17p-B1-13

マスクレス加工のためのグラフェンへの紫外レーザ照射（Ⅲ）

Ultraviolet laser irradiation to graphene for maskless processing (Ⅲ)

阪大院基礎工　○萬木 成彰，若家 冨士男，阿保 智，阿部 真之，高井 幹夫

Osaka Univ.　○N. Yurugi , F. Wakaya , S. Abo , M. Abe , M. Takai

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

我々は，グラフェン透明電極のマスクレスレーザ加工を目的として，グラフェンへの KrF エキシマレーザ照射効果を検討している[1, 2, 3, 4]。これまでに，グラフェンへある閾値パワー密度以上のレーザを照射すると基板上からグラフェンが消失すること，グラフェンの膜厚が小さいほど閾値レーザパワー密度が大きくなることを明らかにした[2, 3]。また，この現象を利用して，グラフェンを層数選択的に加工するプロセスが可能であることを報告した[4]。今回はより詳細な測定を行い，この現象のメカニズムに関する考察を行ったので報告する。

SiO_2/Si 基板上に機械的剥離法を用いて得たグラフェンへ KrF エキシマレーザ (λ = 248 nm) を空気中で照射し，照射前後のグラフェンの変化を光学顕微鏡，AFM，ラマン分光法で評価した。Fig. 1 はグラフェン (膜厚 1.8 nm) が，レーザ照射 (6 MW/cm^2, 20–ns pulse) により消失したことを示している。 また，同様の実験において，レーザ照射前後でグラフェンの位置が変化している現象も確認された。このことは，グラフェンが消失するメカニズムは昇華・燃焼等ではなく機械的な脱離であることを示唆している。Fig. 2 は閾値レーザパワー密度のグラフェン膜厚依存性である。この結果を用いて，グラフェン脱離のメカニズムを検討する。

今回は，メカニズムとして

1. 基板がレーザを吸収し，温度上昇と体積膨張が起こり，表面のグラフェンを押し上げることにより脱離する。
2. 基板とグラフェン自身の温度がレーザ照射により上昇し，その熱エネルギーにより脱離する。
3. 上の 1 の過程で，グラフェン-基板間距離が一時的に小さくなり，蓄えられたポテンシャルエネルギーがその後運動エネルギーに変換される動的なプロセスにより脱離する。

の 3 つを検討した。詳細は，当日報告する。

[1] F. Wakaya, et al., Microelectronic Engineering **97** (2012) 144
[2] F. Wakaya, et al., Microelectronic Engineering **110** (2013) 358
[3] 栗原他，第 60 回応用物理学会春季学術講演会 27a-G12-10, 2013
[4] 栗原他，第 74 回応用物理学会秋季学術講演会 17p-B1-17, 2013

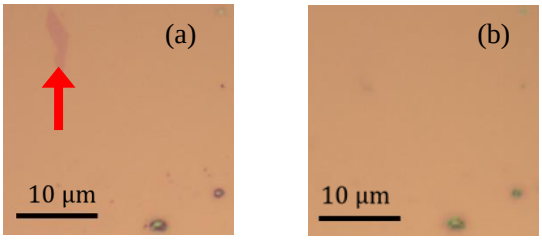

Fig. 1: Optical microscope images (a) before and (b) after laser irradiation.　Graphene pointed by red arrow in (a) was removed.

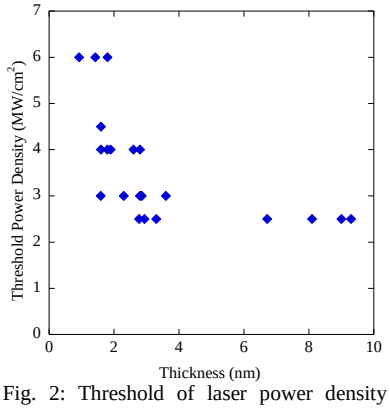

Fig. 2: Threshold of laser power density to remove graphene from SiO_2/Si substrate as a function of graphene thickness.

© 2014 年　応用物理学会