

## K8 マッハ・ツェンダ干渉計を用いた光集積回路圧力センサ ～位相感度の導波モード依存性～

佐藤 拓郎† 目黒 習† 大河 正志‡ 関根 征士‡ 佐藤 孝‡

†：新潟大学大学院自然科学研究科 ‡：新潟大学工学部

### 1. はじめに

光集積回路センサは光波利用センシング技術と光集積回路技術を融合したセンサであり、両技術の利点を併せ持ち、防爆性や無誘導性のほか、小型・軽量化が図れ、高感度、高精度のセンシングが期待できる。これらの利点、特徴に着目し、我々はマッハ・ツェンダ干渉計を用いた光集積回路圧力センサの研究を行なっている。これまでの理論解析より、本センサの感度はセンサに励起する導波モードに依存することが分かっている。そこで今回、位相感度と導波モードの依存性を実験的に明らかにしたので報告する。

### 2. センサの構成及び動作原理

図1にセンサの概形を示す。センサはマッハ・ツェンダ干渉計の単一モード光導波路と圧力感知部分であるダイヤモンドから構成される。マッハ・ツェンダ干渉計を構成する2本の平行導波路のうち、ダイヤモンドの端に位置するものをセンシング用導波路、ダイヤモンドから離れて位置するものを参照用導波路と呼ぶ。ダイヤモンドとは、圧力が加わると歪みが起こりやすいように薄くしてある部分のことをいう。ダイヤモンドに圧力が印加されると、たわみによる歪みが生じ、さらに光弾性係数により屈折率変化が引き起こされる。これによりセンシング用導波路を伝搬する光波に位相変化が生じ、この光波と参照用導波路を伝搬してきた光波とが合波干渉したとき、位相差によって出力光強度が正弦的に変化する。

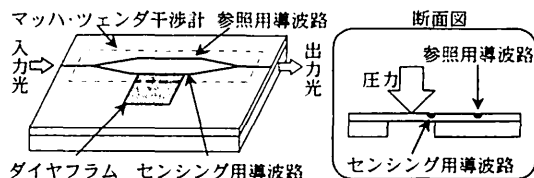


図1 センサの概形

### 3. 特性評価光学系

今回は、ダイヤモンドの大きさが10mm×10mm、厚さが0.3mmのセンサを作成し、測定を行った。導波路基板兼ダイヤモンド材料には Corning#0211 ガラスを使用した。図2に特性評価の光学系を示す。

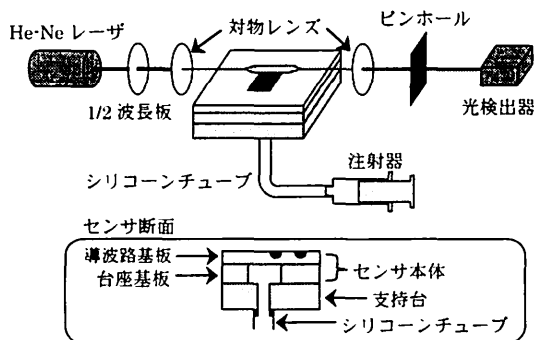


図2 特性評価光学系

光源には波長632.8nmの直線偏光He-Neレーザを用い、1/2波長板を回転することでセンサに励起する導波モードの切り替えを行った。1/2波長板を通過したレーザ光を対物レンズで導波路端面に集光し、導波光を励起した。出力光は再び対物レンズを通して拡大し、ピンホールを用いて導波光のみを取り出し、光検出器にて出力光強度を測定した。

4. センサの特性評価

図3、図4に測定結果を示す。本センサの出力光強度は正弦的に変化する、その周期が小さいほどセンサの感度は高いといえる。出力光強度が最大から最小まで変化するのに必要な圧力を半波長圧力と呼び、この圧力は干渉計のセンシング光と参照光の間に位相差 $\pi$ radを与える。この関係から単位圧力あたりの位相差を計算し、それを位相感度と呼ぶ。位相感度は本研究におけるセンサの感度を示す値として用いる。

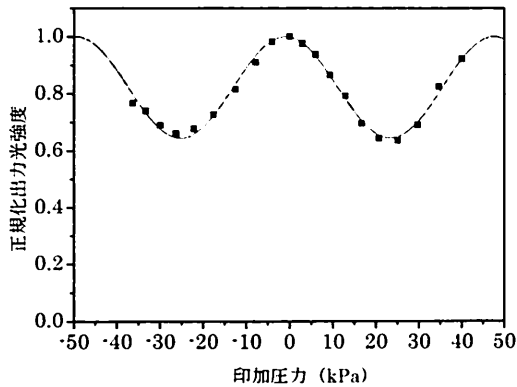


図3 TM-like モード光励起時のセンサの特性

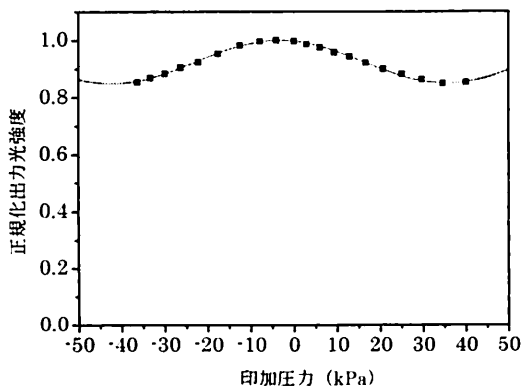


図4 TE-like モード光励起時のセンサの特性

図3よりTM-likeモード光励起時の半波長圧力は24.3kPaで、これより位相感度は0.129rad/kPaとな

る。また、図4よりTE-likeモード光励起時の半波長圧力は38.9kPaとなり、これより位相感度は0.081rad/kPaと計算された。この結果と理論値を表1に示す。

表1 理論値と測定値の比較

導波モード	位相感度[rad/kPa]	
	理論値	測定値
TM-like モード	0.227	0.129
	↑ 5.3 倍	↑ 1.6 倍
TE-like モード	0.043	0.081

表より、TM-likeモード光、TE-likeモード光を励起させることで感度に違いが出ることが分かる。しかし、理論計算では5.3倍の感度の違いが予想されるのに対し、測定結果での感度の違いは1.6倍となり、理論計算ほどの感度の違いが見られなかった。

TM-likeモード光励起時の位相感度が理論値より低いのは、理論計算において想定しているセンサと実際のセンサの構造に相違点があることや、センサ作成時に導波路基板と台座基板に紫外線硬化樹脂を用いて貼り合わせを行っているがその際に接着不良が起こっていることが原因だと思われる。また、これらのことはTE-likeモード光励起時においても生じているはずであり、位相感度は低下すると考えられるが測定値は理論値より高い値となった。この理由は現在考察中である。

5. まとめ

今回ダイヤフラムの大きさが10mm×10mm、厚さが0.2mmのセンサを作成および特性評価を行い、位相感度の導波モード依存性を実験的に明らかにした。測定された位相感度と理論値を比較したところ、センサにTM-likeモード光、TE-likeモード光をそれぞれ励起させることで位相感度に違いが現れることが実験的に明らかになった。しかし、理論計算ほどの感度の違いは見られなかった。