プリント配線板におけるエッチング

豊 永 実*

Etching Technology for Printed Wiring Boards

Minoru TOYONAGA*

サブトラクティブ法によるプリント配線板製法において、エッチング工程は極めて重要である。本稿ではエッチング技術の変遷と微細回路形成技術の現状について述べる。

1. まえがき

プリント配線板の回路形成には、銅張積層板を用いて回路以外の銅をエッチングで取り除くサブトラクティブ法と、絶縁物の表面に回路を銅めっきで形成させるフルアディティブ法、両者を併用したセミアディティブ法、パートリーアディティブ法がある。最近、アディティブ法の品質を左右する化学銅めっきの物性の改善が急速に行われてきているが、なおサブトラクティブ法が主流をなしている。

サブトラクティブ法においては、エッチングは欠かせない工程であり、エッチングにおける不良は多くの場合、手直しができない場合がほとんどであるため、エッチングの管理は極めて重要である。

最近、半導体素子の高集積化にともない、高密度実装による実装方式がDIPからSMTに移行するにともない、プリント配線板もミニバイヤホール、微細回路による高密度、高多層配線化が急速に進

められている。

プリント配線板におけるエッチングは、印刷インク、ED塗料、フォトレジストのような有機レジストやAu, Sn-Pd, Snなどのメタルレジスト、あるいはアルキルイミダゾールなどをエッチングレジストとして用い、銅をエッチングで除去して回路を形成する。

エッチングする銅の厚さは製造方法で異なり、一般に35~70 μ mである。エッチングする銅の厚さが厚くなればなるほど、エッチングでの精度が悪くなるので、回路幅、回路間隔が狭くなるとエッチング精度が特に問題となる。高密度配線板ではインピーダンスの制御が重要で、同じエッチファクターでも回路幅が狭くなると断面積の減少率は大きくなるので高精度のエッチングが要求される。

エッチングにおける問題は、エッチング自身の問題以外に、エッチングレジストの画像形成の問題、電気銅めっき厚さの均一性の問題、さらには積層板、めっき後の表面状態の問題などがある。

プリント配線板におけるエッチング技術の変遷と微細回路形成技術の現状について述べる。

2. 微細回路の現状と将来展望

DIP方式による配線板は、孔径／ランド径が0.9／1.4mm、グリッド2.5あるいは2.54mmで、高密度配線化にともないグリッド間に1本、2本、3本と回路を走らせることにより、回路幅は0.4から0.1mm程度まで細くなってきた。

最近、SMTの普及によりミニバイヤホールが用いられ、グリッドも1.27あるいは1.2mmとなり、

* 豊永表面技術事務所 (〒166 東京都杉並区高円寺南2-1-4, ☎03-314-3925)

Toyonaga Surface Engineering Office (1-4, Kouenji-minami 2-chome, Suginami-ku, Tokyo 166)

表1 プリント配線板の高密度化の推移
(汎用大型コンピュータ用プリント配線板の変遷)

開 発 時 期	1967	1975	1977	1982	1974	1981	1985
使用枚数／台	700	280	26	45	53	14	4
使用論理素子	TTL	TTL	TTL	TTL	ECL	ECL	ECL
ゲート数／cm ²	1	25	40	45	15	55	385
外形寸法 (mm)	188×115	188×115	284×204	381×237	189×189	310×290	540×488
(面積比)	(1)	(1)	(2.7)	(4.2)	(1.7)	(4.2)	(1.2)
板 厚 (mm)	1.6	2.2	2.2	2.3	2.7	3.1	7.3
層 数	4	6	6	8	12	14	42
アスベスト比 (板厚／穴径)	0.9φ 1.8	0.9φ 2.4		0.9φ 2.6	0.5φ 5.4	0.35φ 8.9	0.35φ 20.9
導 体 幅
表面層/内層(μm)	350	200/140		140/140	250/150	150/100	140/60
平均配線長 (mm)	6	24	67	240	100	500	5,000

孔径／ランド径も 0.3／0.5mm，0.3／ランドレス，0.15／0.25mm，回路幅60μm 2本走らせた配線板もつくられている。

HUGHESでは15年前から0.2／0.2mm，6年前から0.127／0.127mm，そして現在 0.075／0.075mmを製造している。画像形成用フォトレジストの解像力の向上，エッチャント，エッチャー，コントローラー，プロセスの改善が進められていて，25μm回路も可能であるが，量産における限界は，現在では40～50μmであろう。表1に高密度化の推移を示す

3. エッチングと装置の変遷

エッチャントに要求される条件は，

- (1) エッチングレジストの種類に適合性をもつ
- (2) エッチレートが大きく，かつ制御可能
- (3) エッチファクターが大きい
- (4) コンスタントエッチングのための自動制御が可能，連続運転可能，再生可能

- (5) Cuの溶解量大，液寿命長く，更新が少ない
- (6) 経時変化少なく，安定性良好
- (7) オーバーエッチによるサイドエッチ小（作業条件の範囲広い）
- (8) はんだの変色小，サイドエッチ小
- (9) 水洗性良好
- (10) 作業環境良好
- (11) Cuの回収再利用容易
- (12) 排水処理容易

プリント配線板の製造は当初，片面配線板で，エッチングレジストは水溶性液状フォトレジスト（グルー，カゼイン，PVAなど）がその後印刷インクの有機レジストであったため，FeCl₃液が使用された。その後，PTH配線板の製造が開始され，エッチングレジストにAu，Sn-Pb，Snなどのメタルレジスト，インク，膜状フォトレジストなどが用いられるようになった。メタルレジストの場合，Auは従来のFeCl₃でエッチング可能であるが，Sn-Pb，SnはCrO₃系，過硫酸アンモニウ

ム系に代わらざるを得なくなった。当初のAPS系は触媒に HgCl_2 が添加されていて、公害対策上の問題から、APSとアンモニア錯体、 H_2SO_4 と H_2O_2 、 NH_4Cl と NH_4OH などのエッチャントが開発されAPSに代わって使用された。

過酸化水素系のエッチャントは自己分解反応による液寿命の短さと急激な発熱反応による装置の破損などの問題があって、これらの問題の少ないエッチャント組成への変換が行われた。

現在はSn-Pb、Snのメタルレジストに対しては、アンモニアアルカリエッチャントが主として用いられ、ごく一部に H_2SO_4 - H_2O_2 系が用いられている。有機レジストにおいては、 FeCl_3 に代わり再生並びに排水処理の容易さから CuCl_2 が FeCl_3 と同じように用いられている。

微細回路形成にあたっては、コンスタントエッチング即ちエッチング速度を一定にすることが不可欠で、このため連続エッチング処理におけるエッチャントの再生あるいは補給による自動制御が行われている。

またエッチングにおいては多量のCuが排エッチャントとして排出されるので、排エッチャントからのCuの回収、有効利用技術も開発されている。

エッチャーは、ごく初期にはバットに浸せき、あるいはパドル方式が採用されていたが、バッチ処理のため生産性が低く、エッチング精度も悪かった。その後、水平スプレー方式に代わり、エッチング速度の向上、生産性の向上並びにエッチング精度の向上が図られるようになった。

エッチングはエネルギー論¹⁾や速度論がある程度の支えになるとしても、本質的には理論的に扱いにくく、なお解明されていない部分が多い。

エッチングの反応速度は、新しいエッチャントをCu表面に運ぶ速度に支配される。すなわちエッチング速度は、拡散支配の一次反応速度で、エッチングによってCu表面に生成される反応生成物の濃度に比例して減少する。

従って、反応速度を上げるため、エッチャントを加圧スプレーする方式に変わってきた。加圧されたスプレーにより、エッチャントのエッチング面への運搬と、エッチング面に生成された生成物

を除去することにより、エッチング速度が速くなり、サイドエッチも小さくなる。

サイドエッチを小さくするためと腐食雰囲気中に可動部を設ける問題などから、固定スプレーを採用するものもあるが、均一性が容易に得られやすいことから、オッシレーションスプレーが多い。

最近の微細回路の要求から、水平スプレーでは表裏の液溜りの相違によるエッチング特性のばらつきの問題から、垂直スプレー方式が開発されている²⁾。

将来のエッチング技術の予測は、エッチングを必要としないフルアディティブ法の発達並びに回路幅、回路間隔の微細化にともない、ウェットプロセスにおけるアンダーカットをいかに小さくできるか、ウェットプロセスの適用がどこまで可能であるかにあると思う。ファイナルエッチングにおけるドライエッチングの適用にはまだ時間を要するのではないだろうか。³⁾

スプレーエッチングで、ノズルの形状、粒径、オッシレーション角度、周期、圧力、流量、エッチャントの組成、pH、温度の適正条件の選定とその管理が必要である。

エッチング特性に影響する因子は、

- ①物理化学的……………エッチャント濃度、組成、温度
- ②スプレー技術的…ジェットの形、動き、距離、圧力、使用エッチャントのフローオフ
- ③水力学的……………エッチャントの表面張力、粘度、チキソトロピー

などである。

一般にギャップの深さと幅の限界は2:1といわれている。同一基板上に間隔の狭い部分と広い部分がある場合、広い部分はオーバーエッチになる。

ボードの大きさが大きくなってきていて、ボードの中央はエッチングがおくれやすく、端より太くなりやすい。図1に示すように中央は両端に比し約 $10\mu\text{m}$ 広くなっている。これを改善するためのノズルの取り付け角度、シャワー管個々の圧力調整ができるなどの改善も行われている。

図1 端と中央の回路幅寸法差

4. エッチャントの種類と特性

4. 1 FeCl₃

最も古くから、そして現在でも多く用いられている。表2に品質規格を示す。

標準電極電位は、Cu表面でE° = + 0.474Vで、これはCuCl₂の+ 0.257Vに比し若干大きいのでエッチングレートはCuCl₂より大きい。

FeCl₃を水に溶かすと、
FeCl₃ + 3 H₂O ⇌ Fe (OH)₃ + 3 HCl(1)
Cuのエッチング

副反応として、
Cu + FeCl₂ → Cu₂Cl₂ + FeCl₂(5)
使用してゆくと、Fe⁺²とCu⁺が生成し、pHがあ

表2 FeCl₃液の成分 (JIS K 1447)

	1 種	2 種	3 種
比 重 (Be)	>40°	>45°	>48°
FeCl ₃ (%)	>37	>41	>44
Fe Cl ₂ (%)	<0.30	<0.25	<0.20
遊離酸 (HC1%)	<0.50	<0.25	<0.25

図2 銅溶解量とエッチング時間の変化

図3 銅溶解量と粘度

図4 銅溶解量と比重

がり、Fe(OH)₃が沈殿し [Cu⁺²]/[Cu⁺] が小さくなり、遊離塩化物の濃度が低下しCuClがCu表面に沈殿し、Cu表面へのエッチャントの拡散を阻害する。HClを加えると平衡が左に移動しFe(OH)₃は消滅する。

図5 FeCl₃濃度とエッチング時間 図6 FeCl₃濃度・温度とエッチング時間

図2に示すように、Cu濃度の増加とともにエッチング時間が増大し、サイドエッチも増大する。HClを添加すればエッチング時間は回復するが、アンダーカットは増大する。従ってエッチング速度と精度を保つためには液中のCu濃度、即ち $[\text{Fe}^{+3}] / [\text{Fe}^{+2}]$ を一定に管理する必要がある。図3、4に銅の溶解にともなう粘度と比重の増大を示す。また図5、6にFeCl₃濃度、温度とエッチング速度を示す。

4. 2 (NH₄)₂S₂O₈

過硫酸塩として、主としてNH₄塩のほかNa,K塩が用いられる。単独ではエッチング速度が遅いのでHg²⁺, Ag⁺, Fe²⁺, Mn²⁺などの触媒が用いられる。(NH₄)₂S₂O₈ 200~250g/L溶液にHgCl₂をHg²⁺として5 ppm 添加して用いる。

メタルレジストがはんだの場合、H₂SO₄を1.5%, Snの場合はH₃PO₄を1%程度添加する。Cuの許容溶解量は約55g/Lで、アンダーカットが比較的大きく、Cuの溶解にともないエッチレ-

ートが小さくなる。過酸化物であるため分解しやすく不安定である。

新液で 1.5分/35μmのエッチレートがCu35g/Lで3.2分, 60g/Lで 6.3分になる。Auレジストに対しては特にアンダーカットが大きい。

S₂O₈は加水分解し、

$$E_0 = 2.05\text{V} \dots\dots\dots (6)$$

$$E_0 = 1.44\text{V} \dots\dots\dots (7)$$

$$E_0 = 1.77\text{V} \dots\dots\dots (8)$$

自己分解

Ag⁺を解媒にした場合は、

はんだ組成でPbが多いと、白色フィルムで覆われるので、酢酸アンモンまたは、HBF₄-チオ尿素水溶液で洗浄する。Snが多いと黒色フィルムで覆われるのでシュウ酸で洗浄する。

アンモニアアルカリエッチャントが開発されてからは、エッチング特性、安定性の悪さから急速に置き変わった。

4. 3 CrO₃-H₂SO₄

はんだ、Snをレジストにした場合、過去にAPSとともに使用されたが、排水処理の問題や経済的な再生法がないこと、エッチレートを一定にすることが困難などの問題から、APSに、さらにアンモニアアルカリエッチャントに置き変わった。

CrO₃は水中では、

Cuとの反応は、

K₂CrO₄またはK₂Cr₂O₇も用いられ、

$$\text{K}_2\text{SO}_4 + 2\text{H}_2\text{CrO}_4 \cdots \cdots (16)$$

H_2SO_4 は H^+ の供給源として、10~13%(vol), CrO_3 240g/Lの溶液が一般的組成で、 HNO_3 を添加するとエッチレートは増加するが、はんだを侵し、 H_3PO_4 は減少させる。 Na_2SO_4 , NaCl , AgNO_3 , HgCl_2 などを添加することもある。

4. 4 CuCl_2

$\text{CuCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ として市販され、水に対する溶解度は0℃で110.4g/100mLと良く溶ける。新しい FeCl_3 よりエッチング速度が遅く、アンダーカットも若干大きい。

スクリーンインク・ドライフィルム、Auのレジストには適するが、Sn-Pbには適さない。 FeCl_3 に比し、再生しやすく、コンスタントエッチレートが得やすく、公害対策が容易である。

CuCl_2 によるCuのエッチングは、
$$\text{Cu} + \text{CuCl}_2 \rightarrow \text{Cu}_2\text{Cl}_2 \cdots \cdots (17)$$

Cu_2Cl_2 は溶解度が小さいので、これを HCl , NaCl , NH_4Cl などの添加によって溶解される。
$$\text{Cu}_2\text{Cl}_2 + \text{Cl}^- \rightarrow \text{CuCl}_3^{-2} \cdots \cdots (18)$$

スプレー、エアーかく拌で、
$$2\text{Cu}_2\text{Cl}_2 + 4\text{HCl} + \text{O}_2 = 4\text{CuCl}_2 + 2\text{H}_2\text{O} \cdots \cdots (19)$$

クロリネーションで、
$$\text{Cu}_2\text{Cl}_2 + \text{Cl}_2 \rightarrow 2\text{CuCl}_2 \cdots \cdots (20)$$

電解でCATHODE $\text{Cu}^+ + \text{e}^- \rightarrow \text{Cu} \cdots \cdots (21)$
ANODE $\text{Cu}^+ \rightarrow \text{Cu}^{+2} + \text{e}^- \cdots \cdots (22)$

H_2O_2 で、
$$\text{Cu}^+ + \text{H}_2\text{O}_2 + 2\text{HCl} \rightarrow \text{CuCl}_2 + 2\text{H}_2\text{O} \cdots \cdots (23)$$

再生により CuCl_2 濃度が常に一定に保たれるため、一定のエッチング速度で作業が可能である。浴組成はCu 140-160g/L, HCl 70-80g/L, 比重 1.24~1.28で50℃で作業が行われる。 HCl にかわり、 NaCl , NH_4Cl を3mol/L添加する。

通常の作業でエッチング速度は約90秒/35μmである。

図7, 8に Cu^+ 濃度とORPならびにエッチング速度を示す。

Cuの溶解にともない Cu^+ が増加し、 Cu^+ が0.4g/L位から急速にエッチング速度が落ちる⁴⁾。遊離 HCl が多すぎるとレジストを劣化させたり

図7 ORPとエッチレート

図8 Cu^+ 濃度とORP, エッチレート

アンダーカットを大きくする。

4. 5 アンモニア・アルカリ

初めは過硫酸塩と錯化剤として NH_4OH を使用したものが開発された。
$$\text{Cu} + (\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8 + 4\text{NH}_4\text{OH} \rightarrow \text{Cu}(\text{NH}_3)_4\text{SO}_4 + (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 + 4\text{H}_2\text{O} \cdots \cdots (24)$$

その後、 NH_4OH 3M, NaOCl_2 0.375M, $(\text{NH}_4)\text{HCO}_3$ 1.5Mのようなバッチ式アルカリエッチャントが開発された⁵⁾。アンダーカットが小さく、エッチレート, Cuの溶解量がともに大きいという利点から過硫酸アンモンに代わって、はんだレジストのエッチャントとして急速に普及した。しかしCuの溶解によりエッチレートが変わり、Cu濃度約100g/Lで更新しなければならず、排液処理の問題もあった。

その後、エッチング特性を均一化させるため、

連続補給により組成を均一化して定速エッチングが可能となり、品質の向上、生産性の向上が計れるようになった。

浴中成分の働きは、

- NH₄OH 錯化剤でCuを浴中に保つ
- NH₄Cl エッチレート増加, Cuの溶解増加, 安定性向上
- Cu⁺² 酸化剤
- NaClO₂ 酸化剤
- (NH₄)HCO₃ バッファー
はんだ面の変色防止
- (NH₄)₃PO₄ バッファー
はんだ面の変色防止

Cuとの反応は、

表3に浴組成例と、図9、10に各成分のエッチレートならびにサイドエッチに及ぼす影響を示す。
定速エッチングのためには、Cuの溶解により増加する比重とpH、Cl⁻、NH₄OH濃度を一定にしなければならない。生成するCu⁺はスプレー

図9 アンモニアアルカリエッチャントのpH, 比重, Cl⁻濃度とエッチレート

図10 アンモニアアルカリエッチャントの比重, pHとアンダーカット

表3 アンモニアアルカリエッチャント

pH	8.1～8.5			8.5～8.9		
Cl ⁻	145～170 g/L			161～182 g/L		
Cu	135～145 g/L			140～150 g/L		
TOTAL NH ₃	8.1～8.5 N			8.7～9.4 N		

NH ₄ OH	3 moL/L	6 moL/L	2～6 moL/L	5%	2.2
NH ₄ Cl	1.5～0	5	1～4		2.2
Cu		2	0.1～0.6	100 g/L	
NaClO	10,375 g/L			1 moL/L	
(NH ₄)HCO ₃	0～1.5			0.8	
(NH ₄) ₃ PO ₄		0.01	0.05～5		
NH ₄ NO ₃	0～1.5				
(NH ₄) ₂ CO ₃					0.2
CuCl ₂					0.3 moL/L

時酸化されるが、作業量が過大の場合、酸化不足が起こりやすい。この場合は強制酸化が必要である。排気過大の場合、pHが低下し沈殿が生じやすい。また Cl^- の過剰は、はんだを腐食させる。

4. 6 $\text{H}_2\text{SO}_4 - \text{H}_2\text{O}_2$

H_2SO_4 約7Nに H_2O_2 を加えスプレーエッチで1～1.5分/35 μm で、 H_2O_2 の安定剤の開発により実用されはじめ、溶解Cuを冷却により $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ として容易に取り除くことができる。

4. 7 HNO_3

最近、PSI STAR社で開発された^{6,7)}。Ultra Fine Line And Space が可能で、

HNO_3 にアンダーカットを少なくするためのPolymer とガスの付着防止のための界面活性剤を添加し、エッチファクター5～10が得られている。

エッチファクターの改善にCuの結晶構造が影響するといわれている。〔111〕の含有率が多いほど図11に示すようにサイドウォールが垂直に近づく。少なくとも〔111〕が60%以上、〔220〕が10%以下が望ましい。他のエッチャントによるエッチファクターは一般に2～4である。

図12に HNO_3 によるエッチングの回路断面を示す。

図11 銅結晶構造とサイドエッチ

(エッチャント HNO_3)

図12 HNO_3 によるエッチングの回路断面

5. 自動補給・再生と回収

5. 1 FeCl_3

(2)式における酸化還元電位は

$$E = 0.526 + 0.059 \log \frac{[\text{Fe}^{+3}]}{[\text{Fe}^{+2}]} \quad \cdots \cdots (31)$$

エッチレートを一定にするため $[\text{Fe}^{+3}] / [\text{Fe}^{+2}]$ を一定にするようORPにより新液の自動補給を行う⁸⁾。

排水中のCuの回収は NH_4Cl を添加し、 $\text{CuCl}_2 \cdot 2\text{NH}_4\text{Cl} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ として、また銅板を入れ、置換によりCuを回収、電解によりCuの回収と酸化による再生が行われている⁹⁾。

5. 2 CuCl_2

(17)式における $[\text{Cu}^{2+}] / [\text{Cu}^+]$ によって決まるORPの制御によって $[\text{Cu}^+]$ を一定値以下に制御する。

$[\text{Cu}^+]$ の管理に吸光光度法あるいはポテンシオメトリックな方法などがある。HClの濃度も濃度計の開発により、比重制御とともにより正確な管理ができるようになってきている。 H_2O_2 に代わって O_3 も検討されている。

Cuの回収は FeCl_3 と同様電解回収が可能で、Hillisは3kg/Hの回収パイロットプラントについて、 $\text{H}_2\text{O}_2 - \text{HCl}$ による再生法と比較し経済性が34%にすぎないと報告している⁹⁾。電流効率は1g/AHで85%である。

5. 3 アンモニア・アルカリ

現在、比重の自動制御により補給液の自動補給

図13 アンモニアアルカリエッチャントのリサイクル

が行われている。しかし、作業条件により比重のみによる管理では組成の不均衡を生ずることがあるため注意が必要で、各成分の自動コントロールが望まれる。排液からのCuの回収は、アンモニアストリッピング法によりCuOとして回収、液状イオン交換体¹⁰⁾により溶解Cuを変換吸着させH₂SO₄で溶解分離し、CuSO₄・5H₂Oあるいは電解によりCuとして回収する。この場合Cuを除去した液は再利用することができる。図13にリサイクルシステムを示す。

5. 4 H₂SO₄ -H₂O₂

H₂O₂, H₂SO₄, Cuを自動滴定により測定し、自動補給が行われる。排液からのCuの回収は、冷却によるCuSO₄・5H₂Oの結晶として取り出す。

5. 5 HNO₃

溶液CuはH₂SO₄を加え、冷却してCuSO₄・5H₂Oとして回収する。Cuを除いたあとHNO₃添加剤としてPolymer、界面活性剤を添加して再生する。

6. エッチング精度

エッチング後の回路の寸法精度に影響を及ぼす因子は極めて多く、エッチングにおけるボードサイズ、エッチャーの構造、特にスプレーの形状、圧力、チャンバー内の均一性、表裏の均一性、エッチャントの種類と組成、適正エッチングならびに

表 4 露光・現像条件と
レジスト・トップ／ボトム寸法

	B.P ¼	B.P ½	B.P ¾
28℃ Solid 8	109/70	114/110	112/136
30℃ Solid 9		118/121	124/148
34℃ Solid 9	118/94	123/128	123/150

アートワーク幅117μm

図14 各露光量・現像ブレイクポイントと
レジスト幅（トップ）の変化

エッチングレジストの寸法精度とレジストの密着性などがある。エッチングレジストに1.3milのドライフィルムを用い、70μmの銅箔をCuCl₂エッチャントでエッチングを行った結果の2, 3の例を示す。

エッチング後の寸法精度をだすためには、まずエッチングレジストの寸法精度をだすことが先決である。焼付け時の密着度、光源の特性、現像までのホールドタイムなどの影響もあるが、表4に示すように現像液温、ブレイクポイントの位置によりアートワーク寸法と相違してくるし、図14に

図15 感光材料の露光量と寸法変化

示すように露光量による寸法変化がある。また図15に示すようにドライフィルムの種類により露光量の変化による寸法変化量が大幅に相違している。当然寸法変化量が小さいほどよい。

図16, 17にボードサイズ340×500mmについてアートワーク、現像後、エッチング後の寸法を示す。エッチファクターは3.5〜4.6である。

a	b	c	t ₁	t ₂
171.75	200.00	165.00	20.00	14.00
185.75	211.50	178.25	21.25	13.25

(μm)

図17 回路断面寸法

図16 アートワーク、現像後、エッチング後の寸法

7. おわりに

回路の微細化が進められるなかで、サブトラクティブ法におけるエッチング精度の向上は、特に銅めっきのめっき厚さの管理のほか、銅表面状態の管理、イメージングの高精度化とともに極めて重要である。エッチャント、アンダーカットを極力少なくする添加剤コンスタントエッチングのためのより精度の高い管理システム、より均一な、高精度エッチング可能なエッチャーの開発など、エッチングの理論的解明とともに今後に期待されるものが大きい。

参考文献

- 1) Swatzell ; Proceedings of The P.C. World Convention II 1, p.16,1981
- 2) Circuit Service, Micro Plate 資料
- 3) Lay ; Electronic Packaging and Production p.65 Mar.1982
- 4) Höllmuler 特公 昭50-13223
- 5) US PAT. 3231503
- 6) Printed Circuit Fabrication 11 p.87 Apr. 1988
- 7) Mumay ; Circuit Manufacturing Aug.1987
- 8) Daffek : Printed Circuit Hand Book p.8 McGrawHill
- 9) Hillis : Proceedings of the P.C. World Convention II 1, p.182 1982
- 10) General Mills 資料 Jan.1975