

応力緩和にともなう黒色ゴムの時間分解テラヘルツ複屈折測定

Time-Resolved Birefringence Measurement of Black Rubbers under Stress Relaxation Using Terahertz Polarization Spectroscopy

慶應義塾大学理工学部 ○(M1)森脇淳仁, 岡野真人, 渡邊紳一

Keio Univ., ○(M1)Atsuto Moriwaki, Makoto Okano, and Shinichi Watanabe

E-mail: moriwaki@wlab.phys.keio.ac.jp

黒色ゴム材料は我々の身の回りで幅広く用いられている典型的な高分子材料の一つである。タイヤや防振ゴムのようなゴム製品単体としての利用だけではなく、機械製品の部品など様々な場面でも用いられている。そのため、安全の観点から黒色ゴムの劣化や破損が原因として起こる事故を防ぐ必要があり、劣化診断法の開発が求められている。材料内部で応力が集中すると、やがて材料の破損につながるため[1]、応力を調べることによって、劣化や破損を予測・予防することが可能になると考えられる。現在、応力測定法としては歪みゲージ、赤外線応力測定といった手法が挙げられるが、いずれの手法であっても、材料表面の状態しか測定することが出来ない。

一方で、テラヘルツ光は黒色ゴムに対して高い透過性を有するため、材料内部の状態を調べることが可能である。我々のグループでは、これまでテラヘルツ周波数帯における黒色ゴムの光学応答の解明とその知見を活かした応用展開を目指して研究を行ってきた。その結果、黒色ゴム材料に含まれている導電性添加物であるカーボンブラック(CB)がテラヘルツ帯での光学応答に大きく影響を与え、外部から力をかけてゴムを延伸させる（歪ませる）と巨大な複屈折が生じることが明らかになった[2-4]。さらに、この歪みと複屈折の関係性を利活用することで、複屈折の情報から内部歪みイメージ測定手法の開発に成功した[3]。そこで本研究では更なる応用展開を目指し、劣化診断の上で重要であると考えられる応力緩和とテラヘルツ帯の複屈折の関係を調べることを目的として、応力緩和時の黒色ゴム材料の時間分解複屈折測定を行った。

今回用いた試料はCBを含む短辺 20 mm、長辺 50 mm、厚さ 2 mm の短冊状の黒色ゴムシートである。テラヘルツ光の発生と検出には Picometrix 社製の T-Ray 5000 を用い、自作の回転偏光子機構を取り付けることによってテラヘルツ偏光測定を行った[2]。実験では、黒色ゴム試料の長辺方向の両端 15 mm をそれぞれ延伸ステージとデジタルフォースゲージに固定し、未延伸状態から 2.0, 3.0, 4.0 倍に延伸し、黒色ゴム試料の複屈折と応力が時間経過にともなってどのように変化するかを調べた。その結果、応力、複屈折ともに時間に対して徐々に変化していく様子が観測されたが、両者の時間応答は異なる振る舞いを見せることがわかった。

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] X. Sun, K. S. Choi, W. N. Liu, and M. A. Khaleel, Int. J. Plast. **25**, 1888 (2009).

[2] M. Okano and S. Watanabe, Sci. Rep. **6**, 39079 (2016).

[3] A. Moriwaki, M. Okano, and S. Watanabe, APL Photonics **2**, 106101 (2017).

[4] M. Okano, M. Fujii, and S. Watanabe, Appl. Phys. Lett. **111**, 221902 (2017).