## イオンゲルゲート付グラフェン装荷 Si フォトニック結晶導波路における 線形及び非線形透過率の評価

Tuning of graphene loaded Si photonic crystal waveguide with ion gel gate <sup>°</sup>千葉 永<sup>1,2</sup>、小野 真証<sup>2,3</sup>、小川 友以<sup>2</sup>、野崎 謙悟<sup>2,3</sup>、角倉 久史<sup>2,3</sup>、倉持 栄一<sup>2,3</sup>、

谷保 芳孝<sup>2</sup>、納富 雅也<sup>1,2,3</sup> (東工大理<sup>1</sup>、NTT 物性研<sup>2</sup>、NTT NPC<sup>3</sup>)

<sup>°</sup>Hisashi Chiba<sup>1,2</sup>, Masaaki Ono<sup>2,3</sup>, Yui Ogawa<sup>2</sup>, Kengo Nozaki<sup>2,3</sup>, Hisashi Sumikura<sup>2,3</sup>,

Eiichi Kuramochi<sup>2,3</sup>, Yoshitaka Taniyasu<sup>2</sup>, Masaya Notomi<sup>1,2,3</sup>

(Tokyo Tech<sup>1</sup>, NTT BRL<sup>2</sup>, NTT NPC<sup>3</sup>)

E-mail: chiba.h.ag@m.titech.ac.jp

我々はいままでに高いゲート電界効果を持つイオンゲルゲートによってグラフェンのフェルミレベ ル制御を可能にし、グラフェンの線形な複素屈折率の変化とそれを利用したSiフォトニック結晶共振器 の共振波長・Q値の制御を報告した[1]。今回、Siフォトニック結晶導波路を用いて、イオンゲルゲート でフェルミレベルを制御し、ゲート電圧による線形な透過率変化及びゲート電圧ごとの光パルスによ る非線形透過率の測定を行った。ゲート電圧による透過強度変化はmode gap端に近づくにつれて増強 され、mode gapの波長もゲート電圧によって変化する結果が得られた。さらに、グラフェンのバンド 間遷移が禁止される近傍において非線形透過率が大きく変化したことを報告する。

今回作製した素子の構造をFig.1(a)に示す。SOI基板上に10nmの熱酸化膜(SiO<sub>2</sub>)を形成したSi PhC(厚さ200 nm)を作製後、CVDグラフェンを転写、フォトリソグラフィによってグラフェンパターン及びイオンゲルゲートを作製した。フォトニック結晶の格子定数はa = 400 nm、線欠陥の幅は $1.05 \times \sqrt{3} \times a$ である。グラフェンの導波路方向に対する装荷長は約40µmである。

Fig. 1(b) はCWレーザを用いて測定したゲート電圧ごとの導波路透過強度スペクトルである。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. 1(b)では0.6 V付近にある。Dirac 点での透過強度を基準にすれば、透過強度のコントラストは波長1560nmでは17dB、1530 nm では8dB であった。これはmode gap端近傍での群屈折率の増大によりグラフェンの吸収損失量が増大したこと が影響している。また、mode gap端は0.6から-0.3Vにおいてはレッドシフト、それ以降はブルーシフト が生じている。前者は吸収の回復、後者はグラフェンの屈折率実部がmode gap端に大きく影響した結 果である。次に、群屈折率が大きいmode gap端近傍の1560nmを光パルスの中心波長としたパルス幅約 1.8psのファイバレーザを用い、ゲート電圧ごとの入射するパルスのピークパワーに対する透過率変化 を測定した結果をFig.1(c) に示す。Fig. 1(c)の赤線は線形な透過率としてパルスピークパワー1mWにお けるゲート電圧に対する光パルスの透過率を示し、黒線は非線形性の結果としてパルスピークパワー 1mWから312mWに変化させた際の透過率変化量ムTを示す。線形透過率が大きく変化する電圧範囲(0V から-0.6V)がバンド間遷移を禁止するフェルミレベルを含み、その範囲ではムTは大きく変化する。こ れは可飽和吸収がバンド間遷移に由来し、遷移の有無が可飽和吸収に影響した結果といえる。また、 パルス波長1530nmにおいても変化量は小さいが同様な変化が得られていることから、熱光学効果等の 他の非線形性に依らないグラフェンの非線形性が測定できている。



