

# ガラスへの金属ビア直接封入による 高気密性ガラス基板

NEC SCHOTT コンポーネンツ株式会社  
GTMS 部 R&D・ニュービジネスグループ シニアエキスパート

鎌 田 宏

## Hermetic Glass Substrate with Metal Via Inserted Directly into the Glass

Hiroshi Kamada

Senior Expert R&D New Business Group GTMS Department NEC SCHOTT Components Corporation

### 1. はじめに

ガラスは電気・電子機器に様々な形状、用途で広く使用されているが、物理的・空間的にガラス単独で使用されることはなく、必ず何らかの別部材と接続、接着あるいは接合されている。単にガラスを保持するためであれば、金属パネルへの嵌め合いや樹脂止めで間に合うが、接続部に各種の機能が要求される場合には、それに応じた各種の接合方法が採用される。特に、ガラスと金属部材との各種の接合方法を図1に示す<sup>1)</sup>。

機械的接合は別として、一般に2種類の部材の接合には間に他の部材を介在させる「間接接合」とその必要のない「直接接合」とがある。間接接合は、いわゆる「接着剤」を何らかの形で間に挟み込む方法であるが、この中で「ガラ

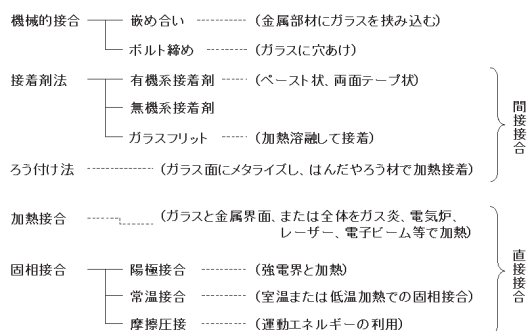


図1 ガラスと金属の各種接合方法

スフリット」はガラス部材を接着可能な接着剤としてのガラスであり、どちらもガラスであるところが興味深い。間接接合は少なくとも3種類の物質の複合体となり、その接着メカニズムは直接接合より本質的には複雑である。しかしながら古くから使用されており、ある程度の接着性能を満たすには簡便な方法である。

一方の直接接合に関して、陽極接合、常温接合、摩擦接合については本誌特集の別稿に詳述されることと思われるので、本稿においては古く「ローテク」と言われながらも現在各分野

〒528 0034 滋賀県甲賀市水口町日電3番1号  
TEL 0748 63 6840  
FAX 0748 63 6842  
E-mail: hiroshi.kamada@schott.com

で信頼されつつ使用されている「ガラスと金属の加熱接合」について、電子部品分野での応用例を紹介する。

## 2. ハーメチックシール（気密端子）

ハーメチックシール（別称 気密端子または GTMS: Glass To Metal Seal）は、金属リードの周囲をガラスで覆い、ガラス/金属界面に高度の気密性を持たせた電気・電子部品である。ガラスの被覆は高温状態でいき、軟化したガラスと金属表面の酸化膜とが化学結合して隙間のない界面を形成している。高温から冷却する際にガラスと金属の熱膨張係数（CTE）の差が大きいと歪によりガラスにクラックを生じたりするため、CTE のマッチングや適切な温度プロファイルの選定が重要となる。実用化されたハーメチックシールとしてはおそらく最初は白熱電球であり、続いて真空管、ハロゲンランプ、ブラウン管などガラスバルブの内外を電氣的に接続する端子として採用された。その後も、トランジスタ用缶パッケージ、水晶振動子用パッケージ、自動車用各種センサーのパッケージなどに採用されている<sup>2,4)</sup>。図2に水晶振動子用円筒型パッケージの写真とハーメチックシール部分の拡大図を示す。

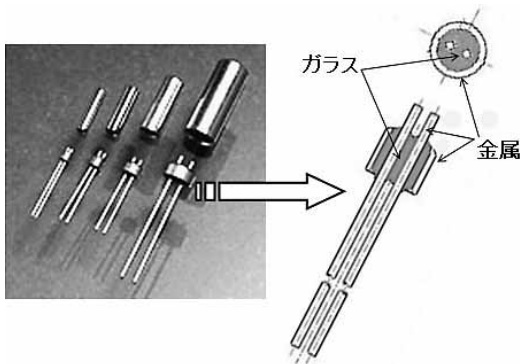


図2 ハーメチックシールの例

## 3. ウエハレベルパッケージに適した貫通電極付きガラス基板

近年、多くの電子デバイスがシリコンウエハから作製されるようになり、また小型化の進展も著しい。しかしながらせっかく小型化されたデバイスを従来のように個別のパッケージに封入したのでは最終の製品サイズが大きくなってしまふ。また、シリコンウエハから個別のデバイスを切り出す際にダメージを与えて製品を不良にしてしまうことも少なくない。そこで、ウエハ状態のまま最終パッケージまで（できれば検査まで）済ませ、その後に個別デバイスに切り離すウエハレベルパッケージ（WLP）が考案され、用途を拡大しつつある<sup>5)</sup>。製品に高度の気密性や耐熱性を必要としない場合にはWLPのパッケージ材料は樹脂でも可能であるが、製品内部に空間を設け真空にする、あるいはガスパーズするなど気密性が要求される場合、また、高い耐熱性を要求される場合などには絶縁性、耐熱性に優れたガラス材料が有効である。また、WLPの場合、シリコンウエハに直接パッケージ材を接合するため、CTE がシリコンに近いことが要求される。そのようなガラスとしてパイレックス やテンパックスフロート がある。また、ガラスに貫通電極（ビア）を設けてシリコンデバイスの電極をパッケージ外へ導く構造が必要となる。

これまでもガラス基板にビアを設けてWLPを可能としたものがいくつか報告されている。しかしながらほとんどの場合、まずガラス基板に穴開けを行い、その中を金属または金属ペーストで充填した構造である。この場合、まずガラスに穴を開けるだけでもコストが高く、また極細でアスペクト比の大きい穴あけは困難である。さらに、ガラスと充填金属との密着性が悪く、高度の気密性の実現が難しいという問題があった。

これに対して、前もって穴開けを行わずにガラス基板に金属ビアを封入する方法が NEC

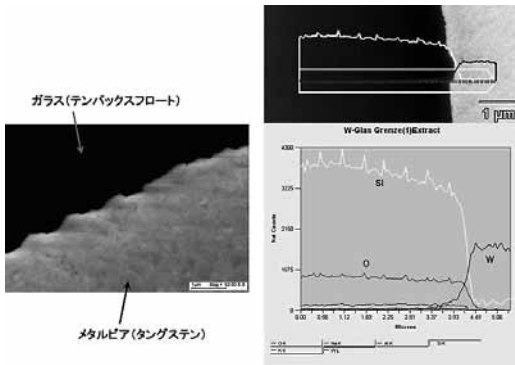


図3 ガラスと金属ビアの界面の様子

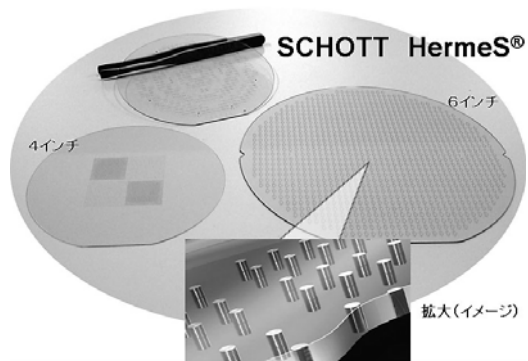


図4 HermeS の外観

SCHOTT コンポーネツツ(株)により開発された。ガラス基板の上に金属リードを並べて保持した後高温の炉内に導入し、軟化したガラスの中に金属リードが埋め込まれてビアを形成する。ガラス材料にはテンバックスフロートを用い、金属ビアとしてはCTEがシリコンに近く耐熱性の高いタングステンが使用されている。ハーメチックシールと同様に、高温でガラスと金属表面を化学結合されているため、気密性の高いビアが形成されている。図3にテンバックスガラスとタングステンビアの界面のSEM写真および主な元素の分布状態を示す。

タングステンビアの表面には細かい凹凸があるが、ガラスはその凹部にもしっかりと入り込み、界面に隙間やクラックは観察されない。また、界面の約0.5μmの間でガラスとビアの材料元素がゆるやかに入れ替わっており、相互拡散している様子がわかる。

この貫通電極付きガラス基板はHermetic Substrateを略して、HermeS（ハーメス）と呼ばれている。HermeSは最初にガラスへの穴開けを必要としないため、極細のビアを形成することが可能で、直径80~150μmのビアが実現されている。図4にHermeSの外観、表1にHermeSの諸特性を示す。

項目	特性値など
ウェハサイズ	2~6インチ (8インチを開発中)
ウェハ厚さ	500~600 ±20 μm
ビア径(直径)	φ100 μm または 150 μm
ビアピッチ(ビアセンター間)	最小300 μm (250 μmを開発中)
気密性	<1 × 10 <sup>-9</sup> Pa・m <sup>3</sup> /sec (ヘリウム吹き付け法)
ガラス材料	テンバックスフロート <sup>®</sup>
熱膨張係数(CTE)	3.25 × 10 <sup>-6</sup> /K
曲げ強度 σ	25MPa
密度	2.2g/cm <sup>3</sup>
比誘電率 ε <sub>r</sub>	4.6 (25℃, 1MHz)
誘電損失率 Tan δ	37 × 10 <sup>-4</sup> (25℃, 1MHz)
体積抵抗率	>10 <sup>13</sup> (25℃), 2 × 10 <sup>9</sup> (250℃) Ω・cm
屈折率 n	1.47 (波長600nmにて)
Na <sub>2</sub> O/K <sub>2</sub> O含有率	4%
ビア材料	タングステン(W)
熱膨張係数(CTE)	4.5 × 10 <sup>-6</sup> /K
密度	19.3g/cm <sup>3</sup>
体積抵抗率	5.5 × 10 <sup>6</sup> Ω・cm (25℃)

表1 HermeS の諸特性

#### 4. HermeS の応用

HermeSは前述のように高度の気密性や耐熱性を必要とするWLPデバイスに有効であり、具体的にはデバイス内部に微小空間が必要なMEMSセンサー(圧力センサー、加速度センサー、ジャイロセンサー、等)やMEMSアクチュエータ(RFスイッチ、等)、高周波デバイス、マイクロリアクター、また、高い耐熱性が必要な自動車エンジン近傍の各種センサー等への応用が効果的である。また、貫通電極はデバイス本体の接続端子から外部回路までの配線長を最短にできるため、寄生LCRの激減により高周波特性の向上が見込める。さらに、HermeSは透明で気密性を保ったまま光を透過させることができるため、光関係のデバイス

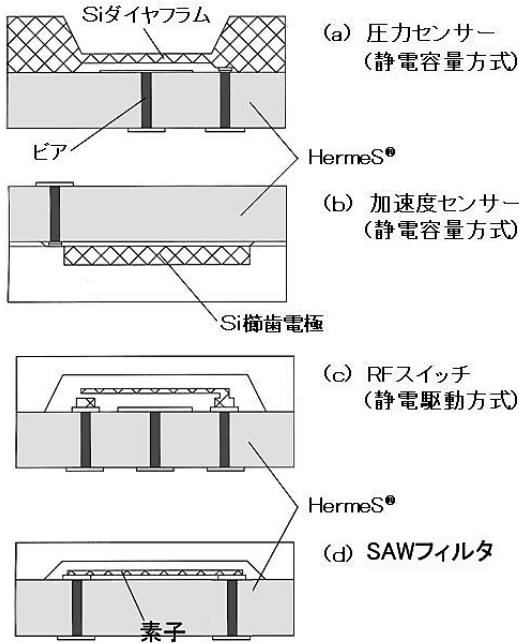


図5 HermeS の応用例(1)

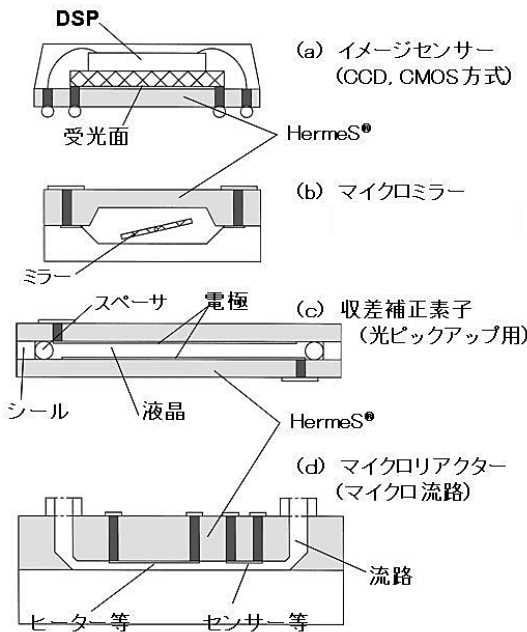


図6 HermeS の応用例(2)

(MEMS ミラー、イメージセンサー、光ピックアップの収差補正素子、等) に対しても種々の応用が考えられる。図5、図6に各種のデバイスへの応用例(案)を示す。

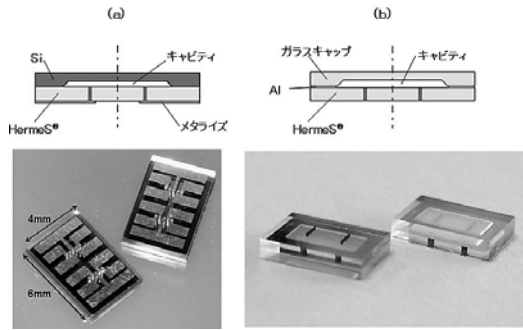


図7 HermeS を用いた試作パッケージ

また、図7に HermeS を用いて試作したパッケージの写真を示す。図7(a)はシリコンにキャビティを設けて HermeS と陽極接合した構成、図7(b)はもう1枚のガラスにキャビティを設け、金属薄膜を介して HermeS と接合した構成である。この試作例では内部に MEMS などの機能素子を入れていないが、He リークテストの結果から、高い気密性を持つパッケージであることが確認されている。

テンパックスフロートを用いた HermeS はシリコンウエハとのWLPを前提としてCTEを合わせてあるが、デバイスにシリコンを用いない場合は、他のガラス材料での応用も可能である。たとえば、HermeS の上に直接金属や犠牲層を作製してデバイスを構築する場合は、ややCTEの大きいガラス材料を用い、ビアに鉄ニッケル合金を用いることなどが可能である。

### 5. 終わりに

ガラスと金属の接合の事例として、古くから用いられている「加熱接合」の電子部品への応用と最近の開発事例、特にガラスに金属ビアを直接封入した極細貫通電極付きガラス基板 HermeS について紹介した。高温でガラスと金属を接合した本基板は高い気密性を持ったパッケージとなり、各種電子デバイスへの応用が可能である。本基板の特徴を生かすにはデバイス設計時点からのアプローチが重要であり、デ

バイス設計者とパッケージ設計者との綿密な情報交換が必要であるが、すでに多くのデバイスメーカーにおいて検討が始まっている。これから最終デバイスの信頼性などが評価され、多くの製品の小型化、製造プロセスの簡易化、コスト改善に貢献できるものと期待される。

注) パイレックス は米 Corning 社の登録商標である。テンパックスフロート および Her-

meS は独 SCHOTT 社の登録商標である。

参考文献

- 1) 菅沼克昭, セラミックス 41 No.6, pp.416-423 (2006)
- 2) 「電気の技術史」, p.88, オーム社, 1976
- 3) 「ガラス工学ハンドブック」, p.13, 朝倉書店, 1999
- 4) 「ガラスの百科事典」, p.100, 朝倉書店, 2007
- 5) 2008 マイクロマシン/MEMS 技術大全, (株)電子ジャーナル社, 2008 など