

# 電子材料としてのニューガラス

## New Glass for Electronic Materials

和田 正道\*

Masamichi Wada

### 1. はじめに

ニューガラスは、従来のガラスの優れた特長の上に、さらに光、電気磁気、熱・機械、化学、生体の機能を与えたもの、と定義されている<sup>1)</sup>。本稿では、エレクトロニクスやオプトエレクトロニクス分野で実用化が進んでいるニューガラスとして、表1に示す例を紹介する。

表1 電子材料としてのニューガラス

機能分野	機能	実 用 例
光	光伝達	イメージセンサー用カバーガラス レーザーダイオード用窓ガラス 光通信用精密マイクロ球レンズ 光ファイバー簡易スプライス ICメモリー(EPROM)用窓ガラス
電気磁気	基板 パシベ ション	液晶ディスプレイ基板 イメージセンサー基板 パシベーション用ガラス
熱・機械	封着性 被覆性 複合強化	ICパッケージ封着用ガラス 厚膜IC基板用ガラス プリント配線板用ファイバーガラス

### 2. 光機能ニューガラス

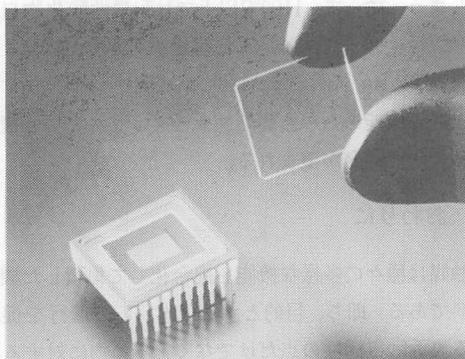
#### 2.1 イメージセンサー用カバーガラス

イメージセンサーは、光/電気変換デバイスで、VTRカメラ、ファクシミリおよび複写機に用いられている。

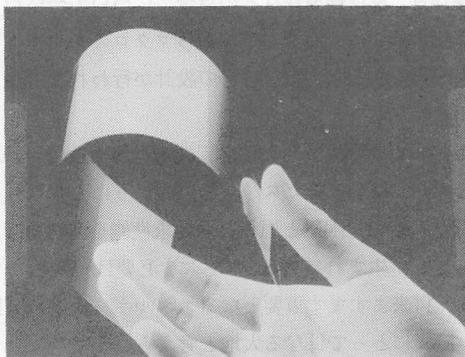
写1はCCD(電荷結合素子)とカバーガラスである。LSI(大規模集積回路)チップはセラミックパッケージの中に固定され、厚さ0.4~1.0mmのカバーガラスとエポキシ系樹脂で封止されている。

CCDカバーガラスは、数十万~百万画素のLSIに近接する窓で、i)内部欠陥がないこと、ii)表面品位が高いこと、およびiii)パッケージやシール材との適合性

が良いこと、が必要である。LSIの光を感じる点(画素)の大きさが5~3 $\mu\text{m}$ 角であるため、そのカバーガラスはミクロンオーダーの内部欠陥や表面欠陥も許容されない精密ガラスである。



写1 CCD用カバーガラス(ホウケイ酸ガラス)

写2 密着型ラインセンサー用カバーガラス(厚さ50 $\mu\text{m}$ )

写2は厚さ50 $\mu\text{m}$ のホウケイ酸ガラス<sup>2)</sup>で、密着型ラインセンサーのカバーガラスに用いられている。これによってレンズ系の不要な小型ファクシミリが実用化された<sup>3)</sup>。

表2に、これらイメージセンサー用カバーガラスの特性を示す。アルミナセラミックとの封着適合性と、封着材であるエポキシ系樹脂の劣化を防ぐために、カ

\*日本電気硝子(株)技術本部長  
〒520 大津市晴嵐2丁目7-1

表2 イメージセンサー用カバーガラスの特性

特性/ガラスコード	BL-C	BD-65
密度 (g/cm <sup>3</sup> )	2.36	2.45
熱膨張係数(30~380°C, ×10 <sup>-7</sup> /°C)	51.0	65.5
歪点 (°C)	535	530
体積抵抗 Log ρ (Ω-cm)	150°C	9.1
	250°C	6.9
アルカリ溶出量(R <sub>2</sub> Omg, JIS R3502)	0.05	0.06
透過率 (% , λ = 500nm, t = 1mm)	92	92
屈折率 (n <sub>D</sub> )	1.493	1.505

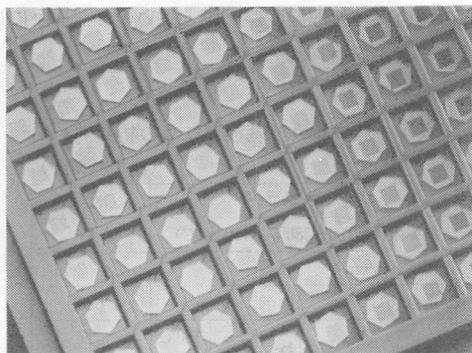
バーガラスの材質には、膨張係数がアルミナに近く、またアルカリ溶出量の小さいホウケイ酸ガラスが用いられている。

## 2.2 レーザーダイオード用窓ガラス

コンパクトディスク (CD) やビデオディスク (VD) では表面に記録された微小なピットにレーザー光を照射して反射光を検出し、電気信号に変換される。

レーザーダイオード (LD) は、半導体チップをマウントした金属ステムに窓のついたキャップが溶接されている。LD用窓ガラスは、コバルト (Kovar) 金属と膨張係数が近似したホウケイ酸ガラスの薄板 (厚さ0.2mm) が用いられる。ガラスの表面には無反射処理が施され、特定の波長のレーザー光に対して99%以上の透過率を示す。

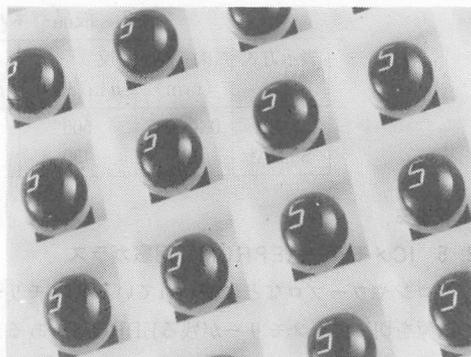
写3は六角形に加工されたLD用窓ガラスである。内径3~9mmのメタルキャップ・フレームとガラスとの封着は、複合はんだガラス<sup>4)</sup>で行なわれている。



写3 レーザーダイオード用窓ガラス  
(無反射処理品)

## 2.3 光通信用精密マイクロ球レンズ

光学ガラスを研削、研磨して直径0.5~5.0mmに精密加工した球レンズが、光通信用や家電製品のバーコードリーダー用に用いられている(写4)。とくに光通



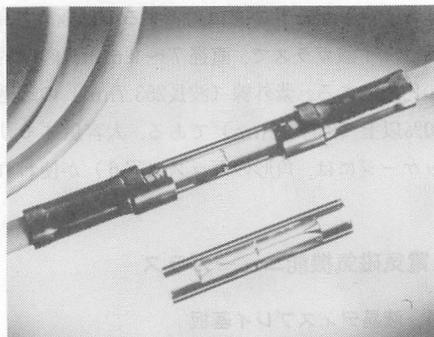
写4 光通信用精密マイクロ球レンズ  
(直径0.5~5mm)

信用の精度は、真球度が1 μm以下、真径の相互差が6 μm以下、表面粗さは100 Å以下で仕上げられている。

マイクロ球レンズをセラミック基板上に接着して部品化したもの、さらに無反射膜コーティングを施したものなども開発されている。

## 2.4 光ファイバー簡易スプライス

米国では、オフィス、工場、空港などの通信網で、急速に光ファイバー化が進んでいる。幹線の光ファイバーは融着法で接続されるが、支線では高信頼性の簡易スプライス (永久接続器) が必要である。この目的に対して、ガラスの精密毛細管を利用したものがあ



写5 光ファイバー簡易スプライス  
(外径4mm、長さ20mmのガラス管内に  
内径126 μmの毛細管が固定されている。)

写5は、外径4mm、長さ20mmのガラス保護管の中に、内径126 μmの毛細管が固定されている。接続する二本の光ファイバーを毛細管内の感光性接着剤とともに突き合わせ、ガラス保護管の外から紫外線を照射して接着剤を硬化させる。接続損失は平均0.1dB以下。適切な接着剤を用いることにより、-40~80°Cの熱サイクル試験における接続損失の変動幅も0.1dB以

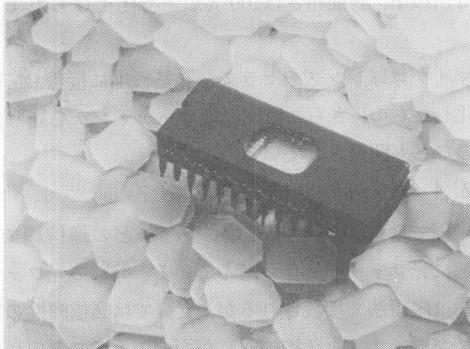
表3 液晶パネル用薄板ガラスの寸法例

表示方式	肉厚 (mm)	反り ( $\mu\text{m}/30\text{cm}$ )	平坦度 ( $\mu\text{m}/10\text{cm}$ )	うねり ( $\mu\text{m}/2\text{cm}$ )	用途
TN型	0.3~0.5	500	50	0.3~1.0	腕時計, カード電卓
STN型	0.7	450	30	0.03	ワープロ, パソコン

下に収まる。

### 2.5 ICメモリー (EPROM) 用窓ガラス

パソコンやワープロなどに使われているICメモリーに、電源を切ってもメモリーが残るEPROMがある。アルミナセラミックのパッケージの窓を通して紫外線を照射すると、ICのメモリーセルに蓄積された電荷が放出される。メモリーを消去したEPROMには、新しいメモリーを電氣的に書き込むことができる。



写6 ICメモリー (EPROM) 用紫外線透過ガラス

アルミナパッケージの窓に封着するのは極めて高精度のホウケイ酸ガラスで、直径7~9mm、肉厚約1mmの円板である。紫外線(波長253.7nm)の透過率は、80%以上(肉厚1mm)である。大容量メモリーのパッケージには、角形のガラス(写6)が使われている。

## 3. 電気磁気機能ニューガラス

### 3.1 液晶ディスプレイ基板

透明導電膜の電極をつけた2枚の薄板ガラスを数 $\mu\text{m}$ の間隔で対向させ、周辺を樹脂シールして液晶を封入したものが液晶パネルである。液晶パネルはTN型がまず定着し、腕時計、電卓、計器表示などに用いられてきた。最近ではコントラストが格段に改善されたSTN型の液晶パネルが開発され、ラップトップ型ワープロの表示に用いられている。

TN型は液晶分子を90度に振って表示するのに対し、STN型では200~240度に振り、液晶の複屈折作用による干渉色を利用して表示する。STN型パネルの表示は黄緑色に濃紺、または青色に白であるが、もう一

枚のSTN液晶パネルを重ねて白地に黒の表示をするホワイトモード化が進んでいる。

表3にTNおよびSTN液晶パネル用薄板ガラスの表面精度の例を示す。STN液晶パネル用のうねり(2cm当り)は $0.03\mu\text{m}$ で、TN用に比べて1/10以下の値である。つまり液晶パネルのギャップ精度の点で、STN型はTN型の10倍以上厳しい。薄板ガラスの製法には、スロット・ダウンドロー法、フュージョン法、リドロー法、またはフロート法などが開発されている。しかし、STN規格の薄板ガラスは、いずれの方法でも研磨仕上げが必要である。

### 3.2 イメージセンサー基板

イメージセンサー、TFT(薄膜トランジスタ)カラー液晶テレビ、およびEL(エレクトロルミネッセンス)ディスプレイの基板には、無アルカリガラスが使われている。

無アルカリガラスには、一般にアルミノケイ酸塩ガラス<sup>5)</sup>が用いられる。表4に無アルカリガラス基板の特性例を示す。このガラスは歪点( $10^{14.5}$ ボイズになる温度)が高く、アモルファスシリコンなどを形成させる高温でガラス基板の変形収縮が小さく、半導体工程で用いる処理液に安定である。p-Siカラー液晶テレビの場合には処理温度が一段と高いので、基板には石英ガラスが用いられている。

表4 無アルカリ基板ガラスの特性例

(日本電気硝子)

特性/ガラスコード	OA-2
熱膨張係数(30~380°C, $\times 10^{-7}/\text{°C}$ )	47
密度( $\text{g}/\text{cm}^3$ )	2.76
歪点(°C)	630
体積抵抗 $\text{Log } \rho(\Omega\text{-cm})$	150°C
	250°C
誘電率 $\epsilon$ 1Hz, 常温	6.3
$\tan \delta (\times 10^{-4})$ 1Hz, 常温	10
屈折率( $n_D$ )	1.54
透過率(肉厚1.1mm)(%)	91
耐薬品性10% $\text{H}_2\text{SO}_4$ (80°C, 3hrs)	表面変質なし
アルカリ酸化物含有量(wt.%)	0.1以下

表5 パシベーションガラスの特性例 (日本電気硝子)

特性/ガラスコード		GP-190	GP-330	GP-030	GP-051
組成系		PbO・SiO <sub>2</sub>	PbO・B <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ・SiO <sub>2</sub>	ZnO・B <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ・SiO <sub>2</sub>	
熱膨張係数(×10 <sup>-7</sup> /°C)		43.5	46.0	44.0	30.0
軟移点 (°C)		625	475	535	560
流動点 (°C)		805	640	665	635
アルカリ含有量 (ppm)	Na <sub>2</sub> O	≤50	≤30	≤20	≤20
	K <sub>2</sub> O	≤30	≤10	≤10	≤10
	Li <sub>2</sub> O	≤10	≤10	≤5	≤5
粒度 (μm)	D <sub>50</sub>	2.0	7.5	16.0	16.0
	D <sub>max</sub>	25.0	44.0	44.0	44.0
最高接合部温度 (°C)		150	150	175	175
逆耐圧レベル		高圧	低圧	高圧	高圧
表面電荷密度(×10 <sup>11</sup> /cm <sup>2</sup> )		15~16	2~3	6~7	6~7

3.3 パシベーション用ガラス

半導体チップでは、表面に露出したPN接合部を雰囲気の影響から保護し、表面電荷の分布状態を固定化させる膜がつけられている。これがパシベーションとよばれるもので、半導体チップの電気特性安定化に不可欠のものである。

低電圧で作動するシリコンチップのパシベーションは、シリコン樹脂などの有機膜や、シリカ (SiO<sub>2</sub>) などの無機膜で行なわれる。一方、高電圧が印加されるパワートランジスター、サイリスター、およびダイオードなどパワーデバイスでは、ガラスによるパシベーションが行なわれる。

図-1にダイオードチップの断面図を示す。チップの大きさは1~5mm角で、厚さは0.25mmである。

シリコンチップの上下面に電極がつけられ、周囲の溝(メサ溝)には厚さ20~80μmの特殊なガラス膜が焼きつけられている。すなわち、ガラス微粉末を電気泳動法やフォトスピン法などでシリコン表面につけて焼成したものである。

このガラスの品質は、主に焼付けた半導体デバイスの逆耐圧と最高接合部温度で評価される。ダイオードは、電流を一方には容易に流すが逆方向には非常に流しにくい。逆方向に印加する電圧を高めていくと、ある値で電流が急増しデバイスは破壊される。この値が逆耐圧である。また半導体デバイスに逆耐圧の80%

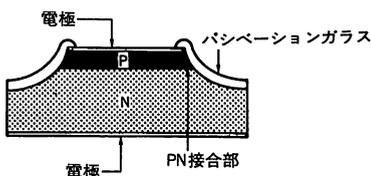


図-1 パワーダイオード断面図

相当の直流電圧を印加し、175°Cまでの設定温度で千時間を保持する。リーク電流が増加しない設定温度の上限が最高接合部温度である。

表5にパシベーションガラスの特性例を示す。鉛系ガラス (PbO・SiO<sub>2</sub>, PbO・B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>・SiO<sub>2</sub>) は耐酸性が大きく、これを用いると工程が単純化できる。一方、亜鉛系ガラス (ZnO・B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>・SiO<sub>2</sub>) は耐酸性が弱く、その使用には複雑な工程を要するが、高信頼性デバイスがつけると評価されている。パシベーションガラスはPN接合部を被覆することにより、半導体表面の電荷密度や電荷分布をコントロールする機能をもっている。

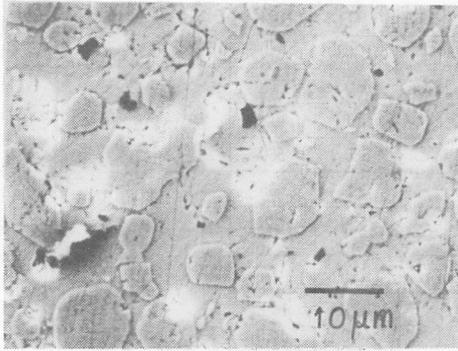
4. 熱・機械機能ニューガラス

4.1 ICパッケージ封着用ガラス

ICパッケージの9割はプラスチックであるが、高信頼性用途にはアルミナのパッケージが用いられており、写4のEPROMもその例である。ICチップは熱に弱いので、アルミナパッケージの封着は低温(450~400°C)で、低融点粉末ガラスを用いて行なわれる。

まず、アルミナのベースとキャップの封着面に低融点ガラスをスクリーン印刷で塗布し、仮焼結する。ICチップをベース中央の凹部に接着し、配線したのちキャップをかぶせて焼成炉を通す。リード線をメッキしてICデバイスが完成する。

ICパッケージ封着用ガラスには、鉛ほう酸ガラスの粉末と、低膨張性セラミックの粉末を均一にブレンドした複合はんだガラス (composite solder glass) が用いられる。鉛ほう酸ガラスは約370°Cで軟化流動するが、熱膨張係数はアルミナの70×10<sup>-7</sup>/°Cに比べ5割以上も大きい。膨張係数をアルミナに合致させる



写7 複合はんだガラス封着部SEM像

ために、熱膨張係数がマイナス、または極めて小さいセラミック粉末をフィラーとして混合したものが複合はんだガラスである。写7はこのガラスによる封着部のSEM像で球状のセラミックフィラーが特徴的である。

この数年間にICチップの集積度が一段と増大し、封着温度と誘電率の低下、および封着強度の向上が要求されてきた。これに対して複合はんだガラスの封着温度は450から410°Cへ、誘電率は33.0から11.8へそれぞれ低下したものが開発された。また、270°Cの半田に数回ディップしても気密リークを起さない封着強度が達成された<sup>6)</sup>。

#### 4.2 厚膜IC基板用ガラス

アルミナ基板の上に立体回路（通常は2層回路）をつくり、個別部品をマウントしたものはハイブリッドICとよばれている。アルミナ基板上に導体ペーストと抵抗抗ペーストで回路をつくり、その上に絶縁グレーズ用ペーストをスクリーン印刷して焼成する。これを繰返すことにより、2層またはそれ以上の立体回路が作られる。

絶縁グレーズ用ペーストには、結晶性の粉末ガラスが用いられる。回路上に印刷されたガラスペーストを乾燥後850°Cで焼成する。まず、軟化流動が起り、やがてガラスから結晶が析出して流動性が消失する。厚さ40μmの絶縁グレーズ層（クロスオーバー層）は、ピンホールがなく、電気絶縁性が高く、繰返し焼成されても軟化変形しないことが重要である。

最上層の回路は、オーバーグレース用ペーストでコートされ焼成される。軟化温度の低い鉛ホウケイ酸ガラスは、510°Cの焼成でピンホールのない耐湿性の良好なグレーズ層を形成している。

#### 4.3 プリント配線板用ファイバーガラス

電気絶縁性の無アルカリガラスにEガラスを(Elec-

trical glassの略)があり<sup>5)</sup>、Eガラス溶融紡糸したガラス繊維の一種にヤーン(撚糸)がある。ヤーンは直径数μmのモノフィラメントを数百本集束したものに一方の撚りをかけたものである。

ヤーンを用いて織られたヤーン・クロスにエポキシ樹脂を含浸させ、数枚を重ねて熱プレスした製品にプリント配線板がある。ワープロやパソコンなどに用いられるボードコンピュータのプリント配線板は厚さ1.5mmであるが、これは数層のヤーン・クロスとエポキシ樹脂で構成されている。

ヤーン・クロスはエポキシ樹脂を複合強化して、回路基板の1)寸法安定性、2)機械的安定性、3)耐熱性、4)耐熱性、および5)誘電正接( $\tan \delta$ )を著しく向上させている。

最近、プリント配線板用ファイバーガラスとして、誘電率が低く、 $\tan \delta$ の小さいものが求められるようになった。これは高速演算回路のための「低誘電率多層プリント配線板」、およびマイクロ波通信回路のための「低誘電損失両面プリント配線板」が必要になったからである。このために、Eガラスの誘電率6.7に対して4.2、 $\tan \delta$  ( $\times 10^{-4}$ )が15に対して8、のDガラス(Dielectric glassの略)ヤーンが開発され、これを用いたプリント配線板の実用化が進行している。Dガラスは $R_2O \cdot B_2O_3 \cdot SiO_2$ 系(Rはアルカリ元素)のホウケイ酸ガラスである。

## 5. あとがき

すでに実用化している「電子材料としてのニューガラス」を、なるべく多くの機能について紹介するように努めた。これらの例からわかるように、電子用ガラスには、薄板、球、管、毛細管、粉末、ファイバーなど、考える形状がほとんど利用されているのが特色といえる。今後も、電子部品の小型化、高信頼化のために、ガラスの新しい用途、ニューアプリケーションの増大が期待される。

## 参考文献

- 1) 作花済夫；ニューガラス，日刊工業新聞（1987）
- 2) 和田正道；ガラスの事典（作花済夫編），朝倉書店（1985）22頁
- 3) 酒巻 久；他，日経エレクトロニクス，207，1987年11月16日（No434），日経BP社
- 4) 和田正道・松浦一郎；ガラスの事典（作花済夫編）朝倉書店（1985）134頁
- 5) 和田正道・山本 茂；同上，29頁
- 6) 電子部品用ガラス（5版）（1988）日本電子硝子