

レジスト熱収縮を用いたグラフェンへの歪み印加

Thermal shrinkage of resist for applying strain into graphene

○高村 真琴, 日比野 浩樹 (NTT 物性基礎研) ○M. Takamura, H. Hibino (NTT Basic Res. Labs.)

E-mail: takamura.makoto@lab.ntt.co.jp

グラフェンの電子・光物性を制御する方法として、グラフェンの歪みエンジニアリングが理論提案されている[1]。実験的には、走査型トンネル顕微鏡(STM)を用いてグラフェンの局所的な歪みと電子物性を観察した先駆的例[2]があり、歪みによるグラフェンの物性制御が期待されている。しかし、これらの実験は STM ならではの歪み誘起法や評価法であり、大面積グラフェンに対する歪みエンジニアリングはほぼ未開拓である。本研究では、レジスト熱収縮を利用し、化学気相成長(CVD)したグラフェンへの歪み印加を試みた。

試料は以下のようにして作製した。まず、Cu 箔上に 1 層グラフェンを CVD 成長し、フォトリソグラフィとドライエッチングでパターンニングして SiO₂/Si 基板上に転写した。次に、グラフェンの両端に SU-8 レジストバーを作製し、歪み印加のための試料(Fig. 1)を得た。作製した試料を 1×10^{-6} Torr の真空中で加熱し、SU-8 レジストを熱収縮させることでレジストバー間のグラフェンへ歪み印加を試みた。歪みの評価は顕微ラマン分光法により大気中で行った。

加熱前後のレジストバー間のグラフェンについてラマン分光測定を行った(Fig. 2)。グラフェンの 2D, G バンドのピーク位置から、試料加熱後、中央部では正孔ドーピングや 0.3 %程度の圧縮歪みの傾向が現れたのに対し、左端・右端では引張り歪み(絶対値で 0.1~0.3 %, 加熱前からの相対値で 0.2~0.4 %)が印加されていた。中央部で見られた傾向は、グラフェンを基板に転写する際にランダムに導入された歪みが加熱により緩和され、基板との熱膨張係数の違いにより圧縮歪みが印加されたものである。また、正孔ドーピングは加熱により活性化された酸素によるものと考えられる。一方、加熱後、レジストバー近傍のグラフェンに引張り歪みが印加されたのは、レジストが熱収縮し、これにレジスト近傍のグラフェンが引っ張られたと考えられる。このことから、グラフェン-SU-8 レジスト間の相互作用はグラフェンに歪みを印加するのに十分大きいと言える。またラマンマッピングから、レジストバーから 2 μm 以上離れるとレジスト収縮の影響はなくなることが分かった。本方法では、レジストから 1-2 μm の距離で局所歪みの印加を制御できるため、Strain junctions[3]の作製が期待できる。

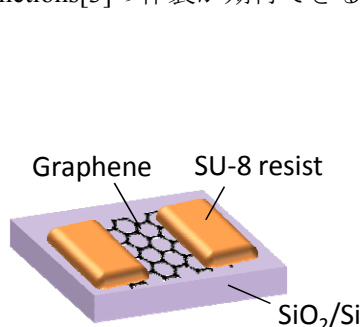


Fig. 1. A schematic of a sample.

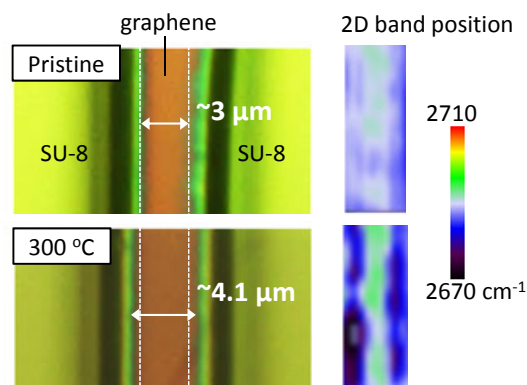


Fig. 2. Optical microscopy images and Raman 2D band position mappings of the sample before and after annealing.

[1] V. M. Pereira and A. H. Castro Neto, PRL 103, 046801 (2009).

[2] N. Levy et al., Science 329, 544 (2010), N. Nikolai et al., Science 336, 1557 (2012).

[3] D. A. Bahamon and V. M. Pereira, PRB 88, 195416 (2013).