光照射による窒素ドープグラフェンの作製と電気特性評価

Photochemical Synthesis of the Nitrogen-doped Graphene and its Electrical Properties

京大院工，　°宇都宮 徹，曽我 正寛，屠 宇迪，一井 崇，杉村 博之

Kyoto Univ., °Toru Utsunomiya, Masahiro Soga, Yudi Tu, Takashi Ichii, Hiroyuki Sugimura

E-mail: utsunomiya.toru.5v@kyoto-u.ac.jp

緒言：グラフェンに異種元素をドープすることによって，電子物性や電気化学的特性を制御できるため，グラフェンへの化学ドーピング法の開発が近年広く研究されている．グラフェン構造内にドープされたヘテロ原子は隣接した炭素原子のスピン密度や電荷分布を変調し，酸素還元反応などの活性サイトとなることが知られている[1]．当研究室では室温での簡便な手法として真空紫外(VUV)光照射による酸化グラフェン(GO)への窒素ドーピングを報告した[2].本研究では光照射プロセスに用いる波長に依存した窒素の結合状態や電気特性を検証した．

実験と結果：Modified Hummers 法によって作製した GO の水分散液にアンモニア水を混合し，24 h 撹拌した．その混合溶液を遠心分離し，水で置換する行程を繰り返し， N-GO の水分散液を合成した．約 90 nm の酸化膜を形成した Si 基板に N-GO を担持し，真空チャンバー（$<10^{-3}$ Pa）内で，UV 光 (100 mW cm^{-2}) を 4 時間，または VUV 光（λ=172 nm，10 mW cm^{-2}）を 64 分照射した．XPS 測定結果を Fig. 1 に示す．C1s ピークより，UV 光及び VUV 光照射後，共に酸素含有基由来のピーク強度が減少し，284.4 eV 付近の C=C 結合に由来するピーク強度が増加した．高真空中での光照射によって N-GO の還元が示唆された. N1s ピークの解析により，還元後の N-rGO では UV 光照射では N-GO とほぼ同等だが，VUV 光では Pyridinic N の割合が増加した．AFM 像（Fig. 2）から，UV 光では N-GO と同様な膜厚(1.3 nm)が得られたが，VUV 光照射した試料では膜厚が 0.7 nm に減少した．これは VUV 光化学反応による N-GO 面内の C や N 原子の結合様式の変化に由来すると考えられる．現在，N-rGO(VUV)を用いた電界効果トランジスタ測定を行なっており，窒素ドープが電気特性に与える影響を検証している．

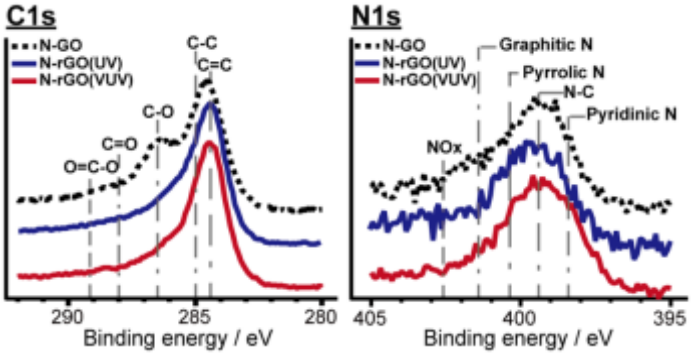

Fig 1. XPS spectrum of C1s and N1s regions.

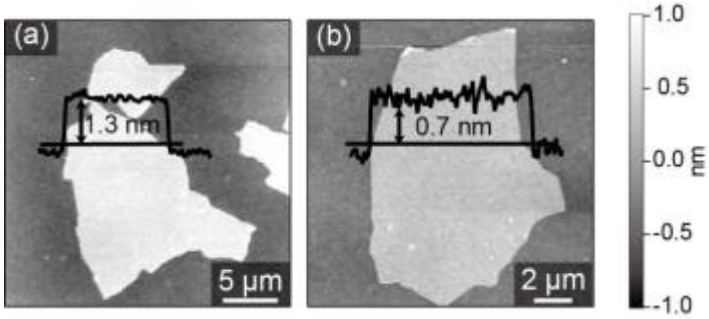

Fig 2. AFM images of (a) N-rGO(UV) and (b) N-rGO(VUV)

[1] Y. Zhao, et al., *J. Am. Chem. Soc.*, **135**, 1201 (2013)

[2] 曽我正寛，屠宇迪，宇都宮徹，一井崇，杉村博之，<第 77 回>応用物理学会秋季学術講演会，13p−P5−35