

Title	シリコン基板光集積回路センサに関する研究
Author(s)	大河, 正志
Citation	大阪大学, 1989, 博士論文
Version Type	VoR
URL	https://hdl.handle.net/11094/2417
rights	
Note	

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

Osaka University

氏名・（本籍）	おお 大	かわ 河	まさ 正	し 志
学位の種類	工	学	博	士
学位記番号	第	8688	号	
学位授与の日付	平成元年3月24日			
学位授与の要件	基礎工学研究科物理系専攻 学位規則第5条第1項該当			
学位論文題目	シリコン基板光集積回路センサに関する研究			
論文審査委員	(主査) 教授 末田 正			
	(副査) 教授 浜川 圭弘 教授 山本 錠彦			

論文内容の要旨

光エレクトロニクス技術の急速な発展にともない、この技術を計測の分野に応用する研究が盛んであるが、中でも、光集積回路構成の利用は、素子の小型化、計測の安定化の可能性があり、しだいに注目を集めるようになってきている。このような光集積回路センサは、従来のセンサにない優れた特徴から、性能の向上やこれまで不可能であった計測への適用など潜在的な可能性が大きいといえる。

本研究では、シリコンの微細構造加工性に着目し、シリコン上に形成した微細構造を用いた光集積回路センサの構成法を考案し、その基本的な特性を解析すると共に、素子を試作し、その動作確認を行っている。

このような素子を実現する上で、シリコン微細構造の形成と単一モードチャネル光導波路の作成が重要となる。本研究では、まず、微細加工のための諸条件を確かめると共に、単一モード条件を解析により導き、試作、導波実験によってこれを確かめている。

実際にセンサを構成する方法として光強度変化と位相変化を利用する2種が考えられる。前者は被測定現象により、例えば、導波路に軸ずれを生じさせ、それによる結合度の変化を利用して計測を行うものであり、後者は被測定現象によって屈折率変化や導波路長変化を誘起し、光波の位相変化を得るものである。ここでは高感度の期待できる後者の形式の光集積回路センサに着目し、その実現性を確かめるため、ダイアフラム構造ならびにカンチレバ構造を検出部に利用した位相変化形のセンサを取り扱っている。

ダイアフラム構造を用いた光集積回路センサでは、被測定現象によりダイアフラムが変形し、被測定量に対応した位相変化が生じる。この位相変化をマッハツェンダ干渉計を使って光強度変化に変換する。まず、動作解析を行い、センサの実現性を明らかにし、さらに、解析結果をもとに、圧力センサを設計、試

作し、実験によりその基本的な動作を確認した。

次に、カンチレバ構造の光集積回路センサへの適用を試みた。ダイヤフラムと同様に、カンチレバの変形を光の位相変化として検出するものである。まず、このような形式のセンサの加速度および流量計測への適用の可能性を解析により確かめ、次に、流量センサを例にとり、試作および実験を行い、流量計測が可能であることを確認した。

本論文では、第2章で、微細構造技術やリブ形光導波路の単一モード化に関する基礎的事項をまとめ、さらに、シリコン微細構造の光集積回路センサへの適用について述べている。第3章では、ダイヤフラムを利用したセンサの構成と動作原理を示し、解析によりその実現性を明らかにし、さらに、試作した素子の動作実験の結果について述べている。第4章では、カンチレバを利用したセンサの構成と原理を示し、動作解析によりその可能性を考察している。そして、その動作を実証するために行った試作および実験の結果を示している。第5章は結論であり、以上の成果を総括すると共に、今後に残された課題を指摘している。

論文の審査結果の要旨

光エレクトロニクスの発展に伴って、光ファイバあるいは光集積回路のような導波形デバイスを応用した光波利用センサが注目されるようになった。本論文は、シリコン基板上の導波形マッハツェンダ干渉計を用いて構成した一連の光集積回路センサに関するものである。

著者は、シリコンが優れた電子材料であり、プロセス技術も確立されていることに着目すると共に、被測定現象を光波の位相変化に変換するトランスジューサ部分の微細加工を、異方性エッチング技術を利用して効果的に行なうことができるものと考え、光集積回路センサの基板としてシリコンを利用することを提案した。

本研究では、まず、シリコン基板上に、可視光域の低損失単一モードリブ形ガラス導波路を作成し、これを利用して基板上に干渉計を構成する技術を解析および実験によって確立している。次に、トランスジューサとしてダイヤフラム構造を考え、干渉計の一方の枝に相当する光導波路をその上に作成し、ダイヤフラムの両面の圧力差によって生じたひずみによる導波路中の光位相変化を、干渉計によって光強度変化に変換することによって圧力センサを構成できることを示している。さらに、このようなセンサについての動作解析を行なうと共に、これに従ってセンサを設計試作し、実験によってその基本動作を確認している。

続いて著者は、カンチレバ構造の利用について考察し、これによって加速度センサおよび流量センサを構成できることを示し、それらの動作を解析し諸特性を計算している。さらに、流量センサを設計試作し、その動作実験に成功している。

このように、著者は、シリコン基板を利用した一連の光集積回路センサを提案し、低損失単一モード導波路の実現、異方性エッチング技術によるトランスジューサ微細構造の作成、ダイヤフラムおよびカンチ

レバー構造によるセンサの構成などによってその有効性を確かめた。この研究は光集積回路センサの新しい分野を拓いたものであり、光エレクトロニクス発展に寄与する所が大きく、本論文は博士論文として価値あるものと認める。