

非対称二重格子ゲート構造を有する グラフェントランジスタにおけるプラズマ不安定性

Plasma Instability in a Graphene Transistor with Asymmetric Dual-Grating-Gate Structure

○小関 勇気¹、Victor Ryzhii¹、尾辻 泰一¹、Viacheslav V. Popov²、佐藤 昭¹ (1. 東北大、2. IREE)

○Yuki Koseki¹、Victor Ryzhii¹、Taiichi Otsuji¹、Viacheslav V. Popov²、Akira Satou¹ (1. Tohoku Univ., 2. IREE)

E-mail: koseki@riec.tohoku.ac.jp

小型で室温動作可能なテラヘルツ波発生素子として、非対称二重格子ゲート(A-DGG)構造を有するトランジスタの2次元プラズマ波を応用する研究がなされている。化合物半導体二次元電子チャネルにおけるプラズマ波自励発振機構としては、Dyakonov-Shur (DS)不安定性[1]および Ryzhi-Satou-Shur (RSS)不安定性 [2]が理論的に解明されているが、室温下での比較的短い運動量緩和時間および電子ドリフト速度の限界から、従来の半導体材料を用いた素子におけるプラズマ成長率は 10^{11} s^{-1} オーダーにとどまっている。本研究では、グラフェンをチャネル材料とした A-DGG を有するグラフェントランジスタにおける不安定性を数値的に解析し、優れた電子輸送特性を持つグラフェンによって一桁大きい成長率の実現が可能であることを示す。

A-DGG グラフェントランジスタの構造を図1(a)に示す。ここでは、チャネル全体の電子密度を $5 \times 10^{11} \text{ cm}^{-2}$ にドーピングし、ゲート1直下の電子密度を図1(b)のように変調した場合を考える。また、一様な直流電界をチャネル方向に加え直流電流を疑似的に流し、プラズマ不安定性を誘起する。電子輸送はボルツマン方程式で記述し、自己無撞着ポアソン方程式と組み合わせて数値的に解いた。散乱機構として、室温下での音響フォノン散乱を考慮した。

図2に、プラズマ発振周波数とプラズマ成長率のゲート1の長さ L_{g1} への依存性を示す。周

波数は L_{g1} にほぼ反比例しており、理論解析と傾向が一致する[1],[2]。また成長率に関しては、 10^{12} s^{-1} オーダーであり、グラフェンの優れた輸送特性により、従来よりも一桁大きい成長率が得られている。さらに、RSS 不安定性の特徴である L_{g1} の逆数を引数とするベッセル関数 J_0 に似た傾向が現れている[2]。加えて、 L_{g1} が短くなるにつれて成長率が増加する傾向がみられることから、DS 不安定性も同時に発現していると考えられる。

謝辞: 本研究は、JSPS 科研費若手研究(B)23760300、JSPS 科研費特別推進研究 23000008、および JSPS-RFBR 二国間交流事業の援助を受けた。

参考文献

- [1] M. Dyakonov and M. Shur, Phys. Rev. Lett. **71**, 24645 (1993).
- [2] V. Ryzhii et al., J. Phys.: Condens. Matter **20**, 384207 (2008).

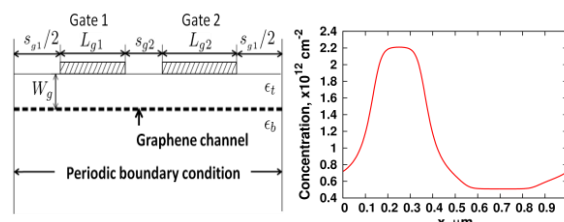


図1: (a) ADGG グラフェントランジスタの模式図、(b)チャネル内の電子密度分布。

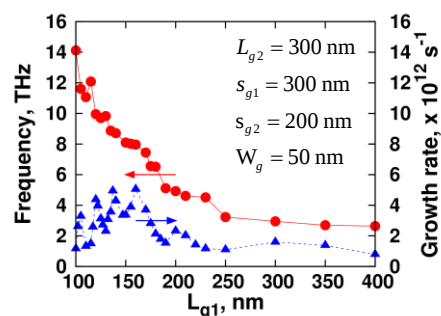


図2: プラズマ周波数とプラズマ成長率のゲート長依存性。