ガラス基板光導波型マイクロホンにおける共振周波数のダイヤフラム厚依存性

Dependence of resonance frequency on diaphragm thickness in glass-based guided-wave optical microphone

中島　瑞季[*1]　Mizuki Nakajima
新国　広幸[*1]　Hiroyuki nikkuni
大河　正志[*2]　masashi ohkawa
佐藤　孝[*2]　takashi sato

[*1] 新潟大学大学院自然科学研究科
Graduate School of Science and Technology, Niigata University
[*2] 新潟大学工学部
Faculty of Engineering, Niigata University

1. はじめに

光導波型マイクロホンは，光波利用センシングによる無誘導性，防爆性，小型，軽量などの特徴を利用し，電磁雑音や可燃性ガスなどの存在する悪環境下でも安定した動作が期待できる．我々は，ダイヤフラム構造を利用したガラス基板光導波型マイクロホンの開発を行っている．光マイクロホンの評価指標のひとつに周波数特性がある．周波数特性の中でも，共振周波数はマイクロホンの周波数帯域を決めるため，特に重要である．光マイクロホンの共振周波数はダイヤフラムの厚さに比例し，辺長の二乗に反比例することが理論的に分かっているが，実験的に明らかにされていない．今回は周波数特性について実験的に考察を行った．

2. センサ構成と動作原理

図 1 に光導波型マイクロホンの概形を示す．光マイクロホンは，音圧感知部であるダイヤフラムと単一モード直線光導波路で構成される．マイクロホンは薄い導波路用基板と穴あきダイヤフラム支持基板を接着することによって作製した．

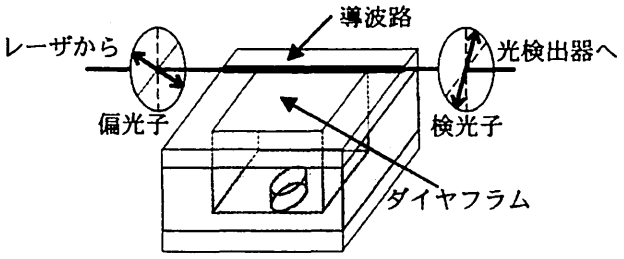

図 1.　ガラス基板光導波型マイクロホン

光マイクロホンに音圧が印加されると，ダイヤフラムにひずみが生じる．光弾性効果により，ダイヤフラム面上にある光導波路の屈折率が変化する．これにより，光導波路を伝搬する TE-like, TM-like モード間に位相差が生じる．この位相差は，検光子によって光強度に変換される．

3. 実験

共振周波数のダイヤフラム厚依存性を実験的に明らかにするため，ダイヤフラムサイズの辺長を 20mm×20mm と一定にし，厚さを 0.15mm（光マイクロホン#1），0.21mm（光マイクロホン#2），0.30mm（光マイクロホン#3）と変えて実験を行った．光マイクロホンの共振周波数の理論値はそれぞれ，3400Hz，4800Hz，6900Hz である．[1]

実験では，ロックインアンプ（時定数 100ms）を使用し，音源にはスピーカを用いた．また，光マイクロホンへの印加音圧は 100dB-SPL に設定し，周波数範囲は 1kHz～20kHz で測定を行った．測定した周波数特性から，光マイクロホン#1～#3 の 1 次共振周波数はそれぞれ，3600Hz，4800Hz，5700Hz となった．

図 2 は，一次共振周波数のダイヤフラム厚依存性の理論値と測定値を示したものである．図 2 の▲，■，●はそれぞれ，光マイクロホン#1，#2，#3 の測定値で実線は理論値である．図から，光マイクロホン#1，#2 の測定値は理論値とほぼ同じ値になっているのが分かる．しかし，ダイヤフラム厚 0.30mm の光マイクロホン#3 の測定値は，理論値から大きくずれ，単なる誤差では説明がつかない．この相違は，ガラス基板の接着状態が悪く，ダイヤフラム端の固定が不十分であったために生じたのではないかと考えている．

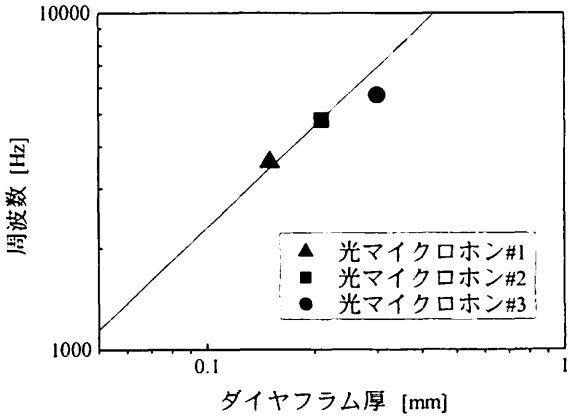

図 2.　共振周波数とダイヤフラム厚の関係

4. 結論

本研究ではガラス基板光導波型マイクロホンにおける，共振周波数のダイヤフラム厚依存性について実験的考察を行った．その結果，理論値と同様に共振周波数はダイヤフラム厚に比例することが分かった．

5. 参考文献

[1] 松平精，基礎振動学，共立出版，1950