

K6 シリコン基板を用いた光集積回路圧力センサの作成

および特性評価

白井 裕基[†] 後藤 健士[†] 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、無誘導性、漏電の心配がない等の特徴を持つ光波利用センシングと、小型化が可能、光軸調整が不要等の特徴を持つ光集積回路技術の利点を併せ持つ。そのため、安全で信頼性の高いセンシングを行うことができ、様々な分野への応用が期待されている。中でも、生体を対象とする医用計測の分野は、光集積回路センサの特徴を十分に生かせる分野の一つと考えられる。そこで、我々は現在生体内圧のセンシングに着目し、圧計測カテーテルに組み込み可能な小型センサの開発を行っている。小型光集積回路圧力センサを圧計測カテーテルに接続すれば、漏電の心配、電磁干渉による雑音の混入のないセンシングができると期待される。今回、小型化に有利な優れた微細加工材料であるシリコンを、センサ基板として用いて光集積回路圧力センサを作成し、特性評価を行ったので報告する。

2. センサの動作原理

一般的に光集積回路圧力センサは、圧力感知部分であるダイヤフラムと光波を伝搬させる光導波路とで構成される。今までマッハ・ツェンダ干渉計やリング共振器等を用いたセンサが報告されているが、これらは、Y分岐や円弧の光導波路で構成されるためセンサが大きくなり、小型化には不利と言える。そこで本研究では、一本の直線光導波路のみで構成され、小型化するのに有利である偏光干渉計を用いる。図1にセンサの概形を示す。入力側には、TM-like、TE-likeモード光を同強度で励起させるために偏光方向を45°に傾けた偏光子、出力側には、入射光の偏光方向に対して90°偏光方向が傾いた検光子が置かれている。直線光導波路は、最も感度の大きくなるダイヤフラムの端に位置している。ダイヤフラムに圧力が印加されると、ダイヤフラムにたわみが起こり、歪

みが生じる。歪みは、光弾性効果により屈折率変化を起こし、光導波路を伝搬する光波の位相が変化する。光導波路に励起された両モード光は、それぞれ異なる位相変化量を得るため、圧力印加時には両モード間で位相差を生じる。この位相差は、検光子により位相差に応じた光強度変化に変換される。これにより、印加圧力に対して正弦的に変化する光強度を得ることができる。

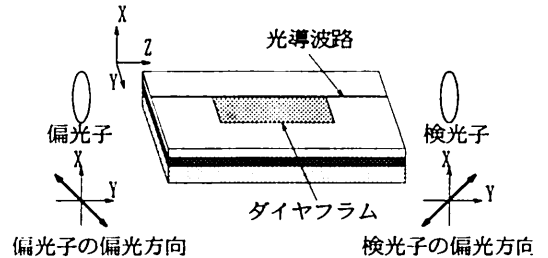


図1 センサの概形

3. センサの作成

図2に今回作成した光集積回路圧力センサを示す。光を伝搬させる導波層には、スピンコーティング法により容易に作成できるポリスチレン(屈折率1.59)を用いた。基板としてシリコンを用いると、シリコンは屈折率が3.85(1-j0.02)と高いため、その上に直接導波層を堆積させても、光波がシリコン基板に放射してしまい、低損失な光導波路を作成することはできない。そこで、低屈折率である二酸化シリコン(屈折率1.46)を熱酸化法によりバッファ層として作成し、その上に導波層を作成した。

光集積回路センサを構成する場合、単一モードチャンネル光導波路が重要となる。ここでは、作成の容易さを考え、リッジ形に分類されるチャンネル光導波路を作成した。この光導波路は、y方向に光を閉じ込めるために、導波層の膜厚に違いを設けて、等価的に屈折率を高くしているものである。

ダイヤフラムは、KOH 水溶液を用いて、(100) シリコン基板を異方性エッチングすることで作成した。ダイヤフラムの大きさは3×5mm、厚さ50 μ mとした。

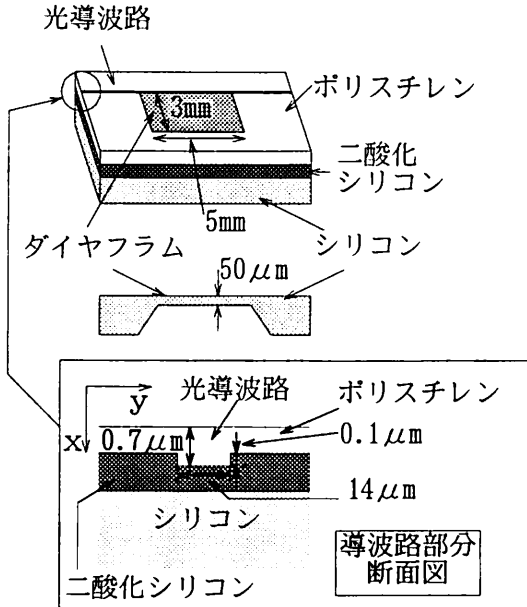


図 2 作成した圧力センサ

4. 圧力センサの特性評価と考察

図3のような測定系を用いて試作センサの特性を評価した。光源として、He-Ne レーザ（波長633nm）を用いて、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40倍の対物レンズで集光させ、導波光を励起した。また、図3のように圧力センサを支持台に接合し、さらに、シリコンチューブ、注射器を接続した。これにより、ピストンの加減で加圧、減圧が可能となる。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で測定した。図4に測定結果を示す。測定結果から、半波長圧力は40kPaであり、感度に換算すると0.079rad/kPaである。ここで半波長圧力とは、光強度の最大値から最小値までの変化を与える圧力のことであり、測定できる範囲を表す。測定対象として血圧を考える場合、最大で40kPa程度の圧力を検出できれば十分で、今回得られた実験結果はこの条件を十分満足するものである。

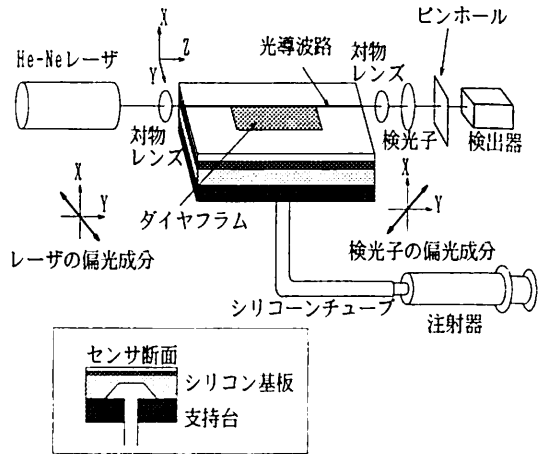


図 3 測定系

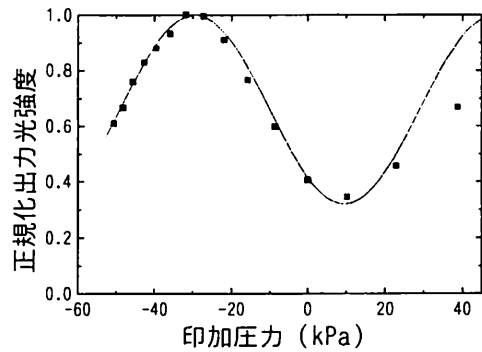


図 4 測定結果

5. まとめ

今回、シリコン基板を用いて光集積回路圧力センサを試作し、圧力特性を測定した結果、十分に血圧を測定できる半波長圧力を得ることができた。今後は、圧計測カテーテルへ適用するために、この感度を維持しつつ光集積回路圧力センサを小型化する予定である。