イオンゲルゲート操作による グラフェン装荷 Si フォトニック結晶共振器のチューニング

Tuning of graphene loaded Si photonic crystal cavity with ion gel gate

°千葉 永 [1,2]、小野 真証 [2,3]、小川 友以 [2]、野崎 謙悟 [2,3]、角倉 久史 [2,3]、倉持 栄一 [2,3]、
谷保 芳孝 [2]、納富 雅也 [1,2,3] (東工大理 [1]、NTT 物性研 [2]、NTT NPC[3])
°Hisashi Chiba[1,2], Masaaki Ono[2,3], Yui Ogawa[2], Kengo Nozaki[2,3], Hisashi Sumikura[2,3],
Eiichi Kuramochi[2,3], Yoshitaka Taniyasu[2], Masaya Notomi[1,2,3]
(Tokyo Tech[1], NTT BRL[2], NTT NPC[3])
E-mail: chiba.h.ag@m.titech.ac.jp

グラフェンはDiracコーンのバンド間遷移の禁止が現れる近傍でフェルミレベルを制御することで複素屈折率が大きく変化する。その複素屈折率変化は例えばフォトニック結晶(PhC)線欠陥導波路上のグラフェン装荷領域での局所モードギャップ変調によるreconfigurableな共振器形成に利用できる[1,2]。今回、バンド間遷移の禁止近傍のフェルミレベルでの複素屈折率変化を確認するため、高いゲート電界効果を持つイオンゲルゲートを単層グラフェン装荷Si PhC共振器上に作製した。1.55 μm付近におけるグラフェン複素屈折率変化による共振Q値と波長の大幅な変化が得られたので、ここに報告する。

今回作製した素子の構造をFig.1に示す。SOI基板上にSi PhC(厚さ200 nm)を電子線リソグラフィによって作製し、表面に10nmの熱酸化膜(SiO_2)を形成した。CVDグラフェンをウェット転写後、フォトリソグラフィによって共振器上にパターンを形成した。電子線蒸着によりゲート電極を作製、イオンゲルを基板表面に塗布し、イオンゲルゲートを構築した。Si PhCの格子定数は a = 400 nm、線欠陥の幅は $1.05\times\sqrt{3}\times a$、導波路中心は線欠陥幅が $0.98\times\sqrt{3}\times a$ の長さ18aの領域で、さらにその中心に幅変化型共振器がある。グラフェンのPhC導波路方向に対する装荷長は約6 μmである。

ゲート電圧ごとの共振透過強度スペクトルを波長1.5~1.6 μmの範囲でCWレーザを用いて測定した。Fig. 2は測定したスペクトルの共振ピークより算出したゲート電圧に対する共振Q値と波長を示す。Dirac点はグラフェンのゲート電圧に対する電流値の測定から決定し、Fig. 2では0.4 V付近にある。ゲート電圧0.4 VのQ値は最小で720であり、ゲート電圧−0.9 VではQ値が最大となり3500であった。0.4 Vから−0.9 Vでの電圧減少に伴うQ値の増大は、バンド間遷移の禁止が現れるフェルミレベル近傍で屈折率虚部が減少することに起因する。Dirac点での共振波長を基準にすれば、波長のred shiftが最大で0.42 nm (ゲート電圧−0.1 V)、blue shiftが最大で1.35 nm (ゲート電圧−2.0 V)得られた。今回作製したイオンゲルゲートによるグラフェン複素屈折率変化が及ぼした共振波長のshiftは、[1,2]における理論計算で想定したグラフェンの局所モードギャップ変調を用いた共振器形成が期待できる値である。

【謝辞】本研究はJSPS科研費 JP15H05735の助成を受けたものです。

【参考文献】[1]千葉 他,第63回応用物理学会春季学術講演会, 22p-S621-42 (2016). [2] H. Chiba et al., OECC/PS2016, ThE3, Novel Materials and Devices (2016).

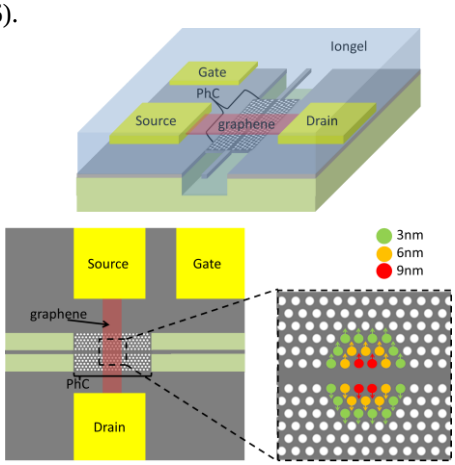

Fig.1 Graphene loaded Si photonic crystal cavity with ion gel gate.

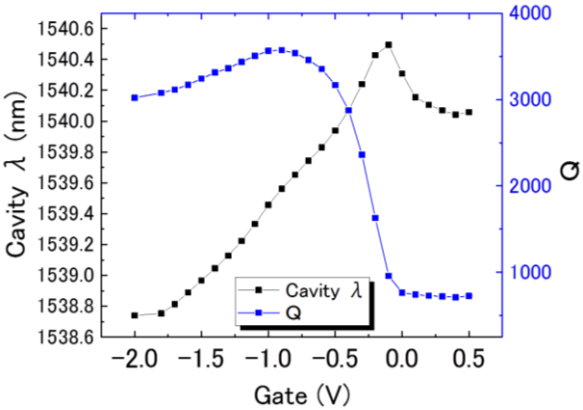

Fig. 2 Calculated cavity Q value and wavelength from spectrum of cavity transmission intensity for each gate voltage.