

# 高信頼性半導体パッケージ用基板材料

## High Reliability Substrate Material for IC Packages

米本 神夫\* · 元部 英次\* · 高田 俊治\*  
 Tatuo Yonemoto Hidetugu Motobe Toshiharu Takata

半導体パッケージ用基板材料において、耐熱性および耐吸湿性に優れた樹脂の開発とフィラーの高充填技術開発によって、高信頼性でかつ高耐熱性の基板材料を実現した。この材料は、従来の材料に比較して曲げ弾性係数が高く、熱膨張率も低いことから反りも低減でき、今後の半導体パッケージに強く要求されるファインピッチ化、薄物化、ハロゲンフリー化および鉛フリー化に対して非常に有用な材料である。

IC package substrate material with high reliability and high heat resistance has been achieved by developing a resin with excellent heat resistance and moisture absorption properties combined with the development of a high-density filler impregnation technology. Compared with conventional material, this material can reduce warpage thanks to its high flexural modulus and low thermal coefficient of expansion, and is expected to be highly useful for fine-pitch circuit patterns, thinner profile, halogen-free material and lead-free soldering required for future packages.

### 1. ま え が き

携帯電話やPCを始めとする最近の電子機器の小型化や高機能化には目を見張るものがある。それらの進歩を支えているものは、半導体とその周辺材料の技術である。

一方、地球規模で環境意識が高まり、企業においても環境負荷低減への取組みが重要になっている<sup>1)</sup>。欧州では、WEEE (Waste Electrical and Electronic Equipment) やRoHS (Restriction on Hazardous Substances) の指令により、2種類のハロゲン系難燃剤 (PBB, PBDE) が規制の対象となった。現時点では、プリント配線板材料に使用されているハロゲン系難燃剤 TBBA (テトラプロモビスフェノール A) は規制の対象には該当しないが、顧客によってはハロゲン系難燃剤を用いた配線板材料の使用を禁止しているところもあることから、環境にも配慮した材料開発が必須となっている。

本稿では、半導体チップとマザーボードをつなぐインタポーザとなる半導体パッケージ (PKG) 用基板材料の最近の当社の開発状況について報告する。

CSP (Chip Scale Package) は主に携帯電話等のモバイル機器に使用される。これに要求される仕様動向を表1に示す<sup>2)</sup>。これからわかるように、機器の軽薄短小化への要

表1 携帯電話用パッケージへの要求仕様動向

時期	2006年	2008年	2010年
最小ピッチ (mm)	0.4~0.5	0.4	0.3
最大ピン数	675	675	675
最小取付高さ (mm) (複数チップ含む)	0.9~1.4	0.8~1.2	0.5~0.8

求を反映して、ファインピッチ化や薄型化が進んでいくものと考えられる。

薄型化については図1に示すSiP (System in Package) やPoP (Package on Package) などの形態からも要求がきびしくなるものと考えられる。材料としては、高い絶縁信頼性と反りの低減が求められる。また、環境調和型の材料として、材料自身がハロゲンフリーであることや鉛フリーはんだに対応できる耐熱性を有していることなども要求される。

またFC (Flip Chip) - BGA (Ball Grid Array), LGA (Land Grid Array), PGA (Pin Grid Array) は、主にパーソナルコンピュータのMPU (Micro Processing Unit) やGPU (Graphics Processing Unit), チップセットに用いられる。これらに要求される仕様動向を表2に示す<sup>2)</sup>。特性としてはとくに反りの低減が要求される。材料にも同様に反りの低減が要求され、物性としては高温時の弾性率の向

\* 電子材料本部 電子基材事業部 Circuit Board Materials Division, Electronic Materials Business Unit

上や低熱膨張率が要求される。また、この用途に対しても前項の CSP と同じく、ハロゲンフリーであることや鉛フリーはんだに対応できることが要求される。

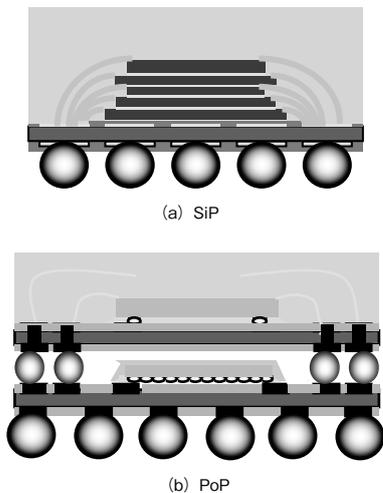


図1 パッケージの形態

表2 FC-BGA, LGA, PGA への要求仕様動向

時期	2006年	2008年	2010年	2012年
最大ピン数	2200	2600	3000	3400
最小ピッチ (mm)	1.0	0.8	0.8	0.8
反り (RT→260℃) (mm)	0.20	0.17	0.17	0.17
最小取付高さ (mm)	1.7	1.7	1.4	1.4

## 2. 開発目標

ハロゲンフリーの半導体パッケージ用基板材料である「R-1515B」と「R-1515S」の開発目標を以下に示す。

- (1) 高絶縁信頼性への対応
  - (a) スルーホール壁間 80 μm の絶縁信頼性を確保。
- (2) 反り低減への対応
  - (a) 高いガラス転移温度を確保。
  - (b) 高温時での高い曲げ弾性係数を保持。
  - (c) 低熱膨張率を保有。
- (3) 環境調和型材料への対応
  - (a) ハロゲン化合物、アンチモン化合物を使用せずに難燃性 UL94V-0 を達成。
  - (b) 鉛フリーはんだ実装工程に対応可能な耐熱性を確保。

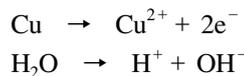
なお、この両材料は色調以外は同一である。「R-1515B」は黒色で主に CSP 市場の分野で、「R-1515S」はナチュラル色で主に FC タイプのパッケージに使用されることをねらって開発した材料である。

### 2.1 高絶縁信頼性への対応

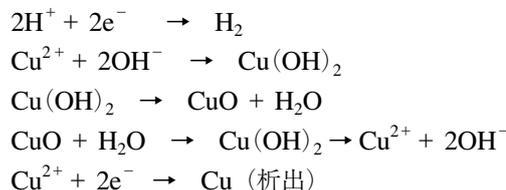
ファインピッチ化が進むことにより、配線ルールが従来より厳しくなり、結果としてマイグレーションによる絶縁劣化などが問題となってくる。以下にマイグレーションの

発生メカニズムを化学式で示す<sup>3)</sup>。

陽極



陰極



溶出した金属イオンは、酸化と還元を繰り返しながら金属の水酸化物や酸化物を経て金属として析出する過程を反復して移動する。

マイグレーションを抑制するには、イオンを形成する水を低減するか、あるいは電極金属の溶解、移動、析出の過程を抑制することが考えられる。これらの対策としては以下の方法が一般的である。

- (1) 低吸湿樹脂による吸湿の抑制。
- (2) 樹脂中の不純イオンの低減による金属イオン溶出の抑制。
- (3) 金属イオンを捕捉する物質による移動、析出の抑制。

筆者らは、低吸湿樹脂骨格の導入による材料の低吸湿化と金属イオンを捕捉する樹脂の導入により、優れた絶縁信頼性をもつ基板材料を開発した。

開発した「R-1515S」と「R-1515B」における 80 μm のスルーホール壁間絶縁信頼性評価結果を図2、図3に示す。

これらは、130℃、85%RHの試験槽内で、DC 3.3Vの電圧を連続的に印加しながら絶縁抵抗を測定するもので、きわめて厳しい条件で評価したものである。評価結果はいずれの材料についても400時間経過時の絶縁劣化がほとんどなく、非常に優れた絶縁信頼性を有することがわかる。

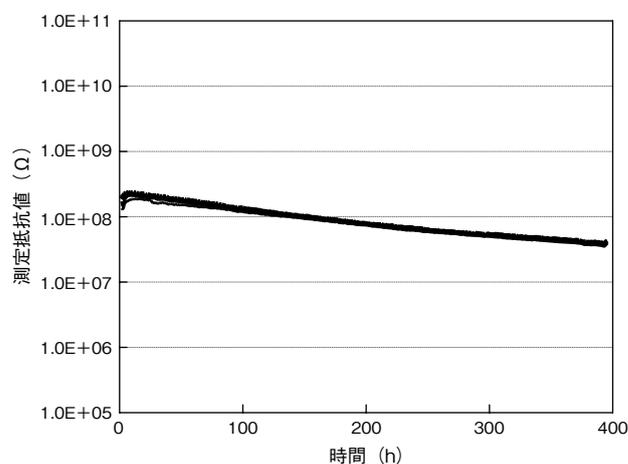


図2 「R-1515S」のスルーホール壁間絶縁信頼性

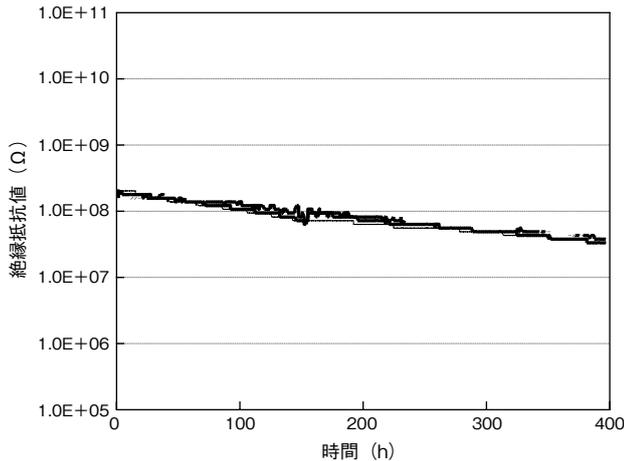


図3 「R-1515B」のスルーホール壁間絶縁信頼性

## 2.2 反り低減への対応

一般的に、曲げ弾性係数を上げることにより反りは低減する傾向にある。筆者らはとくに高温時の曲げ弾性係数に注目し、これを高めるために高いガラス転移温度となる樹脂配合を行うとともに、樹脂中へのフィラーの均一高充填化を実現した。

図4に各温度における曲げ弾性係数を示す。開発した「R-1515S」は各温度において従来品である「R-5715S」より曲げ弾性係数が高いことがわかる。

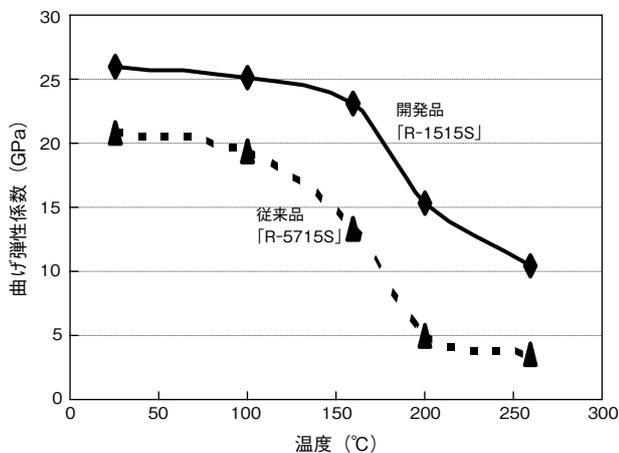


図4 曲げ弾性係数の温度特性

フィラーの高充填化は同時に低熱膨張化にも寄与する。基材の熱膨張率を低くすることは、高温時に発生するチップとの膨張差を小さくし、反りの原因となる歪の発生を少なくすることができる。従来品との熱膨張率の比較を表3に示す。開発した「R-1515S」は「R-5715S」より  $2 \sim 3 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$  低いことがわかる。

表3 熱膨張率 ( $T_g$ 以下)

	熱膨張率 ( $10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ )	
	x	y
開発品「R-1515S」	12	12
従来品「R-5715S」	14	15

実際の「R-1515B」の反りの評価結果を図5に示す。これは基板にチップを実装し、さらにモールド樹脂を硬化させた後にパッケージの反りをモアレにより評価した結果である。従来品と比較して、反りが低減していることがわかる。

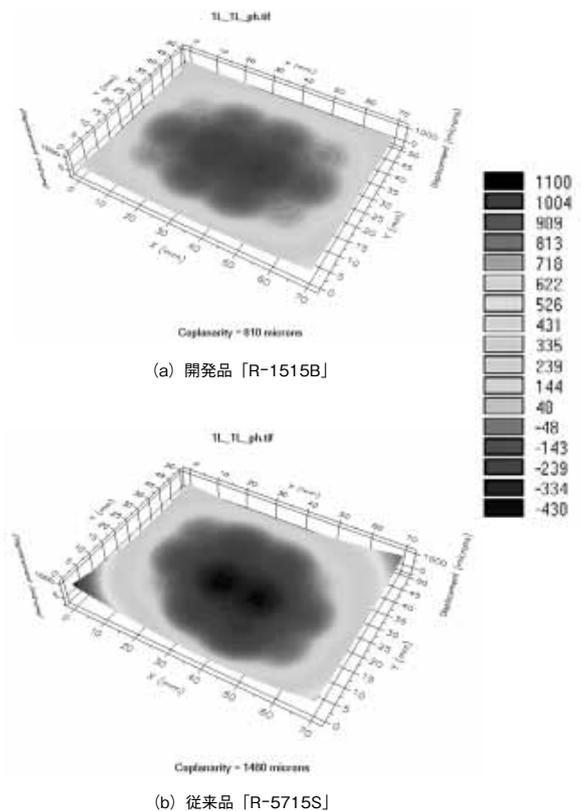


図5 モアレによる反り評価結果

## 2.3 環境調和型材料への対応

表4に「R-1515B」の分析結果(塩素, 臭素)を示す。

表4 「R-1515B」の元素分析結果

	開発品「R-1515B」	一般FR-4「R-1766」
臭素含有率	検出限界以下	7.5 wt%
塩素含有率	0.027 wt%	0.04 wt%

日本電子回路工業会の定義では塩素, 臭素ともに0.09 wt%以下, 合計で0.15 wt%以下の材料をハロゲンフリー材と規定しているが, この分析結果から「R-1515B」はハロゲンフリーであるといえる。なお, 「R-1515S」も同様の結果を示している。

また環境調和型材料の観点から, ハロゲンフリーと同

様に大きな課題として鉛フリーはんだ対応が挙げられる。一般的に鉛フリーはんだは融点が高いため、実装時のリフロー温度を高くする必要がある<sup>4)</sup>。その際、材料には従来品より高い耐熱性が要求される。図6に耐熱性試験(T-288)の結果を示す。

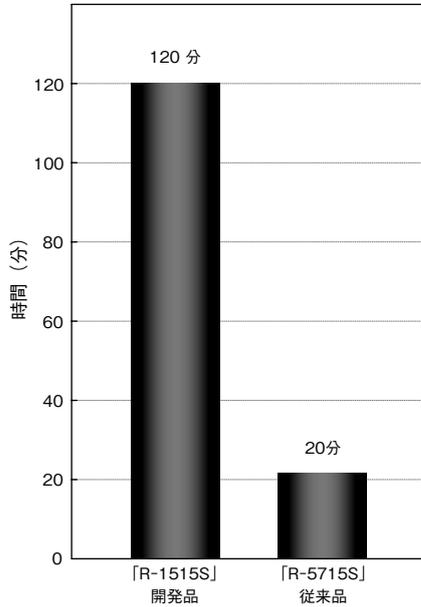


図6 耐熱性試験 (T-288)

本試験はIPC TM650で定められた試験法でTMA (Thermal Mechanical Analysis) を用い、基材を288℃に保持して熱による剥離が生じるまでの時間を測定するものである。この図から、「R-1515S」は従来材に比べ、6倍以上に耐熱性が向上していることがわかる。

「R-1515B」および「R-1515S」の一般特性を表5に示す。特徴としては、①ガラス転移温度が高い、②平面方向の熱膨張率が低い、③室温から高温にわたって弾性率が高いなどが挙げられる。その他の特性についても汎用材料である「R-1566」と比較して大きな差異はみられない。

### 3. あとがき

半導体パッケージ用基板材料において、耐熱性および耐吸湿性に優れた新規な樹脂の開発とフィラーの高充填技術開発によって、高信頼性でかつ高耐熱性の基板材料を実現した。この材料は、従来の材料に比較して曲げ弾性係数や熱膨張率にも優れていることから反りも低減でき、本材料は、今後の半導体パッケージに強く要求されるファインピッチ化、薄物化、ハロゲンフリー化および鉛フリー化に対して、非常に有用な材料である。

今後も電子機器は高機能化、軽薄短小化が進むものと予想される。それを実現するために、材料への要求はますます

表5 「R-1515B」, 「R-1515S」の一般特性

特性項目	測定方法	測定条件	単位	開発品「R-1515B」	開発品「R-1515S」	汎用材料「R-1566」
ガラス転移温度	TMA		℃	180	180	145
	DMA		℃	205	205	180
熱膨張率 (x方向)	TMA	40~150℃	10 <sup>-6</sup> /℃	12	12	12
熱膨張率 (y方向)		40~150℃	10 <sup>-6</sup> /℃	12	12	14
熱膨張率 (z方向)		40~150℃	10 <sup>-6</sup> /℃	30	30	40
		200~280℃	10 <sup>-6</sup> /℃	140	140	180
曲げ弾性係数	JIS K6911	20℃	GPa	27	27	22
		60℃	GPa	26	26	22
		100℃	GPa	25.5	25.5	20.5
		160℃	GPa	22.5	22.5	12.1 (150℃)
		200℃	GPa	14.5	14.5	7.4
		260℃	GPa	10.5	10.5	6.2 (250℃)
曲げ強度	JIS C6481	常態	MPa	470	470	520
銅箔ピール強度	JIS C6481	常態 18 μm銅箔	kN/m	1.2	1.2	1.5
比誘電率	JIS C6481	1 MHz		5.2	5.2	4.9
	IPC TM650 2.5.5.9	1 GHz		4.8	4.8	4.6
誘電正接	JIS C6481	1 MHz		0.012	0.012	0.01
	IPC TM650 2.5.5.9	1 GHz		0.011	0.011	0.01
体積抵抗率	JIS C6481	常態	MΩ·m	6.5×10 <sup>8</sup>	6.5×10 <sup>8</sup>	5×10 <sup>7</sup>
表面抵抗		常態	MΩ	2.9×10 <sup>8</sup>	2.9×10 <sup>8</sup>	5×10 <sup>8</sup>
熱伝導率	Laserflash	常態	W/mK	0.64	0.64	0.64
難燃性	UL94	常態		94V-0	94V-0	94V-0

すきびしくなるものと思われる。筆者らはその要求に応える材料の開発により、世の中に貢献していきたいと考える。

#### \*参考文献

---

- 1) 環境調和型実装技術委員会：環境調和型実装技術に関する現状と展望，エレクトロニクス実装学会誌，Vol. 11, No. 1, p. 35-42 (2008)
- 2) 電子情報技術産業協会：2007年度版 日本実装技術ロードマップ
- 3) 大島 利行：プリント配線板の絶縁劣化要因としてのイオンマイグレーション，回路実装学会誌，Vol. 10, No. 2, p. 80-86 (1995)
- 4) 西村 哲郎：鉛フリーはんだ問題点と実用化状況，実装技術，p. 26-29 (2004.8)

#### ◆執筆者紹介

---



米本 神夫  
電子基材事業部



元部 英次  
電子基材事業部



高田 俊治  
電子基材事業部