

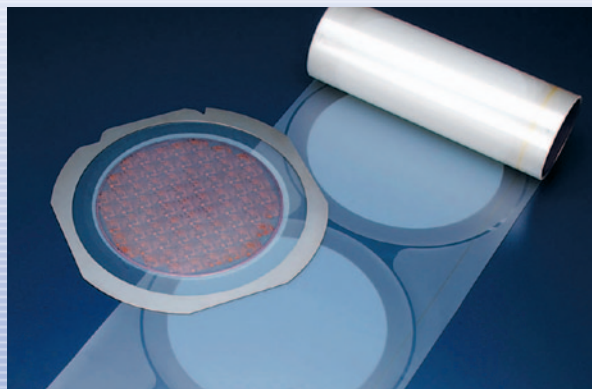
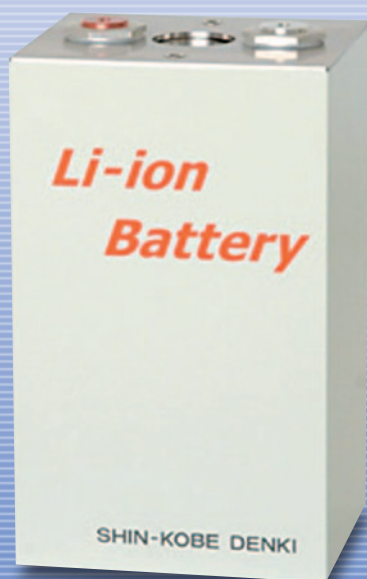
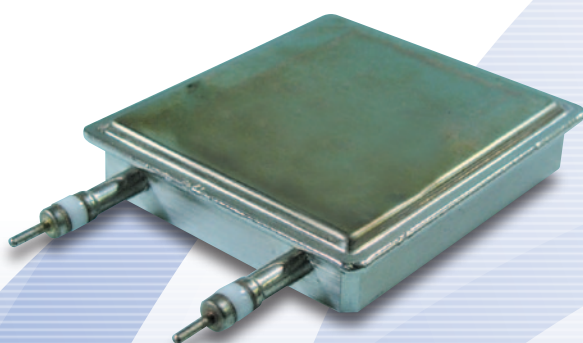
# 日立化成

## テクニカルレポート

分立50周年記念号

第 55 号 / 2013.1

**Hitachi Chemical**  
Working On Wonders

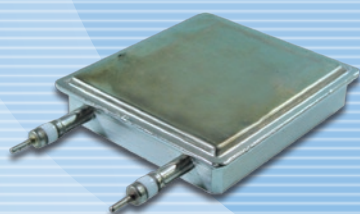


## 巻頭言

- 不断の研究開発により、新たな価値創造へ挑戦 ..... 4  
田中 一行 執行役社長・取締役

## 総 説

- リチウムイオン電池 ..... 6  
吉田 誠人・平沢 今吉・住谷 圭二 新事業本部 筑波総合研究所 電池技術開発センタ
- 蓄電デバイス・システム ..... 10  
酒井 政則 新事業本部 筑波総合研究所 電池技術開発センタ  
天野 雅彦 新神戸電機株式会社 産業用蓄電システム事業本部 SE事業統括部
- スマートコミュニティを支える機能性材料 ..... 13  
稲田 禎一 新事業本部 筑波総合研究所 基盤技術開発センタ
- 半導体ウエハプロセス材料 ..... 17  
野部 茂・篠田 隆・安西 創・松谷 寛 機能材料事業本部 電子材料事業部 ウエハプロセス材料開発部
- 半導体・電子機器用フィルム技術 ..... 21  
高野 希 機能材料事業本部 電子材料事業部  
藤縄 貢 機能材料事業本部 樹脂材料事業部 実装フィルム開発部  
加藤 利彦 機能材料事業本部 電子材料事業部 実装材料開発部
- 半導体実装基板材料の歩みと今後の技術動向 ..... 25  
中村 吉宏 機能材料事業本部 配線板材料事業部  
加藤木 茂樹 新事業本部 筑波総合研究所 情報通信材料開発センタ
- クラウドコンピューティングを支える配線板 ..... 31  
荻野 晴夫 電子部品事業部 開発設計部
- ナノマテリアル ..... 35  
山本 和徳 新事業本部 筑波総合研究所 高機能材料開発センタ
- レジンテクノロジー ..... 39  
小島 靖 新事業本部 筑波総合研究所 基盤技術開発センタ
- 無機材料の開発動向と当社の対応 ..... 43  
石橋 浩之・川合 潔・立園 信一 機能材料事業本部 無機材料事業部 無機材料開発部
- 「環境・安全・快適性能」を実現する自動車部材 ..... 47  
伊藤 哲夫 自動車部品事業本部 マーケティングセンタ
- 自動車における環境・省エネ技術動向と粉末冶金技術の対応 ..... 51  
石井 啓 自動車部品事業本部 粉末冶金事業部 粉末冶金開発部
- 診断薬事業の動向とMAST, セラテストム ..... 55  
澤崎 健 メディカル事業ユニット 開発グループ



■気密ケース入りモジュール  
総説 12「自動車における環境・省エネ技術  
動向と粉末冶金技術の対応」(p.51)

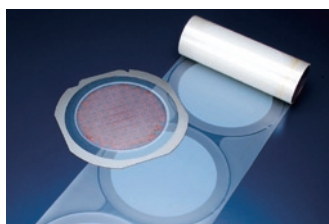


■銅張積層板  
総説 6「半導体実装基板材料の歩みと  
今後の技術動向」(p.25)



■φ 90-LGSO 単結晶  
総説 10「無機材料の開発動向と  
当社の対応」(p.43)

● Commentary .....	4
Kazuyuki Tanaka	
● Lithium Ion Battery .....	6
Masato Yoshida · Tokiyoshi Hirasawa · Keiji Sumiya	
● Energy Storage Devices and Systems .....	10
Masanori Sakai · Masahiko Amano	
● Functional Materials for the Smart Community .....	13
Teiichi Inada	
● Semiconductor Wafer Process Materials .....	17
Shigeru Nobe · Takashi Shinoda · Soh Anzai · Hiroshi Matsutani	
● Film Technologies for Semiconductor & Electronic Components .....	21
Nozomu Takano · Tohru Fujinawa · Toshihiko Kato	
● Technology Trends and Future History of Semiconductor Packaging Substrate Material .....	25
Yoshihiro Nakamura · Shigeki Katogi	
● Printed Wiring Board Supporting Cloud Computing .....	31
Haruo Ogino	
● Nanomaterials .....	35
Kazunori Yamamoto	
● Resin Technology .....	39
Yasushi Kojima	
● Development Trend of Inorganic Materials and Our Developments .....	43
Hiroyuki Ishibashi · Kiyoshi Kawai · Shinichi Tachizono	
● Automotive Parts for “Environment, Safety and Comfort Performance” .....	47
Tetsuo Ito	
● Trends in Environmental and Energy-saving Technology for Automobiles and Corresponding Developments in Powder Metallurgy .....	51
Kei Ishii	
● The Business Trend of In-Vitro Diagnostics: MAST and Seratestam. ....	55
Takeshi Sawazaki	



■ダイシング・ダイボンディングテープの形態  
総説 5「半導体・電子機器用フィルム技術」(p.21)



■セル  
総説 1「リチウムイオン電池」(p.6)



■マストイムノシステムの構成  
総説 13「診断薬事業の動向と MAST, セラテストム」(p.55)



執行役社長  
取締役

田中 一行

## 不断の研究開発により、 新たな価値創造へ挑戦

日立化成は、1962年、日立製作所より分離独立して、昨年、50周年を迎えました。分離独立時の4製品(絶縁ワニス、カーボンブラシ、積層板、絶縁ガイシ)を源流製品として引き継ぎ、以来、材料技術、プロセス(合成・加工)技術、評価技術を磨き、多くの製品群を生み出してきました。現在、4つの事業領域、つまり、「情報通信・ディスプレイ」、「自動車・交通」「環境・エネルギー」「ライフサイエンス」の各事業領域を重点事業領域と定め、多種多様な材料・部品を提供する企業グループへと成長しました。この間、我々が追求してきたのは、材料・部品の供給にとどまらず、MSS(マテリアル・システム・ソリューション)として、新たな価値をお客様に提供し、お客様へ貢献することを第一に考えることであります。

2013年、51年目を迎えた日立化成グループは、次の50年、さらには、100年に向け、歩みをスタートします。不確実性が一段と高まる事業環境の中ですが、研究開発に対する新たな挑戦を通し、成長する企業グループでありたいと思っています。これこそが、企業理念として定めた、「次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」を実現することになると信じています。

今回、日立化成テクニカルレポートでは、各事業領域において、我々の新たな挑戦を紹介しています。この節目の年に、未来に対する我々の洞察や展望を踏まえ、日立化成グループの研究開発の方向性を明確にすることは、我々を取り巻くステークホルダーの皆様へ、我々の将来の姿を伝えることになると考えています。

化学製品の中でも、機能性材料として分類される製品群を多種多様に持つことは、日立化成グループの大きな特徴であります。特に、情報通信・ディスプレイ分野では、半導体の前工程や後工程のプロセス材料から実装材料まで、総合的に製品ラインアップを揃える唯一のメーカーであります。この分野の発展に寄与する主導的な材料を提案してまいります。さらに、一層の性能向上や新たな機能発現には、分子レベルまで研究を深めることが、非常に重要になってきております。無機材料から有機材料における、その成果と将来展開を製品分野ごとに紹介してまいります。



自動車部品は、材料技術を生かし、特徴ある製品群を持つ事業分野です。現在、グローバル市場に積極的な展開をするとともに、環境・安全・快適のキーワードの下に、将来の自動車部品の研究開発にも注力しています。材料の特徴を生かした部品展開の進捗について見ていただきたいと思います。

環境・エネルギー分野は、機能性材料、自動車部品に次ぐ、第3の事業として日立化成グループを挙げて育成していく分野と位置付けております。再生可能エネルギーをはじめ、各種エネルギーの有効利用には産業用蓄電デバイスが欠かせません。産業用リチウムイオン電池をはじめとする各種産業用蓄電デバイスの開発、さらには、システムの開発へと事業展開してまいります。材料技術を基に、高信頼性・長期寿命を追求し、日立化成グループの特徴を強化する取り組みを紹介してまいります。

ライフサイエンス分野は、非常に領域の広い事業領域ですが、この中で、日立化成グループは、診断薬とそのシステムに特化し、研究開発を進めております。この分野において、高い技術力を生かしたシステム提案を行ってまいります。

今後、市場は、かつてないスピードでダイナミックに変化し、グローバルに拡大していきます。この変化する市場の中で、日立化成グループは、新たな挑戦を通して成長してまいります。我々自身を日々刷新し、絶え間なく変化する市場に先んじた存在でありたいのです。我々の材料技術に対する深い知見を束ね、お客様のニーズに応じて行くとともに、世界がこの先必要とするものを見だし、お客様の期待を超える価値を提供する企業グループへと成長してまいります。

これを実現するのは、日立化成グループに受け継がれている3つの遺伝子です。新しいものに果敢に挑戦する「開拓者精神」、時代や市場の変化に適応する「柔軟性」、そして、「強いお客様志向」です。この強みを生かし、常に、研究開発を怠らず、企業理念の「次代を拓く優れた製品と技術の開発を通して社会に貢献すること」の実現に邁進してまいります。今後の日立化成グループの活躍にご期待ください。

# リチウムイオン電池

## Lithium Ion Battery

吉田 誠人 Masato Yoshida 平沢 今吉 Tokiyoshi Hirasawa 住谷 圭二 Keiji Sumiya  
新事業本部 筑波総合研究所 電池技術開発センタ

リチウムイオン電池(以下、LIB)は小型電子機器、自動車、産業用機器の分野で使われており、今後の市場拡大が見込まれている。当社は、保有するさまざまな有機・無機材料合成技術やプロセス技術などをベースにして、高性能炭素系負極材を主体とするLIB材料の研究開発や製品化を進めてきた。2012年10月には、新神戸電機株式会社のLIBデバイス開発グループと当社筑波総合研究所のLIB材料開発グループを統合し、材料技術とLIBデバイス技術を融合させた研究開発組織を発足させた。以下、当社が進めている産業用LIB及び材料技術について概説する。

The market of lithium ion battery (LIB) is growing year by year in small electronic equipment, cars and industrial applications, and the further expansion in future is expected. We have developed and commercialized the LIB related materials such as high-performance carbon cathode based on the technologies of various organic and inorganic materials. In October 2012, the development group of our Tsukuba Research Laboratory and the LIB equipment development group of Shin-Kobe Electric Machinery Co., Ltd. were consolidated for the fusion of technologies of material and device. In this paper, our LIB and LIB material technology for industrial use is outlined.

## 1 リチウムイオン電池の動向

リチウムイオン電池は、携帯電話、パソコン用などに代表される民生用から始まり、自動車用へ、さらに産業用へ普及しようとしている。民生用LIBは、スマートフォン、タブレット端末の登場によって、さらに高いエネルギー密度を要求されている。それを実現するために、炭素系負極活物質に代わりSi系負極活物質が採用され始めている。また、安全性をより高めるために、セパレーター表面あるいは電極表面にセラミックを塗布する技術<sup>1)</sup>なども実用化している。

自動車用LIBについてみると、HEV、EVなど、それぞれの車に最適なセルが開発され、本格的な実用化が始まっている。HEV用LIBは高出力が要求され、現在4,500W/kgのセルも開発されている。内部抵抗を下げるための様々な工夫がなされている。EV用LIBは走行距離を伸ばすために高いエネルギー密度が要求され、現在130 Wh/kg前後のセルが実用化されている。自動車用LIBは、多くのセルを組み合わせたモジュールとして使用されるため、各セルの状態管理技術、熱管理技術も重要である。

一方、産業用LIBは、太陽光発電、風力発電の出力変動緩和、工場、ビルなどにおける使用電力のピークカット、非常時の電源バックアップなどを目的に各種実証試験が広く行なわれる段階となっており、一部実用化も始まっている。産業用LIBは、用途によって要求性能が大きく異なるが、長寿命、高いレベルの安全性、信頼性が要求され、開発が進められている。

以下、産業用LIBの具体例として、当社グループ新神戸電機株式会社の製品、技術を紹介する。

## 2 産業用リチウムイオン電池

### 2.1 高出力、長寿命の大容量セル：CH75

このセルは、容量75 Ahの大容量セルであり、大規模な蓄電システムを比較的少ないセル数で構成することができ、信頼性の高い、低コストの蓄電システムを提案することができる。大容量セルでありながら3 CA (225 A) 連続放電を可能としており、工場などにおける使用電力のピークカットに必要な30分以内の短時間放電にも対応できる。放電の繰返し(25℃、放電深さ70%)においても4,000サイクルの寿命が期待できる。このような高出力化、長寿命化を実現するために、新規なMn系正極活物質<sup>2)</sup>の採用、さらに、電極と電解液の低抵抗化、負極表面に形成されるSEI皮膜の安定化などを行なっている。

また、75 Ahという大容量セルでありながら、高い安全性を確保しており、JIS安全性規格(C 8715-2)などを満足している。図1にセルと6セルから構成されるモジュールの外観写真を示す。

### 2.2 フロート用長寿命大容量セル：KL200FL

このセルは、新神戸電機株式会社がNTTファシリティーズ株式会社殿とフロート用を目的に共同開発した容量210 Ahの大



図1 CH75 セルとモジュール  
Figure 1 CH75 Cell and Module



図2 KL200FL セルと48 V蓄電池システム  
Figure 2 KL200FL Cell and 48 V Battery System

容量セルである。通信設備、データセンタなどにおける電源バックアップ用の蓄電池システムに使用される。このセルの大きな特長は、都市部のビル内に多くのセルがデータセンタのように設置されることを考慮して、可燃性の有機電解液を難燃化し高安全化していることである。電解液を難燃化するためには、ホスファゼン系の難燃剤が新規な電解液組成と組み合わせて用いられている<sup>3)</sup>。また、寿命については、Mn系正極活物質の改良や上述した新規な電解液組成の採用などによって、10年以上の期待寿命を達成している<sup>4)</sup>。図2にセルとこのセルを使用した電源バックアップ用48 V系蓄電池システムの外観写真を示す。

以上、当社の産業用LIBの技術を紹介したが、大規模蓄電システムにおけるセルの寿命については、設備と同等の10～20年の寿命が期待されている。このため、当社は、電解液の難燃化や不燃性イオン液体などを用いた本質的安全化技術、長寿命化技術の開発を進めている。

### 3 将来のリチウムイオン電池普及に向けて

LIBの民生用、自動車用、産業用、それぞれの市場規模は今後とも拡大が見込まれている。特に自動車用はここ数年で急速に立ち上がり、産業用も2015年には約4,500億円/年規模の市場が予測されている。自動車用、特にEV用LIBは、普及のために画期的なエネルギー密度の向上と低コスト化が求められている。NEDOによれば、2020年頃にはエネルギー密度250 Wh/kg、コスト約20円/Whの目標が設定されている。さらに、2030年頃にはポストLIBを視野に入れ、エネルギー密度500 Wh/kg、コスト約10円/Whを目指している。

当社の事業領域となる産業用LIBの市場は自動車用LIBの普及拡大を追う形で立上ることが予想されるため、先行する民生用、自動車用で市場実績を積んだ技術が、低コストで産業用に展開されると考えられる。したがって、先行するこれらの技術を見極めながら、産業用LIBの技術を開発する必要がある。また、将来のエネルギー計画の中で期待されている各種大規模蓄電システムに対して、早期に実証試験に取組み、実用化のための技術を蓄積して行く必要がある。

一方、蓄電システムの使われ方は、太陽光発電の出力変動緩和、工場の使用電力ピークカットなど、目的によって大きく異なっている。そのため、例えばLIBと鉛蓄電池のハイブリット蓄電システムによって、急速充放電はLIBで、ゆっくりとした充放電は鉛蓄電池で行うなど機能分担し、コスト、長期信頼性から最適な蓄電システムを構成し提案して行く必要がある。産業用LIBの性能向上と共に、当社の鉛蓄電池、リチウムイオンキャパシタ、コンデンサを組合せた最適なソリューションを提案するための技術が期待されており、今後ますます重要となる。

### 4 リチウムイオン電池材料の概況

リチウムイオン電池(LIB)は1991年の製品化以降、携帯電話、PCなどの小型モバイル機器の需要急拡大、HEV、EVなどの環境対応車の市場拡大、更に震災後の再生可能エネルギー政策等による産業用途の拡大によって2020年には10兆円規模の基幹産業に成長すること<sup>5)</sup>が予想される。一方、特性面ではさらなる高エネルギー密度、長寿命化、高安全化、低コスト化などについてブレークスルーが求められており、新材料も含めた新たな技術開発が必須の状況にある。LIB主要材料は以下の一般的な主要共通課題として<sup>6)</sup>

- ・正極材／高容量化、電子伝導性向上、高速充放電対応、他
- ・負極材／高容量化、サイクル特性向上、他
- ・セパレーター／安全性向上(耐熱性とシャットダウン機能の両立)、他
- ・電解液／難燃性、不燃性、Liイオン伝導性、浸透性、他
- ・バインダ樹脂／耐電解液性、高密着性、他



が挙げられ、用途、使い方に応じた要求特性の実現に向けて様々な材料開発が進められている。当社では保有する様々な有機・無機材料合成技術、プロセス技術などの材料関連技術をベースにして、高性能炭素系負極材を主体としたLIB材料の研究開発や製品化を進めてきた。以下にその具体例として、当社で進めるLIB材料及び材料技術について紹介する。

## 5 当社のLIB材料および材料技術

### 5.1 負極材

LIBが1991年に製品化されて以来、高性能化の中で高エネルギー密度化、大電流特性の向上への要求は現在も続いている。この間、炭素系材料がその主流材料の位置にあり続けているが、近年では化学量論的に炭素系材料よりも大きな容量が期待できるシリコン(Si)、スズ(Sn)などを利用した金属系負極材料や複合系材料も一部実用化され始めている。しかしながら、これらの新規材料にはまだサイクル特性などの課題が残っているために、従来の炭素系負極材の性能向上が引き続き求められている<sup>7)</sup>。当社炭素系負極材の中で黒鉛系負極材は放電容量が黒鉛理論容量(372 Ah/kg)に近く、大電流放電時の放電容量低下が少ないこと、急速充放電に優れること、さらに、高い電極密度でも放電容量低下が小さく、電池の高容量化に貢献できるなどの特長<sup>8)</sup>をもつために、用途、使い方に応じた材料開発、製品化が行われ、各方面に供給している。一方、黒鉛理論容量以上の高容量化が要求される次世代負極材に対しては、現在、炭素系材料の2倍以上の高容量化が可能な急速充放電特性に優れた次世代向け金属系負極材の実用化の検証を進めている。今後さらなる性能向上実現に向けて研究開発、製品化を進めていく予定である。

### 5.2 バインダ樹脂

LIBの電極形成に不可欠なバインダ樹脂については電池特性の高性能化に対応するため、耐電解液膨潤性と接着性に優れた新規の溶剤系アクリルバインダ樹脂を開発している<sup>9)</sup>。この溶剤系アクリルバインダ樹脂は高い接着性能を有し、少量でも比表面積の大きい活物質の特性を十分に引き出すことが可能であり、電極を高密度化したときの容量低下が少ないことから、電池の高容量化に有効である。近年、環境や資源の問題の少ない負極電極形成用バインダ樹脂として、水分散系(以下、水系)バインダの要求が高まっている。また、Si系など次世代金属系負極材は充放電時の膨張/収縮の変化が黒鉛系負極と比較して大きい<sup>10)</sup>ため、電極構造維持にはバインダの新たな機能向上が求められる。このため、当社ではこれらの要求に対応した水系アクリルバインダ樹脂の開発に取り組み、以下の要素技術を確立している。(a)架橋構造を制御して高温弾性率を向上させ、高温サイクル耐性を改善する。(b)モノマを検討して高密着強度を実現する。(c)バインダの適度な分散性と被膜性を制御して電極形成時の活物質層/集電体層の高密着化と低抵抗の両立を実現する。これらの要素技術を活かした水系アクリルバインダ樹脂を次世代LIBへ展開し、更なる特性向上を期したい。

### 5.3 LIB高安全化添加剤/不純物金属トラップ素材：イモゴライト

LIBは環境対応車の需要急拡大、更に産業用途への用途拡大に伴い、大型化、高容量化が進んでいる。このため、従来以上に高安全化の重要性が高まり、過充放電保護回路や保護素子などのシステム上の対策と並行して、難燃剤の開発、短絡防止機構の実用化などの材料からの対策が進んでいる<sup>6)</sup>。当社ではLIBの短絡防止に効果のある不純物金属トラップ素材：イモゴライトを開発し、その実用化を進めている。図3にイモゴライトの外観を示す。イモゴライトは単層ナノチューブのアルミニウム珪酸塩でチューブ内外周表面に多数のOH基が存在する高比表面積材料であり、そのMn、Fe、Co、Ni、Cuの吸着能については、ゼオライト、活性炭など他吸着材料と比べ、優れていることを確認している。この結果を基にLIBの安全性向上原理検証としてCu異物添加電極を用いたLIBによる微短絡抑制効果について評価した。その結果、イモゴライト層を正極活物質に添加したセルの開路電圧(Open circuit voltage：OCV)の低下が6割以上以上改善された。また同抑制効果はセラミックス層や



図3 イモゴライトの外観

Figure 3 Appearance of Imogolite



キレートセラミックス含有層に比べて高いことも確認した。今後、イモゴライトの適応対象となるLIB構成材料(正極材・負極材・セパレーター・電解液)とのマッチングを図ることで、次世代大型・高容量LIBがより高安全化されることを期待している。

## 6 将来のLIB材料開発と日立化成グループのデバイス開発との融合

上記材料も含めてLIB構成材料(正極材・負極材・セパレーター・電解液・バインダなど)には優れた電池特性に加えて、高い安全性と信頼性を備え、資源・環境問題も考慮した、生産プロセスに対応可能な裕度の高い、高機能で経済性に優れた材料の必要性が、今後、一層高まるものと予想される。当社はこれまで高性能炭素系負極材事業を進めてきたが、今後は当社の有機・無機材料技術を駆使し、技術動向に適応可能な新材料の開発も進めて、次世代LIB高性能化に貢献したいと考える。

10月1日付けで新神戸電機株式会社のLIBデバイス開発グループと当社筑波総合研究所のLIB材料開発グループが統合し、電池技術の研究開発を総合的に実行する組織が発足した。今後、材料技術とLIBデバイス技術を融合することで優位な製品開発を加速し、今後のエネルギー分野に貢献し続けたい。

### 【参考文献】

- 1) 電池システム技術, p.158-159, オーム社(2012)
- 2) 春名博史, 他: 電力貯蔵用大容量リチウムイオン二次電池, 新神戸テクニカルレポート, 21号, p.11-14(2011.3)
- 3) 林晃司, 他: 通信バックアップ用リチウムイオン電池の要素技術, 新神戸テクニカルレポート, 20号, p.3-8(2010.2)
- 4) 林晃司, 他: 機器バックアップ用フロート充電仕様リチウムイオン電池・電池システム, 新神戸テクニカルレポート, 22号, p.3-8(2012.3)
- 5) 境哲男 マテリアルインテグレーション Vol.23, No.06 p.1-11, ティー・アイ・シー社(2010)
- 6) 2010電池関連市場実態総調査(下巻) 富士経済(2009)
- 7) 石井義人 マテリアルインテグレーション Vol.23, No.06 p.49-54, ティー・アイ・シー社(2010)
- 8) 石井義人, 他: 高エネルギー密度リチウムイオン電池負極材, 日立化成テクニカルレポート, No.36, P29-32(2006)
- 9) 真下清孝, 他: リチウムイオン電池負極用バインダ樹脂, 日立化成テクニカルレポート, No.36, P7-10(2005)
- 10) 電池ハンドブック, 電気化学会電池技術委員会編(2010)

# 蓄電デバイス・システム

## Energy Storage Devices and Systems

酒井 政則 Masanori Sakai

新事業本部 筑波総合研究所 電池技術開発センタ

天野 雅彦 Masahiko Amano

新神戸電機株式会社 産業用蓄電システム事業本部 SE事業統括部

新神戸電機株式会社は鉛蓄電池、産業用リチウムイオン電池、およびリチウムイオンキャパシタの蓄電デバイス事業を推進している。本報では、風力やメガソーラー発電などの再生可能エネルギーシステム分野、およびマイクロハイブリッド自動車システム分野を例としてあげて、それぞれの蓄電デバイスの要点と当社の取り組みを紹介した。MWh級の大容量蓄電デバイスである前者については、ハイブリッド化によるシステムの高稼働率化、高効率化技術の開発と事業化を進めている。後者については、ブレーキ回生に対する高い入力性能、および、アイドリングストップ・スタートの繰り返しに対する高い耐久性能をもつ新しい鉛蓄電池を開発し、市場に投入している。

Shin-Kobe Electric Machinery Co., Ltd. has been promoting the development of energy storage devices such as lead-acid batteries, lithium ion batteries for industrial use, and lithium ion capacitors. In this paper, we outline the key features of these storage devices for application in both a renewable energy generation scheme and a micro-hybrid automobile system. In a MWh-scale power generation system that collects energy from both wind and large-solar units, hybrid-energy storage devices are required to enhance operating rate and efficiency. In micro-hybrid automobiles that make use of an idling stop system (ISS), enhanced lead-acid batteries are key energy storage devices, and are required to have high dynamic charge acceptance to recuperate braking energy and high cycle durability under stop-start cycle conditions.

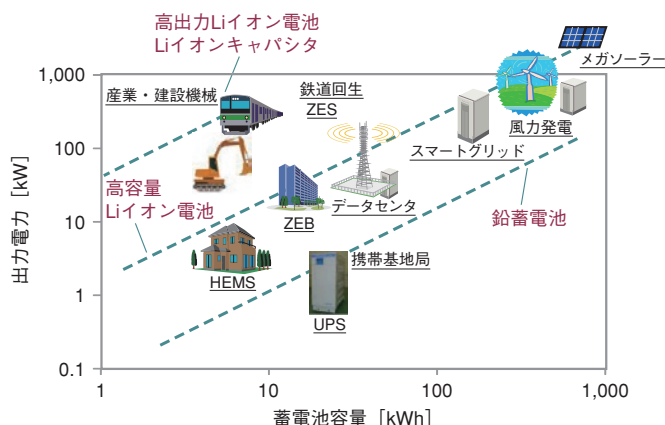
## 1 はじめに

蓄電デバイスは電気エネルギーを必要な時に蓄え、必要な時にエネルギーを取り出せるものである。地球温暖化対策の一環として今後、再生可能エネルギー、ハイブリッド自動車システムなど、多くの分野で蓄電デバイス技術の果たす役割がますます重要となる。本報告は新神戸電機株式会社が推進する新たな蓄電デバイス事業、および蓄電デバイスの役割と今後の社会インフラシステムの関係について具体例を挙げて紹介する。

鉛蓄電池は150年以上の歴史を持ち<sup>1)</sup>、極低温域から、エンジンルームなどの高温環境までの広い温度範囲で高い出力性能と信頼性をもつ。電池材料のリサイクル技術が確立しており、鉛蓄電池は今なお技術的にも、市場としても成長を続けている<sup>2)</sup>。リチウムイオン二次電池(LIB)に代表される新たな蓄電デバイスの普及に伴い、リチウムイオンキャパシタ(LIC)が新たな蓄電デバイスとして開発されている<sup>3)</sup>。LICは電気二重層キャパシタ材料である活性炭を正極とし、LIBの負極を基本構成とするものである。容量は低い、短い時間領域で優れた入出力特性、耐久性を有する蓄電デバイスである。新神戸電機株式会社はこれらの鉛蓄電池、産業用の大型LIB、およびLICの蓄電デバイス事業を推進している。

図1は種々の社会インフラ分野に関する蓄電システムにおける出力と容量の関係、および上記3種類の蓄電デバイス特性の概要を示したものである。図1に示されるように家庭用から風力発電などのメガワット時(MWh)といった大容量蓄電領域まで、蓄電デバイスは多くのシステムニーズへの対応を求められている。

以下、再生可能エネルギー発電プラントシステム、およびマイクロハイブリッド自動車システムにおいて蓄電デバイスに求められる、これまでとは異なる新たな役割、機能について紹介する。



ZEB : Zero Energy Building, ZES : Zero Emission Station, HEMS : Home Energy Management System, UPS : Uninterruptible Power Supply

図1 大容量蓄電システムと蓄電デバイス

Figure 1 Large energy storage systems and energy storage devices

## 2 再生可能エネルギーシステム

図1に示されるように、大容量蓄電デバイスとしては鉛蓄電池、LIBが適しており、高出力用途ではLICおよび高出力用に設計されたLIBが優れている。新神戸電機株式会社の鉛蓄電池のなかには電圧2ボルトの最小単位の電池でその容量が1000アンペア時(Ah)を越えているものもある。太陽光発電、および風力発電は自然の状況に発電が大きく依存し、自然の状況によって発電電力が安定しない。このような電力不安定要因を軽減し、安定した電力を高効率で供給できるシステムとするためには、タイプの異なる蓄電デバイスとの組み合わせが欠かせない。

図2に再生可能エネルギーシステムに関する大容量ハイブリッド蓄電システムを例示した。同図の蓄電デバイスでは、鉛蓄電池、リチウムイオン電池(LIB)、リチウムイオンキャパシタ(LIC)を並列に用いている。

安定した電力を高効率で供給できるシステムとするために、これらの蓄電デバイスは発電された電力を蓄電するだけでなく、電力出力時の波形をできるだけ平準化する役割をもつ。

風力やメガソーラーで発電された電力の波形は、図2の(a)発電電力波形に模式的に示すように、風の状態や昼夜、晴天/雨天によって変動する。このような不安定な波形の発電電力を図2の(b)に示すような安定な電力として供給するために、大容量蓄電ハイブリッドシステムはパワーコンディショニングシステム(PCS)を備えている。このPCSは、図2の(c)に示すような充放電パターンで電力を出力して(a)と重畳させ、(b)に示すような平準化された安定した電力の送電を可能とする重要な役割をもっている。

図2に示す3種類の蓄電デバイスの中で、鉛蓄電池は長い周期変動の発電電力波形領域に対応する大電力貯蔵機能をもつ。LIBも大電力貯蔵機能をもつが、鉛蓄電池に対応できる周期変動の領域だけでなく、LIBはさらに短い時間領域の発電電力変動にも対応できる。一方、LICは、容量は極小であるが、鉛蓄電池、LIBでは追従できない短い時間領域やパルス状の発電電力波形の変動にも追従可能である。したがって、これら3種の蓄電デバイスをハイブリッド化すれば、風力発電やメガソーラー発電の電力を効率良く蓄電できるだけでなく、パターン制御(c)重畳による安定化した波形(b)の電力が供給可能になる。

鉛蓄電池は、LIBに比べて低コストで大容量化可能という利点をもつ。これに対して、LIBは、エネルギー密度、出力密度に優れるので、大容量化が省スペースで図れるという利点をもつ。

発電システムの大型化に伴い、蓄電デバイスは多直列・多並列化が必要になる。現在、青森県の市浦風力発電所では、2010年1月から、総容量が10MWhを超える電力を鉛蓄電池単独で運用している<sup>4)</sup>。新神戸電機株式会社は蓄電デバイス単独運用のみならず、これらの蓄電デバイスを基にしてスペースの高効率化、稼働率向上、高信頼化対応の新しい蓄電ハイブリッドシステムを提供することができる。

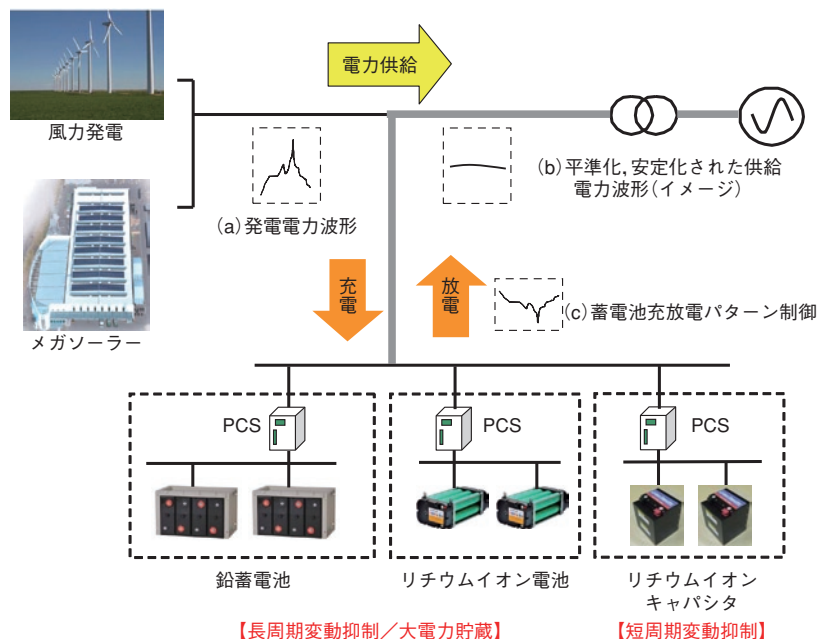


図2 再生可能エネルギーと大容量蓄電ハイブリッドシステム

Figure 2 Scheme for renewable energy generation systems with hybridized large energy storage devices

### 3 マイクロハイブリッド自動車システム

ハイブリッド自動車はハイブリッドシステムの機能とシステム電圧によって、大きくフル、ミューディアム、マイクロハイブリッドに分類されている。システム電圧が300 V前後のフルハイブリッド領域では、主電源としてニッケル水素電池またはリチウムイオン電池が主に使われており、補助電源として鉛蓄電池が用いられている。システム電圧が通常の乗用車と同じ14 V系で運用されるマイクロハイブリッドシステム、いわゆるアイドリングストップシステム (ISS) の主電源には鉛蓄電池が使われている。ISS車は信号停車している時など、エンジンのアイドリングを停止する機能を持ち、排ガス量を抑え、燃費を向上させることができる。

図3は世界市場の自動車生産台数とISS車関係の生産予測を示したものである<sup>5)</sup>。図から明らかなように、今後生産される乗用車の半分以上がISS機能を持つと予想されており、ISS車用の鉛蓄電池の将来の市場は極めて大きいと言える。

ISS車用鉛蓄電池の使われ方は、従来の鉛蓄電池のそれと大きく異なっている。従来は、エンジン始動時のみ大電流が必要であり、エンジン始動後は発電機から常時充電され続ける使い方であった。ISS車の場合、鉛蓄電池は、再発車時に数百アンペアの電流を供給してエンジンを再駆動するだけでなく、信号停止などでエンジンが停止したアイドリングオフの間もオーディオ、ファンなどに必要な電力を供給するという過酷な動作を繰り返さなければならない。このためISS車用の鉛蓄電池では、放電量の大きさと充電放電の繰り返し頻度が従来の鉛電池に比べて著しく増加する。放電分をこれまでのようにエンジンを動かして発電・充電していたのでは排気ガスが増え、燃費も下がる。このため、多くのISS車では、燃費を落とさず高率に充電する方法として、ブレーキ時の減速運動をモータージェネレータで発電してエネルギー回生する機能が搭載されている。対応する鉛蓄電池は、ブレーキ時のエネルギーを効率良く回生する十分な充電能力を有する必要がある。しかし、従来の鉛蓄電池では、充電抵抗が本質的に高く充電が入りにくい電池であるために、そのままISS車に用いるとすぐに充電不足となる。

このため、ISS車のシステムを充分機能させるためには、まず従来の鉛蓄電池の充電能力を大きく改善し、かつアイドリングストップとエンジンスタートの繰り返しに対する耐久性を確保する必要がある。

このような要求をみたすべくISS車用の鉛蓄電池の技術革新は、企業で鋭意進められている。ISS車用の鉛蓄電池は、これまでの自動車用鉛蓄電池とは特性的に大きく異なる別物とみなされており、この技術的飛躍を必要とする市場ニーズに対して、追従できる電池メーカーはかなり限定されるとみられている<sup>6)</sup>。新神戸電機株式会社はISS車用の鉛蓄電池開発をこれまで積極的に推進してきており、すでに高い市場投入実績を有している。

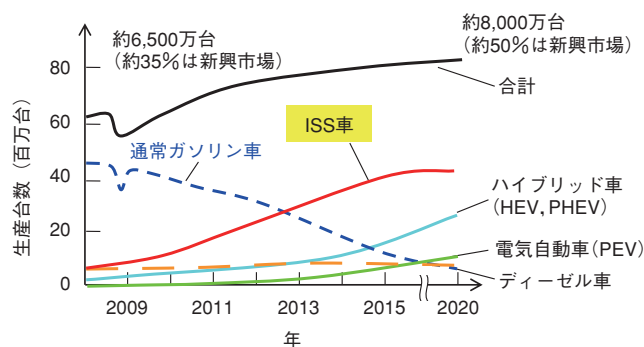


図3 ISS車の世界市場成長予測

Figure 3 Global production prospect, including ISS cars and others

#### 【参考文献】

- 1) P. T. Moseley and D. A. J. Rand, In celebration of the sesquicentennial of the lead-acid battery, Journal of Power Sources, No.195, p.4423(2010)
- 2) D. N. Wilson (翻訳：鉛亜鉛需要開発センター)：21世紀の鉛バッテリー，鉛と亜鉛，No.267, pp.15-23, 7月(2012)
- 3) 上原秀秋，他：高信頼性円筒型リチウムイオンキャパシタ，新神戸テクニカルレポート，No.20, pp.9-16(2010)
- 4) 佐野伸一，他：風力発電の出力変動緩和様制御弁式据置鉛蓄電池“LL1500-W”形，新神戸テクニカルレポート，No.21, pp.15-20(2011)
- 5) Automotive Technology, 7月号(2007), 7月号(2009), 9月号(2009), 11月号(2009)を基にした新神戸電機株式会社予測。
- 6) Batteries & Energy Storage Technology, No.30, pp.33-45, Autumn 2010



# スマートコミュニティを支える機能性材料

## Functional Materials for the Smart Community

稲田 禎一 *Teiichi Inada*

新事業本部 筑波総合研究所 基盤技術開発センタ

再生可能エネルギーを含むスマートコミュニティの確立には、送電ネットワーク管理などの電力システムの制御技術だけでなく、パワー半導体技術、再生可能エネルギー関連技術などの幅広い技術が求められる。当社はこれらに向けた炭化ケイ素単結晶、耐熱実装材料、放熱材料、太陽電池向け材料など多数の新材料を開発するとともに、材料の組み合わせ提案を行うことで、スマートコミュニティの実現に寄与している。これらの概略について述べるとともに、材料の供給安定性を高めるための取り組みについて述べる。

Establishing a smart community containing renewable energy requires many technologies, e.g. power transmission network and power electronics technologies, as well as renewable energy. Hitachi Chemical has developed many kinds of functional material, including silicon carbide single crystal, thermally-conductive materials and solar cell related materials towards the realization of a smart community. In this paper, their features and applications are described.

### 1 緒言

電気エネルギーの源に何をを選ぶか、地球温暖化の問題にどう対処して行くか、この答えを得るにはまだ時間がかかると思われる。このため、現時点では、得られたエネルギーをいかに有効に使うかについての最適解を探す必要がある。その解の1つがスマートコミュニティの実現である。すなわち、送電ネットワーク管理などの電力システムの制御技術、情報通信技術、パワーエレクトロニクス技術、蓄電技術、再生可能エネルギー技術を駆使して効率良く、安全で信頼性の高い電力システムを作ることである。当社はスマートコミュニティの実現に向けて幅広く機能性材料を提案している。本報では、このうちパワーエレクトロニクス用材料と再生可能エネルギー関連材料についての当社の取り組みと将来像について述べる。

### 2 パワーエレクトロニクス用材料

送電ネットワークや電気自動車、エアコンなどの機器の効率化には高効率なパワー半導体が欠かせない。炭化ケイ素(SiC)はシリコン(Si)と比較して3倍の禁制帯幅、10倍の絶縁破壊強度と3倍の熱伝導性を有することから、その絶縁、放熱特性を生かしてインバータを大幅に小型化、高効率化できると期待されている。SiCは図1に示すようにSiとCがsp<sup>3</sup>混成軌道を形成することにより、若干のイオン結合性を有する共有結合で結ばれた構造を形成する。このSiとCの積層配列の仕方には多様性があるため、170種類以上とも言われる多数の結晶形態(ポリタイプ)を生じる。SiC単結晶ウエハーを得るためにはこのポリタイプをいかに制御するかが鍵となる。

当社はこれまで多数のSiC多結晶製品群を開発、上市しており、この製造で培った超高温(1500℃以上)プロセス技術を生かして、現在、熱的平衡状態近傍での理想的な結晶成長が可能な溶液成長法(図1)によるSiC単結晶ウエハーの開発を進めている。SiCの実力を十分発現させるためには、結晶型をキャリア移動度が高い4H構造に精密制御し、かつマイクロパイブ欠陥などデバイス性能に悪影響を及ぼす結晶欠陥を抑制する必要がある。

当社は、2009年より技術研究組合次世代パワーエレクトロニクス研究開発機構(FUPET)に参加し、産業技術総合研究所や東工大、名古屋大と共同で高品質のSiCの開発に取り組んでいる。原理確認を既に完了し、大径ウエハーの作成に着手している<sup>1)</sup>。

SiCはSiに比べて高温での作動が可能であるため、冷却システムが簡易になるというメリットもある。しかし、それを実現するには、高い作動温度に耐える実装材料が必要になってくる。当社

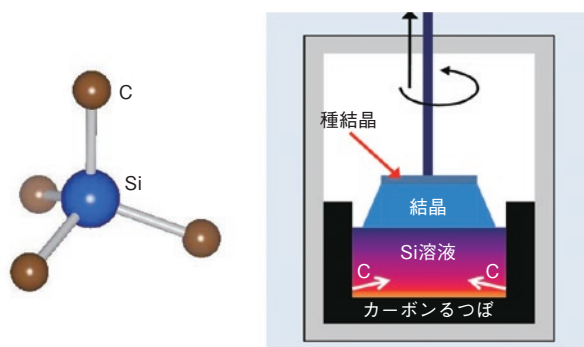


図1 SiCの基本ユニットと溶液成長法溶液法による4H-SiC結晶作成技術

Figure1 SiC structural unit and the method of growing single crystal SiC from solution

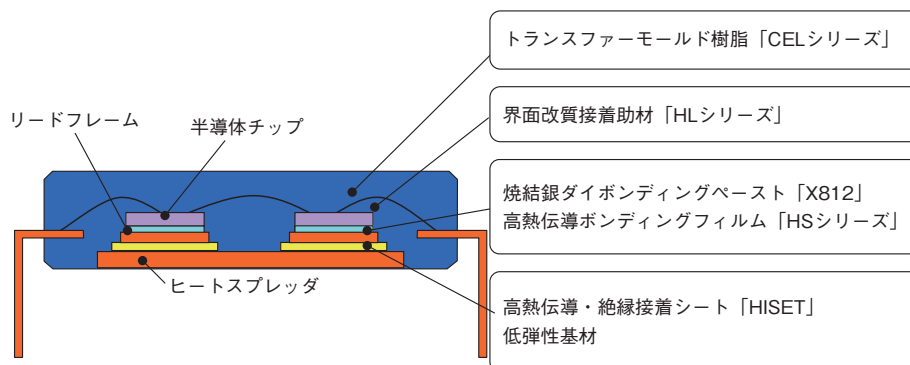


図2 当社の代表的なパワーモジュール用材料  
Figure 2 Hitachi chemical's technology for power module package

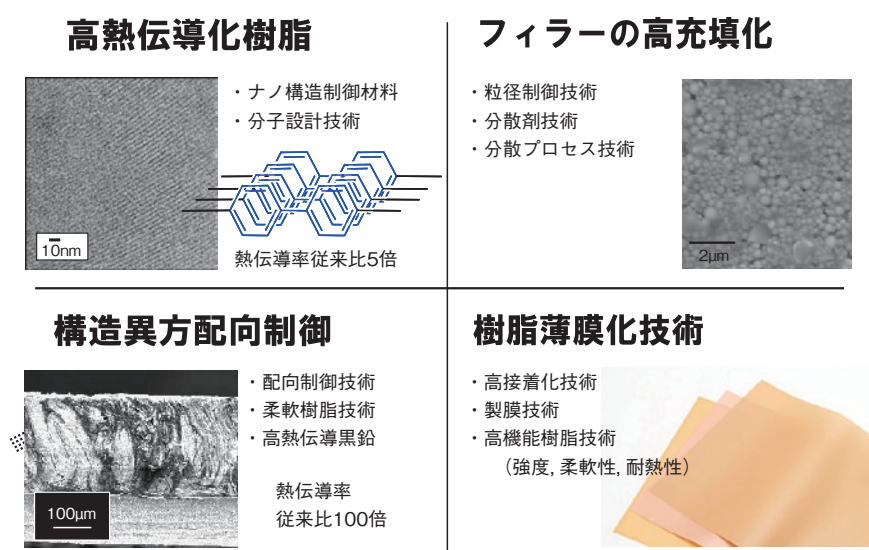


図3 当社の高熱伝導化の技術  
Figure 3 The key technologies of Hitachi Chemical

はこれまで培った熱硬化性樹脂技術を生かして超耐熱封止材料などを開発しているほか、高温使用に耐え熱伝導性に優れる焼結銀ペーストなど、有機材料に限らない耐久性の高い接合材料の開発を行っている(図2)。

また、パワー半導体は大電流を制御した際、多量の熱を生じる。この熱の放散も極めて重要な課題である。当社はパワー半導体実装に適用可能な多数の放熱材料を既に開発・上市している。その基盤技術として図3に示すような種々の独自技術を有している。このうち、株式会社 日立製作所と共同で開発したメソゲン骨格エポキシ樹脂<sup>2)</sup>と当社独自の硬化剤技術、セラミックス系フィラーの高充填技術を組み合わせた絶縁接着シート<sup>3-5)</sup>は、熱伝導率が5～15 W/m・Kであり、パワーモジュールなどの用途に適用されている。この接着シートは、基板と半導体チップを接続する絶縁部材として使用されるため、界面での強固な接着が求められる。一方で、半導体素子とヒートシンク間の接続部材では、熱変形に追従する柔軟性が必要である。そこで、図4に示す薄片状で高い熱伝導率を有する黒鉛粒子と柔軟樹脂を用いた高熱伝導のクッションシート(TCシリーズ)を開発した<sup>6, 7)</sup>。黒鉛粒子の結晶面は理論上数千W/m・K以上の熱伝導率を持つ。TCシリーズでは、当社独自の配向プロセスによって、黒鉛粒子の多くの結晶面が垂直方向に配向している。その結果、TCシリーズは、従来の球状黒鉛粒子を用いた場合や鱗片状粒子が横配向した場合に比べて、数十倍の熱伝導性を発現する<sup>4)</sup>。さらに、独自開発の鱗片状黒鉛粒子は柔軟で変形しやすいため、シートは柔軟で凹凸に追従・密着しやすい。その結果、界面で熱を確実に伝えることができるほか、応力緩和性に優れる。従来使用されるペースト状の接続部材(グリース)では、発熱温度が高まるとともにポンプアウトが発生し、界面の接続信頼性の劣化が問題となるが、TCシリーズはシート形状をしているためポンプアウトの発生はなく、長時間、その形状を維持することが可能である。現在、高性能サーバのCPU(Central Processing Unit)からの熱放散に適用されているほか、パワーモジュールが生じる熱を伝える用途にも検討が進んでいる。

他にも、当社独自の材料技術を組み合わせて、種々の熱関連材料を開発・上市している<sup>8)</sup>。例えば、昨今の省エネルギー化

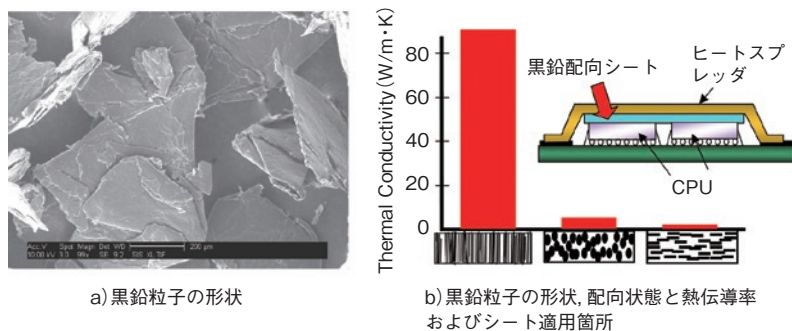


図4 黒鉛粒子形状と熱伝導率、シートの適用例

Figure 4 Picture of graphite particles, thermal conductivity of sheets and example applications

の要請からLED照明への流れが加速しているが、LED照明に適用可能な放熱部材として、薄く放熱性・加工性に優れたフレキシブル放熱基板MCF-5000Iを上市している。また、これにあらかじめ耐熱粘着層をラミネートしたフレキシブル放熱基板(HT-9000ITM)は、従来のように個片化した基板に粘着層を貼付する手間がなく、基板製造プロセスを簡略化できる。さらに、放熱塗料、断熱材など熱をコントロールするさまざまな材料を提案している。

また、最近では、これら材料の最適な組み合わせ提案が求められている。そのためには、絶縁信頼性、耐久性、熱物性の評価技術ならびにシミュレーション技術が欠かせない。当社は長年培ってきた実装材料のMaterial System Solution (MSS)技術<sup>9)</sup>をサーマルマネジメント材料へ展開し、材料の最適な組み合わせ提案を始めている。

### 3 再生可能エネルギー関連材料

現在、再生可能エネルギーの効率を高めて、経済性を改善する努力が求められている。再生可能エネルギーの中でも、太陽電池は機械部品がなく、メンテナンスが容易であるため、小型分散型の電源として有望である。当社は太陽電池用材料として、太陽電池セル上の電極と集電用タブ線とを低温接続可能なんだ代替の導電フィルムCFシリーズ、バスバー電極(銀ペースト)の削減を可能にする導電ペーストCP-300などを上市しており、製造プロセスの簡略化と反りや割れの抑制に役立っている。

また、これまで培ったプリンタブル機能材料の知見を生かして効率向上に寄与するドーピングペーストYT-2100-Nを開発、上市した。このペーストは図5に示すようなリン含有複合酸化物を含む高粘度のペーストであり、スクリーン印刷可能である。このペーストを塗布した後、900℃付近で熱処理することで、必要な箇所に必要量のリンをドーピングすることができる。それにより変換効率向上が可能であるうえ、従来の $\text{POCl}_3$ ガスおよびレジストを用いたエッチングプロセスに比べて大幅なプロセスの簡略化が可能になった。



図5 ドーピングペーストYT-2100-Nの外観と特性

Figure 5 General properties of the YT-2100-N doping paste

項目	単位	特性
粘度(25℃)	$\text{Pa} \cdot \text{s}$	10-100
チクソインデックス	—	1.6
印刷配線幅(150 $\mu\text{m}$ 幅マスク使用時)	$\mu\text{m}$	220
灰分(400℃加熱後)	%	10
シート抵抗値(900℃, 10 min焼成後)	$\Omega/\text{cm}^2$	45以下



## 4 スマートコミュニティ関連材料の将来像 ～安定供給性の確保に向けた取り組み～

東日本大震災で改めて浮き彫りになったことの1つに、素材の供給停止リスクがある。高度に効率化、集積化された半導体や自動車産業では、1つの素材や部品の供給が止まっただけで大きな影響が生じる。上記の材料群についても、原材料の供給停止のリスクが常にあるため、それに対するロバスト性を考慮した配合設計が必要である。大規模な災害により原材料の供給が複数停止した場合でも代替品を用いて材料供給ができるような高い供給安定性が求められており、我々は日々代替材料の合成、探索を続けている。

これらの取り組みに加えて、供給安定性をより定量的に評価するシステムの構築に産業技術大学院大学の松尾教授と共同で取り組んでいる。これまでに目標値を満たす新規な配合探索手法(弱条件組み合わせ線形計画法)とソフトウェアを開発した<sup>10-12)</sup>。その結果、目標値を満たす素材の組み合わせや設計自由度がどの程度あるかを評価することが可能になったほか、材料の供給リスクを加味して製品の供給リスクも算定できるようになった<sup>13, 14)</sup>。この手法をソフトウェアの開発により使いやすくしたうえで、製品開発に適用することを試みている。このような地道な技術蓄積により、製品の供給安定性を高めていき、インフラストラクチャを支える材料として供給安定性を高めていきたいと考えている。

## 5 結 言

地球温暖化の問題、震災による原子力発電所の事故と電力不足の問題など、課題は山積みであり、太陽電池などの自然エネルギーを含むスマートコミュニティの確立が求められている。我々は熱力学、分析化学、材料科学、情報科学をベースに地道な技術の積み上げを続け、優れたパワーエレクトロニクス、再生エネルギー関連材料を1つでも多く提案していくとともに、地球温暖化をはじめとする環境問題に寄与していく所存である。

### 【参考文献】

- 1) 「低炭素社会を実現する新材料パワー半導体プロジェクト」事業原簿(公開版)2012/8
- 2) M. Akatsuka, Y. Takezawa : Study of high thermal conductive epoxy resins containing controlled high-order structures, J.appl. Polym. Sci., 89(9), pp.2464-2467(2003)
- 3) 竹澤由高：自己配列によって高次構造を制御した高熱伝導エポキシ樹脂、絶縁性と高熱伝導性を両立したコンポジット材料と放熱材料テクノロジー、日立化成テクニカルレポート, 53, pp.5-10(2009)
- 4) 竹澤由高：絶縁エポキシ樹脂のランダム自己配列型高次構造制御による高熱伝導化、高分子 59(2), pp.81-84(2010)
- 5) 宮崎靖夫、福島敬二、片桐純一、西山智雄、高橋裕之、竹澤由高、“高次構造制御エポキシ樹脂を用いた高熱伝導コンポジット”, ネットワークポリマー, 29(4), pp.216-221(2008)
- 6) 山本礼, 吉田優香, 吉川徹, 矢嶋倫明, 関智憲, “黒鉛粒子配向制御によるフレキシブル高熱伝導シート”, 日立化成テクニカルレポート, 53, pp.11-16(2009-10)
- 7) 山本礼, 吉田優香, 吉川徹, 矢嶋倫明, 関智憲, “黒鉛粒子配向制御によるコンポジットシートの高熱伝導化”, エレクトロニクス実装学会誌, Vol.13, No.6, pp.462-468(2010)
- 8) 稲田禎一：サーマルマネジメント材料, 日立化成テクニカルレポート, 54, pp.6-12(2011)
- 9) 安田雅昭：電子機器用実装材料システム, 日立化成テクニカルレポート, 40, pp.7-12(2003-1)
- 10) 稲田禎一, 松尾徳朗：弱条件組合せ線形計画法による熱硬化系接着フィルムの特性予測:ネットワークポリマー, 36, pp.2-10(2010)
- 11) 稲田禎一, 村形晃規, 松尾徳朗：弱条件組合せ線形計画に基づく材料設計支援システム, パーソナルコンピュータ利用技術学会論文誌 6, 1, 30-35(2012)
- 12) Teiichi Inada, Koki Murakata and Tokuro Matsuo: Property Design and Optimization of Die-bonding Film for 3D package, Science & Engineering Research support society, The 2012 International Conference on Advanced Information Technology and Sensor Application(2012-2)
- 13) 稲田禎一, 松尾徳朗：べき集合の要素を変数とする関数を用いた材料供給リスク算出, 第7回 パーソナルコンピュータ利用技術学会全国大会予稿集, 2012/11/25
- 14) 稲田禎一：プログラムドマテリアル開発のための計算論的近最適集合解析に関する研究, 山形大学博士論文, 2012/9



# 半導体ウエハープロセス材料

## Semiconductor Wafer Process Materials

野部 茂 Shigeru Nobe 篠田 隆 Takashi Shinoda

安西 創 Soh Anzai 松谷 寛 Hiroshi Matsutani

機能材料事業本部 電子材料事業部 ウエハープロセス材料開発部

スマートフォンやタブレットPC、ノートPCなどに代表される電子機器のさらなる小型化、高性能化のため、半導体デバイスの微細化、多層化、および新規材料の適用化検討が行われている。これに伴い半導体デバイス製造に必要な材料(ウエハープロセス材料)に要求される特性も増加、また多様化している。

当社では、これら要求に応えるべくウエハープロセス材料として、さまざまな被研磨膜に対応したCMP(Chemical Mechanical Polishing)スラリーの“HSシリーズ”、シリカ系層間絶縁膜の“HSG”、ストレスバッファ層やバンプ再配置に適用される低温硬化が可能な有機樹脂系感光性絶縁膜“AHシリーズ”などのウエハーコート材を開発、上市している。本報ではCMPスラリー、ウエハーコート材の技術動向、開発状況および今後の展開について報告する。

The shrinking design rules, increased number of layers, and application of new materials are the aspects characterizing progress in semiconductor devices, alongside the downsizing and multi-functionalization of electronic devices such as smartphones, tablet computers, notebook PCs, and so on. The required properties for semiconductor wafer process materials have been increased and diversified under these circumstances.

Hitachi Chemical has been developing and commercializing various kinds of CMP (Chemical Mechanical Polishing) slurries, “HS-series”, wafer coating materials such as spin-on silica film, “HSG”, and low temperature curable organic type photo definable dielectrics, “AH-series” applied for stress buffers and the redistribution of bumps. Technical trends, our product features and future works for CMP slurries and wafer coating materials are described in this report.

## 1 緒 言

携帯電話や携帯情報端末などに代表される電子機器の小型化、高性能化が近年大きく進んでおり、これに伴い半導体LSIの集積度も増大し、平面内の微細化に加え、現在、Logic ICは10層以上に多層化されている。多層配線の実現には各層の平坦化が不可欠だが、SOG(Spin-on Glass, 当社製品：HSG-R7)による局所平坦化からCMPによるグローバル平坦化(完全平坦化)の実用化により配線層の段差は飛躍的に改善された。現在、CMPの適用箇所は多岐に及ぶ<sup>1)</sup>。シャロートレンチアイソレーション(STI)、p-Siプラグ作製、タングステンプラグ作製、層間絶縁膜平坦化、Cu配線形成(ダマシ)などとさまざまである。一方半導体パッケージにおいても、小型化、高密度化の観点から、ウエハーレベルパッケージ化が進んでいる<sup>2)</sup>。これによりウエハーコート材は、これまで主に適用された配線層間の層間絶縁膜、半導体パッケージのストレスバッファ層に加え、バンプ周りの保護膜、さらにはバンプの再配置が必要となる場合、再配線用の絶縁層としての適用箇所を広げている。以下にこれらCMPスラリー、ウエハーコート材の技術動向、開発状況および今後の展開について報告する。

## 2 CMPスラリー

### 2.1 STIスラリー

STI工程は、トランジスタ部と接する箇所を研磨するため、CMPプロセスの中でも欠陥の発生に最も敏感であり、図1に示すような研磨傷の抑制が特に重要である。図2に示すように、半導体デバイスの配線の微細化が進むと微細な研磨傷でもデバイスの動作に深刻な影響を及ぼすようになる。また、STIはデバイスの最下層であるため、この工程での段差の解消、いわゆる平坦化も低研磨傷化とともに重要な特性である。

STI工程のCMPプロセスには、シリカ(酸化ケイ素)砥粒を用いたスラリーが広く適用されてきたが、シリカスラリーでは研磨傷が多く、平坦性が不十分、研磨速度が遅い等の課題があった。そこで当社では、研磨傷が少なく、高研磨速度が得られる等の利点がある酸化セリウム(以下、セリア)粒子に着目し、低研磨傷、高SiO<sub>2</sub>膜研磨速度を特徴とするサブミクロンのセリア粒子を用いたセリアスラリーHS-8005を開発、1999年に上市した。また、セリア粒子用に有機高分子を主成分とした添加剤

HS-8102GPを開発し、上市している。この添加剤は、被研磨膜へ吸着することで、凹凸のあるSiO<sub>2</sub>膜を平坦に研磨でき、かつSTI工程の研磨停止膜であるSiN膜が露出した時点で研磨停止できる特長を有する。

表1にHS-8005シリーズのラインナップを示す。研磨傷低減のために、粒径、粒度分布等を最適化した製品を取り揃えており、HS-8005-X3においては、研磨傷はHS-8005の1/10以下に低減している。当社では、セリア粒子の粒径、粒度分布等を精密に制御できる製造技術確立して、安定した品質の製品を供給可能にしており、セリアスラリーにおいては世界トップシェアを誇る。また、今後のさらなる傷低減要求に応えるべく、次世代用として超微粒子品、NCシリーズを開発した。従来のセリア粒子は粉碎により微粒子化するのに対し、NCシリーズは粒子を液中で造粒させて粒径制御するため、砥粒起因による研磨傷を極限まで減少することができる。図3には、HS-NCとHS-8005の外観を示す。HS-NCは、ナノレベルの超微粒子であるため、透明なスラリーである。

添加剤に求められる機能としては、研磨停止膜(SiN,pSi)の研磨速度抑制、SiO<sub>2</sub>膜の凹凸の平坦化が挙げられる。これらの機能を向上させるため、各種被研磨膜(SiO<sub>2</sub>, SiN, pSi)への添加剤の吸着性を最適に制御すべく新たな有機高分子の設計を行い、新規の添加剤(HS-7000GPシリーズ)を開発した。7000GPシリーズは、特に、SiO<sub>2</sub>膜への吸着性を制御することで、さらなる高平坦性を実現した。また、セリア粒子への吸着性も制御することで、粒子の凝集により発生する研磨傷も低減させた。当社は、さまざまな顧客の要求特性に合わせ、これらのセリアスラリーと添加剤との組み合わせを提案している。

最近では、シリカスラリーが主流となっているILD(Inter Layer Dielectric)やPMD(Pre Metal Dielectric)CMP工程へのセリアスラリーの適用も進んでいる。現在、これらの適用箇所求められる、より高速なSiO<sub>2</sub>研磨速度を有するセリアスラリーの開発にも力を入れている。

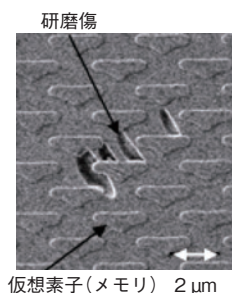


図1 STIテストパターンに発生した研磨傷  
Figure 1 SEM image of scratch on STI test pattern wafer

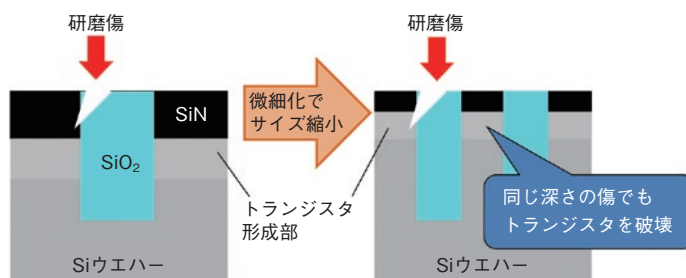


図2 デバイスの微細化に伴う、研磨傷のデバイスへ及ぼす影響  
Figure 2 Influence of scratch to the fine design-rule device

表1 当社セリアスラリーの研磨特性(添加剤使用時)

Table 1 Polishing performance of ceria slurries with additive

スラリー	HS-8005	HS-8005-X	HS-8005-X2	HS-8005-X3	HS-NC
研磨速度[nm/min]					
SiO <sub>2</sub> 膜	350	330	300	250	250
SiN膜	8	8	8	8	4
pSi膜	1	1	1	1	<1
平坦性*[nm]	<10	<10	<10	<10	<10
研磨傷[相対値]	100	40	20	<10	<1

\* Active/Trench=100/100 μm部のDishing

研磨機：ロータリータイプ

研磨パッド：ポリウレタン系硬質パッド

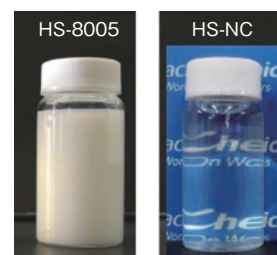


図3 HS-8005とHS-NCの外観  
Figure 3 Appearance of HS-8005 and HS-NC

## 2.2 メタルスラリー

半導体デバイスの高速化を実現するために、最近では低抵抗のCu配線がAl配線に代わって用いられているが、その製造工程に不可欠なのがCu-CMPである。Cu-CMPにおいては、Cuを研磨除去する工程と下地バリアメタル(Ta/TaN)を除去する工程の2段階研磨で2種類のスラリーが用いられており、Cu研磨では高研磨速度、高平坦性、Cu：Taの高選択性が、バリアメタル研磨では低欠陥と高平坦性(Cu：Ta：SiO<sub>2</sub>選択比の制御性)が要求されている。

表2に、当社が開発したCu用スラリーHS-H700とバリアメタル用スラリーHS-T915の研磨性能をまとめた。HS-H700によるCu研磨では、スラリー中の錯化剤の作用でCu表面に錯体層が形成され、この錯体層が研磨パッドとの摩擦で除去されることにより500 nm/min以上の速度で研磨が進行する。さらに50 nm以下の平坦性(ディッシング)を実現するために、この錯体層の研磨が凸部でのみ選択的に進行し、凹部では研磨パッドの摩擦が働かずに保護されるメカニズムとなっている。研磨速度と

平坦性はトレードオフの関係にあるため、これらを両立するための化学組成と研磨砥粒を選定することがキー技術である。また、1X-2X nm世代の先端デバイスにおいては、数nm程度のCu腐食(ボイド)や欠陥が配線の歩留まりに影響を与えるため、量産工程における高いプロセス安定性も考慮されたスラリーが求められている。

一方、バリア金属研磨においては、CuとTa、SiO<sub>2</sub>の3種類の材料を同時に研磨して平坦化する。TaとSiO<sub>2</sub>はCuよりも機械的作用で研磨されやすいために砥粒の選定が重要な要素になるが、機械的強度を上げ過ぎるとスクラッチが発生する。微細なスクラッチであっても配線間の絶縁不良に影響を与えるため、軟質なコロイダルシリカ砥粒を低濃度で添加することで極限まで欠陥を低減した。また、最近是不溶性のCu錯体が研磨面に残留する課題が一般に指摘されており、当社では残留物が発生しにくく、かつ後洗浄で副生成物が除去されやすいスラリーを開発した。図4はHS-T915で研磨した後のウエハ上で欠陥検査を行った結果である。当社従来スラリーと比較しても大幅に欠陥数が削減されていることが分かる。

図5は、上述したCu用スラリーHS-H700とバリア金属用スラリーHS-T915を用いて研磨したパターンウェハの断面TEM写真である。2種類のスラリーで2段階研磨することで、高平坦・低欠陥なCu配線が得られた。最終的に100 μm幅の太幅配線パターンにおけるディッシングを10 nm以下、細密配線におけるエロージョンを数nm以下にしなければならないが(表2)、Cu-CMPで発生した段差はバリアCMPにおける研磨選択比の制御で回復させることができる。その際、研磨条件や酸化剤濃度の最適化によってCu:Ta:SiO<sub>2</sub>の選択比を1:3:3程度に設定すると、最終仕上がりが最も平坦になる。ただし、デバイスにはロジックからメモリー、イメージセンサーのようにさまざまなパターンがあるため、顧客の要求特性に応じた調整が必要となる。

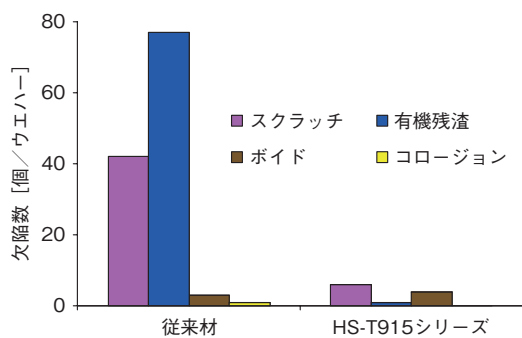


図4 バリア研磨後の欠陥分類と欠陥数

Figure 4 Defect classification and counts after barrier CMP

表2 メタルスラリーの研磨特性一覧

Table 2 Polishing property of metal slurry

メタルスラリー		HS-H700シリーズ	HS-T915シリーズ
研磨用途		Cuスラリー	バリアスラリー
研磨条件(圧力: kPa)		14.0	10.5
研磨速度 (nm/min)	Cu	850	27
	TaN	<1	95
	SiO <sub>2</sub>	—	90
	SiOC	—	31
平坦性 (nm)	100/100 μm	ディッシング	<50
	9/1 μm	エロージョン	<10
欠陥および腐食		良好	良好
Cu残り		なし	なし

\* : Cu研磨にはHS-H700シリーズを使用

研磨機: ロータリータイプ

研磨パッド: ポリウレタン系硬質パッド

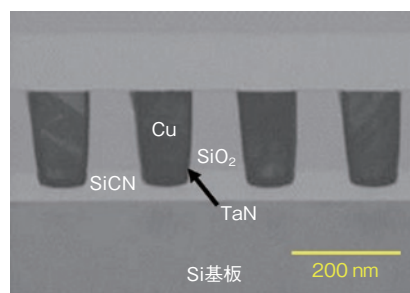


図5 研磨後のパターンウェハの断面写真

Figure 5 Cross section of patterned wafer after CMP

### 3

## ウエハコート材料

当社およびグループ会社では半導体用層間絶縁膜やウエハコート材料として、ポリイミド樹脂やシロキサン樹脂に代表される塗布型絶縁材料を上市し、半導体デバイスに用いられてきた。近年、半導体パッケージの小型化・高速大容量化・高密度化の要求から、BGA (Ball Grid Array) やCSP (Chip Size/Scale Package) 等のエリアレイ型実装、およびTSV (Through Silicon Via) 等の2.5次元・3次元実装が注目されている<sup>2)</sup>。これらの実装形態では、チップ側のデザインと実装基板(モジュールボード)側のデザインを合わせるため、チップ上に再配線が施される。一例として、概略図を図6に示す。当社では、再配線絶縁層などの半導体絶縁材料用途として、感光性絶縁膜用塗布材料の研究開発を進め、AHシリーズとして上市した。

再配線絶縁層としては、加工工程の簡略化のための感光性、耐熱性、機械特

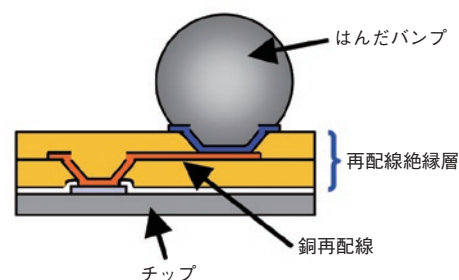


図6 再配線を有するパッケージの例

Figure 6 A semiconductor packaging bearing a redistribution layer



性、電気特性、耐薬品性、再配線との適合性など、さまざまな特性が求められる。さらに、高温処理によるデバイスの性能劣化を避ける目的に加え、耐熱性の低い材料を先行するプロセスで用いることがあるため、硬化温度の低温化が求められている<sup>3)</sup>。AHシリーズは、当社の保有する感光化技術、耐熱性材料、および樹脂合成・樹脂変性技術を活用し、先に述べたような多岐にわたる要求を満たす材料となっている。

一例として、AHシリーズの特性を表3に示す。本材料は、アルカリ水溶液(2.38% TMAH)で現像が可能なポジ型感光性樹脂であり、実用的な感度を有している。また、ベースとなる樹脂と架橋剤の架橋反応温度を考慮し、化学種を適切に選択することで、硬化温度は180℃から200℃と従来のポリイミド樹脂よりも低い硬化温度を実現した。さらにベース樹脂に対する親和性を考慮した添加剤を組み合わせることで、ポリイミド樹脂と比べて遜色のない機械特性を実現した。硬化温度と弾性率の低さから残留応力が低いため、シリコン基板の反りが問題となるチップ積層型の実装用の絶縁層にも適用可能である。AHシリーズの硬化パターン断面の一例を図7に示す。ここでは矩形パターンの例を示したが、熱処理の条件を最適化することにより、なだらかな側面形状を有するパターンを形成することも可能である。そのため、貫通電極およびバンプを用いた接続などのさまざまな実装形態に対応することができる。そこで、AHシリーズを再配線絶縁層に用いたウエハーレベルCSPを試作し、信頼性を調べた。その結果、吸湿-リフロー耐性や冷熱サイクル耐性は十分であることを確認した<sup>4)</sup>。

このように、AHシリーズは、感光性を有し、200℃またはそれ以下という比較的低温で熱処理しても十分な物性と信頼性を有する。そのため、近年注目されている新しい実装形態に適用可能な絶縁材料である。

表3 AHシリーズの特性(測定値の一例)

Table 3 General properties of an AH-Series

項目	単位	AHシリーズ
膜厚	μm	2~20
最適露光量*	mJ/cm <sup>2</sup>	400
硬化温度	℃	180~200
ガラス転移温度	℃	>200
弾性率	GPa	2.0
伸び率	%	50
熱膨張係数	10 <sup>-6</sup> /K	58
残留応力	MPa	20

\*硬化後膜厚10 μm

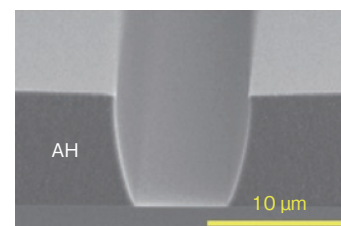


図7 AHシリーズの硬化パターンの例

Figure 7 A cross section of a cured AH pattern

## 4 結 言

本報では、半導体ウエハープロセス材料として、STI用CMPスラリー、Cu配線用スラリー、およびウエハーコート材の技術動向、開発状況について述べた。

将来、エレクトロニクス分野はユビキタス化、クラウド化が進むと予想され、半導体デバイスは、微細化・高性能化・低消費電力化が進み、半導体パッケージは、小型化・高速大容量化・高密度化への流れが加速すると考える。この背景から次世代の半導体デバイスを製造するため、新規材料の適用について、さまざまな検討がなされている。例えば、STI工程では、TEOS、HDP-SiO<sub>2</sub>に代わる埋め込み性のよい絶縁酸化膜、ILD工程では、より低誘電率な層間絶縁膜の適用化が進んでいる。またメタル工程では、微細溝へのCuの埋め込み性の観点からバリア膜をTa系金属からRu、Co等の金属への置き換えが、配線自身もCuに代えて、CNT(Carbon Nanotube)の適用化検討が進行している。TSV(Through Silicon Via)、PoP(Package on Package)などの3次元化技術の適用化検討も着々と進行中であり<sup>2)</sup>、さらには、半導体パッケージの多様化が同時に進み、MEMS<sup>5)</sup>やフレキシブルデバイス<sup>6)</sup>も成長すると考える。

上記の技術動向から、CMP工程の適用箇所も広がりを見せており、CMPスラリーに求められる特性は、さらなる「低欠陥」「高平坦性」はもちろんのこと、被研磨膜の材質変化に対応した新たなスラリーの開発が重要となる。ウエハーコート材料としては、絶縁特性、解像性、残留応力などの特性とともに信頼性のさらなる向上が重要となる。

半導体エレクトロニクスの進化は止まらない。的確に先端デバイスの技術動向を読み、これからも、必要とされるウエハープロセス材料を提案し続けていきたい。

### 【参考文献】

- 1) 精密工学会 CMP技術体系 2006, pp.423-444
- 2) 電子情報技術産業協会：2011年度版日本実装技術ロードマップ, pp.146-176.
- 3) 峯岸知典，他：日立化成テクニカルレポート，2009-I(No. 52)，13.
- 4) A. Tanimoto, S. Nobe, and H. Matsutani, Abstracts of 15th The Symposium on Polymers for Microelectronics, 2012, 12.
- 5) 電子情報技術産業協会：2011年度版日本実装技術ロードマップ, pp.183-192.
- 6) The International Technology Roadmap for Semiconductors, 2009 ed., Assembly and Packaging.



# 半導体・電子機器用フィルム技術

## Film Technologies for Semiconductor & Electronic Components

高野 希 Nozomu Takano

機能材料事業本部 電子材料事業部

藤縄 貢 Tohru Fujinawa

機能材料事業本部 樹脂材料事業部 実装フィルム開発部

加藤 利彦 Toshihiko Kato

機能材料事業本部 電子材料事業部 実装材料開発部

日立化成のフィルム材料は、電子機器の小型化・薄型化に対応して多岐にわたり使用されている。中でも、1980年代後半から液晶周りの接続に用いられた異方導電フィルム(ACF)や1990年代後半からメモリーチップの実装に用いられたダイボンディングフィルム(DAF)は代表的なフィルム材料である。日立化成独自の技術を取り入れたこれらの材料は世界に先駆けてデファクト化され、この20年間のフラットパネルディスプレイや各種電子端末機器の劇的な普及に大きく貢献してきた。今後さらに、低温・高精細接続や高放熱、高精度膜厚制御などのフィルム化技術を構築し、ますます多様化するディスプレイやパッケージ構造に対応しながら、3次元実装を含めた新たな分野へも積極的に展開する。

Hitachi Chemical's film materials are widely used for small & thin electronic equipment, primary examples of which are anisotropic conductive film (ACF), used to connect displays from the late 1980's and die attach film (DAF) used for memory packages from the late 1990's. These materials using Hitachi Chemical's film technologies have become established global standards and have contributed to a dramatic increase in flat panel display and various other electronic equipment for over 20 years. We will establish low-temperature fine-pitch connection technologies and high heat-radiation, film thickness control technologies to apply to various displays and package structures, on a continuous basis. Furthermore, these materials are also expected to spread to new fields such as three-dimensional packages.

### 1 異方導電フィルム(ACF : Anisotropic Conductive Film)の技術動向と今後の展開

#### 1.1 はじめに

異方導電フィルム(ACF : Anisotropic Conductive Film)は、直径数 $\mu\text{m}$ の導電粒子を接着剤中に均一状に分散したフィルム接着剤であり、導電粒子として金属をめっきしたプラスチック粒子やニッケルなどの金属粒子が用いられている<sup>1)</sup>。ACFは加熱と加圧を同時に行うことで微細な電極どうしを、10秒以内に一括で電気的接続と機械的接着を行うことができ<sup>2)</sup>、液晶ディスプレイ(LCD : Liquid Crystal Display)やOLED(Organic Light-emitting Diodes)などのFPD(Flat Panel Display)の実装において、図1に示すように、ドライバーICを搭載したCOF(Chip On Film)パッケージの電極とディスプレイパネルとの接続、COFとプリント基板(PWB : Printed Wiring Board)との接続、さらにドライバーICをベアチップのままディスプレイパネル上に実装するCOG(Chip On Glass)接続に採用されている。

LCDは、携帯電話、ノートパソコン、モニター、TVなどに用いられているディスプレイであり、近年では高精細・高品位な表示、薄く軽量、タッチ操作といった操作性に優れたスマートフォン、タブレットPCなどのモバイル情報端末の急速な性能向上と生産性向上に注目が集まっている。ACFについてもこれらの要求仕様変化に適応するよう特性改良が続けられている。

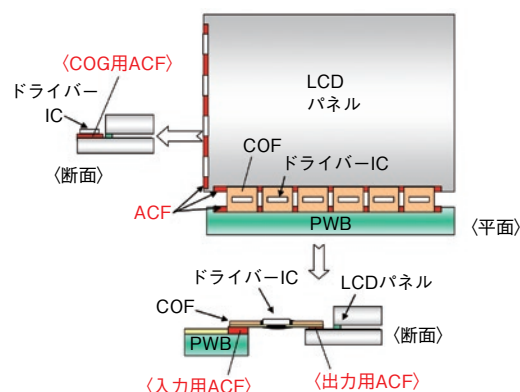


図1 ACF実装構造例

Figure 1 Illustration of mounting technology using ACF

#### 1.2 異方導電フィルムの製品形態

ACFは、PETなどの支持フィルム上に、導電粒子を分散した10~50 $\mu\text{m}$ の厚さの接着剤を塗布した、幅1~3mm、長さ50~300mのテープ状の製品である。スマートフォン、タブレットPCはできるだけ表示部分を大きくするために狭額縁化が進められており、ACFも幅0.8mm以下への取り組みが行われている。

ACFの接続プロセスは、図2に示したように接続する電極部にACFを転写し、上下の(接続する)電極にACFを挟み込んだ

状態で電極どうしの位置合わせをした後、150～180℃の加熱と2～3 MPaの加圧を同時に行う。ACFを接続する電極に転写する工程において、0.8 mm以下の細幅品ではリールからACFを引き出す際に、支持フィルムとACFが別離しやすくなるために支持フィルムとの密着性を増加させる必要がある。しかし、支持フィルムとの密着性が高すぎる場合、支持フィルムにACFが引っ張られて接続する電極部から浮き上がる転写不具合が発生するため、十分な密着性の調整が必要となる。

細幅接続対応として、汎用のディスペンス装置で簡単に任意の微小領域への塗布が可能なプリンタブル接続材料である、液異方導電性を発現させた異方導電ペースト（ACA：Anisotropic Conductive Adhesive）の適用も考えられるが、未硬化部分が液状であることや、ファインピッチ接続に向かない、という制約がある<sup>3)</sup>。

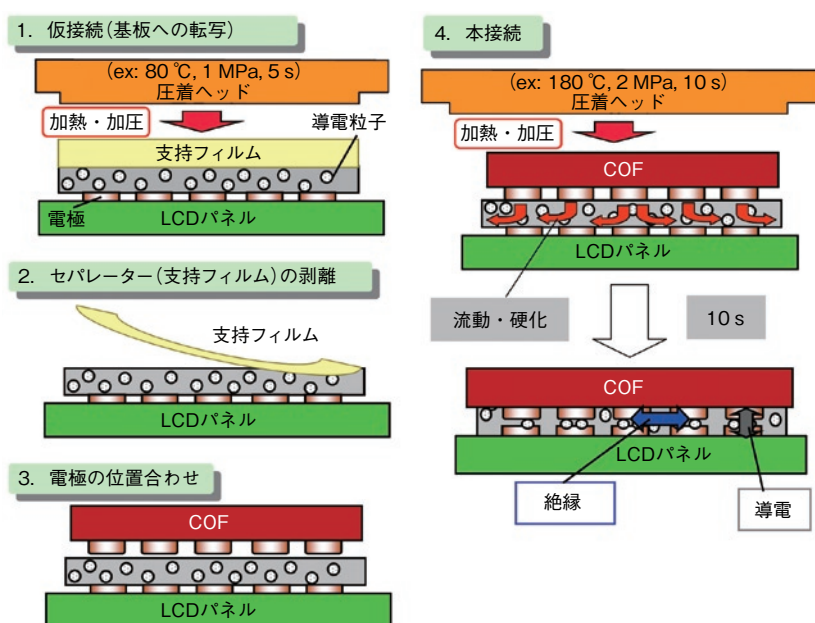


図2 ACFによる電極接続プロセス  
Figure 2 ACF bonding process

### 1.3 異方導電フィルムの低温接続化

ACFの接続プロセスは、図2に示したように接続する電極部にACFを転写し、上下の(接続する)電極にACFを挟み込んだ状態で電極どうしの位置合わせをした後、150～180℃の加熱と2～3 MPaの加圧を同時に行うプロセスである。

スマートフォンやタブレットPCなどのモバイル情報端末用の中小型パネルにはCOG実装が用いられている。COGはICチップとガラス基板という高弾性の部材同士をACFで接続しているの、接続時の加熱による応力で接続後に接続部変形が発生する。その結果、接続部周辺で液晶パネルの輝度にムラができてしまう「表示ムラ」という現象が発生する。

接続部の応力は、接続時のACFの加熱が、圧着ヘッドが接触するICチップ側から行われるため、ICチップ側が高温でガラス基板側が低温となる温度勾配による熱膨張量の違いに起因している。接続終了後に室温に冷却されたときに、熱収縮量はICチップの方がガラス基板より大きくなるため、ガラス基板面側に凸の変形が発生する<sup>3)</sup>。図3にICチップとガラス基板の厚さと反り量の関係を示した。現在、スマートフォンやタブレットPCではICチップおよびガラスの薄型化が進行しているが、ガラス基板の薄型化が大きく反り量を増加させている。また、反り量を抑制するには低温接続が効果的であることを示している。

現在我々は、従来よりも30℃接続温度を低温化した150℃5sで接続可能な製品を開発上市し、従来の約50%以下に反り量を低減することを達成した。この製品はLCDの表示ムラも効果的に低減できることから、タブレットPCや薄型のノートPCに広く採用されている。しかし、市場からはさらなる薄型化に向けての大幅な接続温度低温化の要求が強く、100℃5sでの接続達成に向けて、熱硬化以外の硬化手法を適用した新製品を開発中である。

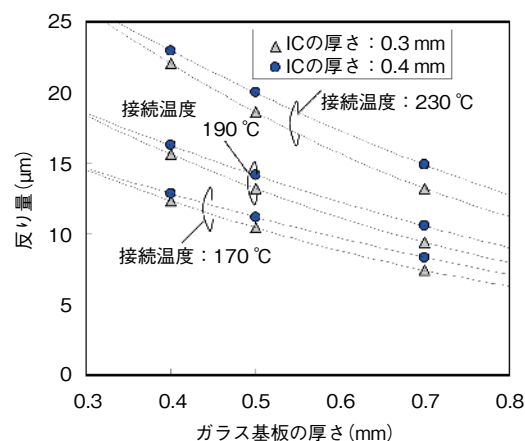


図3 IC(ガラス)の厚みと反り量

Figure 3 Relationship between warpage and thickness of IC (glass)

### 1.4 二層構成異方導電フィルム

ベアチップをガラス基板上に実装するCOG実装では、ベアチップ上に設けられたパンプとガラス基板とを接続しなければならないので、COF実装時よりもさらに微小な約2,000 μm<sup>2</sup>以下の電極面積での接続が一般的である。さらに最近ではパネルの高精細化とチップシュリンクによりパンプピッチ15 μm以下、位置ずれも含めた接続面積が1,000 μm<sup>2</sup>以下への対応が必要になっている。

我々はこれに対応するために、接着・絶縁機能と導電機能を分離させることにより、導電粒子を電極上に効率よく捕捉できる機能分離型二層構成ACFを開発し採用している<sup>4)</sup>。二層構成ACFは導電粒子を分散した接着剤層(導電粒子層)と接着剤のみの層(接着剤層)の二層構成とすることで、回路間の接着と絶縁機能は接着剤層に、導電機能は導電粒子層に持たせたものであ

る。10  $\mu\text{m}$ 以下の極めて薄い導電粒子層をガラス基板側に配置することで、単層構成の場合よりも電極上に捕捉される接続粒子数を多くできるため、同じ粒子数であっても狭接続面積への対応が可能となる。

このような特定層に導電粒子を偏在させて高精細接続を可能にできる点はACFの特長であるとともに、各層の流動性や接着性の調整での新しい機能付与の可能性を持っている。図4に示すように、導電粒子層の接着剤の接続時の流動性を接着剤層よりも小さくして、接続時の接着剤層の流動による導電粒子層の流動を抑え、接続粒子の電極への捕捉効率を向上が可能となっている<sup>5)</sup>。こうした技術を発展させることで将来的には500  $\mu\text{m}^2$ といった狭接続面積の対応をめざしている。

## 1.5 まとめ

以上述べてきたように、ACFはLCDモジュールに代表されるFPD周辺の接続に対して、フィルム状接着剤という形態のメリットを生かしながら進化させてきた。近年のモバイル情報端末の基板の薄型化に対して、現在は低温接続可能でかつ高精細対応によるスペシャリティな接続材料としての開発を進めているが、将来的には汎用性簡便性の点での開発を進め、幅広い用途での適用をめざすことも重要であると考ええる。

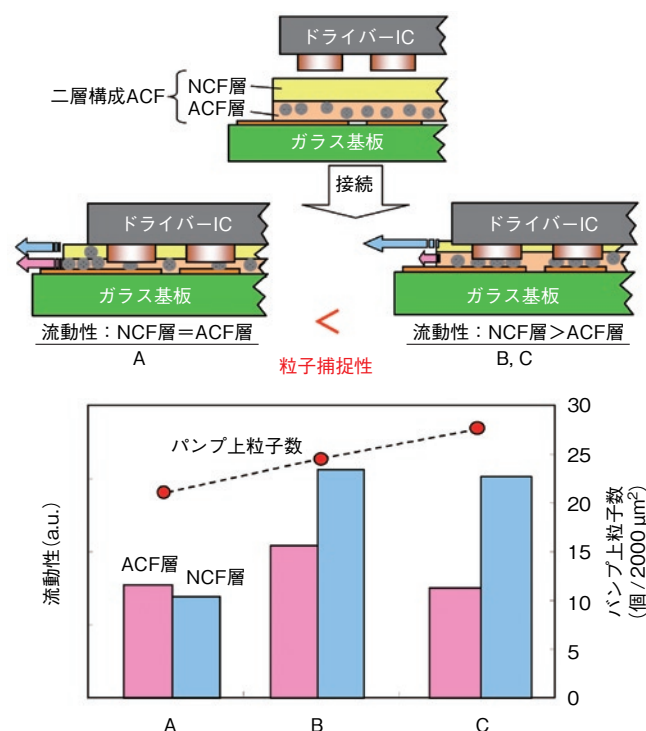


図4 二層構成ACFの流動性と粒子捕捉性  
Figure 4 Relationship between particle catching rate and fluidity

## 2 ダイボンディングフィルム(DAF: Die Attach Film)の技術動向と今後の展開

### 2.1 技術動向

近年の携帯電話に代表される電子機器の高速・高性能化、小型化に伴い、高密度実装に対応した小型、薄型の半導体パッケージとして、有機基板をベースにしたエリアアレイ型パッケージであるBGA (Ball Grid Array)やMCP (Multi Chip Package)が普及している<sup>6)</sup>。このような半導体パッケージにおいて、ダイボンディングフィルムは不可欠な材料であるとともにさまざまな機能が要求されている。

BGA/MCPパッケージはリードフレームを用いるパッケージと比較して、基板上的ワイヤボンド端子がチップと極めて近接した構造をとっている。そのため従来のペースト状のダイボンディング材を用いると、ペーストのはみ出しやブリードによってワイヤボンド端子が汚染しやすくなる問題が生じる。また、最先端のMCPではパッケージの厚みの制約からチップが薄くなる傾向があり、ペーストがチップ上面まではい上る問題も生じる。この分野に使用されるダイボンディング材はフィルムタイプが有利である。また絶縁信頼性や、ボイドレス、厚みが均一でチップ傾きが生じない点からも、フィルム状ダイボンディング材が有利であると考えられる。これらの課題解決のために当社は世界に先駆けて1995年にダイボンディングフィルム(以下、DAFと称す)を開発した<sup>7), 8)</sup>。

図5にワイヤボンドを用いて接続する一般的なBGAおよびMCPパッケージの構造を示す。ワイヤボンド方式はリードフレームを用いるパッケージと接続方式が同じであるため、従来設備が使用できることから低コスト化に有利なパッケージであり、ほぼすべての半導体組み立てメーカーに採用されている。

近年、DAFには図6に示すような種々の半導体パッケージの形態に応じた多様な特性を有するフィルムが要求されている。

例えば

- 1) チップ/基板接着フィルム(基板段差埋込性)
- 2) チップ/チップ間接着フィルム(膜厚均一性、薄膜化)
- 3) 複雑な積層構造の中でワイヤボンドを可能にするフィルム  
(スペーサ用フィルム: 厚膜化, 金ワイヤ充填フィルム: 流動性)
- 4) 小チップ用フィルム(高弾性)

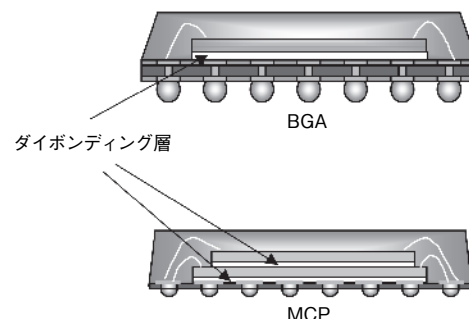


図5 BGAおよびMCPパッケージの構造  
Figure 5 Structures of BGA/CSP and MCP



これらの要求に対し、当社では種類の違うベースポリマーの検討<sup>9)</sup>、熱硬化性材料の探索や反応誘起型相分離構造などの技術<sup>10), 11)</sup>を駆使し、対応を行ってきており、製品も多様化している。

また、チップの多段積層化が進むにつれて、ウエハー搬送性の確保といった新たな課題を解決する必要性が生じた。DAF付きのチップをピックアップし、基板や下段チップ上にダイボンドするプロセスにおいて、DAFとダイシングテープの2度のラミネート工程は工数を増加させるだけでなく工程間のウエハー搬送時にウエハーダメージ(割れ、欠け)を生じやすいといった欠点を有していた。

そこで、これらの課題解決のため、DAFとダイシングテープの組み合わせによるダイシング・ダイボンディング(以下、DC・DBと略す。)一体型テープが重要になっている。このテープを使用することで、これまで、ウエハーにDAFとダイシングテープをそれぞれ貼付していたのが、1回の貼付で済むため、工程が簡略になり、一旦ラミネートした後はウエハーリングにウエハーおよびテープを固定した状態となるため、ウエハーの搬送性が向上する。結果として、ラミネート工程でのウエハーの破損が少なくなる。

当社は、ダイシングテープとDAFを積層したDC・DB一体型テープ「ハイアタッチFH/HRシリーズ」および「DC・DB一体型ハイアタッチDFシリーズ」を開発した(図7)。これらのフィルムは、ダイシングテープとDAF間の密着性に優れ、ダイシング工程においてダイシング時にチップ飛びなどが発生しない一方、DAF付きチップがピックアップ可能な設計とした。このようにプロセス適合性、信頼性に優れたDC・DB一体型テープを開発した結果、広く使用されるに至っている<sup>12)</sup>。

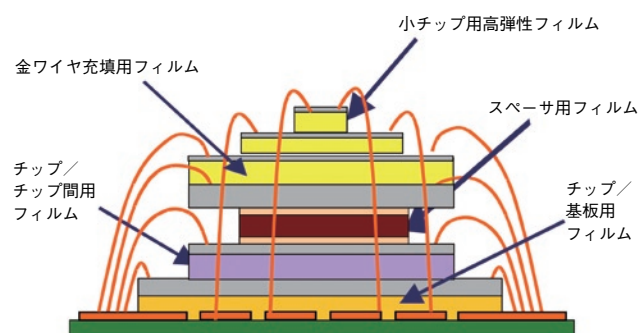


図6 ダイボンディングフィルムの適用形態と製品群

Figure 6 Application of die-bonding Film in the Semiconductor Package

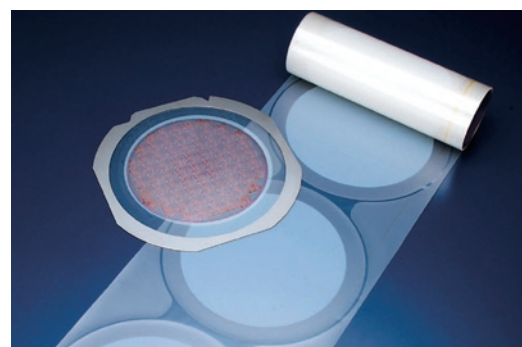


図7 ダイシング・ダイボンディングー一体型テープの形態

Figure 7 Appearance of Dicing/Die-bonding Double Functioning Tape

## 2.2 今後の展開

今後のパッケージ構造の変化、多様化により、DAFにはさらに多様な特性や技術が要求されると考える。

- 1) 厚膜(>50 μm)や薄膜(<10 μm)などの製膜技術
- 2) ダイシングなどのプロセスに適応した、ダイボンドおよびダイシングテープ技術
- 3) 高放熱(高熱伝導)技術

一方、新分野への展開としては

- 1) TSVなどの新規構造パッケージへの展開
- 2) センサー用途などの新規接着フィルム

これらの課題を解決するためには、従来の技術に加え、感光性などの新技術を検討する必要がある。従来用途に加え、センサー用接着剤などの種々の実装材料に対応する開発も重要となる。

### 【参考文献】

- 1) 山口豊, 他: 異方導電フィルム, サーキットテクノロジー, (社)エレクトロニクス実装学会, p.4362(1989)
- 2) 渡辺伊津夫: 異方導電フィルム, 高分子, p.799(2004)
- 3) 後藤泰史: 異方導電フィルムによる実装技術とプリンタブルエレクトロニクスへの展開, (株)電子ジャーナル(2012)
- 4) I.Watanabe: Proc.2004 Int.IEEE Conf. on the Asian Green Electronics, p.29(2004)
- 5) 後藤泰史, 他: 高精細COG接続用異方導電フィルム, 月刊ディスプレイ, Vol.7, No.3(2001)
- 6) 春田亮: 電子材料, 12, 96(2007)
- 7) 武田信司, 増子崇, 湯佐正己, 宮寺康夫: 日立化成テクニカルレポート, 24, 25(1995)
- 8) S.Takeda et al.: A Novel Die Bonding Adhesive, IEEE Electronic Components and Technology Conference 518(1997)
- 9) 増子崇, 武田信司: ネットワークポリマー, 25, 181(2004)
- 10) 加藤利彦, 諏訪修, 藤井真二郎, 山崎充夫, 増子崇: 日立化成テクニカルレポート, 43, 25(2004)
- 11) 稲田禎一, 岩倉哲郎, 畠山恵一, 松崎隆行: ネットワークポリマー, 26, 18(2005)
- 12) 稲田禎一: 日立化成テクニカルレポート, 7, 52(2009)



# 半導体実装基板材料の歩みと今後の技術動向

## Technology Trends and Future History of Semiconductor Packaging Substrate Material

中村 吉宏 Yoshihiro Nakamura

機能材料事業本部 配線板材料事業部

加藤木 茂樹 Shigeki Katogi

新事業本部 筑波総合研究所 情報通信材料開発センタ

エレクトロニクス産業のここ50年間の発展は目覚ましく、半導体産業はその中核を担ってきた。最近では、スマートフォンやタブレットPCの急速な需要拡大に伴い、LSIのさらなる大容量化、高速化、低消費電力化とともに半導体パッケージ(PKG)の小型化、薄型化の要求が強くなっている。一方で、LSIの高機能化をけん引してきた微細化技術の難易度が高まっていることから、半導体PKGの大容量化、高集積化を具現化するための基幹技術として実装技術が注目されている。近年では、メモリやロジックなどの異なる半導体PKGを積層するPackage on Package(PoP)などの3次元半導体PKGの市場が拡大している。これらの半導体PKGの発展を支えてきたのはプリント配線板材料と半導体実装材料である。本報ではプリント配線板材料の歩みと将来技術動向について紹介する。

The electronics industry has developed dramatically over the past half-century, primarily thanks to the semiconductor industry. Today, with increasing demand for smartphones and tablet computers, further high-volume, high speed, low power consumption LSIs and smaller/thinner semiconductor packages are strongly required. Meanwhile, the technical challenges involved in further fine pitch design shift the focus to assembly technology, which is considered the core technology required to achieve high-volume, high-integration semiconductor packages. Recently, the market for 3D semiconductor packages such as Package on Package (PoP), capable of stacking different IC packages such as memory and logic, is growing. Materials which have supported the development of such semiconductor packages include printed wiring board materials and semiconductor packaging materials. This report will introduce the history of printed wiring board materials and its technical trends in future.

### 1 緒言

エレクトロニクス産業は1950年のトランジスタの実用化から始まり、現在の国内市場規模は、45兆円に成長している。1980年代後半のパーソナルコンピュータ(PC)の出現を皮切りに、インターネットや携帯電話が普及し、さらに最近のスマートフォンやタブレットPCの需要が急速に拡大している。このエレクトロニクス産業の発展を支えてきた技術の1つが、電子部品や電子材料であり、日本製の半導体や電子機器のシェアが20%前後に対して、電子部品と電子材料のシェアは40%以上と高く、高機能材料の優位性が世界的に認められている。電子機器に組み込まれている電子部品がプリント配線板(配線板)であり、これを構成する電子材料が配線板材料である。日立化成は50年以上の間、先端の技術を開発し、絶えず市場に貢献できる電子材料を提供してきている。本報では、この配線板材料の発展と最新の技術動向、今後の将来像を報告する。

### 2 プリント配線板材料とは

コンピュータなどの電子機器において、半導体シリコンチップ(チップ)などの電子部品を搭載し、それらの部品間を銅回路で接続し、電気信号を伝達するのが、配線板の機能である。図1にシリコンチップ、半導体パッケージ基板(PKG基板)および配線板の階層構造図を示す。PKG基板と配線板を構成する材料が配線板材料であり、基板のベースとなる銅張積層板(コア基材)、配線回路形成用のドライフィルムおよびソルダーレジスト(図2)などがある。

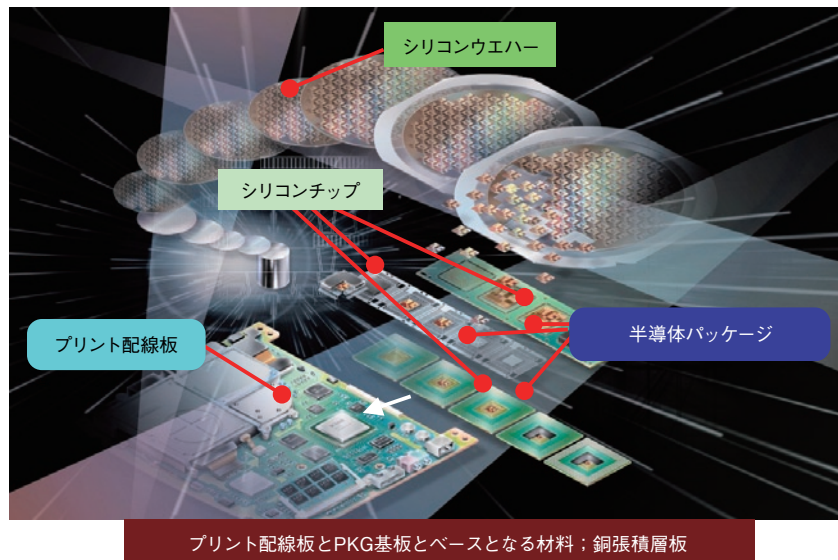


図1 シリコンチップ、半導体パッケージおよびプリント配線板の階層構造図  
Figure 1 Hierarchical structure of silicon chips, semiconductor package substrates and printed wiring boards



図2 プリント配線板材料  
Figure 2 Printed Wiring Board materials

### 3 プリント配線板の進化

配線板は、1950年代に入って、米国を中心に発展してきた。配線板の加工方法は、銅箔をケミカルエッチングして回路を形成する、Etched foil法が主流となった。日本においては、1954年に、配線板の材料となる紙フェノール銅張積層板が初めて試作されて以来、約50年以上の技術の向上を経て、最先端のPKG基板に高Tgエポキシ銅張積層板が量産されている。これらの材料の構成は、熱硬化樹脂のマトリックス層と基材との複合材料であり、その構造は原理的に同じである。

これらの銅張積層板に感光性の回路形成材料を用いて、配線加工することにより、配線板が製造される。配線板は、その材料と構造により「世代」という概念で区別されている<sup>1)</sup>。表1に世代と材料の関係を示す。PKG基板では、配線板に比べ、さらに高密度化が図られており、回路形成もセミアディブ(SAP)というめっき法が主流となって進化している。

表1 プリント配線板およびPKG基板の各世代と使用材料と配線板構造  
Table 1 PWB and PKG substrate generations, respective materials and substrate structures

世 代	第1	第2	第3	第4		
年 代	1955～	1960～	1975～	1995～	1993～	1997～
銅張積層板	FR-1	FR-4	FR-4	FR-4	FR-4, BT	高Tg FR-4
樹 脂	フェノール	エポキシ			多官能エポキシ, BT	
基 材	紙	ガラスクロス				
プリント配線板	片面	両面	多層	ビルドアップ	多層	ビルドアップ
配線密度 (L/S) (μm)	250/250	200/200	200/200	100/100	30/30	15/15→10/10
用 途	プリント配線板				PKG基板	

第5世代(2005～)；部品内蔵プリント配線板，第6世代(2010～)；電気・光融合基板

## 4 部品実装技術の進化

電子機器に搭載される半導体PKGについても半導体チップの高密度化に伴う多ピン化や小型化、薄型化の要求の下、実装技術の進展とともに発展してきた。図3に半導体PKGの変遷を示す。1970年代前半までは、配線板のスルーホールにリード端子を挿入してはんだ付けするピン挿入型PKGとして、DIP(Dual in-line Package)が用いられた。その後、端子の狭ピッチ化に伴って、配線板上のランドに端子を搭載後、はんだを用いたリフロー技術で実装するQFP(Quad Flat Package)などが主流を占めるようになった。一方、中央演算論理素子(MPU)などに用いられるロジック系半導体PKGでは、入出力端子やコントロール信号用端子の増加に伴って、半導体PKGの多ピン化が必要になったことから、PKG裏面全体にはんだボール端子を形成してエリアアレイ化したFC-BGA(Ball Grid Array)が提案され、半導体PKGの狭ピッチ化ならびに小型化実装のけん引役として、主要な電子機器に幅広く採用されてきた。

従来、ロジック系半導体PKGの基板としては、セラミックスPKG基板が主流であったが、高耐熱性を有する銅張積層板の開発と、ビルドアップ配線技術の開発が相まって、1993年頃から、有機PKG基板が採用されてきた。その理由は、主に3つあり、

- 1) クロック周波数の高速、高周波化対応
- 2) 微細配線形成
- 3) 低価格

である。有機材料は低誘電率なので、信号伝播の高速対応に利点がある。このため、PCに使用されるMPUは、有機FC-PKG基板に搭載されており、今後も有機PKG基板が主流として発展すると予想される。

近年では、スマートフォンに代表される携帯用電子機器の急速な普及に伴って、さらなる高速化、低消費電力化、小型・薄型化の要求が高まっており、複数の半導体素子を1つのPKGに収めるSiP(System in a Package)技術が提案されている。とりわけ、異種の半導体PKGや半導体チップを3次元で積層する3次元実装技術が著しく進展してきた。

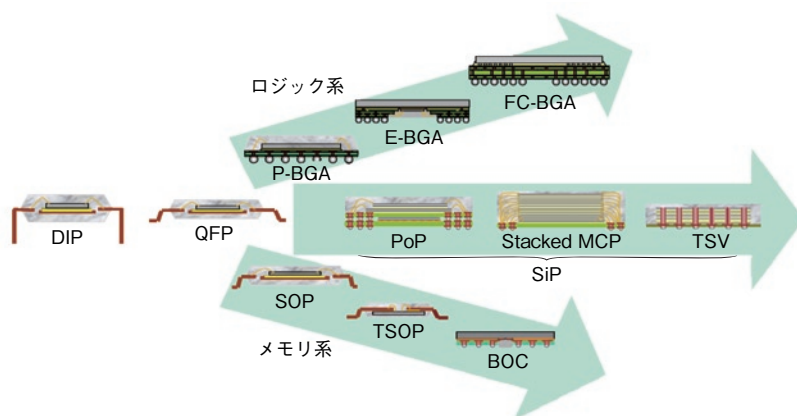


図3 半導体パッケージの変遷

Figure 3 Trends of semiconductor packages

## 5 FC-PKG基板の課題と開発動向

広く採用されているFC-BGAにはMPU用のFC-BGAのほかアプリケーションプロセッサ用のFC-CSP(Chip Scale Package)があり、半導体の微細化や多バンプ化に伴い、これらを搭載するFC-PKG基板には、微細配線形成や反り低減などの克服すべき課題がある。

### 5.1 微細配線形成の課題

半導体チップの高速処理を実現するためには、PKG基板の微細配線形成も重要な課題である。最先端のPKG基板では、そのライン/スペース(L/S)=10/10  $\mu\text{m}$ が実用化されている。微細配線形成方法は、めっき工法を用いたSAP法であり、フィルム上の層間材料(ビルドアップ材料)の上に回路が形成される。材料の層間の接続は、 $\text{CO}_2$ などのレーザ加工により、80  $\mu\text{m}$ 以下のマイクロビアが層間に形成され、そのビア内に銅めっきが施されて、上下の層間が接続される。今後、L/S=5/5  $\mu\text{m}$ (2015年)、さらにL/S=3/3  $\mu\text{m}$ (2017年)以下の要求が予想され、解像性、密着性および現像性に優れた材料が求められている。L/S=5/5  $\mu\text{m}$ の開発品の現像結果を図4に示すが、確実にその製品開発を進めている。

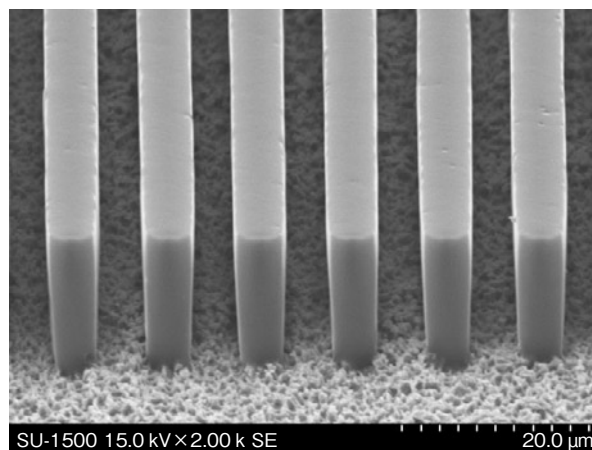


図4 L/S=5/5  $\mu\text{m}$  ドライフィルム形成実例

Figure 4 L/S=5/5  $\mu\text{m}$  Dry film formation



## 5.2 反りの課題

シリコンチップの熱膨張係数(coefficient of thermal expansion; CTE)は3~5 ppm/KとPKG基板のCTE 16~19 ppm/Kと比べて低く、これらのCTE差によって、生じる反りが大きな課題となっている<sup>2)</sup>。チップとPKG基板は一般に金属で接続されている。鉛フリーはんだの場合、260℃ではんだが溶融し、チップ上のバンプとPKG基板の銅バンプが接続する。その後、はんだ冷却工程にて、チップとPKG基板のCTE差から、基板がチップに対し、より収縮した形態となるために反りが発生する。PKG基板の反りが大きい場合、マザーボードとの二次接続の接続信頼が失われることになり、これは大きな問題となる。この解決には、PKG基板を低CTE化すること、すなわちシリコンチップのCTEに近づけることが必要となる。2015~17年のPoP構造のFC-CSP市場では、基材のCTEは0 ppm/Kが要求されている。

## 6 今後のPKG基板の動向と材料設計技術

4節で述べた通り、今後のPKGは、3次元化が進む。この3次元実装技術を用いた半導体PKGとしては、ロジック系とメモリ系の半導体PKGを積層するPoP、複数個の半導体チップを積層するスタックドMCP(stacked Multi Chip Package)、2つの半導体チップどうしを直接接続するCoC(Chip on Chip)が代表的である。

さらに、次世代高密度実装技術として、貫通ビア(TSV; Through Silicone Via)を形成した半導体チップを積層する3次元実装技術の検討が加速している。これらの1例として、PoPを対象とした材料設計技術を紹介する。

### 6.1 PoPの動向と技術課題<sup>3)</sup>

PoPは、ロジック系PKG上にメモリ系PKGを積層したものが一般的であり、スマートフォンを中心とした携帯情報端末に広く採用されている。下段のPKGにはフリップチップタイプのFBGA(Fine-Pitch Ball Grid Array)が採用されており、今後、端子のさらなる狭ピッチ化とともにPoP PKGの小型化が進展すると予測されている。

これらの要求に伴って、構成部材であるチップやPKG基板材料(コア基材、ビルドアップ材、ソルダーレジスト)の薄型化やPKG間の狭ギャップ化が進んでおり<sup>4)</sup>、これらを実現するために、図5に示すオーバーモールドタイプのPKG構造が近年提案されている<sup>5)</sup>。

このようなPKG構造の変化に伴って、PKG反りの増大、接続信頼性、耐落下衝撃性、耐リフロー性および放熱性の低下などの課題が挙げられる。そこで、PoPの下段に用いられるオーバーモールドタイプの薄型FBGAを対象に、PKG反り低減と耐リフロー性の向上を同時に図った事例を以下に紹介する。

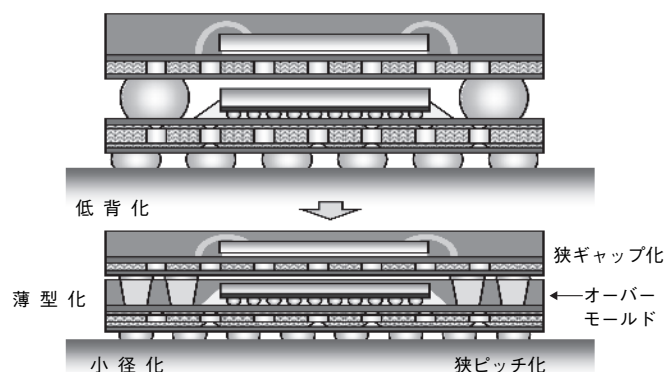


図5 3次元半導体パッケージの高密度化  
Figure 5 High-density 3D semiconductor package

### 6.2 PKG反り低減と耐リフロー性向上の両立

FBGAは、基板上に複数のチップを実装し、一括封止した後に個片化することで得られる。図6には、一般的なPKG仕様で一括封止した後(最適化前)の外観を示す。この段階で大きな反りが発生しており、この状態では個片化した後のPKG反りだけでなく、搬送やはんだボール搭載にも大きな影響を及ぼす恐れがある。

そこで、体積占有率の高いコア基材と封止材に着目し、図7の解析モデルを用いて、PKG反りに及ぼす材料物性の影響を調べた。

まず、封止前のPKG反りに及ぼすコア基材物性の影響を解析した結果を図8に示す。PKG反りはコア基材の弾性率に比べて、熱膨張係数の影響を大きく受け、コア基材を低熱膨張化することでPKG反りを低減できることが分かる。

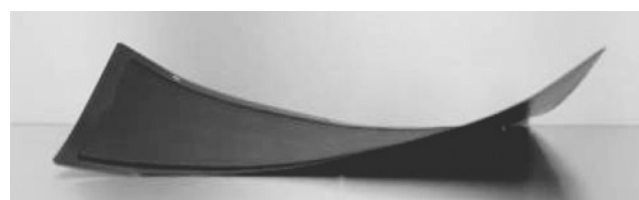


図6 一括封止後の薄型FBGAの例(最適化前)

パッケージサイズ 14×14×0.51 mm,

チップサイズ 8×8×0.12 mm

PKG基板厚み 270 μm, コア基材厚み 100 μm,

封止厚み 240 μm

Figure 6 Example of thin FBGA post-encapsulation (pre-optimization)

Package size: 14 × 14 × 0.51 mm, Chip size: 8 × 8 × 0.12 mm

Substrate thickness PKG: 270 μm,

Thickness of core substrate: 100 μm,

Thickness of encapsulation: 240 μm



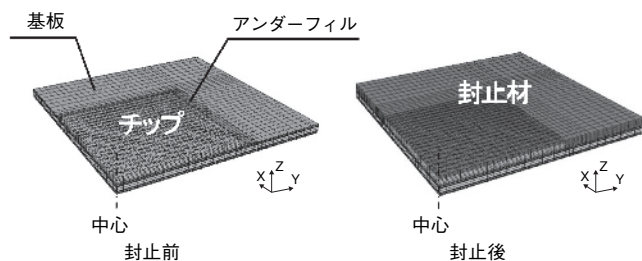


図7 パッケージ反り解析モデル  
Figure 7 Package warpage analysis model

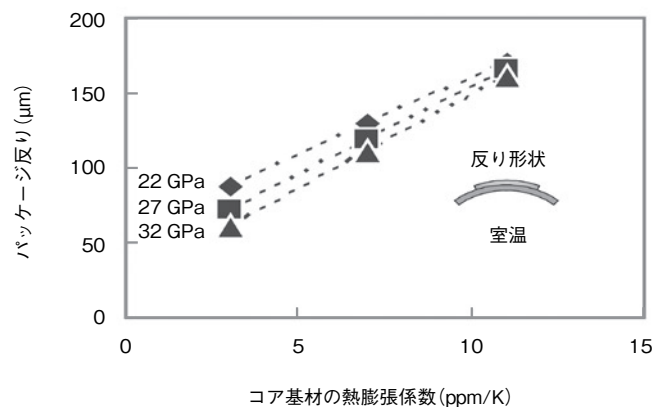


図8 パッケージ反りに及ぼすコア基材物性の影響  
Figure 8 Influence of substrate material property on package warpage

次に、封止後のPKG反りに及ぼす封止材物性の影響を解析した。結果を図9に示す。封止後のPKG反りは封止材の弾性率に比べて熱膨張係数の影響を大きく受ける。しかしながら、コア基材と異なり、熱膨張係数の最適化が必要であることが分かる。例えば、図9においては10 ppm/K程度が最適値となる。

これら解析結果を検証するため、熱膨張係数の異なるコア基材と封止材を組み合わせる封止前後のPKG反りならびに耐リフロー性を評価した。結果を図10および表2に示す。解析結果と実測結果は良い一致を示し、熱膨張係数が小さいコア基材と、熱膨張係数を最適化した封止材を組み合わせた材料システムNo. 4は、封止前後のPKG反りを抑制できた。図11に一括封止後の例(最適化後)を示す。最適化前の結果(図6)と比較して、反りを大幅に低減できていることが分かる。

また、高温耐リフロー性については、吸湿率が小さく、接着性に優れた封止材(No. 3, 4)を用いた場合、界面剥離の発生を抑制でき、耐リフロー性が向上することが分かった。

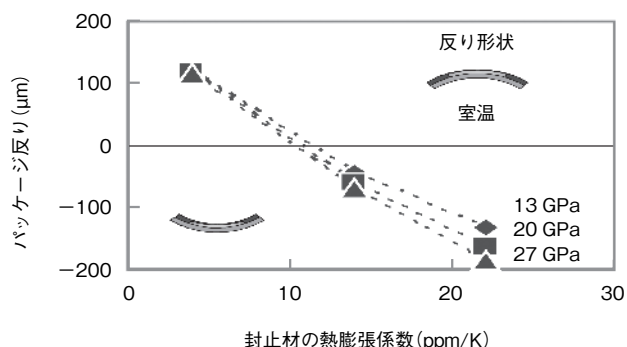


図9 パッケージ反りに及ぼす封止材物性の影響  
Figure 9 Influence of encapsulation material property on package warpage

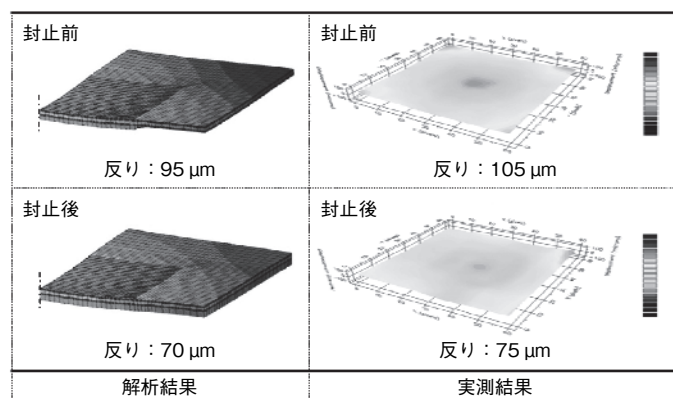


図10 パッケージ反りの解析結果と実測結果の比較  
Figure 10 Comparison of package warpage analysis and experimental results

表2 パッケージ評価結果一覧

Table 2 Package evaluation result

材料システム		No. 1	No. 2	No. 3	No. 4
コア基材	熱膨張係数 (ppm/K)	9	3	3	3
	熱膨張係数 (ppm/K)	20	20	14	7
封止材	吸湿率* (%)	0.5	0.5	0.3	0.2
	チップとの 接着力* (MPa)	0.1	0.1	0.9	1.0
パッケージ反り (μm)	封止前	180	105	105	105
	封止後	85	135	120	75
耐リフロー性 (不良率)	吸湿レベル 3	0/6	0/6	0/6	0/6
	吸湿レベル 2	1/6	4/6	0/6	0/6
	吸湿レベル 1	6/6	6/6	0/6	0/6

\*吸湿レベル 1

以上の結果から、低熱膨張コア基材と、高接着かつ熱膨張係数の最適化を図った封止材を組み合わせることで、封止前後のPKG反り低減と、耐リフロー性向上の両立化が可能となることが分かった。

上記コア基材、封止材以外の構成部材(ビルドアップ材、ソルダーレジスト、アンダーフィル材、バッファコート材)についても適宜解析を進め、PKG反りや信頼性の観点から、各構成部材のあるべき姿を検討している。

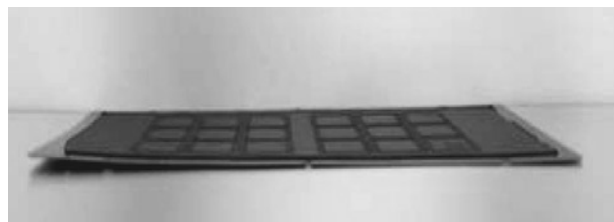


図11 一括封止後の薄型FBGAの例(最適化後)

Figure 11 Example of thin FBGA post-encapsulation (post-optimization)

## 7 PKG材料の改良技術の変遷とその限界を超える技術の進化

PKG基材の高Tg化および低CTE化としては、エポキシ樹脂自体の改良のほかに、基板材料への無機物充填量の増加などの手法が試され、その有効性が示されている<sup>6)</sup>。現行のエポキシ樹脂の場合、Tg以下のCTEは80 ppm/Kであり、これより小さいCTE値を有するサブミクロンサイズ(約500 nm)のシリカ粒子(CTE: 0.5 ppm/K)には、シランカップリング剤による処理が一般的に用いられている<sup>7)</sup>。さらなる低CTE化のためには、シリカ粒子の高密度充填も限界であるため、高次構造の樹脂を分子設計する技術が適用され、2.8 ppm/Kが実用化された。さらに、0 ppm/K以下のCTEの要求には、有機材料の分子設計とシリカ粒子の充填量の制御技術の解決が重要となっている。

3次元実装PKG技術は今後も拡大し、各種電子機器のさらなる高性能化に伴って、携帯情報端末など、さまざまな分野への拡大が予想される。さらに、MEMSや光実装技術と融合し、より幅広い分野でのシステムインテグレーションが加速される。実装技術は、これらを実現するキーテクノロジーであり、これを支える実装材料についても、多様化、複雑化への対応とともに高機能化を兼ね備えた設計・開発の重要性がさらに高くなる。

## 8 20年後を見据えた事業の将来像

今後も、エレクトロニクス技術は、電子機器、自動車、医療機器、ロボットなど幅広い産業のベース技術として拡大し、その用途や最終製品の形態も大きく変化することが予想される。本報では、50年間の材料技術の変遷を見たが、最終製品がTVからPC、スマートフォンでその製品は変化しても、配線板やPKG基板に使用される材料技術はマトリックス層となる樹脂技術をベースに進化してきた。今後、20年を考えてみても、材料の進化の基本は化学と考え、材料開発の発展には次のような技術の開発が必要と思う。

- 1) 分子設計に基づく合成技術
- 2) 分子単位の界面制御技術(ナノ粒子)
- 3) 有機材料、無機材料、金属材料の接合技術と異種材料のハイブリッド化
- 4) 信号送信技術の進化(電気、光の複合技術)
- 5) スーパーファイン感光性技術

これらに加えて、一連の実装材料のラインアップを持つ当社では、材料特性、構造設計、実装および信頼性評価と材料開発を同期化させたマテリアルシステムソリューション(MSS)(図12)をさらに高い段階に進め、高機能実装材料の創出による社会の発展に貢献をめざす所存である。



図12 半導体基板、実装用材料のMSS

Figure 12 MSS of package substrate and package materials

### 【参考文献】

- 1) 配線板製造委員会次世代配線板研究会、次世代配線板の展望、エレクトロニクス実装学会誌、12(2009)14-18
- 2) 正岡和隆、中村吉宏、池田謙一、入野哲郎、次世代半導体パッケージ用材料、電子材料 1(2008)70-76
- 3) 竹越正明、鈴木直也、尾瀬昌久、池内孝敏：“三次元半導体パッケージを支える材料システム”，エレクトロニクス実装学会誌、Vol.15, No.12,(2012)148
- 4) 中村吉宏、菅野朋美、竹越正明、高根沢伸、尾崎淳一：“PoPの実装信頼性を高める低熱膨張基材の検討”，第16回エレクトロニクスにおけるマイクロ接合・実装技術シンポジウム
- 5) C.Zwenger, L.Smith: “Next Generation Package-on-Package (PoP) Platform with Through Mold Via (TMV™) Interconnection Technology”, Proceeding of the IMAPS Device Packaging Conference, March, 2009.
- 6) 伊藤直樹、余田浩好、エポキシ系ナノコンポジット材料の熱的特性に及ぼすSiO<sub>2</sub>ナノ粒子の影響、ネットワークポリマー、Vol.25 No.1(2004)28-33.
- 7) 高野希、福田富男、小野勝道、FT-IRを用いたシラン化合物の熱処理による化学構造変化、高分子論文集 47(2000)743-750.

# クラウドコンピューティングを支える配線板

## Printed Wiring Board Supporting Cloud Computing

荻野 晴夫 Haruo Ogino

電子部品事業部 開発設計部

クラウドコンピューティングは我々の身近なものになり、産業や個人に多大な利便性を与えている。クラウドコンピューティングを構成するシステムには、ネットワーク、サーバ、ストレージがあるが、これらにはより短時間に多くのデータを届けるため、信号の高速化が要求され続けている。LSIを搭載する配線板は信号を伝送するこれらシステムの一部で、高速化に重要な役割を果たしている。本稿では高速信号用配線板の現状と将来の展望を取り上げる。

当社が製造しているマルチワイヤ配線板(MWB<sup>®</sup>)は、一般の配線板に比べ信号の伝送損失、伝播遅延特性に優れ、高速化に適した配線板である。高速化を実現する具体例として、ネットワーク、サーバ用に開発した「高速対応MWB」、「ハイブリッドMWB」や、電気信号では伝送困難な25 Gbpsを超える信号に対応する「光導波路」の開発状況について紹介する。

Cloud Computing became a familiar concept within our industry and personal use. And this gives us great convenience. The systems on which Cloud Computing is based include a network, server and storage, for which more high-speed signals must be used to send more data in a short time. The Printed Wiring Board fixes and connects LSIs and operates important functions for high-speed operation. This paper introduces the situation of the Printed Wiring Board for high-speed signals and future prospects.

The Multi Wiring Board (MWB<sup>®</sup>) is one of our products and suited for high-speed signals, because of its superior signal loss and signal delay properties. As a specific example to achieve high-speed operation, this paper introduces “High-Speed Signal MWB” and “Hybrid MWB” for networks and servers and an “Optical Waveguide” development for speed exceeding 25 Gbps, for which transmission by electrical signals is difficult.

### 1

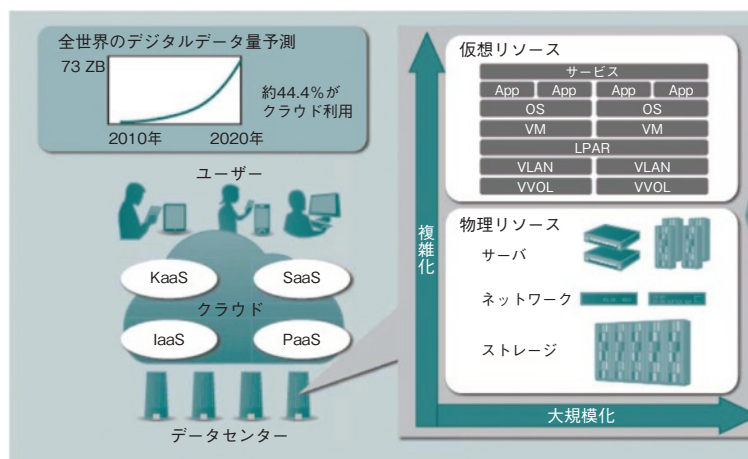
### クラウドコンピューティング

2006年に提唱されたクラウドコンピューティングは、従来の単独のコンピュータシステムと異なり、複数のコンピュータをネットワークでつなぎ、インターネットなどのネットワークを通じてサービスを提供するシステムである。利用者はコンピュータを意識することなくリアルタイムに必要な情報やサービスを入手することができ、サービスを供給する事業者側にも必要に応じて場所を問わず設備を増設・縮小できるためコストパフォーマンスが高く、近年利用が急速に広まっている。

クラウドコンピューティングの利用例としては、企業の文書・データの共有化や、医療機関において情報データベースを通じて医師がどこからでも過去の症例を瞬時に確認できるシステムが運用されており、個人向けにはスマートフォンやタブレット向けにニュース、音楽、映画をリアルタイムに配信するサービスが広がっている。

クラウドコンピューティングでデータを管理する施設をデータセンターと呼ぶが、これを構成する設備にはデータを処理するサーバ、データを貯めるストレージ、設備間と外部をつなぐネットワークがある。

クラウドコンピューティングの利用が広がるにつれて、取り扱われるデータ量も急激に増加しており、2020年には世界のデジタルデータの総容量が73 Z(Z=10<sup>21</sup>)バイトに到達する見込みであり、これは現在(2012年)の10倍以上となる<sup>1)</sup>。このためデータを供給するサーバ、ストレージ、ネットワークにもより短時間に多くのデータを届けるため、信号の高速化が要求され



注：略語説明 ZB(Zetta Bytes), KaaS(Knowledge as a Service), SaaS(Software as a Service), PaaS(Platform as a Service), IaaS(Infrastructure as a Service), App(Application), OS(Operating System), VM(Virtual Machine), LPAR(Logical Partition), VLAN(Virtual Local Area Network), VVOL(Virtual Volume)

図1 大規模クラウドデータセンターの運用と全世界デジタルデータ量<sup>1)</sup>

Figure 1 A large-scale cloud data center operation and the global volume of digital data <sup>1)</sup>



続けている。

配線板はサーバ、ストレージ、ネットワーク機器に使用されている部品で、この配線板上にLSIほかの電子部品を搭載しその信号を伝送する役目を担っており、設備の高速化に重要な役割を果たしている。特にデータの集中するサーバには高速化が求められており、内部の信号伝送速度を現在の5～10 Gbpsから2015年に25 Gbpsまで高速化する目標が設定されている。

## 2 マルチワイヤ配線板(MWB®)

弊社の製造する配線板にマルチワイヤ配線板(MWB®)が有る。この配線板は従来の配線板が銅箔を薬品で部分的に溶かしして配線を作るのに対して、絶縁被覆された銅線を絶縁板上に貼り付けて配線を作るユニークな構造をしている。配線形成と断面、表面写真を図2に示す。MWBは一般配線板に比べダイ引きした平滑な表面の銅線を使用しているため、高周波の減衰が少なく高周波特性に優れている。一般の多層板とマルチワイヤ配線板の伝送損失の比較を図3に示す。また絶縁被覆銅線を交差配線できるため、絶縁信頼性が高く高密度化できるという特長がある。

MWBは1973年に量産開始後、その特長からスーパーコンピュータ、LSI検査装置、航空宇宙用などに採用され、これら産業を支えてきた。

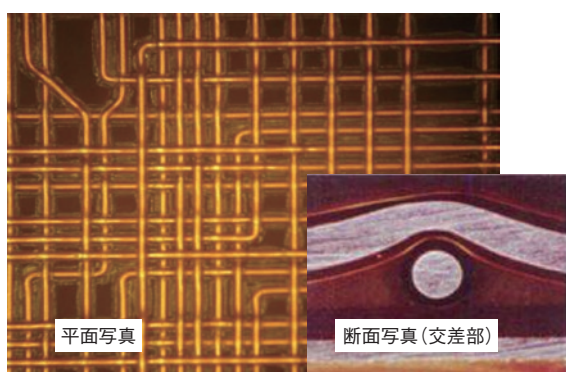


図2 マルチワイヤ配線板の配線層  
Figure 2 Wiring layer for Multi Wiring Board

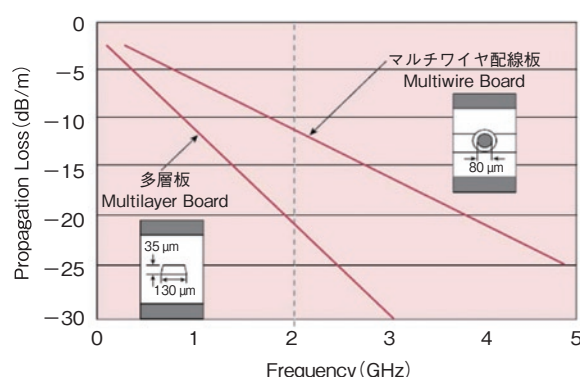


図3 伝送損失の比較  
Figure 3 Comparison of Propagation Loss

## 3 高速信号対応MWB(開発中)

次世代サーバは従来の100倍高速の100 Gbpsの通信速度に効率良く対応するため、2015年までに内部信号速度25 Gbpsを目標としており、周波数12.5 GHzで信号減衰が0.6 dB/inch以下の配線板が求められている。周波数が高くなるほど、電気エネルギーは電磁波となって減衰するため、この目標は実用上電気信号の限界と考えられている。図4にこの目標に対応した高速信号対応MWBのワイヤ断面構造、図5に伝送損失のシミュレーション結果を示す。

MWBの絶縁被覆層に高周波特性に優れたフッ素樹脂(ETFE)を使うことで、信号の減衰を抑えるとともに高密度配線を維持する構造を開発している。本製品は2014年までに上市予定で、次世代サーバの構成部品の中でも最も伝送距離の長いバックボード用途に採用される予定である。

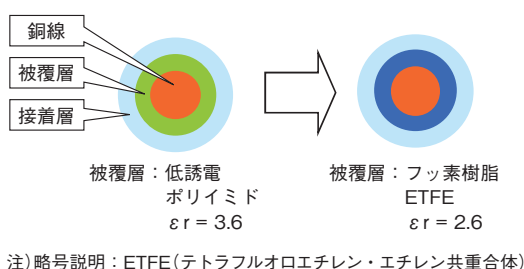


図4 ワイヤ被覆層の電気特性改善  
Figure 4 Improvement in electrical performance by changing the covering material

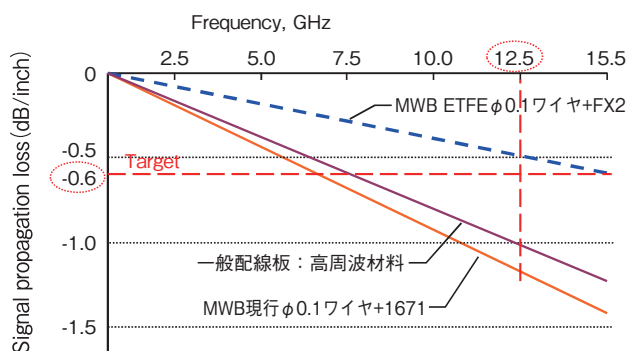


図5 現行ワイヤとETFEワイヤの伝送損失比較シミュレーション  
Figure 5 Signal propagation loss simulation by current and ETFE wires



## 4 ハイブリッドMWB

MWBは電気特性に優れているものの、絶縁被覆銅線をNC機で絶縁板上に1本ずつ貼り付けるため、生産性に劣る短所がある。これを改善するため、一般の配線は従来の配線板で作成し、高速化が必要な配線だけをMWB構造としたハイブリッドMWB Type 2を開発した。また表面実装部品の高密度化に対応するためMWB上に微細回路板を取り付けたハイブリッドMWB Type 3を開発した。図6にType 2, 3の断面構造例を示す。

ハイブリッドMWB Type 2, 3 は2012年から量産を開始しており、半導体検査機器、サーバ、ネットワーク機器に採用されている。

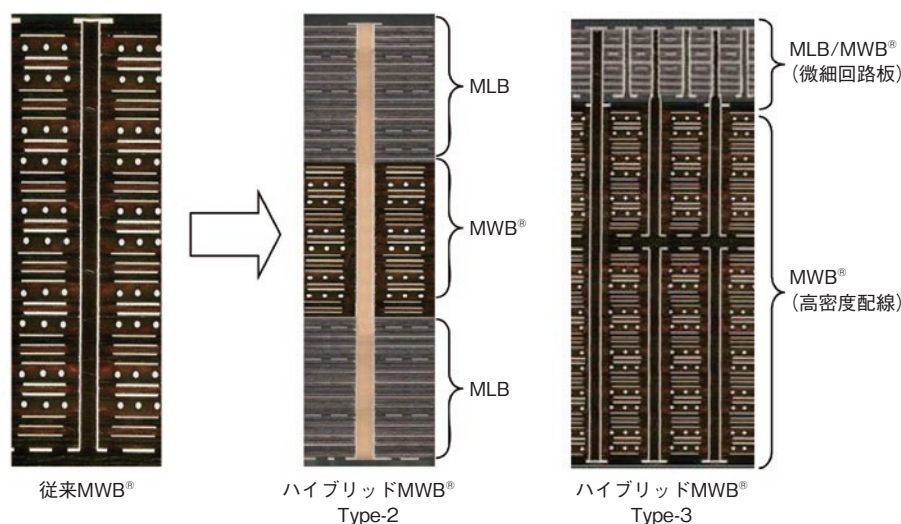


図6 ハイブリッドMWB® 断面写真(例)

Figure 6 Hybrid MWB® cross sections (Example)

## 5 同軸MWB, 光配線板 (開発中)

信号減衰の制約から電気信号では25 Gbpsが取り扱える信号速度の限界と考えられているが、その先の信号速度に対応するため配線を同軸線としたMWBや配線板内で電気信号を光に変換し、光導波路で信号を伝送する配線板、モジュール用基板の開発を開始している。対応する信号速度と配線密度を図7に、光モジュール用基板の開発例を図8に示す。これらの製品や技術は2016年以降のサーバやネットワーク機器など次世代のクラウドコンピューティング用に開発中である。

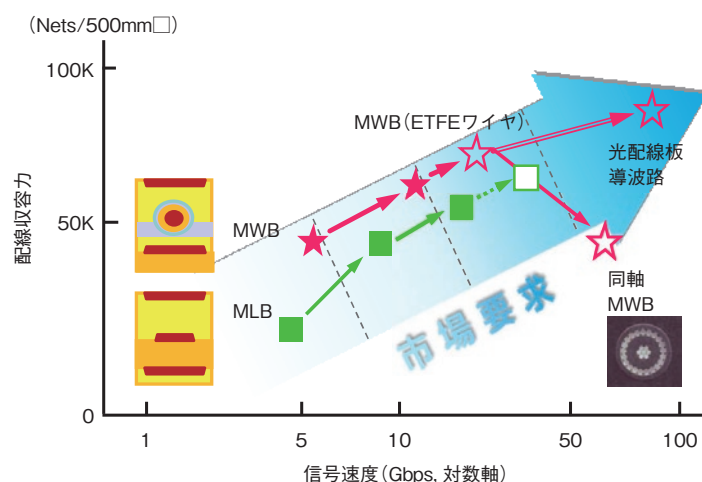


図7 配線板の信号速度と配線収容力の進化

Figure 7 Improvement in signal speed and wiring capacity for each printed wiring board

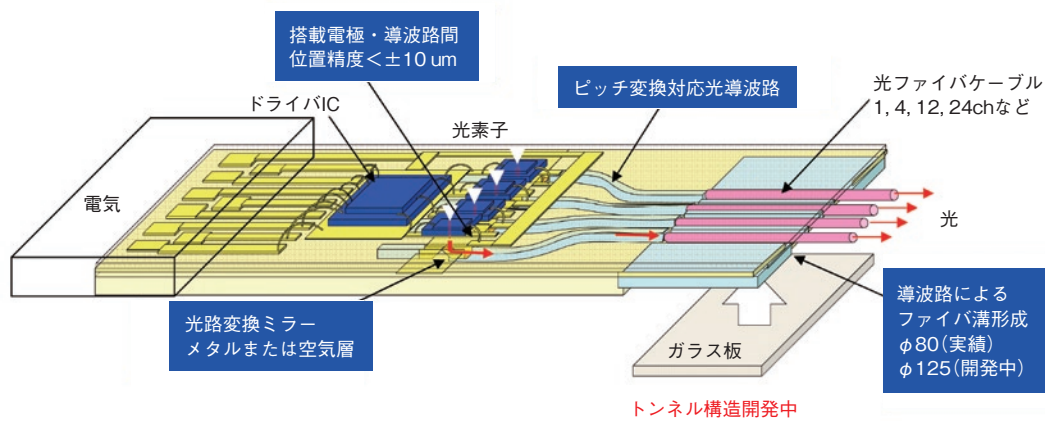


図8 導波路モジュール基板の開発例

Figure 8 Developed optical waveguide substrate example

## 6 結 言

クラウドコンピューティングの進化に伴い、大容量のデータを自由に利用できる時代となってきた。この進化はこれからも加速度的に進展することが期待され、これを支える配線板も高速化・高密度化が求められ続ける。弊社はこれからも今回紹介したMWB技術を軸にこの要求を先取りする開発を継続し、ユーザーの期待に応え続けていきたい。

### 【参考文献】

- 1) 坂下幸徳, 工藤裕, 名倉正剛, 草間隆人:大規模クラウドデータセンターの運用管理コスト削減を可能とするITリソース

管理技術 日立評論 Vol.94 No.04 352-353 pp.54-57(2012.04)

- 2) Takehisa Sakurai, Masahiro Kato IEEE Semiconductor Wafer Test Workshop 5-16-2012(2012.6)

# ナノマテリアル

## Nanomaterials

山本 和徳 Kazunori Yamamoto

新事業本部 筑波総合研究所 高機能材料開発センタ

ナノテクノロジーは、ナノプロセス、ナノデバイス・ナノマテリアル、ナノ計測に大別され、将来のモノづくり技術として多くの産業に貢献すると期待されている。当社はいずれのナノテクにも関わっているが、本報では、プリントドエレクトロニクス用材料の導体層形成銅(Cu)インクを具体例として取り上げ、その開発状況を紹介する。また、今後重要となる国際標準化やパートナーとの協業について、その取り組みを紹介する。

Nanotechnologies, major fields of which include Nanoprocess, Nanomaterials, Nanodevices, and Nanomeasurement, are expected to become fundamental technologies for manufacturing in a wide range of industries. In this paper, Cu ink for Printed Electronics is introduced as a typical Nanomaterial with which Hitachi Chemical is familiar. The scope also includes our efforts to attain the international standard and cooperate with partners to overcome inconsistencies in advanced technologies. We, Hitachi Chemical, will apply those advanced technologies to applications in the near future, expanding next generation ICT (Information and Communication Technology) and other industries.

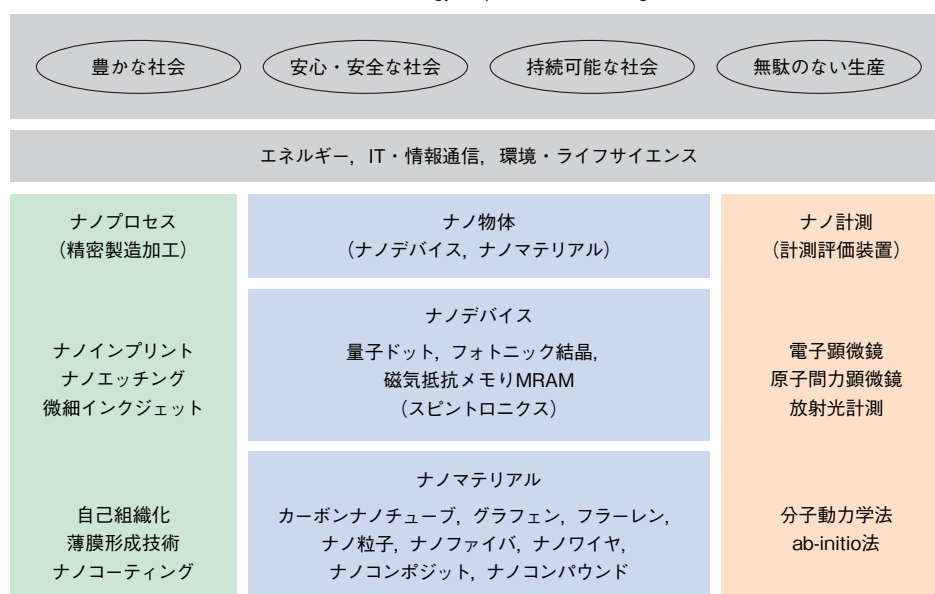
### 1 緒言

ナノテクノロジー(以下、ナノテク)に関する研究開発は、2000年の米国における国家戦略化以降、世界中で加速されている。欧州は、EUの研究開発プログラム第6次フレームワークでナノテク予算を拡大し、アジアでは韓国がナノテクマスタープランを2001年から10年間計画で策定した。一方、日本は1991年のカーボンナノチューブの発見や1992年から10年計画のアトムテクノロジープロジェクトなどにより、原子間力顕微鏡や磁気抵抗メモリを産み出し、基盤技術で海外に対して先行している<sup>1)</sup>。

ナノテクを大別すると、精密製造加工を可能にするナノプロセス、新規機能や高性能を発現するナノマテリアルやナノデバイス、及び計測評価装置を提供するナノ計測の技術に整理することができる(表1)。当社の製品は、いずれの技術にも関わるが、特にナノマテリアルとの関係が深い。本報告では、ナノマテリアルに焦点を当てて、代表的な事例紹介、国際標準化の動向、および今後の展望について述べる。

表1 ナノテクノロジー分野の技術マップ

Table 1 Technology map of Nanotechnologies



出典：経産省ナノテクノロジー分野の技術マップ2009年を基に作成

## 2 ナノマテリアルと応用技術・応用製品

ナノマテリアルの定義として、「少なくとも一次元の大きさが100 nmよりも小さく製造された材料」が一般的に知られている<sup>2),3),4),5)</sup>。ナノマテリアルの代表例として、カーボンナノチューブCarbon NanoTube(CNT)が挙げられる。CNTは、炭素原子の6員環ネットワークで形成される中空のナノファイバで、高強度や低電気抵抗、高熱伝導性という特徴を有している。特に多層CNTは特定用途に向けた実用化が進展中である。単層CNTについては基礎的な研究段階で、最近は分離・精製技術が報告されている。

当社のナノマテリアルの適用例として、半導体パッケージ基板用の低熱膨張銅張積層板が挙げられる。ナノシリカを充填材として用い、ナノコート技術で表面処理した後にスラリー化し、エポキシ樹脂ワニス中に分散させ、通常の塗工プロセスを経て銅張積層板を製造している<sup>6)</sup>。また、研究開発を進めているナノマテリアルとしては、CNT、板状ナノ粒子、ナノフィルム、プリンテッドエレクトロニクスPrinted Electronics(PE)用銅インク(以下、Cuインク)の導体成分などが挙げられる。ここでは、代表例として、CNTとCuインクを紹介する。

当社は、独立行政法人新エネルギー・産業技術開発機構(NEDO)「ナノテクノロジープログラム／革新的部材創出プログラム／ナノテク・先端部材実用化プログラム／単層カーボンナノチューブの大量合成と透明電極の研究開発」に参画した。Chemical Vapor Deposition(CVD)法により合成する当社CNTは、mmオーダーの長尺、98%以上の高純度であることを特徴としている(図1)(表2)<sup>7)</sup>。透明電極の他にも機能付与のための各種添加剤として期待されている。また、Cuインクは、平均粒径70 nmのCu化合物を導体成分として用い、190℃以下の大気圧気相処理で、無電解銅めっき配線と同等な $2\sim4\mu\Omega\cdot\text{cm}$ という低体積抵抗率の緻密な導体層を形成することができる(表3)。分散剤を用いないので分散剤の除去に必要であった導体化処理温度を低く抑制できるうえに、気相処理であるため液管理や廃液処理工程などの負担を軽減できる<sup>8),9),10),11)</sup>。このように、Cuインクを使用する印刷法は、少ない工程数、省資源、省スペースで配線形成できることを特徴としている(図2)。PEでは、真空プロセスやフォトリソプロセスなどの従来技術からの脱却をはじめ、薄型半導体実装や曲面配線のニーズがある。当社は、2011年に設立された次世代プリンテッドエレクトロニクス技術研究組合の「印刷デバイス製造技術」及び「フレキシブルデバイス技術」の実用化加速のための基盤技術開発に参画しつつ、近未来の実現可能な用途からPEを実用化し、次世代のIT・情報通信分野での展開を目指している。

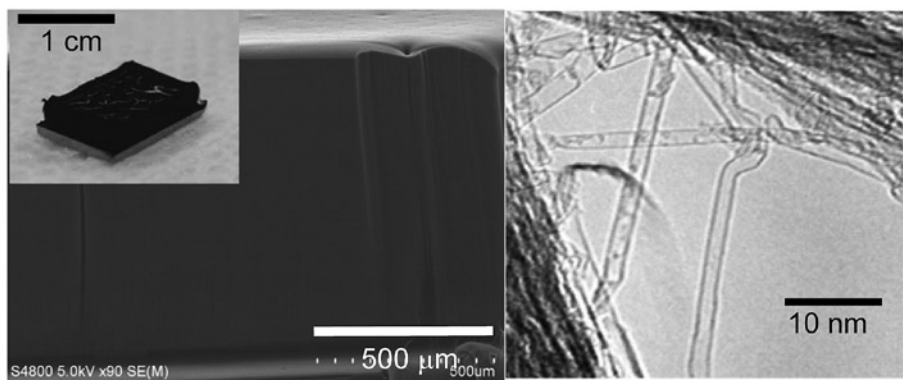


図1 CNTの電子顕微鏡写真

Figure 1 Electron Micrograph of CNT

表2 各種合成法によるCNT特性の比較




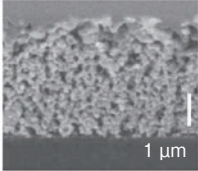
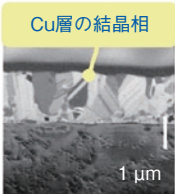
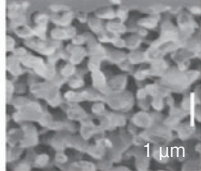
Table 2 Comparison of CNT properties by various synthetic methods

項目	当社CVD法	HiPCO法	CoMoCat法
直径	2-7 nm	1-2 nm	≒1 nm
長さ	1-5 mm	数μm	数μm
触媒残渣	<0.1%	30%	10-20%
純度	≧99.8%	≦70%	≦10%
原料	炭化水素	一酸化炭素	一酸化炭素



表3 Cu印刷層に与える導体化処理条件の影響

Table 3 Dependence of the reactive conditions on the Cu layer structure

減圧気相処理 ( $6\mu\Omega\cdot\text{cm}$ )	大気圧気相処理 ( $3\mu\Omega\cdot\text{cm}$ )	大気圧液相処理 ( $100\mu\Omega\cdot\text{cm}$ )
導体化処理後 		
断面SIM像 	Cu層の結晶相 	

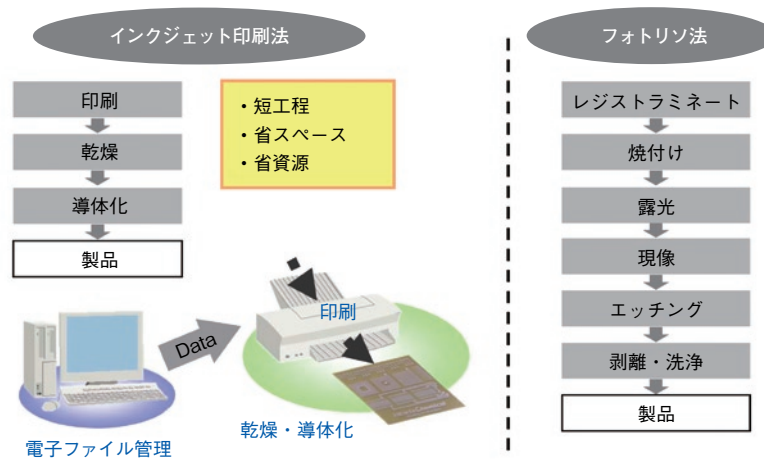


図2 インクジェット印刷法とフォトリソ法の工程対比

Figure 2 Comparison of the manufacturing process between Ink-jet printing and photolithography

### 3 国際標準化の動向と当社の取り組み

国際標準化の目的は、混乱や多重作業の回避、用語や評価手法を含む成績表の統一などだが、標準化の利益を享受して競争優位に導くこともできるため、各国の主導権争いが激しい。ナノテクの国際標準化は、2005年に国際標準化機構(ISO)が技術委員会TC229を、日本では、日本工業標準調査会(JISC)がナノテクノロジー国際標準化国内委員会を設置している<sup>12)</sup>。日本の役割は計測キャラクタリゼーションで、特にCNTの安全性について取り組んでいる。また、PEの国際標準化も2011年に国際電気標準会議(IEC)が技術委員会TC119を設立しており、日本はマテリアルWGの主催者としての活躍が期待されている。また、JISCは電子情報技術産業協会にPE国際標準化専門委員会を設け、米国に本拠を置くIPC(IIInstitute for Printed Circuits)との円滑な国際標準化を調整中である。当社は、これらの国際標準化活動への参画を積極的に進めている。

### 4 今後の展望

当社は、情報通信・ディスプレイ、環境・エネルギー、自動車、ライフサイエンスの4つの事業領域に注力している。情報通信・ディスプレイ領域では、クラウドコンピューティング、Internet of Things(IoT)、ビッグデータ、ウェアラブルなどの技術的な潮流を見据えて、従来技術の延長線上にある高機能化・高性能化だけではなく、第2章に記したPEや有機エレクトロニクスの研究開発を推進している。電子デバイスの形態が変わるので、新たな事業機会を迎えている。また、環境・エネルギー領域では、再生可能エネルギーの大規模開発、エネルギー消費効率を高めるスマートシティのように次世代の社会構築に向けた改革が始まっている。

ので、絶好の参入機会と捉えている。とはいえ、技術潮流が明瞭なのでグローバルな競争が加速され、材料に寄せられる期待が大きい。顧客価値を高める差別性が競争力になるので、組合せ技術や最適化だけでは、業界トップのポジションを維持することが難しい。ナノマテリアルは、差別性を発現させるために役立つものと考えるが、ナノ領域の構造制御も同様に重要と考える。例えば、反対の電荷を有する成分を交互に積層させてナノフィルムを生成する技術や、グラフト化により官能基を付与するポリマブラシなどが相当する。このような要素技術を短期間で構築するためには、オープンイノベーションが有効である。学会活動などや技術交流会を通してパートナーとの良好な関係を築き、差別性のある独自技術を育てて行きたい。

## 5 まとめ

ナノテクは、原子分子レベルの機能創成という従来技術の延長とは異なる非連続性を有している。実用化の際には、技術の非連続性が障壁となることもあるので、付加価値を産み出すためにはパートナーとの協業が重要となる。ここに、グローバル化した技術を共有するための国際標準化が必要な理由がある。優れた独自技術だけでは成功につなげることができない時代を迎えつつある。ナノテクの応用例として挙げたPEでは、当社のCuインクの特徴を述べたが、最先端技術が従来技術を凌駕する破壊的技術として活用されることになると信じる。

### 【参考文献】

- 1) ナノテクノロジー政策研究会中間報告「ナノテクノロジーによる価値創造実現のための処方箋」, 経済産業省 ナノテクノロジー・材料戦略室, 2005年3月31日
- 2) The Royal Society & The Royal Academy of Engineering, UK, "Nanoscience and Nanotechnologies: opportunities and uncertainties." July, 2004
- 3) ISO TS 27687 "Nanotechnologies-Terminology and definitions for nanoobjects: Nanoparticles, nanofibers, and nanoplate"
- 4) 日本工業規格JIS/TS Z0027「ナノテクノロジー-ナノ物体(ナノ粒子, ナノファイバ及びナノプレート)の用語及び定義」, 2010年
- 5) Scientific Committee on Emerging and Newly Identified Health Risks, Scientific Basis for the definition of the term "nanomaterials", European Union 2010
- 6) 中村吉宏 他, PoPの実装信頼性を高める低熱膨張基材の検討, (社)溶接学会 第16回「エレクトロニクスにおけるマイクロ接合・実装技術」シンポジウム要旨集, P.359-364, 2010年
- 7) 羽場英介 他, 単層カーボンナノチューブ膜の透明導電特性とその膜厚依存性, 第36回フラーレン・ナノチューブ総合シンポジウム要旨集, 2P-20, 2009年
- 8) 特開2011-140598, ナノ粒子分散液の製造方法、及びインクジェット用分散液
- 9) Y. Kumashiro, et al., "Printing Materials for Flexible Electronics Device", Proceedings of International Conference on Electronics Packaging 2010, TB3-1,(2010)
- 10) M. Inada, et al., "Material Technology of Conductive Wiring for Ink-jet Print", Transactions of The Japan Institute of Electronics Packaging, Vol.4, No.1, P.114-118, (2011)
- 11) K. Kuroda, et al., "Development of Copper Materials and Processing for Printed Electronics", Proceedings of International Conference on Electronics Packaging 2012, TB3-4,(2012)
- 12) ナノテク国際標準化ニューズレター 創刊号(2006)

# レジンテクノロジー

## Resin Technology

小島 靖 Yasushi Kojima

新事業本部 筑波総合研究所 基盤技術開発センタ

100年前の創業以来、当社の各種製品にはさまざまな樹脂からなるレジンテクノロジーが使われてきた。高放熱絶縁製品では、高次構造の形成により高熱伝導性を示す新規なエポキシ樹脂を開発した。さらに新たな分析技術を背景にフィラーとの相互作用による熱伝導性発現を明らかにすることで高度な製品設計を可能としている。また、紫外線硬化樹脂の重合開始機構の解析や熱硬化物中の微量な硬化促進剤成分の検出など、新たな分析技術の開発が新製品設計を支えている。一方、リグニンの熱硬化性材料としての検討やシルクフィブロインの化粧品用途への活用などバイオマスレジンの検討も進めている。このようにレジンテクノロジーは、今後も、時代に合わせた樹脂材料、分析技術などを提供することで、当社の発展に寄与していくと期待している。

Since the establishment of our business a century ago, resin technology comprising various kinds of resin has been used for many products. For products with high thermal conductivity and insulation, we have developed new epoxy resin with higher order structures and higher thermal conductivity. Moreover, thanks to our new analytical technique, we have clarified the thermally conductive property by revealing the interaction between the filler and resin, which has enabled us to design advanced products. Furthermore, the development of new analytical techniques, such as the detection of a minute amounts of accelerator in the thermosetting composite and analysis of the polymerization initiation mechanism of the UV curable resin system have also supported new product design. Recently, we have been studying biomass resin technology, including lignin resin for thermosetting materials, and silk fibroin for cosmetic applications. These resin technologies are expected to help develop our new business, providing new resin materials and new analytical techniques for the new era in future.

## 1 初めに

当社の創業は100年前(1912年)に日立製作所日立工場の一角で開始した国産モーターに使用する「絶縁ワニス」の研究を開始したことにあり、その後の当社の樹脂技術(レジンテクノロジー)のルーツとなっている。

モーターの絶縁材料から始まった当社の樹脂材料の研究は、成形材、配線板や封止材などに使用されるフェノール樹脂、エポキシ樹脂などに拡大していった。それらの「成形する」という技術から、例えば自動車用成形材料の技術やFRP、発泡ポリスチレンなどの事業も生まれた。また、絶縁ワニスのように「塗る」という機能からは塗料用樹脂製品が派生し、そこで培われたアクリル樹脂の技術が配線板用感光性フィルム用の感光性樹脂の研究の基礎ともなった。一方で「接着する」という機能は、接着剤や粘着剤に用いられるアルキルフェノール樹脂、アクリル樹脂などに展開された。さらに「塗る」技術は、感光性フィルムなどの塗工技術をもとに電子機器などの保護フィルムやディスプレイ用異方導電性フィルムや光学フィルム、光導波路などの製品につながっている。

このように、当社の製品にはさまざまな樹脂が使われてきた歴史がある。熱硬化性樹脂、光硬化性樹脂、熱可塑性樹脂などの多様な樹脂に関するレジンテクノロジーの蓄積は、今後も当社がさまざまな新規分野に展開する際の大きな力となると信じている。

## 2 レジンテクノロジーの取り組み

以下、当社が最近進めている新しい分野に関するレジンテクノロジーから見た取り組みを何例か紹介したい。

### 2.1 レジンの構造を制御する

図1に、当社が開発した自己配列しやすいメソゲン骨格を分子内に導入した高熱伝導性樹脂のコンセプトを示した<sup>1)</sup>。この樹脂は高次構造を容易に形成することができ、ミクロ的には異方性で秩序性の高い多数の結晶的構造を有する。さらに熱硬化反応によりマクロ的にはランダムな状態のまま固定安定化することで等方的な高熱伝導性を示す。開発した新規エポキシ樹脂は高い放熱性が要求されるハイブリッド車などの電装部品<sup>2)3)</sup>、やLED照明部材などへの応用が進められている。



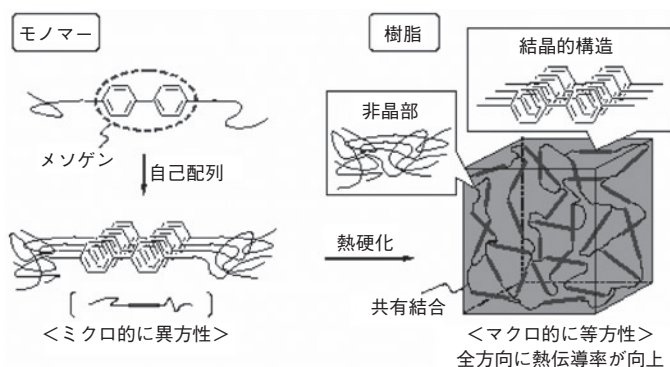


図1 高次構造制御による樹脂自身の高熱伝導化コンセプト

Figure 1 Concept of thermal conductive epoxy resin

しかし、従来樹脂を新規樹脂に置き換えるだけで高性能な製品が簡単に得られるわけではない。樹脂の構造そのものを十分に解析することは当然だが、加えて、実際にその樹脂が製品の中でどのような構造を取り製品の特性にどのような効果を与えているのかまでを明らかにすることが重要である。このように樹脂中の構造と特性の関係を明らかにすることにより、最適な製品設計が可能となり、短期間に的確な改良を行うこともできる。

例えば、図1で示した樹脂を使って高放熱高絶縁性の材料を得るには熱伝導性の高い無機フィラーを大量に配合することが必要だが、フィラーの選択や分散、あるいは硬化方法の違いなどにより放熱性や絶縁性が大幅に変化する。

図2はメソゲン含有エポキシ樹脂と六方晶窒化ホウ素h-BNから成る全方向に40 W/(m・K)以上の高い熱伝導性と60 kV/mm以上の絶縁性を有する高放熱絶縁材料のXRD(X線回折)解析結果である<sup>4)</sup>。メソゲン含有エポキシ樹脂をコンポジット化すると、充填されたフィラーが障害物となって偏光顕微鏡やAFMによる高次構造の確認ができない。しかし、XRD測定では $2\theta = 3.5^\circ$ 付近に樹脂の高次構造形成(スメクチック構造)形成による周期構造を示すピークが確認でき、さらにこのフィラー存在下では樹脂単独硬化物での熱伝導率0.33 W/(m・K)より高い0.45 W/(m・K)の熱伝導率を示すことが分かった。図3は放熱性の高いフィラーとして使用される $\alpha$ -アルミナおよび窒化アルミニウムAlNの焼結基板上で硬化させたメソゲン含有エポキシ樹脂のXRD測定結果である<sup>5)</sup>。アルミナ(a)では、膜厚方向に2.2 nmの周期構造に由来する強い回折ピークが高次まで出現したのに対し、AlN(b)では周期構造の規則性は低く、AlNはメソゲン含有エポキシ樹脂を配向させにくいことが示唆されている。すなわち、用いるフィラーの種類によってメソゲン含有エポキシ樹脂の配向状態が変化することが明らかになった。このような分析技術を駆使することにより、フィラーとの相互作用が具体的なデータとして得られるようになり、フィラーの選択性、表面処理の必要性などの重要な情報が直接、製品開発に生かせるようになっている。

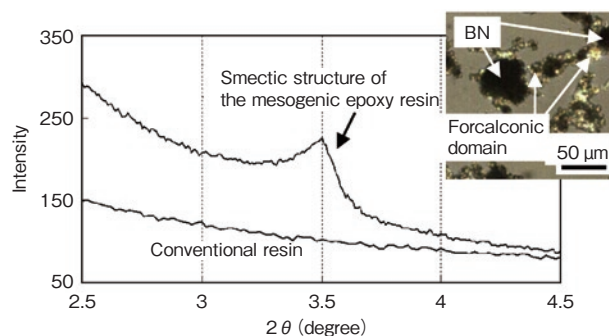


図2 メソゲン含有エポキシ樹脂、窒化ホウ素からなる高熱伝導材料のXRD測定結果

Figure 2 XRD analysis of the mesogenic epoxy resin / BN filler composite with high thermal conductivity

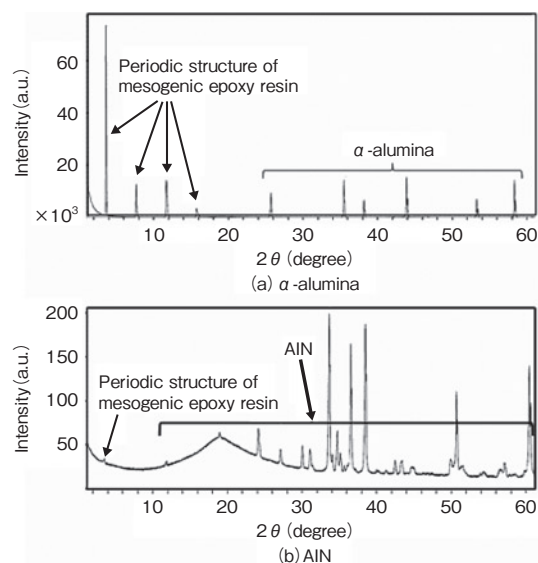


図3  $\alpha$ -アルミナおよびAlNの焼結基板上で硬化させたメソゲン含有エポキシ樹脂のXRD測定結果

Figure 3 XRD patterns of the thin mesogenic epoxy resin layers cured on (a)  $\alpha$ -alumina and (b) AlN plates

## 2.2 レジンテクノロジーを支える分析技術

上記のように、新しい樹脂の創製には、単に材料組成、官能基の種類、量、分子量、変性材料の選択などだけではなく、高度な分析技術に裏付けされたレジンテクノロジーの適用が必要不可欠である。当社では、新製品開発の促進につながるような新しい分析技術の開発を常に行っている。

紫外線(UV)硬化樹脂の分析例を示す。UV硬化樹脂は、コーティング材料から感光性フィルム、ディスプレイ用OCA(Optical Clear Adhesive, 光学透明接着剤)など幅広い用途で利用されている。図4、5、表1に、アクリル酸-2-フェノキシエチル(PEA)を高感度なオキシムエステル系開始剤(OXIME-01)で光重合をした系においてMALDI-TOFMSを利用して末

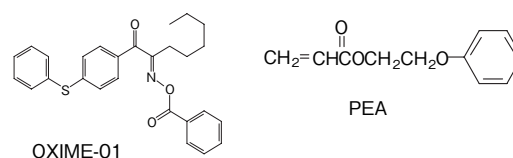


図4 OXIME-01およびPEAの分子構造

Figure 4 Structural form of OXIME-01 and PEA

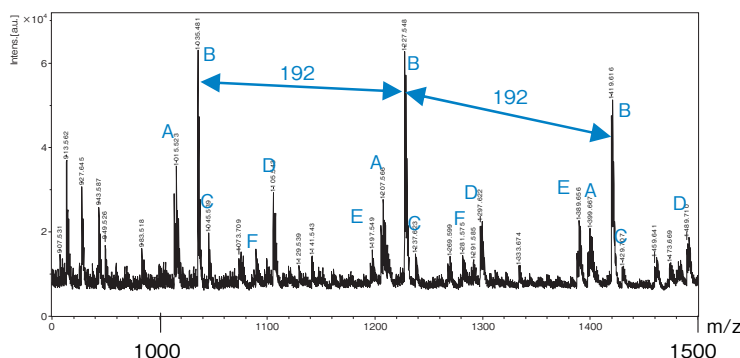


図5 PPEAのMALDI-TOFMS測定結果  
Figure 5 MALDI-TOFMS spectra of PPEA

表1 OXIME-01の末端基解析結果  
Table 1 Results of terminal group analysis for OXIME-01

Peak group	Molecular Ion Peak	
	General formula	Assigned
A	32+192n	HO-CH <sub>2</sub> -(PEA)n-H
B	244+192n	HO-CH <sub>2</sub> -(PEA)n-
C	62+192n	HO-CH <sub>2</sub> -(PEA)n-CH <sub>2</sub> -OH
D	122+192n	-(PEA)n-H
E	214+192n	-(PEA)n-H
F	106+192n	-(PEA)n-H

端基分析を行い、開始剤の重合開始機構を検討した結果を示した<sup>6)</sup>。溶媒として用いたメタノールが連鎖移動剤として働き、メチロールラジカルが重合開始種になっていることや、ベンゾイルオキシラジカルやベンゾイルラジカルが存在など新たな知見が得られた。このような知見により各種ラジカルの反応速度への影響などを明らかにすることができ、新製品設計に役立っている。

なお、当社技術の顕現性を明確に示せるような分析技術を構築することは、上記のように多くの労力をかけて開発した製品の不当なコピーを防ぐことにも有効である。

図6の例は、配線板中のエポキシ樹脂硬化物に使用されている硬化促進剤や変性材を最終の硬化物の中で特定した例である<sup>7)</sup>。硬化促進剤は使用される量が非常に少なく、また、硬化物中に取り込まれてしまうため、従来ではその種類も量も容易に解析することができなかった。しかしダイナミックヘッドスペースガスクロマトグラフィー質量分析法(DHSGC-MS)を用いることで、エポキシ樹脂硬化物中のイミダゾール硬化促進剤の検出・同定が可能となった。このような分析技術の開拓によって、市場に出された製品から特許侵害を証明することも可能となり、製品競争力の強化に貢献している。

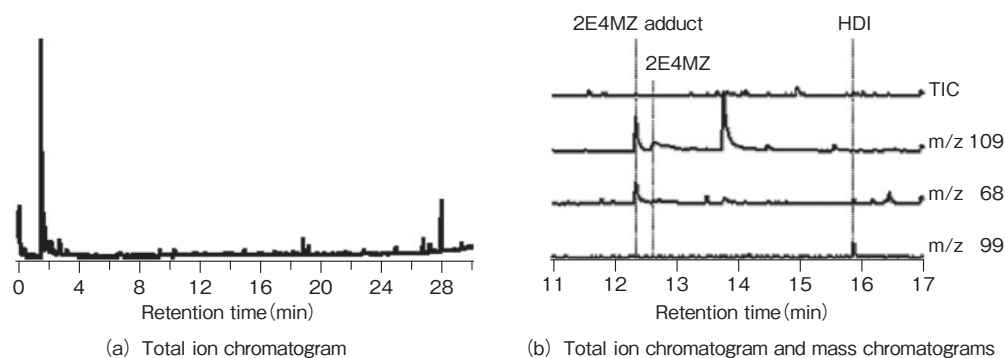


図6 熱分解(300 °C/15 min)した銅張積層板のDHSGC-MS測定結果  
Figure 6 DHSGC-MS results of copper-clad laminate degraded at 300 °C/15 min

### 3 バイオマスレジン

最後にバイオマス樹脂への取り組みを紹介したい。

レジンは『樹脂』と称されるように、元々は天然物由来の材料が主であったが、現在では石油由来の樹脂が多くを占めている。しかしながら、近年の石油発掘技術の革新やシェールガスの利用などで、その論調は弱くなっているものの、石油枯渇を懸念した脱石油、脱二酸化炭素の潮流は強くなっている。このため、バイオマス樹脂の研究は年々、盛んになっている。

植物由来樹脂としては、糖質を醗酵させて得られた乳酸を原料としたポリ乳酸(PLA)やバイオエタノールを原料としたバイオポリエチレンなどが有名であるが、いずれも気象状況に左右されるトウモロコシなどの可食性植物を原料としている。

そこでバイオマス樹脂として木質成分の約25%を構成するリグニンに着目した。リグニンは天然のポリフェノール樹脂と言ってもよく、当社の源流技術である熱硬化性樹脂技術による応用ができると考えたことによる。図7に水蒸気爆砕法により得られた溶剤可溶性リグニンをエポキシ樹脂の硬化剤として用いた成形材料の物性評価を示した。リグニンの持つ天然のネッ

トワーク構造を生かすことで、フェノールノボラックを用いた場合に比べて、曲げ強度、曲げ弾性率ともに高い値を示すことが分かる<sup>8)</sup>。

従来の樹脂では、樹脂そのものの組成や分子構造、分子量などを変え、特性を向上しようとする検討が主であった。しかし、リグニンのようなバイオマス系の樹脂材料の場合、それをいかに使いこなすかが大きな課題になる。バイオマス材料を原料としても変性を繰り返すのでは、LCA (Life Cycle Assessment) が通常の石油系樹脂と同等となり、脱二酸化炭素技術とは言えなくなる。現在、天然材料の利点を生かせるような種々のアプリケーション開拓を進めている。

次にシルクフィブロインを用いた検討例を紹介する。シルクフィブロインは生糸の主成分のタンパク質であり動物系バイオマス材料となる。タンパク質は天然の超高分子量ポリマー材料とも言え、その特性を生かすことにより石油由来の材料では得られない新たな価値が生まれると考えている。

図8に開発したシルクフィブロインを原料とした多孔質体の例を示した。柔らかい触感と高吸水性、保水性、耐熱性などを備えており、化粧品用途や医療部材用途への適用を検討中である<sup>9)</sup>。

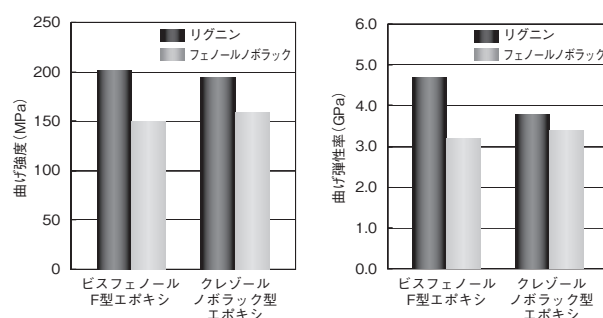


図7 リグニンまたはフェノールノボラックを用いたエポキシ硬化物の曲げ強度および曲げ弾性率

Figure 7 Bending strength and bending modulus of epoxy resin composite using lignin or conventional novolak resin



図8 シルクフィブロインからなるシート状の多孔質体の例  
Figure 8 Example of sponge sheets made from silk fibroin

## 4 レジンテクノロジーの役割

以上、本文で紹介したように樹脂の構造を制御し、さらに架橋構造、結晶構造などを制御することで、従来では考えられない特性を得ることができるようになった。また、バイオマスポリマーのように天然が生み出した構造をそのまま生かす取り組みも進行中である。分析技術のさらなる向上は、これらの樹脂の開発を支えるためだけではなく、自社技術を守るための強い武器にもなる。当社のレジンテクノロジーは、これらの多様な技術を総合したものであり、今後も変化する時代に合わせた樹脂材料、分析技術などを提供することで、当社と世の中の発展に寄与していくものと期待している。

### 【参考文献】

- 1) 竹澤由高, 日立化成テクニカルレポート, No.53, 5-10, (2009-2010)
- 2) 電気学会:「世界を動かすパワー半導体」, (オーム社, 2009)
- 3) 橋本富仁, “熱制御材料としての高分子への期待”, 高分子, 59(2), 65(2010)
- 4) 宋士輝, 福島敬二, 田中慎吾, 竹澤由高, 高分子討論会予稿集, 61(2), 3874-3875(2012)
- 5) 吉田優香, 田中慎吾, 竹澤由高, 高分子討論会予稿集, 61(2), 3406-3407(2012)
- 6) 海野晶浩, 平井修, 村松有紀子, 鍛冶誠, 衣笠晋一, 高橋かより: 第61回ネットワークポリマー講演討論会 講演要旨集, 113, (2011)
- 7) 桃崎太郎, 山口一夫: 第60回ネットワークポリマー講演討論会 講演要旨集, 115, (2010)
- 8) 小船美香, 小山直之, 菊地郁子, 後藤昭人: 第60回ネットワークポリマー講演討論会 15-16(2010)
- 9) 角直祐, 草木一男, 町田朋子, 小林一稔, 玉田靖: 第18回ポリマー材料フォーラム講演要旨集, 201(2009)



# 無機材料の開発動向と当社の対応

## Development Trend of Inorganic Materials and Our Developments

石橋 浩之 Hiroyuki Ishibashi 川合 潔 Kiyoshi Kawai 立園 信一 Shinichi Tachizono

機能材料事業本部 無機材料事業部 無機材料開発部

単結晶材料、セラミック材料、ガラス材料などの無機材料は、近年、半導体、自動車、ライフサイエンスなどの重要部品、デバイスとして欠くことのできない材料となっている。当社の例としては、GSO、LGSO単結晶がPET装置用シンチレータとして採用され、高熱伝導SiCや低熱膨張セラミックスが露光装置の構造部材として実用されている。一方、バナジウム系低融点ガラスは電子部品の耐湿封止材として今後の拡大が期待される。これら無機材料の開発動向を、当社の対応を交え概観する。

Inorganic materials such as single crystals, ceramics and glass have been used as key products and devices in semiconductor, automobile and life-science fields in recent years. Our GSO and LGSO single crystal products are used as scintillators in PET medical imaging equipment, while our high-thermal conductive SiC ceramics and low thermal expansion ceramics are used as structural materials in lithography equipment. Our vanadium-based low melting glass paste is expected to have wide-ranging applications as a moisture-resistant sealing agent for electronic devices. Recent development trends in inorganic materials and our developments are described.

### 1 緒言

多くの分野で欠くことのできない無機材料、その特質すべき多様性は、構成元素の種類が多いことや、元素の化学結合がイオン結合と共有結合の2種類が混ざったものであることから説明できる。さらにこの無機材料を、原子の3次元的配列の規則性、結晶性の観点からを見ると、単結晶材料、セラミック材料、ガラス材料に分けることができる。すなわち材料全体が単一の結晶からできている固体が単結晶であり、反対に原子が不規則に配列した固体をガラス(非晶質)と呼ぶ。一方セラミックスは多くの結晶の集まり(多結晶)であり、サブミクロン～数十ミクロン程度の粒径の結晶が集まったものである。これらの無機材料は、近年、半導体、自動車、ライフサイエンスなどの重要部品、デバイスとして欠くことのできない材料となっている。

当社の例としては、GSO( $\text{Gd}_2\text{SiO}_5: \text{Ce}$ )、LGSO( $\text{Lu}_{2-x}\text{Gd}_x\text{SiO}_5: \text{Ce}$ )単結晶が画像診断装置PET(Positron Emission Tomography)のγ線検出用シンチレータとして採用され、高熱伝導SiCや低熱膨張セラミックスが半導体露光装置の構造部材として実用されている。また、バナジウム系低融点ガラスは電子部品の耐湿封止材として今後の拡大が期待されている。これらの無機材料は、いずれも高温で溶融、合成されることから、当社の源流にある材料技術、高温処理技術をベースに開発が進められている。本稿では、単結晶材料、セラミック材料、ガラス材料の最新動向を概観し、当社の対応を述べる。

### 2 単結晶材料

#### 2.1 単結晶材料の最新動向

単結晶材料で最も大きな市場は半導体Siである。2010年の生産量は8,000トンを超える。Siはウエハーに加工され、半導体デバイス作成の基板材料として用いられる。多くの半導体デバイス向けSiウエハーはCZ法(Czochralski 法)で育成された単結晶が用いられる。CZ法Siの技術進歩は大口径化と言えるが、現在はφ300 mm単結晶が量産されている。今後は、半導体プロセスの大口径化に連動してφ450 mm化が進むと考えられる。FZ(Floating Zone)法で育成されたSiは高純度や無欠陥が要求されるパワーデバイス向けや赤外線光学関係、X線関係の部品、放射線検出器向けに用いられる。市場急拡大の太陽電池用Siは、多結晶が主流である。

単結晶市場でSiに次ぐ材料は水晶( $\text{SiO}_2$ 単結晶)である。圧電性結晶である水晶は、周波数制御、選択デバイス、各種センサとして広い分野で応用されている。また最近では、複屈折性、偏向特性、旋光特性などを利用して、各種カメラやDVDなどのピックアップレンズに使用されている。水晶は水熱合成法で育成される。今後も水晶デバイスは小型化と高性能化が進み、高品質な水晶が要求されると考えられる。同じ圧電性単結晶として、 $\text{LiTaO}_3$ (LT)、 $\text{LiNbO}_3$ (LN)単結晶も安定した市場を形成している。これらは、SAW(Surface Acoustic Wave、表面弾性波)素子として携帯電話の高周波フィルターとして使用されている。

次いで大きな市場は、GaAsやGaPなどの化合物半導体単結晶である。育成方法としては、光学素子用GaAsは水平BR法(ブリッジマン法)、高周波素子用GaAsはLEC(Liquid Encapsulated Czochralski)法で従来育成されていたが、最近ではVGF(Vertical

Gradient Freeze)法が主流となっている。GaAsは今後、スマートフォンや無線ネットワークで用いられる高周波デバイスの需要拡大で大きな成長が期待できる。パワーデバイス分野でSiに代わる大きな市場が期待されているSiC単結晶の開発も盛んに行われている。

サファイア( $\text{Al}_2\text{O}_3$ 単結晶)は、青色や白色LED製作に必須な GaN成長用基板として用いられ、照明用LED市場の拡大に伴い需要が急拡大している。サファイアは、ベルヌーイ法、キロボラス法、CZ法、HEM(Heat Exchanger Method)などの方法で育成される。サファイア単結晶は、その用途によって使用されるウェハーの面方位や口径が異なり、LED用は $\phi 2\sim 4$ インチC面ウェハーが、SOS(Silicon on Sapphire)デバイス用は $\phi 6$ インチR面ウェハーが用いられる。今後は、需要増加に呼応して大口径化が進むと思われる。

## 2.2 放射線検出用シンチレータ単結晶

2002年の保険適用以降、医療用画像診断装置PET(Positron Emission Tomography)が国内でも急速に普及し、そこに使われるシンチレータ材料の需要が拡大している。当社は従来からPET用シンチレータ単結晶を手がけ、日本で最初にBGO( $\text{Bi}_4\text{Ge}_3\text{O}_{12}$ )を量産化し、さらに新たなシンチレータとしてGSOを開発した。GSOは世界で初めて実用化したCeを発光中心とするシンチレータである。従来のNaI: TIやBGOに比べ、Ceを発光中心とすることで高速化を達成し、PETの高性能化を実現している。

最新のTOF-PET(Time of Flight PET)では、LSO( $\text{Lu}_2\text{SiO}_5$ : Ce)、LGSO、LYSO( $\text{Lu}_{2-x}\text{Y}_x\text{SiO}_5$ : Ce)などが実用されている<sup>1)</sup>。いずれもCeを発光中心とすることで優れた時間特性を実現している。図1に当社の $\phi 90$ -LGSO単結晶の写真を示す。

PET普及による市場拡大をきっかけに、新たなシンチレータ単結晶の開発が盛んである。当社も北海道大学と共同でGPS( $\text{Gd}_2\text{Si}_2\text{O}_7$ : Ce)を開発した。GPSは高い蛍光出力からエネルギー分解能に優れ、蛍光減衰時間も50~100 nsと短い。GPSは放射性同位元素を含まないことから、医療画像診断装置SPECT(Single Photon Emission Computed Tomography)など、多方面での応用が期待される<sup>2)</sup>。

シンチレータのほかの用途としては、各種サーベイメータ、放射線を使った石油探査ツール、物理研究用検出器などがある。最近話題のCERN(欧州原子核研究機構)でのヒッグス粒子の発見には、約8万本のPWO( $\text{PdWO}_4$ )シンチレータを搭載したCMS検出器の貢献が挙げられる<sup>3)</sup>。

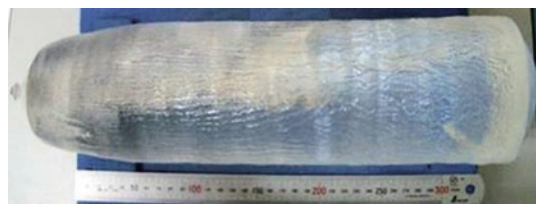


図1  $\phi 90$ -LGSO単結晶  
Figure 1  $\phi 90$ -LGSO single crystal

## 2.3 当社単結晶材料の将来展開

近年パワーデバイス用SiC単結晶やLED用サファイア単結晶など、地球環境負荷低減につながる材料の開発が注目されている。当社はこれら環境に適合した新しい単結晶材料の開発で社会に寄与したいと考える。また実用化中の単結晶に関しては、加工中のロス低減やリサイクルを進め、省資源・資源循環を積極的に推進していく考えである。

# 3 セラミックス

## 3.1 セラミック材料の動向

現在セラミックスは、鉄などの金属材料、プラスチックなどの有機材料と並んで必須の工業材料と言える。一般にセラミックスはイオン結合や共有結合など、強い結合力の多結晶体からなるため、融点が高く、化学耐食性、強度、硬度も高く、安定していることが特徴だが、もろいという欠点を持つ。

主要な工業用セラミックスとしては、 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 、 $\text{SiO}_2$ 、 $\text{MgO}$ 、 $\text{ZrO}_2$ などの単一成酸化物、 $\text{BaTiO}_3$ 、PZT( $\text{PbO}-\text{ZrO}_2-\text{TiO}_2$ 系)などの複合酸化物、SiC、 $\text{B}_4\text{C}$ などの炭化物、 $\text{AlN}$ 、 $\text{Si}_3\text{N}_4$ 、BNなどの窒化物などがあり、これらの多くはクラーク数の大きな元素で構成され、地球環境に優しい材料と言える。

多結晶体であるセラミックスは、構成物質が同じでも、微構造の違いや、添加物、焼結条件などによって異なった機能・特性を発現させることができる。そのような特長を生かして、化学組成、微細構造、形状および製造工程を精密に制御して、目的の機能を発現させたセラミックスのことを、特にファインセラミックスと言う。ファインセラミックスは、機能性ファインセラミックスと構造用ファインセラミックスに大別でき、最先端部材、最先端製品の材料として、その用途は多岐にわたる。

一例として当社 $\text{ZrO}_2$ 強化 $\text{Al}_2\text{O}_3$ セラミックスは、 $\text{Al}_2\text{O}_3$ セラミックスの課題であるもろさを大幅に改善した材料で、摩耗特性に優れるだけでなく耐衝撃性にも優れ、各種粉砕機や摩耗部品に採用されている。また当社のSiCセラミックスは、高硬度、高熱伝導性を持ち、自動車用ポンプシールとして実用されている。硬質なSiCと軟質なカーボンを組み合わせることで摺動面に液だまりが形成され、潤滑効果が大きくなるという特長を持つ。

## 3.2 半導体装置用セラミックス

半導体デバイスは、パソコン、携帯電話、ゲーム機などのエレクトロニクス製品に適用され、IT 技術の進展とともに、自動車、家電などに適用が広がっている。半導体デバイスの集積度はデザインルールに従って年々高密度化され、生産性向上はシリコンウエハーの大口径化で実現している。これら半導体デバイスを製造する半導体製造装置には、高剛性、高熱伝導性、低熱膨張性および優れた耐薬品性などの特徴を生かして、セラミックスが多く実用されている。

例えば半導体製造装置では、位置決め精度やスルー putt などの向上のために高い比剛性を有する低熱膨張 (Low CTE) セラミックスが求められている。この要求に対応するため当社では焼結助剤や添加物などの最適化を行い、室温付近での熱膨張係数がゼロとなる低熱膨張セラミックスを開発した。当社低熱膨張セラミックスの外観を図 2 に、熱膨張のデータを図 3 に示す。この低熱膨張セラミックスの実用化に際しては、その熱膨張係数の安定性や再現性を見るため、熱膨張係数を高分解能かつ信頼性高く計測できることが重要となる<sup>4)</sup>。そこで当社は産業技術総合研究所と共同で、低熱膨張セラミックスの熱膨張係数を高精度かつ簡便に測定する方法を開発した。その結果、室温付近で熱膨張係数の絶対値が 20 ppb/K 以下の低熱膨張セラミックスを安定して供給することが可能となり、半導体露光装置の高精度化に寄与できていると考える。

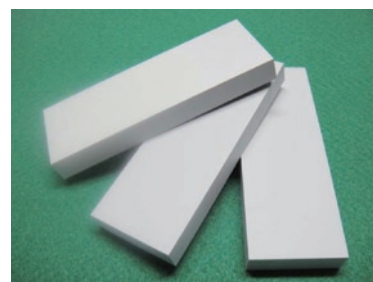


図 2 当社の低熱膨張セラミックス  
Figure 2 Low CTE ceramics

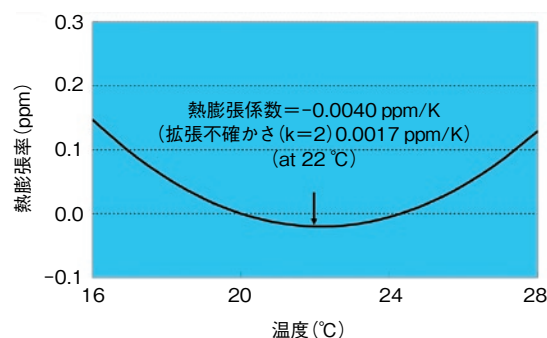


図 3 低熱膨張セラミックスの熱膨張  
Figure 3 Thermal expansion for low CTE ceramics

## 3.3 当社セラミック材料の将来展開

当社セラミック材料は、前述のように用途に応じて加工を施した構造用セラミックスを中心に展開してきたが、今後はその表面を化学修飾させ、あるいは樹脂と融合させることで新たな機能を発現させ、新たな用途開拓を進める計画である。また、ロスを低減するためのニアネットシェイプの技術や、エネルギー負荷低減のための低温焼結技術等の製造技術向上を進め、地球環境に優しいモノづくりをめざしていきたい。

# 4 ガラス

## 4.1 ガラス材料の動向

ガラス材料はガラス転移現象を示す。すなわちガラス転移温度以上で固体から粘りのある液体に変わり、ガラス細工によっていろいろな形にできるところに特徴がある。また一般的に透明、絶縁、錆びない、曲がらないがもろい、という特性が挙げられる。このような特徴からガラスは、窓ガラスや鏡、コップやビン、蛍光灯やテレビ画面、自動車用ガラスなど身近で使われている。加えて近年、上記の基本的な性質をベースに、組成の自由度、成形性、高強度・耐久性、機能付加性などの機能を付与し、エレクトロニクス、オプティクス、ディスプレイ、ストレージ、エネルギーといった多くの産業分野で利用されている。これら高機能化したガラスをニューガラスと言う。

ニューガラスが活躍している用途としては、オプティクス、特に光通信の分野では、伝送用光ファイバ、ファイバ増幅器、非線形光学ガラスなどが挙げられる。紫外域での透過率に優れる合成石英ガラスやフッ化物ガラスは、半導体露光装置の IC フォトマスクや、投影レンズに実用されている。ディスプレイ分野では、液晶の拡大に伴いガラスの需要が拡大している。建築・自動車分野では、遮熱高断熱複層ガラス、調光ガラス、紫外線カットガラスなどが使われ、エネルギー分野では、薄膜太陽電池用基板ガラスや燃料電池用ガラス膜が実用されている。

## 4.2 低融点ガラス

水晶振動子、IC セラミックパッケージ、MEMS (Micro Electro Mechanical Systems)、半導体センサなどの電子部品は、有害な鉛を多く含む低融点ガラスや高価な金スズはんだを用いて 400 °C 以下の低温で気密封止されることが多い。鉛系低融点ガラスは、低温化を図るためにフッ素を含有し、そのフッ素が揮発しやすいことから真空封止が適用できない。また、一般にガラスの低温化は耐湿性などの信頼性を低下させる。一方、金スズはんだは環境負荷に配慮された信頼性の高い材料である。また真空封止できることから、高い性能と信頼性が要求される電子部品の低温気密封止材料として採用されている。このような背景から環境



やコストに配慮した上で、400℃以下の低温封止が可能であり、しかも高い性能と信頼性が得られ、さらに小型化できる新規封止材料の出現が要求されていた。そこで当社は、日立製作所日立研究所と共同で、350℃から400℃の低温で封止でき、有害な鉛等の規制物質を含有しないバナジウム系低融点ガラスを開発した。

従来の $V_2O_5$ を多く含むガラスは $V_2O_5$ 結晶に類似した層状構造を有し、その層間に粉砕雰囲気や溶剤中の水分子が容易に入り込み、層間力が弱まり、構造崩壊が発生する問題があった。そこで本開発ではバナジウムイオンの価数制御により水分子にアタックされにくい三次元網目構造へと変化させた。そしてその網目構造の隙間にイオン半径の大きい元素や低融性の元素などを多数導入することによって、低温化させるとともに結晶化を防止し、しかも耐湿性などの信頼性を飛躍的に向上した。開発ガラスの外観を図4に、各種低融点ガラスの封止温度と熱膨張係数の関係を図5に示す。従来の鉛系、ビスマス系およびスズ系の低融点ガラスでは、封止温度の低下とともに熱膨張係数が大きくなる傾向がある。また、ビスマス系とスズ系では400℃以下の低温封止が達成できていない。

当社で開発した環境適合バナジウム系低融点ガラスは、現在、粉末あるいはペーストの形態でサンプル提供中である。表1に開発品の特性を示す。今回開発したガラスは、熱膨張係数を幅広く調整可能で、セラミックス、ガラス、金属、半導体と整合できるため、さまざまな電子部品への適用が期待される。

### 4.3 当社ガラス材料の将来展開

開発したバナジウム系低融点ガラスは、環境負荷低減が図れる材料であるばかりでなく、各種レーザーなどの光源でも加熱できる特徴を有しており、耐熱性の低い素子や基板などのパッケージ全体を加熱することなく、本製品だけを加熱接着できる。今後はこの特徴を生かした素子や金属の熱劣化を防止できる部分加熱封止・接合へ展開する計画である。

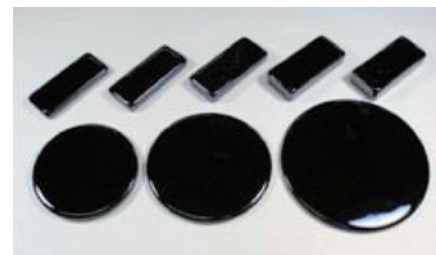


図4 開発ガラスの外観写真  
Figure 4 Samples of V-based glasses

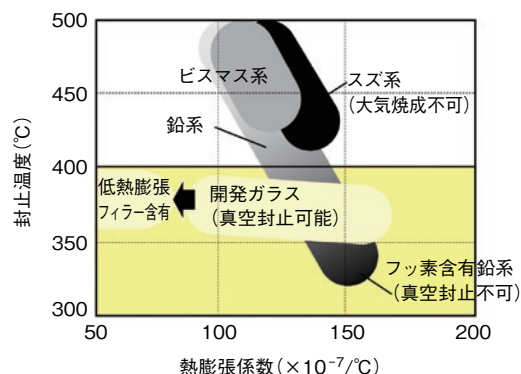


図5 各種低融点ガラスの熱膨張係数と封止温度の関係  
Figure 5 Relationship between CTE and seal temperature for low melting glasses

表1 代表的な開発ガラスの特性  
Table 1 Properties of V-based low melting glasses

ガラス製品No.	VP-1175	VP-1176	VP-1177	VP-1179
標準焼成条件	370℃-10 min	380℃-10 min	390℃-10 min	400℃-10 min
色 調	黒色	←	←	←
比 重	4.0	3.7	3.8	3.7
熱膨張係数 <sup>*1</sup> ( $\times 10^{-7}/^{\circ}\text{C}$ )	160	105	75	60
標準中心粒径( $\mu\text{m}$ )	3	←	←	←
耐湿性: PCT <sup>*2</sup>	良好	←	←	←
耐酸性 <sup>*3</sup> (%)	<1	←	←	←

\*1: 25~250℃  
\*2: 飽和型プレッシャーコッカー試験(PCT: 120℃-100%Rh-202 kPa)  
\*3: 希硝酸への溶解量

## 5 結 言

単結晶材料、セラミック材料、ガラス材料などの無機材料の開発動向を、当社の対応を交えながら概観した。これら無機材料は近年、半導体、自動車、ライフサイエンスなどの重要部品、デバイスとして欠くことのできない材料となっている。今後も当社は、これら無機材料が人類の発展に役立ち、地球環境負荷低減にも貢献できることを願い、開発を進めていきたいと考える。

### 【参考文献】

- 石橋浩之: PET用GSO単結晶の開発: 日本結晶成長学会誌, 35, 111(2008)
- Y. Tsubota et al.: Dependence of Scintillation Properties on Cerium Concentration for GPS Single Crystal Scintillators Grown by a TSSG Method: 2011 IEEE Nuclear Science Symposium Conference Record, 1923(2011)
- E. Auffray: Overview of the 63000 PWO Barrel Crystals for CMS\_ECAL Production: IEEE Trans. on Nucl. Sci, 55, 1314 (2008)
- 山田修史: 熱膨張特性の評価方法: セラミックス, 46, 911(2011)
- 立 蘭 他: 環境適合バナジウム系低融点ガラスVaneectect: ニューガラス: 262, 26(2011)

# 「環境・安全・快適性能」を実現する自動車部材

## Automotive Parts for “Environment, Safety and Comfort Performance”

伊藤 哲夫 Tetsuo Ito

自動車部品事業本部 マーケティングセンタ

T型フォードが1908年に発売されて以来100年が経過し、自動車の需要はBRICsをはじめとする新興国の経済成長と所得水準の上昇により、2010年の7,500万台が2020年にも1億1,000万台、2030年には1億2,500万台に拡大すると予測されている。一方、近年では、エネルギー資源の枯渇問題や温暖化、大気汚染といった環境問題に対応するため、自動車メーカー各社は、既存ガソリンエンジンの低燃費化・低排出ガス化、ハイブリッド車・電気自動車・燃料電池車などの次世代自動車の製品化を積極的に進めている。本報では、これらの次世代自動車に求められる当社グループの製品開発状況について、「環境、安全、快適性能」の点から概説する。

A century has elapsed since the first Ford T was produced in 1908. Since then, the strong economic growth of emerging countries, especially the BRICs, has sparked a global explosion in automotive demand. In 2010, motor vehicle production reached 74 million units and is expected to continue growing, with a production total forecast of 140 million vehicles by 2020 and 165 million by 2030.

Conversely, to deal with growing environmental issues such as declining energy resources, global warming and air pollution, automotive makers have recently been focusing on improving existing gasoline engines by enhancing fuel efficiency and reducing emissions-while developing commercially viable next-generation electric and fuel cell vehicles (HEV / EV).

In this report, we will present our latest technological developments to meet the requirements of these next-generation vehicles in sectors of safety, comfort and environmental performance.

## 1 緒言

これからの自動車には従来の走る、曲がる、止まるといった基本性能の進化に加え、安全性の向上、低炭素化等環境対応など社会的な要求と快適性などユーザーである人的要求を満たしていく必要がある。例えばエンジン車の場合、安全性を維持、向上しつつ低炭素化に対応するには、従来の走行性を維持しながら高出力かつ低燃費が求められるため、軽量化、エンジンのダウンサイジング、ターボチャージャーなどの搭載が必要不可欠となってくる。

一方、ハイブリッド自動車(以下、HEVと略す)や電気自動車(以下、EVと略す)の広がりによりモーター、インバータ、電池などの性能向上に対する要求が高まっていることから、それらを構成する部品や材料の開発がますます重要になっている<sup>1)</sup>。

本報では、これらの市場要求を満足させるため、当社グループの保有技術を融合した自動車部材の開発状況を紹介する。

## 2 環境・安全・快適性能を実現する当社自動車部材

環境という観点では、当社代表製品の一つであるブレーキパッド(以下、パッドと略す)は、効き、寿命といった安全性能に加えノンアスベスト化による環境性能の改善を進め、さらに、燃費改善を目的とした引きずり性や2021年からの北米での銅使用率を低減した銅代替材の使用による新規パッドの開発に成功した。

また、これからの普及がさらに期待されるHEV・EV用途では、3相交流モーター駆動に必要なインバータユニットの心臓部をなすIPM(Intelligent Power Module)ハウジング(以下、ハウジングと略す)やバッテリーモジュールケースが市場で好評を得ている。

一方、環境性能を向上する一つの処方として軽量化が挙げられるが、当社グループでは、樹脂ギヤ<sup>2)</sup>などエンジン周辺部品の樹脂化や外装鋼板部品の代替として樹脂製バックドアモジュールを量産している。バックドアモジュールは高剛性、高強度、振動耐久性、衝突安全性といった安全性に加え、軽量化を実現するものである。

快適という観点では、調光ガラス用フィルムは電圧をかけると調光粒子が配向し透過光を無段階に調整できる省エネ効果に優れたフィルムである。現在、欧州系高級車のサンルーフに適用されており、当社独自のユニークな製品となっている。

### 3.1 摩擦材

北米における自動車用パッドの化学物質規制の変遷を図1に示す。2021年からの銅使用量規制<sup>3)~5)</sup>により、今後は銅フリーNAO(Non Asbestos Organic)材が主流になると予測されている。一方、ブレーキ鳴き抑制と燃費改善を目的に、制振性と引きずり抵抗を低減したパッドが要求されている。当社では銅代替および制振処理技術を確認し、これらの市場要求に対応できる次世代パッドを開発した。

#### (1)銅フリーNAO材

高い熱伝導率と展延性に優れた銅は、耐摩耗性や摩擦係数の保持を目的として繊維や粉末状で使用される。そこで、銅が摩擦材へ付与する機能を定量的に調査し、金属、無機系の複数素材で機能を補うことで、銅フリーNAO材を開発した。図2に銅フリーNAO材の摩擦特性を示す。開発材は従来材と比較して同等以上の寿命、摩擦係数を示すことが分かる。

#### (2)制振処理による低圧縮変形・高制振材

高制振性のエラストマーを使用し、新製法の導入を行うことで、摩擦材の制振性向上と圧縮変形量の低減を図った。開発材は、図3に示すように、従来材に対し低温から高温まで損失係数( $\tan \delta$ )が大きく制振性が高いため、ブレーキ鳴きが発生しにくい。一方、圧縮変形量は小さく引きずりトルクの低減が可能なることから燃費向上に貢献できるとともに、パーキング動作時の押し付け力の高い電動パーキングブレーキへ適合できると考えている。

今後は摩擦係数の安定性をさらに高め、回生協調ブレーキなどの制御ブレーキへの適合性を向上させる予定である。

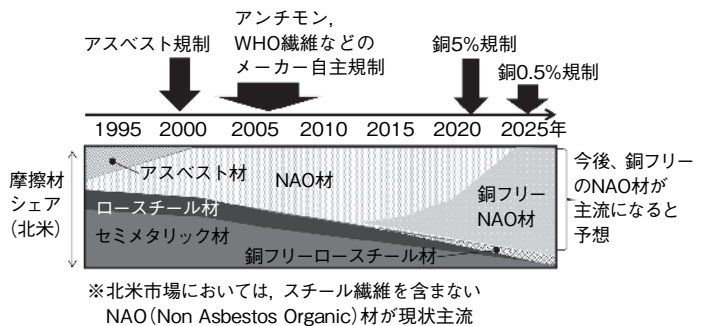


図1 ブレーキパッドの化学物質規制の変遷

Figure 1 Change in the regulation of chemical substances for brake pads

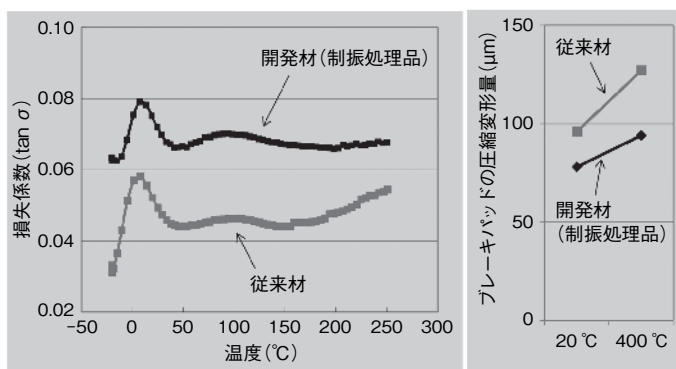


図2 銅フリーNAO材の摩擦特性

Figure 2 Friction properties of the new NAO friction material without Copper

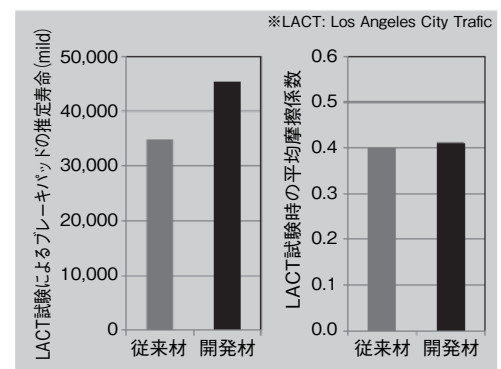


図3 制振処理品の損失係数と圧縮変形

Figure 3 Damping and compressive properties of the new friction material

### 3.2 HEV・EV用金属インサート成形品

HEVやEVに採用されている3相交流モーター駆動においては、電池から供給される直流電力はインバータユニットを介して交流電力へ変換される。当社はこのインバータユニットの電力パワー回路<sup>6)</sup>を構成するハウジングを約10年に及び生産してきた(図4)。ハウジングはインバータの重要素子であるIGBT(Insulated Gate Bipolar Transistor)から供給される電力を電気的に接続するバスバー回路とその絶縁材で構成されており、エンジンルーム内の高温・高湿環境下に耐え得る耐熱性や電気特性が要求される。このため、ハウジングを構成する基本技術はバスバー・金型設計加工技術、CAE解析技術、インサート成形技術、工程管理技術、品質保証技術と多岐に及ぶ。特に、ハウジングの成形ではインサート部材を金型に挿入し熱可塑性樹脂を高温高压で射出成形するため、バスバーやナットなどの金属インサート部材と金型の隙間に発生するバリや冷却過程における変形を制御する必要がある。そこで、インサート部材と金型の寸法勘合精度、熱可塑性樹脂の流動経路、変形量などをCAE解析によって事前に予測し、金型設計や射出成形条件の最適化に反映させている。また、図5に示すように、実際に成形品の3次元断層観察を行い、樹脂とバスバーが均一に接着し設計通りに仕上がっていることを検証している。

一方、図6に示すEV用電池ケースは、車体下に取り付けられるため耐衝撃性や車体骨格との接合強度が重要になることから、



ガラス長繊維強化熱可塑性樹脂および金属インサート構造を採用した。

HEV・EVは、低炭素化社会に向けたインフラ整備の進展や快適性、利便性の向上によって今後ますます需要の拡大が期待できることから、高放熱材料など新規材料の採用によってさらに性能向上を図るとともに電磁波シールドなどの機能を付与した金属インサート成形品の開発を進めている。



図4 バスバー回路と熱可塑性樹脂で構成されたハウジング

Figure 4 Housing made of a bus bar circuit and thermoplastic resin

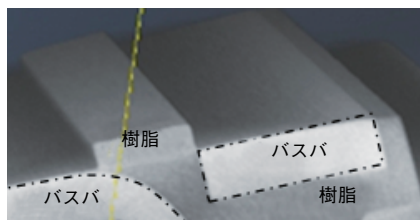


図5 バスバー部の3次元断面観察

Figure 5 3D cross section view of the bus bar area

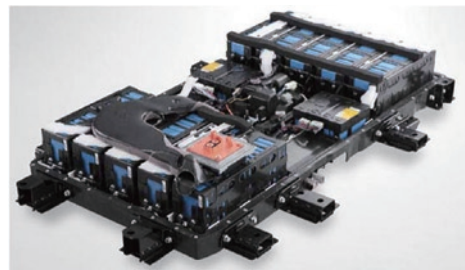


図6 EV用電池ケース

Figure 6 Battery Case for EV

## 4 軽量・省エネ部材

### 4.1 内外装部材

自動車における樹脂化比率は10～12 wt%であり、内外装およびエンジン周辺部品にプラスチック成形品が適用されている。当社では、内装部品としてインストルメントパネル、コンソールボックスを、外装部品としてバンパー、フロントグリル、トラック用フロントリッド、スポイラ、バックドアモジュールなどをそれぞれ製品化してきた。インストルメントパネルではガスインジェクション成形法を採用し、剛性を確保しつつ厚肉部のひけを防止している。また、コンソールボックスではスラッシュ成形法や真空成形法を用いて外観、触感品質を向上させるとともに振動溶着法を適用し部品点数の削減を実現している。

一方、外装部品であるバックドアモジュールは、図7に示すように、鋼板に対して軽量化、形状自由度、部品点数削減などの特長があり、同業他社に先駆けて製品化した。このモジュールはアウターとインナーが接着剤で接合された構造であり、CAE解析による構造最適化や高強度ガラス繊維強化熱可塑性樹脂の採用によって、振動耐久性、衝突安全性、高外観品質などの要求仕様を満足させている<sup>7)</sup>。

今後、トランクリッド、ルーフなどの水平部位を対象にした耐熱熱可塑性樹脂の開発や遮音性や遮熱性など車内環境を向上できる高機能部材の開発を進める。



図7 プラスチックバックドアモジュール

Figure 7 Plastic Rear Door Module

### 4.2 調光材

断熱、遮光、遮熱などの省エネ機能に加え、外光や室内光の透過率を制御できプライバシーの保護が可能な調光材は、自動車、航空機、建材用途で注目されている<sup>8)~10)</sup>。当社は、米国Research Frontier Inc.社から導入したSPD(Suspended Particle Device)技術を基に当社のポリマー合成、フィルム塗工技術を活用し、調光エマルジョンおよびフィルムの量産を開始した。調光フィルムの駆動原理と適用例を図8に示す。対向する透明電極に交流電圧を印加することによって調光粒子を電界方向に配向させ、濃青色から透明に切り替えるアクティブ型の調光フィルムである<sup>11)</sup>。この調光フィルムを接着層を介して合わせガラスの中間に配置した調光ガラスの構造を図9に示す。調光ガラスは、調光フィルムの端部電極と接続された電源の交流電圧を調整することによって可視光透過率を制御でき、さらに、合わせガラスの構成によっては可視光および熱線エネルギーを自由に制御でき紫外線もほとんど透過しないため<sup>12)</sup>、自動車のルーフやリヤサイドガラスへ適用され始めている。

ルーフ適用時の熱マネージメント効果を簡易的な太陽近似光照射実験でシミュレーションした結果を図10に示す。電圧を印加した透明時においても頭髮をイメージした黒色紙表面温度が透明ガラスに比べて10℃低下し、OFF時ではさらに表面温度が低下し

ていることから、ルーフに適用した場合には快適性と省エネ効果が期待できると考えている。

開発した調光材はOFF時深青色であるが、今後は室内デザインに適合させやすい黒・グレー系無彩色フィルムなど次世代調光フィルムのニーズが顕在化しており、現在、積極的に開発を進めている。

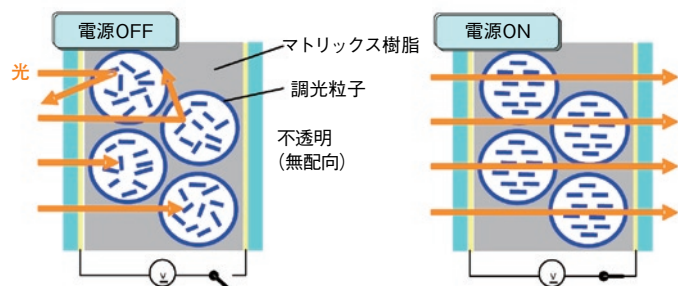


図8 調光フィルムの駆動原理

Figure 8 Fundamental driving mechanism of light control film

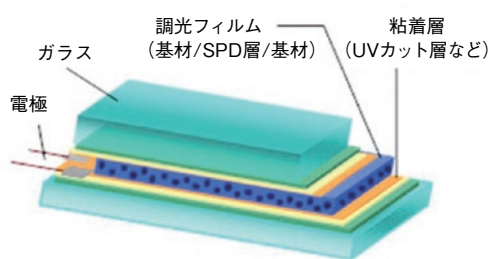


図9 SPD調光ガラスの構造

Figure 9 Structure of SPD glazing

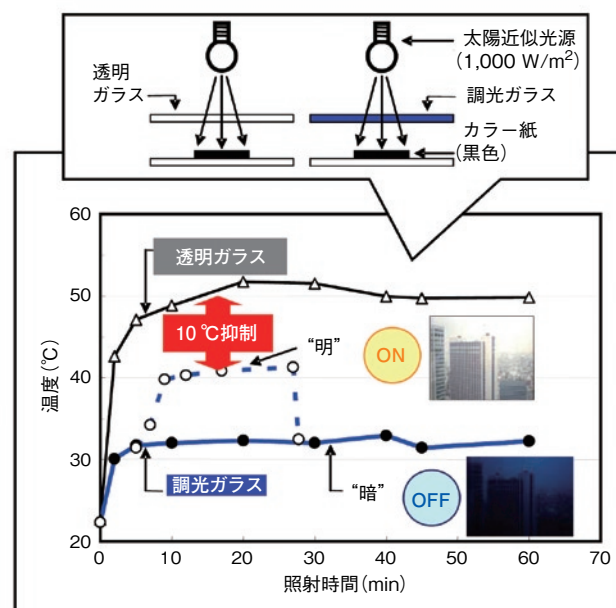


図10 調光ガラスの太陽近似光照射実験結果

Figure 10 Surface temperature of black paper during the sunlight simulator test

## 5 結 言

省資源、温暖化対策といった地球レベルの環境アセスメントやそれに伴うHEV・EV、スマートグリッドなど新たなコンセプトの社会システムの導入により、自動車の置かれた社会環境に変化はあるものの、今後も自動車が主要な移動、輸送手段であり続けることは間違いない。こうした流れの中、自動車部品も新たな要求特性が求められるその位置づけはますます重要になってきている。

当社グループも、前述の技術・製品をはじめ、引き続き「環境・安全・快適性能」を実現する自動車部材を他社に先駆けて提供し、自動車産業の発展を通じ社会に貢献していく所存である。

### 【参考文献】

- 1) 次世代自動車戦略2010, 次世代自動車研究会, 経済産業省, PP.7-14(2010)
- 2) 杉山匡生: アラミド繊維強化樹脂ギヤの精度向上技術, 新神戸テクニカルレポート, No19, pp.35-42(2009-2)
- 3) Washington State Senate Bill SB6557, An act relating to limiting the use of certain substances in brake friction materials
- 4) California State Senate Bill SB346, Hazardous materials: motor vehicle brake friction materials
- 5) Poh Wah Lee et al: Development of Cu-Free Brake Materials, SAE technical paper 2012-01-1787(2012)
- 6) 自動車技術ハンドブック, 設計(EV, ハイブリッド)編, 社団法人自動車技術会, PP.166-177(2011)
- 7) 岩田輝彦: 自動車用樹脂バックドアモジュール, 日立化成テクニカルレポート, No44, pp.21-24(2005-1)
- 8) U.S. Department of Energy-Energy Efficiency and Renewable Energy Building Technologies Program "Technology Development in Support of Next Generation Fenestration"
- 9) 飯塚和子: "省エネを目指すスマートウィンドウの研究開発(米国)": NEDO海外レポート, No.1060(2010)
- 10) 横山明彦, 他: "省エネ型情報生活空間創生技術の技術戦略マップ", 省エネルギー技術戦略2009, 経済産業省 資源エネルギー庁(独)新エネルギー・産業技術総合開発機構, 24-51(2009)
- 11) 東田修: アクティブ型調光ガラス用フィルム, 日立化成テクニカルレポート, No49, pp.7-10(2007-7)
- 12) M.Beevor: "Smart Building Envelops" 4th year report, University of Cambridge, Department of Engineering, June(2010)

# 自動車における環境・省エネ技術動向と粉末冶金技術の対応

Trends in Environmental and Energy-saving Technology for Automobiles and Corresponding Developments in Powder Metallurgy

石井 啓 Kei Ishii

自動車部品事業本部 粉末冶金事業部 粉末冶金開発部

中国およびインド、東南アジアを中心とする新興国でのモータリゼーションにけん引され、全世界の一次エネルギーの需要は、2030年には現在より40%増加し、石油の60%が自動車で消費されると予測されている。そこで、自動車メーカーは環境負荷の低減と化石燃料消費を最小限に抑えるために、環境・省エネ自動車の開発を加速しており、それに伴って、当社の粉末冶金製品も、お客さまの環境自動車開発に対応した製品が増えている。本報告では、自動車全般の動向と自動車メーカーの環境自動車の取り組みについて簡単にレビューし、後半で当社の粉末冶金製品の対応事例を概説する。

The motorization of society in China, India, Southeast Asia, and other emerging nations is driving a global increase in demand for primary energy. In 2030, this demand is predicted to be 40% greater than at present, with 60% of petroleum consumption predicted to be for automobiles. To decrease the environmental burden and minimize fossil fuel consumption, automobile makers are accelerating the development of environmentally friendly and fuel-saving automobiles. In response, more and more of our powder metallurgy products are supporting our customers' development of environmentally friendly automobiles. This report briefly reviews overall trends in the automobile industry and efforts by automobile makers to create environmentally friendly automobiles, while in the second half outlines examples of Hitachi Chemical powder metallurgy products that support these efforts.

## 1 緒言

自動車の普及・発展は、移動と輸送の手段を提供することにより、私たちの生活に利便性と豊かさをもたらしてきた。その一方では、化石燃料を大量に消費し、都市の大気汚染や温室効果ガスであるCO<sub>2</sub>の主要な排出源となり、地球環境へ大きな影響を及ぼしている。日本国内においては、京都議定書に基づき、地球温暖化対策として1990年度比で6%の削減が2008年より始まり、さらに2013年以降は、2020年に向けた各国の削減目標値の設定が義務付けられている。わが国全体のCO<sub>2</sub>量の17%が自動車から排出されており、その削減対策は一段と重要になってきている。

国際エネルギー機関“World Energy Outlook 2010”<sup>1)</sup>の報告によれば、全世界の一次エネルギーの需要は、これからのさらなる努力を怠れば2030年には現在より40%増加し、その主要因は、モータリゼーションの加速が著しい中国およびインド、東南アジアを中心とする新興国での石油消費の増大である。その中で、自動車が消費する石油は60%を占めると予想されている。

このような状況の中、自動車メーカーは、国際市場での生き残りをかけて、環境自動車に関連する技術開発への取り組みを加速している。

## 2 自動車市場の変化

### 2.1 自動車市場の二極化とさらなる成長

グローバルでの自動車市場推移は、2009年に中国が1,379万台を記録し、北米市場を追い越した。その時日本国内は800万台を下回った。今後は、欧州・日本・北米ではこれ以上の増加は見られず、先進国と新興国の自動車市場の二極化を呈しながら、中国およびインドなどの新興国市場の著しい伸びが予測されている。そして、乗用車だけで見ても、2010年には5,800万台、新興国伸張のけん引によって2020年には7,200万台、2030年には1億台を超える予測がなされている<sup>2)</sup>。

### 2.2 自動車の動力源の変化<sup>2)</sup>

日本は、先のコペンハーゲン合意(COP15)を受け、2020年に温室効果ガスを1990年度比25%削減する目標を提示した。そして、2008年のリーマンショックにより化石燃料は高騰し、さらに3.11震災時の原子力発電所事故により火力発電依存傾向が強まり、自動車用化石燃料の価格高値が続いている。これを契機として、ハイブリッド車(HV, PHV)、燃料電池車(FCV)、電気自動車(EV)などの開発が加速する一方で、従来の化石燃料エンジンの低燃費化も以前より増して注目されている。ガソリンエンジンは130年、ディーゼルエンジンも90年以上の長い自動車開発の歴史の中で、さらなる燃費改善の余地が多く残されているのは驚きである。



近年の環境・省エネ自動車の開発は、(1)従来の内燃機関の燃費向上、(2)省エネと環境保全を両立するEV、HV(PHV含む)、FCVなどの次世代動力自動車の開発、の2つの開発の流れが並行して進められている。表1に自動車における燃費改善技術動向と対応する粉末冶金製品を示す<sup>3)</sup>。主なキーワード技術は、軽量化、低フリクション、耐熱耐摩耗、断熱、低損失高効率の磁気部品であり、それらに対応する粉末冶金製品が環境自動車の開発に貢献している。

表1 自動車の燃費改善技術動向と粉末冶金製品の対応

Table 1 Technology trend of fuel economy improvement in the automotive industry

関連度 ◎強い ○弱い

自動車のシステム	環境・燃費改善技術	対象となる自動車				主な対象粉末冶金製品
		Gasoline	Diesel	HV(PHV含)	EV	
エンジン系	フリクション低減	○	○	○		構造部品全般
	マルチバルブ(4バルブ)	◎	◎	○		バルブガイド、バルブシート
	可変動弁機構	○		◎		可変動弁機構部品
	電磁動弁機構	○				耐摩耗部品、焼結磁気部品
	直噴燃料噴射	◎				高効率インジェクタ用磁気部品
	多段燃料噴射		◎			高効率インジェクタ用磁気部品
	ミラーサイクル機関	○				
	排気ガス再循環(EGR)		◎			耐熱材料(ブッシュ)
	熱マネ(冷却損失低減)	○	◎	◎		断熱ボラス金属部品
	熱マネ(熱電廃熱回収)	○	○	◎		熱電変換モジュール(システム)
	ダウンサイジング・ターボ	◎	○			耐熱耐摩耗部品
	軽量部品	◎	◎	◎		高強度薄肉部品、樹脂複合部品
補機系	電動パワステ	◎	◎	◎	◎	モータ・コア(圧粉磁心)
	充電制御	○	○	○	○	
駆動系	アイドルニュートラル制御	○	○	○		
	自動変速機(AT)多段	○	○	○		インターナルギア、遊星機構部品
	自動変速機(AT)ロックアップ	◎	◎	◎		
	自動無段変速機(CVT)	◎	○	◎		インターナルギア、遊星機構部品
	セミオート変速機(AMT)	◎	◎	○		シンクロ機構部品
	デュアルクラッチ変速機(DCT)	◎	◎	○		摩擦材料、クラッチ部品
	代替燃料(バイオマス燃料)	○	○			耐摩耗材料(バルブシート)、燃料ポンプ軸受
燃料系	アイドルストップ	◎	○	○		長寿命低フリクション軸受、高疲労強度ギヤ
	EV、HVモータ			○	◎	低損失モーターロータ
EV、HV電源制御系	低フリクション、高効率モーター			○	◎	
	高効率インバータ、低損失磁気部品			◎	◎	低損失磁気部品(リアクトル)

#### 4.1 従来の内燃機関自動車(化石燃料)の燃費向上

##### ●ターボチャージャー用部品(ダウンサイジング・ターボ)

自動車の環境対応技術の一つとしてターボチャージャー(以下T/C)の採用によりエンジンの小型化を図ったダウンサイジングエンジンの適用が拡大している。T/C用部品は高温下での耐摩耗性が要求され、主にステンレス鋼などの高Cr鋼をベースとした材料が使用されている。焼結材料においては、材料設計の自由度の高さにより、さらなる性能向上を図ることが可能である。新たに開発された高Cr焼結材は、より高温環境下での使用を想定して開発された材料である。図1は高Cr焼結材EW-50の金属組織を示す。EW-50は約20%Cr鋼基材に面積比で30%のCr炭化物が微細かつ均一に分散した材料であり、700℃以上の高温環境下でも非常に優れた耐摩耗性、耐酸化性を示し、現在T/C部品への採用を展開中である<sup>4)</sup>。

##### ●小型・軽量部品

焼結材料の高強度化により部品の薄肉化が可能となり、小型化や軽量化に貢献することが可能となる。高強度を得るための材料開発として、焼入れ性の高い合金元素の添加や、これら合金元素の添加方法の最適化によりその機械的性質を向上させてきた。添加元素には安全性、リサイクル性やコストを考慮した材料開発が必要であり、従来のNi系から安価な元素であるCr系に置き替わる新しい材料の開発が進められている。また、高密度化技術との組み合わせにより、溶製鋼に匹敵する焼結材料も実用化されている。図2に高強度材料を適用した自動車部品を示す<sup>5)</sup>。

##### ●低摩擦係数軸受(ISS用スタータ用軸受)

自動車の燃費向上技術としてアイドルリングストップ・システム(ISS)の搭載が拡大している。アイドルリングストップは、車速が一定速度を下回るとエンジンを停止させ、再びアクセルを踏み込むとエンジンを起動させるシステムである。そのため、スタータモーターにおいては、従来以上の耐久性とエンジンを再起動させた時の騒音の発生を抑制させる必要がある。スタータモーターに用いられる軸受には静粛性の向上のため、材料中に固体潤滑剤を分散させた銅系焼結軸受を開発し、摩擦係数および摺動音を低

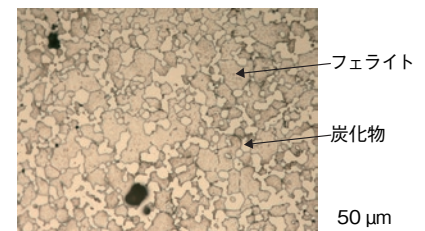


図1 高Cr耐熱耐摩耗焼結材料EW-50材の金属組織

Figure 1 Microstructure of high Cr content sintered material "EW-50" with high heat and wear resistance



図2 高強度材料を適用した自動車用焼結部品

Figure 2 Sintered Products applied high strength material for automobiles

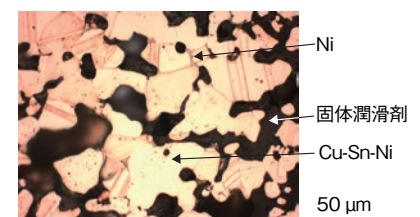


図3 低摩擦係数軸受KCR-1材の金属組織

Figure 3 Microstructure of low friction bearing material "KCR-1"

減した。図3にスタータモーターに使われている焼結含油軸受(KCR-1)の金属組織を示す。本材料は、モーターの信頼性向上および低騒音化に寄与している<sup>6)</sup>。

#### ●ディーゼルエンジン・インジェクタ用磁気部品(クリーン・ディーゼル)

ディーゼルエンジンの排ガス清浄化には、燃料噴射弁を高速かつ高精度に開閉する機構が必要であり、そのソレノイド用磁気部品(ステータ・コア)に圧粉磁心を適用している。圧粉磁心は、100 μm程度の磁性粉末の表面を電氣的に絶縁した原料粉末を圧粉成形し、焼結しないで使用される材料であり、交流磁場内での鉄損(熱損失)を低下させることが可能な材料である。図4は圧粉磁心材料の構造を示す。一般的に使用されている磁性材料(ソフトフェライト)は高周波領域でも鉄損が小さいが、磁束密度が低いため部品が大型になる欠点がある。また、電磁銅板の場合は磁束密度は高いが、高周波領域では鉄損が大きくなり適用できない。圧粉磁心はこれらの両磁性材料の欠点を補うことが可能である。図5は圧粉磁心材を適用したディーゼルエンジンのコモンレールシステム用インジェクタに使用されている電磁弁用ステータ・コアを示す<sup>7)</sup>。

#### ●FFV用動弁系部品

FFV(Flexible Fuel Vehicle)エンジンは、ガソリンからの代替燃料であるバイオ・エタノールや天然ガスなどを燃料として使用するため、燃焼がクリーンである一方、バルブシートとバルブの金属接触の発生頻度が高く、凝着摩耗が発生しやすい環境となる。そのため、バルブシートには高い耐摩耗性が要求される。FFV用のバルブシート材として開発したEH-51Hの金属組織を図6に示すが、基地に分散させる硬質粒子の種類や添加量の最適化および固体潤滑相の分散によって耐凝着性を向上させており、優れた耐摩耗性を発揮する<sup>8)</sup>。

#### ●エンジンの断熱用ポーラス金属部品

近年、自動車の燃費を向上させるための各種熱マネジメント材料に注目が集まっている。当社では、従来の粉末冶金法では作ることができなかった超高気孔率のポーラス金属を開発した。図7にSUS316L(オーステナイト系ステンレス)製ポーラス金属の例を示す。大小二種類の気孔を有する二元細孔構造を特徴とし、最大95%の気孔率を設定することができる。大きな気孔が連続した開気孔タイプは熱交換材料として、気孔を独立させた閉気孔タイプは断熱材として使用することが可能である。後者の閉気孔タイプの材料は、内燃機関内の温度を維持し、エンジンの高効率燃焼に寄与することができる。

## 4.2 次世代動力自動車への対応

#### ●HV, EV用磁気部品(モーターコア)

粉末冶金法で作られる磁気部品は、三次元の磁気回路を容易に構成できる特徴を有していることから、自動車の電動化に伴う磁性材料のニーズへの対応に最適である。焼結体の直流磁気特性は、主に材料組成、焼結体密度および結晶粒径により決定づけられる。純鉄の焼結体は高い磁束密度を示し、この磁束密度は純度と密度に強く関係し、高純度の鉄粉を用いた高密度焼結体は高磁束密度を得ることができる。図8は、HV用モーターのローターコアで、外周部に純鉄の焼結磁心が用いられている。内側部分はモータートルクを直接シャフトに伝達するため高強度が必要となり、Fe-Ni-Cu-C系材料で構成し、焼結拡散接合により一体化している<sup>9)</sup>。

#### ●HV, EV用磁気部品(電源用リアクトル)

昇圧機能を搭載したHV/EV用に搭載されるインバータ用リアクトル・コアには、ヒステリシス損を低減した損失の少ない材料が求められている。ヒステリシス損の低減には、高温の熱処理によるゆがみの除去が有効であり、原料粉末表面の皮膜

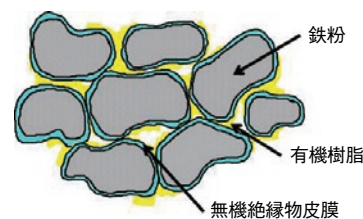


図4 圧粉磁心材料の構造

Figure 4 Schematic structure of soft magnetic components (SMC)



図5 ディーゼルエンジンのインジェクタ用ステータ・コア

Figure 5 Fuel injector stator core of diesel engine

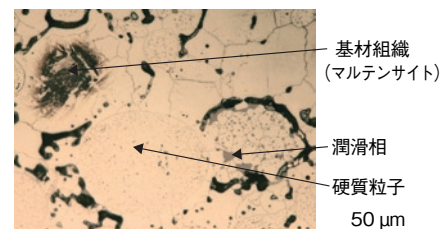


図6 FFV用バルブシート材の金属組織

Figure 6 Microstructure of valve seat material "EH-51H" for FFV

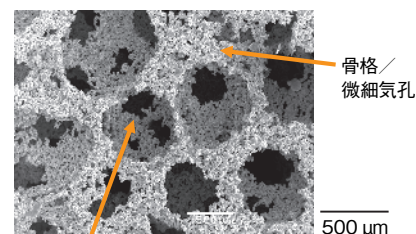


図7 ポーラス金属の二元細孔構造

Figure 7 Dual porous structure containing coarse and fine pores of porous metal



に用いられる耐熱樹脂の高温安定化の開発が必要である。図9にHVリアクトル・コアの外観を示す。このコアは、高磁束密度と低損失を両立させることによりHV/EVのみならず、太陽光発電、エコキュート、風力発電などの電源インバータへの搭載も可能であり、自動車と非自動車分野で幅広い適用が期待されている。

#### ●廃熱回生用熱電変換モジュール

熱エネルギーを電気エネルギーに直接変換することができる熱電変換技術は、シンプルな構造と設置のし易さから自動車や工業炉の廃熱回生技術として期待されている。粉末冶金法により作製することにより、熱電材料の高性能化に必要な結晶粒微細化による熱伝導率の低減(フォノン散乱)が可能となる。それらを低環境負荷材料であるSiGe、 $Mg_2Si$ および $Mn_{1.8}Si$ で実現し、実用域の性能指数である $ZT=1.0$ 以上の熱電素子開発をめざしている。図10に気密ケース入り熱電変換モジュールを示す。気密ケースに減圧封止することで、モジュールとケースの接触熱抵抗が低減されるとともに高温酸化や腐食雰囲気での使用を可能としており、自動車の廃熱を電力へ回生し、燃費を向上させる技術として大いに期待されている<sup>10) 11)</sup>。

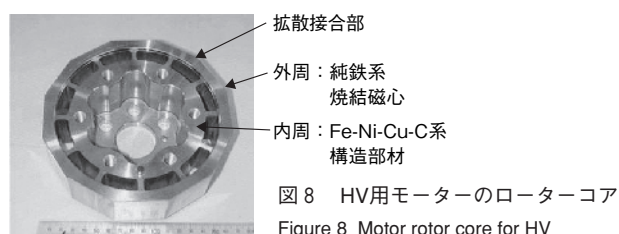
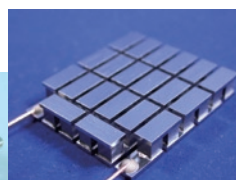
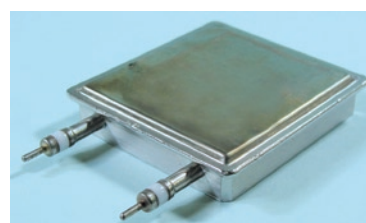


図8 HV用モーターのローターコア  
Figure 8 Motor rotor core for HV



図9 高耐熱皮膜を施した  
HV用リアクトル・コア  
Figure 9 Reactor core for in-car inverter  
system using heat-resistant film



SiGeモジュール (内部)

図10 SiGe熱電変換モジュールと  
気密ケース入りモジュール  
Figure 10 SiGe thermoelectric and  
encapsulated modules

## 5 結 言

自動車市場は、これまでの長い歴史において幾度かの試練を乗り越えながら成長してきた。今後も、新興市場での伸長に合せて生産地と生産方式を変化させながら成長を続けると同時に、化石燃料自動車の低燃費化技術が極限まで追求され、そして、HV、EVなどの次世代動力車に大きく変革していく時代が、これから20年の自動車の歩みであると考えられる。自動車部品のサプライヤーである当社は、改めて自動車の目的である「快適に速く」「意のままに安全に」「地球に優しく」というキーワードを考え、これからの自動車技術開発のニーズをいち早く察知して、市場に喜ばれる新商品開発をしていきたい。

#### 【参考文献】

- 1) IEA資料 <http://www.iea.org/weo/2010.asp> 2010
- 2) 経済産業省「次世代自動車戦略2010」平成22年4月発行
- 3) 2010年度乗用車等の燃費基準 <http://www.meti.go.jp/feedback/data/iscar00j.html>, 経産省, 国交省, 2010年
- 4) 河田英昭, 眞木邦雄: “耐熱耐摩耗性焼結合金の最近の動向”, 日立粉末冶金テクニカルレポート, No.6(2007) pp.2-8
- 5) 筒井唯之: “構造材料の開発動向および今後の展望”, 日立粉末冶金テクニカルレポート, No.7(2008) pp.2-6
- 6) 柳瀬剛: “高負荷条件で使用可能な青銅系軸受の開発”, 日立粉末冶金テクニカルレポート, No.6(2007) pp.22-26
- 7) 石原千生, 濱野礼, 濱松宏武, 赤尾剛: “ディーゼルエンジン向けインジェクタ用電磁弁部品の開発”, 粉体および粉末冶金, 第59巻, 第5号(2012) pp.249-253
- 8) H.Kawata, K.Maki: “Development of High Performance Valve Seat Insert Materials for Heavy Duty Engines”, SAE Technical Paper 2006-01-0394
- 9) 浅香一夫, 石原千生: “軟質磁気部品・材料の技術動向”, 日立粉末冶金テクニカルレポート, No.4(2005) pp.5-9
- 10) Jinushi, Okahara, Ishijima, Shikata, Kambe, Progress in Powder Metallurgy (2-Volume set): proceedings of the PM2006 powder Metallurgy World Congress, “DEVELOPMENT OF THE HIGH PERFORMANCE THERMOELECTRIC MODULES FOR HIGH TEMPERATURE HEAT SOURCES”
- 11) 伊藤, 地主, 石島: 第九回日本熱電学会学術講演会(TSJ2012)講演概要集: “有限要素法に基づく熱電モジュールの発電シミュレーションと発電性能に及ぼすp-n素子形状の影響”



# 診断薬事業の動向とMAST, セラテスタム

## The Business Trend of In-Vitro Diagnostics: MAST and Seratestam.

澤崎 健 Takeshi Sawazaki  
メディカル事業ユニット 開発グループ

診断薬に使用されている基本技術には抗原抗体反応や酵素反応などがある。前者は主に免疫検査で利用され感度や特異性が高く、例えば感度ではpg/mLの濃度まで測定可能である。後者は生化学検査に用いられることが多く、測定工程が単純で迅速な測定ができ、装置もシンプルな設計が可能となる。メディカル事業ユニットはアレルギー事業とPOCT(Point-of-Care Testing)事業を2つの柱として事業展開を図っており、アレルギー事業ではMAST(マストイムノシステムズ)、POCT事業はセラテスタムを市場に製品供給している。MASTは200  $\mu$ Lの血清で33項目のアレルギーを同時に診断できる免疫検査試薬である。セラテスタムは現在22項目がラインアップされた生化学検査試薬で、2次元バーコードに測定パラメータなどの情報が記録されており、熟練の検査技師以外でも操作可能である。今後は患者のQOL(Quality of Life)向上の動向に現在の診断薬事業をマッチングさせ、20年後は現在の製品群の販売を拡大し、国内、欧米のみならず全世界で診断薬を展開する企業になりたいと考えている。

Antigen-antibody and enzyme reactions are basic technologies used for in-vitro diagnostics. The antigen-antibody reaction has high sensitivity and measurement specificity; for example, the concentration of pg/mL is expected as a detection limit. The enzyme reaction technology enables rapid measurement based on a simple principle, which also means the design of the instrument can be kept simple. Medical Business Unit of Hitachi Chemical is developing allergy and POCT (Point-of-Care Testing) businesses as two cores. We are currently marketing MAST for the allergy business and Seratestam for the POCT business respectively. MAST is an immunological diagnostic capable of measuring 33 allergens simultaneously with 200 $\mu$ L of serum. Seratestam is a biochemical diagnostic capable of measuring 22 items with information on a two-dimensional bar code, which records measurement parameters etc. A skilled laboratory technician is not needed to operate the Seratestam. The current business of in-vitro diagnostics is aligned to the trend among patients for QOL (Quality of Life) improvement. The future goal is to expand sales of current products and become a company that spreads diagnostic reagents, not only domestically, in Europe and the America but worldwide within the next 20 years.

### 1 診断薬とは

診断薬は、人体に直接試薬を投与する体内診断薬と血液や尿などに含まれている成分を調べる体外診断薬の2種類に分類される。両者とも疾病などの診断における有力な補助手段となり得るが、日立化成では体外診断薬のみを製品としてラインアップしており、研究開発も体外診断薬に特化している。

日本の薬事法において診断薬は「専ら疾病の診断に使用されることが目的とされている医薬品のうち、人又は動物の身体に直接使用されることのないものをいう」と定義されている。従って、法律上診断薬は医薬品の範疇であるため製品の開発や製造、管理などは厳しいルールに従う必要がある。メディカル事業ユニットは従来の薬事法認可に加え、2005年に国際標準規格ISO13485を取得してこのルールに対応している。

### 2 診断薬に使用されている技術

診断薬は体内の微量成分を正確に測定する必要があるが、それを可能にするための最も基本的な要素技術は抗原抗体反応である。例えば、細菌に感染すると体内に抗体ができるが、この抗体を測定することで間接的に感染の有無を検査する方法がある。診断薬を開発する場合、測定対象となる抗体と特異的に反応する抗原(この場合、細菌由来のタンパク質など)を材料として測定系を構築する。また、これとは逆に、体内の特定の物質を測定したい場合、測定対象となる物質と特異的に反応する抗体をあらかじめ作製しておき、それを材料に用いる。抗原抗体反応は感度や特異性が非常に高く、例えば感度ではpg/mLの濃度まで測定可能である。

一方、酵素と基質の特異反応を利用した測定系もある。例えば、体内の酵素活性を測定する場合、その酵素に特異的な基質を用いる方法がある。この方法は抗原抗体反応ほど感度が高くないが、単に基質を混ぜるだけでよいため測定工程が単純で迅

速な測定ができる。また、反応の進行を色の変化で追うことができるため、測定装置の検出部は分光光度計で十分でありシンプルな設計が可能となる。

そのほかの要素技術としてPCR(Polymerase Chain Reaction)がある。これは、遺伝子を増幅させる方法で、ごく僅かな遺伝子でも検出できるため細菌やウイルスの検査に多く用いられている。

3

診断薬の市場と動向

日本の診断薬市場は、感染症検査が最も大きく年間600億円、次いで免疫検査(アレルギー検査など免疫反応を利用した検査)と生化学検査(肝機能検査など体内の酵素・脂質・電解質などを調べる検査)がそれぞれ560億円、腫瘍マーカーが230億円の順になっている(一般社団法人・日本臨床検査薬協会統計2010年度より)。

近年、市場が急速に拡大しているのがPOCT市場である。米国では既に年間約90億米ドルの市場を形成し、日本市場も1,000億円を超えている。

POCTとは、開業医の診察室などの「患者の近いところ」で行われる検査の総称である。検査結果をもとに医師が迅速な判断と処置を施すことができ、治療の経過観察や予後のモニタリングまで行えるため診療の質の向上に役立つ検査として注目されている。

4

日立化成の診断薬

メディカル事業ユニットはアレルギー事業とPOCT事業を2つの柱として事業展開を図っている。前者はMASTを中心としたアレルギー診断薬が、後者はセラテスタムとして現在22項目がラインアップされている。

4.1

MAST(マストイムノシステムズ)

MASTは血清中のIgEと呼ばれる抗体を測定しアレルギーを調べる診断薬である(図1)。アレルギーとIgEは密接に関わっており、例えばスギ花粉症の人にはスギアレルゲンに対する特異的IgEが血液中に存在している。

MASTの最大の特徴は33項目のアレルゲン特異的IgEを同時に検査できることである。専用反応容器の固相に33種類のアレルゲンがそれぞれ独立して固定化されており、血清を分注後約6時間で33項目のアレルギー検査が完了する<sup>1)</sup>。

MASTの測定原理を図2に示す。第1ステップとして固相に固定化されているアレルゲンと血清中のアレルゲン特異的IgEを反応させる。第2ステップとして酵素標識抗ヒトIgE抗体を反応させ、アレルゲン-特異的IgE-酵素標識抗体の複合体を形成させる。最後に発光試薬(ルミノールと過酸化水素)を分注し、専用ルミノメータを用いて発光量を測定する。



図1 MASTの構成  
(左：専用測定装置ルミノメータ、右：試薬)

Figure 1 The Components of MAST  
(Left : Luminometer; Specialized Measurement Instrument  
Right : Reagents)

表1 MASTの測定項目  
Table 1 The Measurement Items of MAST

No.	項目名	No.	項目名
1	コナヒョウヒダニ	18	アスペルギルス
2	ハウスダストⅠ	19	ラテックス
3	ネコ皮膚屑	20	ソバ
4	イヌ皮膚屑	21	コムギ
5	オオアワガエリ	22	ピーナッツ
6	ハルガヤ	23	ダイズ
7	カモガヤ	24	コメ
8	ブタクサ混合物Ⅰ	25	マグロ
9	ヨモギ	26	サケ
10	スギ	27	エビ
11	ヒノキ	28	カニ
12	ハンノキ	29	CHEDDARチーズ
13	シラカンバ	30	ミルク
14	ペニシリウム	31	牛肉
15	クラドスポリウム	32	鶏肉
16	カンジダ	33	卵白
17	アルテルナリア		

MASTには表 1 に記載されている33種類のアレルゲンが使用されている。33種類すべてのアレルゲンにおいて抽出・精製方法が異なるうえ、固定化方法も多様であるため、MASTを製造するにあたり多くの技術、ノウハウが注ぎ込まれている。また、製品開発や品質維持に欠かせない血清サンプルについても充実したライブラリーを保有しており、アレルギー事業を展開するうえで大きなアドバンテージとなっている。

MASTは僅か200  $\mu$ Lの血清量で33項目を測定できるというもう 1 つの特徴を持つ。これは採血量が限られる乳幼児の検査に対して特に有効であり、小児科などの特定の診療科を意識した項目の開発も視野に入れている。

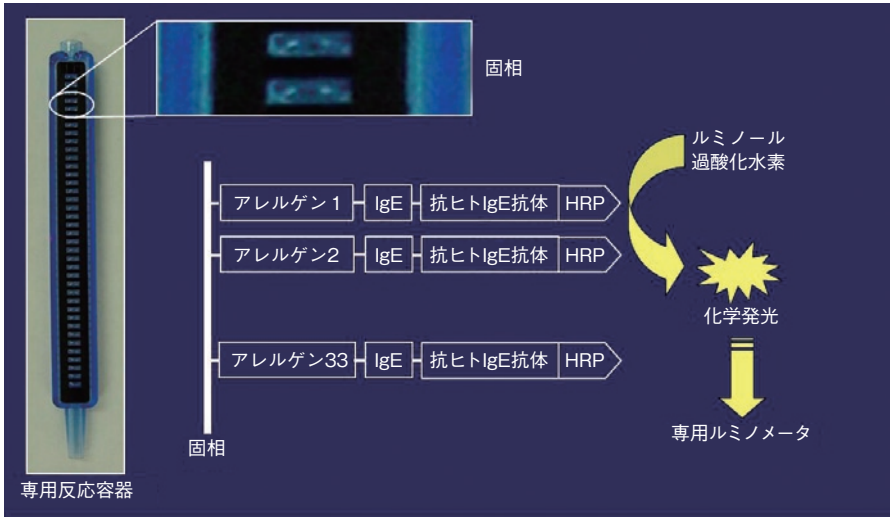


図 2 MASTの測定原理  
Figure 2 The MAST Measurement Principle

HRP：西洋ワサビ由来過酸化水素分解酵素

#### 4.2 セラテストラム

セラテストラムには生化学項目を中心に、国内では現在22項目がラインアップされている(表 2)。22項目の中には特定検診や特定保健指導に必須な 8 項目が含まれており、医師に対して生活習慣病に関する重要な情報を与えることができる。

セラテストラムは大型自動分析装置用の液状試薬を用いているため大型機との互換性が高く、コンパクトな専用カートリッジに試薬が封入されているため取り扱いが容易であるという特徴を持つ。また、2次元バーコードが専用カートリッジに貼付されており、検体と試薬をセットするだけで装置が自動的にバーコード情報を読み込んで測定を開始する。そのため、熟練の検査技師がいなくても操作可能である(図 3)。

セラテストラムの測定原理の 1 例を図 4 に示す。第 1 ステップとして血清を反応セルに分注し、第 2 ステップとして希釈試薬が反応セルに入り血清が希釈される。次いで測定対象物質と反応する試薬が分注され、対象物質の濃度に比例して増加(または減少)する吸光度の変化量を測定する。測定時間は約 15分間である。攪拌機能がなくても試薬が十分混合されるように設計されており、その分装置もシンプルになっている。

2次元バーコードには測定パラメータやキャリブレーションデータなどが記録されているため、オペレータは自らパラメータを設定する必要がなく、さらにキャリブレーションも省略できるため簡便な操作を可能としている。現在は生化学の項目が中心であるが、既に欧州でも販売を開始しており、米国についてはNa, K, Clの電解質項目を新たに開発したので現在市場投入の準備をしている。

表 2 セラテストラムの測定項目  
Table 2 The Measurement Items of Seratestam

No.	項 目 名	
1	ALP	酵素
2	$\gamma$ -GTP	
3	LD	
4	GOT/AST	
5	GPT/ALT	
6	AMY	
7	CK	
8	GLU	糖・脂質
9	TG	
10	T-CHO	
11	HbA1c	
12	HDL-C	
13	LDL-C	蛋白、含窒素
14	CRE	
15	BIL	
16	BUN	
17	UA	
18	TP	
19	ALB	
20	CRP	電解質
21	CA	
22	IP	





図3 セラテストムの構成

(左：測定装置臨床アナライザー、右：試薬(専用カートリッジ))

Figure 3 The Components of Seratestam

(Left : Clinical Analyzer; Specialized Full-Automatic Analyzer  
Right : Reagents)

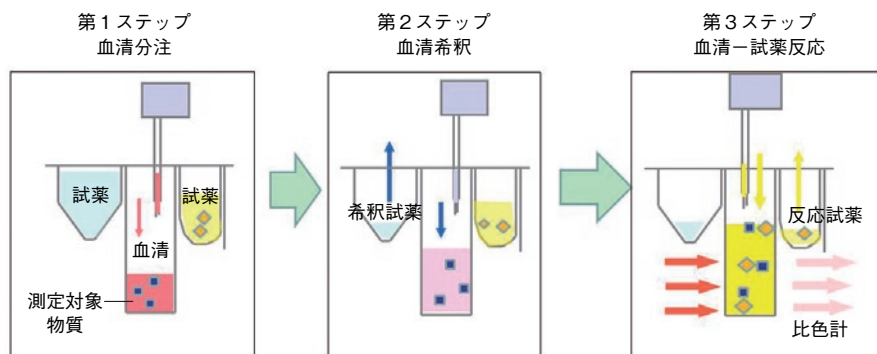


図4 セラテストムの測定原理

Figure 4 The Measurement Principle for Seratestam

## 5

## 20年後を見据えた診断薬事業について

今後の医療は患者のQOL向上が1つのキーワードとなる。病気の早期発見がますます重要になると考えられ、感度や特異性、迅速性などの基本性能の向上が要求されるだろう。

また、現在は疾患を特定する1つの手段として診断薬が用いられているが、健常人が自分の健康を自ら管理する時代がすぐそこまで来ている。診断薬に予防診断という付加価値を付けることで新たな市場の産出が期待される。そして、個人に即したテーラーメイド医療も今後重要になってくる。医療機関と家庭がオンラインで結ばれて、病院に行かなくても検査結果や医師の指導が受けられるようになるだろう。

日立化成は、患者のQOL向上のために現在の診断薬事業をどのようにマッチングさせていくかを考えている。アレルギー事業に関しては現在の検査センタ中心のビジネスモデルを継続しつつ、MASTの全自動測定機の開発を図りグローバルな拡販戦略を執る。そして、現在は血液中のIgEを測定しているが、試薬の感度を大きく向上させることで尿や唾液などの検体を用いたアレルギー診断に挑戦したい。

POCT事業では、成人病検査項目を中心にユニークな項目を開発し品揃えの充実を図りたいと考えている。現行のセラテストムは生化学項目しか測定できないが、免疫測定機能を付加し、さらに小型化、迅速化をめざす。家庭にも設置できるような超小型装置を開発し、各人の健康管理に使える仕様で予防診断という新しい市場に参入したい。

20年後は現在の製品群の販売を拡大し、国内、欧米のみならず全世界で診断薬を展開する企業になりたいと考えている。

### 【参考文献】

- 1) 澤崎 健 他, 日立評論, 86, 749, 2004

## 編集後記

前号54号で編集方針と紙面構成の改訂についてお知らせしましたが、本号55号は弊社の分立50周年記念号として、それとはまた異なる内容になっています。巻頭言には次の50年に向けた弊社田中社長のメッセージを掲載しました。そこには当社グループに受け継がれている3つの遺伝子を生かし、常に研究開発を怠らず企業理念の実現をめざすとの強い意志が反映されております。またすべての論文は、弊社の基幹事業分野と今後の重点取り組み分野からテーマを抽出し、それらの現状と将来に向けた取り組みを中心に、より多くの皆様に弊社の研究開発活動とその方向性を理解して頂けるような内容としました。従い、本号の内容は個別研究テーマに関する技術論文というよりも、むしろ各研究分野に関する技術総説に近い内容となっておりますことをご理解いただきたいと思います。

本年から弊社は創業101年目、分立51年目の新しい時を刻み始めます。今まで同様に弊社の企業理念である「時代を拓く優れた技術と製品の開発を通じて社会に貢献すること」を具現化すべく、「時代に先駆けた新たな価値の創造」を研究開発活動で実践し、その成果を本誌で公開してまいりますので、今後とも忌憚のないご意見を頂戴できれば幸いです。 SU

### 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るか、または下記事務局までお問い合わせください。

お問い合わせページアドレス：

<https://www8.hitachi.co.jp/inquiry/hitachi-chem/data/form.jsp>

## 編集委員

山本和徳	南沢寛	井口智宏	上島浩一	児嶋充雅	中村吉宏
入野哲朗	和田稔	石橋浩之	宇留野道生	濱田啓司	今泉純一
板橋雅彦	矢野政博	荻野晴夫	安田雅昭	篠崎明	斉藤孝
小野学	江連雅弘	石井啓	板谷英貴	大森英二	相原章雄
鶴義之	岡村昌彦	関泰幸	山口正憲	小林昌利	

## 日立化成テクニカルレポート 第55号

2013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)

事務局 新事業本部 電話(03)5533-7406

内村 俊一郎

制作協力 日立インターメディックス株式会社

〒101-0054 東京都千代田区神田錦町二丁目1番地5 電話(03)5281-5001(ダイヤルイン案内)

©2011 by Hitachi Chemical Co., Ltd. Printed in Japan(禁無断転載)