

論文内容要旨 (和文)

平成 14年度入学 大学院博士後期課程

工学専攻 機能材料計測学 講座

氏名 稲田 禎一



論文題目 反応誘起型相分離を用いたダイボンディングフィルムの設計と実用化に関する研究

ダイボンディングフィルムは、半導体チップ（ダイ）と基板の接着（ボンディング）に使用されるエポキシ樹脂などからなるフィルム状接着剤であり、最先端の半導体分野では必須の材料になっている。ダイボンディングフィルムに求められる必要特性は、耐熱性、応力緩和性、接着性、粘着性等があるが、従来のフィルムではこれらのすべてを満足できる材料はなく、半導体産業のネックになっていた。

本論文の著者は、この課題を解決するために、エポキシ樹脂の架橋反応をアクリルポリマーとエポキシ樹脂が微細構造を形成する場として活用することを検討した。このような系は反応誘起型相分離材料と呼ばれ、これまで、ポリエーテルスルホン/エポキシ樹脂系などが検討されているが、本論文では、応力緩和性が要求されることから、低弾性アクリルポリマーとエポキシ樹脂からなる反応誘起型相分離材料を用いて、ダイボンディングフィルムの設計と実用化を試みた。その結果、本論文の技術を用いたフィルムは上記の要求特性をいずれも満足するものであり、携帯電話やデジタルオーディオ等最先端の電子機器に標準的に使用されるに至り、世界シェアの70%程度を有するに至っている。

本論文では、ダイボンディングフィルムの設計と実用化に関して、以下の5章について報告する。

第1章 序論

研究の背景について、ダイボンディングフィルムの用途、必要特性について述べるほか、従来のダイボンディング材料についての課題を述べる。また、反応誘起型相分離材料のこれまでの技術について述べる。

第2章 アクリルポリマー/エポキシ樹脂系反応誘起型相分離材料の解析

アクリルポリマー種、エポキシ樹脂及び硬化剤の種類と物性の関係を調べた結果、アク

リルゴムとしては、アクリロニトリルを多量に含み T_g が室温付近のものが接着性が最も高いことを明らかにしたほか、硬化剤、エポキシ樹脂の SP 値が小さく、分子量が大きいものが、相分離後の未反応物が少なく、耐熱性が高いことを明らかにした。これらの現象をフローリーハギンズの式を用いて解析し、硬化初期段階から、相分離が明確になるものが耐熱が高いことを明らかにした。これらの組合せを最適化した系は、硬化前は流動性、粘着性に優れ、硬化後は接着性に優れるが、吸湿後の耐熱性が鉛フリーはんだを使用する場合には、不十分であることが分かった。

第3章 各種フィラー分散系の物性と耐熱性の関係

前章のフィルムの耐熱性を向上させるために、数 nm から数十 μm の粒径の異なるシリカフィラーを添加したフィルムを作製し、これらの耐熱性、接着性を調べた。また、硬化触媒であるイミダゾール化合物種、添加量を変更することで架橋密度を調整した各種フィルム硬化物の高温弾性率及び引裂き強度の関係を調べた。このうち、16nm フィラー添加系は、弾性率、接着性ともに、未添加系に比べて2倍以上の高い値を示した。このフィラー添加系の接着力向上効果を調べるため、高温剥離試験後の破壊面を観察した。その結果、フィラー添加系は凝集破壊面の凹凸が複雑であり、凝集破壊面に島相界面の露出がほとんど見られないことを確認した。このことから、16nm フィラー添加により海相/島相界面の補強機構が働き、その結果接着力が向上しているものと推測した。また、16nm フィラー添加系を実際の半導体パッケージにおいて試験した結果、最高レベルの耐熱性（吸湿処理後の耐熱温度 265°C）を示し、実用化に至った。

第4章 実用化に関する研究（熔融粘度、高温の弾性率の広範囲化）

上記フィルムの実用化に関しては、多種多様な半導体パッケージの形態に対応できるように流動性、高温での弾性率等を調整する必要がある。しかしながら、個々の用途に別々の原材料を使用することは、生産効率が悪化し、コストもかさむ。そこで、前章で検討したアクリルポリマー/エポキシ樹脂/シリカフィラー添加系の物性を広範囲に変更することで、対応することを試みた。その結果、耐熱性、粘着性等を維持したまま、これら原料の成分比を変更することで、熔融粘度、高温の弾性率を3桁程度変更することができ、半導体メーカーの多様な要求に、迅速に対応できるようになった。これら、樹脂系を用いたフィルムは世界的なスタンダード材料となっており、最先端の半導体分野には欠かせない材料になっている。また、さらに将来の極薄フィルムに対応するフィルムとして、フィルムの粘弾性特性を制御することにより、極薄半導体に適した破断性に優れるフィルムを初めて提案した。

第5章 総括

以上の結果をまとめると共に、将来のダイボンディング材料の必要特性、そのための要素技術についてまとめた。

論文内容要旨 (英文)

平成 14 年度入学 大学院博士後期課程

生体センシング機能工学専攻 機能材料 計測学講座

氏 名 稲田 禎一



論文題目

Material Design and Practical Use Study of Die Bonding Film for Semiconductor Packages Applied Reaction-Induced Phase Separation

Low-modulus die bonding adhesive films are useful to the CSP(Chip Size Package), which is suitable for compact electronic products with high calculating speed. In particular to cope with the wide-spreading adoption of Pb-free solders, the films are expected to have an excellent reliability through the high temperature reflow process. In this respect, novel low-modulus die bonding adhesive film applied reaction-induced phase separation was developed. As the cure reactions proceed, phase separation took place induced by the increase in the molecular weight of epoxy resin. The film, which consists of low modulus acrylic polymer and highly heat resistant epoxy resin, shows superior reflow-crack resistance of JEDEC level 1 at 265°C as well as sufficient connection reliability and PCT resistance, in the semiconductor package.

- (注) ① タイプ, ワープロ等を用いてください。12ptシングルスペース300語程度とします。
② 論文題目も英文としてください。

学位論文の審査及び最終試験の結果の要旨

平成 19 年 2 月 19 日

理工学研究科長 殿

課程博士論文審査委員会

主査 井上 隆

副査 松下 浩一

副査 倉本 憲幸



学位論文の審査及び最終試験の結果を下記のとおり報告します。

記

1. 論文申請者

専攻名 生体センシング機能工学 専攻

氏名 稲田 禎一

2. 論文題目 (外国語の場合は, その和訳を併記すること。)

.....
反応誘起型相分離を用いたダイボンディングフィルムの設計と実用化に関する研究
.....

3. 学位論文公聴会

開催日 平成 19年 1 月 24 日

場 所9-300-2講義室.....

4. 審査年月日

論文審査 平成 19年 1月 24日 ~ 平成 19年 2月 9日

最終試験 平成 19年 2月 9日

5. 学位論文の審査及び最終試験の結果 (「合格」・「不合格」で記入すること。)

(1) 学位論文審査合格.....

(2) 最終試験合格.....

6. 学位論文の審査結果の要旨 (1,200 字程度)

別紙のとおり

7. 最終試験の結果の要旨

別紙のとおり

別紙

専攻名	生体センシング機能工学	氏名	稲田 禎一
学位論文の審査結果の要旨			
<p>第1章に、研究の背景と課題が明確に記述されている。</p> <p>第2章では、エポキシ樹脂／アクリルポリマー系の相平衡を熱力学的に論じて、材料設計の指針を導出している。</p> <p>第3章では、ダイボンディングフィルムのが、ナノ寸法のフィラー添加により共存2相の界面補強を施すことによって耐熱性を向上させたこと、また世界最高レベルの耐熱性を実現させることにより実用化に至った経緯が記述されている。</p> <p>第4,5,6章では、高流動化の研究経緯、エポキシ樹脂／アクリルポリマー／シリカ三成分系で耐熱性・粘着性等を維持したままで高温弾性率を3桁程度調節する手法を樹立したこと、さらに新規なウエハダイシング方法であるステルスダイシングに適用可能なダイボンディングフィルムとして引張変形により破断が可能な新規フィルムを創製したことなどについて記述されている。</p> <p>第7章では、以上の結論を要領よくまとめている。</p> <p>また、基準を満たす数の論文発表が行われていることをリストとして示してある。 100件以上の特許も出願されている。</p> <p>以上より、本論文は、柔軟で耐熱性に優れる画期的なダイボンディングフィルムの材料設計について記されたものであるとともに、それを実用化し世界市場の大半を獲得するに至った経緯を述べたものであり、高分子工学や実装工学に寄与すること大であるので、合格と判定した。</p>			
最終試験の結果の要旨			
<p>本論文が関係する基礎科目についての知識や、専門内容、特に、破断性の良いフィルムの設計とフィラーの役割、またアクリルポリマーの架橋点の役割についてなどの質疑応答を行った結果、物理化学や高分子工学の基礎知識を十分に持ち合わせるとともに、高分子材料の基礎から応用にいたる広範囲の知識と経験を有していることが認められたので、合格と判定した。</p>			