

J3 リモートセンシング用光集積回路圧力センサに関する基礎研究

岡本裕美*、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

光波利用センシング技術と光集積回路技術を融合した光集積回路センサは両者の利点を併せ持ち、防爆性、無誘導性、高絶縁性かつ小型化、安定化が図れる。これらの利点を十分に生かせば、高電磁界下や引火・爆発性ガス雰囲気下などの悪環境下においても安全で信頼性の高いセンシングを行えるものと期待される。ところで、実際の光学系にはレーザや光検出器などの電氣的素子が含まれるため、これらを測定領域から離す必要があり、リモートセンシング構成が望ましい。本研究では、光集積回路圧力センサの一方に光ファイバを接続し、さらに他方にミラーを接着することで、リモートセンシング構成を実現することとした。今回、ミラーの影響を調べるため、ミラーの有無やミラーの設置状態を変えて、それぞれの場合における印加圧力-出力光強度特性を測定し、比較を行った。

2. センサの概形および動作原理

図1にリモートセンシング用圧力センサの光学系(上面図)を示す。図中における円内の矢印は各素子での偏光方向を表す。本センサは圧力感知部分であるダイヤフラムとその上に形成された単一モード直線光導波路とで構成される。

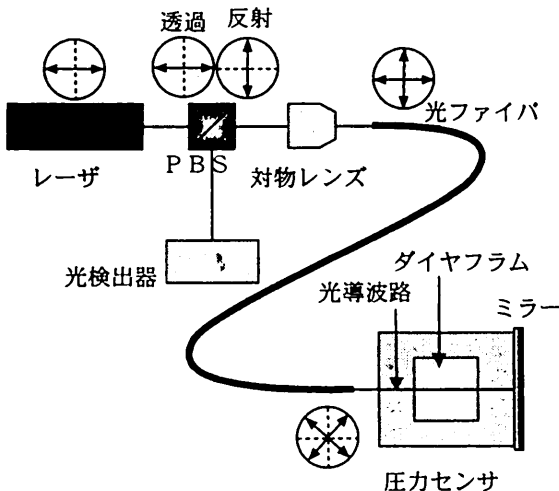


図1 リモートセンシング用圧力センサの光学系
ダイヤフラムに圧力差が生じると、ダイヤフラム

にひずみが生じ、光弾性効果により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 TM-like、TE-like モード光に位相差が生じる。ところで、光導波路に入射された光はダイヤフラムを通過後ミラーで反射され、もう一度ダイヤフラムを通過して、偏波保存光ファイバに戻る。センサから戻ってきた光波からレーザの偏光方向に垂直な成分だけを偏光ビームスプリッタ(以下PBS)で抜き取ることで、誘起された位相差を光強度に変換する。したがって、光強度変化を検出することにより、印加圧力を知ることができる。また、このようにセンサ出力側のミラー接着により、レーザ光が二度ダイヤフラムを通過するので、センサ感度が二倍になる。

3. センサの特性評価

光導波路用基板に Corning#0211 ガラスを使用し、ダイヤフラムの大きさを 14mm×14mm×0.22mm とした。光源には波長 632.8nm の直線偏光の He-Ne レーザを用い、対物レンズで集光させたレーザ光を偏波保存光ファイバの偏光軸に合わせて入射した。

今回、ミラー接着によるセンサ特性への影響を確かめるために、ミラーなし、外部ミラー設置、ミラー接着の3つの条件で測定を行った。

3.1 Case.1 (ミラーなし)

図2は Case.1 の測定系で、反射ミラーを使用しておらず、導波光はダイヤフラムを一度しか通らない。センサに圧力を印加して、検光子通過後の光強度を測定した。図3に測定結果を示す。光強度は印加圧力に対して正弦的な変化を示し、半周期に相当する圧力を半波長圧力という。また、半波長圧力は位相差 π radに相当し、1 kPa 当りの位相差を位相感度と定義する。図より、半波長圧力は 38.3kPa で、位相感度は 82mrad/kPa と評価された。

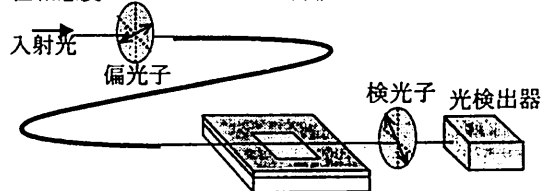


図2 Case.1 (ミラーなし) の測定系

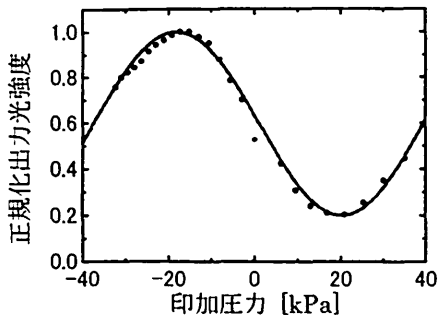


図3 Case.1 (ミラーなし) の測定結果

3.2 Case.2 (外部ミラー設置)

図4はCase.2の測定系で、外部ミラーとPBSを使用し、リモートセンシングを想定した構成となっている。この構成では、光波が外部ミラーにより反射され、再び光導波路に戻るため、導波光はダイヤフラムを二度通過する。図5は測定結果で、位相感度は160mrad/kPaと評価された。

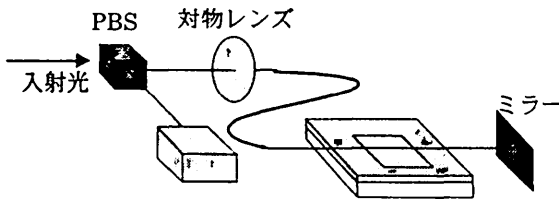


図4 Case.2 (外部ミラー設置) の測定系

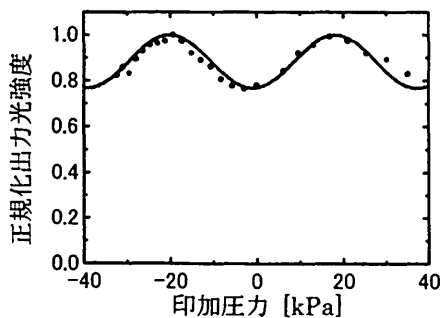


図5 Case.2 (外部ミラー設置) の測定結果

3.3 Case.3 (ミラー接着)

図6はCase.3の測定系で、反射ミラーをセンサ端面に直接接着しており、前述の図1と同じ構成となっている。この測定系においては、光強度が安定せず、激しく変動したため、残念ながら印加圧力-

光強度特性を測定することができなかった。

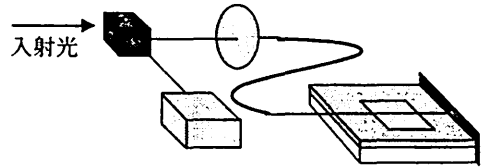


図6 Case.3 (ミラー接着) の測定系

4. 考察

Case.2の位相感度をCase.1と比較すると、約2倍となっている。これは、Case.2において導波光が二度ダイヤフラムを通過するためである。また、外部ミラーを設置することにより、消光比が大幅に低下した。これは、各光学素子表面における反射光がセンサの出力光に加わったためと考えている。

Case.3においてセンサ特性の測定ができなかった原因は、ミラー接着によりレーザへの戻り光が多くなり、レーザ発振が不安定になったためと考えられる。これは、図1のレーザとPBSの間に光アイソレータを置き、レーザへの戻り光を抑制することで、解決できると考える。

5. まとめ

今回、光集積回路圧力センサの応用として、光ファイバとミラーを使用したリモートセンシング用光集積回路圧力センサの特性評価を行った。実験により、ミラーを使用することでセンサ感度が2倍になることが明らかになった。しかし、ミラー接着時 (Case.3) には、レーザへの戻り光が多くなり、測定を行うことができなかった。今後、光アイソレータを用いて、戻り光を低減し、特性評価を行う必要がある。この際、外部ミラー設置時 (Case.2) と同様の特性が得られるものと予想される。このリモートセンシング構成が実現できれば、測定領域から完全に電氣的素子を排除することができ、これまで測定困難であった高電磁界下や引火・爆発性ガス雰囲気下などの悪環境下における測定が可能となる。