Annual Meeting of the Japan Society of Vacuum and Surface Science 2020

CaF_2(111)表面上に成長させた Bi_2Te_3 超薄膜の電子物性

○八田 振一郎，檜垣 慎平，奥山 弘，有賀 哲也
京都大学大学院理学研究科

Electronic properties of ultrathin Bi_2Te_3 films grown on CaF_2(111)

○Shinichiro Hatta, Shinpei Higaki, Hiroshi Okuyama and Tetsuya Aruga
Graduate school of Science, Kyoto University

Bi_2Te_3は三次元トポロジカル絶縁体の一種であり、結晶構造が Te と Te の二次元三角格子が相対するファンデルワールス（vdW）界面をもつことから層状物質でもある。そのため、様々な薄膜作製手法によって薄膜化やヘテロ構造の作製が高い結晶性で得られている。薄膜化は、表面間相互作用によってトポロジカル表面状態（TSS）が壊れる限界膜厚の調査[1]やバルク伝導の寄与を抑制し、TSS による伝導が支配的とする[2]目的で行われている。最近、我々のグループでは、Bi_2Te_3を Si(111)基板上で Te-Bi-Te-Bi-Te で構成される最小単位、1 quintuple layer（QL）から layer-by-layer で成長させることに成功した[3]。さらに、1 QL と 2 QL の超薄膜の電子状態および電気伝導度を測定し、vdW 界面に局在する 2 次元電子状態が非常に高い移動度を示すことを見出した。一方 TSS による伝導はそれより小さいことが示唆された。その要因の一つとして、作製した膜が逆向きのスタッキングが共存するダブルドメイン構造を有していることが挙げられる。そこで、シングルドメインで Bi_2Te_3を成長させることができる基板として、ダングリングボンドをもたない CaF_2(111)表面を用いることにし、Bi_2Te_3の成長および物性を調べた。

CaF_2(111)表面は Si(111)上に約 1 nm（3 層分）、エピタキシャル成長させることにより得た。400 K 程度に保持した CaF_2(111)表面に Bi_2Te_3 蒸着し、低速電子回折（LEED）、角度分解光電子分光法（ARPES）、4 端子電気伝導測定をすべて in situ で行った。作製された Bi_2Te_3超薄膜の LEED パターンは 3 QL 以上で明確に 3 回対称を示した。LEED *I-V* 測定も行い、(10)と(01)スポットの強度比から少数ドメインの割合は高々9%と見積もられた。また ARPES による価電子帯バンドの k 空間マップも三回対称のパターンを示した。これらのことから、Bi_2Te_3はシングルドメイン成長することが確認できた。ARPES では、5 QL までの Bi_2Te_3薄膜についてバンド構造の変化を測定し、バンド計算と比較した。また、同じく膜厚 5 QL までの範囲で電気伝導度の温度依存性を測定した。2 QL 以下では金属状態が存在しているにもかかわらず、金属伝導が観測されなかった。この原因は、膜厚にばらつきがあり、ドメイン間のギャップによって伝導パスがマクロにつながっていないことが挙げられる。一方、3 QL 以上では Si 基板上の Bi_2Te_3よりも高い伝導度が測定された。講演では、伝導度と電子状態の関係についてくわしく考察する。

参考文献

1) Y.–Y. Li *et al.*, Adv. Mater. **22**, 4002 (2010).
2) K. Hoefer *et al*, Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A. **111**, 14979 (2014).
3) S. Hatta, *et al.*, Sci. Rep. **11**, 5742 (2021).

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

©公益社団法人 日本表面真空学会