

分子修飾を利用した積層グラフェンの電気特性制御

Control of Electrical Properties of Stacked Graphene Using Molecular Modification

青学大理工, ○(M1)生駒 璃音, (M2)笠谷 彪雅, 渡辺 剛志, 黄 晋二

Aoyama Gakuin Univ., ○R. Ikoma, H. Kasatani, T. Watanabe, S. Koh

E-mail: rioni@ee.aoyama.ac.jp

特異な電子構造を有するグラフェンは様々な電子デバイスへの応用が期待されており、バンドギャップ形成などグラフェンの電子構造を制御する研究が盛んに行われている。本研究では、共有結合分子修飾によるグラフェンの電気特性制御を目的とし、電子求引性と電子供与性の官能基を有する分子をグラフェンに共有結合させ、それらがグラフェンの電気特性に及ぼす影響を評価した。

CVD (Chemical Vapor Deposition) 法を用いて Cu 上にグラフェンを成長させ、PMMA (poly methyl methacrylate) 支持転写法により、石英ガラス基板上に単層グラフェン (mGr)、2 層積層グラフェン (bGr) を作製した。Fig.1 にグラフェンの表面修飾の模式図を示す。サイクリックボルタンメトリー (CV) を利用したジアゾニウム塩還元を行い、ニトロフェニル基 (NO_2) またはメトキシフェニル基 (OCH_3) を修飾した。作製した mGr 及び bGr の分子修飾前後の電気特性をホール効果測定により評価した。また、修飾時の電気量からニトロフェニル基の固定化量を算出した。

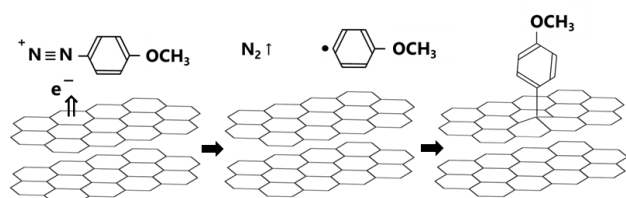


Figure.1 Schematic image of surface modification.

Table.1 にホール効果測定結果を示す。単層グラフェンにニトロフェニル基を修飾すると、キャリア密度が増加したが、キャリア移動度が減少し、結果としてシート抵抗が増加した。これは、分子との共有結合によりグラフェンの一部の炭素原子

が sp^2 混成から sp^3 混成に変化したためだと考えられる。一方、積層グラフェンに修飾して作製した NO_2/bGr 電極では、キャリア密度が増加し、シート抵抗が減少した。また、ニトロフェニル基修飾時の電気量から見積もられた表面分子密度は、単層グラフェン電極では炭素原子 3.5 個に 1 個、積層グラフェン電極は表面の炭素原子 4.3 個に 1 個の割合であった。従って、上層のみが共有結合分子修飾に使われ、下層は電荷輸送層として機能していると考えられる。

キャリア密度の増加は、電子求引性のニトロフェニル基が、グラフェンの電子を引き寄せ、正孔密度を大きく増加させた結果と考えられる。一方、電子供与性のメトキシフェニル基を修飾した積層グラフェン (OCH_3/bGr) 電極では、分子修飾によるキャリア密度の減少とシート抵抗の増加が観測され、修飾分子の電子供与性と電子求引性の違いがグラフェンの電気特性に影響を与えることが明らかとなった。

Table.1 Results of Hall effect measurements.

Samples	Modification	Carrier Mobility [cm^2/Vs]	Carrier Density [$\times 10^{12} \text{cm}^{-2}$]	Sheet Resistance [Ω/sq]
NO_2/mGr	Before	1420	5.49	804
	After	229	31.4	868
NO_2/bGr	Before	2160	6.44	448
	After	1150	19.1	254
OCH_3/bGr	Before	1830	7.28	467
	After	2040	6.51	469

ジアゾニウム塩還元を用いて、ニトロフェニル基、メトキシフェニル基を積層グラフェン表面に共有結合修飾した結果、修飾する官能基の性質に応じたグラフェンの電気特性の変化が観測され、グラフェンの電気特性を制御することに成功した。