

(解説)

プリント基板用エントリーボード

New Entry Board for Printed Circuit Board Drilling



吉川英一郎*
Eiichiro Yoshikawa



藤原直也*
Naoya Fujiwara



川合 浩**
Hiroshi Kawai

A new type of entry board featuring a unique lubricant resin coating on an aluminum sheet, called as CAE sheet, was developed. Drilling hole accuracy, hole wall roughness, and drill bit life were all significantly improved through the use of CAE sheet (compared with conventional aluminum sheet). Improvements mainly derived from the features of the resin system: especially its unique lubrication and its controlled coating hardness. In addition, CAE sheets are recyclable, easy to handle, and stable for long storage periods (even under humid conditions)

まえがき = 近年、プリント配線基板(Printed Circuit Board: 以下、PCB と呼ぶ)の多層化や信頼性における市場の要求がますます高度化してきている。その理由としては、産業用や民生用に使用される電子機器の目覚ましい発展に伴う軽薄短小化であり、その影響で機器内部に装填される PCB もその配線基板上に形成される表面実装パターン¹⁾の微細化及び多層化が不可欠となってきた。

一般に PCB は、樹脂とガラスクロスと銅箔層からなる複合材料であり、有機材料、無機材料及び金属材料とまったく異なる特性を有する材料から構成されている。このような複合材料製の PCB に IC、LSI といった半導体デバイスを実装するために、通常ドリルによる穴あけ加工が施される。この穴あけ加工時には、PCB 最表面の銅箔のカエリを抑制し、銅箔面に傷がつかないように保護する目的で、PCB にドリル加工用の治具板を適用するのが一般的である。

これらのドリル加工用治具板は、加工される PCB の最上層(ドリルの侵入側)に置いて使用する当て板(以下、エントリーボードと呼ぶ)と、PCB の最下層に置くバックアップボードの 2 種類に分けられる。上述のように、PCB そのものの軽薄短小化、高機能化の流れから薄型の高多層基板が適用されるようになり、加工がより困難となる材料が使われるようになってきている。加えて表面実装パターンの微細化に伴いドリル加工される穴径も小さくなり、単位面積あたりの加工穴数も増加し、更には生産コスト低減のために、より多くの PCB を重ね合わせて加工に供する傾向にある。

このような状況から、ドリル加工用治具板に求められる特性もますます重要視されてきている。図 1 に多層 PCB の構造を示す¹⁾。PCB に加工される代表的な穴径と種類は、表面実装基板内外層めっき接続専用の直径 0.20 ~ 0.45mm の PTH (Plated through hole)、内層間接続用

の直径 0.10 ~ 0.30mm の IVH (Interstitial via hole)、及び表面実装密度の向上を狙った直径 0.10 ~ 0.45mm の BH (Blind via hole)などの機能穴グループと、積層やパターン形成及び部品実装などの製造工程に必要な直径 1.25 ~ 6.35mm の基準穴グループに分けられる。

上述した機能穴はドリル加工穴数の大半を占め、かつ軽薄短小に伴う電子機器の性能や信頼性及びコストにも直結するため、その品質とコストパフォーマンスの確保が重要となっている。したがって、ドリルの侵入側に使用されるエントリーボードの特性が、これら機能穴の加工後の品質に対して大きな影響を及ぼす情勢にある。

エントリーボードとして従来から適用されてきたものに、厚さが 100 ~ 200 μm の純アルミニウムシート(以下、ベア材と呼ぶ)がある。しかしながら、ドリル加工される機能穴もますます小径化の一途をたどっており、加えて生産性向上に対応したドリル加工条件も過酷化する傾向にあることから、ベア材では加工穴品質の性能維持が難しくなっている。このような背景から、ベア

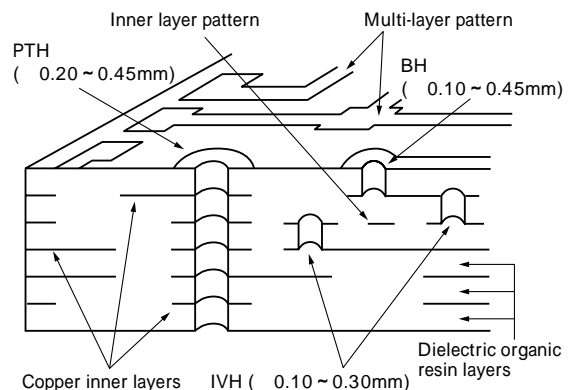


図 1 ドリル加工後の多層 PCB の内部構造 (PTH、IVH、及び BH は機能穴)

Fig. 1 Inner structure of multi-layer PCB after drilling processing (PTH, IVH, and BH are the functional holes).

*技術開発本部・化学環境研究所 **サン・アルミニウム工業㈱

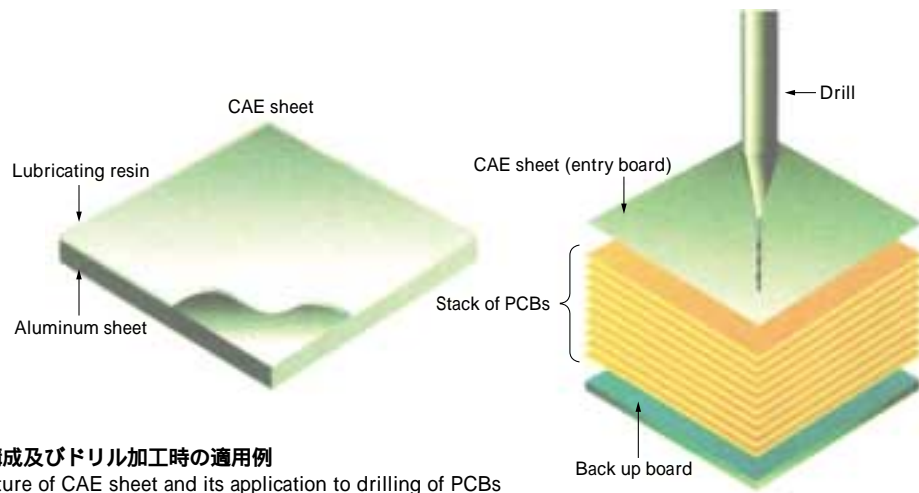


図2 CAEシートの構成及びドリル加工時の適用例
Fig. 2 Schematic structure of CAE sheet and its application to drilling of PCBs

材の使用限界を打破するために、アルミニウムシート表面を新たに特殊な潤滑樹脂皮膜で被覆した、穴品質の向上に有効な潤滑性エントリーボードの開発ニーズが高まっている。

本稿では、特に機能穴へのドリル加工に対して、当社で独自に開発した穴品質の向上に有効なエントリーボード (Coated Aluminum Entry シート: 以下 CAE シートと呼ぶ) についての特徴を紹介する。図 2 に、開発した CAE シートの構成とドリル加工において使用される場合の模式図を示した。

1. 潤滑性エントリーボード (CAEシート) の概要

1.1 穴あけ加工の要求品質特性

小径機能穴のドリル加工において、ベア材をエントリーボードに適用した場合、以下の主要な問題点が露呈するすう勢にある。

- 穴内壁粗さ
- 穴位置精度
- ドリル折損
- スミア発生

PCB の種類や加工条件により要求スペックの相違はあるが、一般に穴内壁粗さにおいては、内壁部の凹みが最大で $25\mu\text{m}$ 未満、穴位置精度においては、穴あけ後の中心部からの最大変位量が $50\mu\text{m}$ 以下でかつ変位の平均値 + 3 が $75\mu\text{m}$ 未満、またドリル折損においては、3500 ヒットの寿命を有しかつ加工中の折損が 1000 本中 1 本以内、などが要求される。更に、内層樹脂部がドリルの加工熱により軟化して内層の導体表面を覆うことにより導通不良や耐熱接続強度不良の原因となるスミアの発生においては、全加工穴数において皆無であることが一般的なスペックとして適用されている。

1.2 潤滑性樹脂皮膜の設計と製品コンセプト

前項で示した主要な穴加工上の品質に対して、特に穴内壁粗さと穴位置精度に着目して、皮膜の設計を行なった。まず穴内壁粗さの低減については、ドリル加工時に発生する摩擦熱で樹脂皮膜が溶融し、高速回転するドリルへ皮膜成分を付着させることにより、潤滑効果を発現し得る皮膜設計とした。この潤滑効果は、穴加工上の問題であるドリル折損やスミア発生に対しても同様に寄与

する効果も狙っている。一方穴位置精度の向上については、PCB の銅箔最表面の傷・バリ・穴変形の防止は従来材である純アルミニウムシート材に担わせつつ、穴位置精度に影響を及ぼすドリル突入時の求心性を高めるために、アルミニウム表面の樹脂皮膜硬度の最適化を行なった。つまり、適度な硬度を皮膜に付与させることにより、ドリルの求心性をより高める効果を狙ったものである。更に、ドリルが逆に引抜かれる際に、樹脂皮膜がアルミニウムシート表面から剥離しないように、接着性を高めた皮膜構造とした。

更に、製品コンセプトの観点から、開発した CAE シートの付加特性として、

- ・作業効率性
- ・製品安定性
- ・リサイクル性

の 3 点を製品設計に盛り込んだ。まず、皮膜形成させる方法を塗布型、つまり潤滑樹脂配合組成を塗料化させる設計とすることで、一般に適用されるコート法 (ロール、グラビアなど) による製造を可能とした。また、穴あけ加工後の使用済み製品を、アルミニウムスクラップとして再資源化を可能にするために、皮膜厚さをアルミニウムシートの厚さに対して $\frac{1}{4}$ 以下を目標設計とし、リサイクル性を付与させる設計とした。皮膜厚さの制御と塗布型という製造方法により、塗工後の製品を所定のワークサイズに切り出して使用する際に反りを発生させず、PCB の最上層に容易に配置させることができるようにして作業効率性の向上も念頭に置いた設計とした。更に、製品安定性においては、特に湿気が多い夏場の環境下での製品保管に備え、製品同士のブロッキング (くっつき) を無くすために、皮膜に架橋構造を部分的に導入することによりベタツキを無くす皮膜設計とした。

2. CAE シートの性能

2.1 ドリル穴あけ加工試験 (性能評価試験) の概要

前述の潤滑樹脂皮膜設計に則して、開発した CAE シート²⁾ 及びベア材を用いて PCB のドリル加工試験を行い、加工穴の品質比較によって両者の性能を評価した。試験に供した CAE シートの構成としては、皮膜厚さが $30\mu\text{m}$ 、純アルミニウムシート厚さが $150\mu\text{m}$ を用いた (皮

膜厚さはアルミニウム厚さの5分の1)。一方、比較のために用いたベア材の厚さは、CAEシートの基材と同じ150 μ mとした。

加工したPCBは、産業用と民生用を通じて最も一般的なFR-4ガラスエポキシ材を絶縁層に適用した両面銅箔張のコア材（銅箔厚さ：35 μ m、総厚さ：1.0mm）を用いた。また、ドリル径は機能穴の主流である0.25mm（超硬仕様）を使用し、ドリルヒット数として4000穴での加工試験を行なった。表1にドリル加工試験条件を示す。

2.2 穴内壁粗さ

穴内壁粗さの測定は、3枚重ねで加工したPCBの2枚目（中間）を用いて、2000ヒット近傍及び4000ヒット近傍の5穴の断面を削り、マイクロセクション法で測定した。ここで、ドリル加工後のPCB基板は、穴加工上の問題として取上げたスミア発生のノイズを取り除くために、一連のスミア除去プロセス（膨潤工程、過マンガン酸エッチング工程、還元工程）を適用し、スミアの除去を実施した後、穴内壁に銅めっきを施した。

表2にマイクロセクション法で測定した穴内壁粗さの最大凹み粗さの値を示す。値は1998～2002ヒット及び3996～4000ヒット（ベア材の場合は、2998～3000ヒット）の各々5穴を抽出し、測定に供した。CAEシートの場合、ヒット数が増加しても最大凹み粗さの変化は小さく、スペックである25 μ m未滿を有する良好な結果が得られた。逆にベア材は、2000ヒット近傍において

表1 ドリル加工条件
Table 1 Drilling processing condition

Drill diameter	0.25 (mm)
Drill bit type	Cemented carbide drill
Drilling machine	HITACHI ND-1V211
Spindle speed	125 000 (rpm)
Infeed rate	2.5 (m/min)
Chipload	20 (μ m/rev)
Number of hits	4 000
Drill bit sample	n = 1
PCB	FR-4-core, t = 1.0 (mm)
Stack heights	3 stacks
Backup board	1.5 (mm) bakelite
Depth into backer	0.3 (mm)
Pressure foot	125 (N)
Vacuum force	150 (hPa)
Analysis machine for hole accuracy	TAKEUCHI PXL-1
Drill hole treatment	Desmear treatment ¹⁾

1) Desmear treatment was applied by using permanganate smear removal process.

表2 穴内壁粗さの結果

Table 2 Results of hole wall roughness measured by micro section method (Each hole was treated by desmear process followed by copper plating).

	CAE sheet		Aluminum bare sheet	
	2 000 hit	4 000 hit	2 000 hit	3 000 hit
Maximum roughness (μ m)	10.55	11.33	28.17	30.27

表3 ドリル折損性の結果

Table 3 Results of drill breakage after 4 000 hit drilling processing

	CAE sheet	Aluminum bare sheet
Number of hit	No breakage	3 163

既に25 μ mを超えた数値が得られ、3000ヒット近傍では30 μ m以上とスペック内に収まらない結果となった。更に、表3のドリル折損性の結果からは、ベア材は3163ヒット目でドリルが折損したにもかかわらず、CAEシートは加工終了（4000ヒット）まで折損は認められなかった。

このように、CAEシートが有する潤滑樹脂皮膜によって、穴内壁粗さの低減及びドリル折損性の改善に顕著な効果を発揮していることが判明した。写真1に、上記で抽出した穴内壁の断面の様子を示すように、ベア材との比較においてその内壁部分の粗さの差が明瞭に確認できる。

2.3 穴位置精度

穴位置精度の測定は、3枚重ねで加工したPCBの1枚目と3枚目の各々の基板裏側を、光学式非接触方式の3次元測定装置を用いて行なった。穴位置精度の結果を表4及び図3に示す。

前記の穴位置精度のスペックで判断すると、ベア材の場合は、最下層（3枚目）のPCBの穴位置精度の最大変位量が75 μ mとスペック（50 μ m以下）から外れているが、CAEシートの場合は、39 μ mとスペック内に収まっていることが分かった。また、図3の穴位置分布の結果からも明らかのように、最上層（1枚目）及び最下層のPCBのいずれも、ベア材に比べてCAEシートの方がより穴の中心部に多くのドリルがヒットしていることが確認できた。

これらの結果から、穴位置精度に対して行なった皮膜設計（ドリル突入時の求心性を高めるための皮膜硬度の最適化及びドリル引抜き時に皮膜とアルミニウム基板との剥離を抑制する接着性付与）が、効果的に性能発現に寄与していることが明らかとなった。

3. CAEシートの展開

前章で、穴品質（穴内壁粗さ・穴位置精度）及びドリル折損性に対して、CAEシートはベア材に比べ顕著な性能向上効果が確認できた。また、製品の付加価値特性として掲げた3点（作業効率性、製品安定性、リサイクル性）についても、量産ライン（ロールコート法）で製造したシートを用いて検証している。特に、作業効率性においては、製造後のコイルから一般に使用されるワークサイズ（300～600mm×300～550mm）に切り出しても全く反りを発生せず、また製品安定性についても、夏場の多湿環境を想定した条件下において、皮膜のベタツキに起因するブロッキングの発生は起こらないことも確認された。リサイクル性については、皮膜厚さがアルミニ

写真 1 穴内壁のクロスセクション写真

(3枚重ねのうち中間位置のPCB)

No.1 : CAEシート(1999, 2000 ヒットの穴内壁), No.2 : CAEシート(4000 ヒットの穴内壁), No.3 : ペアシート(1999 2000 ヒットの穴内壁), No.4 : ペアシート(3000 ヒットの穴内壁)

Photo 1 Cross section views of hole wall in middle placed PCB

No.1 : CAE sheet (hole walls at 1 999 and 2 000 hits), No.2 : CAE sheet (hole wall at 4 000 hits), No.3 : Al bare sheet (hole walls at 1 999 and 2 000 hits), No.4 : Al bare sheet (hole wall at 3 000 hits)

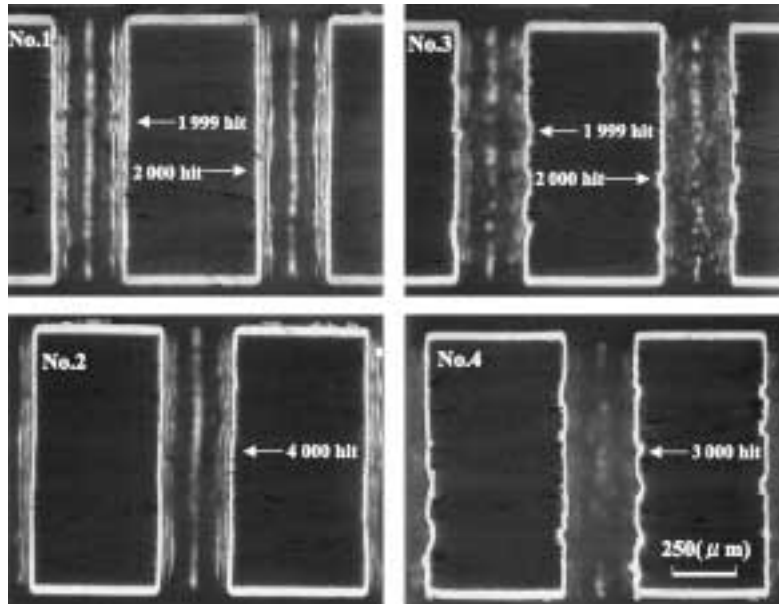


表 4 穴位置精度の結果

Table 4 Results of hole accuracy comparing CAE sheet with aluminum bare sheet after 4 000 hit drilling processing using 0.25 mm diameter drill (In case of Al bare sheet only 3 162 data were collected because of drill breakage at 3 163 hits).

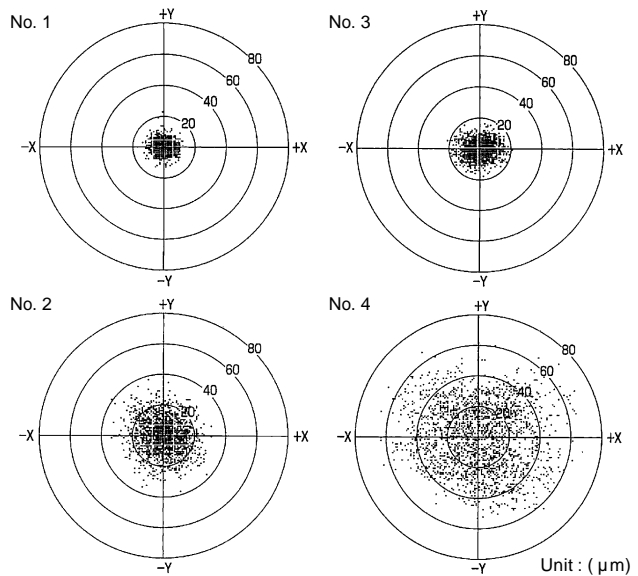
Entry board	Top PCB			Bottom PCB		
	Maximum (μm)	Average (μm)	Avg. +3 (μm)	Maximum (μm)	Average (μm)	Avg. +3 (μm)
CAE sheet	22	8.5	20.3	39	11.3	28.3
Al bare sheet	23	12.3	23.4	75	29.2	56.7

図 3 穴位置分布の結果

No.1 : CAEシート(最上層のPCB), No.2 : CAEシート(最下層のPCB), No.3 : アルミペア材(最上層のPCB), No.4 : アルミペア材(最下層のPCB)

Fig. 3 Results of hole accuracy distribution

No.1 : CAE sheet (top layer PCB), No.2 : CAE sheet (bottom layer PCB), No.3 : Aluminum bare sheet (top layer PCB), No.4 : Aluminum bare sheet (bottom layer PCB)



ウムシート厚さの5分の1のシート材であり,問題なく再資源化が可能と見込まれる。

以上のように,製品の付加価値特性を併せ持つ潤滑樹脂皮膜の設計に成功したことで,当社の関連会社であるサン・アルミニウム工業㈱でCAEシートの製造販売を開始し,ユーザでの採用例が次第に増加しつつある。

むすび=当社で開発した潤滑性エントリーボード(CAEシート)について,各種特性を紹介した。今後,ますます軽薄短小化の傾向が増す電子機器分野において,必要不可欠なプリント配線基板に求められる要求も厳しくなると予想される。材料面からの改良はもとより,改良される基板材料や表面実装パターンの高密度化あるいは基板の多層化にも対応すべく,最も基本となるドリルの穴

あけ工程もますます小径化,難加工化の方向に向かうと考えられる。今後,このすう勢に対してさらなる高潤滑性の皮膜を有する新製品を開発し,市場の要求にタイムリに対応していきたいと考える。

参考文献

- 1) PWB機械加工研究会:プリント配線板の穴あけ・外形加工(1994)p.2,日刊工業新聞。
- 2) 公開特許:平13-347602。