

材 料

- 金属・電線材料
- 無機・セラミックス材料
- 有機材料・その他

新製品、新システムの開発を支えるものとして、材料自体の高性能化、高機能化に寄せられる期待はますます大きくなっている。これにこたえるため、日立グループの材料部門でも、基礎研究から製品開発に至る広い範囲にわたって精力的な活動を行なっている。

特に、最近のエレクトロニクスの進展に伴って、それに関連したいわゆる電子材料の開発には、金属、無機、有機の各材料部門でも重点的に取り組んでいる。本章でも SiC セラミックによる LSI パッケージ、薄膜磁気ヘッド用セラミック基板、リードフレームめっき技術、フレキシブル配線板、多層プリント配線基板などを紹介したが、この外にも、高記録密度の磁気ヘッド、低消費電力の長ストローク形ドットプリンタヘッド、ホトレジスト機能をもった感光性ポリイミド、等々数多くの開発がなされた。また、バブルメモリ用 GGG 結晶、超高速 LSI 及び光素子用 GaAs 単結晶、SAW 用の LN 結晶、などのいっそうの高品質化の努力も続けられている。情報伝送関係では、光ファイバの利用が進展し、OA、FA 用の光ループネットワークも実用化された。一方、光ファイバの無誘導、広帯域、無漏話などの特長を利用して、電力ケーブルと通信線を一体化した光ファイバ電力複合ケーブルも、長尺化技術の開発によりいっそう実用的なものとなった。

エネルギー関連分野では、新エネルギー機器あるいは省エネルギー機器の開発に必要な耐熱、高強度材料の開発

が、金属及びセラミックスの両面から進められている。また、超電導の利用も種々の形で考えられているが、本章では、新しい超電導線材としてアルミニウム安定化超電導線を紹介した。省エネルギーの観点からは、長距離送電での電力損失の低減も重要な課題である。これに対して、アルミ・鋼より線の改良により、従来よりも損失が15%低い低ロス ACSR を開発した。

一般の構造材料でも、特殊鋼の強度、耐熱、耐摩耗性の特性などの向上が進められており、新しい合金設計技術とこれに対応した各種精錬装置、製造技術の開発によって、用途に応じた高性能の合金材が商品化されている。本章に紹介したように、鍛造技術の進歩によって耐摩耗性銅合金の歯車が量産化され、また、鑄造熱処理技術の改善により高強度鑄鉄が実用化された。高度の耐熱性を要しない分野の構造材としてはプラスチックが利用されるが、その新しいモールド法として RIM を開発した。この方法の特長は、適用範囲が非常に広いことで、活用が期待される。

セラミックスについては、電子材料として、また耐熱構造材として鋭意開発が進められていることは、既に述べたが、それ以外にも応用は広い。本章にはその一端として、工具用のアルミナ・ジルコニア系セラミックスと酸素センサとしてのイットリア・ジルコニア系セラミックスを紹介したが、今後もセラミックスを応用した開発例が多方面から報告されるであろう。

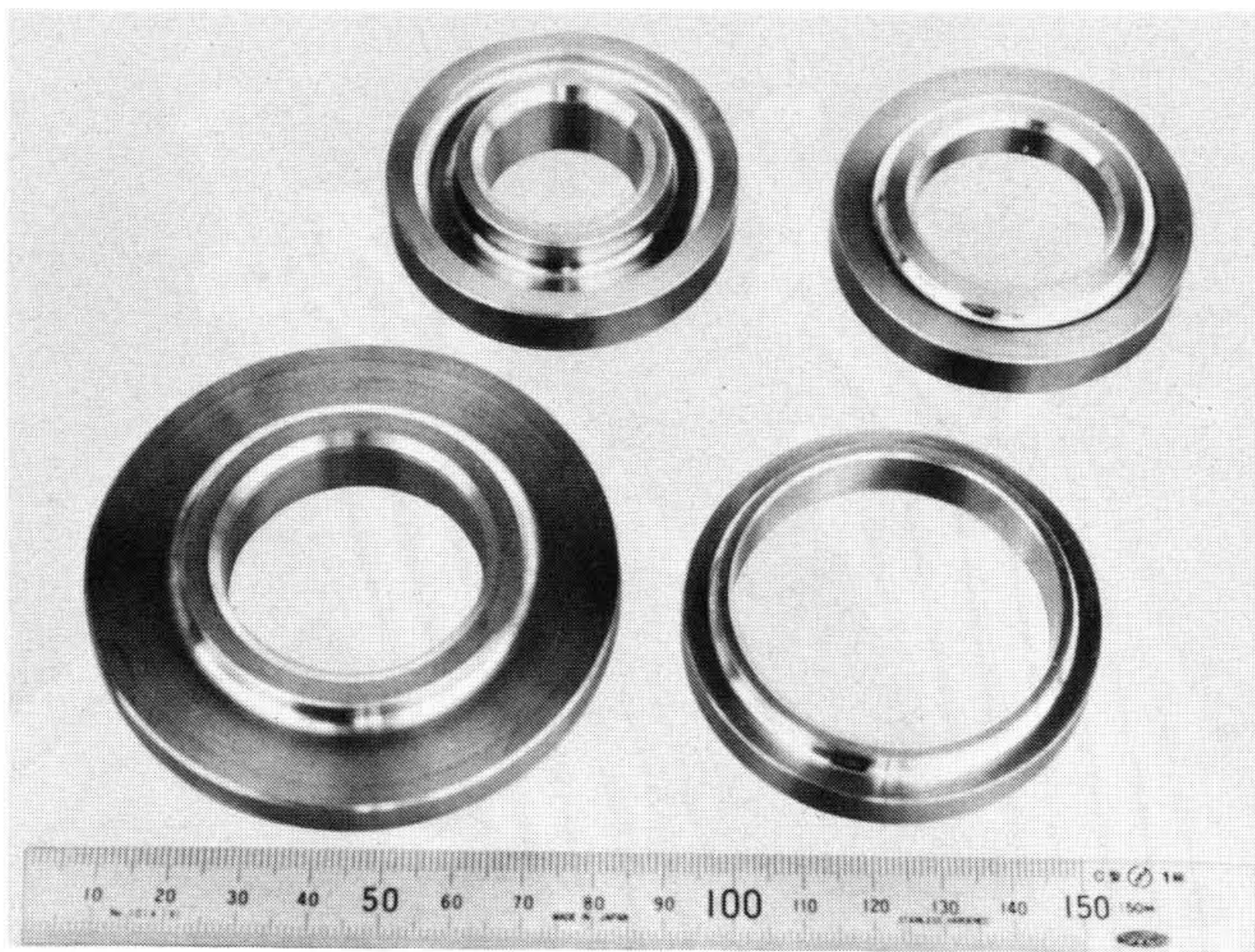


図1 SAM214 製温間鍛造歯車

金属・電線材料

耐摩耗銅合金歯車の量産化

日立製作所では Mn ケイ化物や鉄ケイ化物を分散させた超耐摩耗鑄造銅合金を生産しているが、このほど Mn ケイ化物分散形の SAM214 の温間鍛造に成功し、内燃機関用歯車の量産に入った。

この歯車は図1の4種類があるが、いずれも一般のリン青銅製歯車に比べて、約100倍の耐摩耗性をもっていることが実機試験で立証され、適用品種の拡大が期待できる。

引き続き、鉄ケイ化物分散形の FA 381 の塑性加工化を進めている。

鍛鋼材に匹敵する高強度球状黒鉛鑄鉄の開発

日立金属株式会社は、合金設計と良く制御されたオーステンパー処理によって、新しいタイプの高強度球状黒鉛鑄鉄を開発した。この材質の特長は、
(1) 鍛鋼材とほぼ同等の強さと伸び、更にそれ以上の疲れ強さがある。
(2) 鑄鍛鋼材に比べ8%以上軽く、その上、鑄物の特長を生かして、一体化、中空化することにより、いっそうの部品軽量化が可能である。

新材質による高負荷部品、複雑形状部品の鑄物化が進められている(図2)。

高合金粉末高速度工具鋼 “HAP70” の開発

日立金属株式会社では、粉末や金法を用いて、従来の溶製法では製造できない高合金領域での新材料開発(HAP70)に成功した。HRC70以下とされたハイスの常識を破り、最高HRC72に

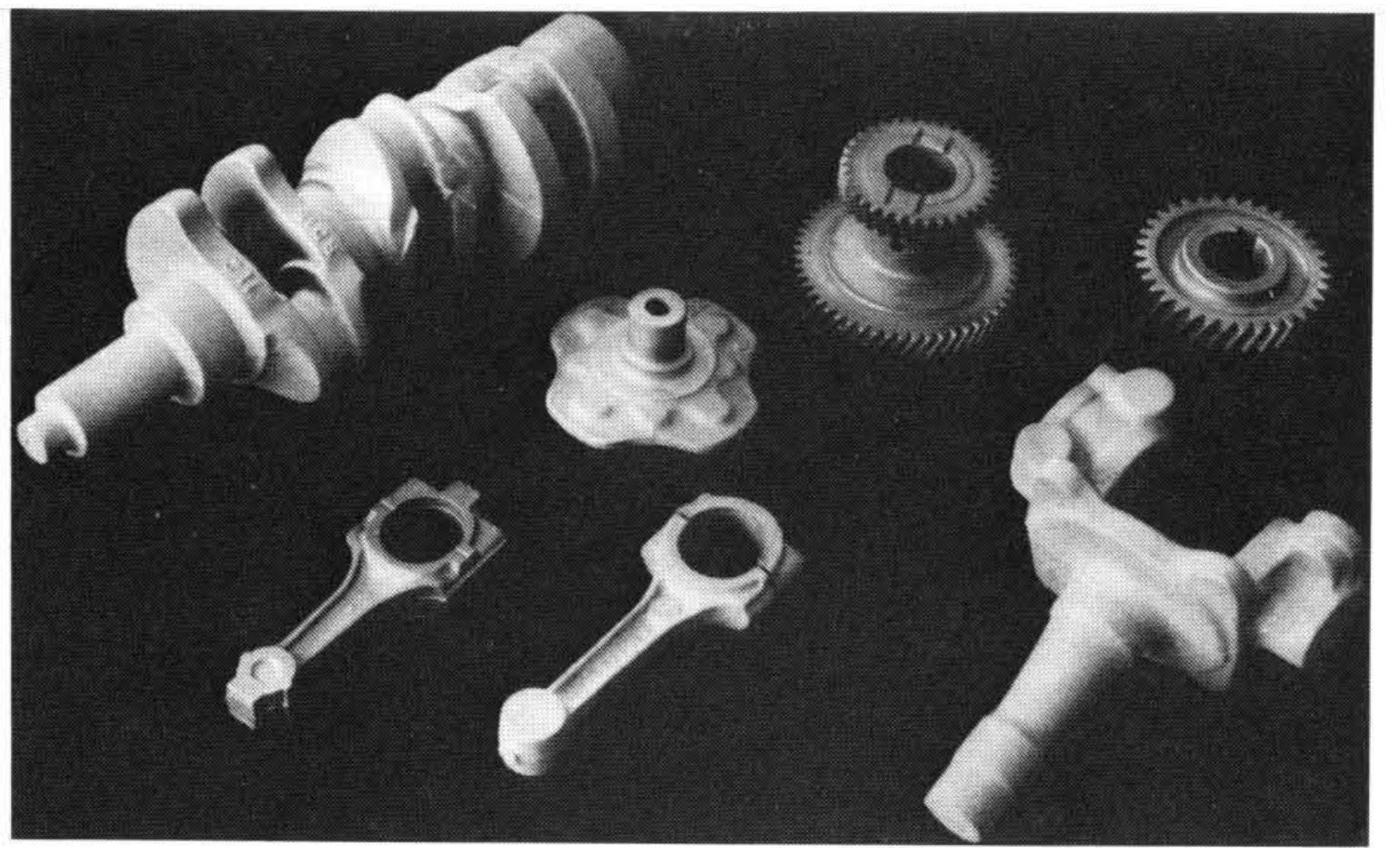


図2 高強度球状黒鉛鑄鉄の応用部品

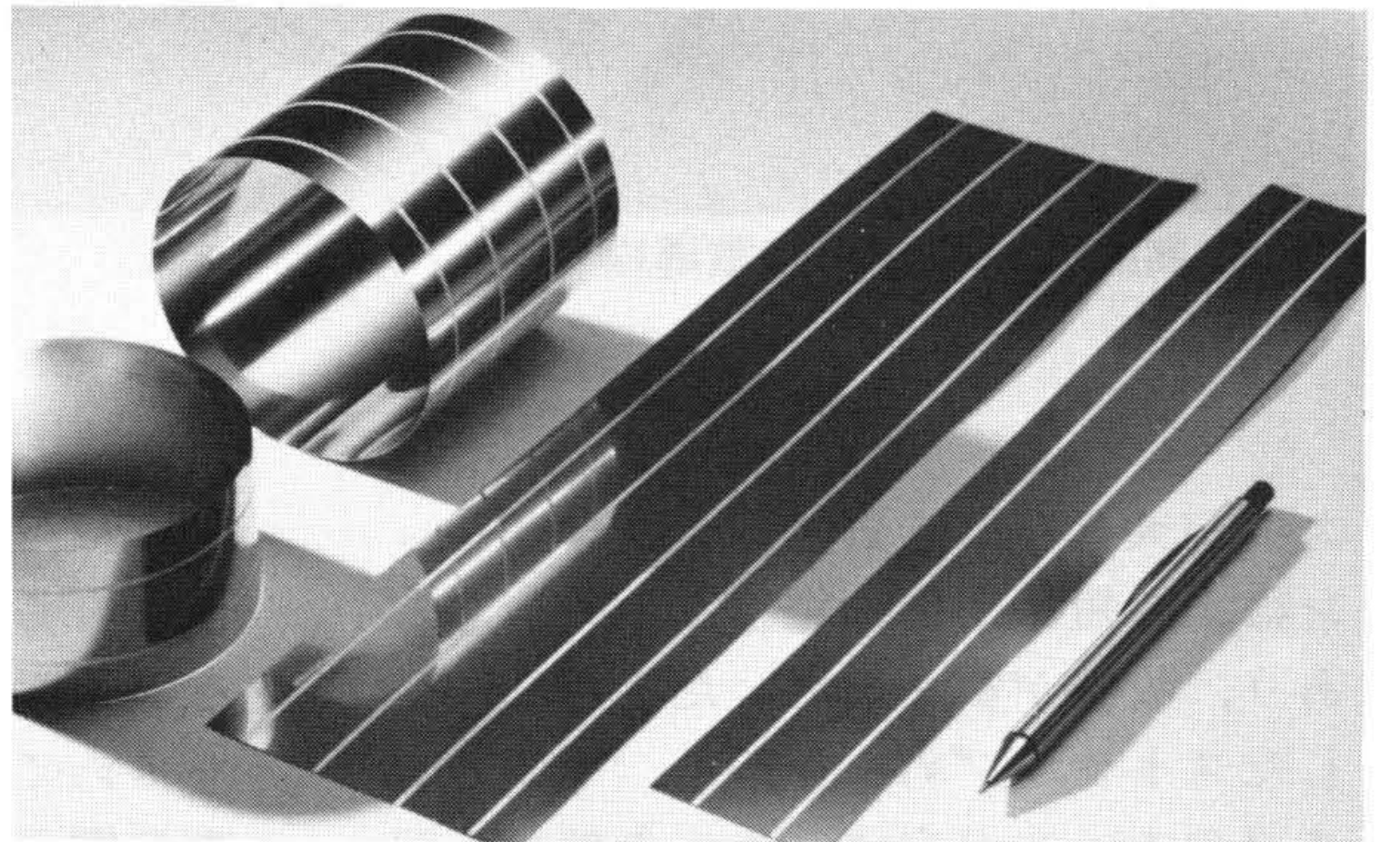


図3 1.1mmの細幅化に成功したストライプめっき条

表1 粉末高速度工具鋼の機械的性質比較

区分	鋼種	硬さ (HRC)	衝撃値** (kgm/cm ²)	抗折力*** (kg/mm ²)	耐圧縮力 (kg/mm ²)	ヤング率 (kg/mm ²)
超硬合金	K20相当	72.5	0.53	240	500*	—
	K30相当	71.5	0.56	245	—	50,000*
焼結合金	TiC焼結合金	71.5	0.40	156	400	30,600*
粉末ハイス (日立金属株式会社ブランド)	HAP10	65.9	3.5	475	445	22,900
	20	66.3	3.0	470	440	23,020
	40	67.0	2.0	460	435	23,310
	50	68.0	1.8	425	470	23,530
	70****	71.6	1.0	275	506	25,330
溶製ハイス	SKH57	67.5	1.0	310	476	23,400

注：* 文献値

** 10RCノッチ試験片

*** φ5×70I 支点間50mm、中央1点荷重方式

**** 日本国特許 1,114,795(登録No.)

及ぶ焼もどし硬さをもっている。表1にその特性を超硬合金ほかと比較して示した。高いじん性値の HAP10, 20, じん性と硬さを兼備した HAP40, 50 に対し、HAP70 は硬さ、耐圧縮力、ヤング率など超硬に匹敵する特性をもっている。

エンブラ成形用新 HPM シリーズ金型材の開発

電子機器、自動車、精密機械など各種工業製品へのエンブラの適用が急速に進みつつあるが、日立金属株式会社では、これらエンブラ成形用の新しい HPM シリーズの金型材を開発した。

(1) 量産用耐摩耗型材 HPM31 (H_RC58)

真空炉で非常にひずみの少ない熱処理が可能で、また超精密仕上げができる。

各種充填材による摩耗作用に十分耐え、長寿命が得られる。

(2) 耐食、鏡面仕上げ用型材 HPM38 (H_RC53)

難燃剤添加の樹脂などによる腐食作用に耐えるステンレス型材で、無ひずみに近い熱処理が可能で、また鏡面仕上げ性が特に良い。ビデオディスク用金型などに優れた実績を得ている。

(3) 鏡面仕上げ、高級シボ加工用プリハードン型材 HPM50 (H_RC40), HPM17 (H_RC33)

HPM50 は H_RC40 の高い硬さと優れた被切削性を兼備させた鏡面仕上げ用の最高級プリハードン型材であり、高いじん性を備えた HPM17 とともに、今後の活用が期待される。両方とも非快削鋼である。

ミニトランジスタ用ストライプめっき条の開発

日立電線株式会社では、ミニトランジスタのリードフレームに使用する細幅の銀ストライプめっき条の開発に成功した(図3)。従来のリードフレームはプレス加工後、全面に銀めっきを施して使用しているため、(1) 貴金属のコ

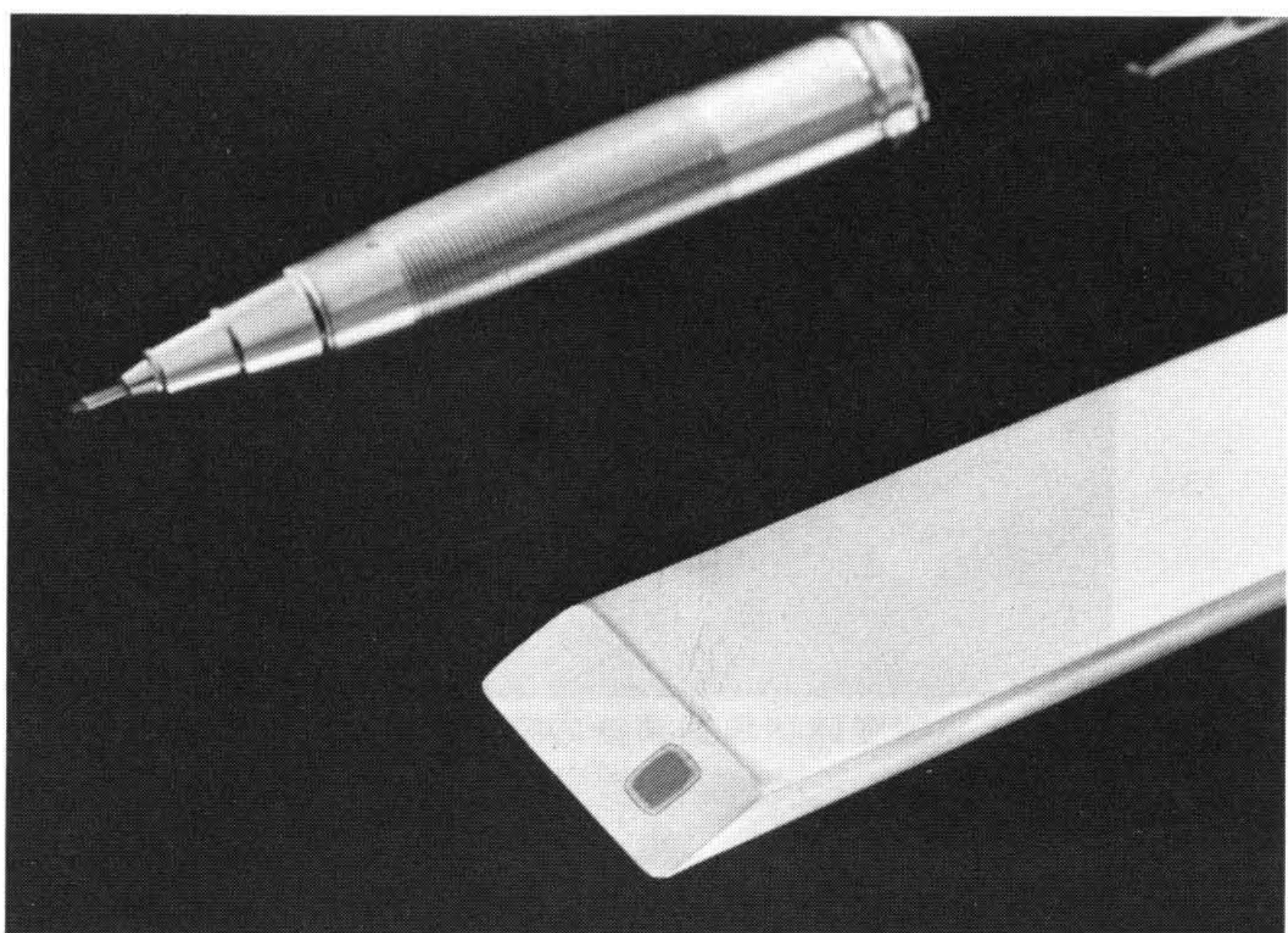


図4 高純度 Al 安定化超電導線

ストが大きい、(2) 銀のマイグレーションによる短絡不良の発生などの欠点があり、改善が望まれていた。今回開発したストライプめっき条は、トランジスタのモールド内に銀めっき部分を収納するため、銀めっき幅を従来の製造では限界とされた 2 mm 幅を更に細幅化し、1.1mm 幅まで圧縮したものである。めっきの種類としては、顧客のプレス加工方法に応じてストライプ1条から4条までの量産技術を確立した。ミニトランジスタ用リードフレームのほか、ホール素子、ダイオード用リードフレームとしての用途があり、更に接点材料などへの応用も期待できる。

大形コイル用 Al 安定化 Nb-Ti/Cu 超電導線の開発

従来の銅安定化超電導線とともに、日立電線株式会社では、他社に先駆けて押出被覆方式による99.999%高純度アルミニウム安定化 Nb-Ti/Cu 超電導線の開発を進めてきた。本方式は架空送電線用 Al 被覆鋼線の製造原理である EFT 法を応用したもので、今回 2,500tf プレスに適用し、高性能で均質度の優れた大形コイル用導体の量産技術を確立した。図4に、本方式を適用して製造した粒子検出器超電導マグネット用の導体外観を示す。20×3.9mm²の導体に1.5Tの磁界中で1万2,000Aの大電流を流すことができ、素粒子の透過性が良好で、条長は十数キロメートルある。

今後、各種 Al 安定化超電導線への適用拡大を図る予定である。

低ロス ACSR の開発

架空送電では、エネルギーコストの

増大から送電損失の低減が大きな課題となっている。この送電損失の中で、電線の電気抵抗による損失は90%以上を占めている。日立電線株式会社は、東北電力株式会社と共同で、電線の外径、重量を変えないで送電損失を約15%低減できる「低ロス ACSR アルミ鋼より線」を開発した(図5)。この電線は、鋼心に新たに開発した高抗張力亜鉛めっき鋼線を採用して鋼心部分の断面積を従来よりも減少させて、その分をアルミに回すとともに、アルミ素線断面を扇形台形として更にアルミの占積率を高め、電気抵抗を減少させたものである。この電線は、鉄塔の大形化、特殊な工法を必要とせず送電損失を大幅に低減できるもので、送電線建設の上で十分な経済性をもっている。今後の発展が期待できる。

長尺の光・電力複合海底ケーブルを納入・布設

光ファイバの応用を積極的に推進している日立電線株式会社では、8kV 長尺光・電力複合海底ケーブルを昭和57年に引き続いてアブダビ石油株式会社へ納入し布設した(図6)。本システムはアブダビ、ムバラス島沖海底油田生産設備用として使用され、次の特長をもつ。

- (1) 全長 14.5km を一連続長で製造した。コンテナの総重量は 280tf である。
- (2) 電力線心(架橋ポリエチレン絶縁)用導体、光ファイバユニットを水密構造として走水防止を図り、信頼性をいっそう高めている。
- (3) 光伝送は長波長帯を使用し、高品質・高信頼度の遠方監視制御、ITV(工業用テレビジョン)伝送システムを導入している。

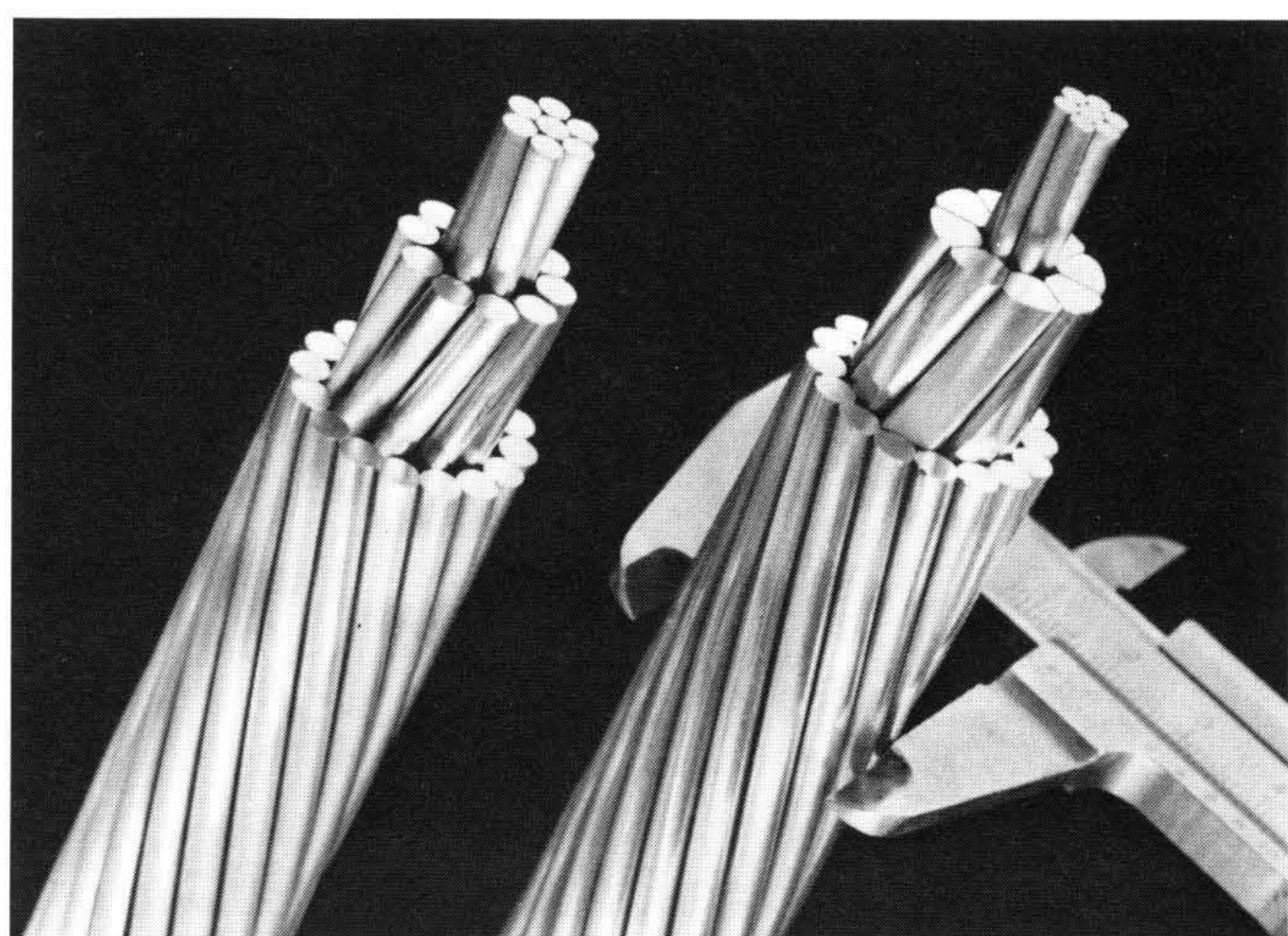
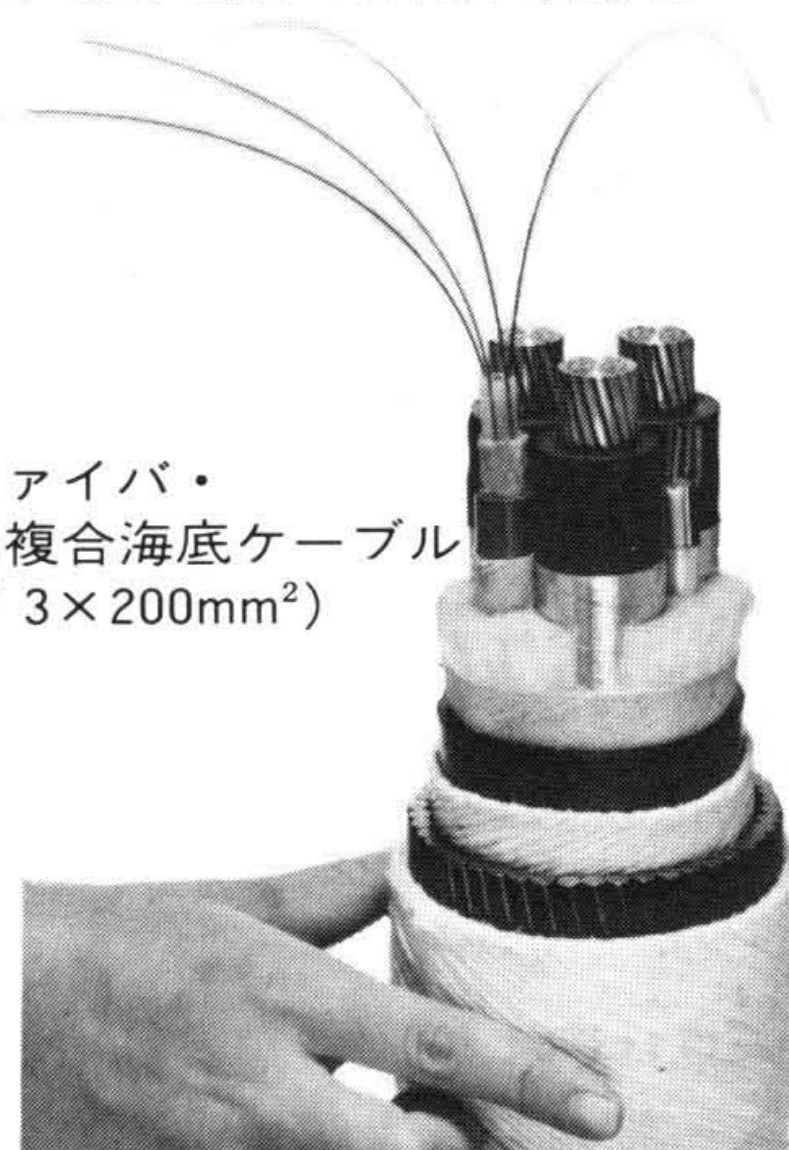


図5 低ロス ACSR の断面図 (左)従来の ACSR (右)低ロス ACSR

図6
光ファイバ・
電力複合海底ケーブル
(8kV 3×200mm²)



- (4) 特に ITV 伝送にはパルス化 FM 変調方式を採用することにより、14.5km の無中継伝送を可能とした。

今回の長尺製造技術の確立により、電力系統への光ファイバの適用がますます多岐、多方面に展開することが期待される。

無機・セラミック材料

SiC を用いた LSI パッケージの開発

LSI チップのトランジスタ集積度の増大に伴い、発熱量とチップの面積はますます増大する方向にあり、LSI のパッケージ材は熱放散はもちろん、熱膨脹整合性の優れたものが要求されてきた。

この要求にこたえるため日立製作所では、熱伝導性と電気絶縁性を兼備し、しかも Si チップとほぼ等しい熱膨脹係数をもったセラミック「ヒタセラム SC-101」を用いた LSI パッケージを開発した。

図7に示すように、開発品は従来品(Al₂O₃)と比較し、組立て構造が簡単であり、低熱抵抗化と高信頼性が図れた。

極異方性フェライト磁石の開発

日立金属株式会社では、PM 形ステッピングモータ用磁石として、リング状フェライト磁石の外周に多極異方性を付与した高性能磁石を開発した。極異方性磁石は、磁石外周の多極着磁する方向に沿って、12極、16極、24極などの異方性配向を行なった磁石で、従来の等方性フェライト対比1.5倍以上の特性アップを可能にしたもので、その一例として、12極異方性磁石と等方性磁石及びラジアル異方性磁石との磁気特性比較を図8に示す。

この極異方性磁石は、YBM-4Eとして生産しており、高性能化、小形化が可能で、時代のニーズである軽薄・短小にマッチする磁石であるが、2極、4極のような極異方性磁石も製作可能で、今後、ブラシレスモータ、コアレスモータなどへの応用拡大も期待される。

薄膜ヘッド用セラミック基板の開発

コンピュータ、VTR 用などの薄膜磁気ヘッドに適した非磁性セラミック基板として、各種磁性薄膜にマッチした熱膨張係数、硬さ、ヤング率をもつセラミック基板を開発し、シリーズ化した(表2)。ATC-70は Al_2O_3 -TiC系で、数種の圧密化手法を併用すること

表2 薄膜ヘッド用基板の特性

特 性	ATC-70	AZ-80	MN-130
密度 (g/cm ³)	4.25	4.24	5.90
気孔率 (%)	0.05	0.01	0.10
平均粒径 (μm)	<1	1~2	4~5
硬さ Hv (10kg)	1,900	1,500	600
ヤング率 ×10 ⁴ kg/mm ²	4.0	3.7	2.1
熱膨張係数 ×10 ⁻⁷ °C ⁻¹	70	82	130
用 途	コンピュータ用	VTR用	

によって高密度化を達成し、同時に結晶粒を微細化した。このため従来の Al_2O_3 -TiC系に比べて、チッピングが少なく加工性に優れている。またAZ-80は ZrO_2 による強じん化機構を取り入れた強じん性基板である。これらの基板は熱膨張係数が Al_2O_3 に近く、コンピュータ用薄膜ヘッドに適している。またMN-130は従来のチタン酸バリウム、チタン酸カルシウムよりも熱膨張係数が大きく、磁性薄膜を直付けする用途に適している。

アルミナ-ジルコニア系強じんセラミックの開発

アルミナ系セラミックスは機械的・化学的・電気的性質に優れ、多用されているが、欠けやすいという欠点をもっていた。このアルミナを母相とし、ジルコニアを分散させることによっ

て、アルミナの強じん化に成功した。この複合セラミックスは従来のアルミナ並みの硬さ(Hv1,600)と約3倍の強度(曲げ強さ100~120kg/mm²)をもち、切削工具、伸線用ダイスなど耐摩耗性及び高強度を必要とする用途に適用可能である。このジルコニア分散による強じん化は、使用時に発生する応力によりジルコニアが応力誘発変態(正方晶から単斜晶への相転移)することによって達成される。図9にこの分散したジルコニア粒子のミクロ構造を示す。変態したジルコニア粒子中には変態双晶が認められる。

高信頼性ジルコニア酸素センサ

ジルコニア酸素センサは酸素濃淡電池の一種である。このセンサ出力はネルンストの理論式で算出される値を示し、センサ個々のばらつきは極めて小さい。しかし600℃以上で使用する必要上、高温劣化や腐食を受けやすく短寿命であった。日立化成工業株式会社では、熱的安定性が優れたイットリア安定化高純度ジルコニアセラミックを開発するとともに、同社特有の技術である白金電極同時焼付法を採用して長寿命高信頼性酸素センサを開発した(図10)。このセンサ寿命は、亜硫酸ガスによる腐食試験で連続1万時間以上、ガス炎による熱サイクル試験では10万回

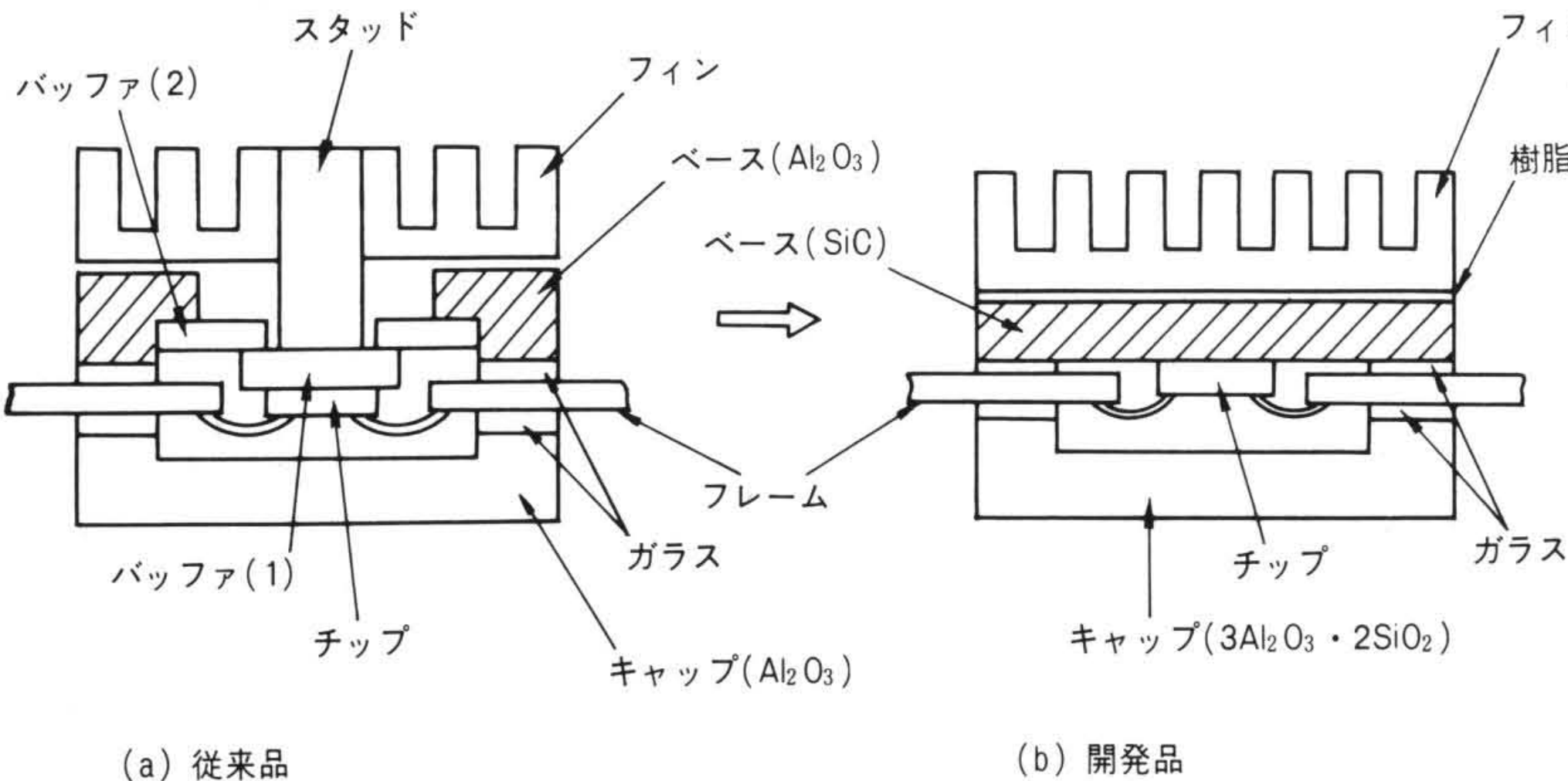


図7 従来品及び開発品 LSI パッケージの構造比較

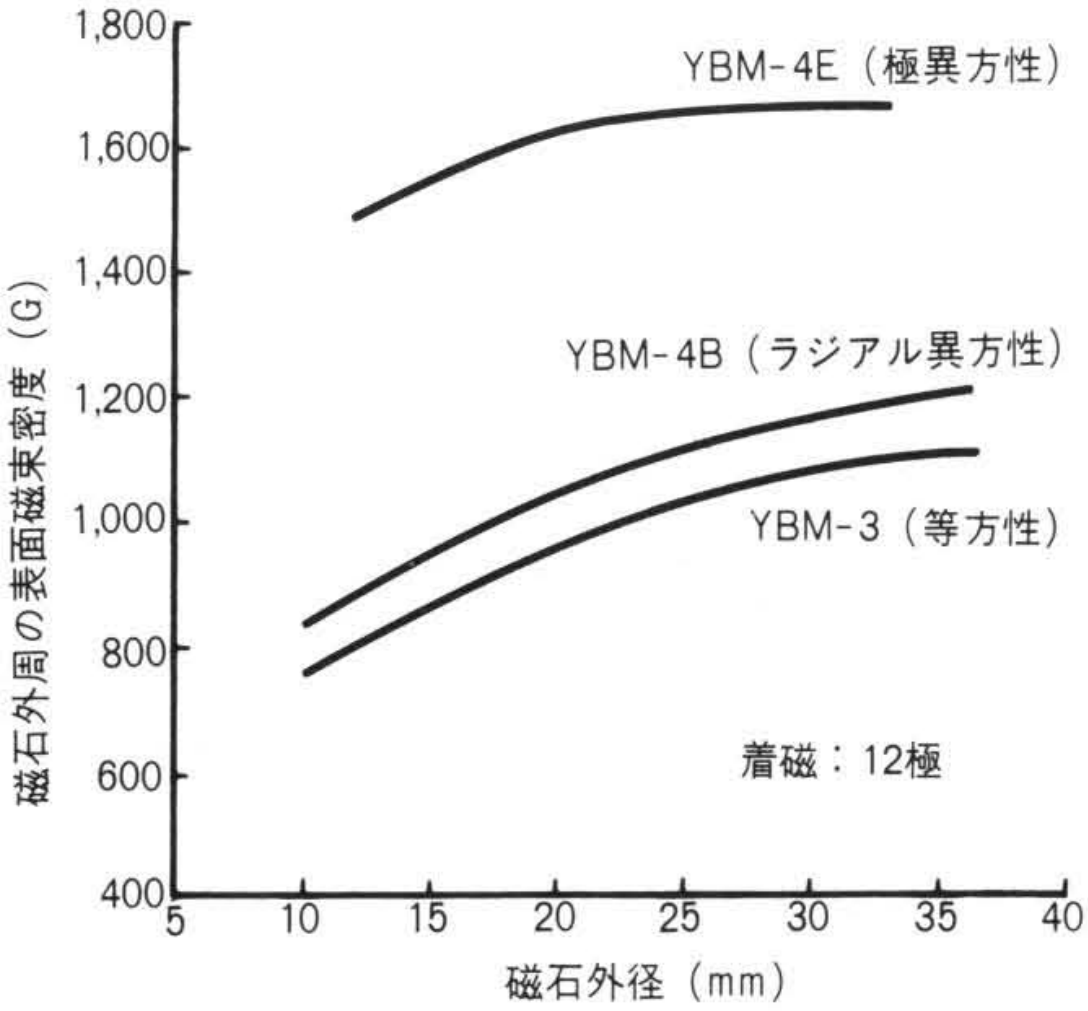


図8 リング状フェライト磁石の磁気特性

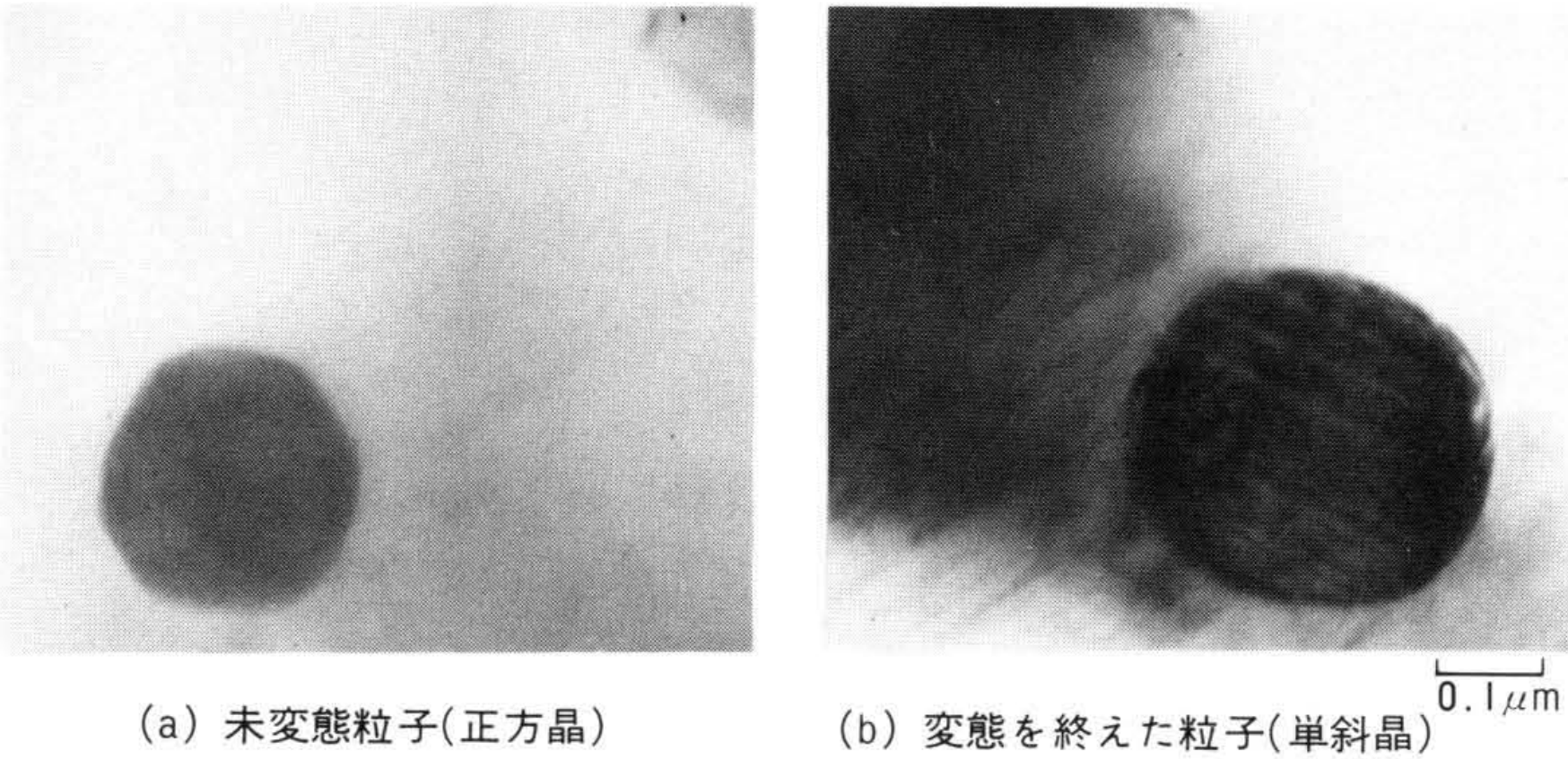


図9 アルミナ中に分散したジルコニア粒子のミクロ構造

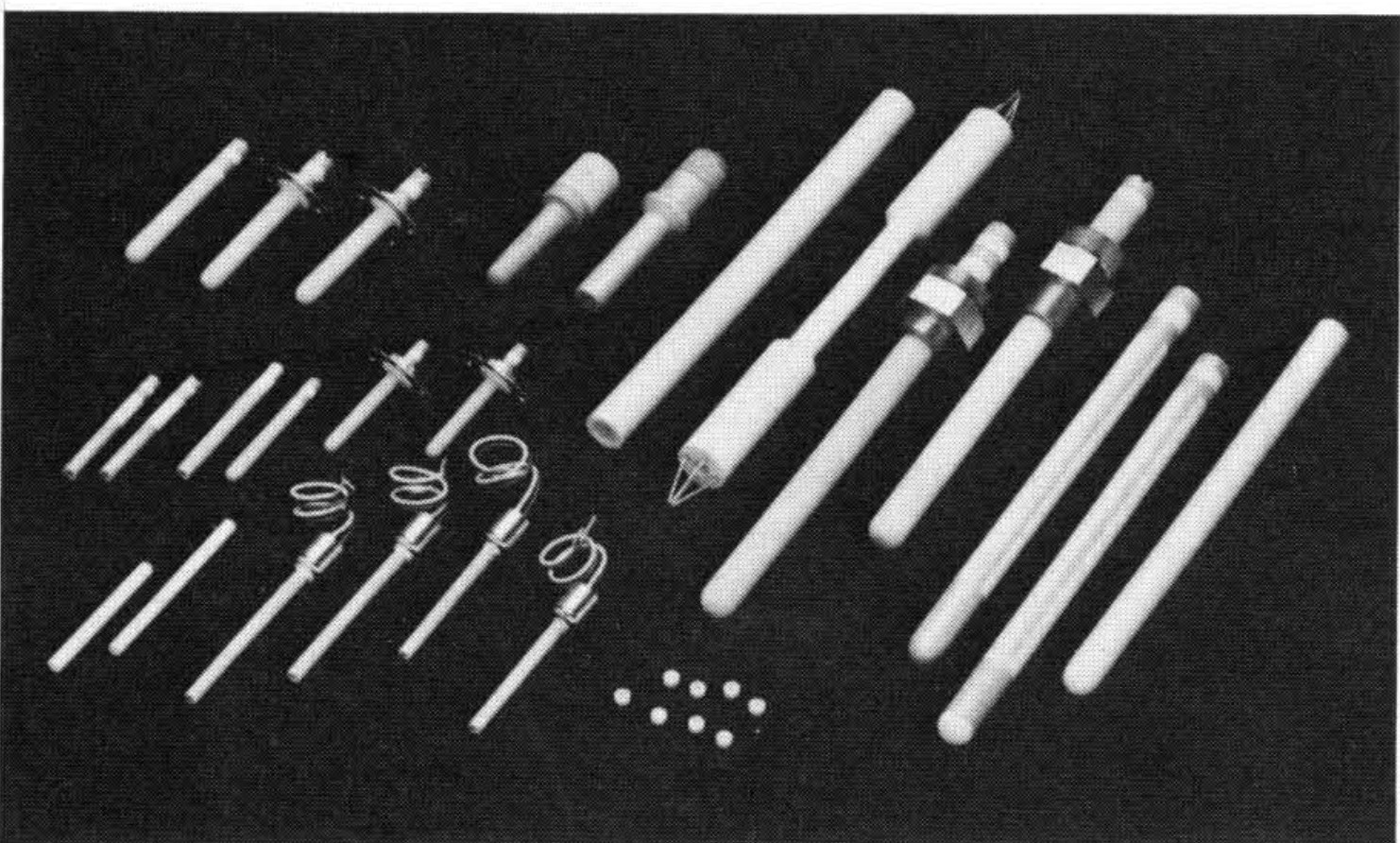


図10 ジルコニア酸素センサ製品例

以上の寿命を実証した。また有限要素法による熱応力計算-寿命予測法を開発し、センサが置かれる環境の違いによる寿命低下を予測し、短期間での対策を可能にした。開発した酸素センサはストーブの不完全燃焼の検知用に応用され、更に燃焼の最適制御への応用も検討されており、燃焼機器の省エネルギー・安全に役立てられる。

有機材料・その他

端子付フレキシブル配線板

従来のフレキシブル配線板に新機能を付加し、部品実装、組立て時のトータルコスト低減や、配線板設計時の制約を大幅に解決できる端子付フレキシブル配線板を開発した。主な特長は、**図11**に示すように、(1)ピン端子が配線板、コネクタへ直接挿入できる。(2)30~100Aのハイパワー回路にも適用できるなどで、新しい可能性をもった部品としてOA 関連・測定・オーディオ機器などの用途に使用されている。

マレイミド系高密度多層プリント配線板

大形コンピュータの高速化、大容量化に対処することを目的に、マレイミド系新耐熱材料を用いて高密度多層プリント配線板を開発した(**図12**)。上記材料は日立化成工業株式会社と日立製作所とで共同開発したもので、以下に示す特徴をもっている。銅張積層板はガラス転移温度が高いため、高温での寸法精度が優れている。そして、プリプレグはエポキシ材と同じ条件で多層化接着でき、従来のイミド材では不可欠の高温での後硬化が不要である。この特徴を生かすことにより、多層化接着時の寸法精度が向上し多層プリント配線板の高密度化を達成した。また厚さ方向の熱膨張が低減でき、スルーホール信頼性も大幅に向上した。これと同時に、回路パターンの微細化、新材料適用に伴う製造プロセスに関する技術を開発した。

開発した高密度多層プリント配線板は、スーパーコンピュータHITAC S-810 に実用されている。

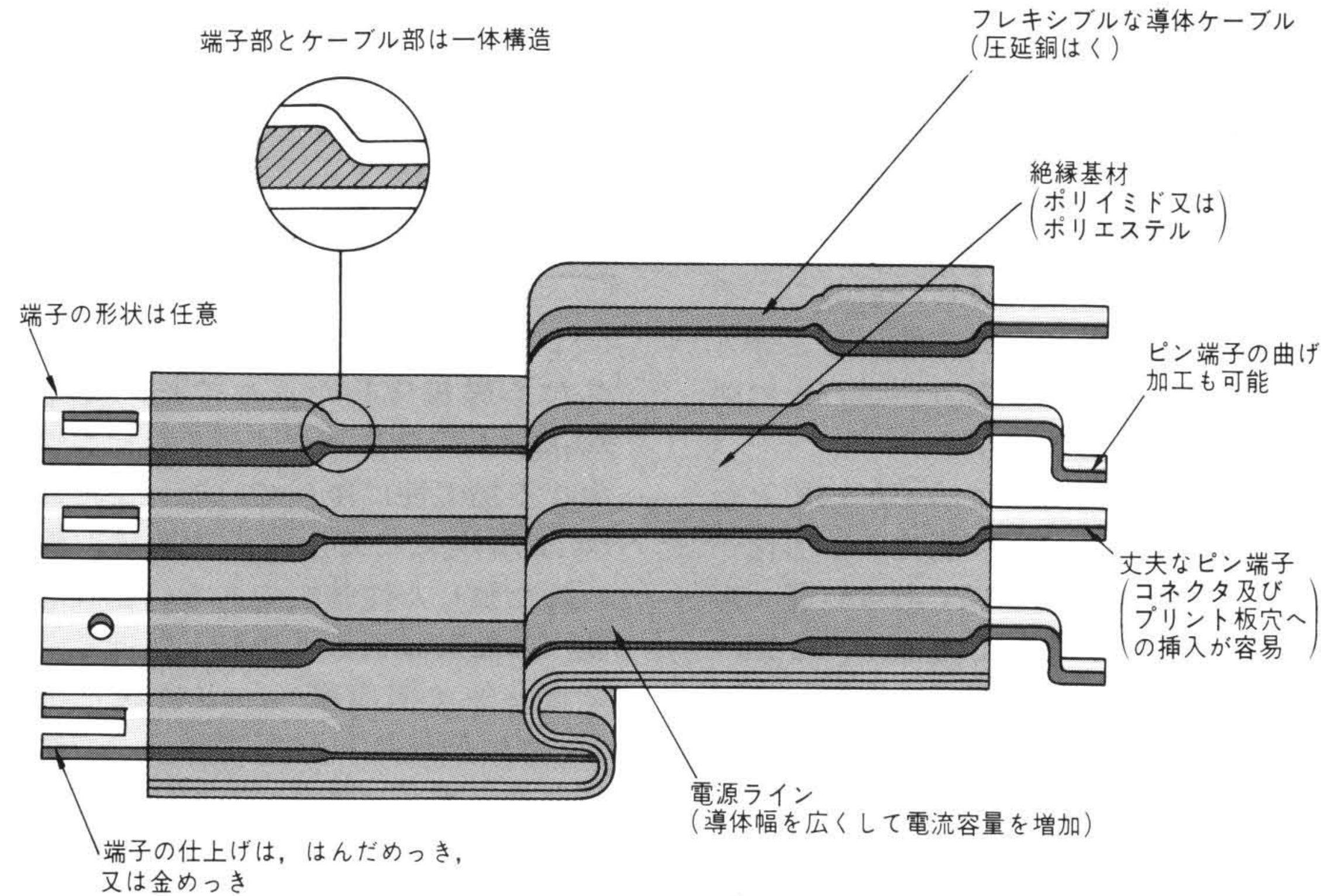


図11 端子付フレキシブル配線板の構造

RIM 成形品の開発

日立化成工業株式会社は、日立製作所と共同で、RIM(Reaction Injection Molding)技術を開発し、実用化を積極的に推進している。このRIM 成形品の特長としては、(1)軽量である、(2)断熱性に優れている、(3)薄肉品から厚肉品まで可能である、(4)大形状品も可能である、(5)材料を軟質から硬質まで幅広く選択することができる、などが挙げられ、広範囲な用途が期待されている。**表3**にRIM 材料の一般物性例と用途例を示す。

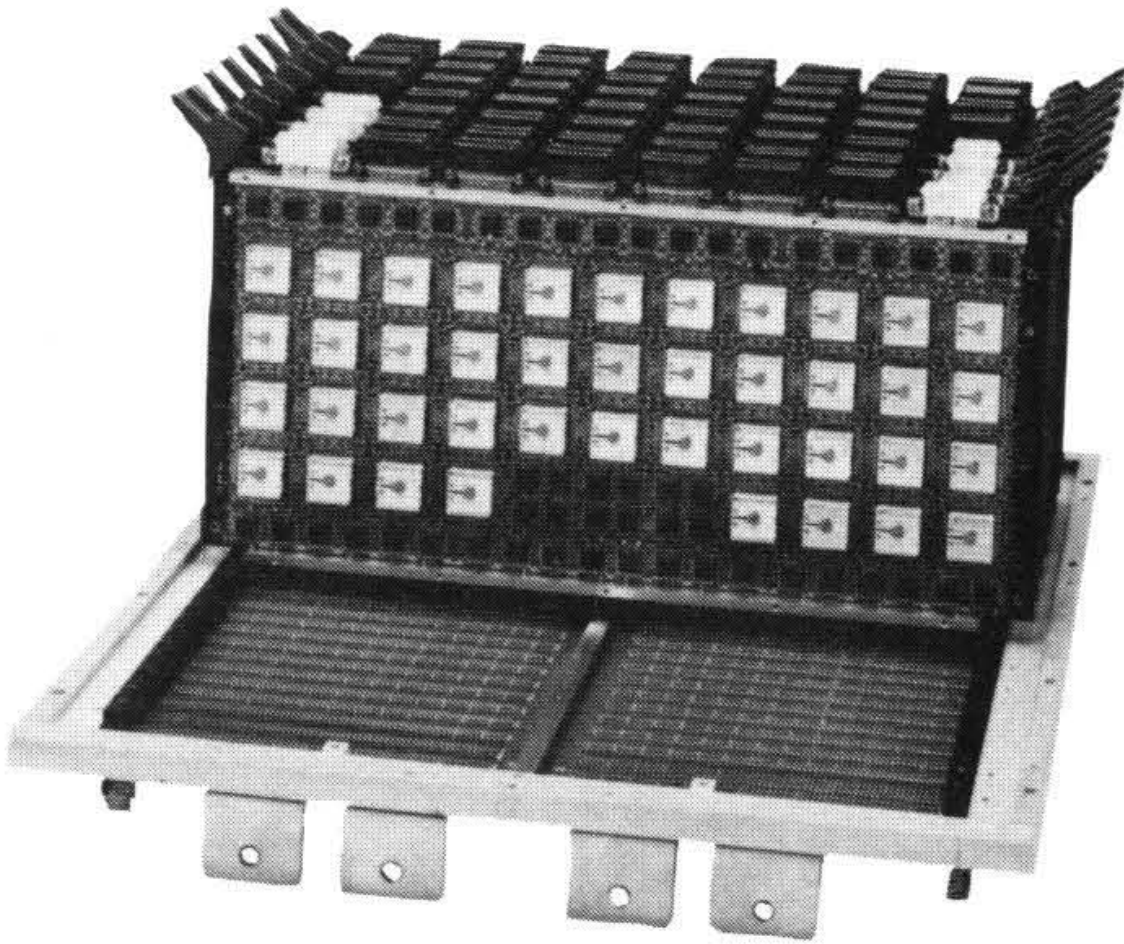


図12 マレイミド系高密度多層プリント配線板（220mm×419mm）の実装写真

表3 RIM材料の一般的物性例と用途別

項 目	単 位	半硬質	硬 質	強化RIM
密 度	g/cm ³	0.17	0.4~0.7	1.3
引 張 り 強 度	kg/cm ²	2.5	160~250	320
伸 び	%	50	4~14	25
曲 げ 弾 性 率	kg/cm ²	—	9,000~13,000	22,000
アイゾット衝撃強度(ノッチ付)	kg・cm/cm	—	5~15	20
用 途 例		自動車内装部品 (ダッシュボード) (ヘッドレスト) (コンソールボックス)	各種断熱部品 OA機器用 ハウジング 家具	自動車外装部品 (バンパー) (フェンダー) (ドアパネル)