

## ディラック電子をキャリアとする FET の性能予測シミュレーション

### Simulation study on the performance of FET with Dirac fermion carrier

神戸大院工 °田中 未来, 笹岡 健二, 小川 真人, 相馬 聡文,

°Miku Tanaka, Kenji Sasaoka, Matsuto Ogawa, and Satofumi Souma

Department of Electrical and Electronic Engineering, Faculty of Engineering, Kobe University

E-mail: [146t241t@stu.kobe-u.ac.jp](mailto:146t241t@stu.kobe-u.ac.jp)

近年の半導体技術の進展により MOSFET のナノスケールの微細化が実現され、動作速度の向上や低消費電力化が進んできた。しかしながら、リーク電流の増加や素子ごとの特性のばらつきなど、微細化による欠点が顕在化してきており、微細化による性能向上が限界を迎つつある。そこで、微細化以外での性能向上の方法の一つとして、シリコンに代わる新しいデバイス材料の模索が進められている。その新規材料の一つがグラフェンである。グラフェンの電子移動度はシリコンの 100 倍程度と非常に高く、また高い熱伝導度を持つことから近年注目を集めている。しかし、グラフェンにはバンドギャップが存在しないため、リーク電流が大きく流れスイッチング特性が劣化するとともに発熱が大きくなってしまふという難題が存在する。そこで、グラフェンと同様の結晶構造を持ちながら広いバンドギャップを有する六方晶窒化ホウ素とグラフェンの積層構造や、バックリング構造を持つシリセンに面直電界を印加するなどの方法により、ユニットセル中の 2 原子の対称性の破れに起因する有限のバンドギャップを得る事が期待されている。これが実現されれば、高電子移動度と良好なスイッチング特性の両立が期待される。

このような背景のもと、本研究においては、ギャップを持ったグラフェン状物質を 2 次元チャネル材料に用いた場合の FET の特性について包括的な理論解析を行っている。グラフェンのフェルミエネルギー近傍の電子は質量ゼロのディラック電子として振る舞うが、上記で述べたような有限ギャップのグラフェン状物質のフェルミエネルギー近傍の電子は理想的には有限質量のディラック電子として振る舞う。この有限質量ディラック電子の振る舞いは、現在 FET の材料として一般的に用いられている Si 中の電子などのシュレディンガー型の有効方程式に従う電子とは定性的に異なる動きをすると考えられる。そこで、FET 中のキャリアとして GaAs, Si 中の電子のようにシュレディンガー型の有効方程式に従う電子を用いた場合と、有限ギャップグラフェン状物質中のそのように有限質量を持つディラック型の有効方程式に従う電子を用いた場合とで、FET の性能が定性的にどのように異なるのかに興味を持たれる。

本講演では、様々なバンドギャップ、フェルミ速度 (ディラック電子)、有効質量 (シュレディンガー粒子) の場合を比較検討する事により、上記で述べた有効方程式の違いが FET の性能にどのように影響するのかを非平衡グリーン関数法を用いてシミュレーションにより解析した結果を報告する。また、スイッチング特性の指標であるサブスレッショルド係数 (S 値) の解析結果についても報告する。