歪み誘起擬似磁場を利用したグラフェン FET の制御における電子－フォノン散乱の影響

Effect of electron-phonon scattering on graphene FET controled by strain induced pseudo magnetic field

神戸大院工 ○相馬聡文, 笹岡健二, 小川真人
○Satofumi Souma, Kenji Sasaoka, Matsuto Ogawa
Department of Electrical and Electronic Engineering, Faculty of Engineering, Kobe University

グラフェンは高い電子移動度、熱伝導度等、従来の FET の材料であるシリコンに対する優位性を有しているが，バンドギャップが存在しないため，そのままでは明確なスイッチング特性が得られず，この事が FET に応用する上での障壁となっている．この問題を解決する方法としてグラフェンナノリボンを利用する方法や，二層グラフェンに電界を印加する方法，光照射など様々な手法が提案されているが，応用上期待されている手法の一つとして歪みを印加する方法が近年盛んに研究されている．グラフェンに対して zigzag 方向への引っ張り歪みやせん断歪みを印加した場合，10～20%を超えるような大きな歪みに対してはフェルミ面においてバンドギャップを誘起出来る事が指摘され，我々のグループでもこれを FET のチャネルとして用いた場合の特性について理論的に調べて来た[1]．一方，歪み率の小さな領域ではバンドギャップは生じないものの，ディラック点が波数空間内でシフトする，いわゆる擬似磁場の効果により，無歪み/歪みグラフェンの界面を利用した電子透過特性の変調が可能である事がわかっている．この効果はアームチェア方向の歪みの場合に最も顕著であり，これを用いる事で，スイッチング特性の指標である S 値が，通常の FET の熱的限界である 60mV/decade を更に下回るような素子が可能である事も理論的に明らかになっている[2,3]．これは，バンド間トンネル FET に類似の機構として理解する事が出来る．しかしながら，格子揺らぎなどの系の乱雑さ，電子－フォノン散乱の影響がどの程度特性劣化につながるかについては十分理解されておらず，デバイス応用に向けた効率的な歪み印加方法の探索を巡っては更なる理論研究が必要である．本講演では，非平衡グリーン関数法を用いてこれらの影響を調べた結果を報告する．

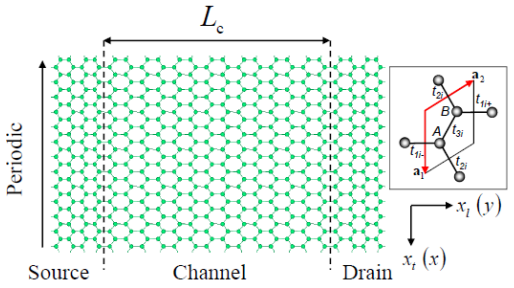

図 1：チャネル部分にのみアームチェア方向の歪みを印加したグラフェン FET の概念図.

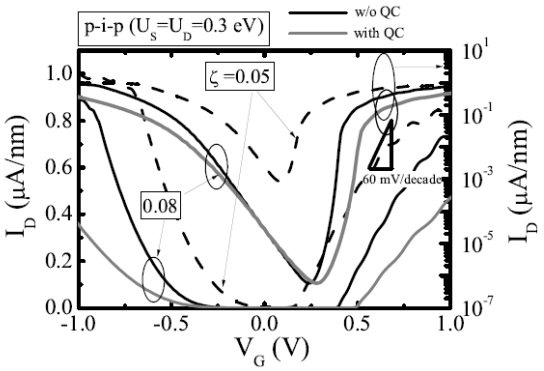

図 2： 異なる歪み率（ζ）に対するドレイン電流のゲート電圧依存性．量子キャパシタンス効果(QC)を考慮した場合としない場合の結果も比較している．

[1] S. Souma, Y. Ohmi, and M. Ogawa, J. Comp. Electron., **12**, 170(2013)
[2] S. Souma, M. Ueyama, and M. Ogawa, Appl. Phys. Lett. **104**, 213505 (2014).
[3] 相馬聡文，田中未来，市原圭祐，迫田翔太郎，笹岡健二，小川真人，信学技報 IEICE Tech. Rep. SDM2015-89, 29 (2015).

© 2016年 応用物理学会