

グラフェンの格子ひずみによる擬似磁場効果

Effect of strain-induced pseudo magnetic fields on graphene electron transport

筑波大数理物質¹, JST さきがけ² ○神田 晶申¹, 友利 ひかり^{1,2}

Univ. Tsukuba¹, PRESTO-JST² ○Akinobu Kanda¹, Hikari Tomori^{1,2}

E-mail: kanda.akinobu.gm@u.tsukuba.ac.jp

炭素原子の単層六方格子であるグラフェンの中の電子は、低エネルギー領域ではディラックハミルトニアンで記述されることが知られている。グラフェンに格子ひずみがある場合には、炭素原子間の飛び移り積分の異方性を最近接炭素原子について考慮すると、ディラックハミルトニアンに1つの項が付け加わる。その位置はベクトルポテンシャルの位置と同じであることから、格子ひずみによって電子は実効的なベクトルポテンシャル \mathbf{A} を感じる、とみなすことができる。また、磁場とベクトルポテンシャルの間には、 $\mathbf{B} = \text{rot } \mathbf{A}$ の関係があるから、ひずみの空間変化があると、電子は「擬似磁場」を感じるようになる。例えば、CVD 成長したグラフェンに自然に生じるナノスケールのバブル構造上で、擬似磁場によるランダウ準位が観測されている。擬似磁場の大きさは 300 テスラ以上に達する[1]。擬似磁場はグラフェン中の K 点の電子と K' 点の電子について逆向きにかかるので、時間反転対称性が保たれるという特徴を持つ。

グラフェンの格子ひずみの空間分布を設計することで、生じる擬似磁場をうまくコントロールすると、グラフェンの物性や電気伝導を変化させたり、従来のマグネットでは実現不可能な局所高磁場下の実験をすることが可能となる。我々は、格子ひずみによってグラフェンに伝導ギャップ (バンドギャップ) を生成することを目的として研究を行っている。

格子ひずみを利用してグラフェンに伝導ギャップを生成する手法として、これまでに2種類が提案されている[2,3]。1つは、局所的な擬似磁場による電子のサイクロトロン運動を利用する方法[2] (Fig. 1) であり、もうひとつは、ひずみ超格子によるバンド構造の変調を利用する方法[3](Fig. 2)である。我々はこれまでに、グラフェン電界効果トランジスタ構造において、それぞれの手法で生じた伝導ギャップを観測することに成功した。ただし、その大きさは数 meV と大変小さいものである。講演では、擬似磁場効果の詳細と伝導ギャップ生成の方法、伝導ギャップを大きくするための方策について議論する。

[1] N. Levy, et al., Science 329, 544 (2010).

[2] V. M. Pereira and A. H. Castro Neto, Phys. Rev. Lett. 103, 046801 (2009).

[3] F. Guinea et al., Nat. Phys. 6, 30 (2010).

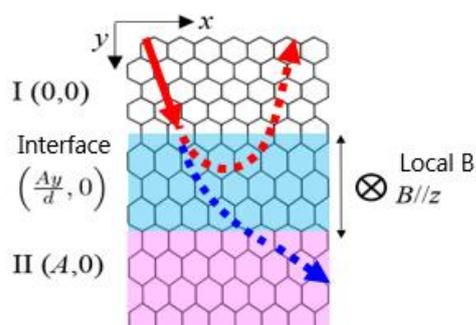


Fig. 1: Reflection of electrons with local pseudo magnetic field.

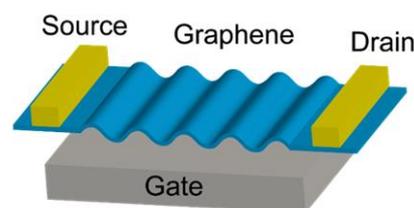


Fig. 2: Schematic of a graphene FET with periodic strain (strain superlattice).