



HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	Liquid-Phase Photo-induced Covalent Modification (PICM) of Single-Layer Graphene [an abstract of dissertation and a summary of dissertation review]
Author(s)	Feng, Guilin
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(工学)
Dissertation Number	甲第15693号
Issue Date	2023-12-25
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/91207
Rights(URL)	https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/
Type	doctoral thesis
File Information	Guilin_Feng_review.pdf, 審査の要旨



学位論文審査の要旨

博士の専攻分野の名称 博士 (工学) 氏名 Guilin Feng

審査担当者 主 査 教 授 雲林院 宏
副 査 教 授 橋本 守
副 査 教 授 三上 秀治
副 査 准教授 平井 健二

学位論文題名

Liquid-Phase Photo-induced Covalent Modification (PICM) of Single-Layer Graphene
(単層グラフェンの液相光誘起共有結合修飾 (PICM))

Feng guilin 氏の博士論文は、将来的な半導体応用に期待が高まっているグラフェン原子層の電子状態を化学的に調整することに焦点を当てている。これまで、電気化学などを用いたグラフェン化学修飾法が検討されてきたが、デバイス化には空間制御のためにマスクングが必要で、生産効率が低い、不純物が導入される、など様々な問題が存在する。そこで本論文では、グラフェン化学修飾の空間制御を可能とすべく、液相光誘起局所化学修飾法 (PICM 法) を開発し、よりクリーンでシンプルなグラフェン修飾法を開発し、その特性を調べた。

本論文第 1 章では、グラフェンの歴史、物性、合成法、電子部品としての応用と電子状態制御の現状についてまとめたのち、ラマン分光などグラフェンの物性評価方法、グラフェンの化学修飾方法の現状を述べた。そのうえで、本研究分野の現状と、本学術論文の目的を記述した。

第 2 章では、短鎖脂肪酸 (SCFA) 水溶液をグラフェン表面に展開し、可視レーザー光を集光することにより、高効率でグラフェン表面化学修飾を実現できることを発見した。ラマン顕微と IR 顕微により、グラフェン光励起に伴い SCFA がラジカル化し、その結果、アルキル基、エステル基、エーテル基などがグラフェン表面に共有結合することを明らかにした。また、SCFA のアルキル鎖長が大きいほど電荷ドーピング効果が大きくなることを、ラマン分光から明らかとした。これにより、SCFA のグラフェン化学修飾により、グラフェン電子物性の微細な変調が可能であることを示した。

第 3 章では、SCFA 水溶液中で化学修飾したグラフェンの電子物性を、グラフェン増強ラマン散乱 (GERS) を用いて調査した。グラフェン単層そのものが吸着分子のラマン散乱を増強することは知られており、グラフェンの化学的構造によりその増強度は異なることも知られている。本研究では、修飾前のグラフェンよりも 25 倍以上の GERS 効果をもたらすことを新たに発見した。これは、グラフェンの電子状態、特にフェルミ準位が SCFA による化学修飾により変調したことに起因すると考察した。

これを要するに、本研究では、グラフェンの電子構造をサブミクロンメートルスケールで調整するための液相 PICM アプローチを新たに開発し、その反応機構の解明、修飾後の物性を解明した。これは、将来のグラフェンの電子デバイス応用に向けて、クリーンで高効率な (サブ) マイクロ精密制御を新たに提供するものであり、著者は、北海道大学博士 (工学) の学位を授与される資格あるものと認める。