

# ダイヤフラム構造を利用したガラス基板光導波型 圧力センサに関する研究

新 國 広 幸\*

## Study on glass-based guided-wave optical pressure sensor with a diaphragm

by Hiroyuki NIKKUNI

光導波型センサは、小型・軽量、光軸調整不要、効率の高い相互作用の他、無誘導性、防爆性などの利点をもつため、化学プラント、原子力施設、医療施設などでも、防爆対策や電磁雑音対策などを施すことなく、利用することが可能である。本論文では、光導波型圧力センサを研究対象としているが、本研究が行われる以前は、設計指針が十分に確立されていなかった。そこで、本研究では、光導波型圧力センサの設計指針の確立と音響センサへの応用を目的としている。

本論文は、ダイヤフラム構造を利用したガラス基板光導波型圧力センサに関する一連の研究をまとめたものであり、以下の6章から構成されている。

第1章では、本研究の背景、目的、意義および論文の構成について述べている。

第2章では、光導波型圧力センサの構成法とセンサ基板材料の選定について示している。センサ基板としては、実用を考えると、シリコンを利用するのが一般的であるが、センサ特性（感度および周波数特性）のダイヤフラムサイズ依存性について、理論と実験の両面から考察するため、材料力学定数および光学定数がよく知られているガラスを選定している。また、位相検出のための干渉光回路についても、マッハ・ツェンダ干渉計を利用するのが一般的であるが、センサ特性に導波路位置依存性があることを

考慮し、ダイヤフラム上に多数の光回路を形成できる偏光干渉型の構成を採用している。

第3章では、偏光干渉型ガラス基板光導波型圧力センサの動作解析について述べている。理論解析の結果、感度がダイヤフラム厚の2乗に反比例し、ダイヤフラム辺長の3乗に比例することを明らかにした。また、ダイヤフラム辺比依存性については、ダイヤフラム中央付近の導波路において、辺比が約1のときに位相感度が最大となり、辺比を1以上とすると感度が低下していくという結果を得ている。一方、ダイヤフラム端付近の導波路では、ダイヤフラム辺比が1以下のときは感度が単調に増加し、辺比が1以上の場合は感度がほぼ一定になることを見出している。さらに、共振周波数がダイヤフラム厚に比例し、辺長の2乗に反比例することを明らかにしている。

これらの理論結果を基に、ダイヤフラムの辺長や厚さを設計するためのセンサ設計線図を考案し、その使用方法について述べている。

第4章では、本センサにおける位相感度および共振周波数のダイヤフラムサイズ依存性の検証実験について述べている。位相感度のダイヤフラムサイズ依存性の実験では、ダイヤフラムサイズの異なるセンサを10種類作製し、波長633nmのHe-Neレーザで印加圧力-出力光強度特性を測定し、位相感度を評

\*新潟大学大学院自然科学研究科

現在 国立東京工業高等専門学校

[新潟大学博士(工学) 平成21年3月24日授与]

価している。その結果、理論結果と一致する依存性が得られている。共振周波数のダイヤフラムサイズ依存性の実験ではダイヤフラムサイズの異なる6種類のセンサを作製し、音圧2 Pa (100dB-SPL)、周波数範囲1 kHz～20kHzの単一周波数の音波を印加し、センサの出力信号を検出して、周波数特性を測定している。周波数特性から、共振周波数を評価し、理論結果とほぼ一致する実験結果が得られている。

第5章では、光導波型圧力センサの音響センサへの応用について述べている。設計を基に、ダイヤフラムサイズ20mm×20mm×0.15mmの光マイクロホンを作製し、音圧-出力特性の測定から、最小検出可

能音圧が80dB-SPLであると評価している。また、周波数特性の測定から、1次共振周波数が3.2kHzであり、周波数範囲1 kHz～2.5kHzにおいて周波数特性が平坦である結果を得ている。

第6章では、ダイヤフラム構造を利用したガラス基板光導波型圧力センサに関する一連の研究を総括している。

終わりに、本研究の遂行ならびに学位論文の執筆に当たり、ご指導とご鞭撻を賜りました 大河正志教授に深く感謝申し上げます。