グラフェン-水界面の動電現象における窒素ドーピング効果

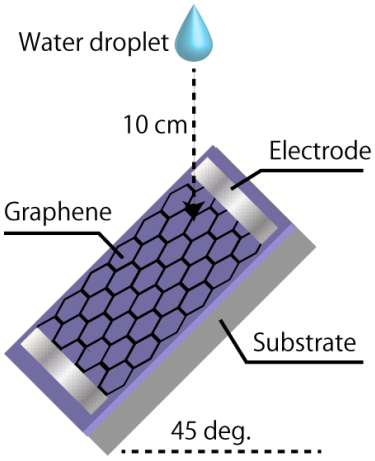
Nitrogen Doping Effect on Power Generation from Graphene-water Interface

東北大流体研 [1]，名工大 [2]，大阪大学 [3]、NASA Ames Research Center [4]、 東北大 AIMR[5]
°岡田 健 [1]，Golap Kalita[2]，種村眞幸 [2]，山下一郎 [3]、M. Meyyappan[4]、寒川 誠二 [1,5]
IFS, Tohoku Univ.[1], Nagoya Inst. Tech.[2], Osaka Univ.[3] ,
NASA Ames Research Center[4], AIMR, Tohoku Univ.[5]
°Takeru Okada[1], Golap Kalita[2], Masaki Tanemura[2], Ichiro Yamashita[3],
M. Meyyappan[4], and Seiji Samukawa[1,5]
E-mail: takeru.okada@tohoku.ac.jp

急速に発展する高度情報化社会において我々の生活環境にある様々な現象を有効活用するエネルギーハーベスティングの重要性が高まっている。中でも固液界面における動電現象（摩擦帯電）は雨滴や河川・海洋の水流、人体の動作などから発電可能な手法であり高い汎用性が特徴である。グラフェンを用いた固液界面摩擦帯電はしなやかな極薄材料という点で多くの応用が期待できるが、そのメカニズムは未解明である。これまでにフォノンドラッグ効果、溶液中イオンがグラフェン表面で起こすドリフト、界面における非対称なポテンシャル形成等がメカニズム案として提案されているがいずれも定量的な物理現象解明には至っていない。

本研究ではグラフェンを用いた固液界面動電現象においてグラフェンへ窒素をドープした効果について検討を行った。窒素をグラフェンにドープすることで濡れ性等の界面状態、電子伝導が変化するためメカニズム解明に貢献できるものと期待できる。中性粒子ビームによって炭素原子と置換した窒素ドープグラフェン（Graphitic Nitrogen）を合成し、Pristine グラフェンと発電量を比較した結果、窒素ドープグラフェンは Pristine グラフェンよりも 3 倍の電圧を生じることが明らかになった。また、窒素ドープグラフェンと同等の濡れ性、導電性を持つ酸化グラフェンと比較しても 3 倍超の電圧が生じた。このことは窒素をドープすることでグラフェンの表面が負に帯電すること、その結果として界面における電位勾配が急峻になったことにより、起電力が増加したものと考えられる。また、このときの発電量（1 滴の純水 : 0.1 ml）は約 1.6 μW であった。

本研究の結果は支持基板に依存せず異種原子ドーピングによって表面電位を制御することで発電量を大幅に増大させることを示しており、さらなる高効率発電実現の基盤となる知見と言える。



図：グラフェンを用いた界面動電現象実験模式図

Okada et al. Applied Physics Letters (2018)