

高感度質量センサに向けたグラフェン MEMS 共振器の製作

Development of graphene MEMS resonator for high sensitivity mass sensor

豊橋技科大¹, JST-CREST² 大橋 亮太¹, 高橋 一浩^{1,2}, 石田 誠¹, 澤田 和明^{1,2}

Toyohashi Univ. of Tech.¹, JST-CREST² R. Ohashi¹, K. Takahashi^{1,2}, M. Ishida¹, K. Sawada^{1,2}

E-mail: ohashi-r @ int.ee.tut.ac.jp

1. はじめに

MEMS 共振器質量センサは、非標識で高感度に生体分子や化学物質を検出することが出来る [1]。従来の MEMS 共振器では、可動部には主にシリコンや窒化膜が用いられていた [2,3]。ところが、このような共振器デバイスの質量感度は可動膜の密度と膜厚に反比例することが知られている。そこで本研究では、密度が低く、原子一層分まで薄膜化可能なグラフェンを可動膜に採用する事で、高感度 MEMS 共振器質量センサを提案する。周波数変化を基板との容量から検出可能にするため、大面積のグラフェン膜のブリッジ構造を作製するプロセスと作製した共振器の評価を行った結果を報告する。

2. グラフェン MEMS 共振器の製作

バルク Si に 200 nm の熱酸化膜を形成した基板上に多層グラフェンを転写した基板を用意した。次に酸素プラズマにより多層グラフェンをパターニングした。下部電極となる基板にコンタクト開口のために酸化膜のエッチングを行った。EB 蒸着法により Ti/Au 10 nm/200 nm を蒸着し、リフトオフ法によって配線形状にパターニングした。BHF を用いて犠牲層の酸化膜をエッチングし、グラフェンの中空構造を作製した。作製したグラフェン MEMS 共振器の SEM 画像を図 2 に示す。Ti/Au 電極によって両端を固定され、基板上にリリースされたブリッジ構造のグラフェン膜が確認された。Ti/Au 電極のエッジ部分が応力により反っており、基板とグラフェン膜のギャップは設計値よりも広がっている様子が観察された。リリースに成功した多層グラフェンの大きさは最大 $50 \times 50 \mu\text{m}$ であった。次にラマン分光法により、ブリッジ構造部分の膜質の評価を行った。グラフェン特有のピークである G ピークと 2D ピークが確認され、ブリッジ構造を形成しているのはグラフェンのみであることが示された。場所によってグラフェンの層数にばらつきが生じているのはグラフェンの成膜もしくは転写時に発生したものと考えられる。

3. 動作測定結果

リリースしたグラフェン共振器と基板間に電圧を印加し、レーザドップラ振動計を用いて共振周波数の測定を行った。50 μm 角のグラフェン MEMS 共振器の共振ピークが約 125 kHz 付近にあることが示された。この結果は有限要素法により算出した共振周波数 151 kHz に対して、共振点が減少している。ここでの設

計値との差はグラフェン層数の面内ばらつきや、電極アンダーカットを抑えることにより改善できると考えられる。

参考文献

- [1] J. H. Lee, et al., Biosens Bioelectron 20, p. 2157 (2005)
- [2] K. K. Park, et al., Sensors and Actuators B 160, p. 1120 (2011)
- [3] J. Pettine, et al., Sensors and Actuators A 189, p. 496 (2013)

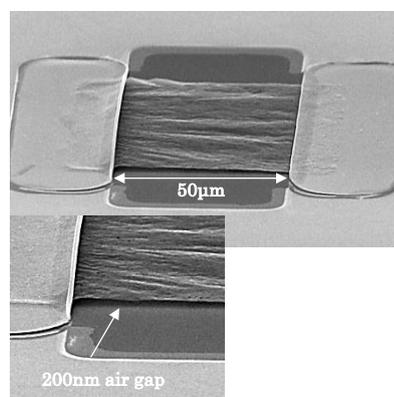


図 1 多層グラフェンブリッジの SEM 写真

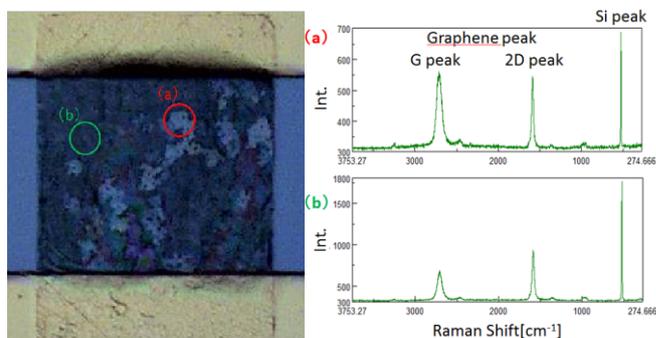


図 2 リリースしたグラフェン膜のラマン分光測定結果

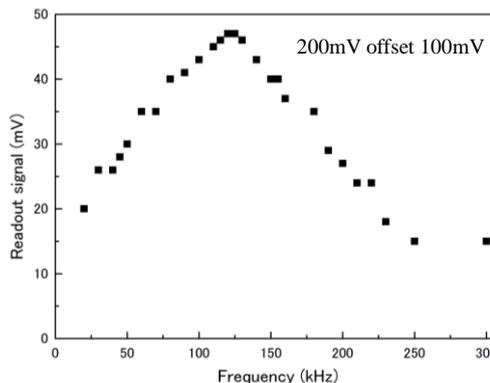


図 3 グラフェン共振器の周波数特性