

X線吸収微細構造および光電子分光測定による還元した酸化グラフェン薄膜の電子構造解析

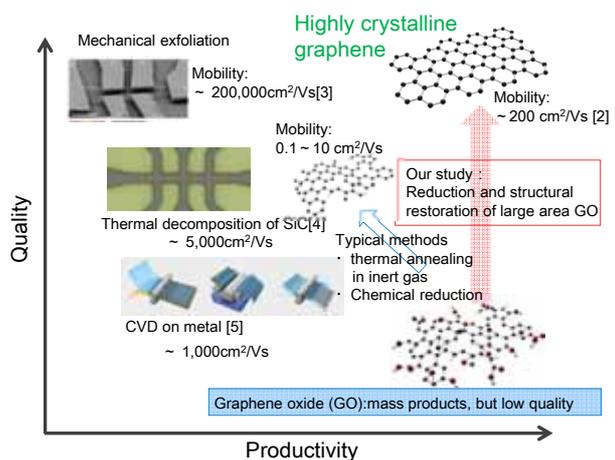
根岸 良太¹、岡井 誠²、伊藤 孝寛³、仲武 昌史⁴、渡辺 義夫⁴、小林 慶裕¹
¹阪大院工、²日立製作所、³名大院工、⁴あいちシンクロトン光センター

背景・経緯

化学プロセスにより安価に大量合成可能な酸化グラフェン(GO)は、薄膜化させることで容易に大面積形成できるため、スケラブルな電子デバイスシステムへの応用に向けて、GOの合成法や還元方法に関する研究が世界中で活発に進められている。電子デバイスへの応用には還元処理が必須となるが、ヒドラジンや真空還元など一般的な方法では、グラフェンの有する優れた電気伝導特性を引き出すには至っていない。これは、酸化プロセスで生成された欠陥構造が還元処理後も多く存在し、電気特性の著しい劣化を引き起こしているためである。

近年我々は、エタノール気相雰囲気における加熱還元処理では、GO薄膜の欠陥構造を効率的に修復し、電気特性を著しく向上させることを見出した[1,2]。特に、1000℃以上のエタノール高温処理では、不活性ガス・真空加熱還元や化学還元処理したGO薄膜で見られるバリアブルレンジホッピング(2D-VRH)伝導とは全く異なるバンド伝導が観察されるようになる。今回我々は、あいちSR BL7UにてX線吸収微細構造(XAFS)・光電子分光(PES)測定により非占有・占有状態密度の評価を行い、グラフェンの高結晶化に伴うフェルミ準位近傍の状態密度変化によってバンド伝導機構が発現していることを明らかにしたので報告する。

Reduced graphene oxide films for device applications



[1] R. Negishi and Y. Kobayashi, *APL* **105** (2014) 253502
[2] R. Negishi et al., *to be submitted*.
[3] K. I. Bolotin et al., *Solid State Comm.*, (2008)
[4] A. Tzalenchuk et al., *Nat. Nanotechnol.*, (2010)
[5] S. Bae et al., *Nat. Nanotechnol.*, (2010)

結果

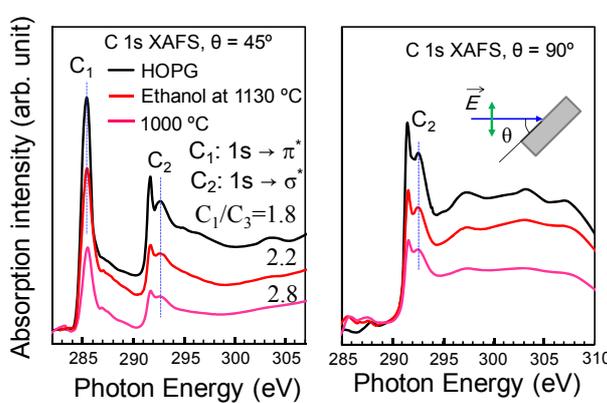


Fig.1 エタノール気相雰囲気還元処理したGOおよびHOPGからのXAFSスペクトル (あいちSR BL7U)

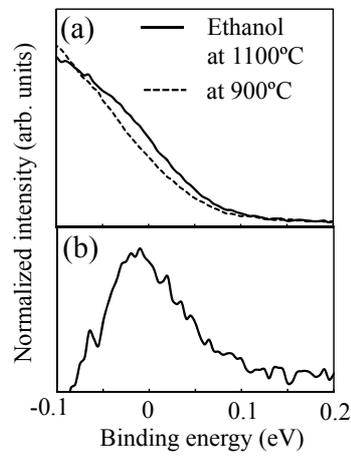


Fig.2 エタノール気相雰囲気還元処理したGOの (a) PESスペクトルと (b) 差分スペクトル (あいちSR BL7U)

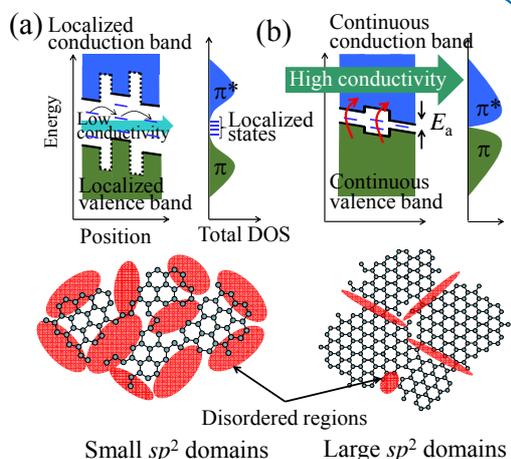


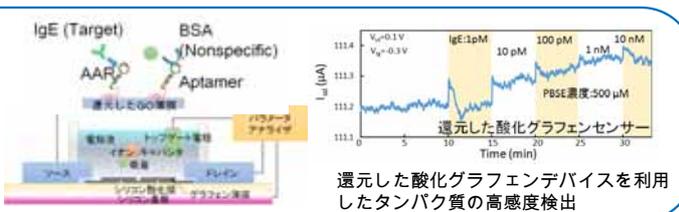
Fig.3 キャリア伝導機構のモデル (a) 構造修復が不十分な従来の還元法で得られるGO薄膜 (b) 本手法により得られる高結晶性GO薄膜

- 非占有状態に対応した *および *ピークの強度が還元処理温度により変化
- 高温エタノール加熱処理により、 E_F 近傍の状態密度が増加
 - エタノール高温加熱処理によりGO薄膜内の欠陥構造に対して効果的な構造修復の進行
 - キャリア伝導機構の変調を示唆

- 従来の還元法で得られるGO薄膜の伝導機構：
2D-VRH伝導
- 本手法：効率的な構造修復による電子系の空間的拡張
熱活性型のバンド伝導

期待される効果・社会的インパクト

今後は、高結晶性GO薄膜をチャンネルとした電子素子によるバイオセンサーの開発を進める。マイクロ流路技術などの導入により、ポータブルなシステムで迅速診断可能なバイオチップの創成が期待できる。



還元した酸化グラフェンデバイスを利用したタンパク質の高感度検出