

グラフェンのフェムト秒キャリアダイナミクスに及ぼす基板効果

The Effect of Substrates on Ultrafast Carrier Dynamics of Graphene

関学大理工 ○玉井 尚登, 山田 淳史, 重政 英史, 久津間 保徳, 金子 忠昭

School of Science and Technology, Kwansai Gakuin Univ.

○Naoto Tamai, Atsushi Yamada, Hidefumi Shigemasa, Yasunori Kutsuma, Tadaaki Kaneko

E-mail: tamai@kwansai.ac.jp

【序】グラフェンはディラック点付近で一般的な半導体と異なる線形的なバンド構造をとり、その構造に基づく高いキャリア移動度を示す。この特徴を生かして太陽電池やトランジスタなどのエレクトロニクス材料への応用が期待されている。デバイス応用に際して、特に支持基板を含めたグラフェンのキャリア緩和過程を評価することが重要であり、その有効な評価法として過渡吸収分光が挙げられる。本研究では、種々の基板上グラフェンに対してフェムト秒近赤外過渡吸収分光測定を行い、グラフェンのキャリアダイナミクスに及ぼす基板効果を評価したので、これを報告する。

【実験】試料は SiC, 石英, Si/SiO₂, 銅基板上グラフェンを用いた。SiC 基板上グラフェンは 4H-SiC(0001)基板の熱分解法によって作製し、他は CVD 法によって銅箔に成膜したグラフェンを各基板に転写したものである (グラフェンプラットフォーム(株))。グラフェン層数の評価には共焦点顕微鏡を用いた空間分解ラマンマッピング($\lambda_{\text{EX}} = 488 \text{ nm}$)により評価した。キャリア緩和過程の評価には、増幅したフェムト秒 Ti:Sapphire レーザーを用い、励起光 800 nm のフェムト秒パルス、観測光 900~1350 nm のフェムト秒白色光で反射光学系を組み、近赤外過渡吸収分光測定により解析した。

【結果】Fig. 1 に Si/SiO₂ 基板上グラフェンの空間分解ラマン分光結果を示す。グラフェン層数と I(G)/I(2D)ピーク強度比の関係から、I(G)/I(2D)が 0.74 より小さい領域を 1 層グラフェンとした[1]。50×50 μm^2 の領域で約 90% 以上の 1 層グラフェンが生成していると評価した。また、他の基板についても同様の方法で評価し、いずれについても概ね 1~2 層グラフェンの生成を確認した。

Si/SiO₂ 基板上グラフェンの過渡吸収スペクトルでは、近赤外領域において明確なピークは観測されず、非常にブロードなスペクトルを示した。1 ps 付近でシグナルの正負が逆転しており、これは下地 Si の自由キャリア由来のシグナルが観測されていると考えている。Fig. 2 は 1100 nm での Si/SiO₂ 基板上グラフェンのキャリア緩和過程を示す。解析の結果、速い緩和成分の時定数 $\tau_1 = 0.2 \text{ ps}$ (92.5%), 遅い緩和成分 $\tau_2 = 2.5 \text{ ps}$ (7.5%)であった。以前の報告で SiC C 面上グラフェンは $\tau_1 = 0.23 \text{ ps}$ であるのに対してバッファー層を有する Si 面上グラフェンは $\tau_1 = 0.1 \text{ ps}$ で超高速減衰が支配的であった。そのことから、速い緩和成分がグラフェンと支持基板との結合に強く影響していることが示唆された。本実験では Si/SiO₂ 基板上グラフェンの速い緩和過程が C 面上グラフェンの振る舞いに近く、グラフェン-基板間の相互作用が小さいことが示唆された。

[1] I. Calizo, I. Bejenari, M. Rahman, G. Liu, and A. A. Balandin, *J. Appl. Phys.* **106** (2009) 043509.

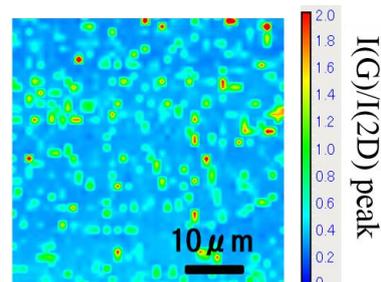


Fig. 1 Raman mapping image of graphene on a Si/SiO₂ substrate.

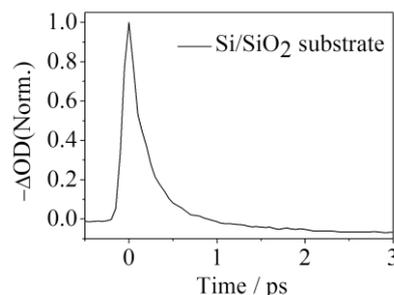


Fig. 2 Transient absorption dynamics of graphene on a Si/SiO₂ substrate observed at 1100 nm.