# グラフェン振動子を用いたアトグラムレベルの質量変化検出

**Detection of ag mass change using graphene resonator**

○瀬戸　文博 [1]，マノハラン・ムルガナタン [1]，水田　博 [1]

北陸先端大 [1]

○Fumihiro Seto[1], Manoharan Muruganathan[1], Hiroshi Mizuta[1]

[1]JAIST

E-mail: s1530022@jaist.ac.jp

【背景】シックハウス症候群などの生活空間汚染の原因物質となる希薄な揮発性有機化合物の検出を行う高感度環境センサーが求められている。近年、表面積対体積比に優れるグラフェンを用いた高感度センシングに注目が集まっている。これまでに、グラフェン NEMS(Nano Electro Mechanical System)を用いた高分子の質量検出に関する研究が報告されている[1]。これはグラフェン上に残留している電子線レジスト(PMMA)を加熱によって除去し、加熱前後の共振周波数変化から zg オーダーの質量変化を検出している。また、我々のグループでは、サスペンデッドグラフェンナノリボン(GNR)を用いたコンダクタンス変化検出による $CO_2$ 単一分子吸着検出に成功している[2]。今回我々は、サスペンデッドグラフェンナノリボンを振動させ、GNR 上にガス分子が吸着した際の共振周波数の変化量から質量検出を行うことを目指した。この方式での希薄ガス分子付着による共振特性変化や質量変化検出の報告はまだされていない。本研究では、トップゲート型サスペンデッド GNR デバイスを作製し、真空中での共振特性測定を行った。そこから、ガスの導入を行った際の共振特性のシフトを測定し、質量変化の見積もりを行った。

【実験結果】Fig1.(a) は作製したデバイスの光学顕微鏡画像である。GNR は幅 0.5 μm、長さ 0.9 μm で設計を行った。Fig1.(b) は作製デバイスの高真空中($1.1\times10^{-4}$ Pa)での共振特性（黒線）と位相特性（青線）である。測定は全て室温下で行い、94.3 MHz で共振ピークと位相変化が観測された。Q 値は 42.2 であった。Fig1.(c) は試料ガス導入前後の共振周波数特性の比較図である。測定では、試料ガスの流量を一定としてチャンバー内へガスを導入し、圧力を変化させた。圧力変化後にガスを止め、15 分間待機してから測定を行った。ガスの導入によって、共振ピークが 4.32 MHz シフトしていることが確認された（黒線：$1.1\times10^{-4}$ Pa、赤線：$1.1\times10^{-1}$ Pa）。また、ガス導入後の Q 値は 22.5 であった。測定で得られた共振周波数 $f_o$ や共振シフト $\Delta f_o$、振動子質量 $m_{GNR}$ から $\Delta f_0 = (\Delta m \cdot f_0) / m_{GNR}$ を用いて 、質量変化 $\Delta m = 15.255\times10^{-18}$ g (ag) の見積もりを得た。

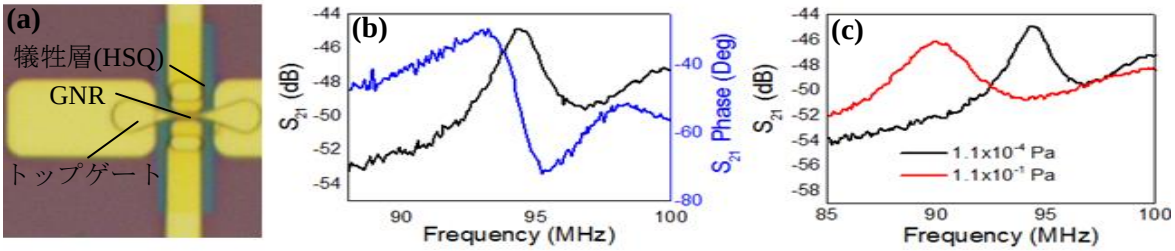


Figure1 : (a) 作製デバイス光学顕微鏡画像(×100), (b)高真空中（$1.1\times10^{-4}$ Pa）での共振特性（黒線）と位相特性（青線），(c) 試料ガス導入前後での共振特性の比較

【参考文献】**[1].** C. Chen et al., “Performance of monolayer graphene nanomechanical resonators with electrical readout,” 27 Nat. Nanotechnol., vol. 4, no. 12, pp. 861 –867, Dec. 28 2009. [2] J.Sun, et al., *Science Advanced*, vol.2, no.4,e1501518, (2016).

【謝辞】本研究は、JSPS 科研費 25220904、16K18090、16K13650 の助成を受けて実施しています。