

ディラック電子系-トポロジカル絶縁体 Bi_2Se_3 の THz-SPR による 特異的分子間結合の非標識検出

Non-labeling Detection of Specific Intermolecular Bonding

Using THz-SPR of Dirac Electron System-Topological Insulating Bi_2Se_3

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@biooxide.t.u-tokyo.ac.jp

1. 序論

テラヘルツ帯域(0.1~10 THz)には、分子間結合に起因する数多くの重要な振動モードが存在する。このため、生体関連分子系における特異的分子間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]。

本研究では、近年観測が報告されている[2]トポロジカル絶縁体によるテラヘルツ帯域 SPR 法を用いて、生体関連特異的分子間結合の非標識検出を目指す。トポロジカル絶縁体によるテラヘルツ帯域 SPR 法の大きな特長として、分子間振動共鳴と表面プラズモン共鳴の二つの共鳴現象の相乗効果があげられる。従来、高感度表面敏感な検査法として利用されてきた可視光域 SPR 法は、分子種・結合種の特定といった定性分析は難しかったが、分子間振動を直接観測可能なテラヘルツ波技術と、フェルミレベル近傍のディラックポイントで直線的かつ急峻な電子状態密度変化を示すトポロジカル絶縁体との融合により、従来のセンシング技術にない高感度・非標識センシングの実現が期待できる。本発表では、生体関連分子の中で比較的強い結合をもつ、アビジン・ビオチン特異結合に関しての検出実験を紹介する。

2. 実験と結果

パルスレーザー堆積 (PLD) 法を用いてサファイア基板上に Bi_2Se_3 薄膜を製膜し、フォトリソグラフィにより幅 $W = 64 \mu\text{m}$ の Bi_2Se_3 マイクロリボン構造を作製した。テラヘルツ直線偏光をマイクロリボンに垂直に透過させると、0.6 THz 付近で透過率低下が見られ、表面プラズモン共鳴の発生を確認した。

まず、HABA/アビジン混合物に、様々な濃度のビオチン溶液を添加し、ビオチン濃度 0-50 M の HABA/アビジン/ビオチン混合溶液を調整した。HABA/アビジン複合体は 500 nm に吸収ピークを持つことを利用して、ビオチン濃度 0-10 M の混合溶液に関して、紫外・可視・近赤外分光光度計を用いて結合を確認した。

1 cm 角程度の正形状の親水性 PVDF メンブレン膜の側面に試料(2 μL)を滴下した。液滴は直径 6 mm 程度まで広がった。膜を 2 時間以上乾燥させたのち、 Bi_2Se_3 マイクロアレイ構造に密着させた後、垂直方向のテラヘルツ直線偏光の透過率を測定した。

アビジン濃度は 6.552 μM であり、アビジン 1 分子に対してビオチンは 4 分子が特異結合するので、理論的にはビオチン濃度約 26 μM ですべての特異結合が占有され、それ以上の濃度ではアビジン・ビオチンの結合数変化は生じないはずである。図 1(b)(c)を見ると、結合飽和濃度以下の、ビオチン濃度が 0.1 μM から 25 μM のとき、共鳴振動数は線形的に低周波数側へシフトしており、結合飽和濃度を越えた 25 μM 以上では、共鳴振動数は変化していない。これは、THz-SPR 測定における共鳴振動数が、特異的分子間結合を非標識で検出可能であることを示唆すると思われる。

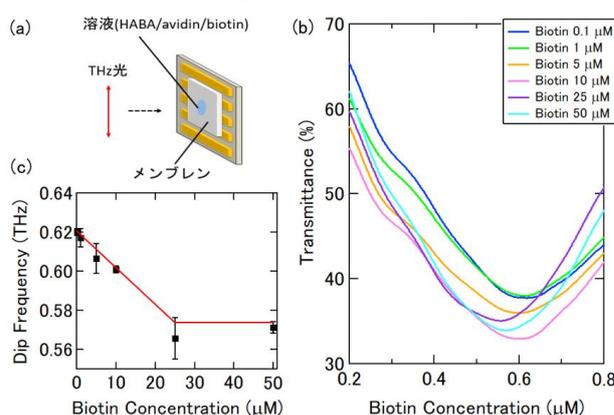


図 1 (a)実験の概略図 (b) 各メンブレン/ Bi_2Se_3 マイクロリボンのテラヘルツ透過率 (c) 共鳴振動数のビオチン濃度依存

<参考文献>

- [1] S. Kawabe, M. Seki, and H. Tabata, *Appl. Phys. Lett.*, vol. 108, no. 8, p. 081103, Feb. 2016.
- [2] P. Di Pietro *et al.*, *Nat. Nanotechnol.*, vol. 8, no. 8, pp. 556–560, Aug. 2013.