



## エレクトロニクスにおける鉄鋼材料の 現状と動向

坂本光雄\*

### The Latest Information of Electronic Iron and Steel Materials

Teruo SAKAMOTO

わが国のエレクトロニクス産業は、不断の技術革新への努力によつて、新製品の開発と国際競争力の強化を図りながら、今日までの高い成長率を維持してきた。現在も半導体技術、光通信技術、音声認識技術の向上や画像通信などのニューメディアの開発と応用分野の拡大により、新たな市場の開拓と発展をつづけている。

エレクトロニクスの技術は、これまでのアナログ技術からデジタル技術へと進展してゆくとともに、コンピューターを中心に各種の制御技術との融合による複合・多機能デバイスや、システム指向の時代に入ってきている。

そして高い成長率を支えるエレクトロニクスの中核がICであり、LSIであることは周知のとおりである。すなわち、LSIの開発やマイクロコンピューターの出現が、IC本来の目的とする超小型化、高機能化、低消費電力を十分に満足させるデバイスを提供することによつて、あらゆる産業分野にエレクトロニクス革命やメカトロニクス革命を引き起こしてきたわけである。

この新しい“産業のコメ”とまで呼ばれる半導体は、この20年間に実に800倍を超す伸びが見込まれている。高度成長期の20年間における粗鋼生産の伸びが、16倍であったことと比較すれば、真に驚くべき伸びといわざるを得ない。そしてこれと歩調を合わせて半導体部品の前方関連分野に位置する民生用、あるいは産業用電子機器、さらには後方関連分野の電子材料、半導体製造装置産業を含めたエレクトロニクス業界は、これまでの基幹産業であった鉄鋼を追い抜き、1990年代の初めには自動車産業までも追い越して、名実ともにわが国最大の産業に成長すると予測されている。

今やまさに主役の新旧交替の時期を迎えようとしているわけである。

これら新技術産業の成長予測<sup>1)</sup>を示すと、図1のとおりである。図中の%は、それぞれの年成長率を示したものであり、とくに電子工業分野の詳細を挿入図で示した。

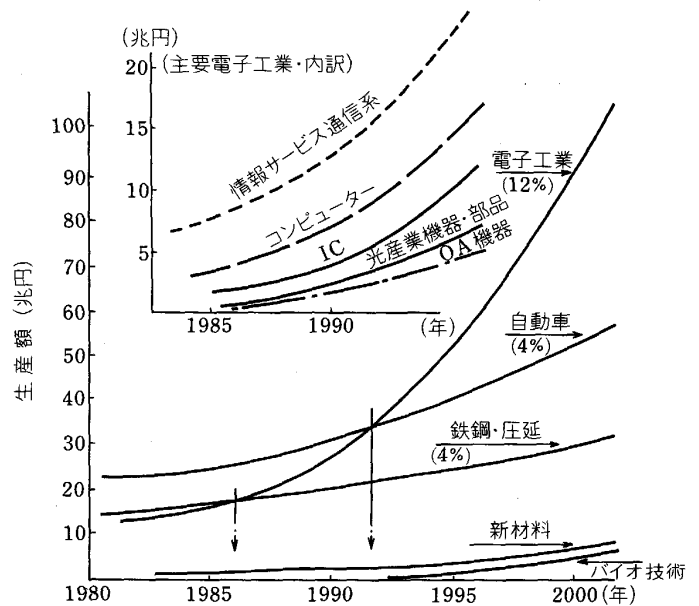


図1 新技術産業の成長予測

(出典) NRI フォーラム '84

一方、半導体産業には通称シリコンサイクルと呼ばれる4年ごとの景気停滞がみられ、最近の半導体摩擦、円高の影響が考えられるけれども、中・長期的に見た場合は、なお成長産業のトップに位置すると期待される。

また、産業構造研究会の調査によるこれからの新素材産業の予測をみると、表1に示すとおり、機能別に分類した場合には電気的機能、すなわち、LSI用素材を中心とする市場がもつとも大きい。

このような予測から考えると、巷間いわれるところのハイテク産業の主力も、技術革新の動向と併せてエレクトロニクスが当面の対象であり、新素材の分野でもコンピューターおよびLSI周辺の材料が主役を占めると言つてよい。したがつて、軽薄短小製品、つまりグラム単位で付加価値の高い材料がその中心となるわけである。

電子機器の小型化、軽量化は、半導体素子の飛躍的な

昭和62年2月19日受付 (Received Feb. 19, 1987) (依頼解説)

\* 日本電子材料技術協会副会長 工博 (The Japan Electronic Materials Society, 1-2-8 Toranomon Minato-ku, Tokyo 105)

Key words : electronics ; iron alloy ; leadframe ; composite material ; low expansion alloy ; killed steel ; spring steel ; stainless steel ; magnetic alloy ; vibration proofing material.

表 1 新素材の種類別市場規模

(兆円)

種 類	1981年 新素材	2000年			
		新素材	関連既 存材料	素材計	
材 料 別	ファイナセラミックス	0.2	1.9	1.9	3.8
	高性能高分子材料	0.2	1.5	0.5	2.0
	新金属材料	0.1	1.5	2.3	3.8
	複合材料	—	0.4	—	0.4
	合 計	0.5	5.4	4.8	10.2
機 能 別	機械的機能	0.2	1.9	—	1.9
	熱電気学	—	0.5	—	0.5
	光生分離	0.2	2.5	4.4	6.9
	生体	(0.3)	0.6	0.2	0.8
	機能的機能	—	—	(0.1)	(0.1)
	機能的機能	—	—	(0.1)	(0.1)
	合 計	0.5	5.4	4.8	10.2

(注) 1. 1981年価格 2. 四捨五入のため合計は一致しない  
3. 年率13%GRになる  
(出典) 産業構造研究会

高集積化技術の実現により急速な進歩をみせているが、さらに電卓のパーソナル化やカード化などが引金となつて薄形化がとり入れられ、今日では“軽薄短小化”が技術的立場からも、必然性をもつた傾向として登場してきたと言えよう。

### 1. エレクトロニクスにおける材料の特色とニーズ

エレクトロニクスにおける技術の動向は、第1には単体部品による回路構成から、集積回路(IC)への転換であり、第2には機器構成のシステム化の進展があげられる。そして第3には技術革新のスピードが早い、すなわち、製品進歩のスピードが早く、逆に製品寿命が短いことが特徴である。

このような動向からは、まず局所的な新材料の存在が困難であること、システム構成が一度決定されると、部分的な変更が簡単には実施できないなどの点から、材質変更に伴う新材料の利用面での機動性の制約がでてくる。とくに長期間の苛酷な条件下での信頼性が要求される半導体分野でこの傾向が強い。

一方、集積度や実装密度のいちじるしい向上は、材料技術面でのいつそうの高精密化が要求され、既存材料でも現在のニーズに対応する改善が必要である。DRAMを例にとつてみると、パターン加工におけるデザインルールは、256 Kビットで2 $\mu$ m、1 Mビットで1.2 $\mu$ m、4 Mビットで0.8 $\mu$ mと、近くサブミクロン時代に入ろうとしている。

また、現在の機器・部品の設計への要求は、すべてのプロセスに合致したパフォーマンスの向上にあり、高性能、多機能化の点からは単に材料の役割だけの解決以外に、回路やデバイスを総合した技術としての性能が強くなつてきている。したがつて、材料自体もその直接的な性質以外に、広範な特性をも同時に要求される方向にあり、とくに軽薄短小化からくる材料の薄板化によつて、

材料の内部特性以外に表面性状の良否が大きな役割をもつようになる。

以下に2、3の例をあげてみよう。

その第1は強度増加への対策である。後述するリードフレームやばねに見られるとおり、薄形化されてなお強度への信頼性はいつそう強く要求されてくる。

金属結晶の強度は、一般的には降伏応力の高いことにつながり、したがつて、剛性率Gの大きいほど有利である。このGの値は金属の融点とほぼ直線的な関係にあり、高融点金属ほど理論的には強度は大きいことになる。しかし、使用目的によつて高融点金属や合金が利用できるとは限らないため、目的に合致する機能をもつ金属・合金に対して、強度増加の技術的手段が必要である。

すなわち、冷間加工硬化を基本として、これに析出硬化現象、微粒子分散強化、繊維複合強化、スピノーダル分解などの強化のための技術的手段を利用し、合目的材料の強度増加を図るわけである。

この中でとくに微粒子分散型はMMC(Metal Matrix Composite)、あるいはODS(Oxide Dispersion Strengthened)の名称で、新素材の複合材料として今後脚光を浴びる分野の材料である。高強度・高導電合金、高絶縁・高熱伝導材料などの複合特性が強く要望されるエレクトロニクス分野で大きな期待がもたれている。

第2には高絶縁・高伝導にみられるように、従来の法則にない相反する特性の両立を満足させる複合特性化があげられよう。現在ではニューセラミックスの分野で実現の方向にあるが、金属とプラスチックとの複合材料も今後の課題であろう。

最後に半導体パッケージの分野では、Siチップとリードフレームの電極間を結線するワイヤーボンディングが大きなウエイトを占めており、この接合のためにAgまたはAuの貴金属めつきがリードフレームに施されている。この良好なめつき性を確保するために、材料表面の清浄度、残留応力、結晶粒の大きさあるいは表面変質層などの表面性状が大きく左右する。そのために材料の圧延技術、熱処理技術、ひずみとり技術面に格段の進歩がみられている。

このようにエレクトロニクスで使用される材料では、最終組立段階までの各プロセスごとに適した複合特性への要求が、ますます強くなつてきているのが現状である。

これまで金属には5000年余りの歴史が存在するのに対して、エレクトロニクス、とくに中核となる半導体は、わずか30数年しか経っていない。したがつて、製品も技術もきわめて変化が目まぐるしく、スピードが早いことからくる製品寿命の短い点や、グラム型産業の代表であることから明らかなように、量的にも構造材料とは比べものにならない点や、その上に高性能・多機能が要求されるなど、ニーズの迅速な把握の必要性和材料開発とのギャップを考えると、エレクトロニクス分野の材料

表 2 電話交換機・関連機器の変遷と金属材料

対 象	ステップ・バイ・ステップ方式 (1940~1950年代)	クロス・バー方式 (1960年代)	電子交換方式		
			空間分割 (1970年代)	時分割 (1980年代)	
主 要 機 器	通話路 (スイッチ、 トラック回路)	上昇・回転スイッチ、 水平形・平形リレー	クロスバースイッチ、 ワイヤースプリングリレー	小形リレー、 SMM スイッチ	IC→LSI
	制御部 (制御・メモリー 装置・回路)	—	ワイヤースプリング・リレー	トランジスター、 ダイオード、IC、 コアメモリー	LSI
	電話機 周辺機器	4号電話機	押しボタン電話線、 600形電話機	700形電話機、磁気ドラム、 磁気ディスク、 プリンター、プロッター	フロッピーディスク キーボード・スイッチ
主 要 部 品 材 料	ばね材料	りん青銅、 洋白、 ピアノ線	・析出硬化型ばね材料、 (Be-Cu, Si-Ni-Cu、 17-7 pH ステンレス) ・ステンレスばね鋼	Co 基ばね材料 (エルジロイ系) (ペイナイト鋼) Fe-Si 15 合金	薄板化 (ジンバル、 サスペンション用)
	磁性材料	電磁・軟鉄	1% けい素鋼 パーマロイ	Nb(V)-Co-Fe 合金 フェライト	アモルファス磁性材料
技 術 革 新	・ばね用 Cu 合金の標準化	・Be-Cu の国産化 ・ステンレスばね鋼の 標準化 ・熱処理矯正 (TA) 処理技術	・半硬質磁性、磁気記録材	軽薄短小化 (高集積化、高密度化)	

は大変リスクであると言えよう。

しかしながら、これからのエレクトロニクスでは、新材料の開発なくしては、技術革新のブレイクスルーはあり得ないと言われているのも事実である。これらがエレクトロニクスにおける材料の特色として最たるものであろう。

昭和 20 年以降、技術革新の最初と考えてよい電話交換機を例に、その変遷と主要な金属材料の変化の跡を振り返ってみると、おおよそ表 2<sup>2)</sup> に示されるとおりである。また、これからのエレクトロニクスの発展は、既存材料には質的面と寸法形状面でのいつその改良がもめられ、同時に新しいニーズに対応する複合材料の開発が要求されている。

## 2. エレクトロニクスで用いられる鉄鋼材料

ここでは半導体パッケージの分野と、通信・情報・OA などの周辺機器の分野を中心に、エレクトロニクスがもともとめている鉄鋼材料の現状と動向について解説する。

### 2.1 半導体パッケージ

#### 2.1.1 パッケージの概要と分類

個別半導体および集積回路 (IC) に用いられるパッケージは、大別すると、

(1) パッケージの内外でのリークが、 $10^{-8}$  atmcc/s 以下を基準とする高い気密性を要求される、ハーメチックシールのパッケージ。

(2) 現在の半導体素子表面のパッシベーション技術の進歩から生れた、経済性と量産性にすぐれた樹脂封止のプラスチックパッケージ、とに分類される。

現在用いられているパッケージの種類には、TO ヘッダーと呼ばれるメタルキヤン型、サイドブレイズの積層焼成セラミック DIP、サーディップと呼ばれる低融点

ガラス封止の C・DIP、樹脂モールド封止の P・DIP、四方にリードをもつ QIP で呼ばれるフラットパックの他、PLCC (プラスチック・リーデッド・チップキャリヤ)、セラミック C. C、および PGA (ピングリッドアレイ) があり、さらにフィルム・キャリヤが各種薄形 IC 用として実用化されている。

この中で最初の TO ヘッダーは、初期の多量なトランジスター外周器であり、現在でも多くの寸法・形状の TO シリーズが実用化されている。その主流は小電流の電力用ダイオードやサイリスター、トランジスターでは高電圧・大電力用や高信頼性のトランジスター用であり、一部に多ピンの IC 用ヘッダーがあるが、大部分が IC 化された残りのトランジスター用である。そしてこれらは金属とガラスとの封着によるものである。

IC 用パッケージは両側にリードをもつ DIP 型 (ジュアルインライン) が主流を占めるが、最近の傾向として  
(1) 高密度実装のためのより小形なパッケージ  
(2) 高集積化・多機能化のための多ピン化  
(3) 基板への実装技術の開発—SMT (面実装技術) への適応、などの要求があり、パッケージも新たな変革の時期を迎えつつある。

図 2<sup>3)</sup> に 1980 年代におけるパッケージの動向を、形状による消費予測で示す。図から明らかに、従来の主流である DIP 形以外のパッケージが年ごとに増加の傾向にあり、1990 年には全体の 33% が DIP 以外のパッケージに替ることを示している。このことは既に述べてきたとおり小形化、多ピン化、面実装化のニーズに対応するものであり、とくにマイコン、オーディオ、VTR、TV などの民生機器用 LSI の分野にこの傾向が強い。

また、DIP 形自体もピンピッチを従来の標準ピッチ 100 ミル (2.54 mm) から、70 ミル (1.78 mm) に縮めたシュリンク形 DIP (S・DIP) や、パッケージの幅を従来

の半分の 300 ミル (7.6 mm) にしたスキニー形などの小形 DIP に移行する。そして DIP 形の最小形状は SO (Small Outline Package) パッケージで、ピッチは標準タイプの 1/2 の 50 ミル (1.27 mm), しかも面実装用に開発されたパッケージである。

表 3<sup>4)</sup> に IC パッケージの種類とその概要を示す。ま

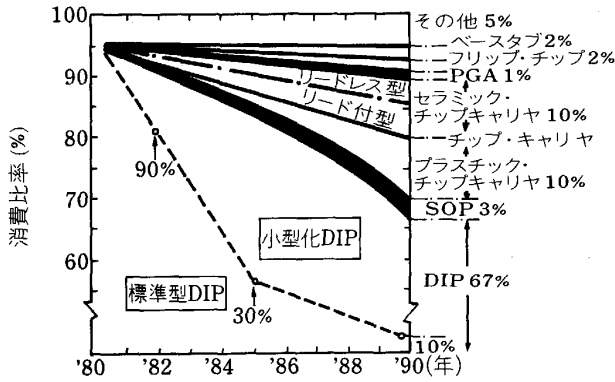


図 2 1980 年代における IC パッケージの消費予測

(注) 点線部, 加え (出典) ICE, Electronic Packaging Strategies for the '80s (1983)

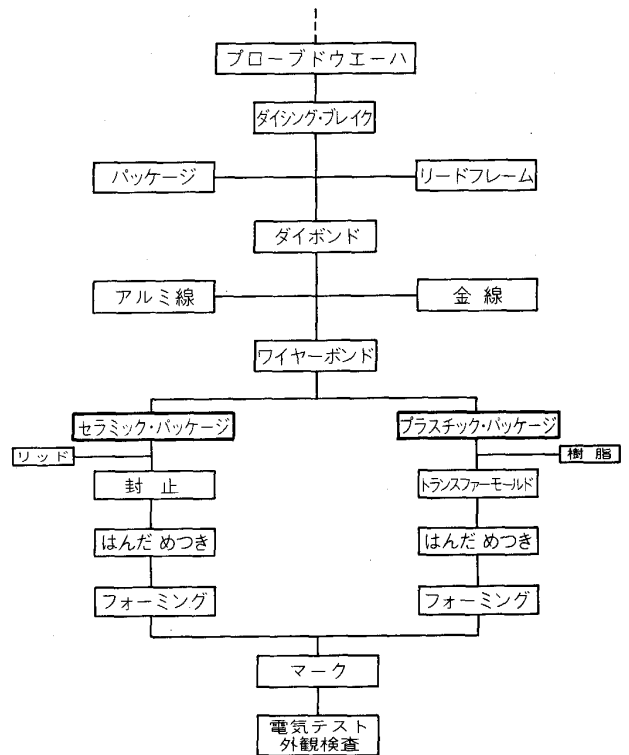


図 3 代表的なパッケージングプロセス

表 3 IC 用パッケージの種類

タイプ	名 称		外 形	特 徴	
	略号			材 質	リードピッチ他
ピン挿入タイプ	DIP	Dual Inline Package		P C	・ 2.54mm(100mil)
	S-DIP	Shrink DIP		P	・ 1.778mm(70mil)
	SKINNY	Skinny DIP		P	・ 2.54mm 幅方向ピッチ1/2サイズ
	PGA	Pin Grid Array		C	・ 2.54mm(100mil)
面取付実装タイプ	SOP	Small Outline Package		P	・ 1.27mm(50mil) ・ 2方向リード
	FPP	Flat Plastic Package		P	・ 1.0mm ・ 0.8mm ・ 0.65mm ・ 4方向リード
	LCC	Leadless Chip Carrier		C	・ 1.27mm(50mil) ・ 1.00mm(40mil) ・ 0.75mm(30mil)
	PLCC	Plastic Leaded Chip Carrier		P	・ 1.27mm(50mil) ・ J形状曲げ
	SOJ	J bend Soic		P	・ 1.27mm(50mil) ・ 2方向リード

(注) P: Plastic C: Ceramic  
(出典) 電子材料: 1985年2月号

た、図3はパッケージングプロセスの代表例を図示したものである。

2.1.2 TO ヘッダー用封着材料

ガラスと金属との封着のメカニズムには機械的結合説、樹枝状晶説、酸化層説などいろいろ言及されているが、封着材料の酸化物が重要な役割を果たしていることは、きわめて明瞭な事実であり、この金属酸化物の被膜自体の性質、膜厚などが封着の信頼性を左右する。

この封着材料には、1936年のミュンヘン工科大学のESPE, KNOLL 共著である「高真空技術の材料学」に記載されている、低熱膨張係数合金としてのFe・Ni・Co合金(コバル)およびFe・Ni(42~52%)合金が今日でも主流として使用されている。もちろん、材質上の問題であるガスの存在、不純物のコントロール、あるいは耐熱性などに関し、よりいつそう信頼性の高い材質が、効果的な添加元素の検討も含めて当時とは格段上位のレベルにある。

とくに硬質ガラス用のコバル合金については、セラミックパッケージへ銀ろう付けする場合に、銀ろう割れの発生を防止するのに有効な添加元素も見出されている<sup>5)</sup>。

表4にはFe・Ni系封着材料の標準特性をまとめて示す。一方、TOヘッダーのソリッド型の場合、その形状から熱ひずみに対抗できる降伏強さが必要となるので、通常はAlで脱酸・脱ガスされたSIZC級のAlキルド鋼が使用される。この鋼種の特徴は全面的に組成均一であり、表面の平滑性、非金属介在物の少ない点にある。その熱膨張係数は $130 \times 10^{-7}/^{\circ}\text{C}$ ( $\sim 300^{\circ}\text{C}$ )で、したがって、軟質ガラス用のコンプレッション型TOヘッダー用である。

2.1.3 リードフレーム用材料

リードフレームという語の学術的な定義は、明らかではないけれども半導体業界では、「リードフレームとはICのリードを製造工程の前、製造工程の中間ならびに製造工程後でささえている単一な枠構造」と説明されている。そしてこのリードフレーム用材料が、半導体周辺材料として、あるいはエレクトロニクス分野の金属材料として非常に脚光を浴びている。

図4に現在でも世界の50%近くを占める米国半導体市場の、1983年と1989年におけるパッケージの消費予測を示す。

パッケージの概要の中で述べたとおり、プリント配線基板への挿入の容易さや、はんだ付けの量産のしやすさから、従来はP・DIP型が全体の80%強を占めていたが、その後のニーズから小形化、面実装技術の進展から、SOパッケージ、PLCCなどが高成長をつづけてきていることが、図から明らかである。

図4において1980年代の終わり頃は、P・DIP、SOIC、PLCC、サーディップの4種類のパッケージで全体の87%を占めることになるが、これらのパッケージはいずれもリードフレームを主体とするものである。したがって、ICパッケージにおけるリードフレームの占める比重の重要性、大きさが実証されるとともに、当然付加価値の高い材料としての成長が期待されることになる。

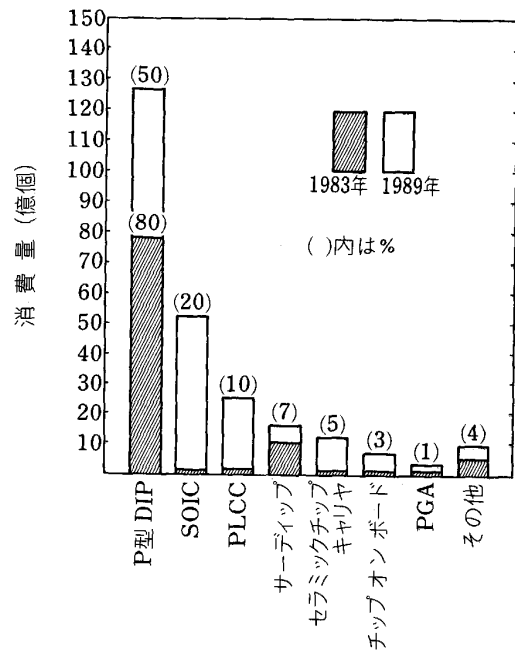


図4 1983, 1989年度の各種パッケージの消費比較 (米国市場)

(出典) Electronics News, 1984年10月

表4 封着材料 Fe-Ni系合金の標準特性

合金	標準組成 (%)							標準特性		
	Ni	Cr	Co	Mn	Si	C	Fe	引張強さ (kgf/mm <sup>2</sup> )	抵抗率 (μΩ cm)	熱膨張係数 (30~450°C)
42合金 F-30	42	0.10 max	0.50 max	0.80 max	0.30 max	0.05 max	bal	52.7	70	67~74×10 <sup>-6</sup> /°C
46合金 F-30	46	0.10	0.50	0.80	0.30	0.05	bal	56.2	46	82~89
52合金 F-30	52	0.10	0.50	0.80	0.30	0.05	bal	56.2	43	96~101
426合金 F-31	42	5.6	—	0.25 max	0.30 max	0.07 max	bal	56.2	95	97~104
コバル合金 F-15	29	—	17	0.50 max	0.20 max	0.06 max	bal	52.7	49	51~55

(注) 引張強さは純材 抵抗率は20°Cの値 (ASTMより抜粋)

表 5 リードフレームに要求される材料特性

1 次 特 性	2 次 特 性
④物 性 1. 熱伝導度 2. 電気伝導度 3. 磁化率 4. 熱膨張率 5. 密 度 6. 弾性係数 7. 耐食性 8. 耐酸化性 ⑤機械的性質 1. 引張強さ, 耐力, 伸び 2. 硬 さ 3. 繰り返し曲げ疲労 4. 耐熱強度 (耐酸化性) 5. Stiffness 靱性 6. ばね性 7. 応力緩和 8. 疲れ限界 9. 曲げ加工性	⑥化学的性質 1. めつき性 2. 接合性 3. 酸化膜の密着性 4. 封止特性 5. はんだ付け性 ・濡れ性 ・強度, 劣化特性 ・はんだ疲労 ・Ag ろう付け性 6. 耐食性, その他 ・SCC 感受性 ・加湿酸化 ・ガス腐食 ・塩露試験 ・水素脆性 ・耐酸性 ・煮沸試験
・リードフレームの設計, 成形加工に必要な材料特性	・パッケージング, 信頼性に関係し表面・物理化学現象に基因

表 6 IC 用リードフレームの競合状況

分 類		DIP 形	SMD 形
バイボ ーラ形	リニア	・Cu 合金 ・Cu 合金 ・Fe-Ni 42 系	・Cu 合金 ・Cu 合金(SO) ・42 系(QFP)
	デジタル		
	メモリー	・Cu 合金 ・Fe-Ni 42 系	・Cu 合金(SO: PLCC)
モス形	ロジック	・Cu 合金 ・Fe-Ni 42 系	・Cu 合金(SO: PLCC: QFP) ・42 系(SO: QFP)
	マイクロ プロセッサ	・Cu 合金 ・Fe-Ni 42 系	・Cu 合金(PLCC: QFP) ・42 系(QFP)
参 考		TD 形	DIP 形    SMD 形
個別半導体 (opto: LED を含む)		・Cu 合金 ・Fe	・Cu 合金    ・Cu 合金 ・Fe            ・Fe

に関しては, MOSIC 分野でも高集積度の進展とともに熱パフォーマンス改善へのニーズから, 高強度・高熱伝導度 Cu 合金への移行がすすめられてきている。

表 6 に IC 用リードフレームにおける Fe・Ni 42 合金と Cu 合金との競合状況を示したが, とくに SMD (表面付け実装用パッケージ) に Cu 合金の進出が大きい。この理由の一つには, はんだ付け部の熱応力吸収能がリードフレームのヤング率  $E$  の小さい方が有利な点がある。しかしながら, 今後の薄板化の進展は強度因子の影響が大きくなっていくので, 当分の間は Fe・Ni 42 合金と Cu 合金との共存状態がつづくものと思われる。

写真 1 はリードフレームの例を示したものである。

## 2.2 情報機器の分野

### 2.2.1 薄板ばねとステンレスばね鋼

コネクタ, スイッチなどの機構部品を含めて総称される一般電子部品は, 電子機器の IC 化や回路設計技術の変化によつて, 機器 1 台当たりの消費量は縮少の傾向にあるけれども, なお電子機器をささえる基本的要素として重要な役割をもっている。とくにコネクタ, スイッチなどの接続接触部品類は, 特定の機能をもつ部品間, または装置と機器間に必要な電気的情報を, 高い忠実度と信頼度をもつて伝達するのが役目である。

これらの接触ばね材料には従来から, リン青銅や Be・Cu 合金がその主流であり, とくに Be・Cu 合金は高価な欠点はあるが複雑な形状をもつ接触部品に対し, その成形加工性と高いばね性とを両立させる, 析出硬化型ばね材料の代表的地位を維持してきた。しかしながら最近では, 既存の材料に対して新たな機能を付与してその付加価値を高め, 最終的に機器, 部品のコストパフォーマンスを向上させる方向への材料開発がさかんである。

一方, これらエレクトロニクス用の機器は小形化, 高速化, 長寿命化, 高密度実装化が著しく進んできており, 用いられる材料は強度, 耐熱, 耐食性, 磁気, 接続, 電気伝導, 熱伝導などの複合特性をもち, さらに部品加工から製品に至るまでの 2 次, 3 次加工性にすぐれていることが要求される。それと同時に軽薄短小化の進展は,

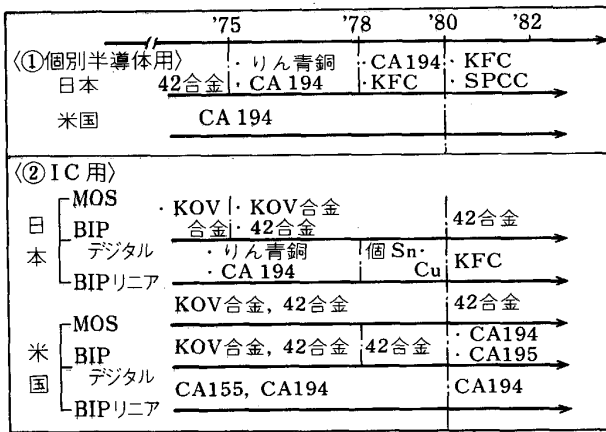


図 5 リードフレーム材料の変遷

このリードフレームに対する要求は, まず第 1 に精密なプレス加工のための適当な靱性と, 同一平面性のよいこと, すなわち, 材料の寸法精度のよいこと, 強度と伸びのバランス, 残留ひずみのできるかぎり少ないことが必要である。第 2 にボンディングのためにめつき性の良い表面性状をもつことと, 第 3 に高集積化につれて熱放散性のよいことが同時に要求され, 最後には適当なコストと高信頼度の維持という点にしばられる。

具体的には表 5 に示すとおり, 1 次特性としての物理的性質と機械的性質がリードフレームの基本設計上から挙げられ, 2 次特性には製造プロセスからの化学的性質と表面物性とに分類される。

さて, 図 5<sup>6)</sup> にリードフレーム用材料の変遷を示す。リードフレームの基本材料は Fe・Ni 42 合金である。このことは Fe・Ni 42 合金あるいはコバル合金は, 半導体 IC のチップである Si とその熱膨張係数がほとんど一致することと, 組立て終了までのリード変形を防止する適当な強度をもつことからきている。

したがって, 現在でもセラミックパッケージに関しては, Fe・Ni 42 合金が圧倒的なシェアをもつが, P・DIP

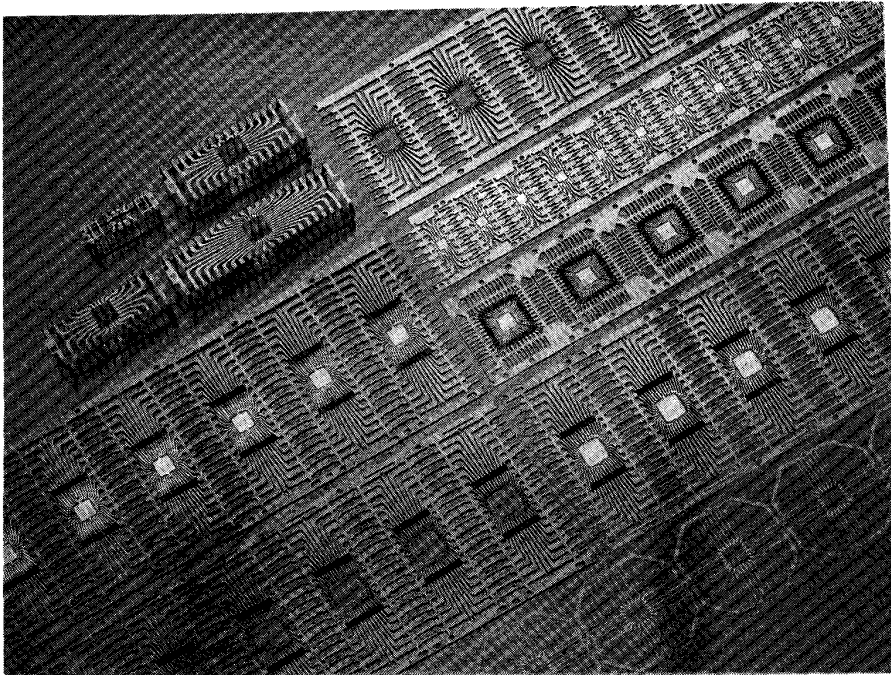


写真1 IC用リードフレーム

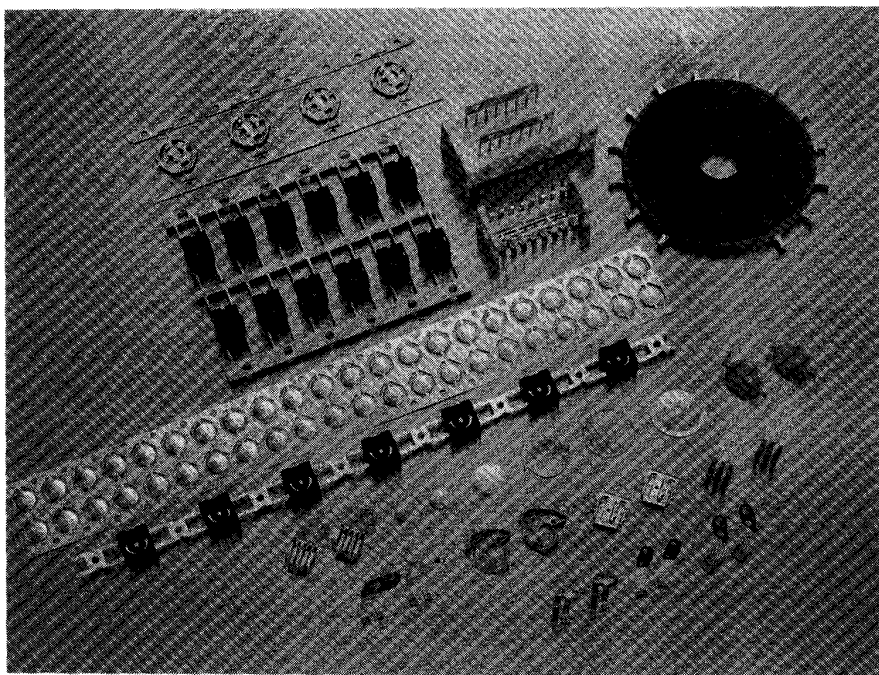


写真2 精密小物ばね(クリックコンタクト, 多接点摺動ばね, 他)

材料の薄板化につながる。

ステンレス鋼が電子・通信機器用に適用されるようになったのは昭和30年代半ば頃からである。その主な理由はコスト、耐食性、強度の面がそれまでのCu系合金より有利なことから、機器の小形化、長寿命化、高信頼性と経済性をねらつたものである。一般に用いられている鋼種は高力型のSUS301, 302, 304および析出硬化型のSUS631と、一部非磁性を必要とするSUS316系がある。

とくに最近では磁気ディスク関連で、従来の電子交換機用XS形クロスバースイッチ用の0.12mm厚から、

板厚50 $\mu\text{m}$ 以下の極薄ばねが実用化されている。これら超精密級ばねとしてフロッピー用ジンバルばねのSUS316L系や、浮上量0.2 $\mu\text{m}$ をコントロールできる磁気ヘッドのサスペンションばね、あるいはタクティルプッシュスイッチ用のクリックコンタクトばね<sup>7)</sup>などがある。

このような極薄精密ばね材料は、先のリードフレーム材料の場合と同様に、熱処理矯正、すなわちテンションアニーリング(TA処理)によつて歪み除去プロセスが不可欠である。

写真2はクリックコンタクトをはじめ精密小物ばね類

を、また、写真3はサスペンションばねを示したものである。

微小電流の伝達を目的とする小形クリックコンタクトや、電話機用押しボタンダイヤルスイッチ用のばねには Au クラッドあるいは Au めつきのステンレスばね鋼が

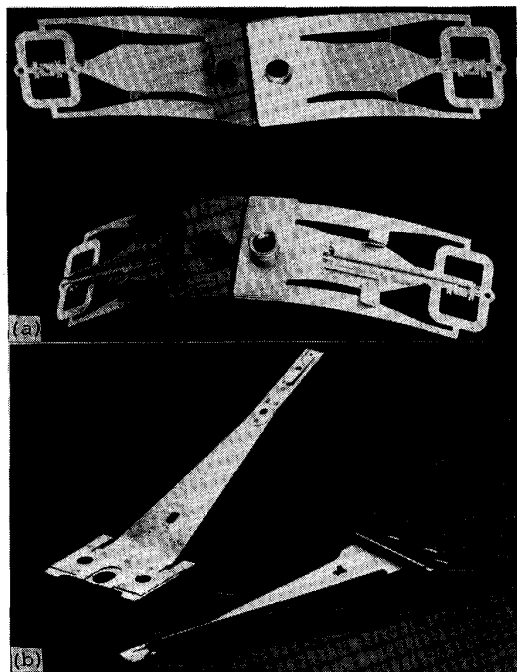


写真3 磁気ヘッド浮上保持用 (0.2 μm) サスペンションばね

(三興線材工業提供)

用いられる。

2.2.2 Fe 基磁性材料

表7に磁性材料の分類とそれぞれの主な合金を示したが、物質の中で強磁性体と呼ばれるものは、磁気モーメントを同じ向きにしようとする力が強く働くところの Fe, Ni, Co の遷移金属の場合である。したがって磁性材料にはこの Fe, Co, Ni のいずれかが必ず含有されるわけである。

表8は軟質磁性材料の Fe 基高透磁率合金の種類、特徴および主な用途例をまとめたものである。この中で電磁軟鉄はリレーの鉄心として最も早くから広く利用されてきたが、最近では 1% Si・Fe が電磁軟鉄の分野に大きく進出してきている。

硬質磁性材料は、すなわち永久磁石では Fe, Co を中心とする合金系磁石と、結晶磁気異方性の大きい化合物磁石系に大別される。合金系磁石では 1931 年の MK 鋼から発展したアルニコ磁石 (Al・Ni・Co・Fe) と、Fe・Cr・Co 系が今日では一般に生産されている。

永久磁石の分野は電子機器の小型化・高性能化から、最大エネルギー積 ((BH)<sub>max</sub>) の高い Sm・Co 系や、正方晶系の Nb・Fe 系がこれからの焦点であろう。

また、半硬質磁性材料の分野は、1964 年に米国のベル電話研究所 (BTL) が、電子交換機用通話部品として開発した、フェリッドが最初である。この半硬質磁性材料は、一般に高い残留磁束密度 Br と、適当な保磁力 H<sub>c</sub> とが必要であり、ヒステリシスループの角形化がのぞましい。これらの材料には Fe・Co 系, Fe・Mn 系,

表7 磁性材料の分類

分類	軟質磁性材料	硬質磁性材料	半硬質磁性材料
金属系	<ul style="list-style-type: none"> <li>Fe (電磁軟鉄)</li> <li>Si-Fe (けい素鋼)</li> <li>Ni-Fe 系 (パーマロイ)</li> <li>Al-Fe 系 (アルパーム) 他</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Al-Ni-Co-Fe 系 (アルニコ磁石)</li> <li>Sm-Co 系磁石</li> <li>Fe-Cr-Co 系磁石</li> <li>Mn-Al 系磁石</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Fe-Co-V 系 (リメンジュール, バイカロイ, P6 など)</li> <li>Fe-Ni-Cu 系</li> <li>高 Co-Fe 系</li> </ul>
酸化物系	<ul style="list-style-type: none"> <li>Mn-Zn フェライト</li> <li>Ni-Zn フェライト</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ba-フェライト</li> <li>Sr-フェライト</li> <li>γ-Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub></li> </ul>	—

表8 Fe 基高透磁率合金の種類と特徴, 用途

種類	主成分 (%)	主な特徴	代表的用途
電磁軟鉄	100Fe	<ul style="list-style-type: none"> <li>①飽和磁束密度大</li> <li>②透磁率良好</li> <li>③加工性, 熱処理簡単</li> </ul>	継電器の鉄心, ヨーク
けい素鋼	1Si・Fe	<ul style="list-style-type: none"> <li>①透磁率良好</li> <li>②電気抵抗を大きくできる</li> <li>③3% Si まで冷間加工可能</li> </ul>	継電器の鉄心, ヨーク
方向性けい素鋼	3Si・Fe	—	変成器, リアクトル
アルパーム ハイパーマル	10Al・Fe 12Al・Fe	<ul style="list-style-type: none"> <li>①高透磁率, 高電気抵抗</li> <li>②12% Al では加工容易</li> </ul>	磁気ヘッド 各種磁心
センダスト	9.5Si・5.4Al・1Ni・Fe	<ul style="list-style-type: none"> <li>①高透磁率</li> <li>②飽和磁束密度大</li> <li>③電気抵抗大</li> </ul>	(粉末冶金) 磁気ヘッド, 磁気シールド
スーパーセンダスト	6.2Si・5.4Al・1Ni・Fe	<ul style="list-style-type: none"> <li>①圧延加工可能</li> <li>②電気抵抗大</li> </ul>	磁気ヘッド
K・M 合金	18Cr・2Si・Fe	<ul style="list-style-type: none"> <li>①耐食性良好</li> <li>②透磁率比較的良</li> </ul>	電磁弁, 磁気シールド



表 9 半硬質磁性材料の応用

用 途	概 要	使用材料
・ヒステリシスモーター	回転子として大きな起動トルクを生ずる。ヒステリシス損の大きいことが条件	・Cr 鋼, Co-Cr 鋼など焼入鋼 ・Fe-Ni-Al 系
・リードスイッチ (Remreed switch)	reed 材として用いる。通信機器, 計測機器の回路素子	・Fe-Co-V 系 ・Fe-Mn-Co 系 ・Fe-Ni-Cu 系
・多接点封止形スイッチ (SMM swich)	通話路スイッチの小形, 軽量化のため, 鉄心材料として用いる (自己保持型)	・Fe-Co 系 (バイカロイなど)
・半固定記憶素子	Mo パーマロイテープにカバーする (らせん状に巻く) 材料として用いる。情報蓄積用	・高 Co-Fe 系 (Co-Nb-Fe, Co-Be-Fe)

表 10 強磁性型制振合金の例

合 金 名	組 成 (%)	熱処理	機 械 的 性 質		適 用 例
			引張強さ (kgf/mm <sup>2</sup> )	ヤング率 (kgf/mm <sup>2</sup> )	
サイレントロイ	12Cr 2Al 80Fe	1000°C, 2h 水冷	42	20 000	①光学機器 カメラ, 映写機のフィルム送り機構, シャッター機構 ②精密機器 X線診断装置 (X線管分解能向上) 測定機, ギヤー類 ③音響・通信 ステレオセット, スピーカーフレーム トランシーバー(ヒビリ防止) タイプライター, コピー等
ジェンタロイ	12Cr 2Al 3Mo 83Fe	1000°C, 2h 水冷	45	20 000	
12Cr 鋼	12Cr 88Fe	900°C, 2h 水冷	80	20 000	

(出典) 例えば電気学会研究会資料 MR82-8~11 など

Fe・Ni 系などがあり, それらの応用例は表 9 に示すとおりである。

表中の SMM スイッチには, Fe・Ni 15% の磁性合金を母材に, Ag・Pd(40/60) 合金をクラッドした磁性ばねが, 接点材として 1 枚の薄板に接点, ばね, 磁気特性の 3 性質を兼ねた特殊合金材が用いられている。

### 2・2・3 強磁性型制振材料<sup>7)</sup>

制振材料は振動, 騒音などの公害対策の一環としてスタートした, 新しい特性分類に属するが, 振動の低減にともなう電子機器の高精度化, 長寿命化にも寄与することから, 金属材料自身の制振性能を高める努力がつけられている。

制振材料の中で強磁性型ではフェライト系ステンレス鋼に属する Fe・Cr・Al 系合金が, 低価格であることを含め, 一般性があると言われている。

強磁性合金のエネルギー吸収機構は, 磁気-機械的ヒステリシス, 渦電流損失などの現象が考えられるが, 前者の磁気-機械的ヒステリシスが主役である。この磁気-機械的ヒステリシスとは, 強磁性体が応力によつて磁化されたときに生ずるヒステリシスを意味し, 材料のもつ磁気的特性の他に溶解, 加工, 熱処理などの金相学的な因子により影響される。

表 10 に代表的な強磁性型制振合金の組成と諸特性, ならびに機器への適用と効果をまとめて示す。

さて, エレクトロニクスにおける鉄鋼材料利用の現状を, 電子部品を中心に解説してきたが, 高集積化, 高密度化, 高速化への技術革新がますます進展する現状では, 電氣的機能, 熱的機能がシビアに要求される傾向にある。したがって今後, エレクトロニクスの業界では鉄鋼材料と銅合金との競合が, いつそはげしさを加えてくると思われる。

## 文 献

- 1) NRI フォーラム '84 (1984) [野村総合研究所]
- 2) 西畑三樹男: 精密機器用金属材料 (1985) [日刊工業新聞社]
- 3) ICE Report (1982), 石川 聖: 半導体高密度実装材料 (1983) [テクマート]
- 4) 川野辺徹, 村上 元: 電子材料 (1985) 2月号
- 5) 馬 篤生, 林 英雄: 日本電子材料技術協会第 23 回秋期講演大会概要集 (1986 年 10 月)
- 6) 半導体実装技術ハンドブック (1986) [サイエンス・フォーラム]
- 7) 坂本光雄, 佐藤 健, 和田則雄: ばね技術研究会昭和 61 年度春季講演会
- 8) 杉本孝一: 電気学会研究会資料, MR82-8~11 (1982)