

STM/STS を用いたトポロジカル絶縁体 BiSbTeSe_2 電子構造の評価

STM/STS on the electronic structures of BiSbTeSe_2

筑波大[○]細見 友香, 吉田 昭二, 武内 修, 鈴木 悠介, 門脇 和夫, 重川 秀実,
Univ. of Tsukuba,[○] Yuka Hosomi, Shoji Yoshida, Osamu Takeuchi, Yusuke Suzuki,
Kazuo Kadowaki, Hidemi Shigekawa,
Email:s1520364@tsukuba.ac.jp

BiSbTeSe_2 (BSTS 図 a)は量子ホール効果¹⁾など、3D トポロジカル絶縁体が本来持つべき特性を実現できる系として近年注目されている。トポロジカル絶縁体(Topological Insulator = TI)は、バルク内部は絶縁状態だが表面ではディラックコーンと呼ばれるギャップのない特異的なバンド構造を持つ物質で、表面を流れるスピン流が輸送特性を支配する。このようなトポロジカル絶縁体特有の性質は高速素子の実現などエレクトロニクスへの応用が期待されている。しかし、 Bi_2Se_3 などの実際の TI では、欠陥・不純物ドーピングによってバルクの絶縁性が低く、フェルミレベル位置をバンドギャップ外に大きくシフトするなどの問題により、理想的な TI の特性を実現することが難しいとされてきた。一方、 $\text{Bi}_{2-x}\text{Sb}_x\text{Te}_{3-y}\text{Se}_y$ では Sb や Te の置換によってこれら欠陥や不純物の影響を補償することが可能となった。しかし、合金化による結晶性の低下や不均一な電子状態の形成が新たに懸念されており、これまで試料の品質が悪かったこともあり、詳細が明らかになっていなかった。そこで本研究では、条件を制御して成長させた試料に対し極低温 STM/STS を用いて 2K の低温下で BSTS 表面電子状態を評価した。

大気から超高真空チャンバー内導入した試料は低温サンプルステージを使用して約 40K まで緩やかに冷やした状態で劈開し、清浄な表面を得た。図 a は BSTS の結晶構造で、 $\text{Bi}_{2-x}\text{Sb}_x / \text{Te}_{3-y}\text{Se}_y$ 、それぞれの層が 2 成分系合金の 2D 六方格子で形成されおり、劈開によって Te/Se 面が表面に露出する。図 b は測定された Te/Se 面の STM 像であり、図中の表面凹凸は合金の電子状態を反映したものと考えられる。次に図 c に示した dI/dV 極小値(0.04V)から求まるディラック点(DP)は E_F より高く、BSTS は p 型であることが分かる。この DP 位置を空間的にマッピングすると(図 d)、DP 位置に 20nm スケールの空間揺らぎが存在することが分かった。揺らぎの振幅は他合金試料に比べて小さく、かつ空間的にも緩やかであり、BSTS 試料が従来よりも空間的に均一性の高い電子状態を有することが確認された。

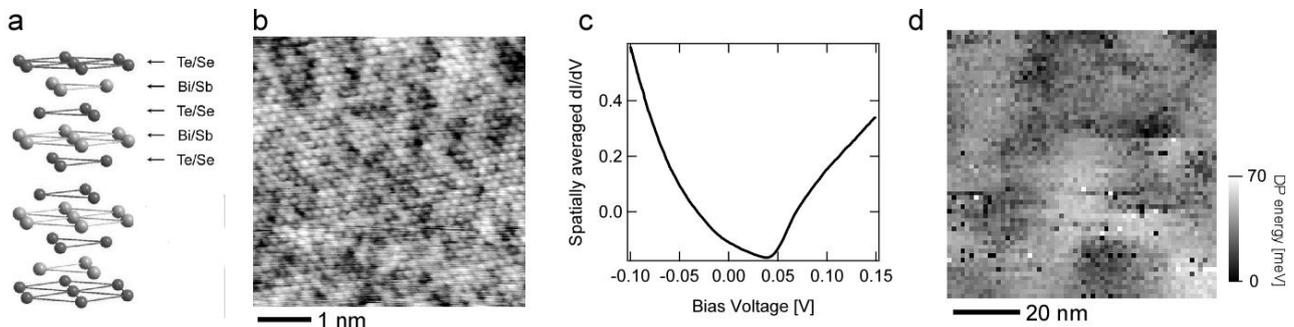


図 (a) BiSbTeSe_2 の結晶構造 (b) BSTS の STM 像 (c) 平均 dI/dV スペクトル
(d) 空間分解 STS スペクトルより得られた DP エネルギーのナノスケール変動

1) Y.Xu, I.Miotkowski, C.Liu, J.Tian, H.Nam, and N.Alidoust, Nat.Phys.10, 956-963 (2014)