

## 時間分解 THz 分光によるグラフェン電子フォノン結合定数の評価

### Electron-optical phonon coupling in photoexcited graphene investigated by time-resolved terahertz spectroscopy

理研光量子<sup>1</sup>, ○山下将嗣<sup>1</sup>, 池田翔<sup>1</sup>, 大谷知行<sup>1</sup>

RIKEN RAP<sup>1</sup>, ○Masatsugu Yamashita<sup>1</sup>, Sho Ikeda<sup>1</sup>, Chiko Otani<sup>1</sup>

E-mail: m-yama@riken.jp

グラフェンはその特異な電氣的・光学的特性から様々なオプトエレクトロニクスデバイスへの応用が期待されている。グラフェンのホットキャリアはピコ秒からナノ秒スケールで緩和・冷却化し、その緩和ダイナミクス制御はオプトエレクトロニクスデバイスの応答速度やスペクトル応答を制御する上で重要である。一方で、ホットキャリアのエネルギー緩和機構を支配する光学フォノンモードには、バレー内散乱に寄与する  $\Gamma$  点近傍の光学フォノンとバレー間散乱に寄与する  $K$  点近傍の光学フォノンが存在する。このうち  $K$  点の光学フォノンの電子・フォノン結合定数 (EPC) は、電子間相互作用により増大するが、定量的な評価は十分なされていない。本研究では、時間分解テラヘルツ分光と半古典ボルツマン方程式に基づくシミュレーション解析により  $K$  点光学フォノンの EPC の評価を行った。

実験には、PET 基板上に転写された高キャリアドープの単層グラフェン試料を用いた。PET 基板はポンプ光で用いるレーザー波長  $\lambda=800\text{nm}$  域で透明であり、さらに基板フォノンとグラフェンの結合定数が石英基板などの  $1/30$  程度と非常に小さく、基板の応答を無視することができる。図にポンプ光  $200 \mu\text{J}/\text{cm}^2$  を照射することによって誘起された時間分解 THz 反射率変化の測定結果を示す。  $\tau_t=0 \text{ ps}$  による光照射により、負の反射率変化が誘起されているのは、生成されたホットキャリア状態で負の光学伝導度変化が生じていることを表している。これは光学フォノン放出過程の著しい増大による効果を示している。また、図に実線で示した結果は、ボルツマン方程式に基づく数値計算結果であり、パラメータとして、 $K$  点光学フォノンの EPC を変化させた結果である。DFT や GW 近似を用いた計算から得られた EPC では、実験結果の変化を再現できず、EPC として  $450 (\text{eV}/\text{\AA})^2$  以上が必要であることが明らかになった。さらに THz 複素光学伝導度スペクトルと数値計算との比較から、EPC は  $450 (\text{eV}/\text{\AA})^2$  程度と見積もられた。本研究結果から、長距離クーロン相互作用による  $K$  点光学フォノン EPC の繰り込み効果は非常に大きく、DFT 計算の 5 倍に及ぶことが示唆された。

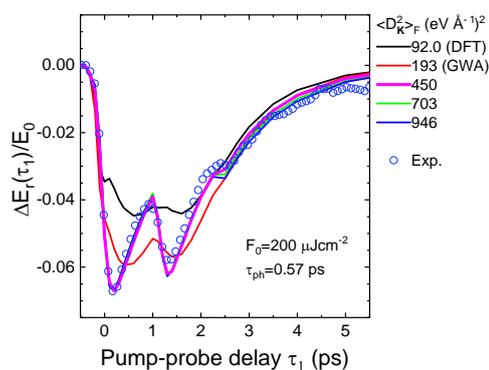


図 時間分解 THz 反射率変化と半古典ボルツマン方程式に基づく数値計算の比較