

# 高速光伝送用ガラスインターポーザ

光電子技術研究所 松丸幸平<sup>1</sup>・中里弘人<sup>1</sup>・山本敏<sup>2</sup>・上道雄介<sup>3</sup>

## Glass Interposer for High Speed Optical Transmission

K. Matsumaru, H. Nakazato, S. Yamamoto, and Y. Uemichi

情報通信機器のさらなる高速化に対応するため、光デバイスとプリント回路基板の間をつなぐ高速光伝送用ガラスインターポーザを開発した。ガラスは絶縁体であるため、伝送線路から基板へ信号が漏洩する懸念がなく、高速伝送が期待できる。また、ガラスは透過率に優れることから、光デバイスのパッケージで使用するインターポーザとして有望である。本論文では、ガラスインターポーザの作製方法、および作製したガラスインターポーザの構造的評価や電気的特性について報告する。

A glass interposer which connects optical devices and a printed circuit board for high speed optical transmission has been developed. As glass material is an excellent insulator and prevents current leakage from circuits into a substrate, higher speed transmission is expected than a conventional interposer. The glass material also shows so good transparency that it is suitable for use in optoelectronics device packaging. This paper reports the fabrication method and the structural and electrical properties of the novel glass interposer.

### 1. ま え が き

近年、情報ニーズの多様化とデジタル化にともない、情報通信機器はさらなる高速化が求められている。従来使用されてきたメタル配線では高速化に限界があるため、伝送速度、伝送距離、消費電力に優れた光インターコネクションが注目されている<sup>1)</sup>。光インターコネクションを用いたデータ伝送システムは、信号送信IC（トランスミッタ）、プリント回路基板やケーブルなどの電気接続媒体（チャンネル）、信号受信IC（レシーバ）で構成される。ICとプリント回路基板では配線のデザインルールが異なるため、インターポーザが必要となる。これまで当社では、インターポーザなどへの応用を目的に、ガラスに微細な貫通配線を形成する技術の開発を行ってきた<sup>2)</sup>。ガラスは透過率に優れることから、光インターコネクションで使用するインターポーザの基板材料として有望である。そこでわれわれは、基板材料にガラスを用い、貫通配線を適用した光デバイスとプリント回路基板の間をつなぐ高速伝送用インターポーザを開発した。本論文では、ガラスインターポーザの構造や作製方法、および電気的特性の評価結果を報告する。

### 2. ガラスインターポーザの構造

開発したガラスインターポーザの断面模式図を図1に示す。本開発では、光デバイスとプリント回路基板を電気的に接続するためのインターポーザを目指しているため、使用するガラス基板の種類や伝送線路の構造に、いくつかの設計上、構造上の工夫をほどこしている。以下、これらの点について詳しく説明する。

#### 2.1 ガラス基板の種類

図1に示すように、光デバイスとインターポーザの接続は、一般的にフリップチップ実装が用いられる。フリップチップ実装は、ワイヤボンディングによる接続に比べて配線長が短く、寄生パラメータ（LCR）が小さい

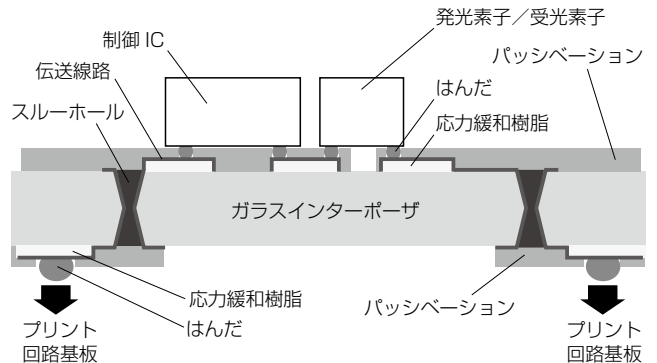


図1 ガラスインターポーザの断面構造  
Fig. 1. Cross-sectional image of glass interposer.

1 シリコン技術研究部  
2 シリコン技術研究部グループ長（工学博士）  
3 応用電磁気研究室

略語・専門用語	正式表記	説明
インターポーザ	Interposer	端子間距離が異なる基板同士を中継する基板
光インターコネクション	Optical interconnection	都市間の長距離光通信にくらべ、ごく短い距離のデータ伝送に光通信を用いること
フリップチップ実装	Flip chip bonding	基板にICチップを直接実装するペアチップ実装の一つで、ICチップの電極と基板の電極を対向させフェースダウンして一括接続させる実装方法
サンドブラスト	Sandblasting	圧縮空気を用いて研磨剤を表面に衝突させる加工法

ので、高周波での伝送特性に優れるためである。フリップチップ実装では、光デバイスの受発光面が基板と対向するように配置される、いわゆるフェースダウンとなるため、光信号はインターポーザの厚さ方向に通過する。そのため、光信号の光路の位置精度は、インターポーザの実装パッドの平面方向の位置精度に大きく依存する。また、フリップチップ実装は高温下で行われるため、光デバイスとインターポーザの熱膨張係数差が小さいほど残留応力の小さい実装が可能になる。本開発では、精度の高い加工が可能な半導体プロセスを適用でき、かつ光デバイスの基板材料のシリコンや化合物半導体との熱膨張係数差が小さいホウ珪酸ガラスをインターポーザの基板材料とした。

2.2 貫通配線構造の適用

発光素子である面発光レーザは、熱抵抗が大きく、通電による発熱が素子特性に与える影響が大きいため、放熱機構が重要である。従来の片面だけのインターポーザ、つまり光デバイスの実装面とプリント回路基板との実装面が同一面にある場合は、発光素子近傍に放熱機構を設けることが難しく効果的な放熱が困難であり、モジュール全体の特性が大きく損なわれる可能性がある。そこで本インターポーザでは、基板の表裏を電気的に結ぶ微細な配線である貫通配線構造を適用した。これにより

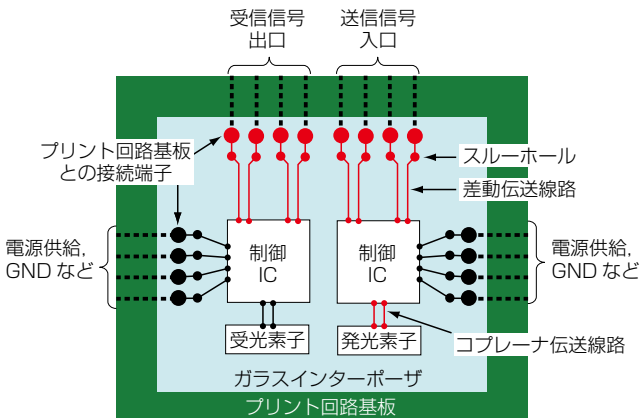


図2 ガラスインターポーザを用いた光モジュールの模式図

Fig. 2. Schematic diagram of an optical module with glass interposer.

図 1 に示すように、発光素子のみをインターポーザの片面に配置できるため、放熱面積を大きく取れるようになる。また、放熱機構を設ける際にも容易に設置できるようになるため、効果的な放熱が可能となりモジュールの安定性・信頼性を高めることができる。

2.3 伝送線路

図 2 に、一般的な受光素子と発光素子、およびそれらの制御用ICの外部回路を示した模式図を示す。発光素子と制御ICの間、および制御ICからプリント回路基板の間の伝送線路に高速信号が流れる。発光素子と制御ICの間は、コプレーナ伝送線路で接続し、特性インピーダンスが 50 Ωとなるように配線設計した。制御ICから貫通配線をかいてプリント回路基板までつながる伝送線路は、特性インピーダンス 100 Ωの差動伝送線路とした。設計した伝送線路、特に本インターポーザの特長である貫通配線を含む差動線路について、最適な設計指針を得るため電磁界解析を行った。電磁界解析にはANSYS社の3次元電磁界解析ソフトHFSSを用いた。電磁界解析のモデルを図3に示す。ここでは貫通配線の間隔は 350 μmとし、形状を図3(a),(b)に示す2種類とした。図3(a)のモデルは、実際に作製した貫通配線の形状に近くテーパ形状であり、スルーホール内部は導体で完全に満たされていない。図3(b)のモデルは、円柱状の貫通配線であり、スルーホール内部が完全

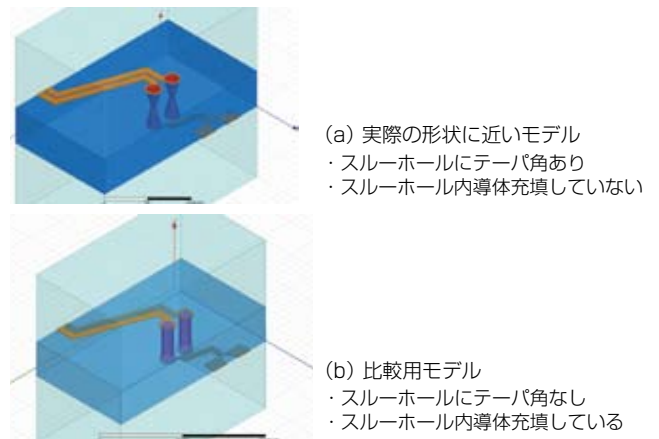


図3 伝送線路の解析モデル

Fig. 3. Analyzed model of transmission lines.

に導体で埋まっている。図4に、透過特性と反射特性の解析結果を示す。透過特性、反射特性共に(a)のモデルの方が、(b)のモデルに比べて伝送特性が優れている。これは、(a)の貫通配線はテーパ形状であるため、ガラス基板の内部においては隣り合う貫通配線との間隔が広がっている。したがって、隣り合う貫通配線間の結合容量Cが小さくなるため、結果として伝送特性が良くなったと考えられる。(a)のモデルにおいては透過損、反射損共に小さく、26 GHzまで問題なく伝送できることを確認した。

### 3. ガラスインターポーザの作製

図5に、ガラスインターポーザの作製プロセスを示す。はじめに、貫通配線を形成するためのスルーホールをガラス基板に形成する。本開発では、スルーホールの形成方法として、ウエハでの加工が可能でテーパ形状のスルーホールを容易に作製できるサンドブラストを用いた。つぎに、デバイスやプリント回路基板が接続される個所に応力緩和樹脂層を形成する。応力緩和樹脂は、デバイスやプリント回路基板との接続に利用されるはんだが凝固収縮する際、その応力によりガラスが割れることを防ぐためのものである。樹脂材料として、耐熱性や機械的強度、耐薬品性に優れた感光性ポリイミドを用いた。つぎに、電解めっきにより、スルーホール内部とガ

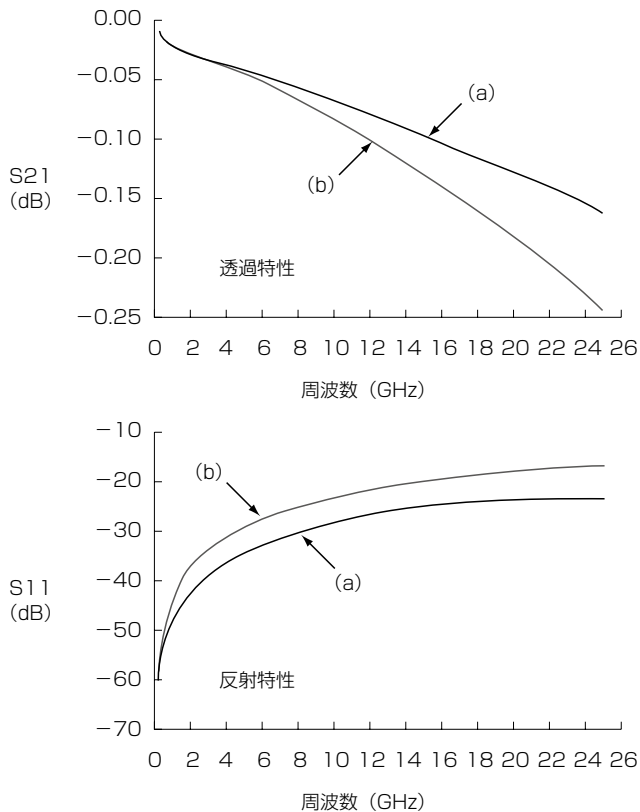


図4 電磁界解析結果 透過特性と反射特性  
Fig. 4. Transmission and reflection characteristics -analyzed model (a) and (b).

ラス基板表面に銅膜を形成する。本開発では、スルーホールの内壁に一様にめっき膜を形成する、いわゆるコンフォーマルめっきを用いた。その後、回路の表面の保護やはんだ実装時に余計な場所へのはんだの濡れ拡がりを防止するパッシベーション層を形成する。パッシベーション層の材料もポリイミド樹脂を用いた。さらに、はんだを実装するパッド上には、はんだの濡れの向上と最表面の保護を目的とした金層を無電解めっきにより形成する。最後にダイシングを実施し、ウエハからチップへと切り分け、ガラスインターポーザが完成する。

### 4. 特性評価

#### 4.1 構造評価

作製したガラスインターポーザの外観写真を図6に示す。インターポーザの大きさは7 mm×9 mm、厚さは500 μmであり、貫通配線がペリフェラル状に配置されている。一方の面には光デバイスと制御ICが実装され、他方の面にはプリント回路基板が接続され、両者が貫通配線を介して電氣的に接続された光モジュールの

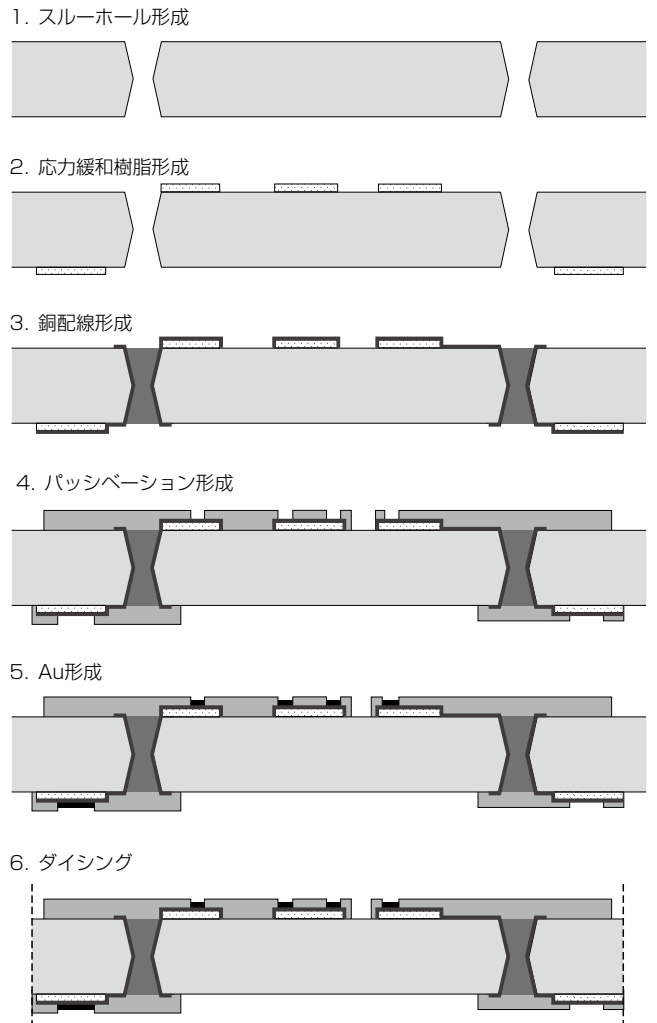


図5 ガラスインターポーザの作製プロセス  
Fig. 5. Schematic process-flow of glass interposer.

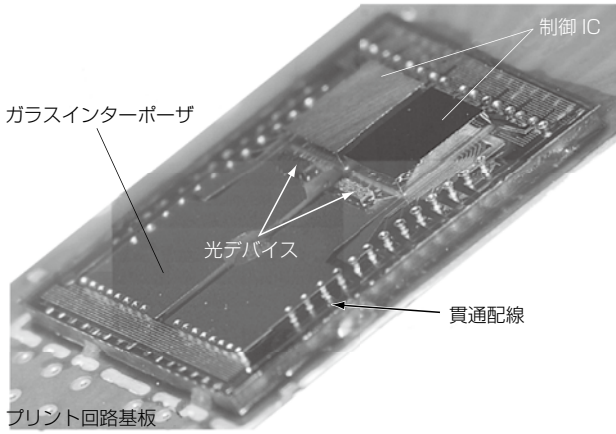


図6 ガラスインターポーザの外観  
Fig. 6. Top view of glass interposer.

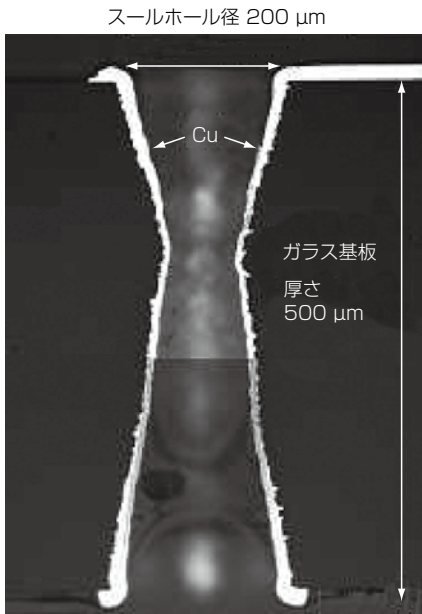


図7 貫通配線の断面  
Fig. 7. Cross-sectional view of through-hole interconnections in glass substrate.

実証に成功した。貫通配線部の断面顕微鏡写真を図7に示す。スルーホールの開口径は 200 μm、深さは 500 μm、テーパ角はおよそ 75°であり、コンフォーマルめっきによりスルーホール内部にめっき膜が形成できていることが確認できる。スルーホール内の銅の厚さは最も薄い箇所でおおよそ 3 μmであった。

#### 4.2 貫通配線の抵抗値測定

貫通配線の抵抗値を、モデルによる計算と実際の測定

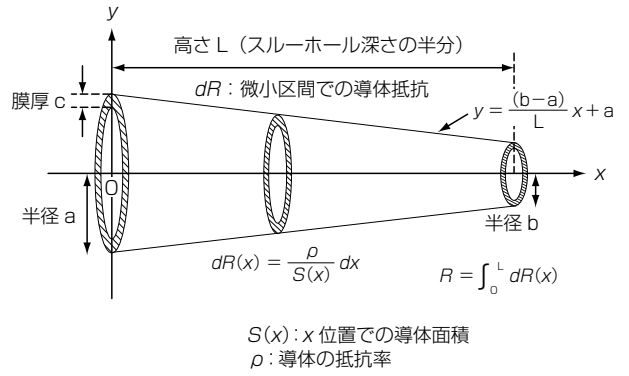


図8 抵抗値計算のモデル  
Fig. 8. Calculation model of resistance.

により比較検討した。図8にスルーホールの抵抗値計算のモデルを示す。ここでは形状として円錐の内側が中空になっている構造をモデルとして設定し、スルーホールの内壁に均一に 3 μmの銅があった場合について計算を行った。その結果、抵抗値は 7.4 mΩと見積もられた。一方、実際に作製したガラスインターポーザの抵抗値を測定した結果、貫通配線 1 本当たりの抵抗値は約 6 mΩであり、計算値と良い一致を示した。また、26 Gbpsの信号が問題なく伝送できることを確認していることから、作製したインターポーザは、光インターコネクション等の高速伝送用インターポーザとして十分利用できることを確認した。

## 5. むすび

情報通信機器のさらなる高速化に対応するため、光デバイスとプリント回路基板の間をつなぐ高速伝送用ガラスインターポーザを開発した。作製したガラスインターポーザは、光インターコネクションへの応用に十分な電気的特性を有していることを確認した。今後は信頼性の評価を行う予定である。特に、ガラスは脆性材料であることから、耐衝撃性や経時的な特性の変化に対して調査を行っていく。

## 参考文献

- 1) 平ほか:「サーバの低消費電力光インターコネクション」, エレクトロニクス実装学会誌, vol.12, No.5, pp.429-433, 2009.
- 2) 山本ほか:「トゥルー 3次元配線」, フジクラ技報, 第118号, pp.39-45, 2010