

材 料

既存技術の壁は、新材料の開発によって破られる。エネルギー、エレクトロニクス、半導体などでの技術革新の進展とともに、新材料の果たす役割はますます大きなものとなっている。日立グループの材料部門は、こうした期待にこたえて高品質・高性能・高機能な材料の研究開発を精力的に推進しており、数々の成果を収めた。以下にその一端を紹介する。

話題の高温超電導材料については、日立グループ一体となったプロジェクトを組織し、新しい材料の探索、物性評価、薄膜化、線材化に関する要素技術の確立など幅広い研究開発に取り組んでいる。本誌「研究」章の中で紹介している線材化技術はその一例である。タリウム系酸化物超電導体を用いて1万A/cm²の臨界電流密度を得た。銀被覆としては世界最高の記録である。実用化にはまだまだ遠いが、この成果をベースにさらに研究開発を強めていく。

金属材料の分野では、高温ガスタービン用の新しい耐熱合金および精密鑄造技術、コーティング技術などを開発して高温・高強度材料の要請を満たした（「電力・エネルギー」章中のH25ガスタービンの項参照）。この分野では、さらに将来の宇宙用を含めて耐熱性、耐環境性、強度などの面での極限に挑戦することが求められている。この課題を達成するため、結晶制御合金や複合材料、傾斜機能材料などの開発にも力を入れている。

電線・ケーブルの分野では、本四連系線ルート最大・最長の南備讃瀬戸大橋に500 kVのOFケーブルを布設した。このケーブルには、低損失半合成紙を使用しており、従来品に比べて送電容量は約25%増、絶縁厚さは約20%減となっている。今後も橋梁(りょう)添架ケーブルへの適用が広がるものと思われる。また、地中送電線用故障区間評定システムなどを開発し、送電線の高信頼化に貢献した。

エレクトロニクス関連の分野では、最近の電子情報機器の著しい進展を反映して、材料・部品の高性能化、高機能化、小形・軽量化などに対する要求はますます強まっている。日立グループもこれに対応して、次のような材料および部品の開発を行った。

電子機器の高密度実装に対応する接続材料の面では、多数の微細回路の一括接続が可能な

異方性導電フィルム状接着材の高性能化を進め、10本/mmと従来の2倍の分解能を持つ異方導電フィルムを開発した。さらに、プリント基板用の材料として、低膨張率、低誘電率のポリイミド接着フィルムや低温軟化無酸素銅を製品化した。また、直径が30 μm以下の超微細エナメル線を開発した。この超微細エナメル線は、超小形の磁気ヘッド、フライバックトランスなどに適した材料として注目されている。

電子部品の関係では、発光ダイオードアレーを用いたコンパクトなLEDプリンタヘッド、パネル背面照明用EL発光シートなどを開発した。前者は、高速・高品質印字と小形・静音化、後者は液晶ディスプレイのいっそうの薄形化を可能にするものである。

光ファイバの関係では、光ファイバジャイロ計測装置の開発が特筆される。移動体の運転制御システムなどに幅広く適用できるものである。そのほか光MAPに利用されるスターカップラ、MODEM、LANボックスなどを開発した。

半導体用材料の分野では、高解像度・高感度のi線リソグラフィー用のポジ形レジストを開発した。0.5 μm時代の到来に備えたもので、分離解像度は0.45 μmを実現しており、レジスト上端の膜減りがなく、良好な断面形状が得られる。そのほか、ドライエッチ耐性の優れた有機ケイ素系のポジ形レジスト、多層配線段差の平坦化に有効な塗布形無機系膜形成材料、より高純度・高密度な電極配線用材料であるMoおよびWシリサイドターゲット、高導電性のリードフレーム用ジルコニウム銅合金条、低熱膨張性のエポキシ系モールドレジジンなどを開発して、半導体の進歩を支えた。

磁性材料では、超急冷技術を駆使したFe基礎微結晶軟磁性材ファインメットの開発が注目を集めた。従来材料に比べて飽和磁気密度、比透磁率が高く、磁心損失が小さいなど、優れた特性を備えており、各種のトランスやリアクトルなどへの適用が期待されている。また、新たなスパッタ法の開発によって、高保磁力、高SN比の小形磁気薄膜ディスクを開発した。

さらに、伸銅品の分野では、吸収冷凍機の高性能伝熱管や氷蓄熱コイル、従来の管内蒸発特性を20%向上させた新形内面溝付き管サーモフィンHEXなどを開発した。いずれも省エネルギー化の実現に寄与するものである。

Fe基微結晶軟磁性材「ファインメット」

超急冷技術を利用し、全く新しい軟磁性材料ファインメットを開発した。きわめて微細な結晶粒から成るもので、高い飽和磁束密度と優れた軟磁気特性を実現した。

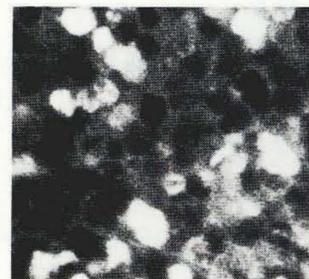
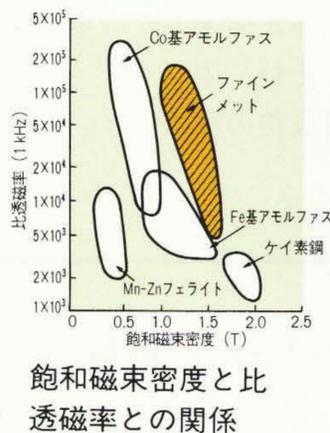
アモルファス金属は新しい軟磁性材料として実用化が進んでいる。しかし、Co基アモルファスは飽和磁束密度が低く、またFe基アモルファスは軟磁気特性が不十分であるという問題がある。

そこで、Fe基アモルファス並みの高い飽和磁束密度とCo基アモルファス並みの優れた軟磁気特性を持つ新材料を開発するため研究を行った。その結果、Fe-Si-Bを基本組成とし、これにCuおよびNbを複合添加し、超急冷技術を利用することによって、著しく微細な結晶粒から成る(写真参照)全く新しいFe基微結晶軟磁性材料ファインメットを開発した。

ファインメットの磁気特性を、従来の軟磁性材

料と比較して図に示す。ファインメットの代表的組成では、飽和磁束密度 B_s が1.35 TとFe基アモルファス並みの値を持ち、かつ1 kHzでの比透磁率が7万とCo基アモルファス並みの高い値を持つ。

ファインメットの最初の応用製品として、スイッチング電源用コモンモードチョークを商品化したが、今後さらに各種トランス、リアクトルあるいはセンサなどへの応用が期待できる。(日立金属株式会社)



(a) ファインメット



(b) 従来のアモルファスを結晶化

透過電子顕微鏡によるマイクロ組織

光ファイバジャイロスコープ

世界で初めて実用化した偏波面保存光ファイバとその応用光部品を用いて高精度、高安定な光ファイバジャイロスコープを開発した。

近年、移動体の運動性能が向上し高速化するに伴い、外部からの情報なしで姿勢や現在位置を知ることの重要性が高まっている。光ファイバジャイロスコープは、このような背景から開発されたオプトエレクトロニクス方式のジャイロスコープである。可動部がなく、小形、軽量、長寿命、高精度などの特長を持っているため、航空宇宙分野から自動車、ロボット、アンテナ制御まで幅広い用途が見込まれ、次世代ジャイロスコープとしての期待が高い。

このほど開発した高精度、高安定な光ファイバジャイロスコープは、世界で初めて実用化した偏波面保存光ファイバとその応用光部品を用いたものである。本製品は、0.01度/秒の分解能を持ち、最大100度/秒までの回転角速

度の計測が可能である。また、2台のジャイロスコープまで接続が可能な信号処理部には、ホストコンピュータや計測器とのインタフェースを装備している。このように光ファイバジャイロスコープは、従来のジャイロスコープの単なる置き換えではない。しかも、ジャイロスコープや光に対する特別な知識がなくても計測できる強力な処理系を備えている。位置や角度の計測制御を必要とする多くの分野のニーズを満たすもので、今後の幅広い適用が期待されている。(日立電線株式会社)



2軸用OFG計測システム
車載アンテナ、自動車ナビゲーション、無人搬送などのシステムでの角速度、角度センサとして適用が期待されている。

リードフレーム用ジルコニウム銅合金条

半導体パッケージの動向に対応し、高導電率(90%IACS以上)で従来品より高強度(引張強さ: 45~50 kgf/mm²)のジルコニウム銅合金条(C151-SH, 02Z-SH)を開発した。

本製品は、従来からPLCC(プラスチックリーディッドチップ)キャリア用などに広く用いられているジルコニウム銅合金の長所(優れたはんだ耐候性、レジソ密着性など)を生かすとともに、短所であった強度、伸びを大幅に改

善したものである。種々パッケージへの適用とともに、パッケージの高信頼性化に寄与すると期待される。(日立電線株式会社)



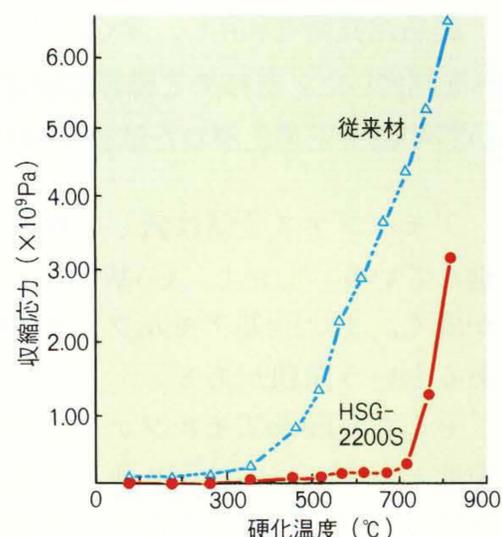
半導体用塗布型無機絶縁膜材料“HSG-2200S”

HSG-2200Sは、超LSIの多層配線段差平坦化に有効な塗布型無機絶縁膜材料である。硬化時の収縮応力が従来材よりも一けた小さく、 $0.6\mu\text{m}$ の厚膜を形成できる。

半導体の高集積化による多層配線化に伴い、配線段差の平坦化が重要になってきている。HSG-2200Sは、16Mビット級LSIの2～4層配線の平坦化を目的として開発した耐クラック性無機膜材料で、(1)硬化収縮が小さいために厚膜形成が可能である、(2)塗布液の安定性が従来材に比べ優れているなどの特長を持っている。また、硬化膜の吸湿性が小さいことも特長で、HSG膜形成後の熱処理工程での発生ガスを低減できる。

開発品はアルミニウム多層配線を持つサブミクロンデバイスの層間段差平坦化膜として有効であり、現在、実装評価中である。

(日立化成工業株式会社)



硬化過程での収縮応力

有機ケイ素系ポジ形ホトレジスト

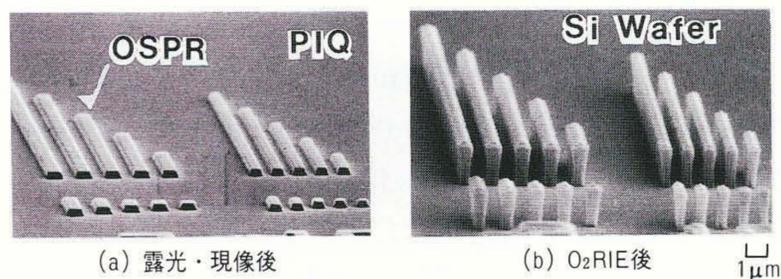
新しいOSPR(有機ケイ素系ポジ形ホトレジスト)を開発した。感度、解像度に優れ、汎(はん)用レジストに比べ30倍高い酸素プラズマ耐性を持っている。

半導体リソグラフィでは、多層配線によって生じる基板の凹凸に起因する解像度の低下が顕在化しつつある。その解決法として3層レジスト法が提案されているが、実用上、プロセスが長いという欠点があった。

このたび開発したOSPRは、ケイ素原子と酸素原子がはしご状につながったラダーシリコンから成っているため、極めて高い酸素プラズマ耐性を持っている。このため、2層レジスト法が可能となり、簡単なプロセスで微

細加工できるようになった。

また、OSPRはアルカリ現像形なので、現行プロセスがそのまま使用でき、ポリイミド絶縁膜などのサブミクロン加工にも利用できる。なお、OSPRの製品化は日立化成工業株式会社が担当する。



OSPRを用いたポリイミド系樹脂の微細加工例

半導体用エポキシ樹脂系低熱膨張性封止材料

樹脂封止形半導体内部に発生する熱応力を低減し、素子の各種信頼性向上を図るため、球形フィラを高充填(てん)したエポキシ樹脂系低熱膨張性封止材料を開発した。

半導体は素子製造技術および封止技術の進歩によって、現在全製品の80%以上が樹脂封止されている。しかし、素子の高集積化、高速化に伴い素子の大型化、配線の微細化や多層化が進む反面、パッケージは小形、薄形化が望まれ、封止樹脂層はしだいに薄肉化の方向にある。このような樹脂封止形半導体装置では、パッケージを構成する各素材間の熱膨張係数の違いによって発生する熱応力が、素子の信頼性を確保するうえで重要な問題になり、

低応力封止用材料の開発が強く望まれていた。

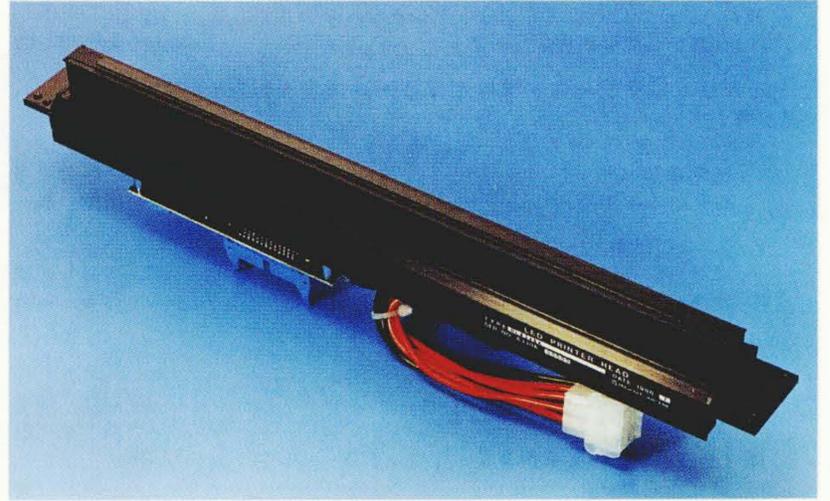
従来、封止材料の低応力化は、ベースのエポキシ樹脂を特殊なシリコン化合物で変性し、材料の弾性率を小さくする方法が検討されてきた。これに対して、今回検討したのは、フィラの高充填化による封止材料の低熱膨張化と、それによる熱応力の大幅な低減である。その結果、粒度分布を適正化した球形溶融シリカを用いると、材料の流動性を損なわずに配合量を大幅に増やすことができ、熱膨張係数を $0.7 \times 10^{-5}/^{\circ}\text{C}$ まで下げられ、熱応力を大幅に低減できることが明らかになった。今回開発した低熱膨張化手法は4MDRAMのような大形素子や超薄形パッケージ用封止材料に適用されている。

高速記録用LEDプリンタヘッド

高出力GaAlAs-LEDアレーを光源とする高速プリンタ用LEDヘッドを開発した。

印字品質の優れた電子写真方式のLEDプリンタの普及の広がりとともに、いっそうの高速化など性能の向上が求められている。このためには、LEDの高出力化とLEDアレーの出力均一化およびデータ処理の高速化が必要である。日立LEDプリンタヘッドはこの要請を満たすもので、発光出力の高いGaAlAsを素材としたシングルヘテロ接合形LEDアレーを搭載しているため、光出力はGaAsP系の場合に比べ3～4倍大きい。このため光出力ばらつきの補正が可能であり、補正後でも1.6 μ W(レンズSLA12'透過後)という高い光出力を得ることができ、高速プリントが可能である。今回、専用のドライバICを開発して、3,000点を超えるヘッド内発光点の光出力を制御し、ばらつきを $\pm 12\%$ 以下に抑えると同時に、データ処理速度96

Mビット/秒を達成した。この結果、本ヘッドを用いてA4判紙換算で166枚/分の高速プリントを確認している。(日立電線株式会社)

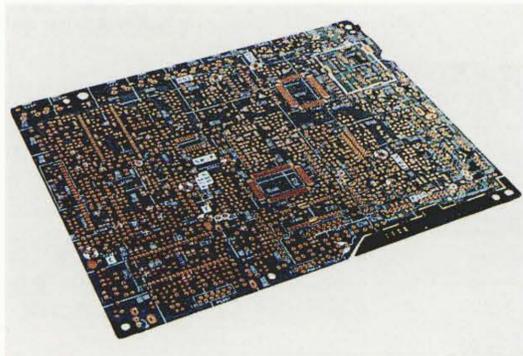


300ドット/インチ、A3判用LEDプリンタヘッド内部には、86.7 μ mピッチ、3,520点のLEDが直線状に並んでいる。

技術抄録

■高速高性能化学銅めっき

無機酸化物系の新添加剤によって、めっき時間の大幅短縮($\frac{1}{2} \sim \frac{1}{3}$)と、電気めっき膜をしのぐ高品質化の両立を可能とする銅めっき液を開発した。微細パターン形成に有利なアディティブ法のプリント配線板に適用するものである。



■低温軟化無酸素銅

軟化温度が従来より約60 $^{\circ}$ C低い無酸素銅の開発量産化に成功した。本無酸素銅には、曲げ疲労強度が高い、降伏応力が小さい、優れた柔軟性といった特徴がある。(日立電線株式会社)

■高耐摩耗性ゴムローラ

ウレタンゴムを変性した高耐摩耗性ゴム材料を開発した。これは耐加水分解性に優れたPTMG系をベースに、耐摩耗性を10倍以上に向上させたものである。OA機器用ゴムローラに使用され好評を得ている。(日立電線株式会社)

■超高速LSI用GaAsウェーハ

LSIの基本素子であるFETの V_{th} ばらつきを、従来結晶に比べて約 $\frac{1}{2}$ に改善したGaAs結晶を開発した。表面加工精度も優れており、超高速LSI用として使用され始めている。(日立電線株式会社)



■MoおよびWシリサイドターゲット

低U、Thの高純度原料を用い粉末法によって作製したもので、高純度(>96%)かつ微細な組織を示す。そのため、成膜されたスパッタ膜はパーティクル(異物)が少なく、LSIゲート電極用に好評を得ている。(日立金属株式会社)

■薄膜磁気ディスク

本磁気ディスクは、Co-Ni系材料を窒素ガス中でスパッタし、熱処理によって保磁力を発生させる機構を採っている。このため、Cr下地を必要とせず、高保磁力が得られる。また、基板にアルマイト下地を用いており、CSS特性にも優れている。(日立金属株式会社)

■高信頼性「アニソルム®」

アニソルム®は、多数の微細電極の接続に有用な異方導電性フィルムである。今回、信頼性試験での抵抗変化が小さく、高密度電極(最大10本/mm)の接続が可能な熱硬化性新製品を開発した(標準接続条件: 170 $^{\circ}$ C, 20s)。(日立化成工業株式会社)