

第 16 章 WG13 ERM

16-1 はじめに

WG13 は、2007 年版から新しい章として ITRS に加わった新探究材料(Emerging Research Materials, ERM)に対応する新しいワーキンググループである。ここでは、微細化限界へのブレークスルーを目指す新探究デバイス(Emerging Research Devices, ERD)に用いられる材料だけでなく、半導体の各種技術領域(International Technology Working Group, ITWG)において「困難な技術課題(Difficult Challenges)」を解決するための新材料技術を含んでいる。従って ERM は、経緯としては ERD 章の材料部分が独立したものであるが、スコープとしては、それ以上の範囲に拡張されている。2006 年 11 月に正式発足し、2007 年度末までに計 13 回の会合を開いた。本年度は、ERM 章の初版書き下ろし作業が活動の中心となった。

本章では、はじめに WG13 ERM の目標とスコープを説明し、ERD はじめ、ITWG で適用が期待される ERM の調査例について紹介する。さらに本年度の STRJ の独自活動として行った「ナノバイオ技術」に関する調査について簡単に触れる。

図 16-1 には、ERM としての代表的な材料を数点挙げてある。これらの多くは、サイズの的にナノメートルのものが多く、いわゆるナノテクノロジー、ナノマテリアル研究とオーバーラップする。ナノメートルサイズできちんとした構造単位(ビルディングブロックと呼ぶ)を持ち、それを積み上げて材料を構築する、いわゆるボトムアップのナノテクノロジー技術が多く含まれている。

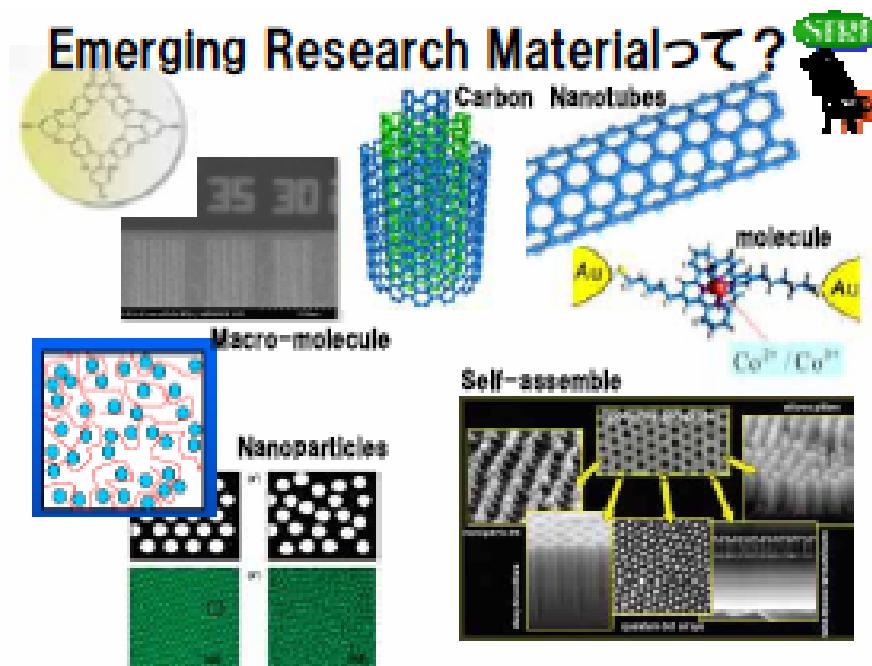


図 16-1 新探究材料(ERM)の例

16-2 ERM の目標とスコープ

ERM 章の目標は、各 ITWG の抱える「困難な技術課題」を解決する可能性のある ERM について、その技術的・時間的要請を明らかにすることにある。この目標を達成するため、以下の活動を実施する。

- (i) 各 ITWG のニーズとしての ERM への要求をまとめる、
- (ii) 適切な ERM 候補技術を探索し、その潜在的能力を明らかにし、ITWG のニーズと現状技術の間のギャップを明らかにする、
- (iii) そのギャップを埋めるために乗り越えるべき ERM としての「困難な技術課題」を明らかにする

これらの活動の結果として、広く基礎から応用までの技術者に対して、今後重要となる材料技術に関する情報を発信する。大学や独法研究所の研究者には、化学分野や材料科学分野での基礎研究の取り組みをエンカレッジし、産業界には、デバイス、材料、装置技術開発への取り組みをエンカレッジしていく。2007 年版では、各ニーズに対応するシーズ技術の現状調査を行い、これを紹介するところまで行った。時間軸を入れた議論は、今後 2009 年改訂から徐々に導入していく方針である。

初版で取り扱う ERM のスコープとして、以下のキーワードを挙げた。

- ①低次元ナノ材料(Low-dimensional materials)
- ②巨大分子(Macromolecules)
- ③スピントロニクス材料(Spin-state Material)
- ④複合金属酸化物(Complex Metal Oxides)
- ⑤ヘテロ構造体・界面(Hetero structures & Interfaces)
- ⑥制御した自己組織化材料(Directed Self-assembly)

各々の ERM に関する詳細については後述することとし、ここでは、各 ITWG がこれら ERM について、どの程度の関連性を持っているかということについて、各 ITWG からのアンケートを結果について述べる。アンケートは複数回行われた。図 16-2 は、縦に回答をもらった 9 つの ITWG 名、横にはスコープに挙げた材料名(追加で ESH: Environment, safety and health と計測&モデリング)を挙げている。図より、多くの ITWG で材料ブレークスルーを欲していることが分かる。(この時点の回答では)PIDS からは、関連無しとの回答をもらっていたが、これは ERD においてまず新デバイス候補が検討された後に、PIDS に移行していくという技術の流れから、新材料を含む新デバイスは ERD の範疇との認識によるものと考えられる。

Mat. TWG	Low Dimensional Materials	Macro- molecules	Spin Materials	Complex Metal Oxides	Hetero- structures & Interfaces	Directed Self- assembly	ESH	Metrol. & Model'g
ESH								
ERD								
FEP								
INT								
LIT								
MET								
M&S								
PIDS								
PKG								



詳細な要求がある

一般的要求がある

今のところ要求はない

図 16-2 ERM の応用可能性について(その 1)

Materials	ERD Memory	ERD Logic	Lithography	FEP	Interconnects	Assembly and Package
Low Dimensional Materials						
Macromolecules						
Self Assembled Materials						
Spin Materials						
Complex Metal Oxides						
Interfaces & Heterointerfaces						

 Potential Applications Identified

図 16-3 ERM の応用可能性について(その 2)

図 16-3 は、これをより簡単にまとめ直したものを示す(アンケート時期が若干異なるため結果も若干異なる)。この図では縦横を入れ替えてある。また ITWG としては、関連性の高い 5 つの ITWG についてのみ示す。ERD については、ロジック、メモリ応用ともにスコープに挙げた新材料が多く必要とされることが分かる。また関連性の高い ITWG としては、リソグラフィ(LIT)、フロントエンドプロセス(FEP)、配線(INT)、実装パッケージ(PKG)などがあることが分かる。

STRJ の WG13 では、主要な ERM ごとに専門家を委員に割り当て、e-workshop への参加や、文章の執筆やチェックを行った。図 16-4 に現時点の WG13(ERM)の委員構成を示す。現在 13 名によって極めて広範囲の分野をカバーしている。

以下に本年度の活動の成果として、ERM 章に書かれた主な内容について紹介する。

2007 ITRS-ERM章担当

Introduction	全員
Low-dimensional (CNT, Graphen)	栗野(富士通)、酒井(東芝)、二瓶(NEC)
Low-dimensional (Nanowire)	内田(東芝)
Polymer	浅井(ルネサステクノロジ)
Heterostructures and Interfaces	} 和田(東洋大)、秋永(産総研)、 松倉(東北大)、青井(松下)
Macromolecules	
Spin materials	秋永(産総研)、松倉(東北大)
Complex Metal Oxide	富岡(産総研)
ESH	石津(産総研)
Metrology	杉山(東レリサーチ)
Modeling and Simulation	宮本(NEC)

図 16-4 WG13(ERM)メンバーとの活動の主要分野の担当

16-3 新探究材料とその応用例

16-3-1 ERD のための ERM 例

ERD としては、微細化の極限を追求する“More Moore”、全く新しい状態変数を用いる“Beyond CMOS”、CMOS 回路と(例えば SiP 的に)機能融合を図る“More than Moore”の 3 つのアプローチがある。More Moore に関しては、Si よりもチャネル性能が上がると期待される材料、例えばカーボンナノチューブやグラフェンに代表される低次元材料がある。“Beyond CMOS”の候補デバイスとしては、分子、スピン、強相関電子系デバイス他があり、それぞれに ERM がある。“More than Moore”には、融合する側のデバイス材料(MEMS, バイオ、RF など)、インターフェースの役割を演じる実装・ヘテロ接合材料が重要と考えられる。

低次元材料として代表的なものを図 16-5 に示す、1 次元物質であるカーボンナノチューブ、IV 族ナノワイヤ、III-V 族ナノワイヤ、2 次元のシート状物質であるグラフェンなどがある。

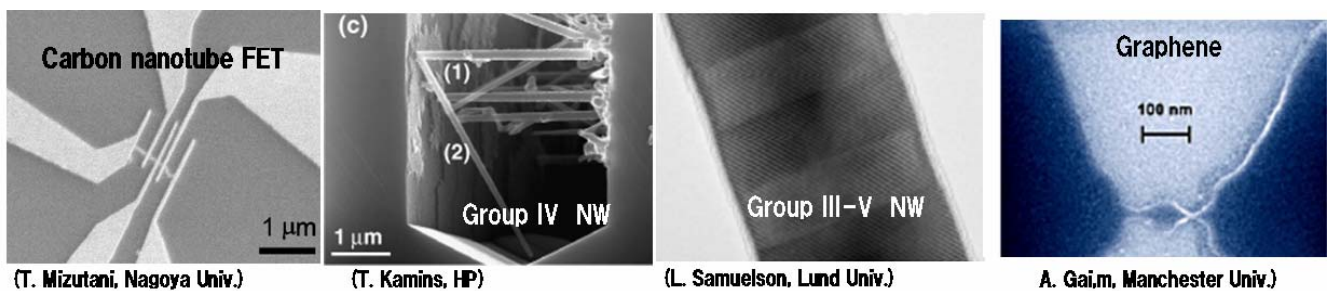


図 16-5 低次元電荷状態を用いるための ERM

用途	潜在的な材料値	技術課題
一次元メモリー、ロジックデバイス	ナノチューブのバリスティック伝導など	・ バンドギャップおよび金属/半導体の制御 ・ キャリアタイプと濃度の制御 ・ 絶縁体中に組み込んだ際の電気的性質の保持 ・ 位置と向き ・ コンタクト抵抗の制御
	ナノワイヤの包囲型ゲート構造と新規なヘテロ構造	・ 位置と向き ・ バターニングした材料を超える性能 ・ CMOS と整合した触媒やプロセス温度
プレーナ CMOS	グラフェンの高移動度	・ CMOS との整合性 ・ 端部の保護 ・ 絶縁体界面の制御

図 16-6 低次元材料におけるデバイス関連潜在用途と技術課題

これらは、FET のチャネル材料候補として高い電子移動度(単層カーボンナノチューブ(SWNT)で $79,000 \text{ cm}^2/\text{V}\cdot\text{sec}$, グラフェンで約 $2,000,000 \text{ cm}^2/\text{V}\cdot\text{sec}$ など)やバリスティック伝導(SWNT で $1 \mu\text{m}$ 以上)が報告されている。また 1 次元材料では、サラウンド・ゲート構造が作りやすいなどのメリットもある。その反面、共通の課題として、低温での合成法の確立、位置・方向制御があり、ナノチューブやグラフェンでは、バンドギャップ制御、言い換えれば金属的なものを排除し、半導体的なものだけを得る技術がポイントとなる。また表面や界面(グラフェンの場合は端面)制御や熱的に安定なドーピング制御の開発も重要である。図 16-6 にはこれら技術課題をまとめて示す。

代表的な“Beyond CMOS”デバイスには、状態変数として、分子状態を使うもの、スピン状態を使うもの、強相関状態を使うもの、他があるが、各々のデバイスに ERM が必要となる。分子デバイスでは、非線形特性や双安定特性など、有用な特性が示されているものの、デバイス間の特性のばらつきが大きいことが問題とされている。その原因としては、分子を外界とつなぐコンタクトに問題があると考えられている。すなわち、電子にとつ

てバリアが低く、構造的にも安定なコンタクトが必要であり、分子と電極界面近傍での構造変化の解明や分子軌道の重なりを含めた原子レベル制御が必要である。最近、従来のチオールコンタクト以外に、分子をシリコンに固定する技術なども報告されはじめており、注目される。

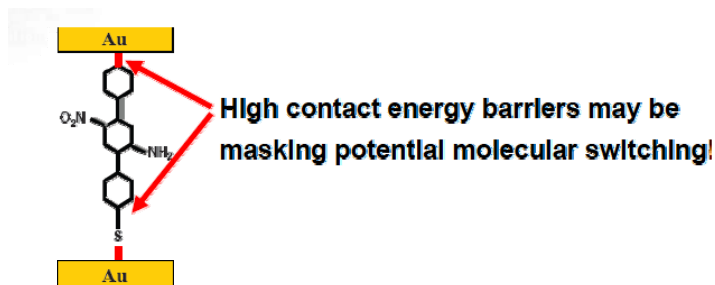


図 16-7 分子デバイスの主要研究課題

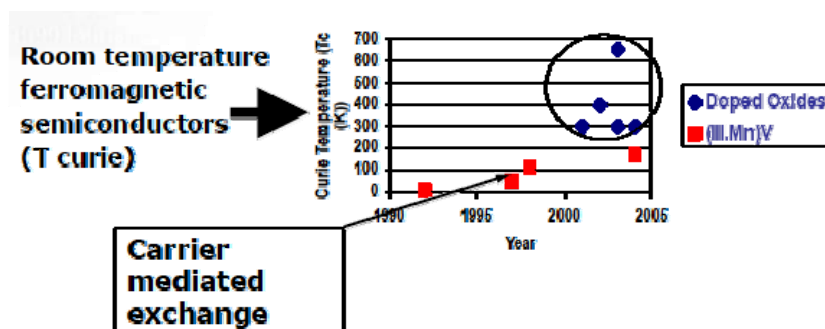


図 16-8 最近のスピン材料のキュリー点の報告

スピンデバイス実現には、トンネル磁気抵抗などに代表される平衡スピン特性や、非平衡に誘起されたスピン偏極や磁化特性を制御する必要がある。そのため、スピン材料に対する主要な技術課題としては、1) キャリア媒介のスピン交換相互作用を伴う TC (キュリー温度) が 350 K 以上の磁性半導体材料の実現、2) 長いスピン・コヒーレンス時間を持つ半導体材料の実現 3) 磁性材料から半導体への効率的なスピン注入を可能にする材料特性と界面の形成法、4) CMOS プロセスとの整合性、5) 低いスピン・デコヒーレンスを持つ界面技術の確立などがある。

強相関電子デバイスでは、スピン、電荷、軌道、それぞれが互いに複合した機能を示すことが特徴で、動作温度は低いものの、外部磁場や電場の印加によって電気伝導度及び磁性に劇的な変化がもたらされる場合がある。また、これらの材料で形成された接合界面においては、電荷移動の結果、新しい機能や特性が示される。強磁性材料との接合界面では、誘電性と磁性の複合物性を引き出すことができる。絶縁体である LaAlO_3 と SrTiO_3 の接合界面においては、ゲート電圧の増加に伴い抵抗率が 7 桁に渡って変化し、ヒステリシスが現れる。このような新しい物性を制御し、ロジックデバイスにふさわしい動作速度や動作電圧、ナノメートルサイズの微細高密度化などが課題となる。

16-3-2 リソグラフィのための ERM 例

レジストに対する技術課題として、解像度、速度、ライン・エッジ・ラフネス、安定性などがある。193 nm、193 nm 液浸、EUV、インプリント技術のいずれの場合にも、さらなる微細パターンの形成が可能なレジストが必要とされる。また液浸リソグラフィでは、高い反射率の液体が必要とされる。インプリント・リソグラフィでは、インプリント・ツールに残留物を残さず、良好なエッチ耐性を持ち、かつナノスケールの形状に変形する低粘性の材料が必要とされている。一方、自己組織化材料の応用として、化学的にパターンされた表面へ、ラメラ形成するブロック共重合体膜による周期配列したパターン形成のアプローチがある。

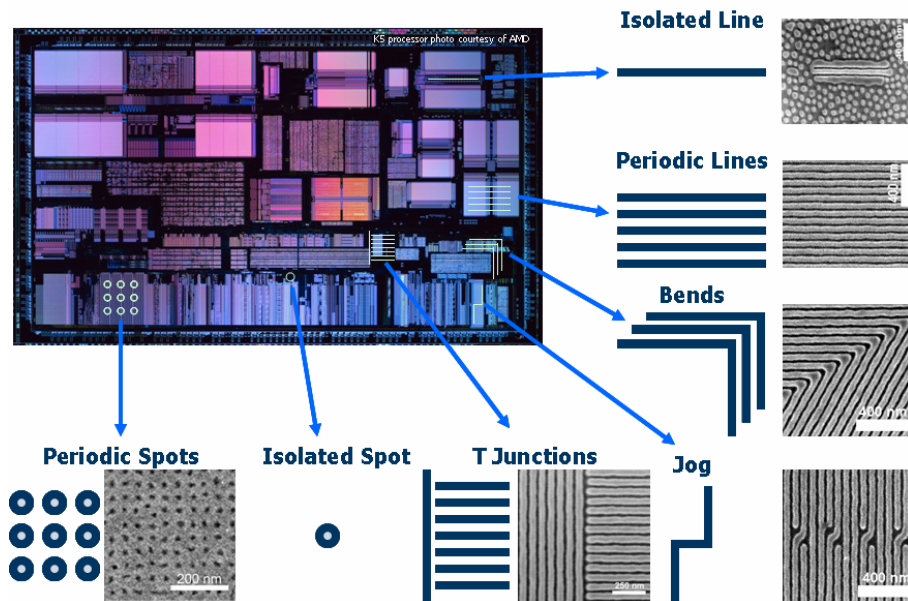


図 16-9 自己組織的なパターニングの現状

16-3-3 配線のための ERM 例

配線技術では、配線金属材料と層間絶縁膜材料の両方に ERM 適用の可能性がある。ここでは、低次元材料による配線金属技術の最新の研究について、カーボンナノチューブ(CNT)を用いた配線ビア(縦配線)および横配線技術、銅の単結晶金属ナノワイヤについて示されている。特に CNT 配線に関しては、日本の ERM チームが中心となり、各技術のターゲットと現状のギャップに関する表が作成された(図 16-10)。

CNT 配線技術の主な課題としては、CNT の高密度・高品質成長とコンタクトを含めた低抵抗化技術、CMOS との整合性のための低温成長、横配線のための高速成長などがある。CNT として単層 CNT(SWCNT)を使うか多層 CNT(MWCNT)を使うかに関しては、現在、両方のアプローチがある。SWNTの方が理想的にはより高密度になるが、カイラリティ制御ができていないため、若干太い MWNT を用いることで、たとえ半導体的なカイラリティになった場合でも、バンドギャップを狭めてキャリア数が増えるという考え方もある。いずれの場合にも、まだ 10 倍以上、高密度化の余地がある。低抵抗化技術は、高密度化によっても達成されるが、それ以外にも CNT の高品質化とコンタクトのプロセスや材料最適化による低抵抗化の可能性がある。低温成長技術としては、Selete から MWCNT で CMOS プロセスに整合する 400℃での成長が報告されている。この点でも SWCNT よりも早期実現の可能性が高いといえる。また横配線にも適用するためには、100 μm 程度の長い CNT の成長技術も重要な開発項目である。

16-3-4 フロントエンドプロセスのための ERM 例

微細化が進んだ CMOS では、2014 年までにチャネル領域のドナー不純物が 100 個以下になることが予想されている。従って、チャネルにおけるドナー不純物の数と位置の僅かな変化が、デバイス性能とばらつきに影響を与えることになる。そこで、将来的には、チャネルのドナー不純物の数と位置の正確な制御を可能にする決定論的ドーピングが必要になる(図 16-11)。また新しいワイヤチャネルへのドーピング制御も必要とされる。その他 ERM への期待としては、選択的なエッチング、洗浄、材料堆積が可能であるべきとの要求がある。エッチングや化学的機械的研磨のような化学的プロセスにおいて、特別なコーティングが施された巨大分子と自己組織化プロセスによって、プロセスの選択性と歩留まりを向上させられる可能性がある。またパターン・サイズが小さくなるにつれて、洗浄プロセスは構造を乱すことなく粒子を取り除くことが必要で、より選択的である必要がある。こうしたアプローチにも ERM 開発が期待される。

LOW DIMENSIONAL MATERIALS			Nanotubes for Vias	Nanotubes for Interconnects	Nanowires for Interconnect
MATERIALS AND TECHNIQUES	Operating Mechanism		Ballistic transport	Ballistic transport	Drift
	Material System		MWCNT or SWCNT	MWCNT or SWCNT	Metal (especially Cu)
	Synthetic Method		In situ thermal CVD Hot filament CVD Plasma CVD	Thermal CVD Hot filament CVD Plasma CVD	CVD or ECD
	Critical Material Property		Diameter, density, metallic	Diameter, density, metallic	Resistance
ITRS PERFORMANCE REQUIREMENTS	Diameter (nm)	Goal	≤ 5	≤ 5	M1 (14 nm half pitch)
		Demonstrated	0.4–10	0.4–10	
	Density or angular placement accuracy	Goal	Density (≥ 0.05 MWCNT/nm ²)	Density (≥ 0.05 MWCNT/nm ²)	$\sim 10^{-3}$ radians (0.06 deg)
		Demonstrated	~ 0.01 MWCNTs/nm ² [a]	In progress	[k]
	Direction /Orientation	Goal	Perpendicular to the substrate	Parallel to the substrate	Parallel to the substrate
		Demonstrated	MWCNTs: Good SWCNT: Poor	MWCNTs: Fair[d] SWCNT: Poor	
	Length (μm)	Goal	0.05–0.30	M1: 1–5	M1: 1
		Demonstrated	0.06–0.52 [b]	>100	Cu: ~ 6 [l]; 40 [m]
	Doping [electrically active] (cm ⁻³)	Goal	Metallic	Metallic	N/A
		Demonstrated	Mostly Metallic	Mixed	
	Resistivity ($\mu\Omega\text{-cm}$)	Goal	TBD	M1: ≤ 8 (for 14 nm half pitch)	Cu: ≤ 3
		Demonstrated			Cu(ECD): 5.7 (D=15 nm), [l]
	Contact resistance ($k\Omega/\text{LDM}$)	Goal	≤ 0.50 /MWCNT	≤ 0.50 /MWCNT	<10% NW resistance
		Demonstrated	10–200 /CNT[c]	10–200 /CNT	
	CMOS compatibility	Goal	T = 400°C, compatible catalyst	T=400°C, compatible catalyst	T < 450°C
		Demonstrated	T = 400°C Co catalyst[d]	In progress	100°C for Cu [l]
	Electro-migration (10^6 A/cm ²)	Goal	>10	>10	Bulk
		Demonstrated	CNT: >3 [e]	None	
	Maximum current density (A/cm ²)	Goal	$\geq 10^7$	$\geq 10^7$	
		Demonstrated	$\geq 10^9$ [f]	$\geq 10^9$	

MWCNT—multiwire CNT SWCNT—single wire CNT SAM—self-assembled material

図 16-10 カーボンナノチューブ、金属ナノワイヤ配線技術の開発目標と現状技術

■ **Conductance variability reduced from 63% to 13% by controlling dopant numbers and roughly ordered arrays;**
 ■ **Conductance due to implant positional variability within circular implant regions of the ordered array $\sim 13\%$.**



From Shinada et. Al, "Enhancing Semiconductor Device Performance Using Ordered Dopant Arrays", Nature, 437 (20) 1128-1131 (2005) [Waseda University]

FIG. 18

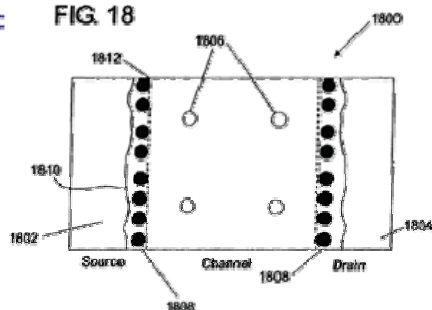


図 16-11 決定論的ドーピング技術

16-3-5 実装技術のための ERM 例

将来の実装技術では、低電気抵抗、高信頼のチップ・パッケージ間インターコネクトや、高熱伝導のインターフェース材料、機械的強度や高い剛性、低い吸湿性を持つ高分子パッケージ材料などに関して、ERM に期待が寄せられている。実装応用の分野では、困難な課題解決のために新材料を導入することに積極的である。低電気抵抗、低誘電性、高エレクトロマイグレーション耐性、チップ上での低機械ストレス性を持つチップ・パッケージ間電気接続材料として、CNT や新しい低融点ナノ溶ダが検討されている。CNT では、電流密度が 10^7 A/cm^2 を越えても安定である事が報告されているが、一方 250°C 以下での成長が可能かどうか、それらが高集積され、低抵抗で信頼の高いコンタクトで接合できるかなど、まだ課題が残されている。

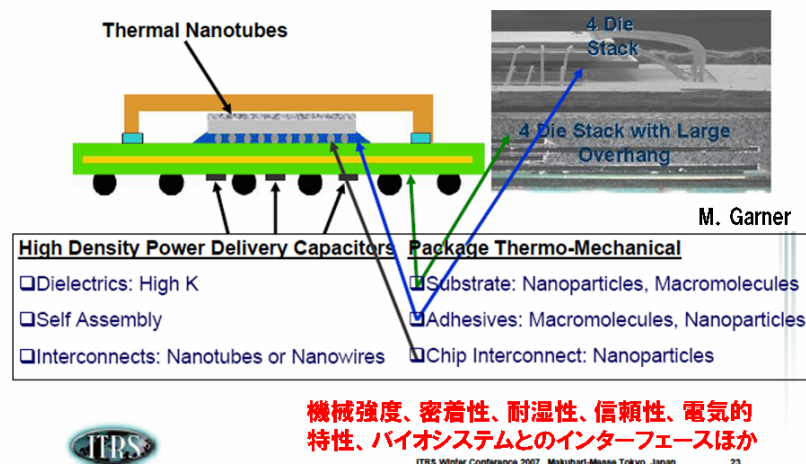


図 16-12 実装技術で求められている ERM 技術

熱応用では、高熱伝導性(例えば $> 400 \text{ W/m-K}$)と低熱コンタクト抵抗が要求される。実装用高分子材料やナノ粒子などの ERM には、将来の実装技術に要求される様々な特性を満たす必要がある。Cu、Sn、In、Bi、Ga、Au は粒子サイズが小さくなるにつれて融点が低くなることが報告されている。この振舞いは体積に対する表面の比率が高くなり、表面エネルギーの重要性が高まることによる。例えば直径 5 nm の金ナノ粒子は 150°C 以下で融解する。この低融点金属ナノ粒子は低温インターコネクトとパッケージ実装に有効で、比較的柔らかくコンプライアントなインターコネクトとして使える可能性がある。熱インターフェイス材では、熱伝導特性を劣化させることなくポリマーマトリックス中に高密度 CNT を分散させるための、マクロ分子や自己組織化技術が求められている。またこれとは別に、配列した CNT が加圧によって低熱コンタクト抵抗を示すことも報告されている。パッケージ高分子では、 16 ppm/K 以下の熱膨張計数と機械的弾性、高い剛性、低吸湿性が要求され、いくつかのナノ粒子はこれらの要求を満たす可能性がある。

16-4 新探究材料の潜在的用途と困難な技術的課題

上述した ERM によるブレークスルーの可能性について、言い換えれば ERM の潜在的用途について図 16-13 に一覧表を示す。この図は図 16-3 に具体名を加えたものになっている。図 16-14 に示すように、ERM の困難な課題は、まずナノ構造と物性の相関を明らかにし、それを制御性良く作る技術を確立すること、当然そこでは自己組織的な技術を用いることも必要だろう。また計測技術についてもナノ領域では新たなチャレンジを必要とする。ESH 的な活動は、現在も並行して進められているが連携が必要な活動である。

材料	新探究メモリーデバイス	新探究ロジックデバイス	リソグラフィ	フロントエンドプロセス	配線	実装とパッケージ
低次元材料	ナノメカニカルメモリー	ナノチューブ、ナノワイヤー、グラフェン系材料	高屈折率液体		ナノチューブ、金属ナノワイヤー	電氣的/熱的/機械的制御用途
巨大分子	分子メモリー	分子デバイス	レジスト、インプリント用高分子	新洗浄法、選択エッチ、選択性膜	low-k(低誘電率)絶縁膜	電氣的/熱的/機械的制御用途
自己組織化材料			リソグラフィ技術を超える微細パターンニング	選択エッチ、選択成膜、決定論的ドーピング	選択エッチ、選択成膜	パッケージ、キャパシター
スピン機能材料	スピン注入によるMRAM	スピントランジスタ、強磁性半導体、強磁性金属、トンネル絶縁膜、表面保護絶縁膜				パッケージ、キャパシター
複合金属酸化物	強誘電体FET、ヒューズ・アンチヒューズメモリー	マルチフェロイックス、新相変化			コンタクトと界面	
界面とヘテロ界面	電氣的/スピンのコンタクトと界面	電氣的/スピンのコンタクトと界面			コンタクトと界面	

MRAM(Magnetoresistive Random Access Memory) : 磁気抵抗メモリー

図 16-13 ERM の潜在的用途

- ・ **ナノ構造と特性の相関に関する評価**
Characterization of the nanostructure to property correlation
- ・ **ナノ構造と特性の制御**
Control of Nanostructure & Properties
- ・ **ナノ構造、欠陥、位置合わせのための制御された自己組織化技術**
Self Assembly control of structure, defect, registration
- ・ **ERM用材料特性の批判的な識別**
Identifying critical properties for alternate state devices & their interfaces
- ・ **埋め込まれた界面やマトリクスの電氣的およびスピン特性の評価**
Characterizing electronic & spin properties of embedded interfaces/matrixes
- ・ **ERMのESHとしての影響力調査**
Assessment of potential ESH hazards and risk of ERM

図 16-14 ERM の困難な技術的課題

16-5 STRJ-ERM-WG の独自活動「ナノバイオ技術調査」

16-3-1 で述べたように、“More than Moore”の融合技術の一つの候補として バイオ技術があり、国内の STRJ-ERM としての独自活動として、本年度はナノバイオ技術の調査を行った。図 16-15 にヒアリング調査したテーマと講師の一覧を示す。初回はバイオナノの研究分野を俯瞰し、2 回目以降、この分野で活躍されている講師の先生をおよびし、主に μ TAS とバイオセンサー、MEMS による異種機能集積化など最新の動向を調査した。今後はさらに More than Moore としての LSI との融合の取り組みについて調査したい。

1. 「Bio-nano研究の概要」

講師) ㈱富士通研究所 ナノテクノロジー研究センター
主席研究員 藤田省三氏

2. 「 μ TASとナノバイオ技術」

講師) 名大大学院工学研究科化学・生物工学専攻
予防早期医療創成センター 渡慶次 学准教授

3. 「バイオランジスタによる生体分子検出可能性について」

講師) NIMS生体材料センター・バイオエレクトロニクスグループ・
ディレクター, 東京大学大学院工学研究科・マテリアル
工学専攻・宮原 裕二 教授

4. 「ナノダイヤモンド上へのDNA固定法と一塩基多型DNA検出」

講師) 早稲田大学 川原田洋 教授

5. 「MEMSとナノバイオテクノロジー」

講師) 東京大学 生産技術研究所・マイクロメカトロニクス
国際研究センター長 藤田博之 教授

16-4 まとめ

本年度版から新たに加えられた ERM について、その目的、スコープと STRJ 委員会体制、ERM 章に書かれた主な内容について説明した。日米欧亜で執筆分担し、総ページ数 53 ページ、引用文献数 273 件、8 つのテーブルからなる第 1 版を完成した。日本側委員会は現在 13 名のメンバーで構成され、各々の委員が専門性を活かし、この広い ERM スコープをカバーしている。国内委員会は 13 回開催し、その他、海外との e-Workshop も多数回参加した。国内独自活動として、委員から希望の多かった「ナノバイオ」技術に関し、5 回のヒアリング調査を行った。ERM としての第 1 版である 2007 年版では、各 ITWG からのニーズに対応する ERM 候補技術を紹介したが、今後、さらに国内クロスカット会議を重ねてこれを継続していくとともに、ERM の導入時期について大まかに示すタイミングテーブルについても検討していく方針である。