

## 1. 研究背景

光集積回路の研究開発における、高速化、小型化、低コスト化、低消費電力化という課題の解決策として、シリコンフォトニクス集積回路が期待されている。シリコンフォトニクス集積回路はシリコン基板上に光導波路、光スイッチ、光変調器、受光器などの素子を集積したものであり、シリコン CMOS 集積回路の製造インフラストラクチャを利用して製造することが可能である。シリコンフォトニクスは高集積密度、優れたエネルギー効率、経済性の高い光回路を提供するという点で優れた技術であるとされ、IoT や 5G 技術の発展に向けて応用が期待されている。

光集積回路の製造に際して、シリコンフォトニクス集積回路と光ファイバの光結合方法として主に採用されている方法は、端面結合法と表面結合法である。特に、グレーティングカプラを用いた表面結合法は、ウェハー表面で結合が出来る事から、ウェハー段階でテストが可能であり、後工程の工数改善による大幅な経済化が期待できる。光集積回路の製造工程において、最もコストがかかる部分は光入力に必要な光ファイバと、光集積回路で入力部となる部分の位置決め(以下、アライメント)である。中でも、グレーティングカプラを用いた表面結合方式におけるアライメントは、初期の位置決めに加え、入射角度と偏波面の調整を必要とし、工数がかさむことからコストを上げる要因となっている。

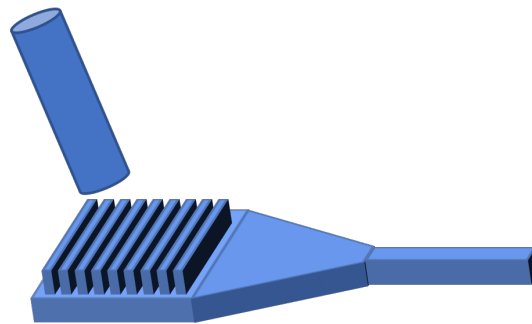


図 1 グレーティングカプラを用いた表面結合方式

## 2. 研究の動機

シリコンフォトニクス集積回路を応用することで光通信の発展が期待されるが、その技術の利用には課題がある。その中で、光集積回路の製造におけるコスト面の改善を考え、最もコストがかかる部分である、アライメント工程に注目した。アライメントに費やされる時間の短縮を検討することで、時間的なコストを大幅に下げることができ、シリコンフォトニクス集積回路の普及を促進することができるだろう。

光ファイバと光集積回路の入力部に位置のズレが生じた場合に、どの方向にどの距離ズレているのかを確認することが可能になれば、アライメントの時間短縮につながると考え

た。ここで、ズレの確認に用いる技術が、ホログラムである。

ホログラムとは、光の干渉・回折を用い、物体からの光を記録・再生する技術である。ホログラムの記録には光の干渉が用いられ、再生には回折が用いられる。光源の光をハーフミラーによって、物体を照射する光である「物体光」と記録材料に対して照射する光である「参照光」とに分離する。このとき、記録材料面では物体光と参照光による干渉が起こり、干渉縞と呼ばれる非常に細かい模様ができる。この干渉縞が記録された媒体がホログラムである。再生の際には、記録時の参照光と同じ位置に光源を置き、ホログラムに対して再生照明光を照射する。このときホログラムを通過する光以外にも、ホログラムの細かい干渉縞によって回折が起こり、別方向に広がる光が生じる。このときの回折光が記録した物体光と同じ形になっており、観察者には実際に物体が存在しなくてもホログラムの奥に記録した物体があるように見ることができる。

アライメントを行う中でのズレの発生時に、ホログラムが再生できれば、その再生像の形状や大きさによってズレの方向や距離を測ることが可能になると考えた。

### 3. 仮説

グレーティングカプラを用いた表面結合による光ファイバ実装時のアライメントに、ホログラムを利用することを考えた。ホログラム像を画像認識・測定出来れば、アライメントを高速化出来る可能性がある。しかし、ホログラムは物体や光源、記録材料、ハーフミラーなどの位置や光の入射角度を手作業で設置するため、細かい計測などに手間や時間がかかるという問題点がある。さらに、記録材料として使用する薬品に、現在では使用自体が禁止されている薬品もあるため、高分解能な記録材料を実際に入手することができないといった点も問題点として挙げられる。ホログラム利用におけるこれらの問題点を踏まえ、解決する技術が、計算機生成ホログラムである。

計算機生成ホログラムは通常のホログラムと違い、物体や光源、記録材料、ハーフミラーなどの位置や光の入射角度などの設計が必要ない。作成手順としては、まず、作成したい物体の3次元データ(本研究では原理確認のため2次元データを用いる)を用意する。次に、光線の伝搬距離を設定し、その位置に記録平面を仮定して、物体の光波伝搬を計算する。記録平面で得られた複素振幅分布が計算機生成ホログラムとなる。

評価方法としては、光ファイバ位置がグレーティングカプラに対し上下左右前後方向にズレた場合に、結像パターンが変化するように設定された計算機生成ホログラムを、グレーティングカプラ付近に配置する。そのパターンの変化によってズレの方向、大きさ等を判断し、光ファイバの位置合わせを行う。これにより、グレーティングカプラを用いた表面結合の際のアライメントの高速化が期待できる。

ホログラム像の画像認識にはカメラを用いる。カメラを用いた画像認識において有用な像のパターンを検討する必要がある。カメラは人間の目と違い、複雑な形状を認識すること

が困難である。円形なども向きが分からなくなるため採用できない。また、シリコンフォトニクス集積回路内の部品に存在する形状はカメラが誤認識してしまう可能性があるため、避けなければならない。これらの制限がある中で、有用である形状は、五角形以上の多角形であると考えられる。

## 4. 研究の目的

本研究の目的は、光集積回路の研究開発における、高速化、小型化、低コスト化、低消費電力化という課題の解決策として期待されている、シリコンフォトニクス集積回路の普及を進めるために、光集積回路の製造におけるコストを下げるための方法を検討することである。本研究では、グレーティングカプラを用いた表面結合による光ファイバ実装時のアライメントの工程に注目し、アライメントに費やされる時間の短縮を検討することで、時間的なコストを大幅に下げることの可能性を示す。

本研究では以下の点を検討する。①グレーティングカプラに入力可能な光の角度 ②グレーティングカプラの反射光のシミュレーション ③画像認識に有用なホログラムの結像パターンの検討 ④グレーティングカプラを用いた表面結合による光ファイバ実装時のアライメントにおけるホログラムを用いた時間短縮方法の可能性の検討