

光定在波によるグラフェンドラム機械共振の非線形制御

Control of nonlinearity of graphene drum by standing wave of light

大阪府大工, °井上太一, 安野裕貴, 今北悠貴, 竹井邦晴, 有江隆之, 秋田成司

Osaka Pref. Univ., °T. Inoue, Y. Anno, Y. Imakita, K. Takei, T. Arie, S. Akita

E-mail: t_inoue-4@pe.osakafu-u.ac.jp

はじめに グラフェン機械共振の光定在波による線形制御が報告されているが、パラメトリック発振や周波数変換等の応用展開が期待される非線形制御はほとんど検討されていない。また、跳躍現象や履歴現象のような非線形振動特有の現象は確認されているが、非線形性の明瞭な評価方法は考案されていない。本研究では、定量的な非線形性の評価方法を提案し、光定在波のグラフェン機械共振の非線形振動に与える影響について検討した。

実験 SiO₂ (300 nm)/Si 基板の上に電極を作製した後、CVD法で合成したグラフェンを転写し成形した。ここでグラフェン直下の SiO₂ を BHF によりエッチングし、超臨界乾燥法を行い直径 5.4 μm のグラフェンドラム共振器を形成した(図 1)。

測定系を図 2 に示す。グラフェンの加振は周波数 f で強度変調(ピーク強度 516 μW)したレーザ光(660 nm)を支持部近傍に照射し光誘起熱駆動法により行った。振動の検出には波長の異なる CW レーザ(406 または 521 nm)を用い、基板とグラフェンで形成された干渉光強度の加振周波数依存性を光電子増倍管とロックインアンプを用いて測定した。

非線形性の評価方法 共振の非線形性は共振付近における位相の傾きから評価でき、非線形性の強弱と傾きの大小は対応する。これは、典型的な Duffing 型の非線形振動方程式を平均法によって近似的に解き、解に適切なパラメータを与えることで説明できる。

結果と検討 図 3 に波長 406 nm もしくは 521 nm における、(a)位相の検出用レーザ強度依存性と、(b)共振時における位相の傾きの大きさ((a)の実線)を示す。図 3(b)より、レーザ強度を 6.30 から 9.28 μW と増加させたとき、共振時における位相の傾きが波長 406 nm では減少した一方で、波長 521 nm では増加した。これは検出用レーザの波長と強度によって共振の非線形制御に成功したことを意味する。ここで非線形性に異なる影響が見られるのは、検出用レーザの波長によって形成される基板-グラフェン間の光定在波が異なるからである。これに起因して、グラフェンが光定在波の腹もしくは節に位置することで、振動した際の非線形性に異なる変化を与える。

謝辞 本研究は科学研究費補助金で行われた。

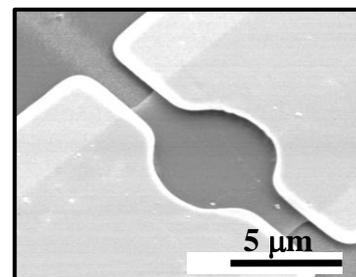


図 1 グラフェンドラムの SEM 像

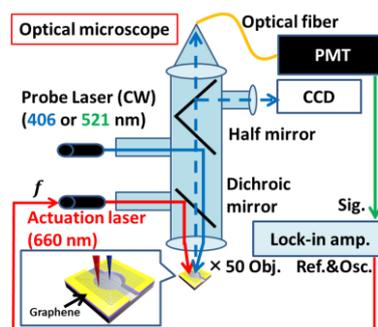


図 2 測定系

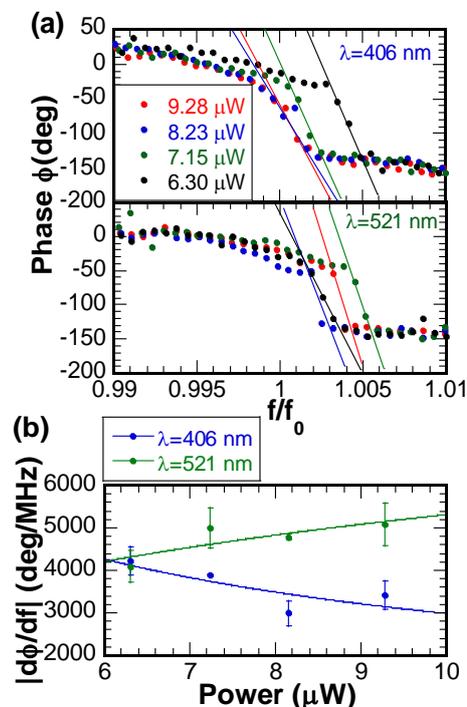


図 3 (a)位相のレーザ強度依存性、(b)共振付近の位相の傾き((a)の実線)