

CaF₂ 上における Bi₂Te₃ 超薄膜の成長と電子物性

Growth and electronic properties of ultrathin Bi₂Te₃ films on CaF₂

京大院理 [○]八田 振一郎, 檜垣 慎平, 奥山 弘, 有賀 哲也

Kyoto Univ. [○]Shinichiro Hatta, Shinpei Higaki, Hiroshi Okuyama, Tetsuya Aruga

E-mail: hatta@kuchem.kyoto-u.ac.jp

Bi₂Te₃ は熱電材料やトポロジカル絶縁体としてよく知られている化合物である。それぞれ三角格子をなす 5 つの原子層の組 (Te-Bi-Te-Bi-Te, quintuple layer: QL) が、弱いファンデルワールス結合によって積層した結晶構造をもつことから、層状化合物の一種である。この構造的な特徴は薄膜成長に有利であり、さらに、これを利用して原子レベルでシャープなヘテロ構造を作製する物性研究も非常に多く行われている。一方、薄膜を別の結晶基板上に作製する場合、基板表面の対称性によって複数の等価なドメインが成長することが多い。それぞれのドメインのサイズが十分大きい場合には、マルチドメインであることは物性評価の障害とはならないが、トポロジカル表面状態の輸送現象のように 2 次元かつ異方性がある現象の理解には妨げとなる。Bi₂Te₃ 薄膜について、格子定数が近い BaF₂ 単結晶基板上ではシングルドメイン成長が報告されているが[1]、その他の基板についてはあまり調べられていない。最近、我々のグループで行った Bi 終端 Si(111) 基板を用いた場合にはダブルドメイン成長であった[2]。

本研究では、Si(111)基板上に作成した CaF₂ 薄膜を基板として Bi₂Te₃ を真空蒸着法により成長させた。CaF₂ は Si(111)表面にシングルドメインで成長し、なおかつ最表面はダングリングボンドをもたない。ただし、Bi₂Te₃/CaF₂ の格子不整合は 14% 近くある。この薄膜の成長をまず低速電子回折法 (LEED) で調べた。Bi₂Te₃ に由来するスポットは膜厚が 1QL を超えるあたりから観測され、(111)配向ではほぼバルクの格子定数であることが確認された。LEED の I-V 測定を行った結果、スポット強度のパターンは明確に 3 回対称であった。すなわち、Bi₂Te₃ はシングルドメインで成長した。5QL 程度までの範囲において、Bi₂Te₃ 薄膜のスポット強度は膜厚とともに強くなり、またシャープになった。これらの薄膜に対して角度分解光電子分光法 (ARPES) による電子状態測定を行い、電子構造においても 3 回対称を確認した。また、フェルミ準位付近において伝導帯バンド (CB) が観測されたことから、薄膜は n 型ドーピングされたものと分かった。CB と 4QL 以上でトポロジカル表面状態となるバンドによる電気伝導を、試料を超高真空中に保ったまま 4 端子法により測定した。膜厚 2QL 以上の場合、抵抗率は室温から 30K 付近まで温度に比例して減少する金属伝導の特徴を示した。一方、膜厚 1QL では抵抗率が 1 桁以上大きく、金属伝導は観測されなかった。本講演では、このような電気伝導の膜厚依存の原因および Si(111)上のダブルドメイン薄膜との比較を行う。

[1] K. Hoefer *et al.*, *Proc. Natl. Acad. Sci.* **111**, 14979–14984 (2014).

[2] S. Hatta *et al.*, *Sci. Rep.* **11**, 5742 (2021).