

テラヘルツ表面プラズモン共鳴バイオセンサ応用に向けた トポロジカル絶縁体薄膜の物性評価

Thin Films of Topological Insulator for Terahertz SPR Bio-Sensor Application

東大院工¹ ○(M1)杉本雛乃¹, 田畑 仁¹

¹School of Engineering, University of Tokyo ○Hinano Sugimoto¹, Hitoshi Tabata¹

E-mail: sugimoto@bioxide.t.u-tokyo.ac.jp

1. 序論

テラヘルツ帯域(0.1~10THz)には、分子間振動に起因する数多くの重要な振動モードが存在し、生体関連分子系における特異結合状態を蛍光分子修飾無しに直接観測できるポテンシャルがある[1]。しかしバイオセンサ応用において、テラヘルツ波の光エネルギーが室温(約 25meV)に対して小さく、また高次構造ゆらぎに起因するブロードなピークが課題となっており、表面プラズモン共鳴を使ってピーク強度を増幅することが必要不可欠である。

我々はこれまで酸化物半導体を用いてキャリア数や有効質量を制御することで、分子内結合の振動モードが存在する近赤外線帯域に共鳴周波数をデザインした近赤外線プラズモンの共鳴分光(近赤外光プラズモニクス)研究を実施してきた。これにより分子内振動との共鳴による信号増強と表面プラズモンによる相乗効果により、通常 SPR より 100 倍以上の高感度化を実現した[1,2]。

今回、テラヘルツ (THz) 帯域の表面プラズモン共鳴に着目した。THz 域でプラズモン共鳴が発生する物質としては、主にグラフェンやトポロジカル絶縁体、メタマテリアルがあげられる。しかしトポロジカル絶縁体は、未だ実験的には証明されていない。またトポロジカル絶縁体はこれらの中で唯一スピン情報を持つため、磁性センサの組み合わせの応用の幅も考えられ、実験的に表面プラズモン共鳴を示すことは有用である。

本研究ではトポロジカル絶縁体の中でも Bi_2Te_3 に着目し、バイオセンサ応用を目指した薄膜の構造、諸物性に関して発表する。

2. 実験と結果

本研究では、従来難しいとされていたパルスレーザー堆積(PLD)法により、サファイア基板(c 面)にエピタキシャル薄膜作製を行った。XRD と SEM-EDX による測定により、Te の方が揮発性が高いことから、化学量論的組成を持つターゲットを用いた製膜では BiTe 粒子が Bi_2Te_3 膜表面に付着することが分かった。そのため、ターゲットの組成を変化させ ($\text{Bi}_2\text{Te}_x, x=3,4,5,6,7,8$)、構造評価を XRD と SEM を用いて行った。ImageJ による SEM 画像解析から、 $x \geq 5$ で BiTe 粒子の表面積の割合が全体の 2%程度となった。(図 1)

分光エリプソメトリ測定により、可視・近接光領域では 3-6 という非常に高い屈折率が見られた。また Bi_2Te_3 は、Bi-rich の場合 p 型に、Te-rich または組成比通りの場合は n 型になるとされているが[4]、本研究で作成した薄膜は n 型であった。発表では他各物性についても紹介する。

<参考文献>

- [1]Y.Kawabe et al., Appl.Phys.Lett. 108 (2016) 081103.
- [2]H.Matsui et al., Adv.Optical.Mater., 2 (2014) 522.
- [3]H.Matsui et al., ACS Appl.Nano Mater.2 (2019) 2806 and 1 (2018) 1853.
- [4] C. Sudarshan et al., Thin Solid Films 672 (2019) 165–175

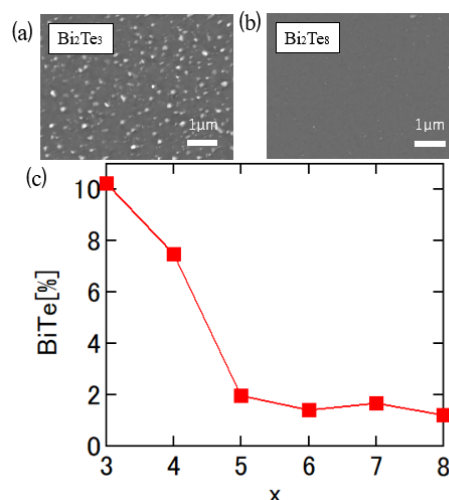


Fig. 1 (a)(b) SEM images of thin films from respective targets (c) Area ratio of BiTe