described in chapter 5. In chapter 6, the author applied the EDL FET technique for topological insulator which is one of the most attractive quantum materials. In chapter 7, the author proposed a new type of EDL FET device utilizing graphene edge. The FET characteristics clearly depended on the edge-form of graphene, *i.e.*, the zigzag-edge graphene FET provided a conductance peak around a charge neutrality point which is assigned to the singular electronic state.

論文審査結果の要旨

上杉英里氏の学位論文は、電界効果キャリアドーピングの手法によって、二次元層状物質において新規な電子状態ならびに物性を誘起することについて記載されている。上杉氏は、超伝導が発現されていない一次元銅酸化物や、最近発見された BiS_2 伝導層を有する LaOBiS_2 単結晶に対して、電界効果キャリアドーピングを可能とするようにデバイス設計して、 LaOBiS_2 については、高濃度の電子を電界効果によりドーピングして超伝導転移を誘起した。このとき、高濃度の電子をドーピングするために、イオン液体を使って電気二重層をキャパシタとする電界効果トランジスタ(FET)デバイスを作製している。さらに、従来の範疇で区分することのできない新しい物質であるトポロジカル絶縁体に対して電界効果フェルミレベル制御を行った。対象とした三次元トポロジカル絶縁体である Bi_2Se_3 に対して、原子置換によってフェルミレベルをシフトさせるとともに、電界効果キャリア注入の手法でもフェルミレベル制御を達成した。 Bi_2Se_3 に代表されるトポロジカル絶縁体は、ギャップレスの表面状態と絶縁体的なバルク電子状態を有するが、多くの物質でフェルミレベルが、表面状態から離れたバルクの伝導帯にあることが知られている。これは表面状態を捉えることを困難にするため、フェルミレベルを表面状態に移動させることが重要であった。本論文では、原子置換してフェルミレベルを表面状態に移動させた後に、電界効果電子注入でバルク伝導帯にフェルミレベルを戻すことに成功している。これは、化学的キャリアドーピングと電界効果キャリアドーピングを使ったフェルミレベルの自在な制御を示したものとして興味深い。さらに、グラフェンエッジのキラリティに依存した電子状態を FET 特性によってとらえることや、新規な二次元層状物質でのチャンネルポラリティのスイッチングを見いだすなどの研究結果を得ている。これらの研究成果は、電界効果キャリアドーピングの手法を切り口にして、多様な二次元層状物質を対象として得られたものであって、固体物理学ならびに固体化学において、新たな研究の地平を切り開いたと判断されるものも含まれている。この点において、博士（理学）の学位を授与するにふさわしいと判断できる。