

## 電解質媒体をゲート制御に用いたグラフェン FET の 過渡応答特性シミュレーション

### Simulation of graphene FET gated by ionic liquid

神戸大院工<sup>1</sup>, パナソニック株式会社<sup>2</sup>, ○有堀光貴<sup>1</sup>, 岩永順子<sup>2</sup>, 鈴木正明<sup>2</sup>, 小川真人<sup>1</sup>, 相馬聡文<sup>1</sup>

Kobe University<sup>1</sup>, Panasonic Corporation<sup>2</sup>, ○Koki Arihori<sup>1</sup>, Junko Sato-Iwanaga<sup>2</sup>,

Masa-aki Suzuki<sup>2</sup>, Matsuto Ogawa<sup>1</sup>, Satofumi Souma<sup>1</sup>

グラフェンは、電子移動度の高さとゲート電界によって極性とキャリア濃度を連続的に調整できるという優れた電子特性を持つ事から、ナノエレクトロニクスにおいて魅力的な材料と考えられている [1]。ここで、グラフェンに印加される電界の広い範囲の制御性は、キャリア濃度と電流の広い範囲の制御性を実現する上で重要な課題である。そのためには、 $\text{SiO}_2$  などの従来のゲート絶縁膜を介したゲート制御と比較し、イオン液体 (IL) や固体電解質 (SE) などの電解質媒体のゲート制御への使用が有益であると考えられる。例えば、IL/グラフェン界面では厚さ 1 nm 程度の電気二重層 (EDL) が形成され、これによって高いキャリア密度を得ることができる [2]。しかしながら、グラフェンを流れる電流において電解質媒体の厚さ、イオン濃度、および拡散係数がどのように役割を果たすか、特に過渡応答特性への影響については、理論的に十分に調査されていない。

そこで本研究では、これらを明らかにする事を目的に、ゲート制御に電解質媒体を使用したグラフェンチャンネル FET の電気伝導の過渡応答特性シミュレーションを行った。図 1 に示された本研究におけるデバイスにおいて、グラフェンチャンネル部分は強束縛近似法、電解質部分はネルンスト・プランク・ポアソン方程式で記述し、これらの結合は静電的であると考ポアソンの方程式で記述した。図 2 は EDL 形成が完了した 50 ns の時点で様々な厚さの IL 電流電圧特性の比較を示している。比較のために、厚さ 50 nm 及び 100 nm の  $\text{SiO}_2$  ゲート絶縁体を用いた従来の FET の結果も示している。EDL が完了したときのドレイン電流は、IL の厚さにほとんど依存していないことがわかる。これは EDL の厚さが約 1 nm であり、それぞれの EDL 界面で電気的中性が保たれているため合理的な結果である。加えて、IL を用いることにより同じ厚さの従来の  $\text{SiO}_2$  ゲート絶縁体を用いた場合よりも顕著に大きなドレイン電流を得ることができる。講演では、EDL が形成されるまで (ドレイン電流が収束するまで) の過渡特性や容量-ゲート電圧の、ゲート電圧と電解質の厚さを変化させたときの比較についても報告する。

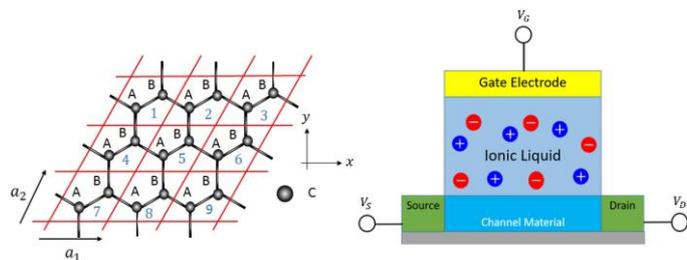


Fig. 1. (Left): Crystal structure of graphene. (Right): Schematic illustration of IL gated graphene FET.

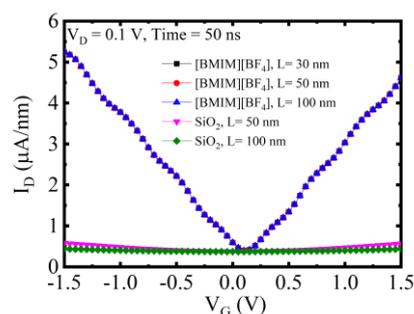


Fig. 2.  $I_D - V_G$  characteristics for various thicknesses of IL as indicated in the figure at the time 50 ns. Results for the conventional FET with  $\text{SiO}_2$  gate insulator with the thickness 50 nm and 100 nm are also shown for comparison.

[1] K. S. Novoselov, V. I. Fal'ko, L. Colombo,

P. R. Gellert, M. G. Schwab, and K. Kim, Nature, 490, 192 (2012).

[2] X. He, N. Tang, L. Gao, J. Duan, Y. Zhang, F. Lu, F. Xu, X. Wang, X. Yang, W. Ge, and B. Shen, Appl. Phys. Lett. 104 143102 (2014).