

極薄多層銅張積層板の製造法

Manufacturing of Ultra-Thin Copper-Clad Multilayer Wiring Board

河野 啓太* ・ 濱津 力* ・ 吉田 正一* ・ 帆足 順一*
Keita Kono Chikara Hamatsu Shoichi Yoshida Jun-ichi Hoashi

薄型回路基板において、絶縁層厚 0.04 mm の内層材料でシート全体に剛性を付与するためにシート外周部に銅箔を残すとともに、マスクフィルムが不要の描画補正のフィードバック制御できるダイレクトイメージ露光機を用い、スプレイノズルからのエッチング液噴出量の均一化などのエッチング精度が確保できるラインで回路形成することにより、内層銅箔 0.012 ~ 0.018 mm で、回路幅 0.05 ~ 0.075 mm を精度 ± 0.01 mm、最小厚み 0.12 mm の 4 層の多層銅張積層板「UT プレマルチ」の製造を実現した。

開発したこれらの技術により、薄型化が進むプリント配線板の安定した生産を達成できる。

In the production of thin-profile wiring boards, the manufacturing of 4-layer copper-clad multilayer wiring boards with an internal copper foil thickness of 0.012-0.018 mm, a circuit width of 0.05-0.075 mm has been achieved with a dimensional accuracy of ± 0.01 mm and a minimum insulator thickness of 0.12 mm by leaving copper foil around the sheet perimeter for giving rigidity to the entire area of the 0.04 mm thick internal insulation material. Further, circuits were produced by a line capable of ensuring etching accuracy, including a direct image exposing machine capable of feedback control of drawing correction without using a mask film, and uniform dispensing control of etching fluid from the spray nozzle etc.

The developed technology achieves stable production of printed wiring boards requiring further reduction of thickness.

1. ま え が き

近年、携帯電話、携帯オーディオプレーヤ、PDA などの携帯端末の薄型化に伴い、これらの機器に使用されるプリント配線板も小型、薄型化が求められている。また同時に、高機能化に対してさらに高精細、高精度な製品が要求されている。このようなニーズに対応する製品として、当社は「UT (Ultra Thin) プレマルチ」をラインアップしているが、この「UT プレマルチ」は通常のプリント配線板を生産する工程で量産するには材料が薄く、剛性がないため、ライン内での引掛り等が発生する確率が高くなり、歩留が悪くなる。筆者らは、これらの問題を解決する製造法を開発したので以下に詳細を報告する。

2. 「UT プレマルチ」とは

2.1 「プレマルチ」の概要

「プレマルチ」とは内層に信号回路と電源回路やシール

ド層などを挿入した 4 ~ 20 層の多層銅張板である。この内層回路はユーザの指定どおりに形成され、2 次積層成形のための設備やノウハウ、さらにはプリプレグや銅箔も不要となり、4 ~ 20 層の多層板を両面板と同様に量産することが可能である。また、内層にはシールド層と信号回路が組み合わされていることから、設計の自由度が高く、クロストーク防止やインピーダンス整合も容易な製品として、プリント配線板メーカーへの供給を行っている。これらの「プレマルチ」に使用される材料には FR-4、ハロゲンフリー FR-4、高機能材料 (FR-5 相当品等) があるが、近年ではロール・ツー・ロール工法への対応のため、通常材料よりもさらに厚みが薄いポリイミドやそれに類するフィルム状の材料を使用する場合もある。

2.2 「UT プレマルチ」の概要

「UT プレマルチ」の断面写真を図 1 に示す。これは「プレマルチ」のなかでもきわめて薄い材料で、内層材厚み

* 電子材料本部 機能材料開発事業部 Advanced Materials Division, Electronic Materials Business Unit

0.040 ～ 0.060 mm，銅箔厚み 0.012 ～ 0.018 mm，プリプレグ 0.030 ～ 0.040 mm を使用した多層板である。最小板厚は 4 層板で 0.120 mm が可能であり，使用される材料としては当社プリント配線板用材料「R-1766」，「R-1566」，「R-1755C」等がある。「UT プレマルチ」の定格を表 1 に示す。用途としては携帯電話，デジタルカメラ，デジタルビデオカメラ，メモリーカード等が挙げられる。

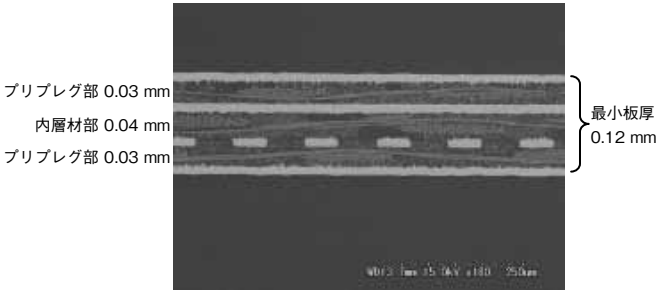


図 1 「UT プレマルチ」の断面

表 1 「UT プレマルチ」定格

最小板厚	0.12 mm
内層材	0.04 mm
製品サイズ	500×400 mm
最小 L/S	75/75 μm

3. 解決すべき課題

「プレマルチ」の製造工程を図 2 に示す。まず，銅張積層板の銅箔表面を化学研磨処理し，その上に感光性ドライフィルムをラミネートする。その後，マスクフィルムをそ

の上に重ねて紫外線を照射し，感光硬化部分と未硬化の部分形成して現像・エッチング・剥離工程を経て内層回路が形成される。次に，内層回路の表面を粗化処理後，プリプレグと銅箔を重ね合わせて真空プレスで成形し，必要サイズに外形加工することにより生産される。

しかし，図 2 の製造工程で「UT プレマルチ」を安定的に生産するためには，工程ごとに以下の課題がある。

- (1) ライン搬送時の引掛りと落下の防止
- (2) 回路形成の高精度化
- (3) 外形加工時の穴あけ条件の設定

これらの課題は通常のプリント配線板製造工程においてもあてはまるが，絶縁層厚み 0.06 mm 以下の材料を使用する際はとくに厳しい工程管理が必要となる。たとえば，エッチング工程や内層回路表面処理工程に関しては，通常の薬液スプレイ圧力や搬送ロールではダメージが大きく，製品の破れや折れ等が発生する。それに起因して，搬送ラインへの巻付き，処理槽内部への落下も発生する。また成形時には，内層回路内部に十分樹脂を充填しながらも樹脂の流れ過ぎを制御するとともに，絶縁層厚みを確保するための温度と圧力条件の設定管理が要求される。さらに多層化された製品の特性についても絶縁部分がきわめて薄いため，長期信頼性の確保や吸湿耐熱特性等の劣化を抑えることが必要となる。

4. 「UT プレマルチ」の量産

筆者らはこれらの量産上の課題を解決するため，次に挙げる対策を実施する。

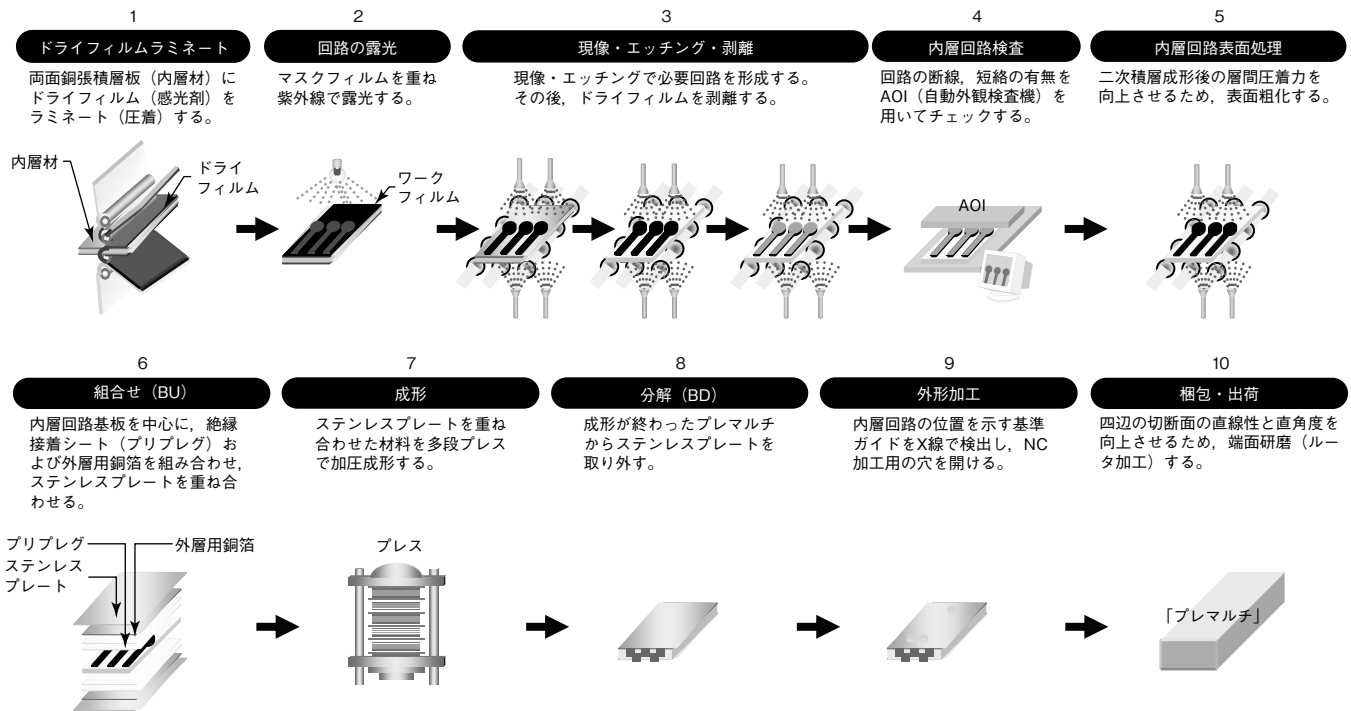


図 2 「プレマルチ」の製造工程

4.1 ライン搬送時の引掛り、落下防止

4.1.1 材料の端面加工

通常のシート材料の端面はオートカットソー等で直角に加工される。この状態のまま搬送する場合、とくに現像・エッチング・剥離ライン、内層回路表面処理ラインにおいて製品先端部の角がライン内のホイールに衝突して角折れが発生する。この折れた部分が起点となりホイールへの巻き込みや処理槽内への落下とつながる。このため、あらかじめシート材料の角部分にR加工を施し、搬送することにより角折れの発生を軽減させている（図3）。

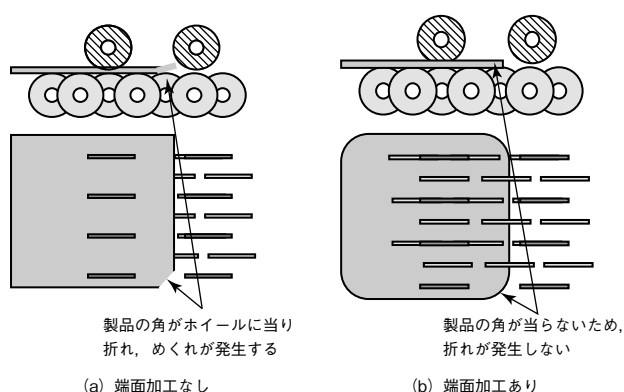


図3 材料のR加工処理

4.1.2 回路パターンの適正化

内層回路を形成する際に不要な銅箔部分をエッチング工程で除去するが、シート材全体に剛性をもたせるため、その周囲の枠部分にパターンを残す。枠部分のパターンは両面にある一定の残銅率で残し、かつ一部銅箔がない部分を形成する（図4）。この部分は後に説明する成形工程での絶縁層厚みのコントロールにも関係しており、枠部分のパターンの形状が成形時におけるプリプレグの樹脂流れ量を調整する役割も兼ねている。

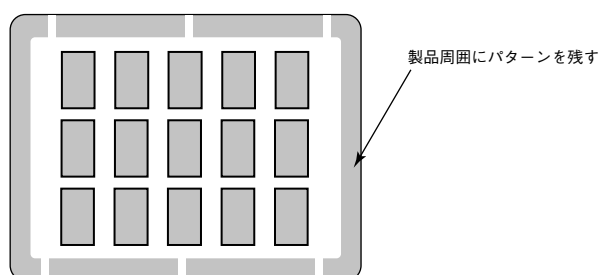


図4 枠パターン例

4.1.3 ライン搬送時の水切りロール部の治具

エッチングラインや内層回路表面処理ラインにおいて製品の引掛りが発生しやすい箇所は、薬液処理後の水洗槽の後ろに設置されている水切りロール部である。これは、製品が表面に水分を含んだまま水切りロールのスポンジ部を通過する際に、水分を吸収した水切りロールに貼り付いて

巻き込まれてしまうためである。この現象を解決するため、水切りロールの能力を落とすことなく、ロールへ密着しない処理を施した治具を水切りロール部に設置する。これによって工程内の引掛りが大幅に軽減できている。

4.2 回路形成技術の高精度化

4.2.1 エッチングラインスプレイの適正化

「UT プレマルチ」の回路形成を行う工程は「NR 工法」¹⁾で開発されたエッチング液噴出量の均一化、スプレイノズルの配置、およびスプレイ圧力の最適設定などの技術を応用し、薄物対応としてライン内のホイールのピッチを狭めた場合でもエッチング精度が確保できるように改良している。上下での回路幅の差はスプレイ圧力をインバータで細かく制御し、下側はほぼ均一な圧力に設定し、上側はエッチング古液が残留しやすい中心部の圧力を高くして液はけの良い外側に向かって徐々に低くなるように設定している（図5）。併せて上側の押えホイールの間引きを行い、上下、前後、左右に対する液はけのばらつきを低減させている（図6）。これにより、回路の最小L/Sが0.075/0.075 mmの製品を加工することが可能となっている。

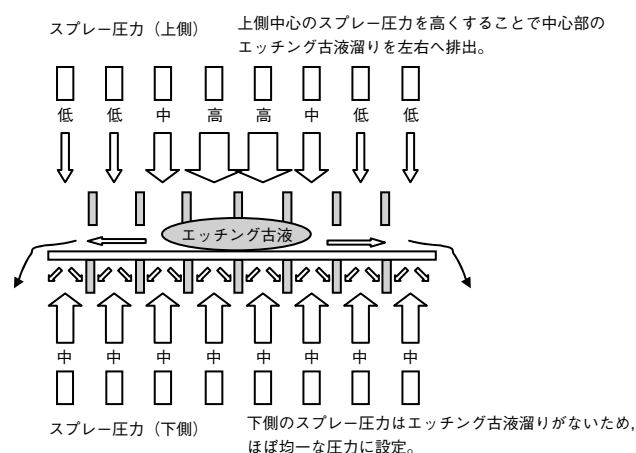


図5 スプレイ圧力の設定（断面図）

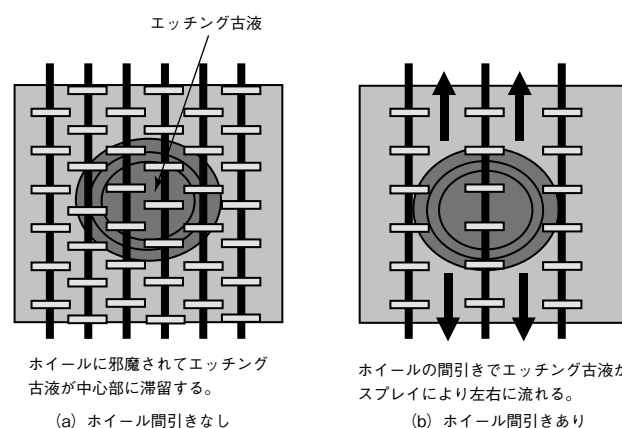


図6 ホイールの間引き（上面図）

4.2.2 ダイレクトイメージング露光機

さらに、「UT プレマルチ」が使用されるアプリケーションは内層銅箔厚みが 0.012 ～ 0.018 mm で、回路幅が 0.050 ～ 0.075 mm で ± 0.01 mm の高精度が要求され、現状のマスクフィルムを使用したコンタクト露光方式では十分な描画精度を確保できない。そこでマスクフィルムが不要なダイレクトイメージング露光機を採用している（図 7）。

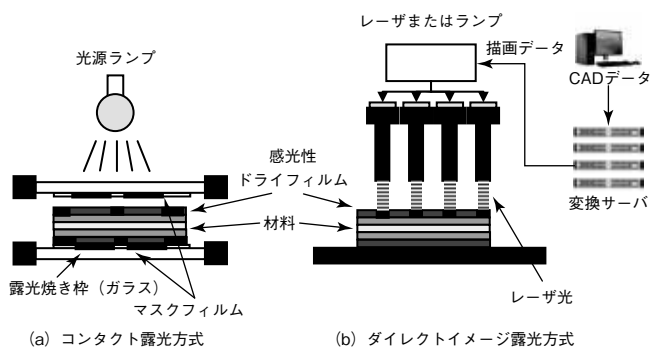


図7 露光方式

これはレーザ光を走査して CAD からのパターンデータを直接製品上のドライフィルムへ露光するもので、テストランで測定された回路幅のデータからねらいの値との差をフィードバックすることにより、信号補正およびスケールリングの修正が容易にできることが特徴である。このため、4.1.1 項で述べたエッチングスプレイの適正化でも補えない信号回路のずれを細かく分解し、信号補正値を微調整している。これによりエッチング面内の上下、左右の回路幅のばらつきを小さくすることができる。また、面内の全体的な信号補正を実施することによって回路形成に支障を来す特殊な部分に対し、元データの属性をさらに細かく分解して必要部分のみ補正を行い、信号回路幅を確保することで、ショート不良の発生なく生産することが可能となる（図 8、図 9）。

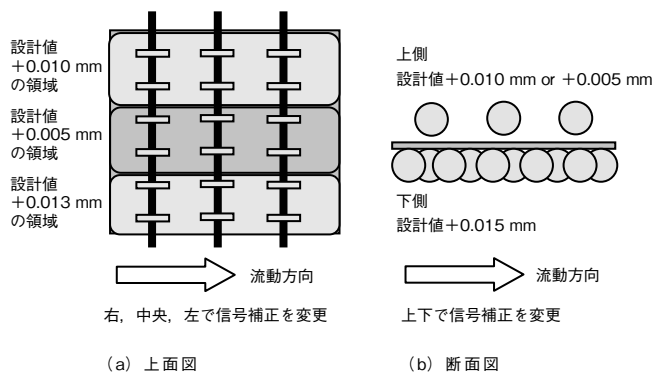


図8 信号補正例1

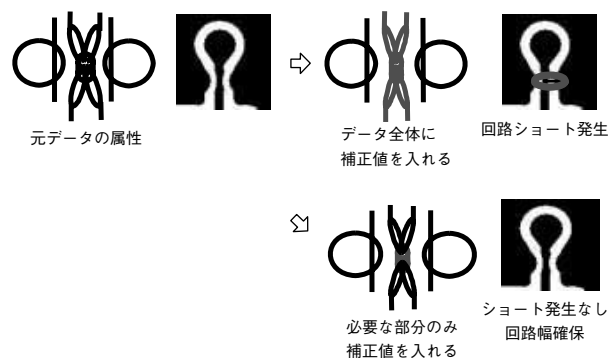


図9 信号補正例2

これらの技術開発およびツールの使用により、絶縁層厚み 0.040 mm、銅箔厚み 0.012 mm を使用した内層材を歩留良く、安定的に、かつ高精細な回路を形成しながら搬送させることを実現している。

4.3 外形加工時の穴あけ条件の仕様設定

外形加工においても薄物特有の問題があり、とくに穴あけ加工時にトラブルが発生しやすい。成形された材料の周辺のバリを除去するため、内層回路に形成された穴あけ用マークを X 線装置で読み取り、これを原点位置とする穴加工を行う。このとき、製品に厚みがないと穴あけ用ドリルビットの刃が上下動する際に加工された周辺にかえりが発生する。そこで、ドリルビットの回転数を上げ、送り速度を約 20 % 程度遅くすることによって、かえりの少ない穴加工を実現している（図 10）。

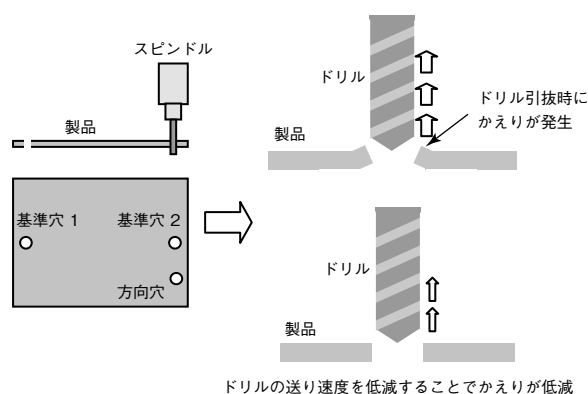


図10 外形加工時の穴加工

5. 評価結果

5.1 一般特性および吸湿はんだ耐熱性

これらの技術を用いて作製した 4 層の「UT プレマルチ」で評価を実施する。評価項目ははんだ耐熱性、板厚、および絶縁層厚の測定と外観である。基板構成は外層銅箔 (0.012 mm)、プリプレグ「R-1661JK」(厚み 0.04 mm)、内層材「R-1766」(厚み 0.04 mm、銅箔 0.012 mm) を使用した 4 層板であり（図 11）、評価結果を表 2 に示す。

はんだ耐熱性、板厚、外観等については問題ないことがわかる。とくにプリプレグ部の絶縁層厚みについては $\sigma = 0.001$ の製品を生産することができることを確認している。

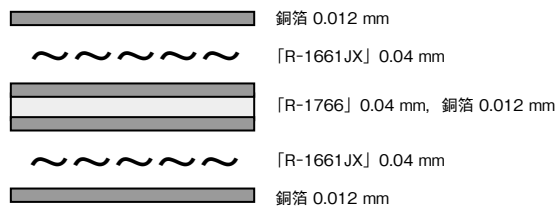


図 11 一般特性評価用「UT プレマルチ」の構成

表 2 評価結果

評価項目		評価結果	
はんだ耐熱性 260℃, 60 秒 Dip	4 時間煮沸	膨れなし (n=4)	
	2 時間煮沸	膨れなし (n=4)	
	1 時間煮沸	膨れなし (n=4)	
板厚 (mm)	AVE.	0.198	
	MAX.	0.214	
	MIN.	0.188	
	STD.	0.005	
	N 数	12 ボード×6 点	
絶縁層厚 (mm)		コア層	PP 層
	AVE.	0.042	0.057
	MAX.	0.043	0.06
	MIN.	0.04	0.054
	STD.	0.001	0.001
	N 数	2 ボード×4 点	2 ボード×8 点
外観	外層	問題なし	
	エッチング後	問題なし	

5.2 長期絶縁信頼性

「UT プレマルチ」は絶縁層部分が薄いため、長期信頼性を確保するには不利な構成である。このため、ユーザへの提案にあたっては絶縁信頼性を確認する必要がある。用途によって要求される条件が異なるが、今回の評価ではテストパターンで $L/S = 0.075 / 0.075$ mm の回路を作製後、前処理としてベーキング処理を施し、さらにリフロー等の処理を実施した後 85℃、85%RH の恒温恒湿下で DC 15 V の印加を行い、1000 時間までの絶縁抵抗値を測定する。その結果、この絶縁信頼性試験においても初期値からの抵抗値の変動も小さく安定した品質が確保されているのが確認できる (図 12, 表 3, 図 13)。

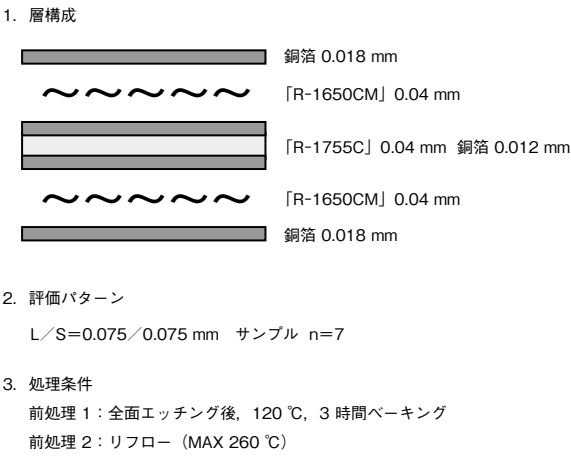


図 12 絶縁信頼性評価用「UT プレマルチ」の構成と前処理

表 3 絶縁信頼性評価結果

絶縁抵抗値 (Ω)			
サンプル	初期値	500 時間	1000 時間
①	1.92E+10	3.49E+10	3.49E+10
②	2.08E+10	3.66E+10	4.05E+10
③	2.21E+10	4.41E+10	4.55E+10
④	2.21E+10	3.85E+10	3.95E+10
⑤	2.50E+10	4.41E+10	4.55E+10
⑥	2.83E+10	4.29E+10	5.00E+10
⑦	3.85E+10	4.55E+10	4.69E+10

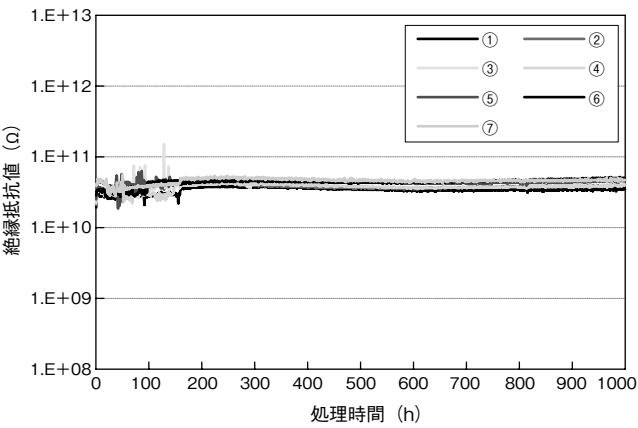


図 13 絶縁抵抗値の推移

5.3 成形時の絶縁層厚確保

成形条件と絶縁層厚についても説明する。内層材はすでに成形されているため「プレマルチ」製造時に変化することはないが、プリプレグ部分は内層回路の残銅率や使用ガラスクロス、プリプレグの樹脂量、樹脂流動性および硬化時間等の影響を受ける。また内層パターンの配置を確認したうえで、構成や材質によって温度や圧力、クッション材構成などの成形条件を変更する必要がある。そのなかでもプレス圧力を掛けるタイミングがもっとも重要な項目であり、使用されるプリプレグの溶融粘度が最小になる前後で

圧力を掛けるときの時間や回数により、プリプレグ部の樹脂流れ量が変化するため、絶縁層厚の精度ばらつきとなる。「UT プレマルチ」においては使用するプリプレグの樹脂厚がきわめて薄いため、熔融粘度カーブと成形加圧タイミングの関係がより重要となる。そこで、複数の加圧タイミングの設定を検討し、絶縁層厚が設計値に近くなる条件を見いだした（図 14）。

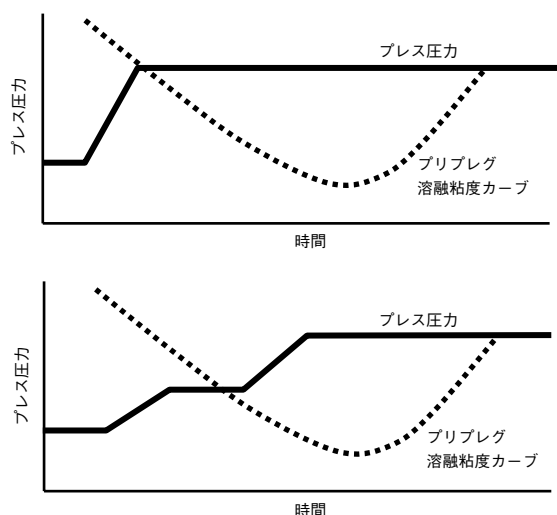


図 14 シールド板成形プロファイル例

6. あとがき

薄型回路基板において、絶縁層厚 0.04 mm の内層材料でシート全体に剛性を付与するためにシート外周部に銅箔を残すとともに、マスクフィルムが不要の描画補正のフィードバック制御できるダイレクトイメージ露光機を用い、スプレイノズルからのエッチング液噴出量の均一化などのエッチング精度が確保できるラインで回路形成することにより、内層銅箔 0.012～0.018 mm で、回路幅 0.05～0.075 mm を精度 ± 0.01 mm、最小厚み 0.12 mm の 4 層の多層銅張積層板「UT プレマルチ」の製造を実現した。

開発したこれらの技術により、薄型化が進むプリント配線板の安定した生産を達成した。

これらの技術は今後の筆者らのコア技術となり、シールド板のさらなる市場開拓の足掛りとなるものである。

*参考文献

- 1) 佐藤 光司, 北川 修次: 連続回路形成法における高精度エッチング条件, 松下電工技報, No. 75, p. 44-50 (2001)

◆執筆者紹介



河野 啓太
機能材料開発事業部



濱津 力
機能材料開発事業部



吉田 正一
機能材料開発事業部



帆足 順一
機能材料開発事業部