

非標識バイオ検出に向けた トポロジカル絶縁体 Bi_2Se_3 のテラヘルツ波局在表面プラズモン共鳴 Terahertz Local Surface Plasmon Resonance of Topological Insulating Bi_2Se_3 for Non-labeling Bio Sensor Application

東大院工¹ ○(M2)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

生化学分析において、非標識(ノンラベリング)による特異結合の直接計測は迅速な診断評価を可能とする極めて有望な手法である。特に昨今新型コロナウイルスが猛威を振るう中、ウイルス検査においてその需要が急速に高まっている。

表面プラズモン共鳴法(SPR)は、高感度表面敏感な分析手法として現在広範囲に利用されているが、分子種・結合種の特定といった定性分析は難しい。一方テラヘルツ(THz)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可能である[1]。しかし、通常 THz 波の光エネルギーは室温(約 25meV)に対して小さく高次構造のゆらぎもあるため、ピークがブロードになり医療应用到に耐える感度を持たない。そこで、抗原-抗体結合などの分子間結合エネルギーに対応する振動帯域である THz 光による表面プラズモンにより、結合種と選択的な共鳴励起による特異結合の信号増強効果による高感度化を目指す。

THz 帯域において表面プラズモン共鳴励起が期待される物質として、ディラック電子系のトポロジカル絶縁体に着目した。従来型 SPR で用いられている金属(金、銀等)とは異なり、ディラック電子系で質量ゼロの相対論的フェルミ粒子であり、極めて高い電子移動度とフェルミレベル付近の線形変化(ディラックコーン)により、高感度センシングが期待される。しかしながら、トポロジカル絶縁体に関する研究は計算的予測に関するものが主であり、実験的な研究がほとんど発表されておらず未だ萌芽的である[2]。本研究ではトポロジカル絶縁体の中でも Bi_2Se_3 に着目し、ナノアレイ構造を用いることによって局在表面プラズモン共鳴の発生の観測を行った。

2. 実験と結果

本研究では、パルスレーザー堆積(PLD)法により、サファイア基板(c 面)上に膜厚 200[nm]の Bi_2Se_3 エピタキシャル薄膜作製を行った。XRD 測定からシャープな(0 0 3n)ピークが見られ、不純物のない単結晶薄膜の生成に成功したと考えられる(図 1)。また、SEM-EDX 測定より Bi:Se 原子数比は 1.509 であり、化学量論組成に近い Bi_2Se_3 となっていることが分かった。

続いて、図 2 で示したようなナノアレイ構造を、フォトリソグラフィを用いて作製した。その際、 SF_6 でのエッチングを行った。なお、アレイ幅 $W=32,48,64[\mu\text{m}]$ の 3 種類作製した。

図 2 に示すように、 Bi_2Se_3 のナノ構造の THz 透過率を測定したところ、アレイ幅が大きくなるにつれ低周波数側でわずかながらも透過率低下が起これ、これらは局在表面プラズモン共鳴の発生によるものだと考えられる(図 2)。しかし、併せて実施した FDTD シミュレーションによる局在表面プラズモン発生周波数とは完全に一致しなかった。これは、エッチング精度等を含め試料のクオリティ等が原因と考えられる。

<参考文献>

- [1] Y. Kawabe et al., Appl. Phys. Lett. 108 (2016)
[2] M. Autore, et al., ACS Photonics (2015)

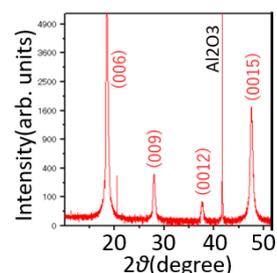


図 1 Bi_2Se_3 の XRD 結果

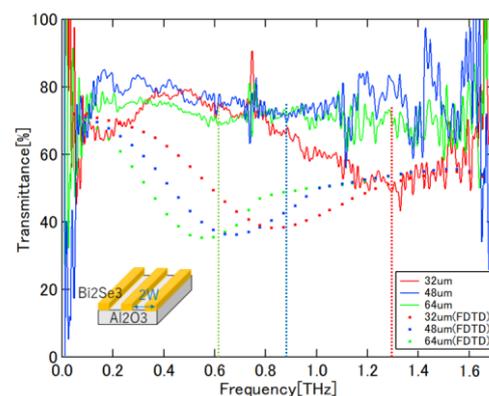


図 2 Bi_2Se_3 構造と THz 直線偏光の透過率