

低温気密接着用鉛フリー低融点ガラス

青柳 拓也
Aoyagi Takuya

内藤 孝
Naito Takashi

立園 信一
Tachizono Shinichi

300℃前後での気密接着に用いられる金-スズはんだやフッ素含有鉛系低融点ガラスを代替可能な環境適合バナジウム系低融点ガラス「Vaneetect III」を開発した。環境とコストに配慮したうえで、優れた気密性と耐湿性を達成し、また、金属やセラミックスのほか、樹脂への直接接着が可能である。赤外線ランプ、レーザなどのさまざまな光源による加熱溶融も容易であり、従来にないデバイス構造やプロセス技術の実現が期待できる。

1. 低コストな低温気密接着剤

水晶振動子、IC (Integrated Circuit) パッケージ、MEMS (Micro Electro Mechanical System)、半導体センサーなどの各種パッケージ、OLED (Organic Light-emitting Display)、蛍光表示管などの電気・電子機器の気密接着には、低融点ガラスやはんだが使用されている。

これまで、320℃以上の気密接着には鉛系ガラスが使用されていたが、RoHS (Restriction of Hazardous Substances) 指令などの環境規制により、鉛フリーの低融点ガラスへの移行が求められている。すでに、400℃以上の接着用途では、ビスマス系ガラスなどへの代替が進んでいるが、400℃以下では代替可能な適切なガラス材料がなく、依然としてフッ素を高濃度に含有する鉛系ガラスが使用されている。また、300℃前後の気密接着には、金-スズはんだも使用されているが、材料が高価であるうえに、被接着材にめっきなどのメタライズ処理が必要であった。

このような背景から、300℃前後の低温気密接着を必要とする電気・電子機器では、環境やコストに配慮したうえで、高い性能と信頼性が得られる新しい低温気密接着材の実現が期待されていた。

2. Vaneetectの開発状況および特長

バナジウム系低融点ガラスは、シリカをベースとした通常のガラスにはない特異な物性を有する。日立製作所日立研究所は、1980年代から研究に着手し、所望の物性を発

現するためのガラス構造制御技術を構築してきた。現在、この技術を活用し、低温気密接着用の環境適合バナジウム系低融点ガラス「Vaneetect」を開発している。これまでに、「Vaneetect I」、「Vaneetect II」と接着温度の低温化を進めてきたが、今回260℃～320℃で接着できる「Vaneetect III」の開発に成功した(図1参照)。

Vaneetect IIIの軟化流動特性を図2に示す。220℃以上で軟化流動していることが確認できる。また、260℃以上では十分接着可能な粘度域に到達していた。

Vaneetect IIIと各種低温接着材の特性比較を表1に示す。Vaneetect IIIは、金-スズはんだ並みの低温で接着できるほか、被接着材としてガラス、セラミックス、金属や樹脂

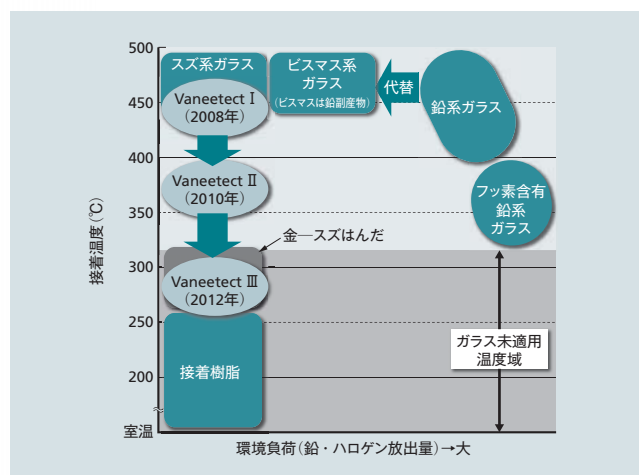


図1 | 低温接着材の現状と環境負荷への影響

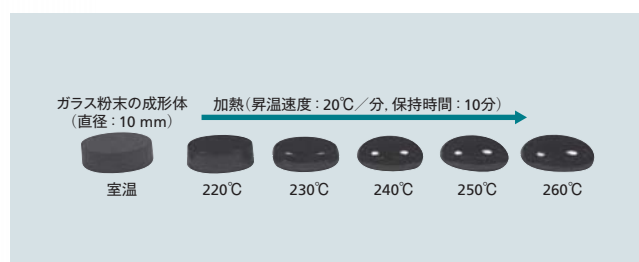


図2 | Vaneetect IIIの軟化流動特性

		開発ガラス Vaneetect III	金—スズ はんだ	フッ素含有 鉛系ガラス	熱硬化樹脂 (エポキシ系)
接着温度(℃)		260～320	270～320	320～360	180～200
被 接 着 剤	セラミックス	○	×	○	○
	ガラス	○	×	○	○
	金属	○	○	×	○
	樹脂	○	×	×	○
気密性・耐湿性		○	○	○	×

表1 | 各種低温接着材の特性比較

と、さまざまな材料とを直接接着することができる。金—スズはんだよりも安価であり、熱硬化性接着樹脂の課題である気密性や耐湿性の問題がない。

主要構成元素は、バナジウム、銀、テルル、酸素であり、規制物質である鉛や揮発しやすいフッ素などのハロゲンを含まない。そのため、フッ素含有鉛系ガラスの代替として使用した場合には、環境負荷を低減できる。また、揮発性のハロゲンを含まないため、大気中、窒素中のほか、真空中においても加熱・接着が可能である。

さらに、プロセス上の特長としてVaneetect IIIは可視～赤外の光をよく吸収することから、赤外線ランプや各種レーザなどの光源でも加熱することができる。例えば、レーザを用いることで、耐熱性が低い有機素子や樹脂基板を搭載した電気・電子機器に対しても、接着部だけを加熱して接着できるため、素子の熱劣化などを防止でき、従来にないデバイス構造やプロセス技術の実現が期待できる。

3. ガラスの低融点化技術と高耐湿化技術

従来のバナジウム系低融点ガラスは、吸湿性が高く、大気中の水分で溶ける不安定な材料であった。これは、ガラス構造が開放的な層状構造を有しているためである。層間に水分子が浸入し、層間をつなぎ留めている酸化リンに水分子が結合することで、酸化リンが層間から遊離し、ガラス構造が崩壊する。

そこで、Vaneetect I では、ガラス構造を三次元網目構造にすることで水分子の侵入を抑制し、耐湿性を改善した。Vaneetect II では、層状構造の層内に酸素イオンとの結合力が弱いテルルイオンを導入し、さらに、層間の酸化リンを水分子と結合しにくい構造に制御することで、軟化温度の低温化と優れた耐湿特性を実現した。

今回開発したVaneetect IIIでは、これまでの技術を基に、酸素イオンとの結合力が極めて小さい銀イオンを安定して層間に導入できるガラス構造に制御した。また、水分子と

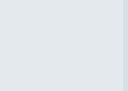
ガラス系	試験前	50時間後	300時間後
開発ガラス Vaneetect III 10 mm			
一般的な バナジウム系 低融点ガラス 10 mm			

図3 | 代表的なVaneetect IIIの耐湿性（プレッシャークッカー）試験の結果

結合して構造を崩壊させるリン成分を低減することで、さらなる接着温度の低温化と高耐湿性を同時に実現した。

Vaneetect IIIの耐湿性（プレッシャークッカー）試験の結果を図3に示す。この試験は、1時間が約1万時間（室温環境使用での換算）に相当する耐湿性の高度加速寿命試験である。一般的なバナジウム系低融点ガラスが50時間経過後に完全に形状が崩壊しているのに対し、Vaneetect IIIは300時間経過後も外観に変化がなく、優れた耐湿性を有していることが分かる。

4. 今後の展望

電気・電子機器の新たな低温気密接着材としての鉛フリーの低融点ガラスは、環境規制対象になっている鉛系ガラスを刷新できる可能性を秘めているだけでなく、従来にないデバイス構造やプロセス技術の実現も期待できる。

今後も環境に配慮しながら性能の向上を図り、グリーンイノベーションに貢献していく。

執筆者紹介



青柳 拓也
2008年日立製作所入社，日立研究所 材料研究センタ 環境材料プロセス研究部 所属
現在，ガラスの研究開発に従事
応用物理学会会員



内藤 孝
1983年日立製作所入社，日立研究所 材料研究センタ 環境材料プロセス研究部 所属
現在，ガラスの研究開発に従事
日本セラミックス協会会員



立園 信一
1988年日立粉末冶金株式会社入社，日立化成株式会社 機能材料営業統括部 マーケティング部 所属
現在，ガラスの開発と製品化に従事