

ケルビンフォースプローブ顕微鏡による還元した酸化グラフェン薄膜の表面電位観察

Investigation of surface potentials in reduced graphene oxide flake by KPFM

阪大院工、[○]根岸 良太, 高島 快, 小林 慶裕

Osaka Univ., [○]Ryota Negishi, Kai Takashima and Yoshihiro Kobayashi

E-mail: negishi@ap.eng.osaka-u.ac.jp

【はじめに】 酸化グラフェン(GO)の電子デバイスへの応用では、金属材料とのコンタクト抵抗低減に向けて還元したGO薄膜の仕事関数を解明することが重要である。還元したGOでは、その処理条件により欠陥や残存酸素量が大きく異なり、仕事関数に影響するものと考えられる[1]。本研究では、ケルビンプローブフォース顕微鏡(KPFM)およびラマン分光法を用いて、様々な処理条件により得られたGOフレークの表面電位と結晶性の相間について調べた。

【実験】 GOの還元は、不活性(アルゴン)ガスおよび活性ガス(エタノール)雰囲気での加熱処理により行った。KPFM測定は、ロジウムコートしたシリコンカンチレバーを用いて大気雰囲気下で行った。グラフェンの表面電位は熱酸化Si基板から得られる表面電位を基準として、その差分から評価した。

【結果と考察】 図1(a)・(b)にアルゴンガスおよび、エタノール雰囲気加熱処理したGOフレークのAFM/KPFM像を示す。高さ分布の解析から、それぞれのフレークの層数は1-3層程度と見積もられた。KPFM像に注目すると、アルゴン加熱処理したGOフレークの表面電位は熱酸化Si基板表面よりも相対的に低く(〜-90 mV)、GOフレークの仕事関数がSiO₂よりも大きいことを示している。一方、エタノール処理したGOフレークでは、SiO₂よりも相対的に高い表面電位(〜50 mV)が観察され、機械剥離法で得られた単層グラフェンフレークの表面電位(〜80 mV)に近い値であった。層数が同程度である領域(図1の●)から観察されたラマンスペクトルを図2に示す。エタノール処理したGOではアルゴンガス加熱処理と比較して、Dバンドの半値幅が小さく、2Dバンドピークの強度が増大していることから結晶性が向上していることが分かる[2]。エタノール還元したGO薄膜では構造修復によりフェルミ付近の状態密度が増加することから[2]、構造修復が仕事関数の減少を引き起こしたものと考えられる。一方、エタノールおよびアルゴン加熱処理ではいずれも効率的に酸素含有基が除去されていることをXPS測定で明らかにしており、今回の仕事関数の違いにおいて、残留した酸素含有基量の影響は限定的であると言える。以上のように、グラフェン自身の仕事関数は構造内部の欠陥や結晶性に大きく依存することが明確に示された。

[1] P. V. Kumar, et al., ACS Nano 7 (2013) 1638.

[2] R. Negishi, et al., Sci. Rep. 6 (2016) 28936.

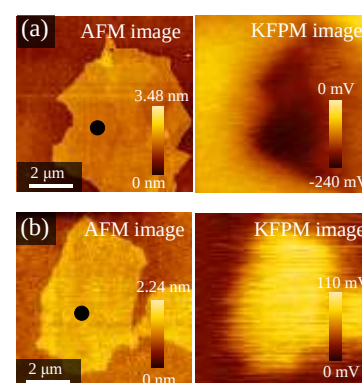


Fig. 1 AFM and KPFM images observed from the reduced GO flakes prepared by thermal treatment in (a) Ar and (b) ethanol environments.

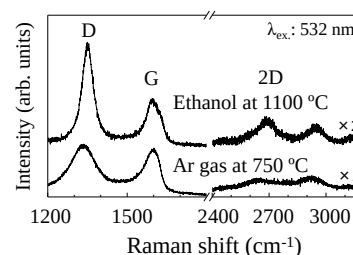


Fig. 2 Raman spectra observed from the reduced GO flakes in Fig. 1(a) and (b).