話題商品にみる表面実装技術

青 木 正 光*

Surface Mount Technology in Hit Products

Masamitsu AOKI*

Key Words : Surface Mount Technology, Electronics Equipment, Printed Wiring Board, Packaging

最近の電子機器の傾向を述べるとともに話題商品における表面実装技術に関する要素技術として、プリント配線板や電子部品、半導体パッケージの応用展開について解説する。

1. はじめに

最近の電子機器は『世界最小』、『世界最軽量』、『業界最薄型』、『業界最長』、『最速』、『業界初』というようなキャッチフレーズで商品化し販売をする傾向が強くなってきた。その結果、このような電子機器には薄型の半導体、小型の部品や薄物プリント配線板、ビルドアップ多層配線板などの使用が必須なものとなってきた。

ここで、最近の電子機器の傾向を述べ、『世界最軽量』、『世界最小』、『業界最薄型』、『業界最長』と言われて登場してきた話題商品の電子機器の実例を取り上げ、それらの応用されている様々な実装にまつわる表面実装技術について言及する。

2. 電子機器の最近の傾向

日本では狭い住宅事情や都市の高価な事務所の賃借料などの関係で、なるだけ電子機器は小型にしたり、薄型にしたりして少しでもスペースを有効に活用する傾向がある。

世界的に見ても携帯型のポータブル機器の普及

が『世界最小』、『世界最軽量』、『業界最薄型』というようなキャッチフレーズでの商品化に大いに一役をかっていとも言える。これらの電子機器を重量当たりの価格で示すと、ほぼ100円／グラム以上の位置付けとなっている。

表1は価格重量比と比重を示したものである。特に密度に関しては1を越える機種があり、一般的には携帯電話、トランシーバーなどが該当する。同一機種の中でも密度が他のものと異なる機種がある場合がある。こういう場合は、何か新しい技術を採用している場合が多く、技術的な変化を見る場合にも役に立ち、指標となるものである。半導体パッケージや電子部品の世界では狭ピッチの多ピンパッケージや微小チップ部品へと進み、0.5mmピッチで208ピンや304ピン程度のQFPパッケージが実装され、0.4mmピッチで256ピンや更に0.3mmピッチで168ピンや344ピンのQFPパッケージが実装される時代となってきた。QFPパッケージのみならず、TCPパッケージでは0.3mmの296ピンや344ピンのパッケージも実装されるようになったり、0.25mmピッチの320ピンのTCPパッケージも適用される時代となってきた。電子部品の世界では、部品のチップ化が進み、微小チップから極小チップと進展した。サイズで示すとチップ部品は→1.6mm×0.8mm→1.0mm×0.5mm→0.6mm×0.3mmへと小さくなり、

* 東芝ケミカル・ヨーロッパ社

Toshiba Chemical Europe GmbH (Grafenberger Allee 99
40237 Dusseldorf, Germany)

表1 電子機器の価格重量比・密度の比較

No	代 表 的 な 電子機器の種類	価格重量比 (円/g)	密 度 (g/cm ³)
1	ペースメーカー	126,923	1.99
2	補 聴 器	116,364	0.60
3	デジタル携帯電話	532	0.97
4	カメラ一体型VTR(1)	489	0.80
5	携帯型情報端末機(1)	465	0.92
6	テープレコーダー	431	1.19
7	携 帯 電 話(1)	402	1.23
8	トランシーバー	362	1.41
9	ノートブックパソコン(1)	360	1.06
10	パーソナルコンピュータ(1)	320	0.89
11	電 子 手 帳	301	0.54
12	コンパクトカメラ(1)	283	0.81
13	パーソナルコンピュータ(2)	268	1.10
14	携帯型情報端末機(2)	255	0.99
15	サブノートブックパソコン(1)	254	0.86
16	ミニディスクプレーヤー	252	1.13
17	携 帯 電 話(2)	247	1.26
18	コンパクトカメラ(2)	239	0.72
19	ミニノートパソコン	236	1.02
20	カメラ一体型VTR(2)	232	0.42
21	サブノートブックパソコン(2)	211	1.01
22	ポケットワープロ	204	0.80
23	コンパクトディスク	183	1.24
24	ファクシミリ(1)	177	0.93
25	液晶カラーテレビ	165	0.83
26	ワープロ(1)	163	0.69
27	シェーバー	154	1.24
28	ノートブックパソコン(2)	149	0.64
29	ファクシミリ(2)	132	0.94
30	プリンター (1)	128	0.93
31	ワープロ(2)	110	1.63
32	プリンター(2)	100	1.18
33	カードサイズラジオ	100	1.52

(400機種)の電子機器の傾向分析から抜粋して価格重量比の高い順に並べて示してある)

0.6mm×0.3mmサイズの0603タイプのチップ部品も実装されるようになってきた。このようにパッケージがファイン化されたり、チップが微小化されたために、ファインのパッケージや微小の部品を実装する側のPWBは必然的にファインパターンでファインピッチの回路が進展した。

一方、電子機器を差別化するための手段として同一機能であれば電子機器の形態を

- (1) 小型化
 - (2) 軽量化
 - (3) 薄型化
- にする傾向がある。
- また、同一容積であれば電子機器の性能を
 - (4) 高機能化
 - (5) 高性能化
 - (6) 複合化

にして差別化する傾向がある。このような背景の中で、電子機器の小型化・軽量化・薄型化・高密度化を支える重要な技術としてプリント配線板技術やパッケージ・電子部品技術などの諸技術の具体例をあげて説明をする。

3. 電子機器の「軽薄短小」を支える要素技術と差別化技術

日本でスローガンにもなった「軽薄短小」は海外でも“Kei-Haku Tan-Sho”の言葉でも紹介されるまでになってきた。電子機器の「軽薄短小」を実現するために筐体からプリント配線板やパッケージ・電子部品において様々な技術が開発され応用されている。

3. 1 筐体技術

最近のプラスチックの筐体はCFRP（炭素繊維強化プラスチック）→マグネシウム合金→超ジュラルミンへと進化し、筐体の肉厚も→1.2→1.0→0.7→0.6mmとなり、マグネシウム合金（マグネシウムダイキャスト）を使用して肉厚を0.6mm前後にして軽量化を図っており、MDプレーヤー、パソコンなどに応用された。プラスチックの筐体では肉厚は1.2mmが限界で、新たな素材を使用して差別化を図っている。

3. 2 プリント配線板技術

3. 2. 1 薄物多層プリント配線板

使用されるプリント配線板の板厚は1.6mmが標準の板厚であった。しかし、電子機器の軽量化や薄型化の進展で、プリント配線板の板厚も見直す環境ができ上がり、0.8mm以下の薄物が使用されるようになっていった。その薄物も両面板のみならず多層板にもおよび、薄物プリント配線板の市場は特に日本で確立されたことである。現在、

図1 ミニノートパソコン & 携帯電話

1層当たり、0.1mm相当の厚みの概念が定着し、0.4mmの4層板、0.6mmの6層板、0.8mmの8層板、1.0mmの10層板が既に生産され、電子機器に組み込まれている。最近では1層当たり、0.06~0.07mm相当の厚みの概念がハードディスクドライブやPCMCIAカード用基板などで進展している。

3. 2. 2 IVH入り多層プリント配線板

多層プリント配線板の中でも部分スルーホールをいれて高密度に配線したタイプの多層プリント配線板が携帯電話、ノートブックパソコン、カメラ一体型VTR、ハンディターミナル、ヘッドホンステレオ、ミニディスクなどに使用され、普及が広がっている。IVH入り多層プリント配線板の技術は元々メインフレームのコンピューターの分野で確立されたものであったが、その技術が携帯電話やカメラ一体型VTRなどの一般電子機器にも広がっていった。移動体通信の代表格として登場した携帯電話には既に、複合化の範疇にいれても差支えないようなIVH入り薄型多層プリント配線板が使用され、4~8層から更に10層の多層プリント配線板への採用が進展している。

3. 2. 3 フレックス・リジッドプリント配線板／多層フレキシブル配線板

コネクター接続を廃してフレックス・リジッドによる接続方式は薄型化、軽量化や信頼性の観点から従来の限定された市場から用途を拡大しようとしている。従来はフレックス・リジッドは米国において航空・宇宙搭載用の極めて特殊な分野での用途に限定されていたが、ノートブック型パソコンの薄型化や軽量化に6~8層のフレックス・

図2 カメラ一体型VTR

リジッドの採用を促し、日本のパソコンにも適用された。最近では多層フレキシブル配線板を含めてフレックスリジッドは、カメラ一体型VTR、ハンディターミナル、CCDカメラ、メモリーカード、ハード・ディスク・ドライブなどへの応用が進展した。

3. 2. 4 ファインパターンプリント配線板／ファインピッチプリント配線板

日本は米国と比較して多層化を採用するよりかファインパターンを採用することにより、層数の低減を図ってきた歴史がある。ピン間3本からピン間5本の導体幅(L)／導体間隔(S)=100/100 μm 程度ものが量産される時代となってきた。試作レベルでは $L/S=75/75\mu\text{m}$ のピン間7~8本も既に発表されたり、部分的にファインパターンを採用しているのも出現してきた。そのため、ピン間5本用の外層の銅箔には厚さを18 μm の銅箔から12 μm の厚さの銅箔にしてファインパターンに対応している例が日本では進展しており、 $L/S=100/100\mu\text{m}$ 以下のファインパターンのプリント配線板が量産されるようになってきた。今後は更なる高密度実装に $L/S=50/50\mu\text{m}$ の超ファインパターン／超ファインピッチの配線板が求められている。

3. 2. 5 パッド・オン・ホール配線板

チップ部品などを高密度に実装する方法として考えられたのが、スルーホール穴の上のデッドス

ペースを利用する方法で、チップ・オン・ホールとも言われ、樹脂などで穴を埋めた後にパッドを設けてチップ部品などを穴の上のパッドと接続する方法で、約30%の面積の効率化を図れるため高密度実装の一手段として広く採用されるようになった。穴間にしかチップ部品を搭載できなかったものを改善したものであり、既に、この技術はヘッドホンステレオ、カメラ一体型VTR、サブノートブックパソコンなどに応用され 高密度実装に寄与している。

3. 2. 6 ビルド・アップ多層配線板

1990年代になって注目を集め、熱い視線が注がれている技術分野でもある。コア材の上下に絶縁層を形成し、必要な回路を形成してから更に、絶縁層を形成して回路を形成していく方式のもので順次積み重ねていくためにビルドアップの配線板と称されるようになった。当初は銅・ポリイミドを使用し、メインフレームコンピュータで採用されたが、日本では形を変えてパソコンやパソコンのアクセサリであるカードなどに応用されるとともにカードサイズ・パソコン、カメラ一体型VTR、携帯電話、ハンディターミナル、パチンコ、カーナビなどに応用された。微細穴をフォトリソで形成するか、レーザーで形成するかで分かれており、絶縁層をどのような手法で配置し、どのような手法で導通するかによって、宗教の宗派のように様々なビルドアップ多層配線板の製造方法が存在し、世界で16種類の工法があるとも言われている。

電子機器の更なる小型化には配線密度の向上が大きなポイントであり、プリント配線板の微細穴形成と配線長を長く取るには必須でもある。今後の高密度実装技術の要素技術としてビルドアップ多層配線板は注目をされており世界的に検討されている。

3. 2. 7 ファインパッケージ搭載用プリント配線板

プリント配線板に搭載する電子部品や半導体パッケージなどは、より高度になってきている。特に半導体パッケージがファイン化することにより、プリント配線板も一工夫が必要となってきた。最近のノートブックパソコンのCPUにはTCPパッ

ッケージとなり、リードピッチが0.3mm前後で300ピン以上のパッケージが搭載されたり、0.3mmリードピッチのQFPも搭載される時代となってきた。ここで脚光を浴びてきたのがファインピッチのプリント配線板に予めハンダをコーティングする基板が必要となってきたことである。

3. 2. 8 新しいプリント配線板

以上、紹介したプリント配線板の技術とは異なる全く新し発想によるプリント配線板の製造もある。

穴開けを不要としたバンパのみで導通させるもので、ガラスクロスまでバンパを突き抜けさせる方式やレーザーで穴開けしてペーストで接続する方法が最近、開発され、ポケベル(=ページャー)、ミニノートブック・パソコン、サーバー、OCR、携帯電話、カメラ一体型VTRなどの製品にそれぞれ応用された。

3. 3 パッケージ・電子部品技術

電子機器を小型化、軽量化、薄型化に寄与しているものに半導体パッケージと電子部品の高集積化、小型化、薄型化が大きく関与している。最近になって新たな概念のパッケージも提案され、超高密度実装に向けての技術開発やインフラの整備が実施されつつある。

3. 3. 1 半導体パッケージ

挿入型の半導体パッケージから表面実装型の半導体パッケージとなり、集積度が向上した分、ピン数が増加している。既にQFPにおいてはリードピッチが0.5mmで304ピンのパッケージがパソコンなどに搭載され、一括リフローで生産されている。

また、最近では0.3mmリードピッチのQFPも一括リフローで製造されるまで製造技術が確立され、その技術はワークステーションや携帯電話などに応用されている。ピン数の増加とともにパッケージが大型化してくるために、少しでもパッケージのサイズを小さくしたいことからテープキャリアパッケージ(TCP)が採用され、0.25~0.3mmで256~344ピンのTCPがパソコンに採用されている。日本ではファインの半導体パッケージが実装できるように製造技術が確立された。

一方、米国では、リードピッチが1mm以上あ

るボール・グリッド・アレイ (BGA) に目を向け、BGAパッケージを採用していった背景がある。日本でも信頼性の確認や検査問題などでやや慎重に検討されていたが、更なる軽量化にはパソコンや携帯電話には必須の技術になることやセルフアライメント効果があるため、日本でも採用され、既に500ピン以上のBGAの採用例も出現をしている。このBGAを更に小型化した半導体パッケージとしてチップサイズとほぼ同程度のサイズまで小さくしているのでチップ・サイズ・パッケージ (CSP) と言われる新パッケージがカメラ一体型VTR、携帯電話、個人情報端末などに実装されて電子機器の小型に大きく寄与している。

究極の超高密度実装を達成するには半導体パッケージのベアのみを直接、基板に実装するチップ・オン・ボード (COB) の技術やマルチ・チップ・モジュール (MCM) 技術に注目され、フリップチップ実装にも、にわかに関心が示されてきている。

3. 3. 2 電子部品

電子部品においては小型化と表面実装化が進展をした。抵抗、コンデンサのチップ化が進展し、サイズも3.2mm×1.6mm (3216) から2.0mm×1.25mm (2125), 1.0mm×0.5mm (1005) へと進展、特に携帯電話、ポケベル (ページャー)、カメラ一体型VTR、ヘッドホンステレオ、パソコン、トランシーバーなどに1005タイプが採用された。現在では更に小型化した0.6mm×0.3mm (0603) タイプが開発され、このような極微小チップ部品を搭載する表面実装機も開発されるまでになってきた。このような微小チップ部品を高密度実装をするのに穴の上にもパッドを設けて実装するパッドオンホール (チップオンホールとも呼称される) の技術も確立され、高密度実装技術に大きく寄与している。

4. プリント配線板・半導体パッケージ・電子部品の応用例の紹介

代表的な分野別のプリント配線板、半導体パッケージ、電子部品の応用例などを紹介する。

4. 1 パソコン

パソコンに使用されている電子部品はプリント配線板、フレキシブル配線板、コネクタ、抵抗器、コンデンサ、水晶発振器、液晶ディスプレイ、CPU、メモリー、インダクタンスコイル、キースイッチ、キーボード、2次電池、磁気ヘッド、小型モーターなどがあげられる。パソコンはデスクトップ型、ラップトップ型からノートブック型、サブノートブック型、ミニノートブック型、パームトップ型へと変化し重量が3kg以下のノート・ブック型やサブノートブック型パソコンには4~10層板が採用され、しかも軽量化競争で標準板厚の多層板から1.2mm以下の多層板への移行に拍車がかかっていった。ノートブック型は省スペースのパソコンとして位置付けされるようになってきた。ノートブック型パソコンからミニノートブック型パソコンやパームトップ型パソコンの重量の推移を示すと以下のように軽量化への道を知ることができる。

→3.9kg→3.8kg→3.6kg→3.5kg→3.4kg→3.3kg→3.20kg→3.10kg→3.00kg→2.90kg→2.84kg→2.81kg→2.80kg→2.70kg→2.50kg→2.20kg→2.15kg→2.10kg→2.08kg→2.05kg→2.00kg→1.95kg→1.90kg→1.80kg→1.79kg→1.70kg→1.60kg→1.50kg→1.45kg→1.37kg→1.35kg→1.30kg→1.29kg→1.25kg→1.19kg→1.10kg→1.00kg→0.99kg→0.89kg→0.85kg→0.84kg→0.83kg→0.82kg→0.8kg→0.65kg→0.312kgへ

(但し、この重量は同一の機能ではなく、各社が製品化したパソコンの重量を体系化)

デスクトップ型からノートブック型へ移行するにつれ、限られたスペースに実装するために多層プリント配線板の板厚は1.6mmから1.2mm, 1.0mm, 0.8mm, 0.6mm, 0.4mmようにメーカー、機種により様々な板厚が採用されている。最近では0.4mmの板厚の4層板や0.6mmの6層板などの使用例やビルドアップ多層配線板の応用例があり、基板サイズは小さくなってきている。また、高密度実装対応のためにファインパターンを採用し、ピン間5本のSMT対応の多層プリント配線板を採用するのが本格化してきた。パソコンを更

に薄型化を達成するために航空・宇宙機器搭載用に使用されていたフレックス・リジッドの技術が転用されて、本格的に生産されるようになり、6～8層板のフレックス・リジッドも応用されている。また、マルチメディアパソコンが普及したことにより、パソコンにはデジタル処理のみならず音源も取り扱うためにデジタル回路とアナログ回路が存在するようになり、ノイズ対策も重要な課題となり、プリント配線板の層数は10層程度まで利用される時代となってきた。CPUにはTCPタイプのパッケージを採用しており、0.25～0.30mmのリードピッチで296、320、344ピンのTCPが実装されている。

また、ノートブックパソコン、パームトップコンピュータ、カードサイズコンピュータにはBGAパッケージも使用され、500ピン以上のBGAを採用する時代となってきた。

4. 2 携帯電話

携帯電話に使用されている電子部品はプリント配線板、フレキシブル配線板、コネクタ、水晶発振器、チップ部品、セラミックフィルタ、内蔵アンテナ、CPU、メモリー、DSP、2次電池、送受信回路部品、キースイッチなど……実に多くの電子部品が採用されている。1994年4月より携帯電話も自由化され売切り制に移行し、需要が爆発的に伸びている分野でもある。ところが、初期の頃の電話機には、2.0mmの板厚の紙フェノール銅張積層板が永く使用されていた。その後、多機能電話が普及するにつれ1.6mmの板厚の紙フェノール銅張積層板やコンポジット銅張積層板が使用されるようになった。

一方、1989年に話題となった携帯電話からは使用されるプリント配線板は大きく変わった。約300gの携帯電話には多層プリント配線板を使用し、しかもIVH入り多層プリント配線板が使用された。その後、更に軽量の携帯電話が各社より開発されるに至り、多層プリント配線板も薄物タイプでIVH入り6～10層の多層プリント配線板が使用され、両面に1608タイプや1005タイプのチップ部品や0.5～0.3mmリードピッチQFPやTCPなどが実装されるようになった。1989年に携帯電話が発売され、重量が303gであったこと

から大きな話題となり、各社で軽量化競争に突入した。その結果、携帯電話・PHSの重量は→303g→298g→297g→296g→290g→285g→280g→265g→260g→255g→250g→245g→240g→235g→230g→225g→220g→215g→210g→205g→200g→198g→195g→192g→190g→185g→180g→175g→170g→165g→160g→155g→150g→149g→145g→143g→140g→139g→136g→135g→133g→128g→125g→122g→120g→118g→115g→110g→108g→106g→105g→100g→99g→98g→97g→96g→95g→94g→93g→92g→91g→90g→89g→88g→87g→86g→85g→84g→83g→81g→80g→79g→78g→77g→76g→75g→74g→73g→72g→69g→68g→67gとなり、70gを切ったPHSも商品化されている。

PHSにおいて1gの軽量化を競争する時代となってきた。このような軽量化の道を歩んでいるので軽量化に寄与する様々な技術が採用されるようになった。機種によってはMCM-Lを搭載している機種も出現してきている。これらの多層プリント配線板の板厚は0.8mm～1.4mmが使用されている例が多い。

4. 3 カメラ一体型 VTR

カメラ一体型VTRは軽量化が図られており、ヒット商品となった790gの重量を達成したものには、0.6mmのSMT対応の4層板が採用され、薄物多層板の普及のきっかけとなったものである。その後、更に軽量化したカメラ一体型VTRにはより薄い0.5mmの多層プリント配線板や6層のガラスセラミック多層板等が使用されたり、あるいはその後デジタル化への対応からサーフェイスパイアホールを持った0.8mmのIVH入り6層プリント配線板が採用されるに至った。カメラ一体型VTRは軽量化が進み、本体重量は→790g→785g→780g→770g→750g→740g→720g→700g→690g→680g→670g→640g→630g→620g→600g→590g→580g→570g→560g→550g→530g→500g→495g→450g→440gへと進展していった。

また、6層の多層フレキシブル配線板を採用した機種も出てきた。液晶画面を搭載した機種でデ

デジタルも一般化するとともに高機能にして限りなくパスポートサイズにしたためにチップサイズパッケージも採用される時代となり、6～8層のビルドアップ多層配線板も使用されるようになってきた。このカメラ一体型 VTR は民生用電子機器でありながら実装の最先端の技術が応用展開されている機種でもある。

以上、最近の電子機器の傾向を述べ、最近、確立されたプリント配線板技術や半導体パッケージ・電子部品の展開を紹介するとともに代表的な3機種の電子機器でのプリント配線板や半導体パッケージ・電子部品の応用例について紹介をした。

(1998-4-16 受理)

文 献

- 1) 青木正光, 石井正美; 回路実装学会誌, 10, (1), 19 (1995)
- 2) 青木正光; プリント回路ジャーナル, 1996-12-15 & 1996-12-25 (1996)
- 3) 青木正光; 電子技術, 39, (1), 60 (1997)
- 4) 青木正光; インターネプロン'97 (1997)
- 5) 青木正光; プリント回路ジャーナル, 1997-6-5 & 6-25 (1997)
- 6) 青木正光; 表面実装技術, 7, (6), 2 (1997)
- 7) 青木正光; 表面技術協会第96回講演大会予稿集, p. 242 (1997)