

研究成果報告書

研究テーマ (和文) AB		トポロジカル絶縁体における量子ホール効果の普遍性検証			
研究テーマ (欧文) AZ		Universality check of the quantum Hall effect in a topological insulator			
研究氏 代 表 名 者	カナ CC	姓)ミサワ	名)テツロウ	研究期間 B	2018 ~ 2020 年
	漢字 CB	三澤	哲郎	報告年度 YR	2020 年
	ローマ字 CZ	Misawa	Tetsuro	研究機関名	産業技術総合研究所
研究代表者 CD 所属機関・職名		産業技術総合研究所 物理計測標準研究部門 研究員			
概要 EA (600字~800字程度にまとめてください。)					
<p>トポロジカル絶縁体は結晶内部において絶縁体でもあるにもかかわらず、表面は金属状態を持つ物質である。トポロジカル絶縁体の表面金属状態においてスピン分裂したディラック型のバンドを形成している。トポロジカル絶縁体のもつ特異な電子構造における輸送現象は興味深い問題であり、中でもトポロジカル絶縁体の表面における量子ホール効果の普遍性検証は今日の量子抵抗標準における重要な研究課題である。本研究では、トポロジカル絶縁体表面輸送の測定技術開発に取り組み、以下の進展を得た。</p> <p>1) トポロジカル絶縁体表面状態のフェルミ準位制御は量子ホール効果実現に不可欠な技術である。本研究では薄片化した高バルク絶縁性トポロジカル絶縁体 $\text{Sn}_{0.02}\text{Bi}_{1.08}\text{Sb}_{0.9}\text{Te}_2\text{S}$ (Sn-BSTS) 単結晶を p-Si/SiO₂ 基板上に置き、リソグラフィ加工を施しホールバーデバイスとした。ゲート電圧の印加により、薄片上面および下面の電子状態を独立に制御する技術を確立した。上面および下面のそれぞれにおいて、符号の反転を伴うホール係数の大幅な変調が観察された。この結果は電荷中性点を超えフェルミ準位が制御されたことを示しており、量子ホール効果の実現へ向け大きく進展した。</p> <p>2) トポロジカル絶縁体は全ての表面が電気伝導を担うため、ホールバー素子を用いた測定で複雑な電流分布が生じ、正確な輸送特性評価を行うことが難しい。本研究では同心円状の電極構造をもつコルビノ型素子構造 Sn-BSTS 薄片の表面に作製し、単一表面における伝導測定の実現を目指した。数値シミュレーション及び現象論的モデル解析により、単一表面伝導が実現することを実証した。</p>					
キーワード FA	トポロジカル絶縁体	量子ホール効果	キャリア制御	計測標準	

(以下は記入しないでください。)

助成財団コード TA					研究課題番号 AA								
研究機関番号 AC					シート番号								

発表文献（この研究を発表した雑誌・図書について記入してください。）									
雑誌	論文標題 ^{GB}	Dual-gate control of the surface carriers of the highly-bulk-resistive topological insulator $\text{Sn}_{0.02}\text{Bi}_{1.08}\text{Sb}_{0.9}\text{Te}_2\text{S}$							
	著者名 ^{GA}	T. Misawa, S. Nakamura, Y. Okazaki, Y. Fukuyama, N. Nasaka, H. Ezure, C. Urano, N.-H. Kaneko, and T. Sasagawa	雑誌名 ^{GC}	Journal of Physics: Condensed Matter					
	ページ ^{GF}	405704~	発行年 ^{GE}	2	0	2	0	巻号 ^{GD}	Vol. 32, No. 40
雑誌	論文標題 ^{GB}	Single-surface conduction in a highly bulk-resistive topological insulator $\text{Sn}_{0.02}\text{Bi}_{1.08}\text{Sb}_{0.9}\text{Te}_2\text{S}$ using the Corbino geometry							
	著者名 ^{GA}	T. Misawa, S. Nakamura, Y. Okazaki, Y. Fukuyama, N. Nasaka, H. Ezure, C. Urano, N.-H. Kaneko, and T. Sasagawa	雑誌名 ^{GC}	Applied Physics Letters					
	ページ ^{GF}	033102~	発行年 ^{GE}	2	0	2	1	巻号 ^{GD}	Vol. 118, No. 3
雑誌	論文標題 ^{GB}								
	著者名 ^{GA}		雑誌名 ^{GC}						
	ページ ^{GF}	~	発行年 ^{GE}					巻号 ^{GD}	
図書	著者名 ^{HA}								
	書名 ^{HC}								
	出版者 ^{HB}		発行年 ^{HD}					総ページ ^{HE}	

欧文概要^{EZ}

A topological insulator has metallic surfaces, while it is insulating inside bulk. The surface carriers form a spin-split Dirac band. Due to the unique electronic structure, the transport properties of a topological insulator are of major interest. In particular, the test on the universality of quantum Hall effect in topological insulators is an important subject in quantum metrology. In this research, we developed methods for precise measurement of surface transport of a topological insulator.

1. Control of the fermi level is an essential technique for realizing the quantum Hall effect. In this research, we thinned a single crystal of $\text{Sn}_{0.02}\text{Bi}_{1.08}\text{Sb}_{0.9}\text{Te}_2\text{S}$ (Sn-BSTS), fixed on a p-doped Si/SiO₂ substrate and fabricated a Hall bar device with the standard EB lithography method. We succeeded in controlling the electronic state of the top and bottom of the Sn-BSTS flake by applying gate voltages. On each surface, a large modulation of the Hall coefficient with sign change was observed. This result suggests that the fermi level was controlled across the Dirac point on the top and bottom surfaces.

2. Since every surface of a topological insulator contributes to electric conduction, complicated current flow distribution occurs in the usual Hall bar configuration. To realize and measure the single-surface conduction, we formed a Corbino geometry, which consists of concentric electrodes on a Sn-BSTS flake. With the help of a numerical simulation and a phenomenological analysis, we demonstrated the realization of the single-surface conduction.