ナノ・フレーク状グラフェンの表面電位分布評価（その 1）

Surface Potential Distributions of Graphene Nanoflakes (I)

金沢工大　　°(M1) 島村 隼太、(M1)石橋 和真、西岡 圭太、芦野 慎

Kanazawa Institute of Technology　Hayata Shimamura *, Kazuma Ishibashi, Keita Nishioka and Makoto Ashino

E-mail: c6201755@st.kanazawa-it.ac.jp

【はじめに】

近年、化合物半導体に代わるシリコンチップ上高集積光デバイス用材料の有力候補としてナノカーボン材料が期待されている[1]。本研究では、集積デバイスへの応用を念頭にシリコン酸化膜（SiO_2/Si）上のナノ・フレーク状グラフェンの積層構造と表面電荷分布（表面電位）との相関関係について、全体像に対する局所的な変化に着目することで検討を行った。SiO_2/Si 基板上グラフェンの接触電位差（ΔV_{CPD}）の積層数依存性について、静電気力顕微鏡（Electrostatic Force Microscopy：EFM）や振幅変調方式ケルビンプローブ力顕微鏡（Amplitude-modulated Kelvin Probe Force Microscopy：AM-KPFM）を用いた研究が報告されている[2,3]。グラフェンの積層数による仕事関数変化の定量測定も仕事関数が既知の探針を使用することで行われている[4]。EFM は測定に力勾配を用いるため電気的特性の異なる領域間で鮮明なコントラストが得られるものの、プローブ電圧の大きな変化で試料表面や基板との界面に電荷（電圧）が誘起されるなどの難点がある。EFM と同様リフトモードとタッピングモードを用いる AM-KPFM では、試料表面の凹凸構造とΔV_{CPD}の定量・画像化が可能であるが、カンチレバーの振動振幅の測定精度と電位分布の空間分解能に難点がある。リフトモードを用いない周波数変調方式（Frequency-modulated：FM-）KPFM では力勾配の計測に基づくため、ΔV_{CPD} と表面の凹凸構造を高精度に定量・画像化することができる[5]。本研究では、清浄な SiO_2/Si 基板表面と高配向熱分解グラファイト（HOPG）の大気中劈開表面のΔV_{CPD}の測定を SiO_2/Si 基板上グラフェンの仕事関数について知る限り報告例のない FM-KPFM（図 1）を用いて行った。測定結果から探針の仕事関数を決定することで SiO_2/Si 基板上のナノ・フレーク状グラフェンの積層数に伴う仕事関数変化の定量測定が実現されている。

【実験方法】

SiO_2/Si(111)基板をアセトンとアルコールで洗浄乾燥後、表面の凹凸構造とΔV_{CPD} の画像観察を行った。図 1 に使用した走査プローブ顕微鏡（島津製作所 SPM-9700）の構成を示す。PtIr 被膜探針を用いて凹凸構造を画像化するとともに、同時に FM 法によるΔV_{CPD} の画像化を行った。同様な観察を粘着テープで劈開した直後と大気中で 3 日間放置後の HOPG 表面について行った。

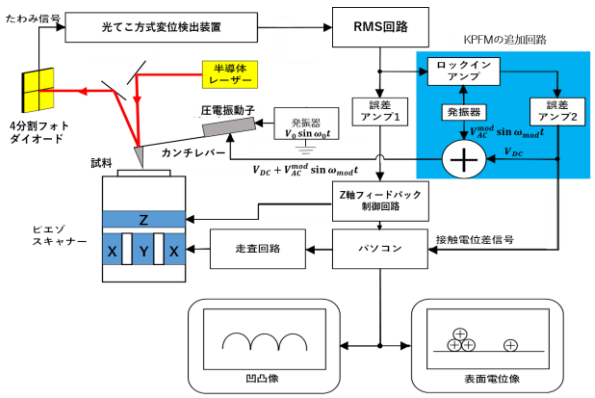

Fig1　FM-KPFM(SPM-9700)

【結果と考察】

異なる観察領域（2μm×2μm）に対して得られたΔV_{CPD} 画像のヒストグラムを基に SiO_2/Si(111)基板表面のΔV_{CPD}を求めた。同様に、劈開直後と大気中で 3 日間放置した HOPG 表面についてΔV_{CPD}を求めた。得られた結果と SiO_2 および HOPG 表面の仕事関数の文献値とを比較することにより PtIr 被膜探針の仕事関数を決定した。値はこれまでの報告例と良い一致を示していることからグラフェンの積層数に伴う仕事関数変化の定量化が可能と判断できた。

【参考文献】

[1] 牧 英之，志村 惟，中川鉄馬，応用物理 第91巻，第2号, 86-90 (2022).
[2] A. Singh, et al, Appl. Surf. Sci. **402**, 271-276 (2017).
[3] Ziegler et al., Phys. Rev. B **83**, 235434 (2011).
[4] Yu et al., Nano Lett. **9**, 3430-3434 (2009).
[5] Panchal et al., Sci. Rep. **3**, 2597 (2013).

© 2023年 応用物理学会