

グラフェン振動子を用いたzeptogramレベルの質量変化検出

Detection of zg mass change using graphene resonator

○瀬戸 文博¹, マノハラン・ムルガナタン¹, 宮下 寛也¹, 水田 博^{1,2}

北陸先端大¹, 日立ケンブリッジ研²

○Fumihito Seto¹, Manoharan Muruganathan¹, Hiroya Miyashita¹, Hiroshi Mizuta¹

¹JAIST, ²Hitachi Cambridge Lab

E-mail: s1720015@jaist.ac.jp

【背景】 シックハウス症候群に代表される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。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 CO₂ 単一分子吸着検出を報告している[1]。しかし、ガス分子付着時のメカニズムが複雑であるといった課題も挙げられる。そこで本研究では新たな方式として、GNR を振動させて 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質量変化検出の報告はまだされていない。本研究ではこれまでに、トップゲート型サスペンデッド GNR デバイスの作製や高真空中での共振特性の測定、試料ガス導入による共振周波数シフトの観測、アトグラムレベルの質量変化検出の見積もりなどを行ってきた。しかし、試料ガス導入による圧力変化と共振周波数シフトとの詳細な関係については明らかになっていない。そこで本研究では試料ガス導入によりチャンバー内の圧力を徐々に変化させた場合、共振特性がどのようにしてシフトしていくのかを観測し、そこから質量変化の見積もりを行った。

【実験結果】 Fig1.(a) はデバイスの光学顕微鏡画像である。GNR は幅 5 μm、長さ 1 μm で設計を行った。Fig1.(b) は試料ガスを導入し、チャンバー内の圧力を変化させた場合の共振周波数特性である。測定は全て室温下で行った。試料ガス導入時は流量を一定にしてチャンバー内へ徐々にガスを導入し、圧力を変化させた。圧力変化後にガスを止め 30 分間待機した後、共振特性の測定を行った。Fig1.(c) は Fig1.(b) の各共振曲線の共振周波数 f_0 (黒線) と Q 値 (青線) の値をプロットした図である。チャンバー内の圧力が増加するにつれて f_0 が線形に減少していることが確認された。また、測定で得られた f_0 や共振周波数シフト Δf_0 を用いて振動子質量を m_{GNR} とし、 $\Delta f_0 = (\Delta m \cdot f_0) / 2 m_{\text{GNR}}$ から質量変化 $\Delta m = 393 \times 10^{-21} \text{ g} (= 393 \text{ zg})$ の見積もりを行った。Q 値の場合は圧力を変化させていくと最初は減少傾向を示すが、そこから再び Q 値が向上するという現象が見られた。Q 値の変化は導入ガスと GNR 間の摩擦 (ガスダンピング) 及び GNR 表面への分子吸着によるダンピング等に起因していると考えられるが、詳細な説明は今後の課題である。

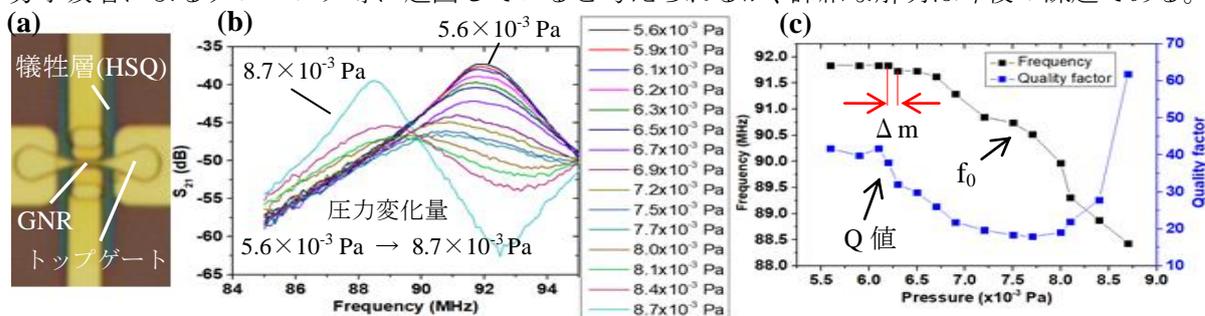


Figure1 : (a) 作製デバイスの光学顕微鏡画像($\times 100$), (b) 試料ガスの導入により圧力を変化させた場合の共振特性の変化, (c) 共振周波数 f_0 (黒線) と Q 値 (青線) の圧力依存性.

【参考文献】 [1] 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。