

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	歪と温度の同時分布測定のためのプラスチック光ファイバにおけるブリルアン散乱特性の解明
Title(English)	
著者(和文)	皆川和成
Author(English)	Kazunari Minakawa
出典(和文)	学位:博士(工学), 学位授与機関:東京工業大学, 報告番号:甲第10550号, 授与年月日:2017年3月26日, 学位の種別:課程博士, 審査員:中村 健太郎,山口 雅浩,黒澤 実,植之原 裕行,宮本 智之
Citation(English)	Degree:Doctor (Engineering), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第10550号, Conferred date:2017/3/26, Degree Type:Course doctor, Examiner:,,,,
学位種別(和文)	博士論文
Category(English)	Doctoral Thesis
種別(和文)	要約
Type(English)	Outline

歪と温度の同時分布測定のための プラスチック光ファイバにおけるブリルアン散乱特性の解明

所属 総合理工学研究科 物理情報システム専攻

指導教員 中村健太郎 教授

著者 皆川和成

本論文は、「歪と温度の同時分布測定のためのプラスチック光ファイバにおけるブリルアン散乱特性の解明」と題し、7章から構成される。

第1章「はじめに」では、研究の背景として、構造物ヘルスマonitoring等で歪と温度の分布測定技術が必要とされていることを示し、従来の測定手法である電気式センサのネットワークでは、測定点の増加に伴う配線の複雑化、センサや送受信機の電源の問題があることを示した。一方、光ファイバをセンサとする分布測定技術により、これらの点は克服されるが、ガラス光ファイバを用いた場合は、数%以下の歪にしかな適用できないなどの課題もあることを指摘した。また、これらを解決するため、プラスチック光ファイバ(POF)中のブリルアン散乱を利用する方法が提案されているが、その実用化のためには、POF中のブリルアン散乱の特性を明らかにすることが必要であることを示した。そして、POFを用いて歪や温度の分布測定をより精密に行うために、POF中のブリルアン散乱特性が歪や温度から受ける影響を詳しく調べ、それらとコアの材質との関係を考察することを本論文の目的とした。

第2章「コアの吸水がブリルアン周波数シフトに与える影響」では、POF中のブリルアン散乱光の周波数シフト(BFS)とコアの吸水率の関係を測定し、吸水率の増加に伴いBFSが減少することを示した。また、高温のときほど、吸水によるBFSの減少量が大きくなることを明らかにし、ブリルアン散乱による温度測定を行う場合に、吸水によって約30 °Cの測定誤差が生じ得ることを示した。これらを基に、ブリルアン散乱に基づく歪・温度測定では、POFの吸水対策が必須であることを明らかにした。

第3章「コアの平均分子量がブリルアン周波数シフトに与える影響」では、コアの平均分子量の差異が、BFSの温度感度に与える影響を検討した。分子量の異なる4つの試料の測定から、BFSの温度感度は平均分子量にはほとんど依存しないことを示した。

第4章「コア中のドーパント濃度がブリルアン周波数シフトに与える影響」では、コア中のドーパント濃度がBFSの温度感度に与える効果を評価した。ドーパント濃度の増加に伴い、BFSの温度感度が2倍近く急増する温度 T_c が、コア材料のガラス転移温度 T_g より約10 °C低い値を保って減少することを示した。この結果から、昇温途中にBFSの温度感度が急に高くなる現象は、コア材料であるポリマーがガラス状態からゴム状態に相転移することに起因することを立証した。加えて、ドーパント濃度の調整によりコアの T_c のみを測定温度範囲より低い値に設定すれば、ブリルアン散乱を応用した温度センサの感度を従来より2倍近く高くできることを示した。同時に、センサとして用いるPOFでは、ドーパント濃度を一定に保つことが必要不可欠であることを明らかにした。

第5章「極低温からガラス転移点付近までの温度範囲におけるブリルアン散乱特性の温度依存性」では、前章までの結果をもとに構築した評価装置によって、歪が印加されていないPOFにおけるブリルアン散乱特性の温度感度を、-160 °Cからコアの T_g 付近までの範囲で測定した。そして、POF中のBFSの温度依存性が30 °C以下でも線形になることを示した。また、POFを用いたブリルアン散乱に基づく温度センサは、ガラス光ファイバを用いたものより高感度であり、例えば全フッ素化屈折率傾斜型POFの場合、約2.7倍高感度であることを示した。

第6章「歪と温度が同時に変化する環境でのブリルアン散乱特性」では、歪と温度が同時に変化する環境でのPOF中のブリルアン散乱特性の歪・温度感度について、2~5章の結果をもとに評価を行った。そして、歪感度が温度に依存すること、逆に温度感度が歪に依存することを明らかにした。この結果から、これまで通信用に開発されてきたPOFを用いた場合のブリルアン散乱を用いた歪・温度測定では、ブリルアン散乱特性の歪感度と温度感度の相互の影響を考慮しなければ、どちらの測定も正確に行えないことを示した。

第7章「結言」では、本研究で得られた成果についてまとめ、POF中のブリルアン散乱による歪と温度の分布測定を実現する上でPOFに望まれる特性と、その適用方法を示した。また、今後の研究課題についても議論した。