

所属・資格 物理学科・教授

申請者氏名 石田 浩

研究課題		トポロジカル物質のステップ欠陥における電子構造
報告の概要	研究目的 および 研究概要	トポロジカル物質相を特徴づける局在エッジ状態の電子・スピン物性が、界面欠陥であるステップ構造により、どのように変化するかを理論計算により明らかにする。本研究では、孤立したステップ構造の電子状態を、エムベディッド・グリーン関数法を用いて、一電子近似の範囲で正確に計算する方法を開発する。この方法を用いて、トポロジカル・エッジ状態が運ぶ電流・スピン流に対するステップ欠陥の影響等、興味ある問題を調べる。
	研究の結果	幅が有限、長さが半無限の2次元トポロジカル絶縁体ナノリボン電極を左右に配したナノ接合系における1次元エッジ状態電子の伝導特性を、モデルハミルトニアンとエムベディッド・グリーン関数法を用いて調べた。一方の電極内部から入射するエッジ状態電子の界面での反射透過率を、2電極間の結合の強さ（界面欠陥の度合い）とエッジ状態電子のエネルギーを変えて計算した。エッジ状態電子のエネルギーがバルクバンドギャップ中心からある閾値の範囲内では、電子は100%透過するが、その外側では透過率は0に減衰振動することがわかった。また、2つの半無限ナノリボン電極の間に長方形の領域を挟み両側の電極と弱く結合させると、長方形領域内の局在エッジ状態のエネルギーが離散化するため、閾値外側の透過率に離散的共鳴ピークが現れる。共鳴ピークの位置は長方形のサイズに依存するため、大きさの異なる複数の長方形領域を2電極間に挟むことにより、閾値外側の透過率をほぼ0にすることができることがわかった。
	研究の考察・反省	上記のように、幅が有限、長さが半無限の2次元トポロジカル絶縁体ナノリボン電極間に複数の大きさの異なる長方形の島状領域を挟み、弱く結合させることにより、バルクバンドギャップ中心からある閾値の範囲内でエッジ状態電子を殆ど透過させ（"on"状態）、外側では殆ど反射させる（"off"状態）ことができる。この動作原理を用いたトポロジカル絶縁体トランジスターの実現が期待される。実際にデバイスを実現するためには、1eV程度のバルクバンドギャップを持った2次元トポロジカル絶縁体が必要である。今後は第一原理計算により、実際の物質で同様な現象が実現可能かを調べたい。
研究発表 学会名 発表テーマ 年月日/場所  研究成果物 テーマ 誌名 巻・号 発行年月日 発行所・者	<p>※この欄は、本報告書提出時点で判明している事項についてご記入ください。</p> <p>研究発表 なし 研究成果物 H. Ishida and A. Liebsch, "Engineering edge-state currents at the interface between narrow ribbons of two-dimensional topological insulators" (投稿中)</p>	