

## テラヘルツ時間領域分光法によるグラフェン光学伝導度の 温度・基板依存性

### Temperature and Substrate Dependences of Optical Conductivities of Graphene Measured by Terahertz Time Domain Spectroscopy

阪大レーザー研<sup>1</sup>, ライス大<sup>2</sup>, °川山 巖<sup>1</sup>, 亀尾 尚平<sup>1</sup>, 川野 慎也<sup>1</sup>, Filchito Renee Bagsican<sup>1</sup>,  
村上 博成<sup>1</sup>, 河野 淳一郎<sup>1,2</sup>, Robert Vajtai<sup>2</sup>, Pulickel M. Ajayan<sup>2</sup>, 斗内政吉<sup>1</sup>

ILE, Osaka Univ.<sup>1</sup>, Rice Univ.<sup>2</sup>, °I. Kawayama<sup>1</sup>, S. Kameo<sup>1</sup>, S. Kawano<sup>1</sup>, F. R. Bagsican<sup>1</sup>,  
H. Murakami<sup>1</sup>, J. Kono<sup>1,2</sup>, R. Vajtai<sup>2</sup>, P. M. Ajayan<sup>2</sup>, M. Tonouchi<sup>1</sup>  
E-mail: kawayama@ile.osaka-u.ac.jp

【はじめに】高いキャリア移動度を持つグラフェンは、テラヘルツ(THz)周波数帯で動作する高速ナノデバイス材料として期待されている。その電気伝導特性は、厚みがわずか原子1層しかないことを反映して、吸着分子や支持基板による分極やフォノンなどの影響を強く受けるため、外部環境の変化が伝導特性に与える影響を明らかにすることは、基礎・応用の両面で非常に重要である。今回、我々は様々な基板に堆積したグラフェンの THz 周波数領域の光学伝導度の温度依存性をテラヘルツ時間領域分光法(THz-TDS)により測定し、グラフェンの伝導度の温度・基板による影響を系統的に明らかにすることを試みた。

【実験】化学気相成長法を用いて銅箔上に合成したグラフェンを、シリコン、酸化マグネシウムおよび石英などの基板上に転写した試料を、温度制御可能な真空チャンバー内部に設置した。最初に室温から 600K まで加熱し、自然冷却して室温に戻すサイクルを 2 回繰り返し、その後、室温から 80K まで冷却した。その間、THz-TDS システムを用いて THz 波透過スペクトルの測定を行った。また、これらの加熱・冷却サイクルはすべて真空中で大気に曝すことなく行った。

【結果】Fig. 1 は Si(100)および MgO(100)基板上のグラフェンの、1 サイクル目の昇温過程における透過率スペクトルから計算した光学伝導度の温度依存性を 3D プロットしたものである。Fig. 1(a)に示すように、Si 基板上のグラフェンは室温からの昇温過程において、420K 以上で光学伝導度が急激に減少する。通常グラフェンは大気中で p 型伝導であることが報告されており、これは吸着している酸素がアクセプタとして働いているためと考えられている[1]。このことから、1 サイクル目の加熱では、420K 以上でグラフェン表面に吸着していた酸素が脱離し正孔キャリア濃度が減少した結果、伝導度が低下したと考えている。2 サイクル目の加熱過程では、光学伝導度の温度変化はほとんど見られなかった。これは、1 サイクル目の加熱により、吸着分子がほぼ全て脱離したためと説明できる。一方、Fig. 1(b)に示すように、MgO(100)基板上のグラフェンの光学伝導度は、1 サイクル目の昇温過程において、Si 基板とは反対に 450K を超えるあたりから光学伝導度が増加している。このように、基板によって伝導度の温度特性が大きく異なることが明らかになった。当日は、より詳細な光学伝導度の温度・基板依存性を報告する。

本研究は、本研究は JSPS 科研費(JP25630149, JP26107524)、AFOSR (FA9550-14-1-0268, FA2386-15-1-0004)、大阪大学国際共同研究促進プログラムの助成を受けて行われた。

[1] L. Ren *et al.*, Nano Letters 12, 3711 (2012)

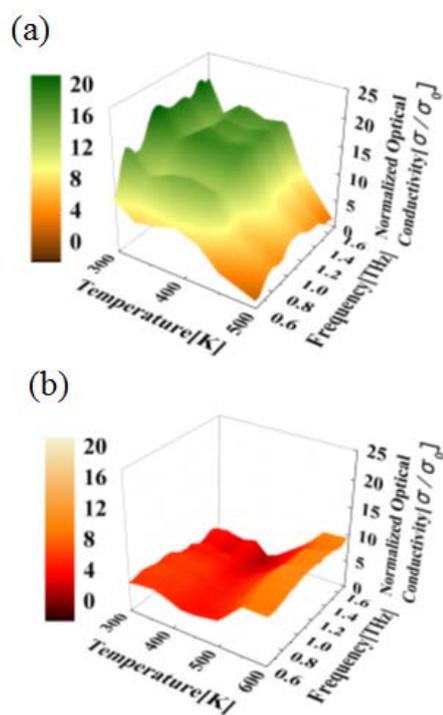


Fig. 1 Temperature dependence of the optical conductivities of graphene on (a) Si (100) and (b) MgO (100) substrates.