

グラフェンを材料とする新規素子の 提案とシミュレーション

相馬 聡文（神戸大学大学院工学研究科・電気電子工学専攻）

2014年6月18日（水）16:00-17:30
東京理科大学 葛飾キャンパス講義棟7階 教養ゼミ室

グラフェンを初めとする二次元原子膜材料が、これまで MOSFET の材料として用いられてきたシリコンに代わる材料として注目されている。その注目の理由として挙げられるのが高移動度である事であり、これにより、遮断周波数の上昇即ちより高周波増幅回路への応用が期待される。一方、電子が二次元原子膜領域に閉じ込められている性質は、次に述べる理由により、これを論理素子材料に応用する可能性にも期待を持たせるものである。集積回路の最小構成要素である FET のナノスケールへの微細化に伴いリーク電流の発生が問題となっているが、この原因の一つは、チャンネル長が短くなるに従いその中で電子の感じるポテンシャルがゲート電圧だけでなくドレイン電圧等周囲の環境との静電的な結合によって大きく影響を受けることにある。チャンネル材料として原子膜材料を用いる事により、ゲート電圧の効果がより直接的に電子に伝わり、その制御性が向上する事が期待される。しかしながら、よく知られているようにグラフェンはそのままではバンドギャップを持たないために、論理素子材料として用いるために必要となる大きな電流のオンオフ比を実現する事が出来ない。そのため、何らかの方法でバンドギャップを生じさせ、そのオンオフ比を向上させる事が求められる。このように、将来にわたって持続的にエレクトロニクスを発展させていくためには、新規材料そのものの持つ特性の利点は生かしつつも、その弱点を克服、更に強みに変えていけるような素子制御機構を見出していくことが重要である。

最近我々はそのような新規素子制御機構探索の一部として、グラフェンにおける高移動度を活かしつつ、無ギャップに起因する小さな on/off 電流比という問題点を克服することを目的に、グラフェンへの局所的な面内歪み印加によって得られる擬似磁場効果を利用した FET の新規提案及び原子レベルシミュレーションによる性能評価を行った。この素子構造では、歪み印加領域において波数空間でフェルミ円が電流と垂直方向にシフトする効果（擬似ベクトルポテンシャル効果、あるいは歪み/無歪み界面における擬似磁場効果）を利用し、更に無歪み領域へのドーピングを行う事で、無ギャップ状態であるにもかかわらず、バンド間トンネル FET に類似の機構が可能となり、60mV/decade を下回る急峻なスイッチングが可能となる事を明らかにした[1]。講演ではこの機構についての詳細を解説する。また、別の新規素子提案の例として、ジグザグ端を持つグラフェンナノリボンにおいて、材料固有の性質として知られている端に局在したスピン偏極と、そこに対向する端で位相交代した交流電界を印加する事によって得られる量子ポンプ効果を利用する事によって、電荷の流れを伴わない純粋スピン流が得られる事についても指摘した[2]。この機構は、熱の散逸を低減した情報伝送を実現する機構として期待されるものである。本講演では、新規素子探索において何に留意、着目すべきかについて一般的な概観を行った後、これらの二種類の素子提案についての詳細を述べる予定である。

[1] S. Souma, M. Ueyama, and M. Ogawa, Appl. Phys. Lett., **104**, 213505, (2014).

[2] S. Souma and M. Ogawa, Appl. Phys. Lett. **104**, 183103, (2014).

問い合わせ：山本貴博（工学部第一部教養／工学系研究科電気工学専攻）