MCM 技術の動向

Trends in New Technologies of MCM

本多 進*

1. はじめに

ここ数年来、国内外の学会や研究会で MCM 関係の新技术、応用技術に関する発表が相ついでいる。しかし、こうした活発な動きの割には、従来からの大型コンピュータ用や宇宙、防衛用等は別として、一般の産業用、民生用電子機器への適用拡大は今ひとつの感がある。このためここに来て、“MCM は本命となり得るか？”、“あるべき姿は？”、“有効性は？”等々、いささかこれまでとは異なる角度からの議論が出始めた。バブル経済が沈静化し冷静になって問題点を見つめ、将来方向を探ることが必要な時期にきている現在、これはむしろ歓迎すべき傾向かもしれない。

しかし一方では、後述のように、MCM 化にとって強力な助っ人となるようなベアチップの新実装技術開発の動きも活発化し始め、事業環境が整いつつあるので、近い将来、MCM を搭載した機器が急伸する可能性もある。

いずれにしても、現在の問題点や技術の進展状況、事業環境の整備状況等を的確にとらえて、今後の方向を見定める必要があろう。ここではこうした背景を念頭に置きながら、MCM 特集の総論として、主として技術面を中心に最近の MCM の動きを総括してみる。

2. MCM の役割

最近の SMT 実装方式は、搭載部品やソルダリング技術が小形化、高密度化の限界に近付いてきたため、さら

に高密度化や薄形、軽量化を狙って、IC チップを直接プリント基板に実装する COB (Chip on Board) 方式が拡大しつつある。このため、従来のセラミックベースのハイブリッド IC は、これに置き換えられるものも出始めた。そこでハイブリッド IC はさらにファイン化、高密度化を進め、より複雑な回路をモジュール化する方向に進み始めている。前者を従来の SMT 実装に対して A・SMT 実装というならば、後者は従来のハイブリッド IC に対して A・HIC とでも呼ぶことができよう。これら A・SMT, A・HIC 領域における IC チップの多いモジュールが、広義の MCM の一角を占める。

ところで半導体 IC は、Si チップ内に $1\mu\text{m}$ ないしそれを切る微細な素子や配線で回路を構成し、高性能化と超小形化を次々と実現してきた。しかし IC チップをひとたび基板に実装するとなると、従来の SMT 実装やハイブリッド IC では、 $100\mu\text{m}$ を上回るデザインルールで設計された基板パターン上に組み込まざるを得ない状況にあった。この 2 桁も大きいギャップは単に基板が大形化するだけでなく、高速化など高度化が著しい半導体 IC の性能を低下させてしまう問題点を含んでいる。

これを避けるには、信号を受け止める基板サイドでの最短距離の相互配線が必要で、この大きなギャップを埋める役割を果たすのが MCM である。したがって、MCM は IC チップ群とその周辺部品類を高密度基板に実装してモジュール化したもので、小形化と高性能化に同時に役立つ切れ者ということになる。といっても MCM 自体が性能を高める能力をもつわけではなく、あくまで IC チップの性能を落とさずに動作させる実装手段であり、それが結果的に回路性能を向上させることにつながる。

以上の考え方に基づいて、従来のプリント基板への部

SHM 会誌

* Susumu Honda

(株)エス・シー・ラボラトリー/S・C・Laboratory Inc.

Fig.1 Trends in pattern designing area on PWB assemblies, Hybrid IC, MCM and monolithic IC.

(a)IPCによる分類

(b)基板の構造例

Fig.2 Classification of MCM.

品挿入実装方式から半導体 IC の高集積化方式まで、各種の実装・集積化方式のパターンデザイン領域と拡大方向をまとめると Fig.1 のようになる。

一口に MCM といっても、目的に応じてすでに種々の構造や形態のものが提案されている。Fig.1 で MCM の領域がかなり広いのは、上記の A・SMT や A・HIC 領域の一部や、これら各種構造のものが含まれるためである。

さて、MCM 化することによって小形化と高性能化が同時に達成できるとなれば、当然、各種電子機器への導入が積極的に進むと予想されるが、実際にはそんなにうまくはいかない。というのは、これには当然コストが絡んでくるからである。ここに冒頭で述べた今ひとつ盛り上げられない理由が存在する。産業用と民生用とでは選択肢の内容や順序が異なり、通常、前者では性能、サイズ、コストの順、後者はコスト優先で、次に生産性やサイズ、性能がくる。性能が最優先の場合は、徹底した基板のファインパターン化や多層化による最短距離実装が生きてくる。

しかし、高性能化が達成できてもコスト的にかげ離れていたのでは実用にはならない。その場合は若干性能を犠牲にしてもローコスト化する手段が必要となる。そこで、目的を明確にして、まずは MCM 化が必要か？ 必要ならどのような構造を選ぶべきかを決める必要がある。以下にこうした観点から MCM の構造を見てみよう。

3. MCM の構造分類

MCM は通常、基板構造を中心に分類される。代表的

Vol.10, No.4

な IPC (米国) の分類では、Fig.2(a) のように MCM-L, C, D に大別されている。さらにそれらは同図(b) のような種々の基板構造に分けられる。これらに用いられる基板技術としては、高速化やノイズ低減等を狙って、ファインパターン化やビアホールの小径化、高多層化等による配線長のミニマム化、基材の低誘電率化、特性インピーダンスのマッチングやノイズ対策用パターンレイアウトの検討、Si チップと熱膨張係数の近い基材や高熱伝導基材の検討等が進んでいる。とくに高密度化や高速化で問題となるノイズや熱の発生に関しては、材料や構造面からの見直しだけでなく、パターン設計や構造設計段階でのシミュレーション技術の開発が活発化してきている。これら基板の詳細構造や新しい動きについては、本号別章と次号で詳述されているので、ここではこれら 3 方式の概略比較のみを示しておく。

3.1 MCM-L

プラスチック積層多層基板を用いた MCM で、基板構造は Fig.2, Tab.1(a) に示すような通常の高層プリント基板であるが、IC チップを複数個実装するので、こ

Fig.3 An example of the build-up multilayer substrate (日本アイ・ビー・エム：SLC—Surface Laminar Circuit)

Tab.1 Typical properties of MCM-L, C and D substrates.

分類 基板の種類 特 性	(a) MCM-L	(b) MCM-C				(c) MCM-D	
	ガラスエポキシ (FR-4)	コファイヤタイプ			厚膜タイプ 結晶/非結晶 ガラス	D/C ポリイミド	D/Si 二酸化シリコン
		HTCC		LTCC			
		アルミナ	窒化 アルミニウム	低温焼成ガラス セラミック			
熱伝導度 (W/m・k)	0.2	25	170~250	2~4	25 (アルミナベース)	25 (アルミナベース)	150 (Si ベース)
熱膨張係数 (ppm/℃)	15	6.4	4.3	3~6	6.4 (アルミナベース)	6.4 (アルミナベース)	2.8 (Si ベース)
誘電率 (1MHz)	4.6~5.0	9.2~9.4	8.6	4~8	4~13	3.3	3.8
内層導体抵抗 ($\mu\Omega \cdot \text{cm}$)	1.7 (Cu 箔)	10 (W)	10 (W)	2~5 (Ag, Cu)	2~7 (Au, Cu)	2 (Cu)	3 (Al)
ライン 幅 (μm)	~70	~50			~50	~10	
	~200	~120			~120	~30	
ビホ アル 径 (μm)	~ ϕ 100	~ ϕ 80			~ ϕ 100	~ ϕ 10	
	~400	~200			~240	~30	
抗折強度 (kgf/cm ²)	4500	3300	3500	1500~3000	3300 (アルミナベース)	3300 (アルミナベース)	3000 (Si ベース)

(注) ライン/ビアホール：試作を含め、現在発表されているミニマム値

Fig.4 Trends in pattern designing area on MCM-L, C and D.

の構造に限らず基板はファインパターンの高多層になる。しかも最短距離接続をとるため、内外層に微小ビアホールを多数用いたものになる。最近では、Fig.3に示すようなビルドアップ構造の多層基板も導入され始めている。ただし、この範疇のMCMはプリント基板を使用しているため、パターンデザイン領域のミニマム値は、現状ではFig.4のように従来のSMT実装の先端領域に近い70 μm 前後にとどまる。しかも、上述のA・SMTのCOB方式と構造上は類似したものとなる。

この基板構造の利点は、他の2方式に比べて比較的ローコストにでき、高速化に適した低誘電率基材が得られやすく、加工性も良い等の点であるが、問題点は熱伝導性が悪く、Siチップとの熱膨張差が大でフリップチップ

プ素子の直接実装には不適当な点にある。しかし、熱伝導性の改善についてはメタルベースやメタルコア基板の採用が進んでおり、熱膨張差については、後述のように、実装したICチップと基板間への絶縁樹脂の充填で改善できることがわかってきたため解決に向かいつつある。

当面は、コスト面で最も解があるこの方式が、産・民共に主体になるとの意見も出始めており、このところMCM-Lに特化した研究会が国内外で目立ってきている。

3.2 MCM-C

これはFig.2, Tab.1(b)に示すように、導体とセラミックとのコファイヤ多層基板や、焼成済みのセラミック基板上に厚膜導体／絶縁体ペーストを交互に印刷、焼成した厚膜多層基板によるMCMである。前者は、セラミック基材によって高温焼成タイプ〔HTCC (High Temperature Cofire Ceramic)：アルミナ、窒化アルミニウム等〕と、低温焼成タイプ〔LTCC (Low Temperature Cofire Ceramic)：ガラスセラミック等〕に分けられる。

HTCCは1,200~1,800℃の高温焼成のため、内層導体にはW, Mo等のリフラクトリメタルが必要で配線抵抗が高く、基材の誘電率も高いため、高速素子実装にはやや不向きである。しかし多層化が容易で熱伝導性も良いため、これまで大型コンピュータ用MCM基板に

ただし、MCM-Cは、いずれもセラミックや厚膜の多層基板を使用しているため、基板のパターンデザイン領域のミニマム値は、Fig.4のように、従来のハイブリッド IC の先端領域に近い50 μ m 前後にとどまる。

これは、ベース基板上に薄膜の導体層／絶縁層を組み合わせた多層基板による MCM である。ベース基板の種類により Fig.2, Tab.1(c) のような D/C (セラミック)、D/Si のほか、D/M (メタル)、D/S (サファイヤ) 等、種々の組み合わせがある。導体層と絶縁層には主に Cu/ポリイミドや Al/SiO₂ 等の組み合わせが用いられ、パターンやビアホールは半導体プロセスと同じ写真蝕刻法で造られるため、Fig.4 のように 10 μ m を切るファインパターン形成も可能になる。したがって、3 方式の中では最もファインな多層基板が得られ、IC チ

このほか、この範疇に入ると考えられる新しい MCM 構造として、配線を施した基板上に IC チップを組み込む従来の実装方式 (chip-last 実装方式) とは逆に、配線のない基板の凹部に IC チップを組み込み、後からチップ上に相互配線を施す実装方式 (chip-first 実装方式、Fig.6(a)) が提案されている。相互配線には上記の薄膜

Fig.7 Relation between cost and properties on MCM-L, C and D.

多層方式が適用できる。この構造はGEのHDI(High Density Interconnect)方式等で以前から提案されているが、ICチップの埋め込み配線方式のため実装後の不良チップの交換が難しく、ほとんど実用化されずに今日に至っている。

しかしここに来て、後述のようにKGD(Known Good Die:良品チップ)の供給見通しが明るくなってきたため、実現の可能性が高まり、再び注目され始めたものである。超薄形実装やICチップ上の数 μm □程度の超微小電極への接続、チップ間隔を究極まで狭めた配置による最短距離の相互接続などが可能になる。さらにこの考えを拡張すると、同図(b)のような長年懸案とされてきたベアチップの3次元実装も夢ではなくなり、新構造のMCMが出現する可能性もある。

以上の3方式を比較すると、コスト面では $L > C > D$ 、高速性では、誘電率の点から $D > L > C$ 、配線の引き回しを最小にするファインパターン形成や配線密度の点では $D > C > L$ の順となる。誘電率が多少大きくても配線の引き回しが短ければ良く、それによって高速性能がL方式で未達のものC方式で達成できた例もある。これら3方式の性能とコストの関係を概念的に示すとFig.7のようになり、これらを図中の矢印方向に移行させる手段が今後のMCM事業の成否を左右する重要課題となる。

一般に基板のコスト面では、CはLのおよそ2倍、DはLのおよそ3~8倍などといわれているが、実際には基板構造だけでなく、パターン密度や層数、生産量等によって大幅に異なるので、それらの考慮も必要となる。しかし、MCM全体のコストを決める要素は、こうした基板の構造やコストだけでなく、ICチップの組み込み法やパッケージ構造、テストやリペアの難易度、生産量等多岐にわたる。むしろ、基板の構造やコストより他の

要素に左右されるケースが多い。

同様のことが性能面でもいえ、単に基板構造だけが支配的とはいえ、ICチップの電極構造や組み込み法、パッケージ構造等が大きくきいてくる。基板やモジュール構造を適切に設計することにより、MCM-LでもC、D方式に匹敵する高速性能が得られた例もある。

したがって、コストや性能は実際に試作して比較を行い、優位性を判断する必要がある。さらに製品化に際しては、必要性能とコストのバランスを考慮して構造を決める必要があり、産・民別でなく、機種ごとに狙いが異なる方式が分かれる。

4. MCM事業拡大の起爆剤となるカーベアチップ実装技術開発の新たな動き

4.1 ベアチップ実装技術の狙うべき方向

MCMではICのベアチップ実装が避けられず、性能やコストに及ぼす影響も大きい。このため、上述の配線板のファインライン化や多層化技術と並んで、ベアチップ実装技術が極めて重要なテーマとなる。このところ各種の新接続方式の開発や実用化に向けての活発な動きが見られ、特にICチップの大形化や多電極化に伴う電極の配置や構造、接続法の開発に重点が置かれている。

従来のベアチップ実装法の主なものは、ワイヤボンディング、TAB、フリップチップの3方式であった。この内、前記2方式は、電極パッドを主としてチップの周辺に配列(Fig.8(a))して、ワイヤないしミニリードで基板電極に接続する方式のため、パッドサイズが大きいと電極数でチップサイズが決まることになりかねない。そこで、電極数が増えてくると、パッドの配列を周辺から全面(格子状配列、同図(b))に移し、それと同時にチップをフェイスダウンで基板に直付けする方法が有効となる。この方法はチップサイズを上げずに電極数を増すことができ、チップと基板電極間の最短距離接続が可能で、効率面でも性能面でも現状では最もすぐれた実装方式といえる。

この代表的なものが、1960年代初めにIBMが大型コンピュータ用MCMで実用化に先鞭を付けた、はんだバンプによるフリップチップ方式である。しかし、この方式といえども、電極数の増加とともにパッド形状を

Fig.8 Trends in pad location on IC chip.

Fig.9 Fine pitch flip-chip assembly by photo-sensitive resin dam structure (NEC).

Fig.10 IC chip assemblies by conductive adhesives.

100→50→25 $\mu\text{m}\phi$ へと微小化し、かつ狭ピッチ化する方向に開発努力が払われている。しかし、ピッチが微小になると溶かして付けるこの方式では、ボンディング時に隣接バンパ同士のブリッジ不良が増加し、この方式の限界に近付く。そこで最近では、バンパ間に感光性樹脂接着剤で微小なダムを設けてこれを防ぎ、25～50 μm ピッチを実現した例 (Fig.9: Inバンパ, NEC) なども見られる。

4.2 ベアチップ新実装方式の導入が活発化

上述の3方式に対して、このところ新たなベアチップ Vol.10, No.4

(a) 導電性樹脂バンパを導電性接着剤で接続 (Epoxy Technology)

(b) 導電性樹脂ペダスタルによる接続 (ソニー)

Fig.11 IC chip assemblies by conductive adhesive bumps or pedestals.

(a) Auバンパによるダイレクト接続方式 (松下電器産業)

(b) Auめっき樹脂ボールによる接続方式 (沖電気工業, シャープ他)

(c) 異方性導電フィルム接続方式

Fig.12 IC chip assemblies by mechanical connection.

実装方式の開発や導入が活発化してきている。これには、Auバンパを導電性接着剤で接続する方式 (Fig.10(a): 松下電器産業, (b): シチズン時計) や、さらに積極的にバンパ自体も導電性樹脂で形成する方式 (Fig.11(a):

Epoxy Technology) や、基板電極に導電性樹脂でペデスタルを形成し、これに直接 IC チップの Al 電極を接続する方式 (Fig.11(b): ソニー) 等の検討も進んでいる。

さらに、Au バンプを直接基板電極に接触させて絶縁樹脂で固定する方式 (Fig.12(a): 松下電器産業) や、Au メッキ樹脂ボールを IC チップの Al 電極と基板電極間に挟んで、少し潰した状態で絶縁樹脂により固定する方式 (同図(b): 沖電気, シャープほか)、IC チップと基板電極間に異方性導電フィルムを挟んで実装する方式 (同図(c)) 等のメカニカル接続方式も開発され、すでに一部で実用化され始めている。このほか変わったところでは、3.3で述べた IC チップ埋め込み配線方式 (前掲 Fig.6) の検討も進んでいる。

ところで、これらの新実装方式の実用化は、最近進みつつある次のような技術成果に負うところが大きい。

4.3 KGD (良品チップ) 供給体制整備の本格化で、ベアチップ実装が身近に

このところ MCM 化が先行している米国を中心に、半導体 IC 各社がチップレベルでバーンインや測定をして、完全良品の IC チップを供給しようとする動きが活発化してきた。これにはベアチップ用のキャリア、ソケット等のメーカーや測定器メーカーなども積極的に協力し始めている。ウェハレベルでの実施はまだ困難なため、現状ではチップレベルでキャリアに仮付けしたり、ソケットに入れて行われる。

前者では、たとえば高融点はんだバンプをもったフリップチップ素子を、それより低融点のはんだで専用キャリアに仮付けしてバーンインや測定を行い、終了後溶かして外す方法¹⁾がとられる。取り外した後のバンプの変形はほとんど無く、本番のボンディングができる。

後者ではバーンインソケット中の特殊な微小端子に IC チップの電極パッドを接触させ、圧力をかけながらバーンインや測定を行う方法がとられる。しかし、いずれにしても微小ベアチップの取扱いになるので、現状ではかなりの熟練と困難性を伴う。

そこで最近、チップサイズに近い超小形パッケージに

IC チップを収め、それを専用ソケットに入れてバーンインや測定を行い、パッケージごと基板に実装する方法も提案されている。格子状配列のバンプ端子をもったチップキャリアを、IC チップの周辺電極にボンディングして造ったチップサイズパッケージ (エリヤアレイ・チップキャリア・パッケージ) の例²⁾ (新光電気工業/Tessera) を Fig.13 に示す。このチップキャリアはポリイミド銅フレキシブル基板製で、チップ電極の周辺配列を格子状配列に変換してバンプ間隔を拡げ、専用ソケットの使用を可能にし、かつリフローソルダリングを容易にする役割を果たす。

このように今後 KGD 供給体制の整備が進むと、IC チップ数の多い回路や複雑な IC を含む回路を容易に MCM 化することができただけでなく、MCM 事業への半導体メーカー以外からの参入が容易になり、市場拡大にもつながる。また、前掲 Fig.6 のように、チップ実装の考え方を根本から変革する実装方式が出現する可能性も大きい。

4.4 簡易バンプ形成技術の進展により、フェイスダウンボンディング方式でも Al 電極チップの使用が可能に

TAB やフリップチップ方式では、IC チップの Al 電極上に複雑な薄膜多層構造を介して Au やはんだのバンプ形成が必要になる。特にフェイスダウンボンディング方式ではこれが避けられないため、チップの入手難やコスト高の原因になってきた。

しかし最近、Au, Cu, はんだ等の細線をワイヤボンダでボールボンディングして Al 電極上にバンプを個別形成する方法 (田中貴金属工業ほか) や、別の基板に形成したバンプを転写方式でウェハの Al 電極部にギャングボンディングする方法 (松下電器産業)、導電性ポリマバンプを Al 電極上に形成する方法 (前掲 Fig.11(a)) 等が開発され、簡易バンプの形成が可能になってきた。これは IC チップのユーザ側でも簡単に安価にできるため、IC チップの入手が容易になる。先の Fig.10(a) に示した導電性接着剤接続方式には、Au ワイヤのボールボンディングで形成したスタッドバンプ付き IC チップが用いられている。

4.5 樹脂充填技術で基板選択の自由度と接続構造のバリエーションが増す

IC チップをフェイスダウンで基板に直付けする方式では、チップと基板との熱膨張係数を近づけないと、実装後の熱サイクルでバンプ部に歪みがかかり、破壊につながる。このため、従来のフリップチ

Fig.13 Chip size package (新光電気工業/Tessera).

Fig.14 Thermal stress reduction method by resin coating.

ップ方式では Si チップと熱膨張係数が近いセラミック基板が使用されてきた。

ところが最近になって、フェイスダウンで直付けした IC チップと基板との隙間に適切な絶縁樹脂を充填して硬化させ (Fig.14), チップ本体とバンプ, 基板とを一体構造にすると, バンプ部の破壊が抑えられることがわかってきた。ここでいう適切な樹脂とは, 熱膨張係数がバンプ材料 (はんだバンプでは約30ppm/℃) に近く, Si チップと基板への接着力が強く, 両者間に圧縮応力を与え, しかも作業性が良く (紫外線硬化型とかポットライフが長い等), 部分加熱でチップのリペアが可能で, かつ耐湿, 耐熱性にすぐれ, 高純度なことなどである。

こうした樹脂で充填すると, Si チップと熱膨張係数が大きく異なる基板を用いても, 歪みがこの複合体全体に分散されて, バンプにかかる歪みが大幅に低減される点や, 充填樹脂が Si チップを基板に押さえ込む役割を果たすなどの相乗効果により, 広範な温度域で電気的, 機械的接続信頼性が得られると考えられている。これを応用して, フリップチップ方式で IC チップをガラスエポキシ基板 (FR-4) にはんだバンプ接続し, 熱膨張係

数が5倍も違うにもかかわらず十分な接続信頼性が得られた例³⁾(Fig.15: シャープ) も見られる。

さらに, プリント基板はヤング率が小さい (約9,500 MPa) ため, ひとつの構造体となったチップ, バンプ, 基板が温度サイクルで生じる熱応力に追従してバイメタル的挙動を示して変形するので, これが上の相乗効果に加えて接続部の応力緩和に役立つとの考え方もある。実際この方法で, セラミック基板 (ヤング率約550,000 MPa) よりプリント基板へのフリップチップ実装のほうが熱疲労寿命が延びるという報告も見られる⁴⁾。

先の Fig.10, 11の方法は, 電気的接続は全て導電性接着剤でとっているが, 機械的な接続信頼性はいずれもこうした樹脂充填法で確保する方法を採用している。

こうした方法で, 大形チップでも熱疲労寿命の改善が可能なことがわかってきたため, フェイスダウン方式による IC チップ実装基板の選択に大幅な自由度が出てきた。

4.6 メカニカルコンタクトが接続の有力手段に

さらに先の Fig.12(a)の方法 (松下電器産業) では, Au バンプをもった IC チップを基板電極に単にメカニカルにコンタクトさせただけで, 前項4.5で述べた方法で隙間に樹脂を充填して硬化させ, 電気的, 機械的な接続信頼性を得ている。この場合, チップと基板との熱膨張差による接続部の応力発生はほとんどない。

また, 先の Fig.12(b)の方法 (沖電気工業, シャープほか) は, Al 電極チップと基板電極間に Au めっき樹脂ボールを挟んだ上で隙間に樹脂を充填し, IC チップに圧力をかけてボールを少し潰した状態で樹脂を硬化さ

Fig.15 Reliability effects on the resin coating in IC chip assemblies (シャープ).

せて接続した例である。この場合の電氣的接続は、樹脂の圧縮応力と Au めっき樹脂ボールの復元力により確保される。

また、先の Fig.12(c)のように、IC チップと基板電極間に異方性導電フィルムを挟んで、メタルボールのメカニカルコンタクトで接続させる方法もこの考え方に近い。

これらメカニカルコンタクト方式は、接続にはんだや導電性接着剤による接合とか接着現象は使用せず、単なるメカニカルなコンタクトによる接続方式であるため、構造が簡単で、低温実装、クリーン実装が可能なほか、素子と基板との熱膨張差を気にしない実装ができる点に大きな特徴がある。

ただし、現状では接触抵抗がやや高い（数十～数百 mΩ/バンプ）ため、液晶モジュールへの適用が主であるが、今後応用拡大を図る上ではこれを下げる対策が決め手となる。

5. おわりに

3 節で述べた各種の基板構造が開発され、4 節のように簡易バンプ形成が容易になり、熱膨張差を気にしない基板の選択やメカニカルコンタクト接続方式が可能にな

って、さらに KGD 供給体制が整備されてくると、MCM 化が容易になるばかりでなく、新構造の MCM の出現も期待できる。しかもこれらの最適組み合わせによって、性能面やコスト面での解も得られやすくなるであろう。こうした技術面で最近の動きを念頭におきながら以降の各論を読み進まれることにより、冒頭に触れた MCM に対する疑問の声に対しても、自ずと解が得られるのではないかと期待している。

参 考 文 献

- 1) 塚田：第23回インターネブセミナー，SMT 5，(1994)，p.39，工業調査会。
- 2) K. Gilleo: Electronic Packaging & Production, (1993), p.88, Cahners Publishing Company.
- 3) 頼，他：サーキットテクノロジー，8 (2)，(1993)，p.136，プリント回路学会。
- 4) Y.Tsukada, et al: Proc. 7th IMC, (1992)，p.252, SHM.

〔執筆者紹介〕

本多 進（ほんだ すずむ） 当協会理事
1959年、横浜国大電気化学科卒業。同年、(株)東芝入社。以来、基板、ハイブリッド IC、半導体 IC、実装関係の技術開発ならびに製品事業部門を担当。徳山曹達(株)エレクトロニクス事業部門を経て、現在、(株)エス・シー・ラボラトリー取締役所長。プリント回路学会ほか数団体に所属。