

【基盤研究（S）】
理工系（工学）



研究課題名 集積グラフェン NEMS 複合機能素子によるオートノマス・
超高感度センサーの開発

北陸先端科学技術大学院大学・
マテリアルサイエンス研究科・教授

みずた ひろし
水田 博

研究分野： 工学、電気電子工学

キーワード： 電子デバイス・集積回路、NEMS、グラフェン、質量センサー

【研究の背景・目的】

近年、ナノスケールに微細化された微小電子機械システム（NEMS）の高度機能素子応用が大いに注目されている。RF スイッチなどの研究に加えて、NEMS の表面对体積比が大きいことを利用して、微少な電荷および質量の変化を超高感度で検出する NEMS センサーの研究も盛んになってきた。

本研究では、これまで研究代表者が構築してきたシリコン複合 NEMS センサーとパワーマネジメント素子技術と、グラフェン超微細デバイスに関する研究の成果を融合させることで、①サブ・zeptogram～原子質量単位（ダルトン）/Hz レベルの質量感度と、単電荷移動検出を同時に可能とする振動グラフェン NEMS 超高感度センサーおよび、②サスペンデッド・グラフェンと基板間の van der Waals 力などの短距離力を設計・制御して動作する不揮発性グラフェン NEMS スイッチを開発する。併せて、マルチスケール・グラフェン NEMS 集積システムシミュレーション技術と集積化プロセス技術を構築することで、オートノマス・極限感度・グラフェン集積センサーシステムに基盤技術を開発する。

【研究の方法】

本研究課題では、研究開発項目を以下の5つのワークパッケージ【WP1】～【WP5】に区分して推進する。【WP1】では、サスペンデッド・グラフェンナリボン（GNR）を垂直振動チャンネルとして用いる共鳴 GNR トランジスタ構造（図1）を用いて、GNR 表面の吸着ガス分子による共振周波数変化検出と、吸着分子-GNR 間の電荷移動による電流-電圧特性の電荷中性点シフト検出を組み合わせた精度の高いセンシング方式を検討する。【WP2】では、吸着ガス分子の種類を同定する新たなセンシング方式として、吸着分子の固有振動モードを伝導電子の非弾性散乱トンネルスペクトロスコーピーにより検出する手法を検討する。【WP3】では、GNR-基板間の短距離力を制御して、準エネルギー可逆型 NEMS スイッチを可能とする不揮発性グラフェン・パワーマネジメント素子の設計・作製を行う。【WP4】では、アトムスケールから等価回路解析レベルまでをカバーする集積モノレイヤーセンサーシステム設計・解析用マルチスケール・シミュレーション技術の構築と、原子分解能走査透過型電子顕微鏡を駆使した GNR 上分子吸着状態の微視的解明を行う。【WP5】では、【WP1】と【WP2】で開発した超高感度センサー素

子とパワーマネジメント素子を同一グラフェン膜内に集積化するプロセス技術を開発する。以上の鍵要素技術を構築することで、オートノマス・超高感度集積グラフェンセンサーシステムの実現を目指す。

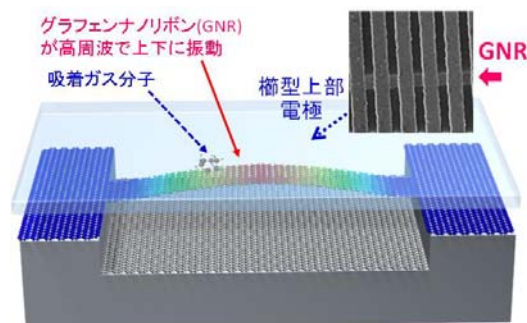


図1 共鳴 GNR チャンネル質量検出型センサー

【期待される成果と意義】

本研究は、モノレイヤー材料であるグラフェンを用いて、複合機能 NEMS センサー素子と、ナノスケール・パワーマネジメント素子の融合システムを狙う大変独創性の高いものである。近年深刻な問題となっている揮発性有機化合物(VOC)分子などに対応する超高感度・環境センシング技術を生み出すだけでなく、幅広い集積回路・システムのオートノマス化に対して適用が可能であり、科学技術と ICT 産業の両面において大きなインパクトが期待できる。

【当該研究課題と関連の深い論文・著書】

- ・ F. A. Hassani, H. Mizuta *et al.*, 'Numerical analysis of zg/Hz-level mass responsivity for in-plane resonant nano-electro-mechanical sensors', *Microelectronic Engineering* **88**(9), 2879-2884 (2011)
- ・ 水田, 土屋, "NEMS とナノデバイス", ナノシリコンの最新技術と応用展開", *N. Koshida ed.*, 108 - 121, CMC 出版 (2010)

【研究期間と研究経費】

平成 25 年度 - 29 年度
124,800 千円

【ホームページ等】

<http://www.jaist.ac.jp/ms/labo/mizuta.html>
mizuta@jaist.ac.jp