

K7 偏光干渉型光集積回路加速度センサの作成

内藤 利弥† 七澤 正洋† 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

光の干渉を利用した光波利用センシングは電磁雑音の影響を受けない、引火、爆発の危険性がないなどの利点を持つ。また、光学素子を集積化する光集積回路構成を採用すれば、小型、軽量化が図れ、光軸調整が不要なため、信頼性、安定性が向上する。これらの2つの技術を応用した光集積回路センサは高性能、高感度のセンシングが期待できる。

このような背景から、我々のグループでは偏光干渉型光集積回路加速度センサの研究を行っている。今回、凹形の台座基板を用いたセンサを試作し、静特性の評価を行ったので報告する。

2. センサの構成と動作原理

図1はセンサの概形である。センサは図のように、加速度（振動）検知部分として用いるカンチレバー（片持ちはり）と1本の単一モードチャネル光導波路から構成される。また、カンチレバーの先端におもりを載せている。光導波路は感度向上のため、カンチレバーの固定部分に沿って形成されるのが望ましいが、カンチレバーは機械的な振動部となるため、導波路端面がカンチレバー上にのりすることは避けねばならない。本研究では、後者の条件を確実に満たすため、図のようなくぼみのある台座基板（凹形台座基板）を用いることにする。

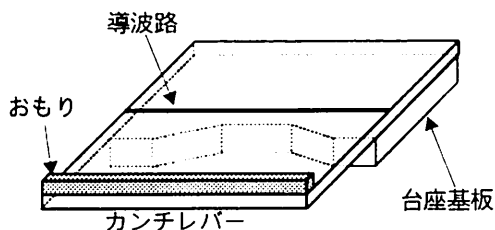


図1 センサの概形

基板に対して垂直方向に加速度が与えられると、おもりに働く慣性力によりカンチレバーにたわみが生じる。このたわみにより光導波路に歪みが生じ、その屈折率が変化して、光導波路を伝搬する光波の位相が変化する。ここで考える導波路は最低次モードの TM-like、TE-like モードを伝搬させる事ができる。本研究では、2つのモード光を同強度で励振させるために、偏光子の偏光方向をセンサ基板表面に対して 45° に傾け、導波路端面に直線偏光波を入射する。加速度印加時には両モード間に $\Delta\phi = \Delta\phi_{\text{TM}} - \Delta\phi_{\text{TE}}$ の位相差が生じ、位相差に応じた光強度変化を得るため、入射光の偏光方向に対して 90° 偏光方向が傾いた検光子を出力側に置く。これにより印加加速度に対して正弦的に変化する光強度が出力される。また、このように構成した光学系を偏光干渉計という。

3. センサの作成

まず、光導波路の作成方法について述べる。カンチレバー材料である Corning0211 ガラスにアルミニウムを真空蒸着し、その上にフォトレジストを塗布してプリベイクを行った。その後、He-Cd レーザ（波長 442nm）による直接露光、現像、アルミエッチングを行うことで、アルミニウム薄膜に導波路パターンを刻み付け、これをマスクとして熱イオン交換を行い、光導波路を作成した。熱イオン交換は低損失ガラス導波路を作成する方法の1つである。今回、中性塩に硝酸カリウムを用い、イオン交換条件を 400 度、2 時間とした。

次に、光導波路が凹形台座基板のくぼみ部分に位置するように台座基板と張り合わせ、端面研磨を行い、センサを作成した。図2に試作センサと台座基板を示す。カンチレバーの寸法は長さ（光導波路から先端まで）10mm、幅 19mm、厚さ 0.3mm である。

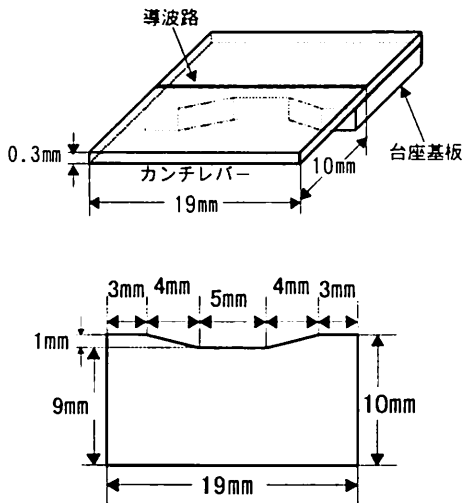


図2 センサと台座基板の寸法

4. 加速度センサの特性評価と考察

カンチレバーの先端に静的な荷重を加えて静特性の評価を行った。実験値との比較のため、試作センサの半波長重量を求めることは重要であるが、台座基板の形状が複雑なため、理論値を算出することは困難である。そこで今回は、矩形の台座基板を仮定して計算を行った。計算条件はカンチレバーの長さ 10mm、幅 19mm、厚さ 0.3mm とし、導波路の作用長を 5mm とした。その結果、半波長重量は 39.2g 重となった。

図3の測定系により、試作センサの静特性の評価を行った。光源として He-Ne レーザ（波長 632.8nm）を用い、そのレーザ光の偏光方向をセンサ基板面に対して 45° 傾けた直線偏光波を対物レンズで導波路端面に集光させ、導波光を励起させた。今回の実験は、カンチレバーの先端に袋を結び付けた紐を接着し、袋の中に重りを入れていくことでカンチレバーに荷重を加えた。また、ピンホールを用いることで導波光のみを取り出し、その出力光強度を光検出器にて測定した。

図4に本実験で得られた出力光強度と印加重量の関係を示す。今回の測定方法では、測定時におもりを乗せた際、重さによる基板のたわみとセンサを固定している台の傾きから光軸がずれてしまうため、おもりを増すたびに光軸調整を行った。その際に導波光を一定の光強度にすることは困難

であるので、偏光板を入れた場合と入れない場合のそれぞれの光強度を測定し、その比をとることで出力光強度変化を調べた。

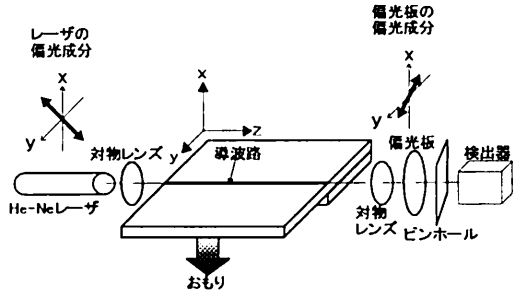


図3 測定系

図4より、半波長重量を約 31.3g 重と評価することができた。計算結果と比較すると、計算値は 39.2g 重であり、実験値のほうが高感度であった。今回、計算値は矩形基板による値を用いたが、実験値と計算値が異なった理由として、凹形台座基板の使用によってカンチレバーの根元付近に歪みの集中がおきたためと思われる。

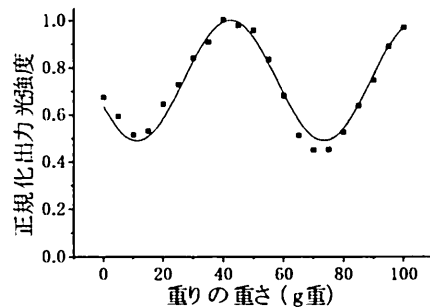


図4 測定結果

5. まとめ

今回、凹形台座基板を用いてセンサを作成し、その静特性の特性評価を行ったところ、正弦波状の荷重－光強度特性を得ることができた。今後、光ファイバを接続し、正弦波状の振動を与えて動特性の評価を行う予定である。