

# レーザー誘起成長により形成された SiC(0001) 上グラフェンの雰囲気圧力依存性 Ambient Gas Pressure dependence of Graphene formation on SiC(0001) by Laser-Induced Growth

九州大学<sup>1</sup>, NTT 物性基礎研<sup>2</sup> ○服部正和<sup>1</sup>, 古川一暎<sup>2</sup>, 高村真琴<sup>2</sup>, 日比野浩樹<sup>2</sup>, 池上浩<sup>1</sup>Kyushu Univ<sup>1</sup>, NTT Basic Research Labs<sup>2</sup>, ○M. Hattori<sup>1</sup>, K. Furukawa<sup>2</sup>, M. Takamura<sup>2</sup>, H. Hibino<sup>2</sup> and H. Ikenoue<sup>1</sup>

E-mail: ikenoue@ees.kyushu-u.ac.jp

## 1. 序論

グラフェンは炭素の  $sp^2$  結合によって構成された蜂の巣状の 2 次元周期構造をもつ平面状の物質で、電気的に優れた特性を示し、トランジスタ、化学・赤外センサ[1], THz レーザー[2]など次世代電子デバイス材料として期待されている。

その一方で、グラフェンは界面の相互作用により著しく移動度が低下することが指摘されており、リソグラフィ工程により生じる僅かなレジスト残渣やエッチング工程のプラズマダメージなどによる特性劣化が懸念されている。

我々は、レジスト残渣やプラズマダメージが生じないグラフェンの微細パターンニング技術としてレーザー誘起選択成長法を提案している。本グループによるこれまでの実験で、Ar 雰囲気にて SiC(0001) 上に KrF エキシマレーザーを照射するとレーザー照射領域にのみグラフェンが形成されることを示してきた[3]。一方、形成されたグラフェンにはレーザー照射損傷が生じており、さらなる高品質化が望まれる。

我々は、Ar 分圧を制御することで品質改善に取り組んでいるのでそれらの結果を報告する。

## 2. 実験

用いたレーザーはギガフォトン社製エキシマレーザーで、波長は 248 nm, パルス幅は約 55 ns であった。レーザービームは XY スリットにより形状制御され、その形状は  $300 \mu\text{m} \times 300 \mu\text{m}$  であった。SiC(0001) 基板を真空槽内に設置し Ar 分圧は  $0.5 \text{ Pa} \sim 1.0 \times 10^5 \text{ Pa}$  の範囲で制御した。照射フルエンスは  $1.1 \text{ J/cm}^2 \sim 2.0 \text{ J/cm}^2$ , 照射回数は  $1 \sim 30000 \text{ shots}$  であった。

## 3. 結果

Fig1 は Ar 分圧  $1.0 \times 10^5 \text{ Pa}$  及び  $500 \text{ Pa}$  にて SiC(0001) 基板にレーザーを照射した後のラマンスペクトルを示している。この時の照射回数は、それぞれ  $20000 \text{ shots}$  及び  $10000 \text{ shots}$  であり、照射フルエンスはいずれも  $1.2 \text{ J/cm}^2$  であった。いずれの Ar 分圧でもグラフェンの形成を示す  $I_G$ ,  $I_D$ ,  $I_{2D}$  ピークが明瞭に観察されている。また、形成されたグラフェンの層数を示す  $I_{2D}/I_G$  比は  $0.75$  (Ar 分圧  $= 1.0 \times 10^5 \text{ Pa}$ ) 及び  $0.51$  (Ar 分圧  $500 \text{ Pa}$ ) であり、いずれも膜厚は 2~3 層であり、ほぼ同じ膜厚であると見積もられる。 $I_D/I_G$  比は

グラフェンのダメージを反映することが知られており[4], Ar 分圧  $1.0 \times 10^5 \text{ Pa}$  及び  $500 \text{ Pa}$  では  $I_D/I_G = 0.77$  及び  $I_D/I_G = 0.4$  であった。これは、レーザー照射により同等の膜厚のグラフェンを形成しても Ar 分圧が変化すると損傷の割合が変化することを示している。

Table 1 は、本実験でのレーザー照射条件 (フルエンス  $1.1 \text{ J/cm}^2 \sim 2.0 \text{ J/cm}^2$ , 照射回数  $1 \sim 30000 \text{ shots}$  の範囲で得られたダメージの最も少ないグラフェンの  $I_D/I_G$  比の Ar 分圧依存性を示している。 $I_{2D}/I_G$  比より膜厚を評価した結果、全て 2~3 層ではほぼ同じ膜厚のグラフェンが形成されている。Table 1 より Ar 分圧  $500 \text{ Pa}$  で  $I_D/I_G$  比が  $0.4$  と最もダメージが低く抑えられることが分かる。レーザー照射によるレーザープルームの進展は雰囲気圧力により大きく変化することが知られており、Ar 分圧によりアブレーション粒子の飛散状態や再付着確率が変化し、グラフェン形成に影響を与えたと考えられる。機構の詳細は現在調査中であり、結果は講演にて報告する。

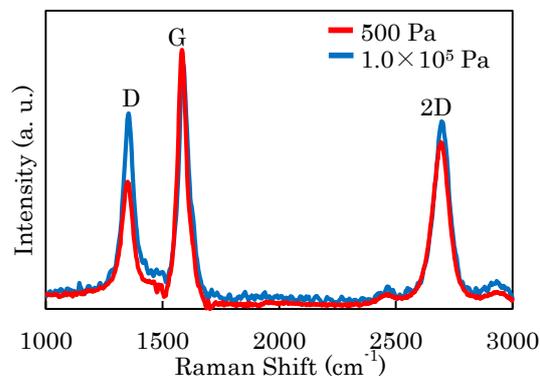


Fig.1. Raman Spectrum of Irradiated Area.

Table.1.  $I_D/I_G$  dependence of Ar Pressure .

Ar pressure (Fluence)	$I_D/I_G$
$1.0 \times 10^5 \text{ Pa} (1.2 \text{ J/cm}^2)$	0.77
$500 \text{ Pa} (1.2 \text{ J/cm}^2)$	0.4
$50 \text{ Pa} (1.5 \text{ J/cm}^2)$	0.57
$0.01 \text{ Pa} (1.75 \text{ J/cm}^2)$	0.6

[1] F.Xia et al., Nature Nanotech 4, 839 (2009).

[2] V.Ryzhii et al., JAP 101, 083114 (2007).

[3] 服部正和 等, 第 74 回応用物理学会秋季学術講演会, 16p, P7, 28(2013).

[4] A.C.Ferrari et al., Phys. Rev. Lett. 97,187401 (2006).