

SiO<sub>2</sub>/Si 基板上のグラフェンの紫外レーザによる加工のメカニズムMechanism for ultraviolet laser process of graphene on SiO<sub>2</sub>/Si

○萬木 成彰, 若家 富士男, 阿保 智, 山下 隼人, 阿部 真之, 高井 幹夫 (阪大院基礎工)

○Nariaki. Yurugi, Fjio. Wakaya, Satoshi. Abo,

Hayato. Yamashita, Masayuki. Abe, Mikio. Takai (Osaka Univ.)

E-mail: nariakiyurugi100@s.ee.es.osaka-u.ac.jp

我々は、グラフェンのマスクレスレーザ加工を目的として、グラフェンへKrFエキシマレーザを照射する実験を行い報告してきた[1,2,3]。SiO<sub>2</sub>/Si基板上のグラフェンがレーザで加工できることを報告した[2]。また、グラフェンの膜厚が小さいほど加工に必要なレーザパワー密度(閾値レーザパワー密度,  $P_{TH}$ )が大きくなることを明らかにし、この現象を利用すれば、グラフェンを層数選択的に加工することができることを報告した[3]。しかし、加工のメカニズムについては、不明な点が多い。前回の応用物理学会[4]では、基板の熱膨張からグラフェンが受け取る運動エネルギーと、グラフェン-基板界面が高温になることによる熱振動のエネルギーの両方がこの現象に関係している可能性を示した。

本報告では、グラフェンのレーザ加工において、上述の運動エネルギーと熱振動のエネルギーのどちらが支配的な要因であるかを明らかにすることを目的とした。グラフェンを転写した基板を加熱し高温に維持しながらレーザを照射したときの  $P_{TH}$  と、室温の試料にレーザを照射したときの  $P_{TH}$  とを比較することにより、運動エネルギーと熱振動のエネルギーのどちらが支配的かを議論したい。

Fig.1 は 膜厚が 4.7 nm のグラフェン(室温)が 2.5 MW/cm<sup>2</sup> のレーザ照射により消失したことを示している( $P_{TH} = 2.5$  MW/cm<sup>2</sup>)。Fig.2 は、ほぼ同じ膜厚(4.9 nm) のグラフェンを 200°Cに維持しながら 2.5 MW/cm<sup>2</sup> のレーザ照射した後でも消失していないことを示している。さらに大きなパワーのレーザを照射した結果、7.2 MW/cm<sup>2</sup> の照射後に消失していた( $P_{TH} = 7.2$  MW/cm<sup>2</sup>)。同様の実験を様々な膜厚のグラフェンを用いて行ったところ、200°Cでの実験結果は室温での結果と比べて、閾値レーザパワー密度が大きくなる傾向が得られた。このことは、運動エネルギーよりも熱振動のエネルギーの方が支配的であることを示唆している。

[1] F. Wakaya et al., Microelectronic Engineering **97** (2012) 144

[2] F. Wakaya et al., Microelectronic Engineering **110** (2013) 358

[3] F. Wakaya et al., Microelectronic Engineering **141** (2015) 203

[4] 萬木他, 第 75 回応用物理学会秋季学術講演会, 17p-B1-13, 2014

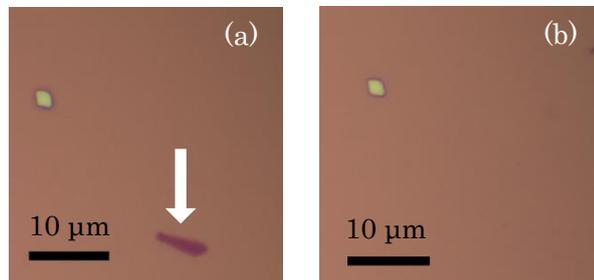


Fig. 1. Optical microscope images (a) before and (b) after laser irradiation (2.5 MW/cm<sup>2</sup>) at room temperature. Graphene pointed by white arrow in (a) was removed.

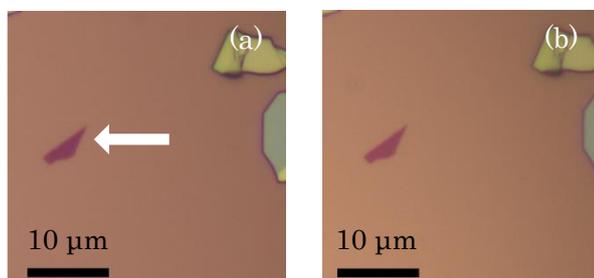


Fig. 2. Optical microscope images (a) before and (b) after laser irradiation at (2.5 MW/cm<sup>2</sup>) 200°C. Graphene pointed by white arrow in (a) was not removed.