

## ガラスフリットとレーザーを用いたセラミックパッケージの気密封止技術

日本電気硝子株式会社 白 神 徹

### 1. はじめに

現状のガラスパネルやセラミックパッケージの気密封止技術として樹脂封止、ろう付け、ガラス封止、金属封止、常温接合など様々な手法が存在している。その中でもガラス封止は高い気密信頼性を得ることができるが、ガラスを軟化させるために高温まで加熱する必要があり、素子や部材を熱劣化させる問題があった。

近年、レーザーによる局所加熱封止技術が開発され、特にスマートフォンやスマートウォッチ等の有機ELパネルの気密封止に利用されている。我々はこのレーザーによる封止技術を用いて、高い気密信頼性が要求される電子デバイス用セラミックパッケージの封止技術を開発したので紹介する。

### 2. ガラス基板同士の封止技術

はじめに本稿におけるガラスフリットとは、低温軟化するガラスとセラミックスフィラー、顔料などから構成される複合粉末の封止材料を意味し、ガラスフリットをレーザーで溶かし、気密封止する方法がレーザー封止技術である。

レーザー封止技術の開発により、封止領域の内部に配される素子や周辺部材に熱ダメージを与えることなく、外部からの水分やガスを遮断することができ高い気密信頼性が得られるようになってきた。

ここで、レーザー封止のメカニズムを簡単に説明する。ガラスフリットが照射されるレーザー光を吸収し、それを熱エネルギーに変換、発熱することで溶ける。溶けたガラスフリット中のガラス成分が封止するガラス基板表層に拡散することで接合層が形成され封止が完了する。溶けたガラスフリットとガラス基板は濡れ性が良好で、気密性が確保し易い。

図1にガラス基板同士をレーザー封止したサンプル

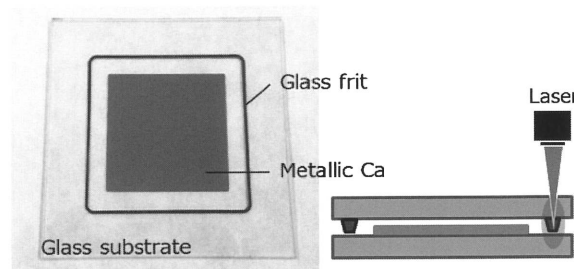


図1 レーザー封止サンプルの外観と概略断面図

の外観と概略断面を示す。封止領域の内部には、金属カルシウム膜を250 nmの厚みで蒸着形成している。レーザー封止したサンプルをPCT(プレッシャーコッカー試験)に120時間投入した。レーザー封止後のリーク欠陥や残留応力により試験中に評価サンプルが割れた場合は、金属カルシウムが水分と反応し水酸化カルシウムになるため即座に透明化する<sup>1)</sup>。試験後、各部材に割れや剥離は無く、封止領域の内部に形成した金属カルシウム膜もそのまま残存していることから、内部への水分の浸入は認められず、高い気密性を維持していた。なお以降の説明では、ガラス基板同士のレーザー封止に使用したガラスフリットを旧ガラスフリットとする。

### 3. セラミックパッケージの新しい封止技術

高い気密信頼性が要求させるセラミックパッケージとして、イメージセンサやLEDのセラミックパッケージが挙げられる。これらのセラミックパッケージは光の透過性に優れるガラスリッドと容器となるセラミックス製キャビティから構成され、内部には熱や水に弱い素子が実装される。

そこで我々はセラミックパッケージのレーザー封止を試みたが、ガラスリッドや封止部が割れ易く気密封止することができなかった。

その要因として、旧ガラスフリットと各部材間の熱膨

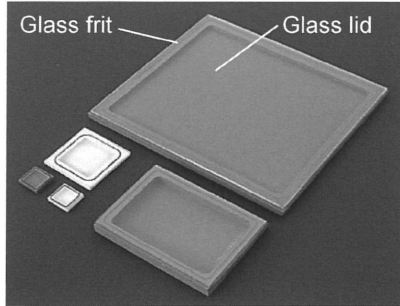


図2 レーザー封止パッケージの外観

張係数の不整合や、旧ガラスフリットとセラミックス製キャビティの濡れ性が悪いことが考えられた。

上記の背景のもと、我々はセラミックパッケージの封止を可能とするガラスフリットの開発に着手、成功した。以降は、新たに開発したガラスフリットを新ガラスフリットとする。図2に新ガラスフリットを使用してレーザー封止したパッケージの外観を示す。様々なサイズのアルミナ製キャビティをレーザー封止した気密パッケージである。

### 3.1 材料構成および作製方法

前述したように、ガラスフリットは低温軟化するガラスとセラミックスフィラー、顔料などから構成される複合粉末である。セラミックスフィラーは熱膨張係数の調整や機械強度を高めるために、顔料はレーザー光の吸収材として含有される。

各材料は細かい粒子に粉碎、分級され、均一に混合される。通常は均一混合された後、樹脂と溶剤から成る有機ビークルに分散させることでペースト化され、スクリーン印刷等の適当な塗布方法で様々な形状に塗布される。

### 3.2 特徴

#### (1) 熱膨張係数の整合

新ガラスフリットは、セラミックス製キャビティにより近い熱膨張係数を有しており、レーザー封止後の部材の破損を防ぐことが可能である。

旧ガラスフリットの熱膨張係数はガラスリッドやセラミックス製キャビティに比べると大きく、レーザー封止した後の降温過程において各部材の収縮差から発生する応力が大きく、部材が破損し易い課題があった。

そこで旧ガラスフリットよりも熱膨張係数を低減させるために、新たなガラスやセラミックスフィラーを開発した。ガラスは軟化温度を維持したまま、熱膨張係数が低くなるように組成を設計、開発した。さらに、これま

で使用していたセラミックスフィラーに比べ、より低い熱膨張係数の材質を新たに開発、採用した。その結果、新ガラスフリットは、軟化流動性を損う事なく、より熱膨張係数を低減させることに成功した。

新たに開発したガラスの熱膨張係数は旧ガラスフリットに使用されるガラスよりも8%低く(10.4 ppm/°C→9.6 ppm/°C)、新しいガラスとセラミックスフィラーを使用した新ガラスフリットの熱膨張係数は旧ガラスフリットに比べ11%低く(8.0 ppm/°C→7.1 ppm/°C)することができた。

#### (2) 濡れ性の改善

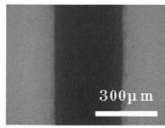
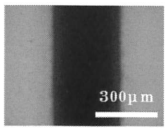
旧ガラスフリットは、セラミックス製キャビティとの濡れ性が悪かった。そのためセラミックス製キャビティとの反応性を高めるためにはレーザーの出力を大きくして高温まで加熱することで、軟化流動性を高める必要があった。しかし、封止部だけが瞬間的に過度に高温まで加熱されるので、旧ガラスフリットとガラスリッド間、もしくはガラスリッド内部に大きな温度差が生じ、レーザー封止後の降温過程において部材の収縮量の差により割れが生じていた。

そこでレーザー光による過度な加熱を抑制するために、より低温で軟化流動するように材料構成を設計した。具体的には、新しく開発したガラスとセラミックスフィラーとの混合比と、軟化した際に流動を阻害するセラミックスフィラーの粒度を最適化した。

表1に新ガラスフリットと旧ガラスフリットを使用したレーザー封止結果を示す。ガラスリッドとアルミナ製キャビティをレーザー封止する際、10%低いレーザー出力にも関わらず、同程度の封止幅が得られた。これはより低温でレーザー封止できることを示している。その結果、レーザー封止時の部材間に生じる温度差を低減でき、ガラスリッドの割れを抑制することが可能となった。

なお、レーザー光の走査速度は15 mm/sec、レーザー光のスポット径はφ0.5 mm、波長808 nm、CWの半導体レーザーを使用した。

表1 新旧ガラスフリットを使用したレーザー封止結果

	新ガラスフリット	旧ガラスフリット
封止後外観 (黒色：封止部)		
レーザー出力	7.2 W	8.0 W
封止幅	285 μm	280 μm

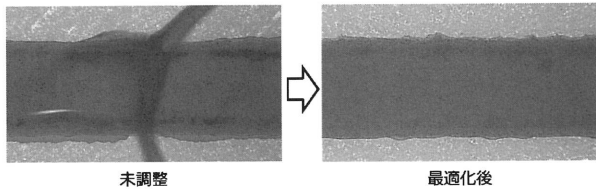


図3 レーザー封止後の始終点部の外観

#### 4. レーザー封止技術

前述した新ガラスフリットの開発により、レーザー封止後におけるガラスリッドの割れ等の課題は大きく低減できるようになった。しかしながら、レーザー照射プロセスにより解決しなければならない課題もある。その一例を紹介する。

##### 4.1 レーザー照射による始終点部における割れ

レーザー走査の始終点ではガラスリッドが割れ易い。ガラスフリットは基本的に、セラミックス製キャビティ内に配した素子を囲うように一筆書きの形状で形成される。そのガラスフリットの形状に沿って照射されたレーザー光は、必ず始終点において重なる領域が生じる。その重なった領域の熱履歴は周囲の熱履歴と異なり、残留した応力により割れ易い。さらにレーザー出力を停止することで加熱部と非加熱部の境に大きな温度差が生じ、より割れ易い状況を作り出す。この現象は、特に熱伝導度の高いセラミックス製キャビティを使用した場合に生じ易い。

我々は、始終点におけるレーザーの走査速度やレーザーの重なる領域を最適化することで課題を解消した(図3)。調整前の始終点部はレーザー出力を停止した箇所から割れが生じ、始終点部の重なる領域に割れが伸展した。一方で最適化した始終点部には割れが生じず、気密封止することができた。

##### 4.2 レーザー封止後の気密性

パッケージ内部に金属カルシウム膜を形成したレーザー封止パッケージを作製した。PCT後も金属カルシウム膜が反応することなく残留しており、ガラス基板同士のレーザー封止と同様に高い気密性を有していることが示された(図4)。

またPCT後のレーザー封止パッケージを用いてヘリウムリーク試験(ボンピング法)によりヘリウムリークレート測定したところ  $1 \times 10^{-10} \text{ Pa} \cdot \text{m}^3/\text{sec}$  以下と高い気密信頼性を有していることも示された。

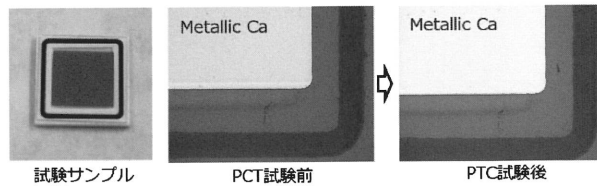


図4 PCT試験前後の金属カルシウム膜の外観

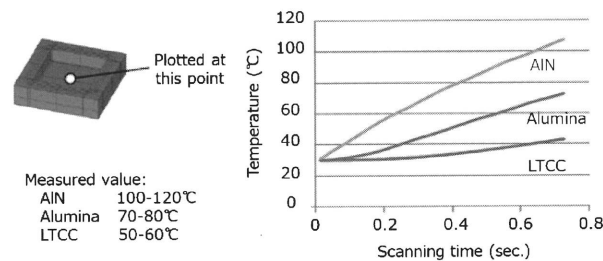


図5 レーザー封止後のパッケージ内部温度

##### 4.3 レーザー封止時のパッケージ内部温度

図5に材質の異なるセラミックス製キャビティをレーザー封止した時のパッケージ内部温度の実測値およびシミュレーション結果を示す。使用したセラミックス製キャビティの材質は、熱伝導度  $150 \text{ W/m} \cdot \text{K}$  の窒化アルミニウム、熱伝導度  $14 \text{ W/m} \cdot \text{K}$  のアルミナ、熱伝導度  $3 \text{ W/m} \cdot \text{K}$  のLTCCの3種類で、パッケージサイズは  $3.5 \text{ mm}$  角、 $0.85 \text{ mm}$  厚である。温度実測時のレーザー走査速度は  $15 \text{ mm/sec}$  で封止幅が同じになるよう出力を調整し、温度測定はキャビティ底部中央に配したサーモラベルにより行った。シミュレーションでは、レーザー封止時のガラスフリット部の温度が同じになるように計算を行った。実測結果、シミュレーション結果のいずれにおいても熱伝導度の高いキャビティ材質ほど、レーザー封止直後のパッケージ内部温度は高くなることがわかった。

#### 5. おわりに

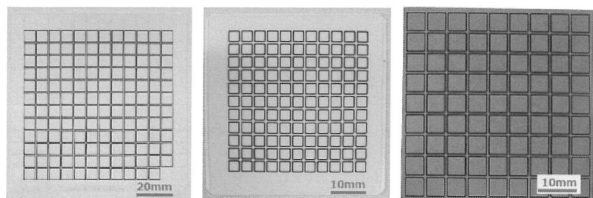
我々は、新たなガラスフリットの開発とレーザー封止技術の改善により、これまで困難であったセラミックパッケージのレーザー封止に成功した。

現在は、ガラスフリット付きガラスリッドのサンプル提供や、弊社でのレーザー封止試作に対応している。また、より大きなサイズのレーザー封止やセラミック以外の材質のレーザー封止(表2)、マルチキャビティのレーザー封止技術(図6)なども開発中である。

今後も、材料とプロセスの両面から改善を進めることで、様々な要求に応えていきたい。

表2 レーザー封止の試作実績

キャビティ材質	キャビティサイズ	ガラスリッド厚さ
ガラス	~200 mm	~1.0 mm
LTCC	~60 mm	~1.0 mm
アルミナ	~60 mm	~0.5 mm
シリコン	~10 mm	~0.2 mm



ガラス基板 □7mm    アルミナ基板 □3mm    シリコン基板 □5mm

図6 各材質のマルチレーザー封止後の外観

参考文献

- 1) K. Nagai : Testing Methods of Gas Barrier Films and Its International Standardization, *Journal of The Adhesion Society of Japan*, 50(6), p206-211 (2014)

〈著者紹介〉

白神 徹(しらがみ とおる)

日本電気硝子株式会社 電子部品事業部  
第一製造部

【〒521-1295

滋賀県東近江市今町906 能登川事業場

☎(0748)42-2440】

