

THz 透過測定と THz エリプソメトリー測定を用いた グラフェン/サファイアの電気特性評価

Measurement of Electrical Properties for Graphene on Sapphire

Using Transmitting THz-TDS and THz-TDSE

立命館大理工¹, 日邦プレシジョン², 名城大理工³ ○(M1)鈴木 拓輝¹, 佐藤 希一¹, 藤井 高志^{1,2},
毛利 真一郎¹, 荒木 努¹, 岩本 敏志², 佐藤 幸徳², 上田 悠貴³, 成塚 重弥³
Ritsumeikan Univ.¹, PNP², Meijo Univ.³, ○(M1)H. Suzuki¹, K. Sato¹, T. Fujii^{1,2}, S. Mouri¹, T. Araki¹,
T. Iwamoto², Y. Satou², Y. Ueda³, S. Naritsuka³
E-mail: re0107hk@ed.ritsumei.ac.jp

近年、グラフェン作成技術の進展により、大面積グラフェンを活用できるようになってきている。また、高速トランジスタや透明電極、センサーなどへの応用研究が活発に行われている。我々のグループでは、THz周波数帯の電磁波の分光解析によるワイドギャップ半導体エピタキシャル膜の電気特性の非接触・非破壊測定技術確立している^[1]。この技術を活用して、我々はグラフェンの電気特性(シート抵抗、キャリア濃度、移動度)を電極なしで測定する技術開発を行っている。2020 春の応物では、r面サファイア上に成長したグラフェンについて、THz-TDSEによる電気特性結果が、THz-TDS透過測定による測定結果と1.5 倍程度の差が出ていることを報告した^[2]

今回は、反射分光解析手法であるTHz-TDSE、THz透過測定、Hall測定を用いて、グラフェンの電気特性を測定した結果についてより詳細に検討した。測定は直径 50 mmのr面サファイア上にCVD成長したサンプルを用いた^[3]。THz分光測定は、透過解析(PNP製のTera Prospector[®]を使用)、反射解析(エリプソメトリー測定;PNP製のTera Evaluator[®])を用いた。またHall測定にはSnを電極としてVan der Pauw法により測定した。Figure 1 に測定で用いた(a)THz-TDSEと(b)Transmitting THz-TDSの構成を示す。Table 1 にTHz測定における透過および反射手法の特徴を比較した。春の報告ではr面サファイアの屈折率の面内異方性を無視していたが、今回は面内異方性を考慮した電気特性の解析を行った。

Table 2 に得られたシート抵抗の結果を示す。ホール測定の結果からこのグラフェンはp型であった。THz-TDSとTHz-TDSEの測定結果はより近い値となり、THz-TDSEにおいて基板の異方性が重要であることが分かった。これにより反射解析においても電極なしでのグラフェンの電気特性測定が可能であると考えられる。

同一サンプルを測定しているにもかかわらずホール測定、THz-TDSE、THz-TDSでの結果に若干の差が認められる。これについては電極の有無、直流測定と交流測定、測定領域の違い等に原因があると考えている。

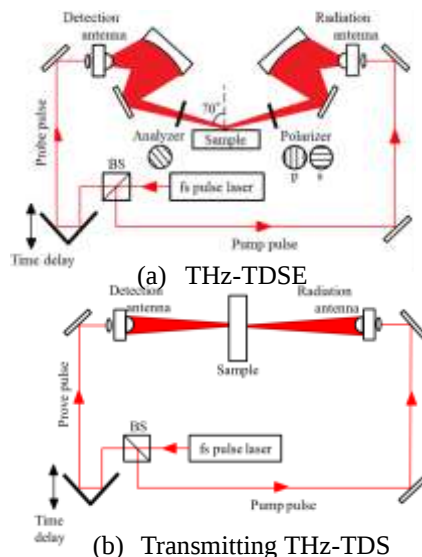


Table 1. Comparison of Transmitting THz-TDS and THz-TDSE

	Pros	Cons
Transmitting THz-TDS	- 垂直入射のため測定領域が小さい - 偏光測定と解析が容易	- THz電磁波を透過しないサンプルは測定できない - リファレンスが必要
THz-TDSE	- THz電磁波を透過しないサンプルでも測定可能 - リファレンスが不要 - 原理的に薄層多層構造の解析が可能	- 斜入射のため測定領域が大きい - 屈折率に異方性を持つサンプルの解析が難しい

Table 2. Measurement results of Sheet Resistance

Measurement Methods	THz Transmission	THz Ellipsometry	Hall ^[1] (Type: P)
Sheet Resistance [$\Omega/\square$]	4.2×10^2	6.0×10^2	7.0×10^2

Figure 1. Schematic diagram of the THz-TDSE and THz-TDS experimental setup.

[1] K. Morino *et al.*, Jpn. J. Appl. Phys. **58**, SCCB22 (2019)

[2] 鈴木他, 第 67 回応用物理学会春季学術講演会, 12a-PA2-35, 上智大学四谷キャンパス(2020)

[3] Y. Ueda, *et al.* Appl. Phys. Lett. **115**, 013103 (2019)