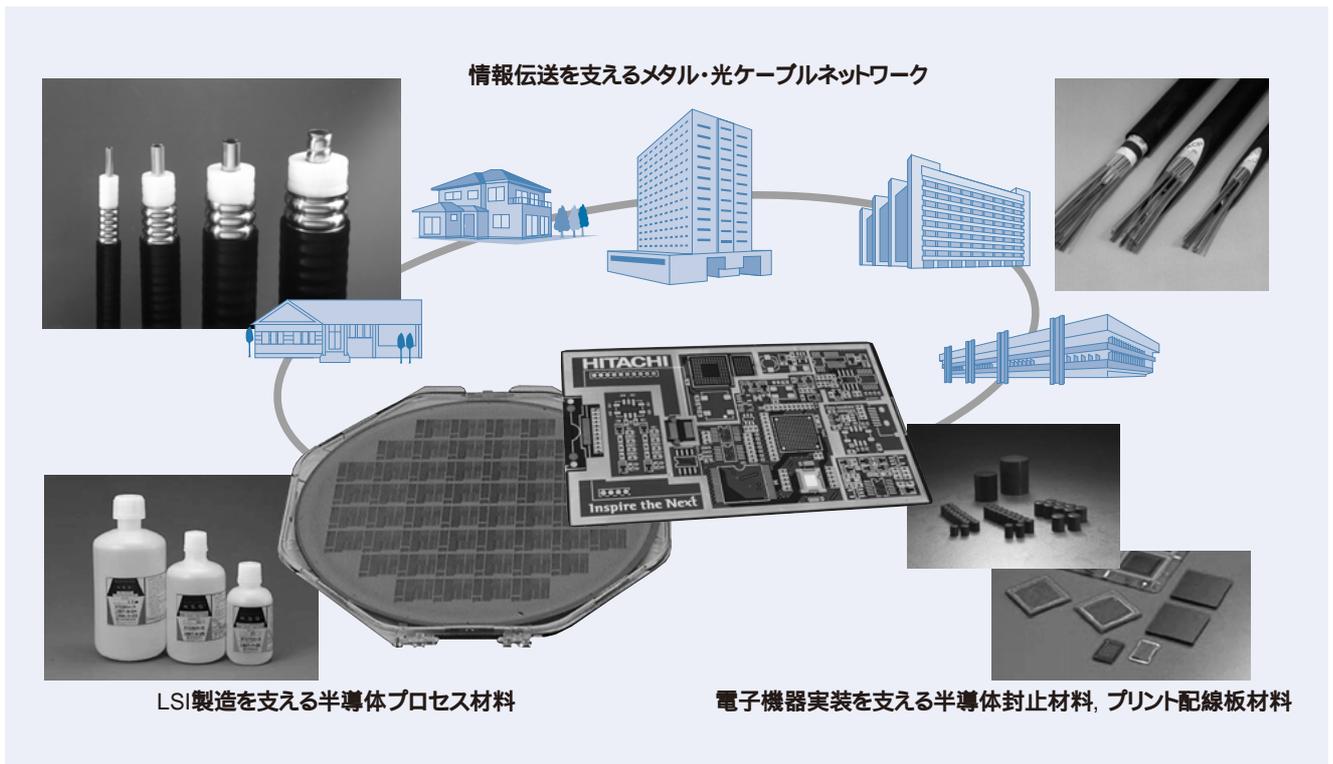


電子情報・通信機器用の高機能材料

Key Materials for Electronic and Communication Equipment

藤岡 厚 Atsushi Fujioka 大園 和正 Kazumasa Ôsono 遠藤 裕寿 Yûju Endô 赤星 晴夫 Haruo Akahoshi



LSI製造, プリント配線板, 光通信ネットワークを支える日立グループのさまざまな高機能材料

高度情報社会の電子情報・通信を実現する半導体デバイス, 配線基板, 通信ネットワークは, 高機能材料によって支えられている。

電子情報・通信は, 現代社会を支える根幹である。現代の高度情報社会は, シリコンウェーハに代表される半導体基板上に形成したトランジスタを, さまざまな階層でネットワーク化することで成り立っている。ウェーハ上でトランジスタをネットワーク化することによってLSIができ, さらに, 外部と接続することでCPUモジュールなどの機能化が達成される。これらを組み立

てることで, 日常的に使用するパソコンなどの製品が完成する。

このネットワーク形成で, 高機能材料は, LSI製造から光通信に至るまで深くかかわっている。日立グループは, これらのニーズを先取りし, 材料開発を進め, 製品を提供している。

1 はじめに

近年, パソコンはネットワークに接続して使用されるようになり, 情報・通信を通じて, さまざまな電子情報にアクセスできるようになった。事業生産性など効率面の向上はもちろんのこと, 趣味や新たな人間関係づくりなど個人生活の豊かさの向上にも不可欠となってきている。

パソコンのこのようなネットワーク形成において, 多岐にわ

たってかかわっているのが高機能材料である。高機能材料は, 多くの場合, 製造工程で消費されるプロセス材料あるいは接続・伝達材料として使用され, みずから電気・光信号を発生することのないパッシブな存在である。しかし, 電子機器の高性能化, 情報・通信機器の高速大容量化に対する重要性は非常に高い。

ここでは, 日立グループの高機能材料の最新の開発状況について述べる。

2 電子機器用材料

2.1 半導体前工程用材料

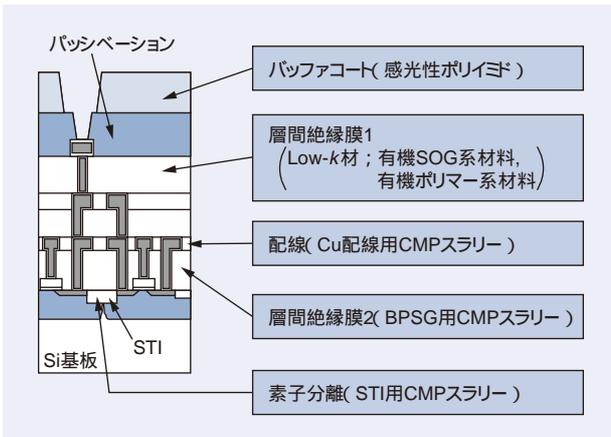
前工程用材料は、Siウェーハ上に集積回路を作り込む工程で使われる材料であり、CMP(Chemical-Mechanical Polishing : 平坦化処理)スラリー、Low-*k*材(層間絶縁膜として用いられる低誘電率材)、およびバッファコート材がある。半導体チップの断面と、前工程用材料が使われている箇所を図1に示す。

(1) CMPスラリー

半導体チップでは、CMPと言われる方法で各層を研磨して平坦化し、高い性能と高い生産性を得ている(図1参照)。CMPで用いるスラリー(砥粒と薬液から成る研磨材料)は、半導体の性能を左右する重要な材料である。今回日立グループが開発したSTI(Shallow Trench Isolation)形成用のスラリーと、Cu配線を形成するためのメタル配線用スラリーの特性を表1に示す。これらは、低スクラッチ性と低ディッシング(皿状化)性に優れており、低誘電率タイプの層間絶縁膜の低圧研磨も可能である。

(2) Low-*k*材

微細化は配線間の電気容量を大きくし、信号伝達速度を



注：略語説明

SOG (Spin on Glass) , CMP (Chemical-Mechanical Polishing) , BPSG (Borophosphosilicate Glass) , STI (Shallow Trench Isolation)

図1 半導体チップの断面と前工程用材料の使用箇所

90 nm以降の半導体チップには、高密度・高多層のCu配線とLow-*k*材の層間絶縁膜が必要で、各層はCMPによってナノメートルオーダーで平坦化される。

表1 CMPスラリーの特性

化学的作用(C)と機械的作用(M)をバランスよく組み合わせて、研磨速度特性、スクラッチ性、ディッシング性に優れた研磨(P)を可能にしている。

項目	STI用スラリー	メタル配線用スラリー	
品番	HS-8005	HS-C800	HS-T805
研磨対象	SiO ₂	Cu(配線)	TaN(バリヤー)
研磨速度	400 nm/min	600 nm/min	80 nm/min
スクラッチ性	良好	良好	良好
ディッシング (ラインアンドスペース : 100 μm)	10 nm	40 nm	20 nm

低下させる。これに対して、電気容量を小さくできるのがLow-*k*材であり、層間絶縁膜材料として重要性が増している。

日立グループは、強度と低誘電率を両立できる材料として、有機SOG(Spin on Glass)系材料で平坦性が良好なHSG-R7(*k*=2.8)を、65 nm以降のデバイス対応材として、多孔質かつ低誘電率のHSG-255シリーズ(*k*=2.3)をそれぞれ製品化している。

(3) バッファコート材

日立化成工業株式会社と米国デュボン社の合併会社である日立化成デュボンマイクロシステムズ株式会社は、PIQに代表される超LSI用高耐熱ポリイミド(感光性・非感光性)を販売しており、パッシベーション膜やバッファコート材料として使用されている。

2.2 半導体後工程用材料

後工程用材料は、シリコンウェーハ上に作られたLSIを個片化し、リードフレームやパッケージ基板へ搭載したり、ワイヤボンディングや樹脂封止する工程で使用される材料であり、さまざまな樹脂材料が活用されている。このうち、日立グループのダイボンディングフィルムと封止材について以下に述べる。

(1) ダイボンディングフィルム「HIATTACH」

複数の半導体チップ(ダイ)を積層して実装密度を高めたスタックCSP(Chip Size Package)の構造を図2に示す。チップとチップの間、チップと基板の間は、ダイボンディングフィルムで接着されているため、接続面のボイドレス性や、厚みの均一性が要求される。日立グループは、多機能化を目指し、半導体チップ切断の際に用いるダイシングテープとダイボンディングフィルムを一体化した新規「FHシリーズ」を開発した。この製品は工程短縮に有効で、薄型ウェーハの取り扱いを容易にすることもできる。

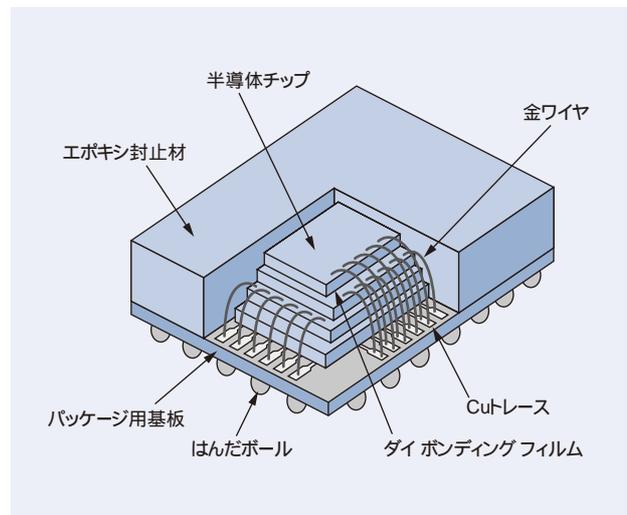


図2 スタックCSP(Chip Size Package)の構造(4チップ)

チップとチップの間、チップとパッケージ用基板の間の接着にダイボンディングフィルムを使用している。

(2) 封止材“CEL”、“CEL-C”

半導体チップは最終的にエポキシ封止材によって封止され、半導体パッケージとなる(図2参照)。封止材には、成形性、接着性、反り、および耐リフロークラック性に優れた材料が必要である。

難燃剤にハロゲンやアンチモンを含まない環境対応封止材として、金属化合物などの難燃剤を含むタイプと、難燃剤レスタイプの「CEL-HFシリーズ」をラインアップしている。液状封止材「CEL-Cシリーズ」は、種々の実装形態に対応でき、コート材や各種アンダーフィル材として用いられている。多端子化、ファインピッチ化が進む中で、高信頼性のアンダーフィル材の開発を進めている。

2.3 プリント配線板関連材料

作製された半導体パッケージは、プリント配線板に搭載される。ここでは、高Tgガラスエポキシ多層材料、高速伝送のための高周波対応低誘電率材料、基板にコンデンサの機能を付与したキャパシタ内蔵基板材料などが用いられる。パッケージ用基板向け「MCL-E-679FG」や、マザーボード向け「MCL-BE-67G(H)」などの環境対応多層材は、鉛フリープロセスに対応し、ハロゲンフリー化を実現している。これは、一般のFR-4材に比べて、高耐熱性、低熱膨張率、誘電特性の安定といった付加価値を高めている。また、プロセス材料として感光性フィルム「PHOTECシリーズ」などをラインアップし、ユーザーの強い支持を得ている。

さらに、プリント配線板としては、FPQ(フレキシブルプリント配線板)、高多層配線板、マルチワイヤ配線板「MWBシリーズ」、および半導体パッケージ用基板を品ぞろえしている。

3 情報・通信機器用材料

3.1 メタル系電線・ケーブル

半導体デバイスや情報機器には、信号の高速化・大容量化、部品の小型化・軽量化が求められ、ケーブルや導体材料には、高導電率化と細径化の両立が求められている。また、可動部を持つ機器では、断線を防ぐため、導体に十分な屈曲特性が求められ、これに対応するため、導体の合金化技術、熱処理技術、加工技術を中心としたメタルケーブルや材料の開発が進められている。

また、医療機器分野では、超音波診断装置や内視鏡などの画像を高精細化するため、多心化と柔軟性向上、患者への負担低減のための信号線の細径化が進んでいる。これらのケーブルは繰り返し屈曲されるため、高導電性があり、高屈曲特性が得られる高強度の材料が必要となる。そのため、導電率の低下を抑えながら、高強度化を実現できる高性能銅合金線材を開発した。これは、同条件で伸線された純銅線に比



図3 極細同軸ケーブルの例
16 μm径の素線をより合わせた中心部を示す。導体構造により、外径約0.2 mmの極細ケーブルを実現している。

べて導電率低下が少なく、強度が向上し、屈曲寿命が10倍に伸びた。また、素線径は16 μmと極細化が可能であり、これを用いたケーブルで、携帯機器やロボット、パソコンなど、屈曲部を持つ機器への応用も可能である(図3参照)。

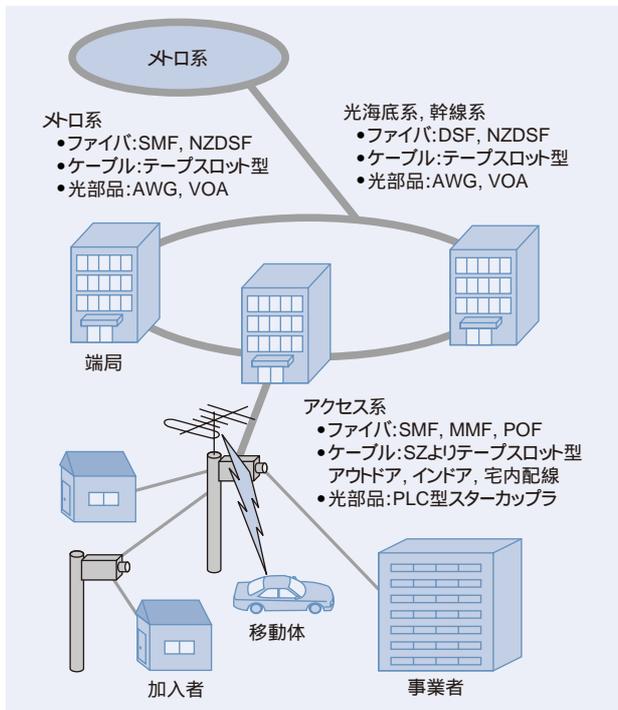
可動部に使用されるFFC(Flexible Flat Cable)は、並列した複数本のめっき導体を、接着剤付き絶縁体でラミネートした配線材料である。プリンタ、CD-ROM(Compact Disc Read-Only Memory)やDVD-ROM(Digital Versatile Disc ROM)といった電子機器類のほか、自動車内の狭いスペースでの配線材など、応用範囲は広い。

3.2 光系電線・ケーブル

大都市圏間を結ぶ幹線系や、大都市圏内のメロ系、加入者へのアクセス系、さらに宅内配線などでは、光系電線・ケーブルや光部品が使用されている。高速大容量光通信網モデルを図4に示す。

光海底、幹線、メロ系では、大容量化に対応するために1本の光ファイバに複数の信号光を伝送させるWDM(Wavelength Division Multiplexing)システムが導入されている。このシステムでは、光ファイバの分散特性や非線形特性が重要となるので、それらを考慮したSMF(Single Mode Fiber)、DSF(Dispersion Shifted Fiber)、NZDSF(Non-Zero Dispersion Shifted Fiber)などのほか、信号光の合分波や光増幅等価機能を持つ光部品も必要である。日立グループは、これらの光ファイバに加え、WDM用光部品として量産性に優れ、コンパクトな石英PLQ(Planar Lightwave Circuit)型のAWG(Arrayed Waveguide Grating)合分波器や、VOA(Variable Optical Attenuator)などの開発・製造を行っている。

一方、一部のメロ系やアクセス系では、低コストシステムの構築が優先することから、信号光間波長間隔を広く設定することで、廉価な光源の使用が可能となるCWDM(Coarse WDM)技術や、局内装置を各加入者で共有するPON(Passive Optical Network)技術の導入が進んでいる。この分野では、



注：略語説明

SMF(Single Mode Fiber), NZDSF(Non-Zero Dispersion Shifted Fiber),
AWG(Arrayed Waveguide Grating), VOA(Variable Optical Attenuator),
DSF(Dispersion Shifted Fiber), MMF(Multi-Mode Fiber),
POF(Plastic Optical Fiber), PLC(Planar Lightwave Circuit)

図4 高速大容量光通信網モデル

高速大容量伝送に対応するために、幹線系からアクセス系に至るまで光伝送が行われ、各系に適応した各種光ファイバ・ケーブルや光部品が使用されている。

使用される波長が $1.38\ \mu\text{m}$ 帯域でのOH基(Hydroxyl Group) 吸収損失が非常に小さいLWPF(Low Water Peak Fiber) や、PLC型スターカップラが用いられる。日立グループは、これらの光ファイバや光部品を開発し、供給体制を整えている。

石英系光ファイバの直径は $125\ \mu\text{m}$ と非常に細く、傷つきやすいので、ファイバ上にプラスチックの保護層をかけ、識別用に着色し、外力の影響を受けないように保護している。日立グループは、これらのコードやケーブルについても、用途に合わせた開発を行い、光海底用では耐水圧性や外傷防止、幹線や外口系では高密度実装性、アクセス系では光ファイバ心線の途中分岐が容易なケーブルを製造している。また、光の通り道であるコアの周りを屈折率の低い空孔で取り囲み、大きく折り曲げても光を閉じ込められる構造を実現したホーリーファイバを開発し、その特徴を生かした光ファイバカールコードを製造している(図5参照)。

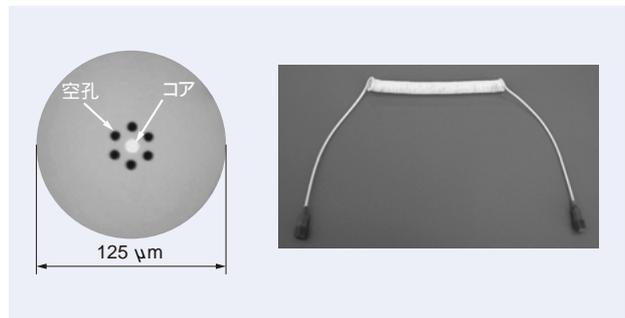


図5 ホーリーファイバ断面(左)と光ファイバカールコードの外観(右)
ホーリーファイバはコア近傍に複数の空孔を持ち、光の閉じ込め効果を上げた光ファイバで、小さな曲げが多い光カールコードの実現を可能とした。

4 おわりに

ここでは、電子情報・通信を支える日立グループの高機能材料について述べた。

日立グループは、社会のニーズを先取りし、今後も顧客の満足を得られる高機能材料の研究開発を進めていく考えである。

執筆者紹介



藤岡 厚

1973年日立化成工業株式会社入社、電子材料事業本部 所属
現在、半導体用材料の開発企画に従事
E-mail : a-fujioka @ hitachi-chem. co. jp



大園 和正

1982年日立電線株式会社入社、技術開発本部 アドバンス技術研究所 フォト・エレクトロニクス技術研究センター 所属
現在、機能性光ファイバの研究開発に従事
E-mail : ohsono. kazumasa @ hitachi-cable. co. jp



遠藤 裕寿

1986年日立電線株式会社入社、技術開発本部 アドバンス技術研究所 材料技術研究センター 所属
現在、エレクトロニクス材料の研究開発に従事
E-mail : endo. yuju @ hitachi-cable. co. jp



赤星 晴夫

1981年日立製作所入社、日立研究所 材料研究所 所属
現在、電子材料、ナノ材料の研究開発に従事
E-mail : akahoshi @ hrl. hitachi. co. jp