

Hitachi Chemical
Technical Report

Hitachi Chemical
Working On Wonders

日立化成 テクニカルレポート

第**61**号 / 2019.1



HITACHI

巻頭言

- お客様のアイデアと社会の発展を実現するトータルソリューション 4
山下 祐行 執行役常務 機能材料事業本部長

総 説

- 実装材料のトータルソリューション強化に向けた取り組み 6
高野 希 機能材料事業本部 実装材料事業部
宮崎 忠一 機能材料事業本部 実装材料事業部 パッケージングソリューションセンタ

技術レポート

- 半導体プロセスの高生産化技術 12
本田 一尊・松原 望・小川 剛 機能材料事業本部 実装材料事業部 パッケージングソリューションセンタ
- 高生産性3D積層プロセス用NCF “AK-400シリーズ” 14
佐藤 慎 開発統括本部 エレクトロニクス関連材料開発センタ 機能性保護フィルム開発部
本田 一尊 機能材料事業本部 実装材料事業部 パッケージングソリューションセンタ
- コンプレッション成形対応グラニューール封止材 16
襖田 光昭・姜 東哲・増渕 武浩 開発統括本部 エレクトロニクス関連材料開発センタ 封止材料開発部
- 感光性層間絶縁フィルム “PV series” 18
野本 周司・阿部 紀大・岡出 翔太・鈴木 慶一
開発統括本部 エレクトロニクス関連材料開発センタ 感光材料開発部
- 微細回路形成用感光性ドライフィルム “RY-5100UTシリーズ” 20
糸 壮和・藤井 徹文・賀口 陽介・黒田 絢香・大橋 武志
開発統括本部 エレクトロニクス関連材料開発センタ 感光材料開発部
- 次世代パッケージ用ハロゲンフリー、低熱膨張、低弾性多層化プリプレグ “GEA-775G” 22
島山 裕一 開発統括本部 エレクトロニクス関連材料開発センタ 積層材料開発部
- 伸縮配線材料 24
川守 崇司・正木 剛史・小川 禎宏 イノベーション推進本部 先端技術研究開発センタ 有機材料研究部
- ターボチャージャ用高耐摩耗材料 26
深江 大輔・山西 祐司 開発統括本部 自動車部品開発センタ 粉末冶金開発設計部
- 高耐湿樹脂ケース形フィルムコンデンサ “MKCP4T” 28
金子 千恵・小川 裕司 開発統括本部 電池技術開発センタ コンデンサ開発部
鈴木 謙吾 日立エーアイシー 製造本部 芳賀工場 設計部
- 非流動性潜熱蓄熱材 30
森本 剛・古川 直樹・木沢 桂子・佐野 温子・永井 晃・横田 弘
イノベーション推進本部 先端技術研究開発センタ 複合材料研究部



(背景)フロアエントランス



(右上)建屋エントランス



(左下)クリーンルーム



(右下)イエロールーム

表紙写真 パッケージングソリューションセンタ

CONTENTS

Commentary

- Initiative for a Total Solution that Realizes the Customer's Idea
and Contributes to the Development of Society 4
Hiroyuki Yamashita

Review

- Action for a Total Solution that Reinforces the Packaging Materials Business 6
Nozomu Takano · Chuichi Miyazaki

Report

- High Productivity Technology for Semiconductor Process 12
Kazutaka Honda · Nozomi Matsubara · Tsuyoshi Ogawa
- High Productive 3D Stacking Process NCF, "AK-400 series" 14
Makoto Sato · Kazutaka Honda
- Granule-Type Encapsulating Compound for Compression Molding 16
Mitsuaki Fusumada · Dongchul Kang · Takehiro Masubuchi
- Photosensitive Insulation Film, "PV series" 18
Shuji Nomoto · Norihiro Abe · Shota Okade · Yoshikazu Suzuki
- Dry Film Resists for Fine Line and Space Patterning, "RY-5100UT series" 20
Masakazu Kume · Tetsufumi Fujii · Yohsuke Kaguchi ·
Ayaka Kuroda · Takeshi Oohashi
- Halogen-Free Multilayer Material with Ultra-Low CTE
and Low Elastic Modulus, "GEA-775G" 22
Yuichi Shimayama
- Copper-Clad Stretchable and Flexible Film 24
Takashi Kawamori · Takeshi Masaki · Tadahiro Ogawa
- Sintered, Highly Wear-Resistant Material for Turbochargers 26
Daisuke Fukae · Yuji Yamanishi
- Resin-Encased, Metallized, Humidity-Resistant Film Capacitor, "MKCP4T" 28
Chie Kaneko · Yuji Ogawa · Kengo Suzuki
- Non-fluid Latent Thermal Storage Material 30
Tsuyoshi Morimoto · Naoki Furukawa · Keiko Kizawa · Atsuko Sano ·
Akira Nagai · Hiroshi Yokota



執行役常務
機能材料事業本部長

山下 祐行

お客様のアイデアと社会の発展を 実現するトータルソリューション

Initiative for a Total Solution
that Realizes the Customer's Idea and
Contributes to the Development of Society

1. 社会、市場動向の変化と期待

近年わたしたちを取り巻く世界は新たな局面を迎えています。その中心にあるのはわたしたちの日々の消費・生産活動の記録・蓄積による情報量の増大と、情報をつないで整理することで未知の問題を発見し解決できるようになっていることです。これまで成し得なかったサービスが実現し、社会に役立てられることが大いに期待されます。

現在に至るまで、わたしたちの暮らしを便利にするさまざまなサービスがパーソナルコンピュータ、携帯電話、スマートフォン等が実現してきました。その進化を支えてきた情報通信技術の高まりはますます加速化しています。そしてその適用領域は情報ネットワーク、クラウドのみならず、自動車、産業ロボット、医療分野等へと拡がり、あらゆる分野で新たなサービスが生まれようとしています。この流れはまだまだ始まりに過ぎないと考えています。

2. 日立化成の起源と新産業発展への貢献

1940年後半にベル研究所で点接触トランジスタが発明され、1950年代後半に初めて集積回路が登場すると、半導体産業は世界中で瞬く間に大きく成長し、わたしたちの暮らしを豊かにしてきました。

日立化成は、1962年に日立製作所から分離独立して、50年以上の時間が経過するわけですが、その源流製品であるモーター用絶縁ワニス、積層板、絶縁ガイシ、カーボンブラシは1912年の日立製作所創立まで遡り、そこから派生した数多くの製品の研究開発、製造を今日まで続けて現在に至っております。この歴史の中で当社は、半導体ウエハ上に回路を形成する工程で使用するCMPスラリー、回路形成したウエハを保護、固定するダイアタッチフィルムや半導体用封止材、パッケージ基板など、現在の情報通信産業を支える数多くの製品を生み出し、その中で培った材料、プロセス、評価技術は現在も半導体の高集積化、小型化に貢献しています。

3. お客様のアイデアを実現するトータルソリューション

わたしたち日立化成グループのミッションは、「時代を拓く優れた技術と製品の開発を通して社会に貢献する」ことでもあります。新たな社会の課題解決に

取り組み、社会に新たな価値を提供し続けることで、当社は持続的な成長を図っていかねばなりません。これを実現するための鍵は情報であると、わたしたちは考えます。例えば、地球規模の気候変動、市場や消費者のトレンド、グローバルな物流・交通網、従業員の健康管理と生産性等といったあらゆる情報が、社会の課題を発見し、理解するスタートであると思うのです。こうした情報を収集、管理・分析し、リスクへの備えや課題解決へと導く仕組みを構築できれば、社会の発展に企業は貢献できるはずです。現在、IoTや5Gに代表される次世代無線通信技術の発展によって、このプロセスが大きく変わり始めているのは、皆様ご承知の通りです。このような技術を広く社会に導入していくには、半導体デバイスなどのハードウェアに加え、膨大なプログラムのソフトウェアが必要となります。さらに、ハードとソフトを組み合わせ、複雑なシステムをユーザーフレンドリーにデザインし、タイムリーに優れたサービスに結びつけるかがポイントになっています。

一方、わたしたちのお客様がこうした開発に取り組む場合、個別のハードウェアの組み立てだけでなく、高度なソフトウェアやシステムの構築、優れたデザインの製品やサービスを誰よりも早く生み出すことが必要です。その結果、半導体の実装においても、開発すべき製品項目の数が増大する上、開発工程の管理が複雑になり莫大な開発予算と時間を要するようになっていきます。お客様が制約された時間や予算の中で「すぐに試したい、あんなものが欲しい、こんなことがしたい」というアイデアの種がせっかく生まれても、すぐ実行に移すことは難しいのが現実です。

当社はこのようなお客様の開発現場の実情を踏まえ、お客様が自らのアイデアを実現しようとする時に、①その課題を明確にすること、②必要な技術にアクセスできること、そして③その検討に必要な場が構築されていることが必要だと考えています。そして、お客様の開発現場での悩みに応えるべく、これまで独自に培ったプロセス、部品、材料技術に加え、優れた技術を有する企業との協創を通じて、わたしたちのトータルソリューションはあらゆる切り口で短期間に実現性の高い提案ができることをめざしています。

今回の日立化成テクニカルレポートでは以上のようなわたしたちの取り組みを具体的にご紹介し、すべてのステークホルダーの皆様に日立化成の将来の事業発展の姿を想像していただけるように工夫しています。

4. 今後の展望

繰り返しになりますが、当社は時代に先駆けた新しい価値を提供し社会の発展に貢献することが使命だと考えています。今後も日立化成グループアイデンティティである“開拓者精神”、“誠”、“和”の醸成を通じて、保有する世界中の経営資源を最適配置し、事業横断的な課題解決に向けたマネジメント、プロフェッショナルな人材の育成、企業の枠を超えた知のネットワークを構築し、社会に貢献できる企業グループとして社員一丸となって成長して参ります。

実装材料のトータルソリューション 強化に向けた取り組み

Action for a Total Solution that Reinforces the Packaging Materials Business

高野 希 *Nozomu Takano*

機能材料事業本部 実装材料事業部

宮崎 忠一 *Chuichi Miyazaki*

機能材料事業本部 実装材料事業部 パッケージングソリューションセンタ

近年の5Gに代表される情報通信システムの発達に伴い、あらゆる「モノ」がインターネットにつながるIoT(Internet of Things)時代が近づいている。一方、半導体の高密度化は限界になりつつあり、さまざまな環境下で使われる電子機器に搭載される半導体パッケージ(以下、パッケージと略する)は、三次元実装を含めてこれまで以上に複雑な構造で、かつ高い信頼性が要求されている。

このたび、2014年につくばに開設した半導体実装オープン・ラボを川崎市に移設し、新オープン・ラボとしてスタートした。新オープン・ラボは従来の材料の組み合わせ・プロセスのトータルソリューションの提案にとどまらず、本ラボを核として社外機関との協創によるオープンイノベーションを推進し、次世代のパッケージの早期実現に貢献する。ここでは新オープン・ラボでの新たな仕掛けや活動内容について紹介する。

In recent years, advances have been made with respect to information and communications systems (most notably, 5G technology), marking the coming of the era of IoT (Internet of Things), where everything is connected to the internet. At the same time, there are limitations in increasing the density of semiconductors, and the semiconductor packages mounted in electronic devices used in various environments are required to have a more complicated structure (such as three-dimensional mounting) and higher reliability.

We have relocated the open laboratory established in Tsukuba in 2014 to Kawasaki City, where it is now called the “New Open Laboratory”. At the New Open Laboratory, not only do we propose conventional total solutions for material combination and processing, but we also promote open innovation projects that center on the laboratory and that are carried out with the cooperation of other companies and organizations. Through open innovation, the laboratory accelerates the realization of next-generation semiconductor packages. In this paper, we introduce some of the new innovations and activities of the New Open Laboratory.

1 緒 言

近年のスマートフォンやタブレットPCに代表される情報端末電子機器の急激な高機能化に伴いパッケージは小型化・高密度化が急速に進んでいる。このため、その構造は面実装の高密度化にとどまらず、デバイスに貫通ビアを有する3次元化や、再配線技術により実装プロセスで高密度実装を可能としたファン・アウト型ウェハレベルパッケージ(Fan-Out Wafer Level Package: 以下FO-WLPと略す)などより複雑化しており、実装プロセスも多様化している。

一方、製品サイクルも短くなっており、このような複雑なパッケージを短期間で実現するには、新規な実装材料をタイムリーに提案することはもちろんのこと、実装プロセスや材料組み合わせを含めた顧客目線での総合的なソリューションをスピーディに提案することが重要となる。

日立化成は、世界に先駆けて1994年から半導体実装材料の評価・解析を自社で行うことを目的とした実装センタを設立し、各種実装材料の開発を促進してきた。これにより我々は半導体の前工程から後工程に関連する材料まで、その製品ラインアップを拡大している。

2014年6月に、先に述べたパッケージ構造や実装プロセスの大きな変化に対応するため、実装センタの実装・評価設備を一新し、多様な実装材料技術と実装評価・解析技術をベースに、半導体実装オープン・ラボ(以下、オープン・ラボと略す)を開設した。オープン・ラボでは、当社の新規材料を含めた各種材料ラインアップを用いて、顧客のさまざまな先端パッケージの実装・評価が可能となった。

またオープン・ラボを核として、装置メーカーやプロセス・部材メーカーとも積極的に協業し、新規な材料+プロセスの構築を

進めている。さらに、これまで蓄積した豊富な材料データベースを用いて、まだデザインベースの顧客次世代パッケージ構造に対応する各種シミュレーションを行い、最適な材料の組み合わせや顧客の生産性向上、新規投資抑制に貢献する新規プロセス提案も推進している。

2 新川崎へのオープン・ラボ拡張移転

開設以来約4年間で、延べ600社に及ぶお客さまにご来場いただき、そのスキームを活用してのトータルソリューション提案やお客さまの認定期間を短縮する活動等により約90件の新規材料認定を取得するなど実装材料事業に貢献してきた。しかしながら、特に海外からのお客さまに対する地理的利便性と、スペース制約による機能拡張性に大きな課題があり、規模を約3倍に拡大して今般神奈川県川崎市新川崎地区への移転を完了した。新オープン・ラボの特徴や概要を次に示す。



建物外観



建屋エントランス



フロアエントランス



オフィスエリア

(1) ウェハプロセス～アセンブリエリア

ウェハプロセス～アセンブリエリアには、従来のブレードダイサに加え、ディスコ社製ステルスレーザーダイサを導入。50 μm 以下の極薄ウェハの加工に対応し、デバイスウェハを用いた加工時間短縮と、クラック抑制による歩留り向上を実現することで評価の効率化を見込む。

ダイボンドプロセスにはファスフォード社製新型ダイボンダを導入した。従来比でUPH 20%向上と高速の連続実装に対応し、材料、基板に対する熱履歴など顧客量産機のプロセス環境を再現した評価が可能となる。さらに10 μm と高い位置精度、マイクロクラック検出機能を搭載しており、評価効率とともにパッケージ組立の完成度を高め、評価精度の向上を期待する。

既存設備も新機種への更新に併せ機能向上を果たした。洗浄力を強化した新型ブレードダイサの導入による加工品質向上や、パネルプロセスを想定し、600 mm×600 mmまでの大型基板に対応したダイサの導入やこれらに応じた純水循環システムの構築を行い、多様な顧客プロセスへ柔軟かつ迅速に対応していく。



ウェハプロセスエリア



アセンブリエリア

(2)先端プロセス評価エリア

近年のパッケージとして、小型薄型化の要求や短配線長による良好な高周波特性を有するFO-WLPが注目を集めている。FO-WLPには多様な工法があるが、基本的には半導体チップ上にファン・アウト用の再配線(RDL)を形成するダイ・ファースト工法、先に形成したRDL上に半導体チップを搭載するRDLファースト工法の2つに分けられる。弊社新川崎のオープン・ラボでは、いずれの多様な工法にも対応し、ウェハレベルからさらにはパネルレベル(Fan-Out Panel-Level-Package：以降FO-PLPと略す)にまで対応した試作ラインを構築している。ファン・アウト・パッケージのプロセスとしては主に、RDL形成工程、封止材モールド工程、キャリアデボンド工程、チップ搭載工程などから構成されるが、新川崎サイトではキャリア基板サイズとしては最大12インチのウェハから、最大510 mm×515 mmサイズに至るパネルまで、一連の工程が対応可能となる装置群を有し、ファン・アウト・パッケージ関連の各種材料・プロセスの評価が可能である。



先端プロセス評価エリア

RDL形成工程は、RDL絶縁材の塗布形成の液状材料塗工やフィルム材料ラミネート、感光性材料の露光・現像、シードメタルスパッタリング、めっきレジスト形成、Cu電解めっき形成、レジスト剥離・シードメタルエッチングなどの一連の工程に対応する。特に、上記大型パネルサイズに対応し最小Line/Space = 2 μ m / 2 μ mの高解像度を有するステッパ露光機(サーマプレシジョン製Sc6k)を導入し、今後のさらなる高密度化RDLへも対応した。

封止材モールド工程は、つくばサイトでの最大320 mm×320 mm基板サイズ対応から、新川崎サイトでは新規コンプレッションモールド機(TOWA製CPM1180-S)を導入し、最大510 mm×515 mmサイズまで対応可能となり、同様にスパッタリング工程も同サイズに対応する新規スパッタリング装置(ULVAC製SIV-500)を導入した。

チップ搭載工程については、フリップチップボンディング(FCB)は、つくばサイトでは基板サイズ300 mm×300 mmパネルまでは対応していたが、新川崎サイトでは最大600 mm×600 mmサイズに対応する新規PLPフリップチップボンダー(東レエンジニアリング製MD4000)、搭載精度 \pm 2 μ m、最大1,600 UPHの搭載能力を有する新規フリップチップボンダー(東レエンジニアリング製FC3000W)を導入、また、搭載精度 \pm 8 μ m、4,000 UPHの搭載能力を有するダイボンダー(FUJI製NXT-Hw)も導入、今後の大型パネル化および高精度搭載に対応した。

(3)感光性材料評価エリア(イエロールーム)

高密度化を実現する次世代パッケージング技術に必須となる微細配線形成ラインを構築するため、イエロールームエリアでは、大型基板にも対応可能なスリットコート、真空ラミネータ、および大型現像機の導入により、これまでの12インチウエハサイズから最大600 mm×600 mmのパネルサイズまでの対応を可能とした。また、新設したClass100のクリーンルーム内に、前出のサーマプレシジョン社製ステッパ露光機Sc6kを新規に導入することで、 $L/S=2/2\mu\text{m}$ の微細パターン加工を安定的に実現する見通しを得た。合わせて、大型のスパッタ装置およびめっき関連設備を導入して、種々下地上のCu配線形成を可能にした。

これらの設備を同クリーンルーム内に集約することで、感光性材料を使用した微細配線形成、ならびに次世代Cu配線めっきへの対応と、適用品材料・プロセス開発促進につながる評価ラインを構築した。



イエロールーム

(4)評価分析エリア

最先端の評価設備を新たに導入して微細領域の分析精度を向上するとともに故障解析のスピードアップを図った。200万倍まで対応可能な電界放出形走査電子顕微鏡(FE-SEM)や90 nAの大電流ビームにより高速・大面積加工が可能な高性能集束イオンビーム(FIB)を導入して $L/S=2/2\mu\text{m}$ 以下の微細配線に関する組立性評価および精密分析ラインを構築した。今後採用が増えることが期待されるFO-PLP向け評価解析装置として、超音波探傷装置、セミオートプローパー、レーザー変位計を導入した。いずれも600 mm×600 mm以上の検査範囲を有しており、これらを活用することで、再配線層を形成する時の不具合発生タイミングの特定や、パネルサイズのままで封止後の反りを測定することを可能とした。さらに水流吸着ステージのついた超音波探傷装置で反りを矯正してボイドや剥離の観察がPパネルサイズのまま非破壊で検査できるようにした。



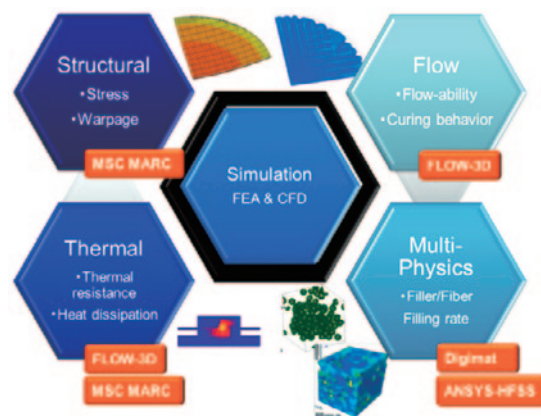
評価分析エリア

(5)シミュレーションエリア

オープン・ラボでは、日立化成の有する豊富な材料データベースを強みに、非線形構造シミュレーション(Marc; MSC Software)を用いて、反りや応力解析、疲労寿命解析、放熱解析を行い、材料開発を支援してきた。近年CAE(Computer Aided Engineering)の活用が進んでいることから、新たに流動シミュレータ(Flow3D; Flow Science)と複合材料シミュレータ(Digmat; MSC Software)、電磁界シミュレータ(Ansys HFSS; Ansys)を導入した。流動解析では、封止材などの硬化反応を生じながら金型内を流動する樹脂や、フィルム状材料の圧着挙動などの解析が可能である。また複合材料解析では、従来一体物として扱っていた複合材を個別の構成要素にわけて解析することができ、微視的構造の応力や異方性のある材料の正確



シミュレーションエリア



シミュレーションのケーパビリティ

な物性発現の再現や、複合材料のマクロな物性からミクロな構造を推定するリバースエンジニアリングなどを行うことができる。電磁界解析では回路の放射やアイパターンに及ぼす材料の比誘電率、誘電正接の影響を解析できる。新川崎では、これらの解析技術を融合することで、高度な材料開発促進に貢献することをめざしている。

(6)ふくおかIST((公財)福岡県産業・科学技術振興財団)エリア

今回の新川崎移転では、大形FO-PLPに対応した試作体制の構築を進めている。しかし、多量の薬液管理、廃液処理、およびスペースの問題から、再配線形成に必要な大型めっき設備やエッチング設備を新川崎に設置することは難しかった。そこで、三次元実装や部品内蔵基板の技術に強みを持つ三次元半導体研究センター(福岡県、ふくおかIST)内に、プラズマ装置(AP-1500; Nordson)、はく離装置(ASEP-S600; ジャパンクリエイト)、エッチング装置(SEP-S600; ジャパンクリエイト)を新規導入し、510 mm×515 mmサイズに対応した再配線形成ラインを構築した。これにより多様な材料構成で、大形FO-PLPに対応した微細再配線(L/S = 2/2 μm)形成が実施可能となる。また、同研究センターの知見を活用することで、新規プロセス開発にさらなる相乗効果が期待できる。



三次元半導体研究センター



バッチ式剥離装置

3 コンソーシアム「JOINT(ジョイント)」

昨年6月、半導体実装材料・装置の開発に携わる企業17社が参画するコンソーシアム「JOINT: (Jisso Open Innovation Network of Tops)」を設立し、弊社の半導体実装オープン・ラボを拠点に活動を開始した。このコンソーシアムでは、参画企業各社が保有する材料や装置を用いて、半導体メーカーのお客さまにパッケージの最先端実装技術の開発から実装プロセスまでを含む総合的なソリューションを提供することで、スピードが求められるパッケージの開発におけるお客さまの工数・時間の削減に貢献する。

近年、人工知能(AI)や、あらゆるモノがインターネットにつながるIoTの利用拡大や自動運転、電気自動車(EV)などの市場拡大に伴い、高性能なセンサー、高速データ通信を可能にする無線端末や基地局、膨大な情報を高速に処理できるサーバ、データセンタなどのニーズが高まっている。これにより、各種機器に搭載される半導体に求められる機能は多様化し、その構造はますます複雑になっているため、パッケージの製造にはより多くの材料や装置が使われるようになっている。これに伴い、お客さまはパッケージを開発する際に、より多くのサプライヤ企業からの材料・装置の調達や個別の評価が必要となるなど、多くの手間と時間がかかるという課題があった。

そこで、日立化成は各種材料・プロセスを組み合わせた総合的なワンストップ・ソリューションをお客さまに迅速に提供するために、半導体実装技術を開発するコンソーシアム「JOINT」を設立した。従来の半導体実装オープン・ラボは、日立化成と装置メーカー、日立化成と材料メーカーといった1対1の協業体制が基本だったが、「JOINT」では、開発テーマに合わせて日立化成と複数の企業との間で技術や情報の相互活用を行うことが可能である。

具体的には、パッケージの製造に必要な各種材料・プロセスの最適な組み合わせや、新しいパッケージ等、総合的なソリューションを迅速にお客さまに提供できるようになる。また、こうした材料・装置の組み合わせにより、お客さまが行う半導体評価試験に近い条件での材料・装置評価が可能となり、お客さまがサプライヤごとに個別に行っていた評価の手間が省ける。これらにより、スピードが求められるパッケージの開発における工数・時間の削減に貢献することが可能になる。



コンソーシアム「JOINT(ジョイント)」のロゴ



コンソーシアムメンバ専用オフィス

4 今後の展望

日立化成は、強みである広範な材料技術力に一段と磨きをかけ、ハイエンド分野における新製品・新事業の創出に継続的に取り組んでゆく。移転・機能強化したオープン・ラボを実装材料ビジネスの戦略的拠点と位置付け、各種材料の提供に留まらずワンストップソリューション・プロバイダーとして、お客さまや協業するコンソーシアム参画企業各社とともにさらなるオープン・イノベーション推進に取り組み、新規な先端パッケージの実現に貢献してゆく。

半導体プロセスの高生産化技術

High Productivity Technology for Semiconductor Process

本田 一尊 Kazutaka Honda 松原 望 Nozomi Matsubara 小川 剛 Tsuyoshi Ogawa
機能材料事業本部 実装材料事業部 パッケージングソリューションセンタ

1 概要

半導体PKGの小型化や電気特性等の観点から、FI-WLP(Fan In Wafer Level Package)やFO-WLP(Fan Out Wafer Level Package)のようなWLPの適用が拡大している¹⁾。この組立工程では、ダイシング後に半導体チップ(以下ダイ)の間隔を確保するためにマウンター装置を使用してダイをキャリアに再配置する。ダイの小型化や薄型化に伴い、一つ一つのダイ配置は時間を要し、また、取り扱い時にダイクラックが生じる課題が顕在化している²⁾。そのため、当社ではダイ再配置が不要な高生産化プロセスとそのプロセスに必須な新規のエキスパンドフィルム材を開発した³⁾。このプロセスは、エキスパンドフィルム上でダイ間隔を確保するよう拡幅後、キャリアに一括で転写するプロセスであり、膨大な時間を要するダイを個々に搭載する再配置工程が不要となる。本報告では、エキスパンドフィルムと一連のプロセス開発について報告する。

WLP applications such as FO-WLP and FI-WLP are expanding recently from the viewpoint of miniaturization and electrical characteristics of semiconductor PKGs. This assembly is conventionally conducted by one-by-one die replacement process after dicing for die gap widening by using die-mounter. As miniaturizing and thinning of the die, the issues of time-consuming step to replace die one-by-one and the die crack have been revealed. To solve the issues, we developed a high productivity process that does not require die replacement and a new expanded film essential to the process. This process consists of the expanding step of the film on which diced-wafer is mounted and the transferring step of the all dies to the carrier simultaneously. Therefore, the new process doesn't need the time-consuming die replacement. In this report, we discuss the development of the expanding film and a series of the processes.

2 特長

- ・ダイ間隔を大幅に広げる高拡幅性とダイ剥離が発生しない高密着性フィルム。
- ・ダイの再配置が不要なため高生産化が可能なプロセス。

3 開発の経緯

ダイの小型化や薄型化によって、WLP組立の工程でダイクラックが発生する。この問題を解決するためにダイの周辺部を封止材で覆うサイドプロテクションプロセスが主流となっている。このプロセスフローは、①ウエハをダイシング、②ダイ間隔を広げるためのマウンターによるキャリアへの再配置、③オーバーモールド、④キャリアの剥離後モールド材ダイシング、の順で行われる。しかし、ダイの小型化によるダイ数の増加によってキャリアへの再配置工程が大幅に時間を要する。そこで、再配置を不要とする高生産化プロセス(図1)とエキスパンドフィルムを開発した。

4 技術内容

本開発のエキスパンドフィルム特性を表1に示す。エキスパンド後のダイ間隔は図2に示す箇所を測定した。従来のフィルム特性と比較して、エキスパンドフィルムは高ピール強度、高拡幅性を有する。初期(ダイシング後)のダイ間隔が約0.05 mmに対して、エキスパンド後は1.5 mmまで拡幅が可能となる。また、エキスパンド後とモールド後の外観観察とダイ間隔を測定した結果、一連のプロセスでダイ剥離やダイシフトは発生しないことを確認した(図3)。さらに、モールド後のダイシングプロセスでもダイ剥離やモールド材クラックが発生しないことを確認し、エキスパンドフィルムを用いた一連のプロセスを実証した。

表1 エキスパンドフィルムの一般特性

Table 1 Properties of expanding film

Item	Unit	Conventional dicing film	Expanding film
Film thickness	μm	110	110
Peel strength*1	Before UV irradiation	N	1.0
	After UV irradiation	N	0.2
Die gap after expanding*2*3	mm	< 0.1	Up to 1.5

*1) Peel strength width: 25 mm

*2) Evaluated size: 8 inch wafer, die size 5 mm × 5 mm

*3) Expanding condition: Temp 50°C

Thrust-up speed 5 mm/s

Thrust-up height 100 mm

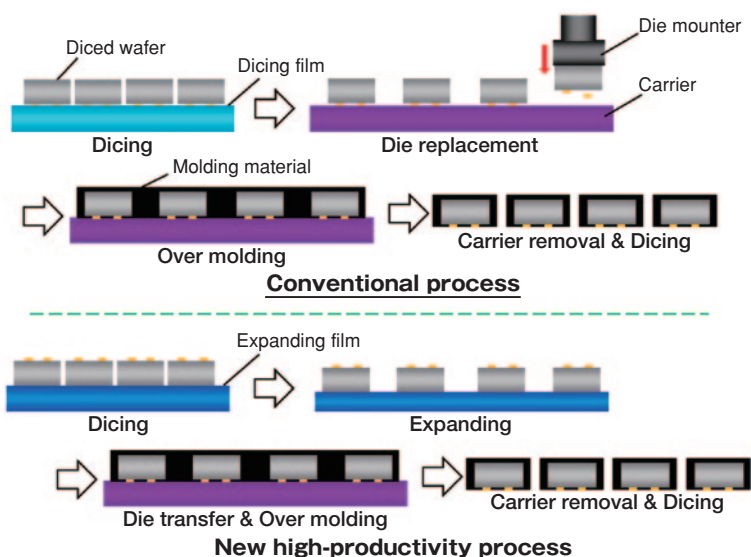


図1 従来プロセスとエキスパンドフィルムを用いた高生産化プロセスフロー

Figure 1 Conventional process and high productivity process flow with expanding film

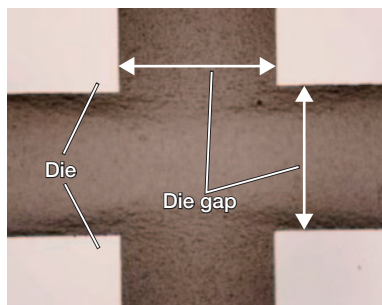


図2 ダイ間隔の測定位置

Figure 2 Measurement points of die gap

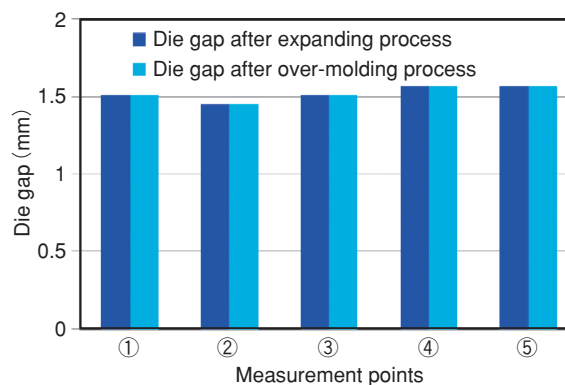
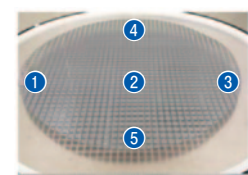
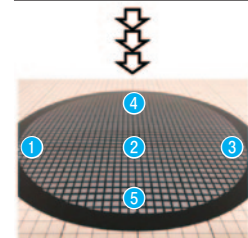


図3 各プロセス後のダイ間隔

Figure 3 Die gap after each process



After expanding process



After over-molding process
(After carrier removal)

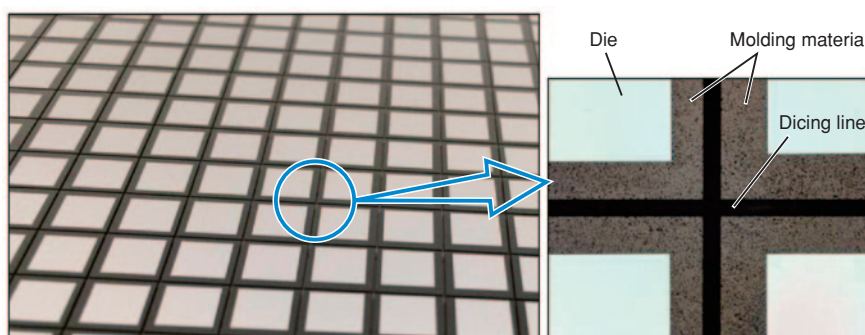


図4 モールド材のダイシング

Figure 4 Molding material dicing

5 今後の展開

・FO-WLPやマイクロLED (Light Emitting Diode) への展開

【参考文献】

- 1) Chien-Fu Tseng, Chung-Shi Liu et al., "InFO (Wafer Level Integrated Fan-Out) Technology", Proceedings of 2016 Electronic Components & Technology Conference.
- 2) Tom Tang, Albert Lan et al., "Challenges of Ultra-thin 5 Sides Molded WLCSP", Proceedings of 2016 Electronic Components & Technology Conference.
- 3) Kazutaka Honda, Naoya Suzuki et al., "Expanding film and process for high efficiency 5 sides protection and FO-WLP fabrication", Proceedings of 2017 Electronic Components & Technology Conference.

高生産性3D積層プロセス用 NCF “AK-400シリーズ”

High Productive 3D Stacking Process NCF, “AK-400 series”

佐藤 慎 Makoto Sato

開発統括本部 エレクトロニクス関連材料開発センタ 機能性保護フィルム開発部

本田 一尊 Kazutaka Honda

機能材料事業本部 実装材料事業部 パッケージングソリューションセンタ

1 概要

狭ピッチ、狭ギャップ化が進むTSV(Through silicon via)メモリ等を積層した3Dパッケージ用のアンダーフィル材としてNCF(Non Conductive Film)が注目されている¹⁾。

NCFは先塗布型のため未充填の懸念が少なく、フィレット(はみ出し)も抑制可能である。一方3Dパッケージの組み立てはフリップチップボンダを用いてウエハ上にチップ搭載と実装を行った後、リフロ処理およびモールド処理を行うが、チップ搭載・実装の時間が長く生産性が低い、リフロ処理後のウエハの反りが大きい場合にモールドできないという課題がある。これらの課題を解決するためウエハ上にチップを搭載後、モールドを行い、最後に加圧リフロ工程で一括して接続処理を行うモールドリフロプロセスを考案した。また本プロセスに最適なNCFを開発し、モールド工程を加圧リフロ前に行うことで反りの抑制および、加圧リフロでの一括処理による生産性向上が期待できる。

Non Conductive Film (NCF) is applied for 3D-package which consists of stacking of Through Silicon Via (TSV) memory with narrow bump pitch and narrow gap. NCF is a film type under-fill and useful for 3D-package because it is void-less and has less fillet. On the other hand, NCF has two tasks. One is low productivity and the other is the risk of high warpage after reflow process, making the molding process impossible. To improve these tasks, Mold Reflow Process is developed. Mold Reflow Process is a serial process which includes the first step of chip pre-bonding, the second step of resin over-molding and the last step of connection by pressure reflow furnace. High productivity and low warpage are expected by applying Mold Reflow Process.

2 製品の特長

- ・加圧リフロでの一括処理による生産性向上
- ・加圧リフロ前のモールド処理による反り抑制

3 開発の経緯

NCFの現行プロセスはピックアップ後に位置合わせをする仮圧着工程と、はんだ接続を行う本圧着工程の二段階でチップを圧着するが、1時間当たりの生産数を示すUPH(Unit per hour)が数十～数百パッケージと低く、生産性向上が求められている。

生産性向上のため、仮圧着工程後にリフロ炉などではんだ溶融温度での熱処理を行い、一括で接続を確保する方法としてリフロプロセスがあるが、無加圧のため、現行プロセスと比較して接続信頼性が低下する²⁾。またChip on Wafer(CoW)実装の場合、リフロ処理後の反りが大きいと次工程であるモールド工程に進むことができない。そこで、モールド工程を先に行い、その後加圧リフロ処理により一括ではんだ接続をすることで、反り抑制と生産性向上の両立が可能となるモールドリフロプロセスを考案した。

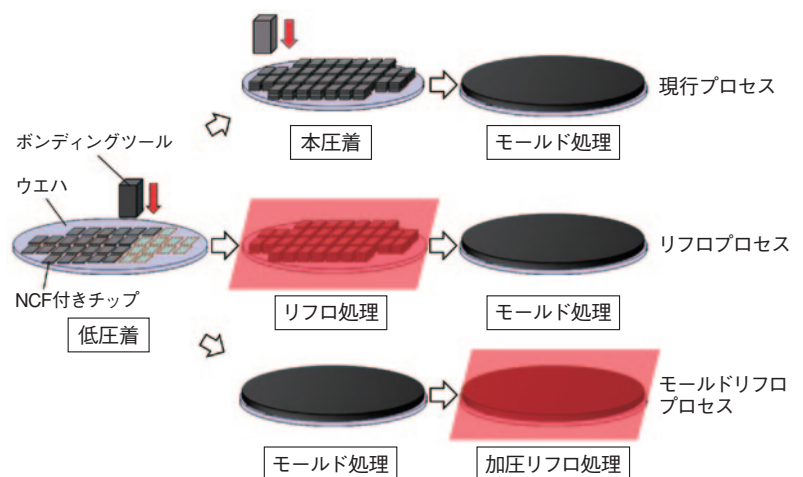


図1 プロセスフロー図

Figure 1 Assembly flow of each process

4 技術内容

モールドリフロプロセスでは、リフロ処理ではんだ接続を行うため、NCFの低粘度化が必要であり、仮圧着工程での樹脂の流動性を向上させることで、図2に示すように良好なはんだ接続性を実現している。また、現行プロセス用NCFより低粘度化することでボイドを抑制できることを確認した。

一方、ウエハ上へのチップ仮圧着後にモールドした場合とモールドしない場合について、リフロ処理後のウエハの反りを測定した。測定結果を図3に示す。モールド工程無しの場合、反りが大きくモールド工程に移行できなかったのに対し、モールドリフロプロセスではモールド工程無しの場合と比較してウエハの反りが小さくなることを確認した³⁾。

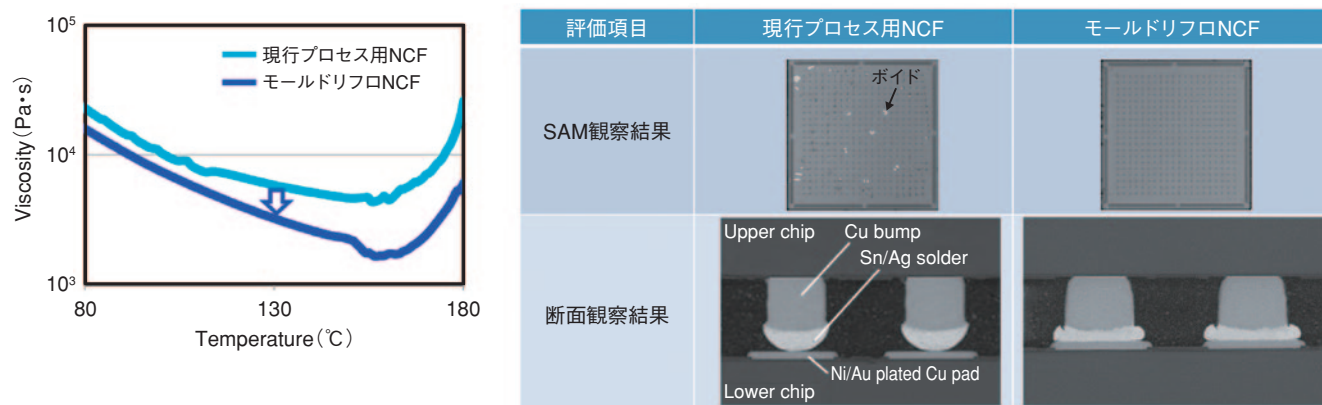


図2 NCF粘度測定結果およびモールドリフロプロセス後のボイド、接続性確認結果
Figure 2 Measurement result of viscosity and void and connect-ability result after molding reflow process

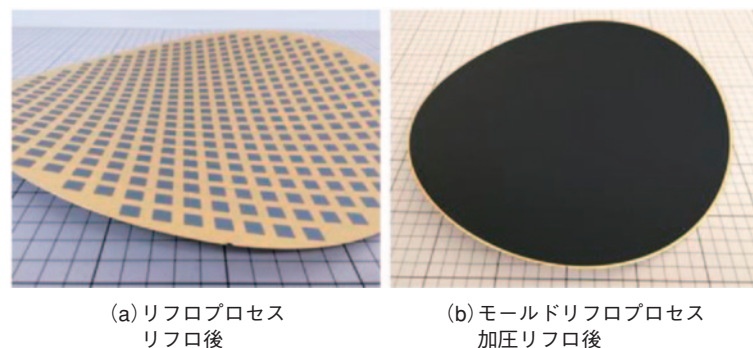
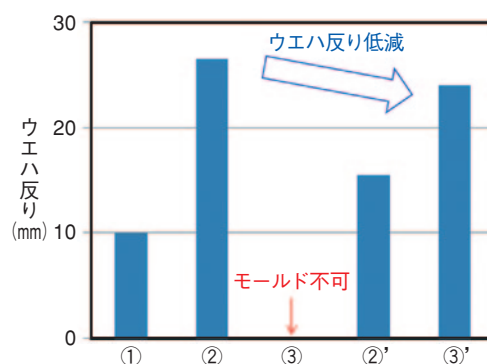


図3 モールド工程有無でのウエハ反り比較

Figure 3 Comparison of warpage with and without molding process

#	プロセス	
①	仮圧着	
②	リフロプロセス	リフロ処理後
③		モールド処理後
②'	モールドリフロプロセス	モールド後
③'		加圧リフロ処理後



5 今後の展開

・実装プロセスに合わせた組成の最適化

【参考文献】

- 1) Kazutaka Honda, Tetsuya Enomoto et al., "NCF for Wafer Lamination Process in Higher Density Electronic Packages", Proceedings of 2010 Electronic Components & Technology Conference
- 2) Hitoshi Onozeki, Hiroshi Takahashi et al., "In plane collective CoS assembly by NCF-TCB enabled using the newly developed bonding force leveling film", proceeding of 2016 Electronic Components & Technology Conference
- 3) Kazutaka Honda, Hirokazu Noma et al., 2017 IEEE 67th Electronic Components and Technology Conference, pp.719-724

コンプレッション成形対応 グラニューール封止材

Granule-Type Encapsulating Compound for Compression Molding

榎田 光昭 *Mitsuaki Fusumada* 姜 東哲 *Dongchul Kang* 増淵 武浩 *Takehiro Masubuchi*

開発統括本部 エレクトロニクス関連材料開発センタ 封止材料開発部

1 概要

近年、半導体パッケージの小型薄型化や、大判化による一括成形によるコスト低減が可能であることなどからコンプレッション成形が検討されている。コンプレッション成形では粉体形状の封止材を用い金型キャビティ内に直接供給し減圧後に成形することから装置汚染や重量ばらつきによる樹脂厚み変動を起こさないよう、封止材の形状を制御することが求められていた。

そこで、シャープな粒度分布を持つグラニューールと称した顆粒状の封止材の製造方法を確立し、減圧時の樹脂もれに対して脱泡性の検討を進めた。これらの技術を組み合わせ、コンプレッション成形対応グラニューール封止材を開発した。

In recent years, studies have been conducted on compression molding because of its potential to reduce costs through the miniaturization and slimming down of semiconductor packages, and through batch molding (achieved via enlargement).

With compression molding, a powder-type encapsulating material is supplied directly into the mold cavity, decompressed, and then molded. As such, it is necessary to control the shape of the encapsulating material in order to prevent fluctuations in the resin thickness resulting from equipment contamination or from weight variation.

We have developed a method for producing a granule-type encapsulating compound that has a sharp particle-size distribution, and have also studied the compound's de-foaming property, which helps suppress resin leakage during decompression. By combining these technologies, we have developed a granule-type encapsulating compound for use in compression molding.

2 製品の特長

- ・微粉制御により飛沫による装置汚染が少なく、作業性が良好。
- ・グラニューールサイズが均一でありパッケージ厚み精度が向上。
- ・発泡抑制技術を導入し樹脂もれの無い成形が可能。

3 開発の経緯

近年、半導体パッケージの成形は、基板の大型化やパッケージの薄型化に対応し、かつ一括成形によるコスト低減が可能なコンプレッション成形が検討されている。

コンプレッション成形では粉体形状の封止材を用い金型キャビティ内に直接供給するため、装置汚染や重量ばらつきによる樹脂厚み変動を起こさないために、封止材の形状を制御することが求められていた。そこで今回、粒度分布がシャープであるグラニューールと称した顆粒状の封止材の製造技術を確立した。

またコンプレッション成形では減圧脱泡工程を要するため封止材が発泡しあふれ出てしまう樹脂もれが課題となっていた。今回、発泡抑制技術を導入しコンプレッション成形対応封止材を開発した。

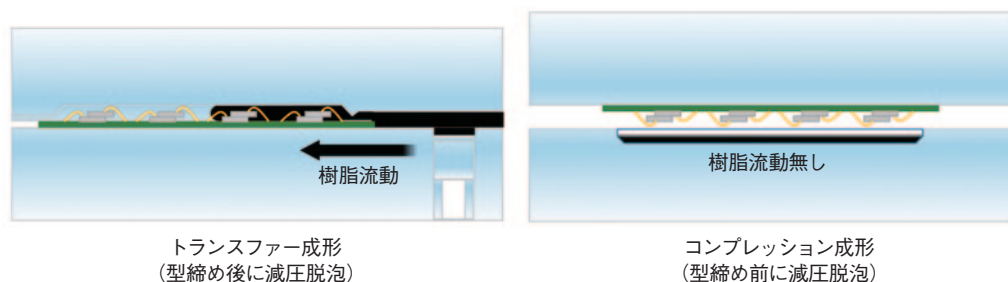


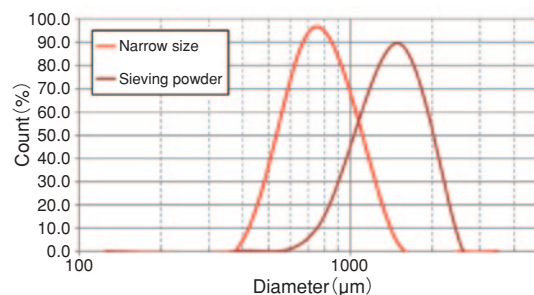
図1 半導体パッケージの封止方法

Figure 1 Method for encapsulating semiconductor packages

4 技術内容

1. グラニュール封止材の製造技術

グラニュール封止材に含まれる微粉には、主として、製造時に発生したものと使用時の装置内での輸送や振動フィーダー計量時の欠けやけずれによるものがある。まず粒度分布をシャープにするための製造方法と条件の検討を行った。その結果、グラニュールの粒度分布を0.4 mm以上1.2 mm以下に制御することが可能となった。また、グラニュール表面の凹凸を少なくして輸送や計量時に欠けにくくし、これら製造方法で作製したグラニュールでは寸法安定性が良く微粉が低減されていることを確認した。



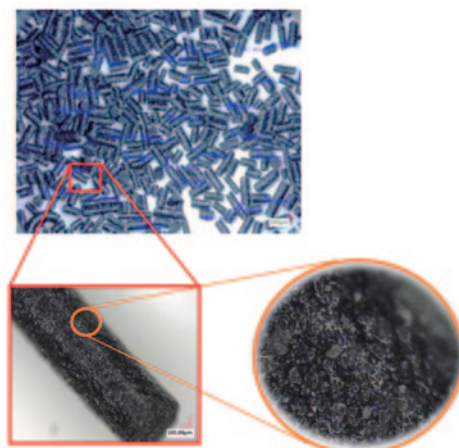
グラニュールとパウダーの粒度分布比較

2. 樹脂もれ

金型からの樹脂もれは、グラニュール粒子間に抱き込まれた空気、封止材内部の揮発成分が減圧工程時に膨張することで封止材が発泡し嵩が上がることで引き起こされると考えられる。

すなわち減圧時の揮発分量が少ないこと、ならびに抱き込まれた空気を素早く抜くことが必要であり、これまでは封止材を溶けにくくすることで粉体の隙間より気体を逃がし樹脂もれを抑制してきた。しかしながら、溶け性が悪化することでワイヤ変形を起こすことや、グラニュール粒子が溶けにくい場合には、粒子同士の合わせ面が外観不良になることがあった。

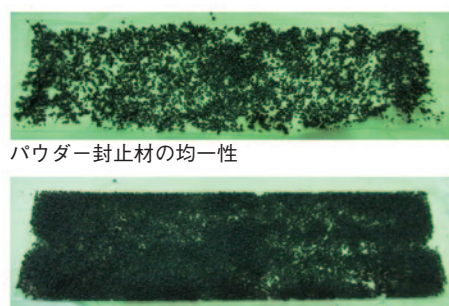
今回新たに破泡、脱泡技術を開発し、封止材泡膜が素早く破壊されることで巻き込み空気や揮発分を逃がしやすく、樹脂嵩を抑えることが可能になった。最新の開発材は樹脂もれなく、極めて低い粘度を実現し、顧客からも高い評価を得ている。



グラニュール粒子の表面形状

図2 グラニュール粒度分布と表面形状

Figure 2 Granule particle distribution and the surface of a granule



パウダー封止材の均一性

グラニュール封止材の均一性

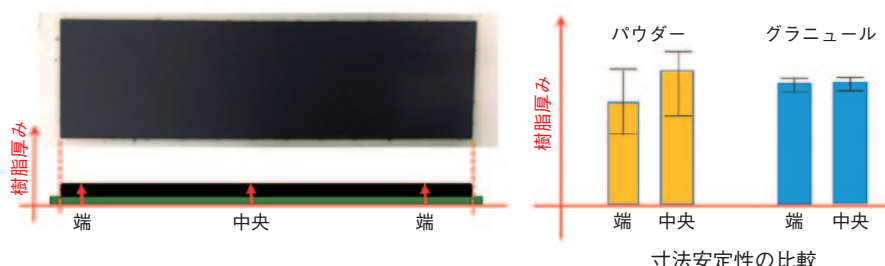
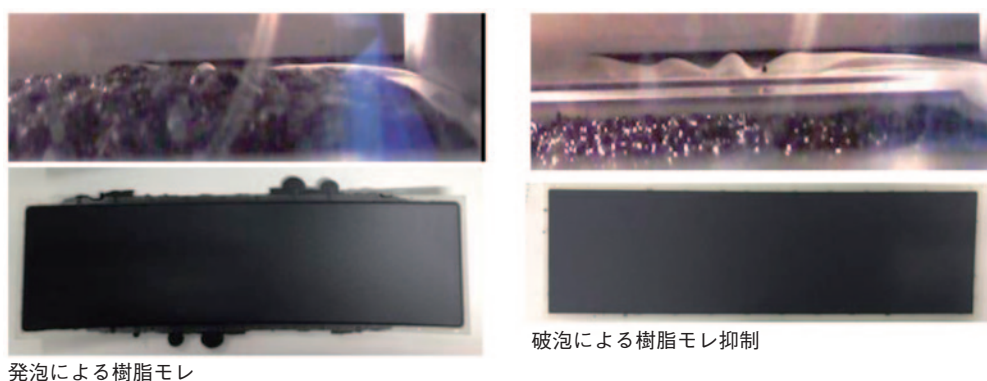


図3 成形結果

Figure 3 Molding results



発泡による樹脂モレ

破泡による樹脂モレ抑制

図4 開発品の樹脂もれ評価結果

Figure 4 Evaluation of resin leakage when using the new compound

5 今後の展開

・開発材の拡販 ・さらなる微細化 ・高熱伝導封止材、モールドアンダーフィル材へ技術展開

感光性層間絶縁フィルム“PV series”

Photosensitive Insulation Film, “PV series”

野本 周司 *Shuji Nomoto* 阿部 紀大 *Norihiro Abe*

岡出 翔太 *Shota Okade* 鈴木 慶一 *Yoshikazu Suzuki*

開発統括本部 エレクトロニクス関連材料開発センタ 感光材料開発部

1 概要

近年、電子機器に搭載されるパッケージ基板は小型化、薄型化が求められ、配線の高密度化が必要となっている。これらパッケージ基板の層間接続ビア形成はCO₂レーザーを用いて形成される。しかしながら、レーザーによるビア形成は一般的にΦ40 μmが限界であり、高密度化の課題となる。このような背景から当社は、感光性層間絶縁フィルム“PV series”を開発した。

“PV series”ではフォトリソグラフィーを用いた層間接続ビア形成が可能である。加えて、Φ15 μmの小径ビアも形成可能であり、多数のビアを一括加工できる。さらに“PV series”は一般的なパッケージ基板の製造プロセスに対応可能であり、配線形成はセミアディティブ工法である。そのため、特殊プロセスを新規導入する必要がない。“PV series”を用いることで優れた絶縁信頼性と耐熱性を有する高密度なパッケージ基板が製造可能である。

In recent years, the growing need for more advanced, miniaturized package substrates calls for higher-density wiring. Vias for connecting the layers of these substrates are traditionally formed by using CO₂ laser ablation technology. Generally, this technology is only capable of producing vias of 40 μm in diameter or larger. This limitation on the via diameter is an obstacle to achieving finer wiring. To address the demand for finer wiring, we have developed a photosensitive insulation film, called the PV series.

The PV series is capable of forming vias as small as 15 μm in diameter, and can form multiple interlayer vias through a photolithography process involving one-shot exposure. Furthermore, the PV series can be applied to the manufacturing of package substrates without requiring any additional processes. As such, the PV series makes it possible to manufacture highly advanced, miniaturized package substrates that offer high throughput and superior reliability.

2 製品の特長

- ・ Φ40 μm以下の層間接続ビアを一括で形成可能である。
- ・ 特殊プロセスを導入することなくパッケージ基板の高密度化に貢献する。
- ・ 優れた絶縁信頼性とリフロー耐熱性を有し、高い信頼性を発現する。

3 開発の経緯

パッケージ基板の配線高密度化によりワークエリア内の層間接続ビア数は今後も増加傾向にある。使用される層間絶縁フィルム材料はCO₂レーザーにより層間接続ビアを形成する。レーザーによるΦ40 μm以下のビア形成は一般的に困難であるため、ビア数の増加による加工時間増加とともに高密度化の課題となる。そこで当社では保有する感光性樹脂技術と絶縁樹脂技術を複合させ、感光性層間絶縁フィルム“PV series”を開発した。開発したPV seriesの利点を図1に示す。PV seriesの開発にあたり、一般的なパッケージ基板製造プロセスにて高密度化に対応できるように当社保有の感光樹脂技術と絶縁樹脂技術を融合した。

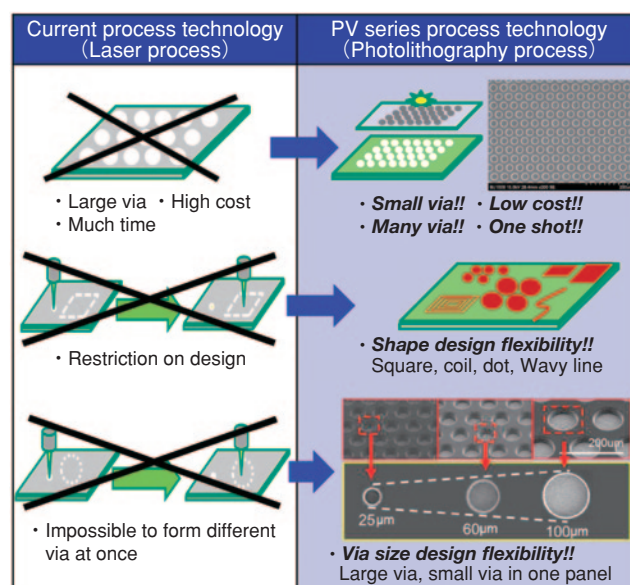


図1 PV seriesの利点

Figure 1 Advantage of PV series

4 技術内容

(1) PV-F008のビア開口特性

開発した“PV-F008”は、CO₂レーザーで形成困難なΦ15 μmの小径ビアを形成可能である。加えて、スクエアビアに代表される非円状のビアも一括で加工可能である(図2)。このため、ビア加工時間を大幅に短縮することに貢献する。

(2) PV-F008の一般特性

“PV-F008”では、フォトリソグラフィーに加えてセミアディティブ工法に対応可能である。表1にPV-F008の一般特性を示す。PV-F008のビア形状はTop/Bottom = 50 μm/40 μmであり優れたビア加工能力を有する。また、無電解めっき銅と高い密着力(0.6 kN/m)を示すことから、微細配線形成時の配線剥がれを抑制することが可能である。加えて、パッケージ基板を想定した多層化基板におけるリフロー耐熱性も良好であり、Line/Space = 12 μm/12 μm, 層間15 μmにおいても高い絶縁耐性を有する。

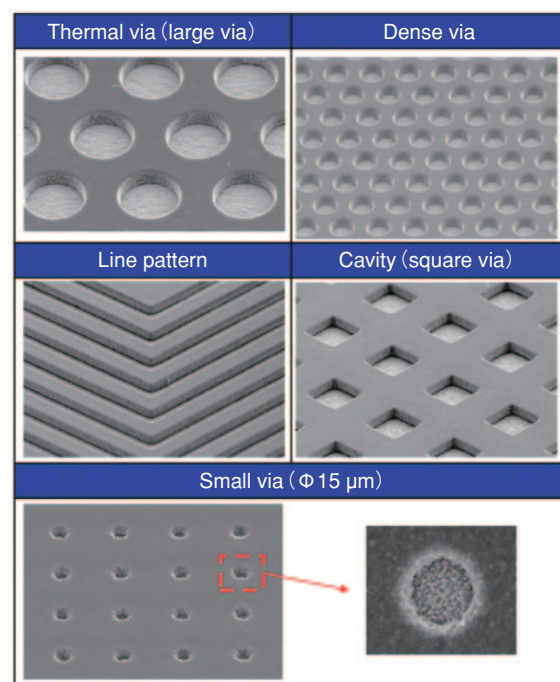


図2 PV-F008の開口特性
Figure 2 Photolithography of PV-F008

表1 PV-F008の一般特性

Table 1 Properties of PV-F008

Item		Unit	PV-F008
Minimum via	Resin thickness 10 μm	μm Φ	15
Via size (Top / Bottom)	Φ 50 μm target	μm Φ	50 / 40
Insulation reliability (HAST 130°C, 85% RH)	Layer to layer (15 μm)	200 h	Pass
	Line / Space=12 / 12 μm	200 h	Pass
TCT resistance	-65°C ⇄ 150°C	1000 cycle	Pass
Reflow cycle resistance	260°C reflow	Cycle	20
Peel strength	Cu plating	kN/m	0.60

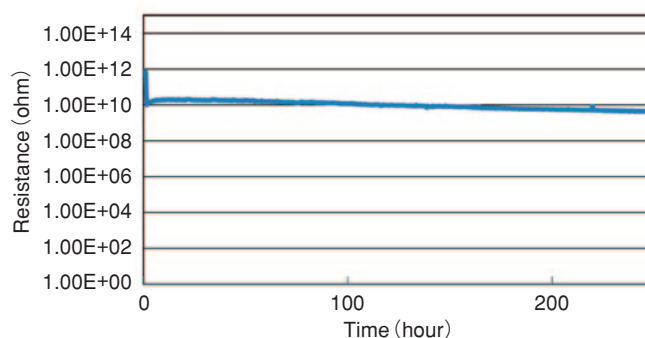


図3 PV-F008の絶縁信頼性
Figure 3 HAST resistance of PV-F008

5 今後の展開

- ・ 開発品の拡販と用途拡大
- ・ 次世代向け感光性絶縁材料の開発

微細回路形成用感光性ドライフィルム “RY-5100UTシリーズ”

Dry Film Resists for Fine Line and Space Patterning, “RY-5100UT series”

桑 壮和 Masakazu Kume 藤井 徹文 Tetsufumi Fujii 賀口 陽介 Yohsuke Kaguchi

黒田 絢香 Ayaka Kuroda 大橋 武志 Takeshi Oohashi

開発統括本部 エレクトロニクス関連材料開発センタ 感光材料開発部

1 概要

感光性ドライフィルムは、スマートフォンやセントラルサーバなどの電子機器に搭載されるプリント配線板(PWB)中の電気回路形成に使用される。高速かつ多量の情報処理へのニーズに応えるため、電子機器は、より高効率設計された電気回路基板を搭載する必要があるが、これは、一部の回路を微細化することで達成可能となる。当社は、従来の感光性ドライフィルムを改良し、微細回路形成用感光性ドライフィルムRY-5100UTシリーズを開発した。RY-5100UTは、大型のプリント配線板上に、最小2 μm の回路幅形成が可能であり、さらなるPWBの小型化、薄型化、高機能化のニーズ拡大に伴い、今後需要が増加していくと見込まれます。

Photosensitive dry film resist has been used for circuit patterning in the printed wiring board (PWB) of various devices such as smartphones and central servers. To address the need for information processing at higher speeds and of larger volumes of data, we need to mount higher-performance PWBs in electronic devices by using finely patterned circuits.

The RY-5100UT-series photosensitive dry film for fine line and space patterning that we developed improves upon conventional photosensitive dry films.

RY-5100UT enables circuit patterning of 2 μm resolution on full-size PWBs. We expect that demand for RY-5100UT will increase in the future, as the need for ever smaller, thinner, and higher-performance electronic devices grows.

2 製品の特長

- ・基板上における密着性・解像度・レジスト形状が優れる。
- ・レジストすその発生が少なく、めっきラインのアンダーカット低減に寄与する。
- ・露光波長355 nmを光源とする投影露光機に対応している。

3 開発の経緯

半導体パッケージ(PKG)基板は、スマートフォンやセントラルサーバなどの電子機器に搭載されるプリント配線板の一種であるが、このPKG基板は、情報処理をつかさどるICチップをPWB側と接続するための中間層として、重要な役割を担っている。近年の情報処理能力増強のニーズに合わせ、ICチップの配線も微細化しているが、そのICチップの微細化速度と比較し、PWBおよびPKG基板の配線微細化が遅れており、その回路幅差によるエネルギー損失が無視できないレベルとなった¹⁾。この課題を改善するため、PWB製造メーカは、新たな構造をもつPKG基板を開発してきたが、従来の回路幅を大幅に狭くすることから、回路形成用レジストとしては、ウェハーレベルパッケージなどで実績がある液状レジストの適用が主流であった²⁾。しかし、液状レジストは、大型パネルに使用した場合、均一に塗布することが難しく、また現像液や剥離液は、従来のPWB製造メーカでは使用実績がなく、かつ高価な有機材料を使用する必要があるため、既存の設備や薬剤を最大限適用できる感光性ドライフィルムの要求が強い。

以上の背景から、我々は微細回路が形成可能な感光性ドライフィルムの開発に着手した。

4 技術内容

半導体PKG基板は、一般的にセミアディティブ(SAP)工法を用い製造される³⁾。回路幅表記について図1に示す。従来の半導体PKG基板の回路ピッチは、20 μm に対し、微細回路形成を有する新たなPKG構造には、10 μm 以下の回路形成が必要であり、最も小さい要求値は4 μm である。これらの急激な微細化に対応するため、RY-5100UTシリーズの開発では、炭酸ナトリウム現像液に対する膨潤性を効果的に抑制する新規疎水性材料を採用し、ならびに、高解像投影露光機に対応した光増感剤および最適な露光量域を見出した。RY-5100UTシリーズの特性表を表1に示す。

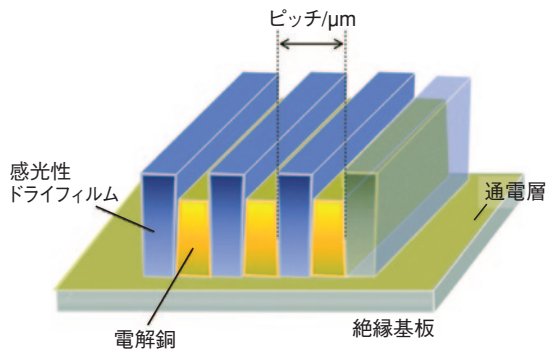


図1 回路幅のピッチについて
Figure 1 Pitch of the circuit width

表1 RY-5100UTシリーズの特性

Table 1 Properties of the RY-5100UT series

項目	単位	RY-5110UT	RY-5107UT
露光機	—	投影露光機	
レジスト膜厚	μm	10	7
現像時間	s	10	7
露光量	mJ/cm ²	200	200
最小回路ピッチ	μm	6	4

※推奨露光機，最少現像時間の2倍，投影露光機：UX-4410ISM-XJ01(ウシオ電機株)

一般的にSAP工法を用い微細回路を形成する場合，投影露光機が用いられるが，従来の感光性ドライフィルムは，直描露光機や平行光露光機が主流³⁾のため，投影露光機へのマッチングが必要であった。我々は光硬化反応を制御する樹脂設計を行うことで，レジストと基板界面の反応性を向上させ密着性を向上することができた。図2に，光硬化反応のモデルを示す。

これらを改善したことで，めっき工程において，めっき析出時の押込まれ等の耐薬品性が向上し，フラッシュエッチング後において最小回路ピッチ4μmを達成できた。めっき後およびフラッシュエッチング後の結果を図3に示す。

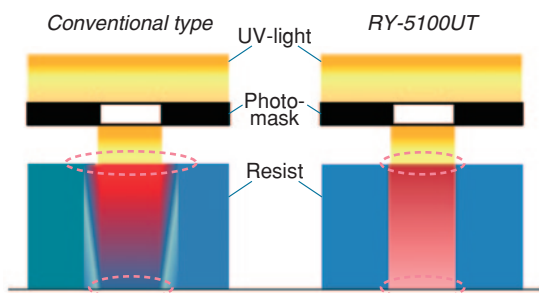
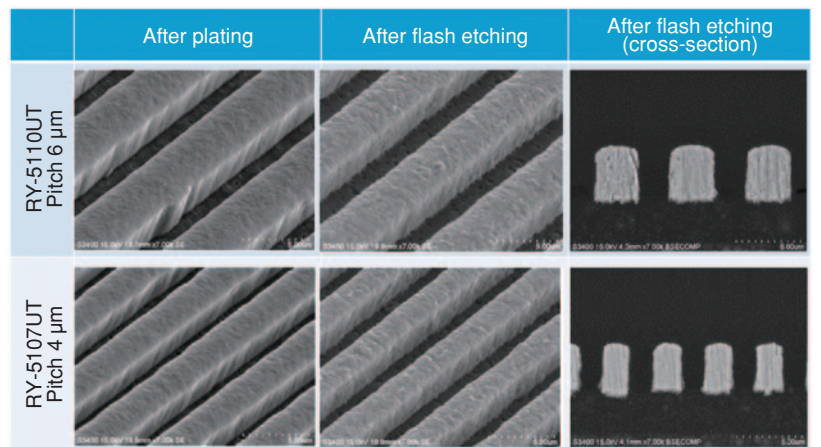


図2 微細回路用感光性ドライフィルムの光硬化モデル
Figure 2 Photoreaction models for dry films for fine line patterning and space patterning



flash-etching solution : SAC (JCU CORPORATION)

図3 めっき後およびフラッシュエッチング後のSEM画像

Figure 3 SEM image of copper pattern after plating and flash etching

以上の結果から，RY-5100UTシリーズは，高解像度を有し，かつ基板上での高い密着性を有する特長を有しており，微細なレジストパターンを形成することができる。本開発品が今後予測されるさらなる微細化に対応できる材料として，電子機器の小型化および性能を向上させる一助になることを期待する。

5 今後の展開

- ・感光性ドライフィルムのさらなる微細化能力の向上
- ・微細回路形成用感光性ドライフィルムの用途拡大

【参考文献】

- 1) 前田真一，本田進：エレクトロニクス実装学会誌 Vol.21 No.3 pp.216-223(2018)
- 2) Noriyoshi Shimizu, Wataru Kaneda:Development of organic

multi chip package for high performance application, 46th international Symposium on Microelectronics 2013.

- (3) 村上泰治：感光性フィルムの特性と応用，ネットワークポリマー Vol.34 No.5 pp.253-259(2013)

次世代パッケージ用ハロゲンフリー、低熱膨張、 低弾性多層化プリプレグ “GEA-775G”

Halogen-Free Multilayer Material with Ultra-Low CTE and Low Elastic Modulus, “GEA-775G”

島山 裕一 Yuichi Shimayama

開発統括本部 エレクトロニクス関連材料開発センタ 積層材料開発部

1 概要

スマートフォン等のモバイル機器へ使用される半導体パッケージは、小型化や薄型化および高密度化が進行している。近年、基板の薄型化からコアレス基板が注目されているが、支持体となるコア層を用いていないため、基板製造時や部品実装時に反りが大きくなる不具合が表面化している。当社は、このコアレス基板に使用する多層化プリプレグの開発について、熱膨張係数の低減とプレス多層化時の応力(熱収縮起因の応力)を低減できる材料に注力した。開発した低熱膨張で低弾性の多層化プリプレグGEA-775Gは、従来材と比較して約25%の反り低減が可能である。

Semiconductor packages for smartphones and other electronic devices are becoming smaller, thinner, and higher in density. Recently, coreless substrates have attracted significant attention as a way to achieve thinner substrates, but coreless substrates present their own challenge, in that (compared to conventional substrates) they are more susceptible to warpage during the substrate process and during the packaging and assembly processes. To address this issue, Hitachi Chemical has developed the next generation in multilayer materials: GEA-775G, which is halogen-free and has an ultra-low CTE and a low elastic modulus. A comparison of the warpage during assembly when using the coreless substrate GEA-775G, to the warpage when using a conventional packaging material, indicated that the warpage of GEA-775G was 25% less than that of the conventional packaging material.

2 製品の特徴

- ・コアレス工法での低反りに優れている。
- ・低い熱膨張係数(5.0 ppm/°C)を有する。
- ・低弾性率と高ガラス転移温度(Tg)を有する。

3 開発の経緯

スマートフォン等のモバイル機器は高機能化が加速しており、そのため搭載部品数の増加とバッテリーの大容量化が必須となっている。このため、アプリケーションプロセッサを搭載するメインボードには限られたスペースを有効に活用できるような小型化や薄型化の要求が絶えない。このような背景から、メインボードを構成する構造においてコアレス構造が注目されるようになってきた。このコアレス構造は、従来使用していたコア層を取り除き、ガラスクロスに樹脂を含浸させた絶縁層(以下、プリプレグと略す)のみで構成される。このため、従来構造と比較して大幅な薄型化が可能となる反面、プリプレグの支持体となるコア層が無い場合、半導体チップ(以下、チップと略す)を搭載する熱履歴で反りが発生しやすくなる¹⁾。

以上の背景から、当社ではコアレス構造に使用可能な低反りを有したプリプレグの開発に取り組み、低熱膨率と低弾性率を特徴としたプリプレグGEA-775Gを開発した。

4 技術内容

1. GEA-775Gの開発コンセプト

チップ搭載時の熱履歴によって反りが発生する現象は、チップと基板の熱膨張係数の差で生じることが知られている¹⁾。したがって、基板の熱膨張係数は、チップの熱膨張係数(3~4 ppm/°C)に近づける必要がある。さらに、コアレス基板では、プリプレグを複数回プレス積層するため、このプレス積層の際の熱収縮起因の応力を低減することも重要である。GEA-775Gの樹脂設計コンセプトを図1に示す。その樹脂は、大きく分けて、平面スタック構造を取りやすい芳香環樹脂(高弾性セグメント)とポリマアロイ樹脂(低弾性セグメント)の2成分系とした。高弾性セグメントによって

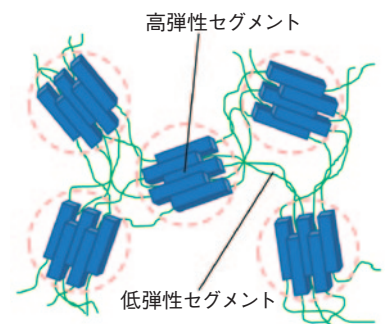


図1 GEA-775Gの樹脂設計モデル
Figure 1 Resin design model of GEA-775G

高Tg化を確保し、低弾性セグメントで低弾性率を図った。この低弾性セグメントは、ガラスクロス熱的な特性を引き出しやすい領域まで低弾性化し、低熱膨張係数化を実現した。

2. GEA-775Gの一般特性

開発したGEA-775Gの一般特性を表1に示す。同表には比較として当社従来材の特性も併記した。GEA-775Gの熱膨張係数は $\alpha 1 = 5.0 \text{ ppm/}^\circ\text{C}$ であり、従来材と比較して約17%低い値を示している。また、弾性率は $30^\circ\text{C} = 14 \text{ GPa}$ 、 $260^\circ\text{C} = 9 \text{ GPa}$ と従来材と比較して大幅に低い値を示している。

表1 GEA-775Gの一般特性

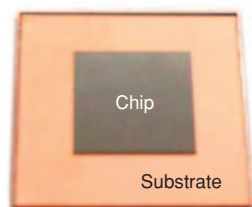
Table 1 General properties of GEA-775G

項目	条件	単位	GEA-775G	当社従来品
プリプレグ厚み	—	μm	25	25
ガラスクロス	—	—	S-glass	S-glass
Tg	DMA	$^\circ\text{C}$	270	280
熱膨張係数 ¹⁾	$\alpha 1 (X,Y)$	ppm/ $^\circ\text{C}$	5.0	6.0
	$\alpha 2 (X,Y)$		1.0	1.5
貯蔵弾性率	30°C	GPa	14	18
	260°C		9	13
銅箔ピール強度	VLP-12 μm	kN/m	0.6	0.5
誘電率 ²⁾	1 GHz	—	3.7	3.9
誘電正接 ²⁾	1 GHz	—	0.008	0.007

1)TMA(引張り) 2)SPDR法

3. GEA-775Gの反り特性

GEA-775Gおよび当社従来材を用いたコアレス4層基板の反り特性を評価した。評価パッケージの外観と仕様を図2に、各温度ごとの反り量結果を図3に示す。なお、反り量は、測定温度ごとに色分けして示した(初期の 25°C :青色、 260°C :赤色、冷却後の 25°C :緑色)。図3から、当社従来材を使用したパッケージの反り変化量 Δ が $360 \mu\text{m}$ であったのに対し、GEA-775Gの変化量 Δ は $265 \mu\text{m}$ であり、約25%低減する結果となった。



- ・構造: コアレス4層基板
(プリプレグ3層: $45 \mu\text{m}/80 \mu\text{m}/45 \mu\text{m}$)
- ・基板サイズ: $14 \text{ mm} \times 14 \text{ mm}$
- ・チップサイズ: $7.3 \text{ mm} \times 7.3 \text{ mm} \times 0.1 \text{ mm}$
- ・ソルダーレジスト厚み: $20 \mu\text{m}$
- ・アンダーフィル厚み: $50 \mu\text{m}$
- ・各配線層の厚み: $12 \mu\text{m}$ (残銅率60%)

図2 反り評価パッケージの構造

Figure 2 Structure of the package evaluated for warpage

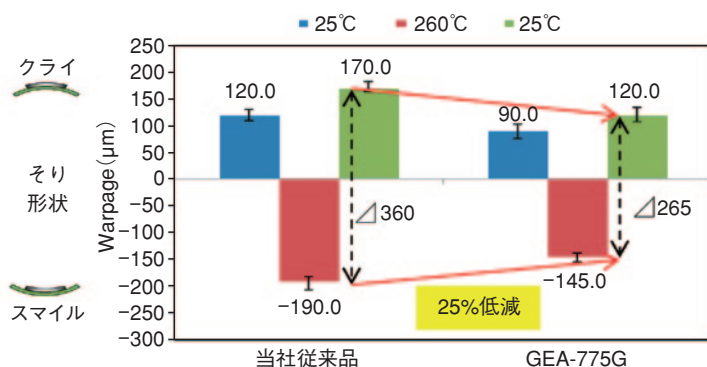


図3 反り評価結果

Figure 3 Results of the warpage evaluation

4. 耐絶縁性評価

スルーホール(以下、THと略す)間のCAF(Conductive Anodic Filament)評価を行った。評価基板構造および試験条件を図4に、CAFの評価結果を図5に示す。GEA-775Gの絶縁性は、TH壁間距離 0.15 mm 、 0.20 mm ともに、初期から500時間までの間で絶縁抵抗値の低下がなく良好である。

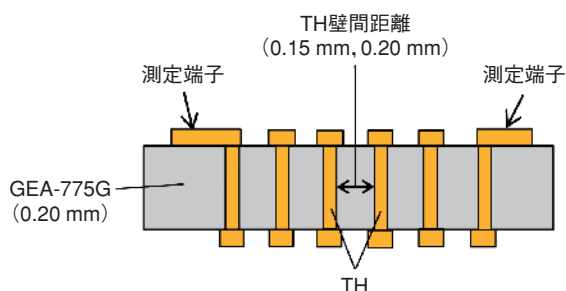


図4 絶縁性評価基板の構造

Figure 4 Structure of the substrate evaluated for insulation performance

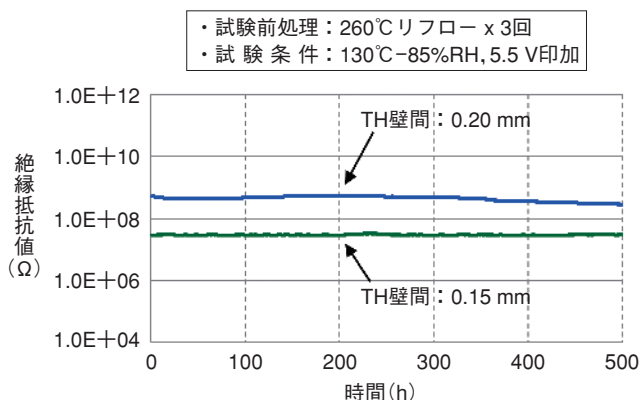


図5 絶縁性評価結果

Figure 5 Results of the insulation evaluation

5 今後の展開

- ・パッケージのさらなる低反り化に向けた低熱膨張、低弾性多層材料の開発

【参考文献】

- 1) 高木善範: PoP実装におけるはんだ付け工法, 電子材料, 47, No.1, pp.66-69, (2008)

伸縮配線材料

Copper-Clad Stretchable and Flexible Film

川守 崇司 Takashi Kawamori 正木 剛史 Takeshi Masaki 小川 禎宏 Tadahiro Ogawa

イノベーション推進本部 先端技術研究開発センタ 有機材料研究部

1 概要

近年、衣服や肌に装着するだけで簡便に生体信号の取得を可能とするウェアラブルデバイスが注目されている。その中でも今後拡大が見込まれるストレッチャブルデバイスへの適用を目的に、銅箔と耐熱性が高い伸縮性基材を組み合わせた伸縮配線材料を開発した。本材料は基材単体の破断伸びが550%であり、50%引き伸ばし後の回復率は94%である。また、通常のエッチングプロセスにおける耐薬品性と、実装プロセス温度に対応した耐熱性を備えている。また、10 GHzにおける比誘電率が2.3、誘電正接が0.0030であるため、省電力化が可能である。これらの特性から伸縮配線材料はストレッチャブルデバイスに適用可能な材料といえる。

In recent years, wearable devices that track vital signs and that can be worn under, with, or on top of clothes or skin, have been attracting a lot of attention. Among wearable devices, the market for stretchable devices in particular is expected to grow. In light of such circumstances, we have developed a new material to be used to manufacture such devices. This new material consists of elastic film that is laminated with copper foil and is resistant to high temperatures. The elastic film has excellent mechanical properties: it is capable of elongating by 550% and has a recovery rate of 94%. In addition, this material is resistant to both the chemicals and the heat associated with the subtractive process and the N₂ reflow process. Furthermore, the material has a low dielectric constant (Dk) of 2.3 at 10 GHz, and a dielectric dissipation factor (Df) of 0.0030 at 10 GHz. Both of these properties are important for flexible substrates used in high-frequency devices.

2 製品の特徴

- ・伸縮時の抵抗変化が小さく、安定した導電特性を実現。
- ・誘電率、誘電正接が低く、高周波領域での省電力が見込める。
- ・既存の回路形成および実装プロセスに対応し、新たな設備投資が不要。

3 開発の経緯

さまざまなものがインターネットでつながるIoT(Internet of Things)が注目されており、端末の新形態としてウェアラブルデバイス¹⁾²⁾が開発されている。このような背景の中、ウェアラブルデバイスにはデバイスが持つ従来の機能に加え、装着の快適性が求められており、伸縮可能なデバイス(ストレッチャブルデバイス)を用いて、人体などの曲面に適用する検討が行われている³⁾。ストレッチャブルデバイスへの導体には伸縮可能な導電ペーストの適用が検討されているが、導電ペーストの多くが金属フィラーを用い、導通を確保しているため、繰り返しひずみを加えると抵抗値が上昇する課題がある⁴⁾。また、フレキシブルプリント配線板を用いた場合、抵抗値は安定するものの形状への追従性が低く小型化が難しい。そこで、当社では繰り返しひずみを加えても抵抗値が安定し、かつ形状への追従性が高いストレッチャブルデバイス用の配線材の開発を試みた。

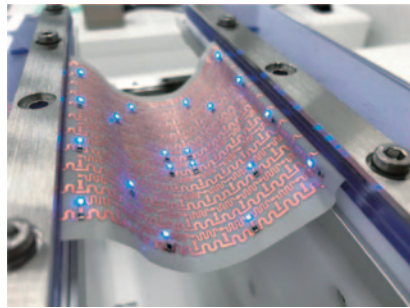
4 技術内容

1. 伸縮配線材の設計コンセプト

ストレッチャブルデバイスに適用可能な基材とするためには追従性に優れ、伸縮時に抵抗値が安定し、部品実装を可能とする耐熱性が重要である。そこで当社では配線基板の技術と複合材技術を融合させた伸縮配線材を開発した。導体は銅箔をミアンド構造にエッチングすることで伸縮性を確保し、エラストマと熱硬化性樹脂を組み合わせた伸縮可能かつ耐熱性が高いフィルムを基材層とする複層構造を適用した。

2. 伸縮配線材の一般特性

表1に伸縮配線材の一般特性を示す。基材単体の破断伸びは550%であり、50%引き伸ばし後の回復率は94%である。また、配線形成時に使用する薬品に耐性を持ち、耐熱性にも優れているため、通常のエッチングプロセスおよびはんだ実装の対応を可能とした。



Copper foil layer (18 μm)
Stretchable film (80 μm)
Copper foil layer (18 μm)

図1 伸縮配線材の構成と作製したサンプルデバイスの写真
Figure 1 Structure of copper-clad stretchable and flexible film (upper) and a sample device (lower)

表1 伸縮配線材に使用している基材の一般特性

Table 1 Properties of the elastic film used for the copper-clad stretchable and flexible film

Item	Property	Note
Tensile elongation	550%	Film thickness: 100 μm
Tensile modulus	5.0 MPa	
Recovery rate	95%	
Peel strength (copper foil)	> 1.0 kN/m	90° peel
Dielectric constant	2.3	At 10 GHz, using the cavity perturbation method
Dissipation factor	0.0030	At 10 GHz, using the cavity perturbation method
Breakdown voltage	7.0 kV	Film thickness: 80 μm
Heat resistance	No change	260°C, 10 s, 10 cycles in an N_2 atmosphere
Chemical resistance	NaOH	No change
	Na_2CO_3	No change
	Copper etchant	No change

図2に配線形成後、基材の伸長率と配線の電気抵抗変化を観察した結果を示す。図2の結果から伸縮配線材は90%伸長しても抵抗値変化は5%以下であることが分かる。

また、図3に基材を10%繰り返し伸縮させた配線の電気抵抗率変化を示す。図3の結果から伸縮配線材は15,000回繰り返し伸縮させても抵抗率変化は小さいことが分かる。

さらに本材料は低い比誘電率および誘電正接を有しており、10 GHzにおいてDkが2.3、Dfが0.0030である。

これらのことから伸縮配線材はさまざまな形態のストレッチャブルデバイスに適用可能な配線材料であると考えられる。

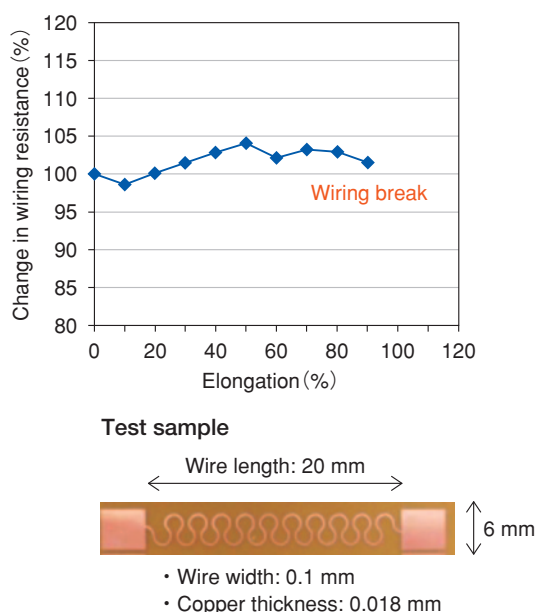


図2 伸長時の配線抵抗値測定結果
Figure 2 Change in the wiring resistance of a wire when stretched

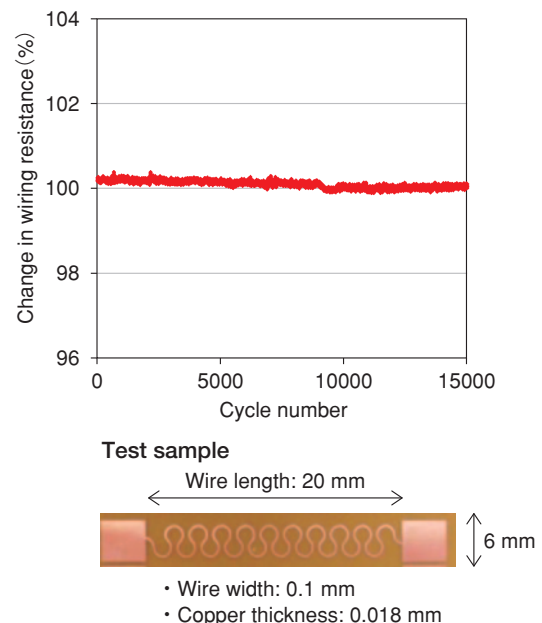


図3 繰り返し伸縮時(10%ひずみ)の配線抵抗値測定結果
Figure 3 Change in wiring resistance during stretching test cycles under a 10% tensile strain

5 今後の展開

・低熱膨張材の開発 ・高密着伸縮性配線カバー材の開発 ・高周波(5G)対応低伸縮高柔軟配線材の開発

【参考文献】

- 1) 近藤信一, ウェアラブル端末市場における日系電子部品メーカーの競争戦略, 総合政策第17巻第2号, pp.209-228, 2016.
- 2) 賀川勝, ウェアラブルデバイスの市場規模と今後の展開, エレクトロニクス実装学会誌, 18巻6号pp.390-395, 2015.
- 3) K. Fujii, Wearable Sensing Devices for Unobtrusive Biomedical Monitoring, Proc. of IEEE CPMT Symp. Japan 2015, pp.196-199, 2015.
- 4) 荒木徹平ほか, 繰り返しひずみを与えた銀フィラー伸縮性導体の電気抵抗評価, 第26回エレクトロニクス実装学術講演論文集, pp.322-325, 2012.

ターボチャージャ用高耐摩耗材料

Sintered, Highly Wear-Resistant Material for Turbochargers

深江 大輔 *Daisuke Fukae* 山西 祐司 *Yuji Yamanishi*

開発統括本部 自動車部品開発センタ 粉末冶金開発設計部

1 概要

内燃機関の燃費向上や排気ガス規制の観点から、乗用車のターボチャージャの搭載率は増加している。特にガソリン車への搭載が急増しており、その比率はディーゼル車を上回っている^{1)~4)}。ガソリンエンジンでは、ターボチャージャの排気ガス温度が高温となるため、排気ガスの流量を制御する耐熱軸受には、耐摩耗性および耐酸化性に優れたオーステナイト高クロム鋳鋼(以下、高クロム鋳鋼)が一般に用いられていた。しかしながら、リーンバーン等の燃費向上技術の付与により、排気ガス温度は1273 K近くまで上昇し、さらなる耐摩耗性が必要とされた。そこで、焼結材料の特徴である合金設計の自由度を生かし、オーステナイトステンレス鋼基地中に微細な炭化物を分散させた高耐摩耗焼結合金を開発した。

From the viewpoint of improving fuel economy and regulating the exhaust gas of internal combustion engines, the boarding rate of turbochargers in passenger cars is increasing, in particular, for gasoline vehicles, where the boarding rate exceeds that of diesel vehicles.¹⁻⁴ In gasoline engines, because the temperature of exhaust gas released by turbochargers becomes quite high, austenitic high-chromium cast steel (hereinafter “high-chromium cast steel”), which has high wear-resistance and oxidation-resistance, is generally used for the heat-resistant bearings that control the flow rate of exhaust gas. However, as a result of the application of technologies to improve fuel economy (such as lean-burn engines), the temperature of exhaust gas now rises to near 1,273 K, precipitating the need for further wear resistance. To address this need, we developed a highly wear-resistant sintered alloy that consists of fine carbide dispersed in an austenitic stainless steel matrix, and takes advantage of the flexibility of the alloy designs characteristic of sintered materials.

2 製品の特徴

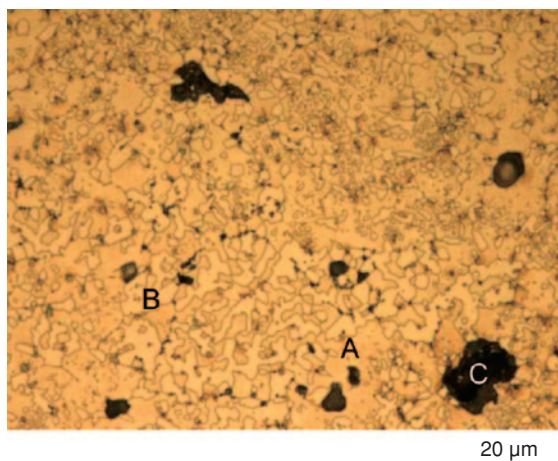
- ・高クロム鋳鋼を上回る高い耐摩耗性と低フリクション化を実現。
- ・高クロム鋳鋼と同等の高い耐酸化性を実現。

3 開発の経緯

ターボチャージャ用耐熱軸受は、排気ガスの流量を調整する摺動部品である。そのため、優れた耐摩耗性と耐酸化性が必要とされる。従来は高クロム鋳鋼が一般に用いられていたが、排気ガス温度の上昇とともに、摺動時の固着や摩耗が問題となり、さらなる耐摩耗性が必要とされた。そこで、成長市場であるガソリンターボチャージャへの参入を目的とし、高クロム鋳鋼を超える高耐摩耗焼結材の開発に着手した。

4 技術内容

開発材は図1の金属組織に示す通り、Fe-Cr-Ni-Mo系のオーステナイトステンレス鋼基地中に粒状の炭化物を分散させた材料であり、面積率で高クロム鋳鋼の約2倍の炭化物を微細に分散させている。液相焼結により7.3 Mg/m³の高密度化を実現しており、気孔は独立かつ微細である。図2に耐摩耗性の比較、図3に摩擦係数の比較を示す。開発材の摩耗量は1273 Kにおいて高クロム鋳鋼の約30%であり、摩擦係数は高クロム鋳鋼よりも低く安定している。これは開発材に分散する微細かつ多量の炭化物が凝着摩耗の起点を抑制しているためである。図4は耐酸化性の比較を示す。開発材の酸化増量は高クロム鋳鋼と同等であり、優れた耐酸化性を示す。気孔と炭化物の周囲に形成されるクロム欠乏層が主な酸化経路となるが、開発材は気孔が独立かつ微細であり、かつ炭化物の粒状微細化によりクロム欠乏層は非連続となり、酸化の進行が抑制されていると考える⁵⁾。



A：オーステナイトステンレス鋼基地 B：炭化物 C：気孔

図1 開発材の金属組織

Figure 1 Microstructure of the developed material

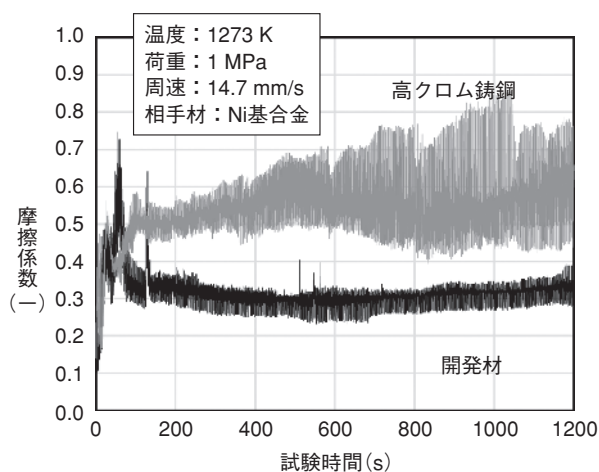


図3 摺動摩擦摩耗試験中の摩擦係数

Figure 3 Friction coefficient during the wear test

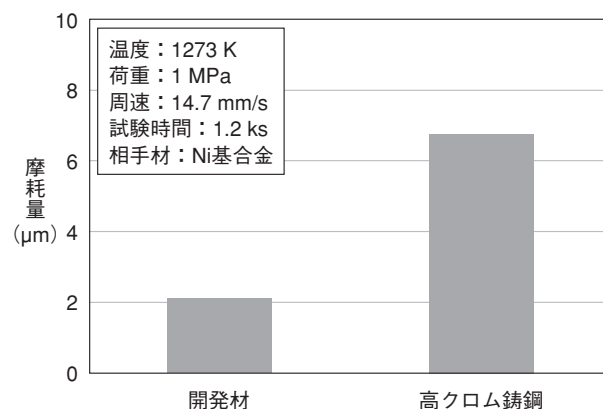


図2 リングオンディスク摩擦摩耗試験結果

Figure 2 Results of the wear test

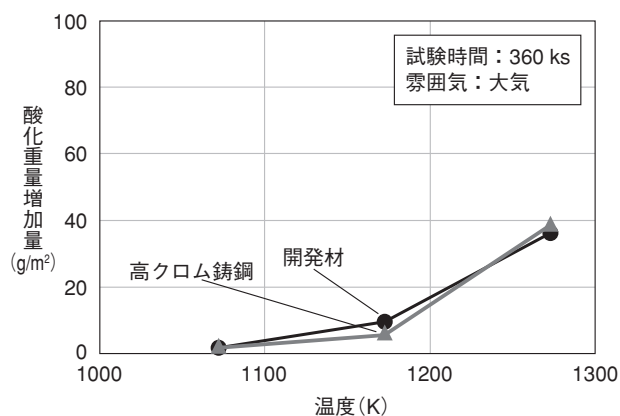


図4 酸化試験後の重量増加

Figure 4 Increase in mass after the oxidation test

5 今後の展開

高温における高耐摩耗性、高強度化の追求

【参考文献】

- 1) N. Takahashi, Honda R&D Technical Review, Vol.27 No.2, pp.11-19 (2015)
- 2) K. Matsumoto, M. Tojo, Y. Jinnai, N. Hayashi, S. Ibaraki, Mitsubishi Heavy Industries Technical Review, Vol.45 No.3, pp.2-5 (2008)
- 3) T. Yokoyama, K. Iwakiri, T. Yoshida, T. Hoshi, T. Kanzaka, S. Ibaraki, Mitsubishi Heavy Industries Technical Review,

Vol.54 No.1, pp.79-87 (2017)

- 4) N. Ooiwa, S. Takahashi, Y. Matsuyama, K. Nezaki, Y. Kuroki, IHI Engineering Review Vol.51 No.1 pp.43-49 (2011)
- 5) T. Yoshihiro, H. Kawata, Hitachi Powdered Meal Technical Report Vol.6 pp.16-21 (2007)

【関連特許】

特許第5987284号 特許第5939384号 特許第6229277号

高耐湿樹脂ケース形 フィルムコンデンサ “MKCP4T”

Resin-Encased, Metallized, Humidity-Resistant Film Capacitor, “MKCP4T”

金子 千恵 Chie Kaneko 小川 裕司 Yuji Ogawa

開発統括本部 電池技術開発センタ コンデンサ開発部

鈴木 謙吾 Kengo Suzuki

日立エーアイシー 製造本部 芳賀工場 設計部

1 概要

近年、DCリンク回路にアルミ電解コンデンサより実使用寿命が長いフィルムコンデンサを採用する事例が多くなっている。特に、再生可能エネルギーの分野に用いられるフィルムコンデンサには、さらなる長寿命化と難燃化に対する要望が増えている。

樹脂ケース形フィルムコンデンサの長寿命化と難燃化には、外装ケースと封止樹脂の改良が不可欠である。樹脂への難燃剤の添加は、耐湿性の低下を招き、水分侵入によりコンデンサ寿命が短くなってしまうため、その両立が難しい¹⁾。

当社では、コンデンサ素子の小形化、外装ケースの変更、新規封止樹脂の採用により、耐湿性と難燃性を両立する85℃、85% RH、1000時間保証品「MKCP4T」シリーズを開発した。

In recent years, an increasing number of renewable energy systems now use film capacitors, which last longer than aluminum electrolytic capacitors, for their DC link circuits. Today, there is a growing need for film capacitors that meet the UL-94 flammability standard's V-0 rating, and that are long-lasting and humidity-resistant.

Achieving both flame retardancy and humidity resistance is difficult, because a side effect of adding flame retardants to resin is a decrease in humidity resistance. Lower humidity resistance allows moisture to enter the capacitor, which in turn can shorten the capacitor's lifespan. As such, there is a need to improve the case and filler resin of encased film capacitors.

To this end, we developed the new MKCP4T series of capacitors that use thinner dielectric film, as well as a new outer case and epoxy resin. These adaptations allow MKCP4T capacitors to achieve both flame retardancy and humidity resistance, with specifications of 1,000 hours at 85℃ and 85% RH, guaranteed.

2 製品の特長

- ・高湿度環境下で使用されるDCリンク回路に適した耐湿性と難燃性を両立する樹脂ケース形フィルムコンデンサを開発した。
- ・85℃、85% RH、1000時間保証
- ・外装ケースおよび充填樹脂は、UL-94V-0難燃グレード採用

3 開発の経緯

一般的に、DCリンク回路に用いられるコンデンサは、単位体積当たりの静電容量が大きいアルミ電解コンデンサであるが、アルミ電解コンデンサには、誘電正接($\tan \delta$)が大きく、実使用寿命が5～10年程度と短いデメリットがある。一方フィルムコンデンサは、アルミ電解コンデンサより静電容量は小さいが、 $\tan \delta$ が小さく、実使用寿命が10～15年と長いメリットがある。このため、近年、DCリンク回路にフィルムコンデンサの採用が拡大している。特に、機器の保守・点検にかかる時間とコストを省くため、再生可能エネルギー分野での採用事例が多くなっており、さらに、実使用寿命20～25年への長寿命化も要求されている。

また、フィルムコンデンサに対する要求として、難燃性の付与も強まっている。使用部材の難燃化と長寿命化はトレードオフの関係であり、その両立は難しい。

本検討では、樹脂ケース形フィルムコンデンサの難燃化と長寿命化を検討した。評価方法には、実使用寿命が推定可能な加速試験として、高温/高湿バイアス試験(THB試験; 85℃ 85% RH)を採用した。本条件1000時間は、実使用寿命20年に相当する²⁾。

4 技術内容

今回開発した「MKCP4T」シリーズは、使用部材の耐湿性向上を図り、水分侵入を防止することで、85℃ 85% RH 1000時間保証を満足している。表1に仕様一覧を示す。

外装ケースには、透水量の少ないPPS材を適用している(図1)。封止樹脂には、耐湿性と難燃性を両立する新規エポキシ樹脂を採用した。また、誘電体フィルムの薄膜化により、コンデンサ素子の小形化、樹脂充填量の増加が可能となり、素子への水分侵入を抑制している。

以上の結果を適用することにより、THB試験1000時間後の容量変化率が±5%以内となっている(図2)。

表1 製品仕様
Table 1 Specifications

Item	Description		
Operating temperature	-40 ~ +105℃		
Rated voltage UN	700 Vdc	900 Vdc	1100 Vdc
Capacitance	15 ~ 80 μF	9 ~ 40 μF	6 ~ 30 μF
Dimensions [T×H×L]	21.5 mm × 38.5 mm × 43.0 mm ~ 35.0 mm × 60.0 mm × 57.5 mm		
Capacitance tolerance	±10%		
Dielectric	Polypropylene		
Humidity resistance	85℃ 85% RH with UN, 1000 h, $\Delta C \leq \pm 5\%$		
Standards	IEC61071 : 2007		
Electrode	No internal safety device		
Case and filling material	UL94V-0		
Environmental regulation	Comply with RoHS		

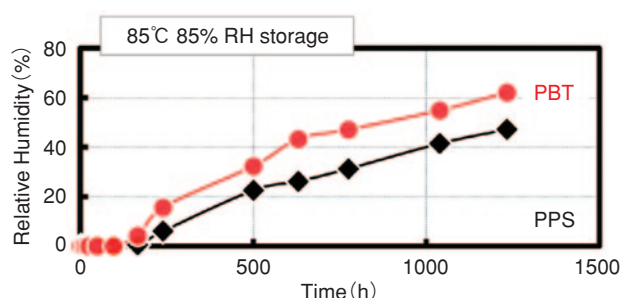
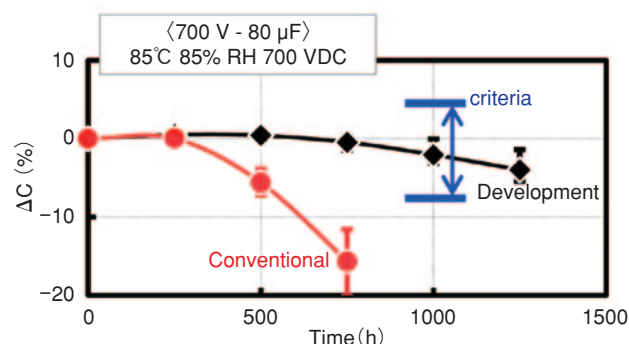


図1 外装ケースの透水試験結果
Figure 1 Moisture infiltration results

* preparation
Embed temperature sensor to PPS and PBT cases and sealed with epoxy resin
* Testing
Place samples in high temperature / humidity oven (85℃ 85%)
Calculated water penetration amount by sensor value



◆ Development: PPS Case, New Resin
● Conventional: PBT Case

図2 THB試験結果
Figure 2 THB test results

5 今後の展開

- ・ 定格電圧450 V品の追加
- ・ T=45 mm, H=80 mm以上の大型品の追加
- ・ 85℃ 85% RH 1500時間保証品の開発

【参考文献】

- 1) 位地正年, 木内幸浩, 「新しい機構によるエポキシ樹脂の難燃化」, マテリアルライフ学会誌, 15[2]56~60 (Apr. 2003)
- 2) ルネサス エレクトロニクス株式会社, 「信頼性ハンドブック」, Rev.2.50, 2017.01, p45

非流動性潜熱蓄熱材

Non-fluid Latent Thermal Storage Material

森本 剛 *Tsuyoshi Morimoto* 古川 直樹 *Naoki Furukawa* 木沢 桂子 *Keiko Kizawa*
佐野 温子 *Atsuko Sano* 永井 晃 *Akira Nagai* 横田 弘 *Hiroshi Yokota*
イノベーション推進本部 先端技術研究開発センタ 複合材料研究部

1 概要

熱は「エネルギーとして」や「廃棄すべきものとして」など、異なる環境によって扱われ方が大きく異なる。前者は省エネルギーの観点から排熱利用に関わる技術が求められている。一方、後者は半導体パッケージの小型高集積化に伴う発熱密度の増加により、電子機器の温度上昇が課題となり放熱・冷却技術が求められている。これらの課題を同時に解決するため、保温や吸熱が可能な「潜熱蓄熱材」に着目し開発を開始した。潜熱蓄熱材は固体から液体への状態変化を伴う温度である相変化点で蓄熱性能を発現する。この状態変化を伴うことが潜熱蓄熱材の応用を困難にさせているため、固液状態変化を伴っても流動しない潜熱蓄熱材を開発し、その効果を検証した。

Methods for handling heat vary greatly depending on the environment. For example, heat can be handled as energy or as something to be disposed of. In the former case, there is demand for technologies for utilizing waste heat from the perspective of saving energy. In the latter case, there is demand for technologies for releasing heat and for cooling in order to suppress rises in the temperatures of electronic devices associated with the high-density integration of increasingly smaller semiconductor packages. To address both of these issues, we focused on developing a latent thermal storage material that can retain and absorb heat. The latent thermal storage material we developed is a type of phase change material (PCM). The thermal storage performance of PCMs is most effective at the temperature where the material changes phases from a solid to a liquid. To expand the applicability of PCMs, we have developed a PCM that does not flow even as it changes phases, and have evaluated its effectiveness.

2 開発品の特徴

- ・相変化点以上の温度環境でも流動しない。
- ・蓄熱性能と強度や柔軟性を両立している。
- ・充填・塗布後に固定化できる。

3 開発の経緯

潜熱蓄熱材は、一定温度(融点や沸点)での固体から液体、液体から気体などの状態変化で蓄熱性能を発現する。このため、密閉構造内での使用に限定されており応用を困難にしている。この状態変化を抑制する技術として、一般的には潜熱蓄熱成分のマイクロカプセル化が進められている¹⁾。n-パラフィンなどの固液状態変化を伴う蓄熱成分をメラミンやアクリルといったポリマー成分でカプセル化した構成であり、融点以上の温度で液化してもシェルで形状を維持することができる。しかし、カプセル径は数十～数百 μm の粉状であるため、バインダと組み合わせなければ成形体としての形状を保持できない。また、蓄熱量を向上させるためにはバインダ内への高充填が必要となるが、混合物の強度や柔軟性などとの両立が困難となる。

当社ではこれまで培ってきたポリマーの分子設計技術や複合材における混合、分散技術を応用し、蓄熱性能と強度や柔軟性を両立可能な非流動性蓄熱材を開発した。

4 技術内容

(1) 材料コンセプト

図1に材料の設計コンセプトを示す。

(a)に示すように一般的な潜熱蓄熱材は相変化点以上になると融解し流動する。この流動を抑制するために(b)(c)に示す2つの手段で材料を設計した。(b)はポリマーマトリックス中に結晶成分を包含すること、(c)はポリマーの側鎖に結晶性構造を結合させることでそれぞれ非流動化を達成した。さらに(c)は架橋反応可能な官能基を導入することで、複雑形状への充填または塗布後に硬化させることも可能とした。

(2)材料特性〈温度上昇抑制効果〉

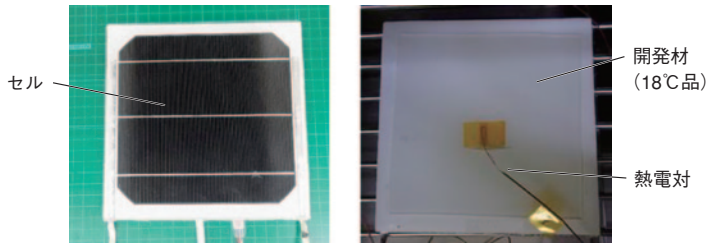
PVモジュールを例に挙げ、図2に示すようにバックシート面に蓄熱材を貼り付けた場合の温度上昇の抑制効果を検証した。測定概要も合わせて図2に示す。

ソーラーシミュレータにて照射し、バックシート面の温度と、温度変化に伴う発電特性を計測した結果を図3に示す。なお、発電は最大電力(Pmax)として記載した。

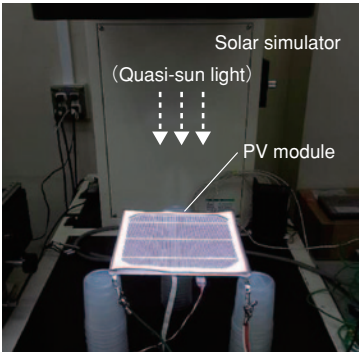
温度上昇は蓄熱材の融点付近で抑制された。また、温度上昇に伴い発電特性が低下する傾向があるが、温度上昇速度が低減したことで発電特性の低下を抑制できた。

表1 非流動性蓄熱材の特性例と想定製品形態
Table 1 Example of feature for non-fluidity thermal storage material and assumption product form

項目	単位	開発中蓄熱材		
サンプル名	—	A	B	C
構成	—	コンポジット		ポリマー
相変化点(融点)	℃	18	75	35
融解熱	J/g	137	143	71
想定製品形態	—	シート		シート ペースト (硬化可)



(a) PVモジュールの構成
受光面(左), バックシート面(右)



(b) 評価外観

図2 PVモジュールを用いた評価概要
Figure 2 Evaluation overview of PV module

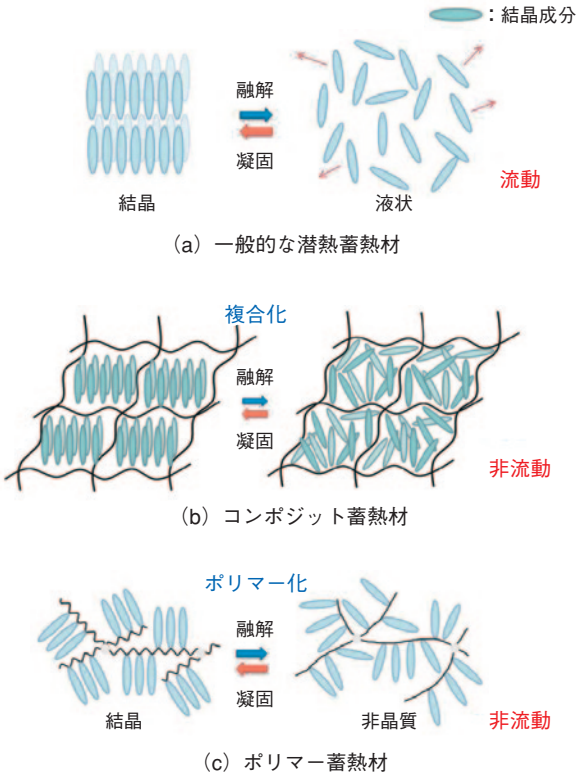
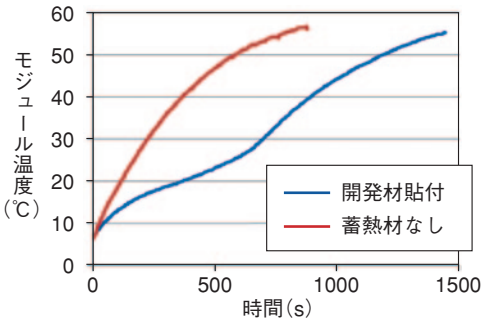
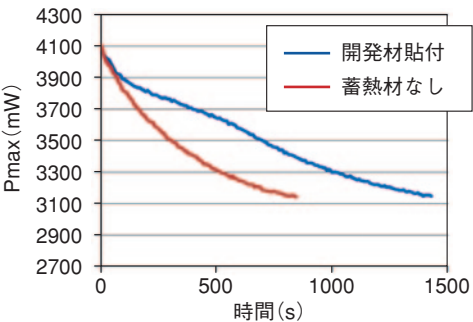


図1 潜熱蓄熱材の相変化概念図
Figure 1 Conceptual diagram of phase change of latent thermal storage material



(a) PVモジュールの温度上昇



(b) PVモジュールのPmaxの変化

図3 蓄熱材の効果
Figure 3 Effect of latent thermal storage material

5 今後の展開

・吸熱材としての用途開拓

【参考文献】 1) 特許第5651272号

— お問い合わせ先 —

掲載事項に関するお問い合わせにつきましては、弊社インターネットホームページの下記アドレスのお問い合わせフォームをご利用ください。

お問い合わせホームページアドレス：

<http://www.hitachi-chem.co.jp/japanese/contact/other.html>

日立化成テクニカルレポート 第61号

2019年1月

日立化成株式会社

〒100-6606 東京都千代田区丸の内一丁目9番2号(グラントウキョウサウスタワー) 電話(03)5533-7000(大代表)

制作協力 株式会社日立ドキュメントソリューションズ

〒135-0016 東京都江東区東陽六丁目3番2号 イースト21タワー 電話(03)3615-9000(大代表)

© 2019 Hitachi Chemical Co., Ltd. All rights reserved. Printed in Japan (禁無断転載)
