

## 高精度テラヘルツ偏光測定装置を用いたゴムの光弾性計測

Photoelastic properties of rubbers revealed by  
highly precise terahertz polarization measurement systems

○岡野 真人<sup>1</sup>, 渡邊 紳一<sup>1</sup> (1. 慶大理工)

○M. Okano<sup>1</sup> and S. Watanabe<sup>1</sup>

(1. Department of Physics, Faculty of Science and Technology, Keio Univ.)

E-mail: okano@phys.keio.ac.jp

近年、電気自動車や人工関節など産業界への高分子材料の応用が盛んに行われている。ゴムなどを含む高分子材料においては、応力を加えることによって大きな屈折率の異方性、すなわち大きな弾性複屈折（光弾性）を示すことが知られている [1]。そのため、光弾性を通じた高分子材料内部における応力または歪み分布の計測が可視光を用いて行われてきた。しかし、可視光を用いた従来の方法は透過率が高い材料や、比較的薄い材料にしか適用できないため、実際に用いられているような比較的厚い材料や透過率が低い材料においては内部歪みを計測することは困難である。

電波と可視光の中間領域に存在するテラヘルツ波は、それぞれの特徴を有した新しい光源として基礎・応用を問わず幅広い分野で利活用されている。特に、高分子材料に対しては高い透過率を有することや、分子間振動などをプローブできるため、高分子材料計測に非常に適した光源である。テラヘルツ時間領域分光では位相と振幅を独立に決定できるが、近年ではさらに新たな情報として偏光が注目されており、様々な偏光計測手法が提案されている [2-7]。今回、我々は材料内部の応力や歪みを測定するとともに、高分子材料への知見を深めることを目的とし、テラヘルツ周波数帯における高精度な偏光測定装置の開発を行い、可視光領域においては不透明なゴム試料に対してテラヘルツ周波数領域での光弾性計測を行った。

テラヘルツ波の発生及び検出は、API Picometrix 社製のテラヘルツ波発生・検出ユニットを用いた。本装置では、80 ピコ秒の時間領域のテラヘルツ時間波形を 1 ミリ秒で測定可能であり、測定周波数領域は 0.1~2.0 THz、周波数分解能は 0.0125 THz である。光弾性を定量的に見積もるため、偏光子を用いて直交する二つのテラヘルツ電場成分を測定し、楕円率角及び旋光角の二つの偏光パラメータを導出した [8]。この装置を用いて厚み 1 mm のフッ素ゴムの測定を行ったところ、延伸率 100% 程度で楕円率角が 45 度も変化するような非常に大きな光弾性を観測した。講演では、応力-歪み曲線や X 線回折スペクトルとの比較を通じてゴムの光弾性の起源に関して議論する。

本研究は、(独) 科学技術振興機構 (JST) による産学共創基礎基盤研究プログラム「テラヘルツ波」の支援を受けて行われたものである。

[1] L. R. G. Treloar, *The Physics of Rubber Elasticity*, 3rd ed. (Oxford University, 2005)

[2] N. Yasumatsu and S. Watanabe, *Rev. Sci. Instrum.* **83**, 023104 (2012).

[3] C. M. Morris *et al.*, *Opt. Express* **20**, 12303–12317 (2012).

[4] S. Katletz *et al.*, *Opt. Express* **20**, 23025–23035 (2012).

[5] N. Nemoto *et al.*, *Opt. Express* **22**, 17915–17929 (2014).

[6] T. Iwata *et al.*, *Opt. Express* **22**, 20595–20606 (2014).

[7] N. Yasumatsu *et al.*, *Appl. Phys. Express* **7**, 092401 (2014).

[8] M. Born and E. Wolf, *Principles of Optics*, 7th ed. (Cambridge University, 2001).