

グラフェンにおけるスピントロニクス

井上 拓哉

東北大学大学院理学研究科物理学専攻 2 年

2015 年 11 月 29 日

1 はじめに

20 世紀終わりからこれまでの間、コンピューターテクノロジーの発展には目覚ましいものがあるが、その発展は物性物理学と呼ばれる物質の性質を扱う物理学の発展によって支えられてきた。特に、半導体を用いたエレクトロニクスがその根幹を支えてきた。しかし、更なる発展を目指すためには従来の半導体やエレクトロニクスには限界があることが示唆されている。本講義においては、次世代のテクノロジーの基礎技術と深くかかわりを持つ（と研究者たちが期待している）グラフェンという従来の半導体を超える物質と、スピントロニクスと呼ばれる従来のエレクトロニクスを超える研究分野について、その紹介と自身のこれまでに得た研究成果の一部を紹介する。この講義を通して、基礎科学として（相対性論的量子力学として）面白く、また実社会にも役立つ（デバイスに適用できる）、そんな魅力的な研究テーマがあることを伝えることを目指す。

2 講演内容

2010 年、ノーベル賞の対象ともなったグラフェンと呼ばれる炭素原子が 1 枚の板状に並んだ物質は多くの研究者から関心を集められている [1]。身の回りにある普遍的な物質の中では（銅、銀など）、電子は量子力学的な方程式であるシュレーディンガー方程式に従って運動をする。一方で、グラフェンの中では、電子は相対論的量子力学的な方程式であるディラック方程式に従って運動をする。そのため、グラフェンの中の電子はクライントンネリング（相対論的なトンネル効果）に代表される、通常物質や常識では考えられないような性質を有する [2]。

2007 年、ノーベル賞の対象となった巨大磁気抵抗効果に代表されるスピントロニクスも多くの研究者から関心を集められている（こう書いていると自分はミーハーなのかと思う）。電子は電荷と呼ばれる電気的な性質と同時に、スピンと呼ばれる小さな磁石としての性質

も持ち合わせている。従来のエレクトロニクスでは、その電気的な性質のみを制御していたが、スピントロニクスはその磁気的な性質も同時に制御することを目指す分野である [3]。本講義では、グラフェンについて、その性質を相対論的量子力学と絡めて紹介する。また、スピントロニクスについて、電子のスピンが重要な役割を持つ物理現象と、それを利用したデバイスの紹介を行う。最後に、グラフェンとスピントロニクスを合わせた時に、どのようなことが起きるのか最先端の研究の一部を紹介する。

参考文献

- [1] http://www.nobelprize.org/nobel_prizes/physics/laureates/2010/press.html (ノーベル財団が 2010 年ノーベル物理学賞発表の際に作成したグラフェンに関するプレスリリース。)
- [2] 若林 克法 (2010) . グラフェンの電子物性とナノスケール効果 (講義, 第 56 回物性若手夏の学校 (2011 年度))
- [3] 齋藤 英治・村上 修一 (2014) . スピン流とトポロジカル絶縁体 共立出版