

酸化グラフェンの VUV 光マイクロ還元とその電気特性評価

Micro-scaled VUV light Reduction of Graphene Oxide and its Electrical Properties

○屠 宇迪, 宇都宮 徹, 一井 崇, 杉村 博之(京大院工)

○Yudi Tu, Toru Utsunomiya, Takashi Ichii, Hiroyuki Sugimura,

(Dept. of Mater. Sci. & Eng., Kyoto Univ.)

E-mail: tu.di.57c@st.kyoto-u.ac.jp

はじめに: グラフェンの大量生産ルートの 1 つである酸化グラフェン(graphene oxide, GO)の還元プロセスとして, インコヒーレントな実用光源である Xe_2 エキシマランプを用いた真空紫外(vacuum ultraviolet, VUV)光照射による光化学還元法を提案した.^[1] 本手法は安価・安全・高速という特徴に加え, フォトリソグラフィと組み合わせることで, 単層 GO の面内に簡便に導電性還元体(reduced graphene oxide, rGO)パターンの描画が可能である. 本研究では, この VUV-rGO について, XPS による巨視的な元素分析およびケルビンプローブフォース顕微鏡(KFM)による微視的な表面電位計測によって, 酸素含有基(Oxygen-containing functional groups, OFGs)の除去を実証・観察した. さらに, 電流計測原子間力顕微鏡(Conductive AFM, CAFM)により, GO/rGO マイクロパターンのラテラル導電性を評価した.

実験と結果: Si 基板 (90 nm 酸化膜つき) に担持された GO に, 真空チャンバー ($<10^{-3}$ Pa) 内で, VUV 光 ($\lambda=172$ nm, 10 mW/cm²) を照射した. 異なる照射時間により得られたサンプル

の酸素/炭素原子比率 ($R_{\text{O/C}}$) を XPS によって分析した (図 1). 照射時間の延長に従って, $R_{\text{O/C}}$ が低減, すなわち OFGs が除去されたことを確認した. 次に, KFM を用いて, 異なる照射時間の GO・rGO の表面電位を観察した (図 2). VUV 光照射に伴い, 表面電位が低下していることがわかった. すなわち, KFM により微視的な還元度の評価が可能であることがわかった. さらに, 石英フォトマスク (500 nm 露光・4 μm 遮光のラインパターン) を介した VUV 光照射により GO シート内に rGO 領域のマイクロパターンニングを行った (図 3a). AFM ならびに KFM (図 3b, c) により, 図 3b に示したシート内に還元パターンが描画されたことを確認した. これに基づき, rGO の透明電極や伝導チャンネルなどへの応用のために, ラテラル方向の導電性について CAFM により評価した. VUV フォトリソグラフィによりパターンニングされた GO/rGO シート (5 μm 露光・5 μm 遮光のラインパターン) に PVD-Au 電極を接続して, 電流マッピングを行った (図 4a, b). その結果, rGO 領域において明確な導電性の向上が確認された (図 4c). 本研究によって VUV 光による GO 面内への導電性パターンの描画が達成された.

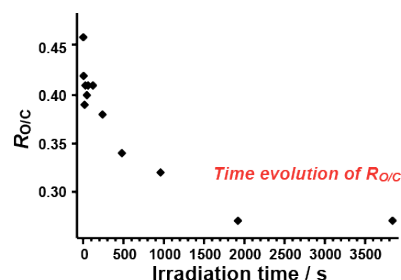


Figure 1. The time evolution of the $R_{\text{O/C}}$ of GO and rGO measured by XPS.

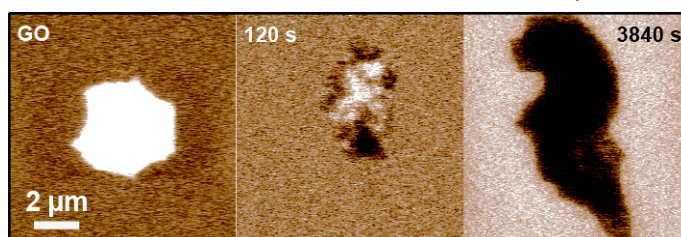


Figure 2. The time evolution of KFM surface potential of GO and rGO.

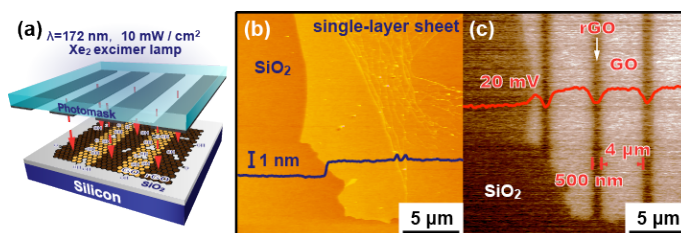


Figure 3. (a) Illustration of VUV photomask lithography. (b) AFM topography and (c) KFM surface potential of GO/rGO patterns.

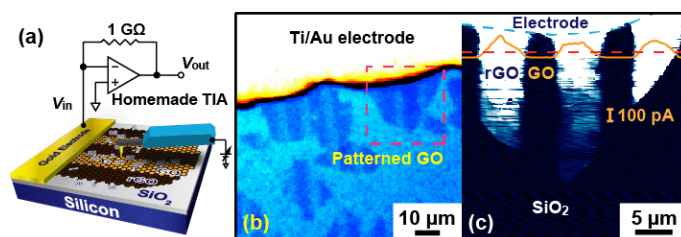


Figure 4. (a) Illustration of CAFM measurement. (b) The optical microscopic image and (c) The current mapping of GO/rGO pattern.

¹ Tu, Y.; Ichii, T.; Khatri, O. P.; Sugimura, H. *Appl. Phys. Express* **2014**, 7, 075101.