PLD 法による単相 Bi_2Te_3 薄膜の作製に向けた成長条件の検討

Study on growth condition of single domain Bi_2Te_3 by pulsed laser deposition

NTT 物性基礎研　°田中　祐輔、国橋　要司、眞田　治樹、尾身　博雄、俵　毅彦、小栗　克弥、後藤　秀樹

NTT Basic Research Lab., °Yusuke Tanaka, Yoji Kunihashi, Haruki Sanada, Hiroo Omi, Takehiko Tawara, Katsuya Oguri, and Hideki Gotoh

E-mail: yuusuke.tanaka.dy@hco.ntt.co.jp

トポロジカル絶縁体はバンドギャップ中にディラック錐状の表面金属状態を有する特異な絶縁体である。特に、近年ではトポロジカル絶縁体と磁性体とのヘテロ構造における量子異常ホール絶縁相の発見に代表されるような他材料との近接効果による様々な物性発現を目指した研究が盛んに行われている[1, 2]。このようにトポロジカル絶縁体薄膜と異種材料のヘテロ構造はさらなる新奇物性の発見が期待される材料系であるが、その作製にはトポロジカル絶縁体薄膜の単相化が極めて重要である。トポロジカル絶縁体と基板はファンデアワールス結合しているため、面内方向に複数の異なるドメインを形成することが知られており、これを克服するための成長条件探索が分子線エピタキシー法やスパッタ法を用いて行われてきた[3]。一方、これらの成長方法と比較して高い材料選択の自由度やターゲット組成を保ったまま成長できるメリットを有するパルスレーザー堆積(PLD)法ではこれまで単相のトポロジカル絶縁体を成長したという報告はない。

本研究では PLD 装置によって Bi_2Te_3 薄膜を成長しシングルドメイン化に向けた成長条件の最適化について検討した。レーザーのエネルギーを一定として、基板材料や基板温度(T_s)、アルゴン圧力(P_{Ar})などの条件を変化させて成長して、XRD による結晶性の評価と AFM による表面構造の評価を行った。図 1 に P_{Ar} = 5 Torr, レーザーエネルギー200 mJ、周波数 3 Hz のもと T_s = 320, 360℃で成長した Bi_2Te_3 薄膜の AFM 像を示す。それぞれの成長温度において 1 QL (= quintuple layer)に対応したステップを明瞭に観測した。高温で作製した試料については、低温で観測された多数のドメイン生成が抑制され、シングルドメインに近い構造が実現できていることが分かった。講演では、基板温度、アルゴン圧などを変数とした Bi_2Te_3 薄膜の成長条件の最適化について報告する。

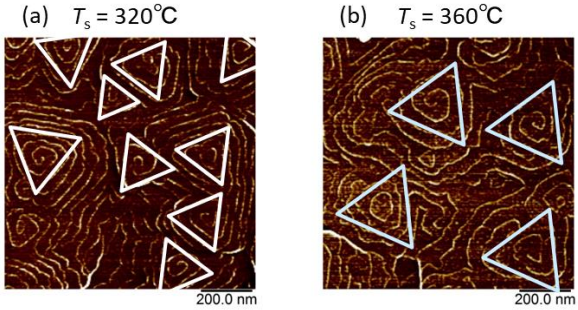

図 1. 基板温度 T_s = 320℃(a), 360℃(b)で成長した Bi_2Te_3 の AFM 像。図中の三角形で示したように T_S = 320℃では面内方向に回転した複数のドメイン構造が存在するが、360℃においては単一のドメイン構造が観測された。

[1] M. Mogi *et al.*, Nature Mat. **16**, 516 (2017). [2] M. Mogi *et al.*, Science Adv. **3**, eaao1669 (2017). [3] N.V. Tarakina *et al.*, Adv. Mater. Interfaces **1**, 1400134 (2014).