

最先端LSI向け応力緩和性基板材料

Stress Relaxation Substrate Material for Advanced LSI Packages

柏原 圭子*
Keiko Kashihara

渡邊 李歩子*
Rihoko Watanabe

携帯端末用途のアプリケーションプロセッサに代表される大型の最先端LSIにおいて、その薄型化に伴ってパッケージの反(そ)りが課題となっている。そこで低弾性かつ応力を緩和する効果のある樹脂を基板材料に適用し、半導体チップと基板の間に発生する応力を緩和することでパッケージ反りを50%低減するとともに接続信頼性の向上を実現した。

Advanced LSI Packages for large device size, such as application processors used in mobile phones and personal digital assistants, are prone to warping as they become thinner. The authors have developed a stress relaxation material. It was confirmed that warpage of the package has reduced by 50%, and the connection reliability has improved.

1. パッケージ反(そ)りの課題と低減手法

近年の携帯端末の薄型化により、搭載される電子部品も薄型化が進んでいる。アプリケーションプロセッサに代表される大型のパッケージは、その薄型化に伴って反りが増大し、半導体チップを電子回路基板に実装する際や半導体パッケージを二次実装する際の電気接続性、実装後の接続信頼性における不具合が課題となっている。

パッケージは、半導体チップとそれを実装する回路基板、半導体チップを保護するための封止材からなっており、パッケージの反りを低減することができる回路基板用の基板材料が求められている。反りはパッケージが熱履歴を受けた際、構成する材料の線膨張率の違いにより熱応力が発生するために起こる。

第1図に示した計算式(1)は、異種材料を貼り合わせた場合の反り δ を算出する式で、パッケージ反りのシミュレーションによく用いられている。この式から、構成する材料の厚さが薄くなるとともに反りが大きくなり、異種材料の線膨張率の差を小さくすれば反りは小さくなることわかる[1]。

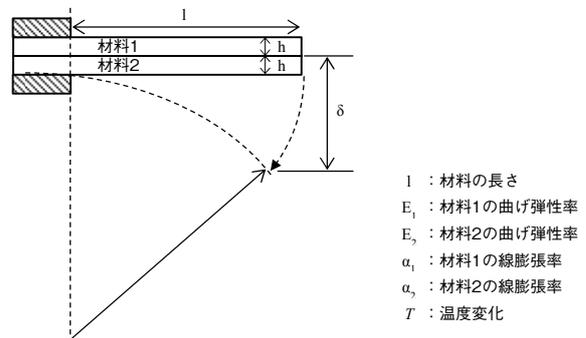
ここで、半導体チップのシリコンウェハの線膨張率は3 ppm/°Cであり、一般的な基板材料の線膨張率の10 ppm/°C ~ 20 ppm/°Cよりも小さい。

このため、パッケージの反りを抑制する従来の開発方向として、基板材料を低線膨張かつ高弾性にすることが進められてきた[2]。

筆者らは、(1)式の弾性率の項に着目し、基板材料を低弾性にすること、基板材料が発生する応力を緩和す

ることにより、パッケージ反りの低減が可能と考え、低弾性かつ応力緩和性を有する樹脂を用いた基板材料を開発した[3]。

$$\delta = \frac{l^2(\alpha_1 - \alpha_2)T}{h} \cdot \frac{6E_1E_2}{(E_1 + E_2)^2 + 12E_1E_2} \dots\dots (1)$$



第1図 異種材料を貼り合わせた場合の反り
Fig. 1 Deflection of composite material

2. 応力緩和性基板材料の開発

2.1 基板特性

今回開発した開発材と従来材の基板の特性を第1表に示す。

第1表 基板特性
Table 1 Material properties

	開発材	従来材
ガラス転移点温度 [°C]	290	260
線膨張率 [ppm/°C]	6	2
曲げ弾性率 [GPa]	12	30
応力緩和率 [%]	10	0
復元率 [%]	99.95	100

* オートモーティブ&インダストリアルシステムズ社
電子材料事業部
Electronic Materials Business Div.,
Automotive & Industrial Systems Company

開発に当たって、従来から反りのパラメータとされてきた線膨張率や弾性率に加えて、応力緩和率を評価した。

応力緩和、復元性の評価はパッケージの反りから想定したひずみを与えた後、応力緩和のため一定時間保持し、与えたひずみを元に戻すという方法を用いた。

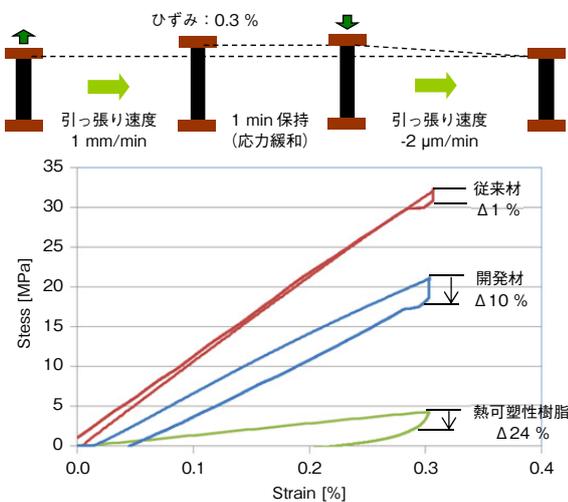
応力緩和性の樹脂を用いることで、開発材は基板材料にした場合も応力緩和性を維持していることを確認した。

2.2 応力緩和性と復元性

物体にある力を加えて変形し保持した場合に応力が減少していくことを応力緩和といい、一般に熱硬化性樹脂の応力緩和は小さい。一方、熱可塑性樹脂の場合は、塑性変形が起こり応力緩和するが、この場合の応力緩和は不可逆的であり、力を取り除いた後は残留ひずみとなる[3]。

熱膨張・収縮による応力がパッケージ反りの原因であることから、パッケージの反りを低減するには応力緩和だけでなく残留ひずみのない状態に復元する必要がある。

開発材は、伸長下での1分間という保持時間に10%の応力緩和をしながら、力を取り除いた後は残留ひずみが0.05%とほぼ元の状態まで復元する(第2図)。



第2図 基板の応力緩和・復元性
Fig. 2 Stress relaxation and restoring behavior

3. パッケージ反りの評価

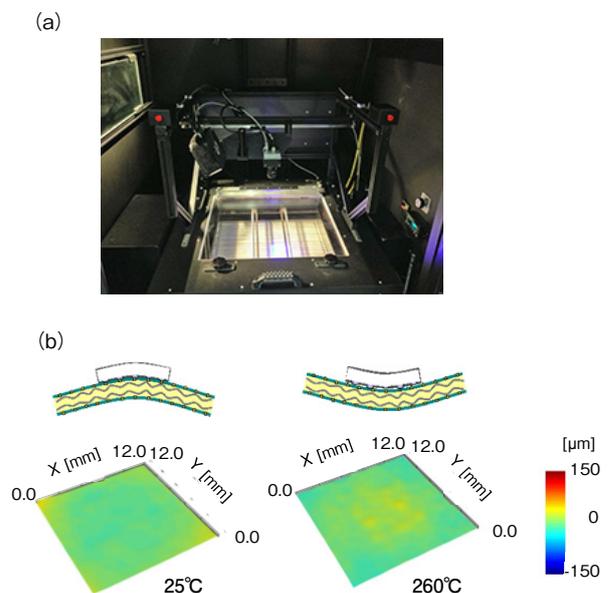
3D加熱表面形状測定装置を用い、パッケージの反りを測定した(第3図)。

今回開発した樹脂を用いて作製した0.16 mmの厚さの基板に0.16 mmおよび0.10 mmの厚さの評価用チップを実装した後、アンダーフィル材を塗布、硬化し、評価用パッケージを作製した(第4図)。

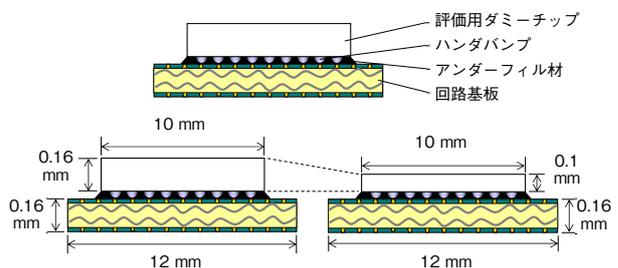
パッケージ反りは二次実装工程を想定し、室温および260℃まで昇温した際の反り量を数値化した(第5図)。

0.1 mm厚さのチップを実装した場合、開発材は反りの低減効果が顕著であり、開発材を用いることによりパッケージの低背化が可能である。

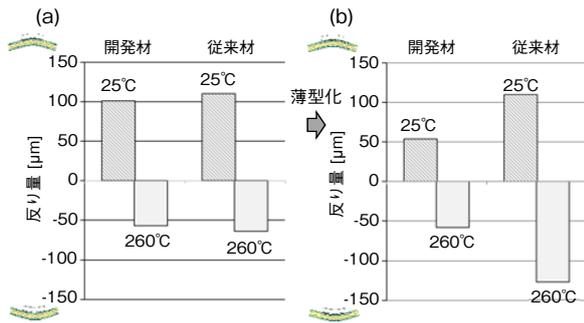
また、パッケージの温度サイクル試験では、従来材が250サイクルでチップにクラックが入っていたのに対し開発材は1000サイクル後もチップにクラックが入らず、良好な接続信頼性を示した。



第3図 (a) 3D加熱表面形状測定装置
(b) パッケージ反り測定例
Fig. 3 (a) Measurement systems for warpage by shadow moiré
(b) Image of warpage (contour figure)



第4図 評価用パッケージ
(a) チップ厚み0.16 mm, (b) チップ厚み0.10 mm
Fig. 4 Package for measuring warpage
(a) Chip thickness: 0.16 mm, (b) Chip thickness: 0.10 mm



第5図 パッケージ反り挙動

(a) チップ厚み0.16 mm, (b) チップ厚み0.10 mm

Fig. 5 Warpage of package

(a) Chip thickness: 0.16 mm, (b) Chip thickness: 0.10 mm

4. 今後の展望

本材料の開発により、反り低減に対する業界の常識であった「高弾性、低線膨張性」から、全く異なる新たな開発方向である「低弾性、応力緩和性」を提案し、その効果を実証した。

今後、さらに薄型化、多様化していくパッケージへの適用や、高信頼性を生かしアプリケーションプロセッサ以外の用途へ展開していく。

参考文献

- [1] 中原一郎, 実践 材料力学, 養賢堂, 東京, 1994, pp.91-92.
- [2] 高橋龍史 他, “薄型半導体パッケージ用低熱膨張基板材料,” パナソニック電工技報, vol.59, no.1, pp. 26-29, 2011.
- [3] 星孝 他, “応力緩和性と復元性を有する樹脂の半導体実装用基板材料への展開,” 第63回ネットワークポリマー講演討論会講演要旨集, pp. 67-68, 2013.