17p-A2-11

マイクロ波法によるグラフェン上のディラック電子の電荷輸送特性評価

Non-Contact Microwave Probing Technique to Evaluate Charge Transport of Dirac Fermion on Graphene

阪大院工 [1]，　○崔 旭鎮 [1]，櫻井 庸明 [1]，佐伯 昭紀 [1]，関 修平 [1]

Osaka Univ. [1], °Wookjin Choi[1], Tsuneaki Sakurai[1], Akinori Saeki[1], Shu Seki[1]

E-mail: seki@chem.eng.osaka-u.ac.jp

【緒言】 Graphene 中では、電荷キャリアの有効質量がゼロとなる Dirac Fermion の存在が予測されており、数十万 $cm^2V^{-1}s^{-1}$ 以上[1]の移動度を有する有機エレクトロニクス材料として期待されている。一方で、我々は有機半導体-絶縁体界面における独自の電気伝導特性・電荷移動度評価法として field-induced time-resolved microwave conductivity (FI-TRMC) 法を開発してきた[2]。本研究では、Graphene 上の Dirac Fermion の移動度の FI-TRMC による測定結果について報告する。

【実験】ゲート電極として薄層 Au、絶縁層として SiO_2 に加え PMMA、PS、Cytop などの高分子複合膜を用い、半導体層として Graphene Oxide の還元により Graphene を製膜した。さらに対向電極（キャリア注入電極）として Au を蒸着し、FI-TRMC 用の Graphene 素子を作成した。FI-TRMC 測定では、これを X バンドマイクロ波空洞共振器内に挿入し、ゲート電極にパルス電圧 V_g 印加に伴って界面蓄積されるキャリアの運動に伴うマイクロ波損失を、空洞共振器からのマイクロ波反射電力の変化量 ΔP_r として定量した。

【結果・考察】 Graphene デバイスの FI-TRMC 測定結果を Figure 1 に示す。ゲート電圧 V_g の印加により Graphene に正孔または電子が蓄積され、これに応じてマイクロ波反射電力の変化量 ΔP_r が現れる。ΔP_r は電荷キャリア数 N と電荷キャリア移動度 μ の積 $N\mu$ に比例し、その比例定数は既知の真性半導体を用いて決定されている[2]。デバイスへの流入電流値から蓄積電荷キャリア数 N_{inj} を、ΔP_r から $N\mu$ を求め、Figure 2 に示す相関が得られた。注入電荷の数が 2×10^9 以下の領域での傾きは約 2,500 $cm^2V^{-1}s^{-1}$ であるが、注入電荷の数が 3×10^9 以上の領域では傾きが約 50,000 $cm^2V^{-1}s^{-1}$ まで上昇した。この移動度は、一般的な有機物での電荷キャリアの移動度を遥かに凌駕し、Graphene Oxide の還元によっても、局所的に Graphene 上の Dirac Fermion の存在が強く示唆される。

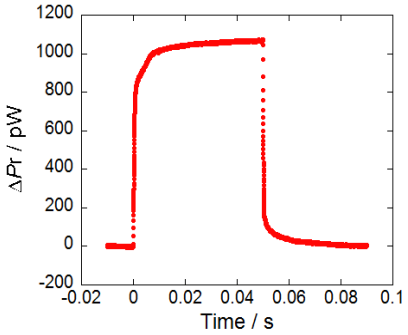

Figure 1. Typical microwave response to charge carrier injection. 70 V of gate bias is applied from 0 to 50 ms.

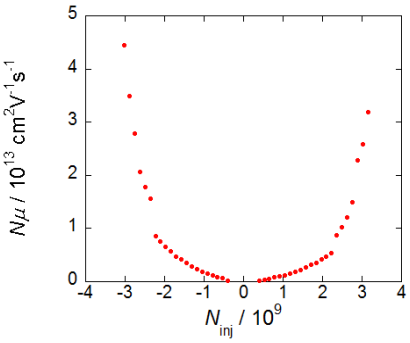

Figure 2. N_{inj}-$N\mu$ relation in Graphene MIS device. N_{inj} is estimated from the injection current so that + sign corresponds to hole injection while – sign means electron injection. $N\mu$ is derived from the ΔP_r

[1] A. K. Geim, K. S. Novoselov, Nature Materials **6**, (2007) 183.
[2] Y. Honsho, T, Miyakai, T. Sakurai, A. Saeki and S. Seki, Sci. Rep. **3** (2013) 3182.

© 2014 年　応用物理学会