

新素材事業における技術展望

Prospects for the Technological Development in New Materials Business

福 地 律 生⁽¹⁾
Norio FUKUCHI

抄 録

新日本製鐵新素材事業部は、鉄を通して築き上げた材料技術をベースに世の中のニーズにダイナミックに答える“材料”を供給するため、新日本製鐵先端技術研究所、グループ会社、事業部が三位一体となった事業展開をしている。その材料群はエレクトロニクス・半導体材料分野、環境・エネルギー材料分野、炭素繊維応用材料分野の3分野で構成されている。ここに、新素材事業における技術開発のあり方について、当事業部の中核であり、特に成長の著しい半導体材料を例に考察した。

Abstract

Nippon Steel's New Materials Division is developing its business by forming a trinity with Nippon Steel's Advanced Technology Research Laboratories and its group companies, with the view of supplying "materials" to dynamically meet the needs with the times on the basis of the material science and technologies which Nippon Steel has established through manufacturing iron and steel. The said materials include these in three fields, that is, materials for electronics and semiconductor, materials for environmental and energy technologies, and carbon fiber applied materials. In this paper, the ideal way of technical development in the new materials business is considered, taking the semiconductor material as an example which is remarkably growing up and is the nucleus of our Division's business.

1. 緒 言

人類と材料の関係は、人類の誕生までさかのぼると考えて差し支えない。有史以来、人類は生活を豊かなものに変えるために、様々な物質を様々な加工することに成功してきた。それが、文化を生み、文明を開花させた原動力の一つになったといっても過言ではない。

しかし、われわれの祖先たちが使っていた材料をよくよくみると、身の回りにある資源を活用しているにすぎない。例えば、土であり、木であり、やがて鉄が登場する。そのような身近の資源を材料として認識するところは、コロンブスの卵的発想であり、それらを用いて物を作ることに気づいたときは、世の中がひっくり返るほどのインパクトを与えたに相違ないだろう。川砂の中にある黒い粉を熱して溶かせば鉄になり、それをいろいろな形に加工すればくわやすきになるなんて、最初から知っている人などいるわけがない。

想像するに、偶然を積み重ねるうちに、その経験を総合的に集大成して材料として認知されるまでには、相当な時間を要したことだろう。従って、材料のライフタイムはその発見・発明から考えると、とてつもなく長いものになってもしかたがないと思う。

更につけ加えるに、材料が材料として認知されるためには、われわれの生活にどういう効果をもたらすかが重要な要素になってい

る。そのため、材料の加工に主眼が置かれ、技能、技術はこの領域で大きく発展してきたといえるのではなかろうか。

しかし、近年の科学技術の進展がこのトレンドの時間軸を少なからず縮めた。材料を物質として捕らえることが可能になり、材料のもつ性質を制御できるようになったためである。更に、科学技術は指数関数的に進歩して行き、現在では分子、原子オーダーの制御も可能になり、物質のもつ様々な性質(性能)を引き出すことが可能になってきたのである。まさに、これが新素材といわれている物質(?)なのである。

通商産業省基礎産業局の新素材研究会において、1988年に新素材の定義を次のように定めている。“新素材とは、金属系、無機系、有機系の原料及びそれらを組み合わせた原料を基にして、原子、分子レベルのミクロな構造制御、高純度化、複合化などの高度な製造・加工技術又は商品化技術を駆使することによって、従来にない新しい画期的な特性及び新しい社会的価値を生み出す付加価値の高い素材である。”

しかし、新素材が物質から我々が使う材料に変わるまでには、短くなってきたとはいえ、やはり長い時間がかかるのである。1980年代の前半に、いわゆる“新素材ブーム”がおき、形状記憶合金や水素吸蔵合金が脚光を浴び、1986年の低温超伝導現象の発見、更には常温核融合の確認と、人類の将来が大きく変わるのではないか

⁽¹⁾ 新素材事業部 企画調整部 室長

と、世界中の科学者、技術者を興奮させた。しかし、前述したように、材料が材料として世の中に受け入れられるまでには、用途技術開発に長い時間を要するため、今はこのフィーバーも沈静化し、冷静に用途技術開発や材料の研究が進められているのが実態である。

新日本製鐵における新素材開発も同様な歴史を歩んでいる。鉄事業を通して培った材料技術(プロセス技術、解析技術、等)をベースに、様々な材料を開発し、提案してきた。しかし、ビジネスの側面からみると、まだ、世の中に受け入れられる素地ができていないため、日の目を見なかった材料は多くある。形状記憶合金しかり、水素吸蔵合金しかりである。今、改めて考えてみると、現在当事業部にて扱っている材料は、まさに時代の花形材料であり、“新素材”というよりは、半ばコンベンショナルな“材料”に新日本製鐵のもつ材料技術で付加価値を与え、新しい価値を創出した新“材料”群となっている。

2. 新日本製鐵新素材事業部の材料群

当事業部における材料群は、大きく分けて次の3分野で構成されている(図1参照)。

- (1)エレクトロニクス、半導体材料分野
- (2)環境、エネルギー材料分野
- (3)炭素繊維分野

1996年度の売り上げ規模で見ると、実に大半が(1)のエレクトロニクス材料分野で占められており、その内半分以上が半導体材料である。更に、今世紀末には、それらの分野が更に伸びると見込まれている。つまり、新日本製鐵の新素材は現在エレクトロニクスの

進展とともにあるといっても過言ではない。そこで、半導体材料を例に今後の開発を展望してみたい。

なお、ここで構造用セラミックスやステンレスの金属箔もエレクトロニクス材料に包含されているのは、それら材料の主要用途が、例えば、セラミックスは半導体製造装置や液晶製造装置であり、ステンレス箔はハードディスクドライブ用の材料であるからである。

3. 今後の技術展望(半導体材料開発を例として)

新日本製鐵の扱っている半導体材料は、図1から明らかなように、シリコンウェーハや、金ボンディングワイヤ、樹脂封止材用の球状フィラーといった基盤材料系である。

シリコンウェーハに至っては、基盤中の基盤材料であり、シリコン以上に経済的で半導体特性の良い材料はまだ発見されておらず、デバイスメーカーのプロセス技術者がよく“シリコンの次はシリコンだ”と言うように、材料としての“シリコン”は今後しばらくの間はその地位は安泰であろう。しかし、LSI(特にDRAM)の世代交代に従い、シリコンウェーハへの要求は厳しさを増している(図2参照)。“シリコン”が“シリコンウェーハ”になるところで、技術の進歩を求められているのである。特に、大口径化は、6インチから8インチ、そして12インチ、16インチとその流れはある程度描かれているものの、品質厳格化と併せて解決しなければならない課題であり、そのハードルは大口径化の度に指数関数的に高くなり、技術的ブレークスルーが必要なところである。現在は、8インチから12インチへの変化に対応するため、各社とも12インチのプロセス開発に余念がないところであり、2000年頃には、本格的な量産フェーズを

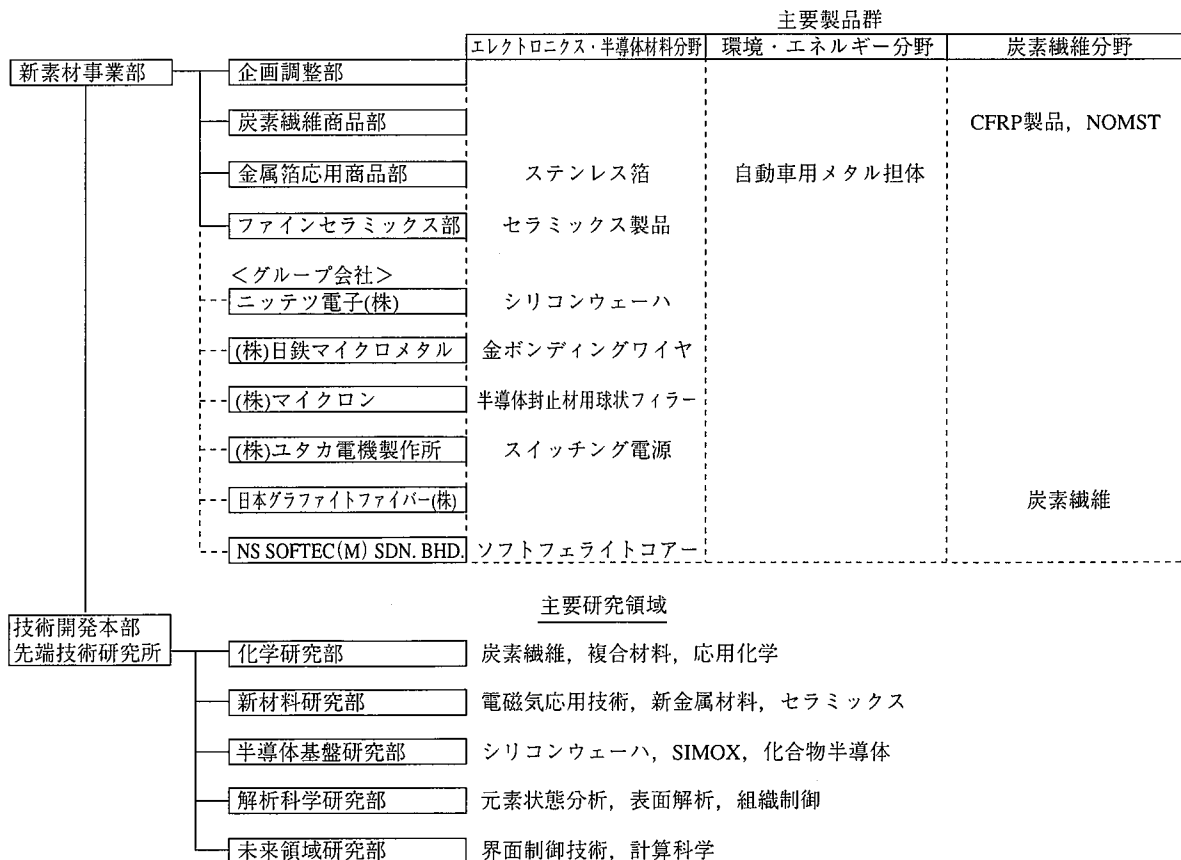


図1 新素材事業部の構成

迎えるものと考えられている(図3参照)。

更に、デバイスの高性能化に呼応すべく、新日本製鐵ではSOI (Silicon On Insulator) ウェーハの開発を、酸素イオン注入法によるSIMOX (Separation by Implantation of Oxygen) ウェーハにて進めており、独自のプロセス技術も付加して最先端レベルの技術開発を行っている。また、シリコン以外にも化合物半導体やSiC単結晶等の研究も継続しており、今後のデバイスの多様化に対応する体制を構築しているところである。

一方、パッケージング材料である金ボンディングワイヤや、樹脂封止材用球状フィラーは“シリコン”ほどではないにしろ半導体パッケージング材料の中ではやはり基盤材料にカテゴライズされる。デバイスの高速化、多ピン化、小型薄型化の流れに従い、パッケージングや実装技術の変革も速い(図4参照)。このトレンドに従い、金ボンディングワイヤの高機能化を加速させている(図5参照)。例えば、半導体のI/O端子の増加に対応するための狭ピッチ・ロングスパンワイヤや、パッケージの薄型化に対応した低ループワイヤ等、デバイスパッケージ側の多様化にいつでも答えられるために、ワイヤのメニューを増やしているところである。直径が30 μ mほどの金ワイヤであるが、その中に、性質の違いを植え付けることは想像よりもずっと難しいことを付言しておきたい。これを実現できるのも

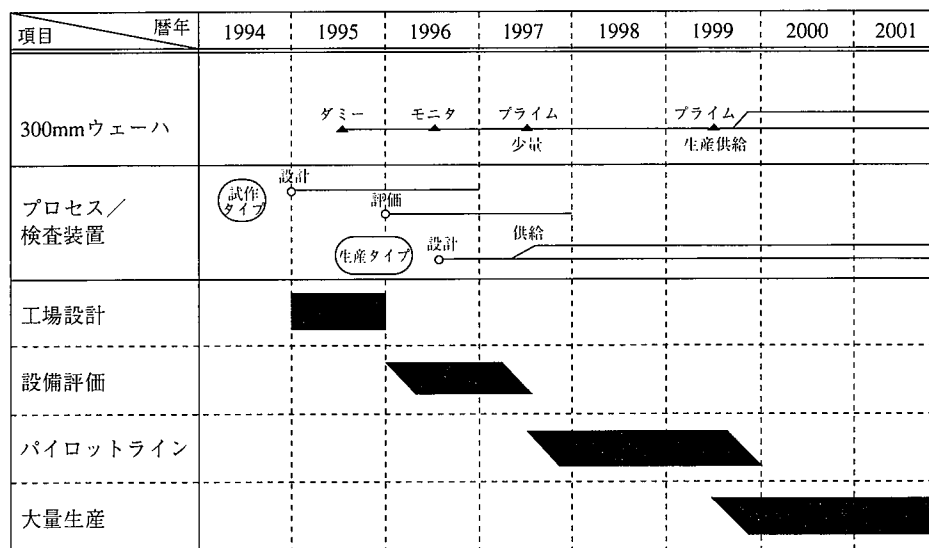
新日本製鐵のもつ結晶制御技術があったからなのである。更に、われわれは、デバイスメーカーのもつ課題に材料科学的なアプローチを試みており、例えば、電気特性上重要な要素である、Alパッドと金(ワイヤ)の接合性に着目し、接合特性を改善し、なおかつ、形状要求を満たすワイヤの提案も行っている。

次世代パッケージングの進歩は、電気製品の小型化、薄型化からも加速されており、前述したようにI/Oの急激な増加(多ピン化)とも相まって、既存の技術の限界が近づいている。現在これを打開する次世代パッケージとしてBGA (Ball Grid Array)が実用化されており、新日本製鐵もこれに遅れることなくBGA用微小金属球などの技術開発を着実に進めている(写真1参照)。更に、一歩先を見た超微小金属球の実用的製造技術を完成させ、その超微小金属球のマウント技術もいち早く開発しており、この分野の技術では最先端を走っている。この技術の応用分野は広く、BGAの延長である超多ピンBGAのみならず、MCM (Multi Chip Module)、Flip-chipといったベアチップ実装への適用が見込まれており、半導体実装分野での活用が活発に検討されている。これらの商品開発技術力がお客様の厚い信頼を得ている源泉となっているところである。

こうした半導体材料に代表されるように、“物質”を“材料”にするとともに新日本製鐵のもつ技術が生かされており、付加価値を生み続け

Year	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002～2005
最先端DRAM集積度	4M				16M			64M				256M	1G
デザインルール	0.8 μ m			0.5				0.35			0.25		0.18
チップサイズ	70mm ²			130				180			280		420
リフレッシュ時間	32ms			64				128			256		512
電圧	5.0V			3.3				2.5			2.0		1.5
最先端デバイスに使用されるウェーハ口径	←6インチ												
				8インチ									
												12インチ	
平坦度 (LTV)	0.8 μ m			0.5				0.30			0.20		0.10
(サイト)	20×20mm			22×22				25×25			30×30		35×35
パーティクル	0.3 μ m			0.2				0.16			0.1		0.08
重金属 (Fe)	1e11 a/cm ²			1e10				5e9			1e9		5e8

図2 デバイスの高集積化とウェーハ対応技術



出典：EIAJ
(1994年)

図3 300mm(12インチ)ウェーハのロードマップ

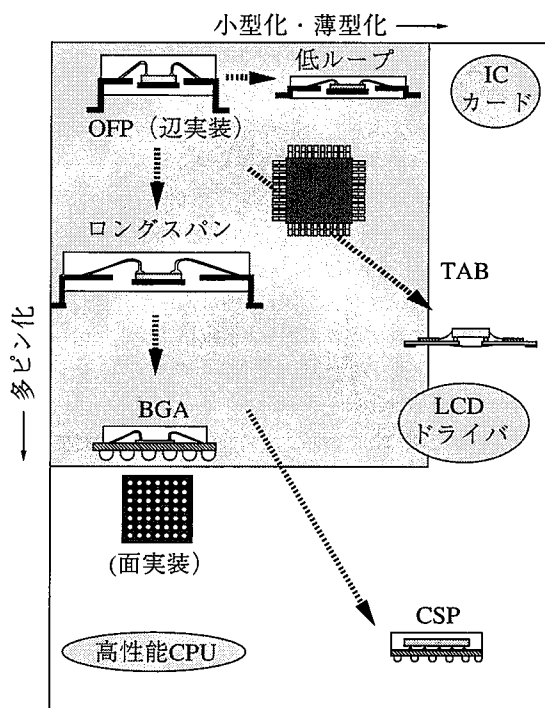
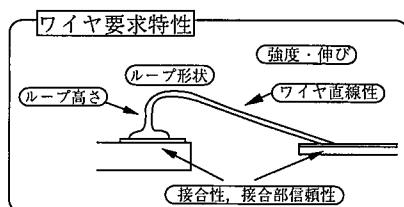


図4 ロジックパッケージングの技術動向



ワイヤ開発と製品群

項目	ユーザーの狙い	開発ポイント	開発ワイヤ
ループ高さ制御	ループ高さは熱影響部(HAZ)の再結晶挙動と相関		
低ループ化 ($<150\mu\text{m}$)	薄型パッケージ (TSOP, TQFP) 用	再結晶温度の上昇	L3 L4
高ループ化 ($200\sim250\mu\text{m}$)	高速ボンディング対応 (ワイヤ垂れの低減)		K3 K5
ロングスパン ワイヤ	多ピン・狭ピッチ (スパン： $\sim 5.0\text{mm}$)	弾性率の向上 →ワイヤ流れの低減	T1 T2
狭ピッチ用 ワイヤ	ピッチ： $60\mu\text{m}$ 低ループ・長スパン ($>6.0\text{mm}$)	高強度・高弾性率化 →ワイヤ変形の抑制 小ボール接合	T3 T4

図5 ボンディングワイヤの高機能化

ているゆえんであると考えている。繰り返しになるが、新日本製鐵の材料技術は底辺が広く、いろいろな分野に应用が可能である。しかし、ただ単に右から左に应用が可能というわけではなく、社内だけでなく社外にも広がった人的ネット、知的ネットを最大限活用し、複数のブレインを融合することによって、初めて実現しているのである。これこそ、新日本製鐵の財産であり、お客様がわれわれに期待しているところなのだと感じている。これは、ここでは紹介できなかったが、半導体材料以外にもセラミックス、ステンレス極薄箔、炭素繊維等々の新日本製鐵の“材料”群にも当てはまり、それらをお客様の要求する“素材”にすることを使命に開発を続けている。

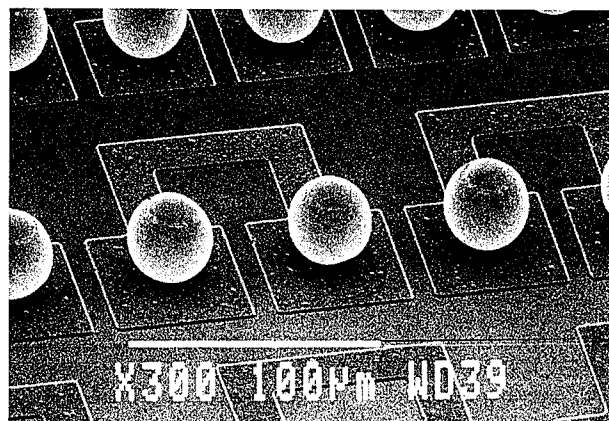


写真1 微小金属球

4. 結 言

最近の日経マイクロデバイスに興味ある記事が掲載されていた。それは、国内LSIメーカーが導入してきた新材料は、DRAMの一世代ごとに一つずつ導入されてきたという内容であった(図6参照)。更に、『材料を変えないと微細加工の効果が引き出せない』という認識から、理想的には多くの新材料を一度に導入したいと考えているLSI技術者が多いとも述べている。一般的に、信頼性確認等のステップを踏む必要から、一つの新材料を実用化するのに10年かかるといわれており、実際は各世代ごとに一つずつの新材料導入に留まっている。しかし、今後はメモリー系とロジック系でそれぞれプロセス技術開発が進み、それぞれで新材料が導入されるため、今までとは違い、複数の新材料を導入できる余地が生じたということである。

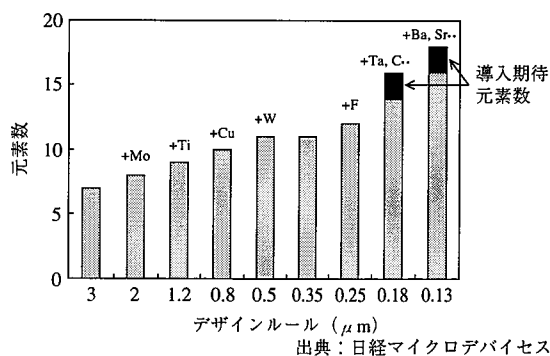


図6 DRAM世代ごとの材料数の変遷

半導体のみならず社会全体をみても、ほぼ同様のことがいえるのではなかろうか。材料のアプリケーション技術の多様化に伴い、いろいろな新材料の登場する機会が増加している。これはチャンスである。長い将来を考えたとき、そもそも世の中に受け入れられるまでに長い時間を要する材料なのだから、われわれとしてもエレクトロニクス以外の分野も視野に入れる必要があると思っている。今後の技術展望のキーワードとしてはエレクトロニクス(半導体や通信を含む)の外に、光、環境、エネルギー、があり、この流れにのって、われわれの持つ材料(技術)をベースに付加価値を増した新“材料”を提供することで、よりお客様に満足いただける材料メーカーになりたいと思っている。