SMT技術の現状

The Review of SMT

伯田 達夫*

1. はじめに

今日、表面実装技術（SMT）の進歩には、目ざましいものがある。SMTは海外でオリジナルの声を聞いたのであろうが、今日これまで成長と発展をさせたのは、関係者、各位の力あって実現した。特にSHMのメンバー各位の努力、貢献は大きい。日本の企業は毎年毎月、次々と表面実装デバイス（SMD）を開発、次々とSMTを導入した商品を市場へ出し、90年前半で日本は世界のSMT普及国No.1となる。

特記すべき点は、コンシューマー、ノンコンシューマー全般に波及していること、その中でもラジオ、ヘッドフォンステレオ、ビデオムービーやコードレス電話等のコンシューマー商品の製造常識になったことである。

2. 1990年のSMT

1990年はSMT関連企業が活性化した年といえよう。SMD、すなわちチップ部品の需要と供給を見れば異変があった。部品メーカーの受注は、毎年、毎年増加はしているが、1年の中で夏の落込みが必ずある。7月から下り8月の谷、9月の上向現象であるが、90年は春から秋に向って昇り調子であった。ビデオムービーとコードレス電話向の受注、生産が大きい。

日本のSMDとSMTを導入した製造業は、商品の小型、軽量、薄型に対応し高密度実装、部品の小型化が進み、重ねてコンシューマー市場商品がターゲットのため、量的

規模、コンシューマーコストを実現するために体質を改善してきた。結果的にFA化が進み、省人化が進み、量産化、高品質が実現した。

これに対し、ヨーロッパのSMT関連商品を90年ミュンヘン・エレクトロニカフェアと、数社のSMP/SMDメーカーを訪問した範囲で日本と比較するには視野が狭いかもかもしれないが、日本より活気があるとは思えないし、大量生産している様子もない。ヨーロッパでは、中・小量生産規模といえる。軍事産業、宇宙産業、計測通信産業のノンコンシューマー市場向が目立ち、それに自動車産業向のハイブリッドICが多く目についた。

ヨーロッパにおけるコンシューマー市場へのSMT化は今後の課題であり、期待も大きい。この市場をSMTで形成するには、日系企業が何らかの形で関係をもち、推進、あるいは協力すれば、品質、数量、コスト面で発展、切替が早まるであろう。また実装面、実装技術では光るものが多い。

たとえば、ガラエボ基板とポリイミドフレキシブル基板による複合基板、ヒートシンクを考えたハイブリッドIC、何よりも企業、展示ブース内には必ずSMTに強い関心をもったキーマンが1人以上いて、言葉の不自由さを越えた技術のふれあいを実感した。この面では先行している点も多く、Give and Takeがわれわれにも必要であろう。

SMTに関した企業規模、ビジネスの大きさ、人的、技術的ピラミッドは日本が大きく、広いことは事実である。

3. 実験室体験から見るSMTの発達史

SMTが今日、これまで発達してきた裏には多くの失敗、トラブルの経験を重ねてきたはずである。ここに量

HYBRIDS

*Tatsuo Hakuta

ソニー/Sony Corporation

産までの失敗、トラブルの一例を示しながら、SMTの発達、成長の過程を述べる。

1970年代、ハイブリッドICはSMTのスタートを切った。セラミック基板にAg系ペーストを印刷、焼成し電極を形成した。抵抗体も印刷、焼成して形成、サンドブラストでトリミングしたため、抵抗の長さ、幅も大きかった。部品は、セラミックコンデンサのチップが主体に使われたが、種類が少ないために、リード部品を購入しリードカットして使用した。ICも同様、ミニモールドタイプの入手難で種類も少なく、2.54ピッチICのリードをカットし、人手で実装した。リードカット長さのバラツキがはんだ品質を大きく左右したし、メーカー毎にICリードピン間寸法が異なり、修整治具を使いマウント前の準備をした。はんだぬれ性は決して良くなく、ハイブリッド基板の電極部を何らかの工具を使って研磨し光らせて使用したり、追加はんだ作業を工程に加えた。これがSMTの初期の姿である。

80年初期、チップ部品は種類も増えてきた。セラミックコンデンサの種類も増え、抵抗も入手容易になり、ミニモールドトランジスタ、ダイオードも日々品種を増してきた。チッププレサースの商品化がされ、ラジオ、テープレコーダ、ビデオカメラ等コンシューマー商品にチップ実装が芽ばえた。写真1は当時の海外品である。

プリント基板は紙エポ、コンポジット基板の片面、両面基板が使われた。はんだ付はフロー式であり、チップ

写真1 SECRE社カタログ

写真2 CCDカラーカメラ用基板（1982）

部品のほとんどは性能改善で多くの工夫が導入された。

チップ部品の高さに応じて、はんだ付部ランドの大きさを変えるパターン設計、チップ部品の近くに穴を設けるガス抜き設計、基板のたて、よこをシンボル印刷で区分する設計等多くの考案が各社で試みられた。チップ部品では、はんだ喰われが生じ電極の三層化がなされた(写真2²⁾参照)。

チップの種類は抵抗、セラミックコンデンサとトランジスタ、ダイオードにタンタルコンデンサ、固定インダクタ、半固定抵抗器、QFP-IC等が加わりフロー、リフロ時代に入る。

リフロ方式で苦労したのは、ツームストーン現象、別名マンハッタン現象であり、開発チップ部品の初期に多くの経験をした。タンタルコンデンサでは+-極の重量バランス、熱容量バランスで、半固定抵抗器も電極バランス等リード部品では想像もしていない現象がリフロでは生じ、部品開発メーカーと日夜対策で苦労した。これには基板側のパターン設計、特にランド設計にも原因があり、また、セルフアライメント効果が悪い方向に機能していたし、リフロの特にプリヒートの条件設定、温度プロファイルにも原因していた。

また、半固定抵抗でははんだのフラックスが摺動電極部へ付着し、接点不良が多発した。フロー、リフロ2工程のはんだ付工程を通す基板では、基板の端に位置している半固定抵抗器はフローとリフロ時のフラックスを重ねて付加するため最悪であった。洗浄しながら回転を加えた経験もある。

80年中頃から基板厚が0.8mmから0.6mmへと移り、マウント時基板が異常に上下運動して苦労してからソフトランディングの工夫、改善が付加された。

部品の破損は、この時期にも生じた。基板はコンポジットからガラエポに代りながらVカット方式と条件を変更しなかったためにガラエポ基板は容易に分割できず、しなり、チップ部品にストレスを与え、破損する部品があった。

分割部の付近に位置し部品の長手方向が分割線に直角

図1 ビデオムービー実装形態

の場合、これも最悪である。抵抗ははんだ電極部の断線は発見しづらい。この部分へ強度のある丸チップを使う案もでた。

以上、失敗、トラブルの一例を述べたが、SMTは日進月歩であり、新しい技術、材料、部品、設備を導入する時は大なり小なりの冷汗を経験し、今日に至っている。

カスタマーに喜んでいただける商品を作るために、今日も新技術導入に休むことなく活動しているのがこの道を歩む技術者の姿であり、実装屋の宿命なのか？ともあれ、男のロマンを求めて頑張っているのは企業を越えたものがある。

今日、多くの企業で実装という言葉が認知され、組織が認められてきたことは喜ばしいことである。

図1はビデオムービーの実装形態である。特に両面リフロ方式は、今日のビデオムービーの基本となった実装形態である。

4. コンシューマー商品とプリント基板

セット実装に欠くことのできないプリント基板は、SMTの発展と共に高精度、高密度、高品質化してきている。

有機基板は、紙フェノール→紙エポキシ→コンポジット→ガラスエポキシ→リジットフレキ（ポリイミドフレキシブル基板→ガラスエポキシ基板でサンドエッジした構造）と流れている。この流れは多層でかつ薄物であり、ファインパターン化のトレンドになっている。さらに抵抗内蔵等機能化が提案されている。

セラミック基板はファイン化→多層化→よりファイン化→より多層化→機能化へと期待は大きい。期待されながら、時計の電子化の歴史が示すように、ガラエポ基板になってしまうのが一般の流れである。抵抗印刷、コンデンサ内蔵、放熱性、COBの特長をもちながらコストパフォーマンスと納期が問題となり残念である。

最近のセラミックコンデンサは大容量化が可能になり、タンタルコンデンサと競合するレベルまでになってきた。このコンデンサは100枚を越えるシートの多層である。前に戻って、セラミック基板の多層化はシート法で多機能化し小型化すれば期待できる。印刷、内蔵をも含めた実装密度がガラエポの実装に比べ2～3倍以上あり、コストも2～3倍位になれば、コンシューマーとして期待できるよう。ある面では素性が良いだけに恒久的拡大が望まれる（図2³⁾参照）。

セットメーカーの欲求を早く実現することは、材料の開発と焼成プロセスに至るCAD設計のスピードアップ化、打抜き治工具の代替およびプレス化等であり、セットメーカーと焼成プロセスメーカーの協同作業が必要である。カスタム傾向が強いだけに、両メーカー間の連帯と知恵が重要である。

金属基板、フレキシブル基板やモールドサーキット基板等はそれなりの機能を生かした部分、部間でより多く使用されよう。軽薄短小が要求されている商品に重厚長大の要素をもつ基板を導入するには勇気が必要である。

しかし、導入したくなるほどコストが安い、魅力ある機能をクローズアップできるかである。BS、デジタル時代に期待したい。

プリント基板は、商品を実現するためのキーパーツであると同時に高密度実装を実現するためのキーパーツでもある。SMTに対応したプリント基板の製法は、穴加工のプレス機からドリリングマシンへ、そして部品実装の穴からスルーホール、すなわち、導通だけの穴へと機能も変るごとく、基板加工メーカーとして、印刷技術の高精度化、写真技術の導入、多層複合プレス技術の導入、検査技術、修正技術等々プロセス全般が大きく変っている。今後は、さらに納期短縮への努力と品質歩留り改善の努力に期待したい。

5. SMT 部品

リード部品はチップ部品へと変り、90年度の世界における生産量を見れば、チップ抵抗で約30億個/月、チップタンタルコンデンサで約3億個/月と成長したのである（表1⁴⁾参照）。

SMTに対応したチップ部品も、日本が世界を大きくリードしている。80年代は日本中の部品メーカーに大きな変化が続いた。それはチップ化への改革である。リード部品は年々チップ化され、チップ化された部品は年々小型化され、複合化へと進化している。

このトレンドは止るところなく、80年の前半は、主にセットメーカーがチップ化を提案してきたが、これも需要と供給のリスク関係からであろうか？ 80年代末には、主に部品メーカーがトレンド提案企業となり、世界のチップ部品をリードするようになった（表2⁵⁾参照）。

たとえば、コネクタはSMT対応部品になるまでに狭ビ

図2 ハイブリッドICの集積度

表1 SMDの生産規模とチップ化率

品 種	1989年		1993年（予測）	
	生産量 （百万個）	チップ化 率（%）	生産量 （百万個）	チップ化 率（%）
チップ固定抵抗器	61,089	57.9	98,300	71.9
チップセラミックコンデンサ	43,000	62.3	75,000	75.0
チップタンタルコンデンサ	2,115	58.6	3,540	67.9
チップ半固定抵抗器	690	21.2	1,200	31.6
チップコイル	980	20.6	2,000	37.7
チップトリマコンデンサ	80	15.8	140	28.0
チップアルミ電解コンデンサ	750	3.1	3,600	13.8
チップスイッチ	90	4.7	200	10.0
チップコネクタ	90	2.8	410	10.4
チップセラミックフィルタ	10	1.0	75	5.0

（資料：EIAJのSMDの現状と中期展望から）

表2 国内生産実績と予測（数量ベース，単位：百万個）

プリント基板用 コネクタ	1985年	1989年	1993年 予 測	
			AAGR %	AAGR %
	同チップ	SMD化率		
	2,610	3,230	5.5	3,940
	10	90	73.2	410
	0.4%	2.8%		10.4%

ッチ化の歴史があり、2.54mmピッチから2.0mmとなり、1.8mm、1.5mmとなる。ここまではリード部品でフローはんだ付による接合であった。ピンピッチの狭ピッチ化は、3年、2年、1年と商品化のペースが早くなった。この裏には商品の変化もあったし、部品も単なる狭ピッチ化でなかった。

商品に例をとれば、VTRデッキの量産と薄型化、ビデオムービーの出現と重さ競争があげられる。重さ競争には高密度実装技術の導入、SMT化の必要性があった。コネクタもビニール線を使用したハーネス用であり、線材もAWG22～24を使用した圧着法であり、狭ピッチの商品化に同期し線材も細く、短い方向へ移った。1.5mmピッ

チになり急速に圧着から圧接法の必要性がセットメーカーより出された。コネクタ用材料も耐熱ナイロン系が主体であった。しかし、狭ピッチ化に伴いモールド部も薄くなり、実装基板厚も1.6mmから0.8mm、0.6mmへと変り、耐熱とコネクタピンの安定性からガラスの導入が必要となる。ガラスの含有量が30%を越えるものもある。1.5mmピッチの次に1.27mmピッチ、1.25mmピッチが生れ、インチ系とミリ系に分かれていく（図3⁹参照）。このハーフピッチ時代にコネクタのSMT対応、すなわち、リフロタイプ商品が多くなる。フローの限界であり、基板実装密度アップという環境にも影響されてSMT化が進む。

リフロ用コネクタも種々の課題をもって推進した。自

図3 コネクタのトレンド

装の問題、はんだぬれ性の問題、コネクタ挿抜時の端子部パターンにかかる力と補強法等々、品質にかかわる面が多く、導入採用メーカーの条件で汎用からカスタマー商品への傾向を示してきている。

6. パーソナルコンピュータ

パーソナルコンピュータは、個人ユースのトレンドにそって軽さ、重さ、大きさ、厚さという商品の物理的なものと、メモリの容量、演算スピード、液晶表示の色やプリンタの機能とソフトの量等が加算されて市場競争、シェア競争、価格競争がなされている。

ここでは実装面についてのみ述べる。パーソナル性の必要条件は、人にやさしく、使う人の幸福をより大きくするものでなければならない。

本体はデスクトップからラップトップに移り、ノートとブックは肩を並べて存在するに至る。このサイズになると、A 4 ファイルサイズ (315×255mm) や (307×243mm), A 4 サイズ (297×210mm), A 4 レターサイズ (285×215mm) とあり、A 5 ファイルサイズ (234×148mm) と続

く。
A 4 型にも 4 種もあり、重さ、厚さを加味すると10種10様ともなる。回路構成、FDD、HDD、メモ리카ードの装着で本体のサイズが決まってしまう。この大きさ位になるとICのパッケージも変化し、全SMTでまとめることは望むところであり、ICはTAB、モールドパッケージでもより狭ピッチ化が要求される。

また、液晶表示部は重さ、厚さ、表示部の大きさで、まだまだ進歩があろう。液晶ドライブ用ICはTAB、COG共、ベア実装は必須である。液晶表示の理想的実装はCOGと思われるし、ICへの割出しパターンを最小短、最小面積にするには、ドライブIC 1ヶ当りの端子数は多くならない最適端子数を考える時がきたように思う (図 4, 5⁷⁾参照)。

FDD、HDDをいかに薄く、軽くするかが、本体サイズを決める要因になろう。

7. ビデオムービー

ビデオムービーは成長商品で、1990年200万台、91年250万台が国内需要とされている。

ムービーはVHS、S-VHS、8ミリ、Hi-8等が90年代の主流となっている。特に89年6月から軽量化の動きが目立ち、各社、各様の実装から、一様にSMTでプリント基板は4層でパターンピッチは約300 μ m位、ICのピンピッチ0.5mm、チップ抵抗、セラミックコンデンサは1.6×0.8mm等が各社共通の実装デバイスとなってしまった。特に4層基板はムービーのキーデバイスである。リードレス化は98%位となり、当然ながら自動マウント対応となっている。

また、コネクタの面実装でエンボス使用の荷姿は、この時代の大きな変化点でもある。SMTで自装率は、各社共95%以上をマークするようになった。クリームはんだはBi入低温はんだを使うようになる。はんだ用スクリーンにも各社のノウハウが含まれ、はんだ付の歩留りを向上させる努力がなされている。はんだ付装置はリフロ方式で、熱風型が主流となろうとしている。

今後の実装は、両面リフロでかつ部品はより小型のものが使用されよう。すでに抵抗、セラミックコンデンサは、1.0×0.5mmの品が部分的、あるいはメインに各社導入をしてきている。1.6×0.8mmサイズから1.0×0.5mmに移ることは単純ではなく、実装価値 (部品価格、自装率、自装費、はんだ付品質) と商品価値の比で判断しなければならない。しかし、将来数量が伸びる部品である (図 6⁸⁾参照)。

図 4 パッケージへの要求

図 5 LSIパッケージの動向

図 6 a

(単位: mm)

形状記号 Size code	L	W	T	L ₁ , L ₂
"10" Type	1.0±0.05	0.5±0.05	0.5±0.05	0.3max.

種類	特注	定格電圧	静電容量範囲 (pF)	静電容量許容差
I	C	50V	0.5 ~ 100	±0.25pF (C), ±0.5pF (D), ±5% (J), ±10% (K)
	SL	50V	0.5 ~ 100	
II	B	25V	100 ~ 2,200	±10% (K), ±20% (M)
	F	25V	1,000 ~ 10,000	+80, -20% (Z)

図 6

図 6 b

寸 法 (mm)						重量 (1,000個)
L	W	l	a	b	t	0.8g
1.00 +0.10 -0.02	0.50 +0.10 -0.02	0.70 ±0.15	0.20 ±0.10	0.25 +0.10 -0.02	0.35 ±0.05	

項 目	規 格 値
定 格 電 力	1/16W
抵 抗 値 範 囲	10Ω ~ 2.2MΩ
抵 抗 値 許 容 差	±5%, ±2%
使 用 温 度 範 囲	-55℃ ~ 125℃
最 高 使 用 電 圧	50V (max)

8. 次世代SMD動向

電子機器の小型・軽量化，多機能化，高密度化に伴い，面実装を主体とした基板の回路構成もハイブリッドIC基板，モジュール基板から，最近では大型セットの本体回路基板へと急速に進みつつある。

これに伴い電子部品の小型化に対する取り組みも積極的に行なわれているが，一方では単体部品の複合化，L，C，Rを複合化したチップ部品の開発も進められている（図7参照）。

この複合部品の特徴としては，

- (a) 基板配線を内部に取り組むため，基板上での配線，接続に要するスペースは削減されるため，より高密度実装ができる。
- (b) 単体部品の複合ワンチップ化により実装工程が削減される。
- (c) 複合集積化により部品数が減り，信頼性の向上につながると共に部品管理が簡略化できる。

ただし，これらは回路設計と密接なかわりをもつため，カスタム品となる傾向があり，大規模化するにはセットメーカーサイドでの回路定数やピン配列等の標準化

図 7 チップ部品の小型化と複合化

図8 表面実装技術の概要と技術動向

が必要となろう。

また、さらに複合高集積に向うと、受動部品のみの複合化からトランジスタやICを取り込んだ機能ブロックとなり、この発展形はハイブリッドICそのものであり、チップ化、複合化の区別はますますつけがたくなることが予想される。

9. SMTと今後の課題

EIAJ部品運営委員会「SMDの現状と中期展望」を図8に示す。また、表3に次世代のSMTを示す⁹⁾。

家電商品、情報家電の軽薄短小化はトレンドであり、製造業としては避けて通れないだろう。ポケットテレホンや家庭用ロボット(図9¹⁰⁾参照)も夢でなくなるだろう。

表3 SMT of next generation

	1985		1990		1995		2000			
形 態	片面表面実装 (リード付部品混載)		両面表面実装 (リード付部品混載)		両面表面実装 (全面チップ化)		両面表面実装 (ベアチップ混載)		厚膜/薄膜回路 混成	3次元 実装
(点/cm ²)	5～10点		15点		20点		30点		50点	
半導体	DIP	SOP QPF 100ピン 0.8mm	200ピン 0.65mm	TAB 300ピン 0.5mm	500ピン 0.3mm	フリップチップ MBB COG 0.1mm		素子間ダイレクト実装 COC COW マルチチップ モジュール		
受動部品	3.2×1.6mm	2×1.25mm	1.6×0.8mm	1.0×0.5mm	0.8×0.4mm 厚膜印刷C・R	C・Rネットワーク C・R・L複合		C・R・L内蔵機能モジュール 薄膜C・R		
樹脂形基板	片面プリント板 フレキシ基板 両面プリント板 150μm		多層基板 4層基板 100μm		6層基板 80μm		8層基板 50μm		C・R/IC内蔵 機能回路基板	
セラミック 基板	Ag/Pb導体 セラミック基板		Cu導体 多層セラミック基板		SiC・AlN基板 C・R内蔵基板		C・R/IC内蔵 機能モジュール			

う。このような実装はSMTは必須で、3次元実装をも考えることになろう。SMTは3次元を実現するためにも重要でまだまだ成長する要素をもっている。表3はそれを上手に整理しまとめているので多くを述べる必要はないだろう。

しかし、これらを工業的に実現し企業化するには多くの人、物、金の投資が必要である。この環境の中で、SHMの役割は重要である。SMTの生みの母であり育ての母であると信ずるSHMへの期待はますます大きい。

参 考 文 献

- 1) SÉCRÉ Componentsカタログ, 3'80 Paris
- 2) 小泉, 伯田: 電子技術 6月号, Vol.26, No.7 (1984)
- 3) 太陽誘電(株): 電波新聞 (1991年1月18日)
- 4) 電波新聞 (1991年1月23日)
- 5) EIAJ: SMDの現状と中期展望 (1990年9月)
- 6) 一條 (日本モレックス): 電波新聞 (1991年1月8日)
- 7) 盆子原 (日本電気): 電波新聞 (1991年1月18日)
- 8) 松下電子部品: 電波新聞 (1991年1月8日)
- 9) 山本芳夫監修: SMTハンドブック, 工業調査会 (1990)
- 10) 菅野, 谷江: 日本機械学会誌, 12月号 (1990)

図9 人間形ロボットタイプ