

テラヘルツ偏光計測を用いた黒色ゴムの内部歪み検査手法の開発

Development of Internal Strain Inspection Method of Black Rubbers

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

黒色ゴムは代表的な工業用高分子材料の一つであり、タイヤや防振ゴムなど我々の身の回りで幅広く用いられている必要不可欠な材料である。このような実用的な観点から、それらの欠陥や状態を検査することは非常に重要である。材料内部に応力が集中すると材料の破損が生じることが知られているため[1]、応力を反映した内部歪みを調べることで事故を未然に防ぐことが可能になる。そのため、非破壊・非接触での材料内部を検査する手法の開発が望まれているが、黒色ゴム材料の内部歪み検査は既存の可視光を用いた手法では困難であった。

最近、我々のグループは、テラヘルツ帯において黒色ゴムが巨大な複屈折性を持つことを見出し、その原因が導電性添加物であるカーボンブラック(CB)であることを発見した[2]。CB はゴム内部では異方的な形状をもつ凝集体を形成することが知られており、この凝集体の誘電率異方性が複屈折を引き起こすことが推測された。また、ゴム材料の変形にともなって複屈折が大きく変化することも見出し、CB 凝集体の配向変化として説明した[2]。以上の結果から、歪みと複屈折の大きさの関係を定量的に求めることで、複屈折の情報を歪みに変換できる可能性が示唆された。そこで我々はモンテカルロ法を用いたシミュレーションによって CB 凝集体の平均配向方向と配向度を計算することにより、複屈折と歪みの関係を求めた[3]。この関係を用いることで、テラヘルツ偏光計測によって得られた複屈折分布を歪み分布に変換することに成功した[4]。さらに、我々は歪みイメージ測定装置の開発を進め、測定プログラムを改善することにより、20 mm×20 mm の領域が 10 分で測定可能となった。この測定の高速化によって、ゴム材料内部におけるイメージ取得時間内での歪み緩和の影響を抑えることに成功した。また、解析方法に関しても、モンテカルロ法を用いたシミュレーション方法の改善を行い、歪みテンソルを適切に見積もることが可能になった。今回の研究成果は黒色ゴム材料検査のみにとどまらず、テラヘルツ偏光計測の新たな応用例として重要であり、今後様々な材料系の展開なども期待される。

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] F. Armero and K. Garikipati, Int. J. Solids Structures, **33**, 2863 (1996).

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

[3] J. L. White and J. E. Spruiell, Poly. Eng. Sci. **21**, 859 (1981).

[4] 森脇淳仁 他、2017 年第 42 回応用物理学会春季学術講演会 15a-211-8