

SiC(0001)上でのレーザー誘起選択成長によるグラフェンの直接描画

Laser-Induced Direct Growth of Graphene on SiC(0001)

九州大学¹, NTT 物性基礎研² ○服部正和¹, 古川一暁², 高村真琴², 日比野浩樹², 池上浩¹Kyushu Univ.¹, NTT Basic Research Labs.², ○M. Hattori¹, K. Furukawa², M. Takamura², H. Hibino² and H. Ikenoue¹

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, $200,000 \text{ cm}^2/\text{Vs}$ もの高いキャリア移動度, 及び極めて優れた導電性, 耐熱性, 透明性を有し, さらに特異なバンドギャップレス特性を示すことから, グラフェントランジスタ[2], 化学・赤外センサ[3], THz レーザー[4]など 次世代電子デバイス材料として期待されている. 一方, グラフェンはその構成元素が炭素であることから, リソグラフィ工程における酸素プラズマアッシングなどのレジスト剥離時に損傷が生じることが懸念されており, リソグラフィ工程を用いない微細パターンニング技術の確立が求められている.

我々は, 上記目的を達成し得る技術としてレーザー誘起選択成長法によるグラフェンの直接描画を試みてきた. 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ことで表層の Si が蒸散し, 照射領域でグラフェンが選択成長することを示してきた [5] 本講演では, レーザー照射条件によるグラフェンの膜質の変化と, 高品質グラフェン形成の可能性について報告する.

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 , 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 $350 \mu\text{m} \times 150 \mu\text{m}$ であった. 用いた基板は SiC(0001)で 500 Pa の Ar 雰囲気中でレーザーを照射することでグラフェンの選択成長を試みた. 照射フルエンスは $0.75 \text{ J/cm}^2 \sim 2.0 \text{ J/cm}^2$, 照射回数は $1 \sim 30000 \text{ shots}$ であった.

3. 結果

図 1 に照射フルエンス 1.2 J/cm^2 , 照射回数 20000 shots でレーザーを照射した領域のラマンスペクトルを示す. 表層からのスペクトルは, 測定されたスペクトルと下地基板である SiC スペクトルとの差分により求めた. 差分スペクトル中には 1350 cm^{-1} , 1580 cm^{-1} 及び 2700 cm^{-1} 付近に明瞭なピークが観察されている. これらのピークはグラフェンの D, G 及び 2D バンドピークに相当することが知られている[1].

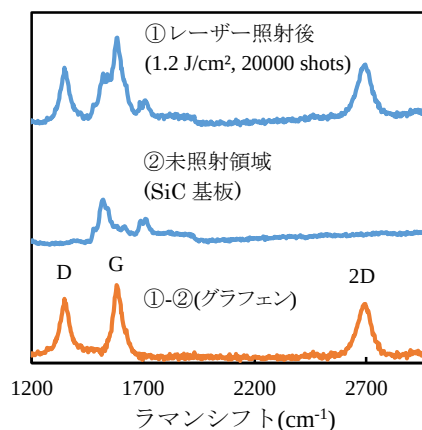


図 1. レーザー照射領域のラマンスペクトル

レーザー照射領域を光学顕微鏡にて観察した結果, レーザー照射領域において色の変化が殆ど生じていないことが確認された. また, 光学顕微鏡像の CCD 画像からレーザー未照射領域と照射領域の明度の差を求めた結果, 照射領域における明度の低下は僅か 4.8% であることが確認された. グラフェン単層透過による可視光領域の光の吸収は 2.3% であること[6]から, 照射領域には厚膜のグラファイトではなく, グラフェンが形成されていることが示唆される.

一方, 得られたラマンスペクトルから D バンド強度 I_D と G バンド強度 I_G との比(I_D/I_G 比)を求めた結果, 照射フルエンス $1.1 \text{ J/cm}^2 \sim 2.0 \text{ J/cm}^2$, 照射回数 $1 \sim 30000 \text{ shots}$ の照射条件の範囲での最小値は 0.75 であった. I_D/I_G 比はグラフェンの損傷を示す指標であり, その値が小さいほど損傷の割合が少ない[1]. 高品質グラフェンとして知られている CVD グラフェンの I_D/I_G 比はほぼ 0 であることから, レーザー照射によりグラフェンの成長と損傷が同時に生じていることが示唆される.

現在, 我々は損傷低減のため様々な方法に取り組んでおり, 講演では損傷低減方法についても説明する予定である.

[1] A.C. Ferrari et al., Phys. Rev. Lett. **97**, 187401 (2006).[2] E. Sano, JAP **50**, 090205 (2011).[3] F. Xia et al., Nature Nanotech **4**, 839 (2009).[4] V. Ryzhii et al., JAP **101**, 083114 (2007).

[5] 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).

[6] K. F. Mak et al, Phys. Rev. Lett. **101**, 196405 (2008).