

減圧ドライ転写技術により製作した大面積グラフェン共振器

Large-size graphene resonator developed by low-pressure dry transfer technique

豊橋技科大¹, JST さきがけ² ○(M2) 石田隼斗¹, 岩田達哉¹, 澤田和明¹, 高橋一浩^{1,2}

Toyohashi Tech.¹, JST-PRESTO², H. Ishida¹, T. Iwata¹, K. Sawada¹, K. Takahashi^{1,2}

E-mail: ishida-h@int.ee.tut.ac.jp

グラフェンは高い電気伝導性に加え機械的強靱性に優れ、低質量であることからナノエレクトロメカニカル(NEMS)共振器への応用が期待されている。特にセンサ応用では、グラフェン NEMS 共振器を用いることで解析的には質量分解能ヨクトグラム(10^{-24} g)オーダーを達成できると見積もられている[1]。また、NEMS 共振器の最小検出限界は共振周波数 f とクオリティファクター Q の積に依存するため、センサ応用に向け fQ 積向上が求められている[2]。そこで本研究では、グラフェン共振器の fQ 積向上を目指し減圧ドライ転写技術を開発し、グラフェンにより封止された真空キャビティ構造を製作することに成功した[3]。真空キャビティ構造では、グラフェン下部を真空にすることで共振器のエネルギー減衰を低減でき、さらに圧力差によりグラフェンに引張り歪みを印加できるため、 fQ 積向上に貢献できる[4]。また、直径 $30\ \mu\text{m} \sim 45\ \mu\text{m}$ の大面積なグラフェン共振器において、機械的共振を観測することに成功した。本報告では、減圧ドライ転写技術により製作した大面積グラフェン共振器の共振特性について報告する。

Fig.1 に減圧ドライ転写技術により製作したグラフェン共振器の電子顕微鏡画像を示す。キャビティサイズは、ギャップ長 $1000\ \text{nm}$ のとき最大直径 $50\ \mu\text{m}$ が確認できた。これまで大気圧でのドライ転写により製作された自立グラフェン構造[5]は最大直径 $20\ \mu\text{m}$ であったが、減圧ドライ転写技術では 2.5 倍の直径を達成した。これは転写環境を減圧し、グラフェン-基板間の接触面積を増加できたため強い密着力が得られたと考えられる。Fig.2 にレーザードップラー振動計により観測されたグラフェン共振器の共振特性を示す。この結果よりドラム直径が大きくなるに従い共振周波数は低下することが示された。また、直径 $30\ \mu\text{m}$ の共振器において、共振周波数 $1.35\ \text{MHz}$ 、 Q 値 300 が得られ、 fQ 積 4.05×10^8 が得られた。

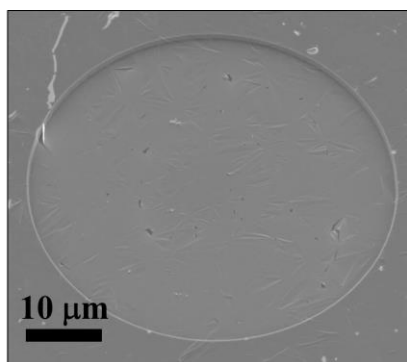


Fig.1. SEM image of freestanding single layer graphene with $50\ \mu\text{m}$ diameter developed by low-pressure dry transfer technique.

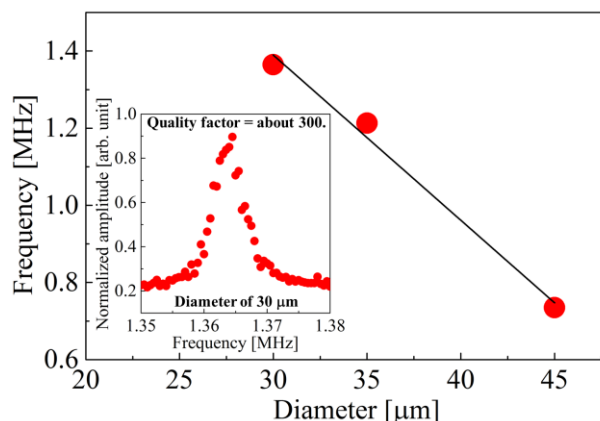


Fig.2. Fundamental resonant frequency as a function of diameter measured by using a laser doppler vibrometer under a vacuum of $\sim 10^{-2}$ Pa at room temperature.

- [1] O. K. Kwon, et al., Computational Materials Science 67, pp. 329-333 (2013).
- [2] K. L. Ekinci, et al., Journal of Applied Physics 95, 2682-9 (2004).
- [3] 石田隼斗、他、第 77 回応用物理学会秋季学術講演会、15p-A33-10
- [4] Y. Oshidari, et al., Appl. Phys. Express, 5, 117201 (2012).
- [5] M. Takamura, et al., Micromachines, 7, 158 (2016).