

周波数領域サーモリフレクタンス法における 異方性材料の熱計測誤差低減技術の開発

Measurement Error Reduction in Frequency-Domain Thermoreflectance Techniques for Anisotropic Materials

京都大¹, サイエンスエッジ(株)² °廣谷 潤¹, 太田 泰輔²

Kyoto Univ.¹, ScienceEdge Inc.², °Jun Hirovani¹, Taisuke Ota²

E-mail: hirovani.jun.7v@kyoto-u.ac.jp

グラフェンや MoS₂ などの原子層材料は、その材料自体の優れた電気・熱・光特性から様々なデバイス応用が期待されている。さらに原子層材料の組み合わせや原子層材料間の角度を制御した積層層状物質の物理現象などにも注目が集まっている。デバイス設計において、材料そのものの物性解明および他の材料を含む凝縮系物理の探求は非常に重要であり、電気物性や光特性はこれまでに多くの報告がなされているものの、熱的特性に関する研究例は計測手法の難易度の高さも相まって、未探求な部分が多い。

様々な熱計測手法の中で、サーモリフレクタンス(TR)法は時間領域サーモリフレクタンス法(TDTR)と周波数領域サーモリフレクタンス法(FDTR)に大別され、非接触かつ高精度な熱計測手法として知られている。なお、TDTR法と比較して、本研究でも採用したFDTR法では比較的安価に装置構築が可能であり、光の強度変化を用いるTDTR法と比較して、位相変化を検出するFDTR法では、短時間かつハイスループットな熱計測が可能な点がメリットである。またFDTR法は、等方性材料のフォノン平均自由工程計測のみならず、2次元材料などの面内・面外熱伝導率計測[1]などにも応用されている。しかし、従来の2次元材料の熱計測手法例[1]などでは、構築した光学系特有の影響により、加熱に用いる pump 光や温度分布を計測する probe 光を中心からずらした場合には、スポット形状が楕円形状になってしまい、温度計測誤差が生じうる問題があった。

そこで本研究では、FDTR法による熱計測手法を対象として、近年 Regner らにより開発されたFDTR法[2]をさらに改良することにより、温度計測を行う probe 光がほぼ真円を保つように工夫した光学系を構築した。構築した実験系を用いて、様々な等方性材料の熱伝導率計測と異方性材料の熱伝導率計測を行った。本手法は、Regner らの手法によるフォノンの平均自由工程より短い熱拡散長での熱計測が可能であるだけでなく、probe 光をほぼ真円に保った状態での面内・面外熱伝導率計測も可能なより信頼性の高い実験系となっている。

実験系の有効性を検証するため、まずは様々な等方性材料 SiO₂, Si, Al₂O₃, Diamond に加え、異方性材料である高配向性黒鉛(HOPG)の熱計測を実施した。FDTR法を用いて測定を行い、probe 光と pump 光の位相差をプロットした結果、熱伝導率が低い材料ほど位相差が大きくなる傾向があり、熱伝導率の違いを反映させた定性的な一致を得ることができた。

[1] D. Rodin et al., *Rev. Sci. Instrum.* **88**, 014902 (2017).

[2] K. T. Regner et al., *Rev. Sci. Instrum.* **84**, 064901 (2013).