

課題番号 : F-13-RO-0036
利用形態 : 機器利用
利用課題名(日本語) : 原子層膜の表面電気伝導の研究
Program Title (English) : Surface Electric Conduction in Atomic Layered Films
利用者名(日本語) : 竹川 大志^{1,2)}、大西純平^{1,2)}、榊原諒二²⁾、田原文哉²⁾、八木隆多²⁾
Username (English) : T. Takegawa^{1,2)}, J. Onishi^{1,2)}, R. Sakakibara²⁾, F. Tahara²⁾, and R. Yagi²⁾
所属名(日本語) : 広島大学理学部物理科学科¹⁾、広島大学大学院先端物質科学研究科²⁾
Affiliation (English) : Department of Physical Science, Hiroshima University¹⁾, Graduate School of Advanced Sciences of Matter, Hiroshima University²⁾

1. 概要(Summary)

Bi_2Se_3 などのトポロジカル絶縁体では、バルク絶縁体の表面にグラフェンのような線形分散をもつ Dirac 電子が形成される。バルク状態数が表面状態数に比べて圧倒的に大きいのでバルクキャリア数をゼロに限りなく近づけなければ表面状態を見ることは通常困難である。これを打開する一つの方法はサンプルの厚みを薄くすることである。そうすると、表面状態数のバルク状態数に対する比が大きくなるので表面状態観測に有利である。現在、作ることができるトポロジカル絶縁体のもっとも良質な薄膜は、機械的へき開法によるものである。この方法を用いると、実際の測定に用いることができる 30 nm 以下の薄膜は、多数ある厚い小片の中に稀にしか存在しない。そのため、薄いものを探すには、AFM などによる直接測定を行うのは不適當である。私たちは、光学的な干渉性を利用した膜厚測定を行うことで、効率よく薄い Bi_2Se_3 を見つけることに成功した。

2. 実験(Experimental)

一定の厚さをもつ誘電体基板の上に、機械的へき開法で作製した Bi_2Se_3 小片を付着させる。これに、白色光を照らした時の小片からの反射光の色を CCD で観測し、その RGB 信号の強度によって反射光の色を数値化する。小片は非常に小さい(10 μm 以下)ので、何の方策も講じないで再度同じ小片を見つけ出すのは困難である。そのため、電子線リソグラフィで微小金属のマークを基板の上に配置することで位置を明確化し、色を解析した小片と同じ小片の膜厚を原子間力顕微鏡(SPI3800)で測定を行うことで、小片の色と膜厚の関係を調べる。

3. 結果と考察(Results and Discussion)

100 nm 以上の厚さをもつ Bi_2Se_3 小片は、同軸落射の光学顕微鏡の反射像では、黄色っぽい色に見えるが、薄くなると青みを帯びてくる。CCD で検出した信号を PC 上で

RGB 信号強度を数値化することで、色を定量的に測定することができるが、像の G 信号強度の変化に着目した。これは、人の目の感度が緑の色が非常によいという特性があることを考えて G 信号変化に着目したものである。AFM を用いて測定した厚みと Bi_2Se_3 小片の反射色(G 信号の変化(任意スケール))との関係には一定の比例関係がみられた。比例関係から大きく外れたところいくつか点が存在したが、これはおそらく別の物質である可能性がある。基板上には、 Bi_2Se_3 小片とともに、機械的剥離の過程で用いた粘着テープの残留物が稀に残っていることがあり、厚みの薄いものでは青から緑色を呈している。比例関係から大きく外れたデータはこれらのであると考えられる。薄膜小片の上面から垂直に入射した光は、上面と下面の間で副祖屈折率に依存して多重反射を繰り返す。その結果、強めあう波長である反射光が小片の色として観測される。この波長が薄膜小片の厚みに依存してシフトするので、小片の厚みが一定の範囲でほぼ線形的なふるまいをされると考えられる。

今後は得られた結果を用いて素子を作製し原子層膜の表面電気伝導の研究を行う。

4. その他・特記事項(Others)

なし。

5. 論文・学会発表(Publication/Presentation)

- (1) 日本物理学会 平成25年68回年次大会 3月28日
- (2) 日本物理学会 平成25年秋季大会9月28日
- (3) 日本物理学会 平成26年69回年次大会 3月28日

6. 関連特許(Patent)

なし。