

【ポイント】

- ▶ 陽イオン^{注4)}性窒素をグラフェンに導入することにより、p型半導体グラフェンの開発に成功

【研究背景と内容】

グラフェン材料は、次世代の電子材料として期待されています。しかし、材料機能を制御するためには、一部の炭素を炭素とは異なる元素に置き換えること（ドーピング）が必要です。このドーピング技術は、シリコンをもとにつくる半導体の分野では、従来から行われてきた技術です。シリコン半導体分野では、このドーピング技術を駆使し、様々な半導体デバイスが生み出されており、我々の生活を豊かにしてくれています。一方、グラフェンへのドーピングでは、異種元素の導入にともない、そのグラフェンの特性の起源とも言うべき平面性が失われるという問題点があったため【図1】、カーボンデバイス開発に向けた大きな障壁となっていました。

本研究チームでは、名古屋大学発のソリューションプラズマという合成技術【図3】により、陽イオン性窒素の導入を実現し、その結果、その平面性を維持することを可能にしました【分子構造は図2】。窒素の含有率は重量比で16.5%です。15%以上の窒素を含み、かつ、高い結晶性・平面性を有するグラフェンとしては、世界で唯一の材料と言えます。この半導体特性を調べた結果、p型半導体特性を示すことが分かりました。通常、窒素をドーピングした場合は、n型半導体^{注5)}特性を示すことが一般的です。今回は、陽イオン性窒素を導入したことにより、正孔（ホール）をキャリアとして機能させることに成功しました。

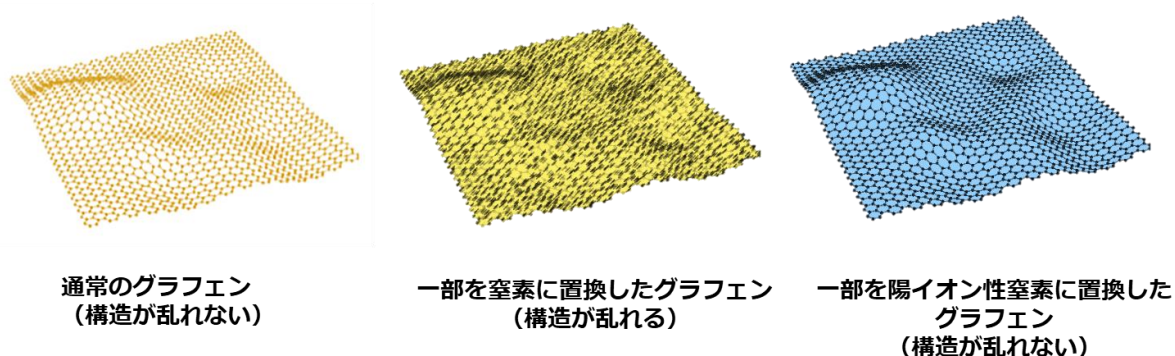


図1 グラフェン、窒素を導入したグラフェン、陽イオン性窒素を導入したグラフェンの構造

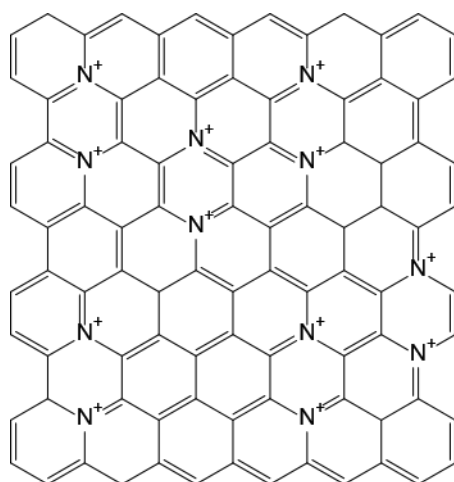


図2 陽イオン性窒素を導入したグラフェン（陽イオン性窒素ドーピンググラフェン）

(a) 原料 (b)SP合成中 (c)合成終了 (d)分離したp型半導体グラフェン

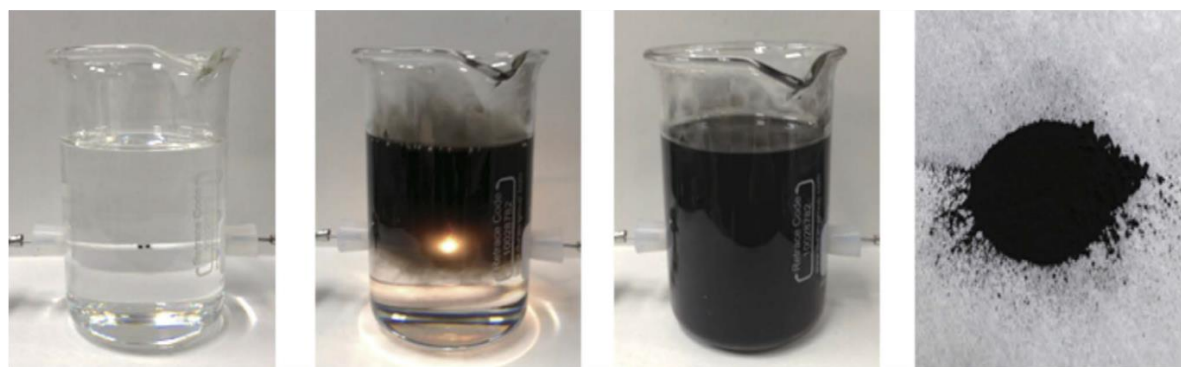


図3 有機溶媒中のソリューションプラズマ（SP）により、室温で、陽イオン性窒素を導入したグラフェンを合成

【成果の意義】

異種元素を導入したグラフェンの半導体特性の制御により、カーボン材料のみでできた軽量でフレキシブルな太陽電池等のデバイスやディスプレイ等へ利用する透明導電性電極、燃料電池で不可欠な白金触媒の代替など高価な金属を使用しない触媒等への応用が期待されます。

【用語説明】

- 注1) p型半導体：半導体の中で、電荷を運ぶキャリアとして正孔（ホール）が使われる半導体。
- 注2) グラフェン：炭素1原子層からなるのシート状物質。ハチの巣のような六角形の格子構造をとる。
- 注3) ソリューションプラズマ：溶液中での低温プラズマであり名古屋大学発のオリジナルのプラズマテクノロジー。
- 注4) 陽イオン：正の電荷を帯びた原子や原子団。
- 注5) n型半導体：半導体の中で、電荷を運ぶキャリアとして自由電子が使われる半導体。

【論文情報】

雑誌名： ACS Applied Nano Materials

論文タイトル： P-type Doping of Graphene with Cationic Nitrogen

著者： Sangwoo Chae（名古屋大学博士課程学生）, Gasidit Panomsuwan, Maria Antoaneta Bratescu（名古屋大学特任教授）, Katsuya Teshima, and Nagahiro Saito（名古屋大学教授）

DOI：[10.1021/acsanm.8b02237](https://doi.org/10.1021/acsanm.8b02237)