

## 4H-SiC{0001} エピタキシャルグラフェンの フェムト秒近赤外過渡吸収分光と温度依存性

### Temperature dependence on femtosecond near-IR transient absorption spectroscopy of epitaxial graphene on 4H-SiC{0001}

関学大理工 ○重政 英史, 久津間 保徳, 大谷 昇, 金子 忠昭, 玉井 尚登

School of Science and Technology, Kwansai Gakuin University

○Hidefumi Shigemasa, Yasunori Kutsuma, Noboru Ohtani, Tadaaki Kaneko, Naoto Tamai

E-mail: blb46258@kwansai.ac.jp

【はじめに】過渡吸収分光法はフォノンとカップリングしたキャリアの緩和過程を評価する有効な手段である。SiC{0001}エピタキシャルグラフェンを光励起すると、キャリア-キャリア散乱によりホットキャリア  $\tau_1$  (~30 fs) が生じ、ホットキャリア-光学フォノン相互作用  $\tau_2$  (<0.2 ps)、光学フォノン-音響フォノン相互作用  $\tau_3$  を経て、キャリアが緩和すると考えられている[1]。しかしながら、グラフェンの光学フォノンエネルギーは比較的大きく(0.16~0.20 eV)、キャリア冷却のボトルネックになる可能性がある。従って、緩和過程の詳細なメカニズムを理解するには、その温度依存性の解析が必要不可欠である。これまで、14, 30 層グラフェンのテラヘルツ領域での緩和過程の温度依存性は報告されているが[2]、1 層グラフェンに関する報告はない。今回、Si 面 1 層グラフェンを作製すると共に、キャリア緩和過程の温度依存性を評価したので報告する。

【実験】2200°Cまで急速昇温可能な超高真空・高温加熱炉を用いて、on-axis 4H-SiC (0001) Si 面を TaC 坩堝内で 2000°C、10 分間アニール処理により、エピタキシャルグラフェン成長させた。共焦点顕微鏡を用いた空間分解ラマン分光 ( $\lambda_{EX} = 488$  nm)、及び各種顕微鏡 (AFM, SEM) により、歪み及び均一性を評価した。キャリア緩和過程の評価には、励起光 800 nm のフェムト秒パルス、近赤外領域のフェムト秒白色光を用い過渡吸収分光測定した。試料はヘリウム循環型クライオスタットに取り付け、10 K~296 K の範囲で時間分解スペクトル、ダイナミクス測定を行った。

【結果】作製したグラフェン層は吸収分光法により 1 層であると見積もられた。Fig.1 に Si 面上のグラフェン層の空間分解ラマン分光結果を示す。ラマン 2D バンド半値全幅マッピング像から、大部分の領域で  $40 \text{ cm}^{-1}$  の値を示し、Si 面上のグラフェン層が 1 層であると示唆された[3]。これらの試料に対して、過渡吸収分光の温度依存性を測定した。時間分解スペクトルは近赤外領域に負のブリーチング信号が観測され、スペクトルシフトと形状は band filling model でほぼ解釈できる。Fig.2(a)に 1 層グラフェンの励起光強度  $650 \mu\text{Jcm}^{-2}$ 、観測波長 1200 nm での 10 K から 296 K までの過渡吸収ダイナミクスを示す。10 K では 2 成分の指数関数で解析できた。温度を上げるにつれ緩和時間は速くなり 296 K ではほぼ 1 成分の指数関数で解析できた。しかし、HOPG では緩和ダイナミクスの温度依存性は観測されなかった(Fig.2(b))。これは、グラフェン層間よりも、明確な界面の存在する系のグラフェン層から SiC 基板へのフォノン緩和が温度に影響しているためと考えられる。C 面 1 層グラフェンでの測定も行い、界面層の影響を比較する予定である。

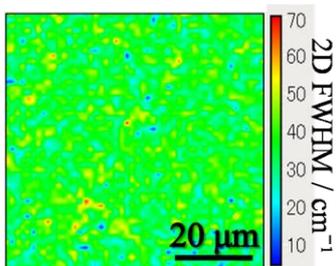


Fig.1 Raman 2D FWHM mapping image of Si-face 1 ML graphene grown in TaC container at 2000°C for 10 min.

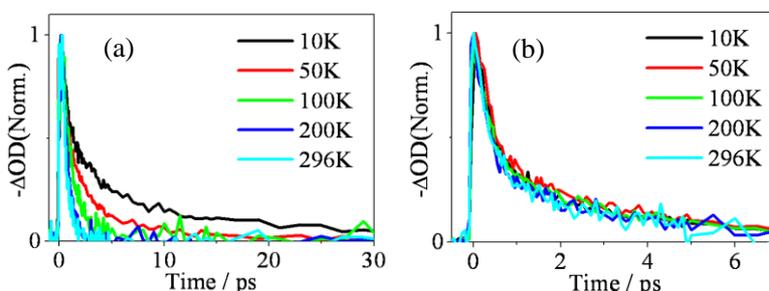


Fig.2 Temperature dependence on transient absorption dynamics of Si-face 1 ML graphene (a) and HOPG (b) excited at 800 nm and probed at 1200 nm.

[1] M. Breusing, *et al.*, *Phys. Rev. Lett.* **102** (2009) 086809. [2] H. Strait, *et al.*, *Nano Lett.* **11** (2011) 4902.

[3] Lee D.S. *et al.*, *Nano Lett.* **8** (2008) 4320