回路形成プロセスー感光性プロセス

大貫 秀文*, 馬庭 亮*

Image Transfer by Photo Printing Process.

Hidebumi OHNUKI* and Ryo MANIWA*

*日本電気株式会社回路基板事業部製品技術部 (〒229 神奈川県相模原市下九沢1120)

*Engineering Dept., Printed Wiring Board Div., NEC Corporation (1120, Shimokuzawa, Sagami-hara-shi Kanagawa 229)

プリント配線板（以下 PWB）の回路形成工程に用いるプロセス技術は何種類もあるが、ここで大別すれば2通りに分類できよう。このうちの1つは、民生用 PWB を主体において発展してきたスクリーン印刷法で、主に UV 硬化型インクによる回路形成技術である。残りのもう1つは、産業用 PWB において採用された感光性ドライフィルムプロセス技術である。本文はこの感光性ドライフィルムプロセス技術に関する経過、問題点、今後の技術動向について述べる。

1. 感光性ドライフィルムプロセス技術

感光性プロセスの基幹材料となる感光性レジストは種々なものが開発され、それに対応して感光性プロセスも多種類ある。その中でも1963年アメリカデュポン社によるドライフィルムレジストの開発は一大革命であり、PWB 業界が求めていた高精度高密度かつ経済性の追求による技術ニーズの波にうまく対応してきたと断言できよう。そこで20数年もの長い期間使われてきて、現在も主流の域にあるドライフィルムレジストを中心とした感光性ドライフィルムプロセス技術の全般について以下に詳述する。

感光性ドライフィルムプロセス技術を用いた PWB のパターン形成方法は2つに分けることができる。第1はサブトラクティブ法（Subtractive Process）で、この方法は導体箔の不要部分をエッチング液によって選択的に取り除くことにより、導体パターンと絶縁部を得る方法である。第2は、サブトラクティ

ブ法とは逆の製造プロセスのアディティブ法（Additive Process）で、導体パターン部のみをめっき技術を用いて選択的に形成する方法である。この2つの区分の中でサブトラクティブ法では、パネルめっき法、パターンめっき法があり、アディティブ法ではフルアディティブ法、セミアディティブ法、パートリーアディティブ法などと呼ばれる技術に細分化される。本稿では回路形成技術の視点から感光性プロセスを簡単に比較する。

1.1 感光性プロセスの比較

1.1.1 エッチングレジスト用

このプロセスは PWB の生産に最も多く用いられている方法で、多層基板の内層パターン形成や銅スルーホール PWB などがこれに該当する。銅スルーホール PWB の代表的な技術としては、テンティング法、穴埋め法があげられる。テンティング法（図1）はめっきスルーホールの両面および回路となる銅上にドライフィルムで熱圧着する方法で、液体感光性プロセスと比較して生産工程の大幅削減と環境を含めた設備投資の軽減による経済的効果のため、電子交換機等ハイクラス PWB を製造する日本メーカでは、1972年にこの技術による銅スルーホール PWB の量産化技術を確立し、実用に成功している。

開発当初においてはディップ型（挿入）部品が主体で、挿入部のはんだ付け性を保証するためにスルーホールのランド幅は太く設ける必要があり、これにより導通スルーホールは容易に形成することができ

図1. テンディング法

図2. フォト穴埋め法

た。が、今日軽薄短小化技術の流れにおいて、必ずしもスルーホール形成のためのランドをスルーホールの周囲に残す要求がなくなっている場合が多くなった。この技術対応を可能にすることにより、今後の高密度PWBが生産可能となる。前述の不要ランド部を設けない技術として開発された¹⁾穴埋めの技術とテンディング技術を組み合わせたフォト穴埋めプロセスがある。フォト穴埋め法(図2)は、スルーホールの中にインクを充填し、乾燥後表面のインクを除去してドライフィルムを熱圧着させる。スルーホールにインクを充填することは、ランドがない(ランドレス)状態でもドライフィルムによるテンディングが可能で、エッチング液がスルーホール内に浸み込まないようにして保護することにある。特徴としてテンディングでできなかったランドレスが可能となるが、穴埋めインクのマテリアル費、工数とも増加する。

どのPWBプロセス技術でも長所・短所それぞれが存在しているが、エッチングレジスト系の感光性プロセスを総括すると、長所としてはシンプルで合理化されたプロセスであり、特にFA化志向したときのプロセスコントロールは容易で、量産性に適しているといえる。この反面、エッチング量が多いことは電気めっきなどで形成した資源を余分に廃棄することであるため、今後の資源再利用環境問題に十分対処することが望ましい。

1.1.2 はんだおよび金めっきレジスト用

このプロセスは、スルーホールの下地めっきとしてPWB全体に無電解めっきを行った後、感光性めっきレジストを熱圧着形成し、回路となる部分のレジストを除去した後、この部分に必要な厚さのパターン銅めっきを行い、さらにこの上にはんだめっきまたは金めっきなどの金属めっきを行い、レジストをはく離後金属めっきをエッチングレジストとして不要な銅をエッチングする(図3)。

この方法はパネルめっき法と比較すると電気めっきによる必要以上の銅の厚付けは少なく済み、原理的にサイドエッチング量の問題は少ないといえるが、金属めっきのオーバーハングが生じ除去する必要がある。さらにパターン銅めっきには電気めっき技術が使用されるため、回路の粗密部分での電流分布を均一に保つのが難しく、めっき厚のばらつきが出やすいことや、回路が微細になればなるほど金属めっき液がレジストの下に浸み込み(いわゆるアンダープレーティング)、回路間のショートや感光性レジストによるめっき液への汚染液ライフの短命や、再生処理などのコスト増の技術的・経済的課題がクローズアップされてきている。

1.1.3 アディティブめっきレジスト用

アディティブ法²⁾には、一般にフルアディティブ法とセミアディティブ法、パートリーアディティブ法がある。(図4)。フルアディティブ法は、銅箔なし

図3. 金属めっき法(はんだめっき)

の接着剤付き積層板の上に感光性レジストや熱硬化インクによりパターンを形成し、無電解銅めっきで必要な厚さの銅を環析出させて厚付けめっきする方法で、前述した様なエッチング工程が不要のため、PWBのパターンを感光性レジストやスクリーン印刷のインクにより設けた後は回路形成が短い工程で合理的にできる超高密度パターンに適したプロセスといえる。

しかし、初期の技術普及過程において、析出めっき銅のピール強度確保と接着剤層の相関特性や pH 13 以上のアルカリめっき浴に耐えられる感光性レジスト材料の技術開発に手間どったこと、めっき液の管理技術、特に分解防止や廃水処理技術が電気めっき法と比べて難しく、現在では数社の専門メーカーが生産しているのみで PWB 業界全体での普及は少ない。

けれども基本原理として優れているアディティブめっき技術は捨てがたく、アディティブ法の特長を

図4. アディティブ法

生かして具体化しているのがサブトラクティブ法とアディティブ法をうまく併用したパートリーアディティブ法である。銅箔厚 $18\mu\text{m}$ や $35\mu\text{m}$ 以外に UTC 銅箔 ($8\mu\text{m}$ 以下) を使ったパラジウム入り銅張積層板を使用し、スルーホールやランド部分だけを無電解銅めっきで形成する。この後レジストをはく離し、軽く全面エッチングするなどの改良された方法がとられ技術向上を図っている。今日における技術課題としては無電解銅めっきの物性的信頼性と、無電解マスクとして使われている感光性レジストが脱溶剤化対応としての信頼性が十分満足できず、世界的環境保全の問題としてどう技術解決するかがキーポイントであろう。

1.2 新感光性プロセスの変化

1.2.1 ダイレクトイメージング

コンピュータの普及と使いやすさの改善により PWB に使われている CAD マシンシステムは飛躍的な技術発展をした。感光材料を光重合する露光装置の新技術として CAD システムに直結できるアルゴンレーザなどを用いた露光機がある。特長としては感光剤に直接描画するため露光時におけるマスクのフィルムの伸び縮みの影響はなく、さらに PWB の伸び縮みに合わせた寸法補正が可能となる。フォトマスクの起因するキズ、汚れ、密着不足等の不良も改善できる利点をもっている。ただ、1 パネル片面ずつスキニング露光するため大量生産には向きづらく、少量多品種、短納期の面で有効な技術といえる。

1.2.2 電着法 (フォト ED 法)

電着法とは、20年前から自動車等に使用されていた塗料を塗る方式である。最近この塗膜に紫外線感光機能をもたせ、PWB の感光性レジストとして回路形成に応用したものであり、塗膜の均一性、スルーホール内をもすべてカバーリングすること、解像性が良好のこと等の特徴により、新しい感光性プロセスとして PWB 業界で期待されている。

問題点はネガタイプ電着レジストでは小径スルーホール内の露光に難しさがあり、スルーホール形成性の問題が散見される。この問題を解決するためポジタイプ電着レジストも開発されている。現在多層基板用内層パターン形成と外層パターン形成にはネガタイプの電着レジスト、小径高密度外層パターン

にポジタイプの電着レジストが使われ、ネガ、ポジ両タイプの厳格な特長差が見い出せていないのが現状とはいえ、各社ばらばらに採用されており、今後の改善が注目されている。

1.2.3 溶剤現象とアルカリ現象ドライフィルムの動向

数年前からの世界的環境問題の1つとして、オゾン層破壊の主原因である特定フロン規制が始まった。これと同時に PWB の製造工程で多く使われてきた1.1.1 トリクロロエタンや塩化メチレンなどの塩素系有機溶剤の使用規制をする動向が活発化し、モントリオール議定書、ロンドン会議などで全廃期限が明確化された。これらの法規制実施に伴い、溶剤現象ドライフィルムからアルカリ現象ドライフィルムへの変更が今後2~3年以内に完了するだろう。各種感光性レジストメカは、すでにアルカリ現象型ドライフィルムを商品化しており、これに十分対応可能といえる。従来問題であった耐アルカリエッチング性の改良や耐金めっき性の改良も進み、アルカリ現象型ドライフィルムの体系が整ったといえる。溶剤現象型と異なる各プロセスでの留意点も若干あるため後述する各工程の技術動向にて紹介する。

2. 感光性プロセスの基本技術³⁾

2.1 ラミネート

液体感光性プロセスの塗布にあたるのがドライフィルムのラミネートであり、この装置をラミネータという。この方法による問題点は(a)ラミネート時のゴミ介入、(b)PWB 表面凹凸によるドライフィルムの埋め込み性と銅との密着不良があげられる。

(a) ゴミ介入による品質低下、仕損費増の対策に関しては、ゴミとの隔離対策として、クラス10,000以下のクリーンルーム設置、ラミネート前部のクリーンコンベア設置、ベースフィルムをはがす際の静電気除去機設置、そして完全自動のオートカットラミネータ等がゴミを防ぐための基本設計策であろう。いずれにしてもゴミの介入に関しては、装置、環境面、作業教育面で対応する方向が好ましい。

(b) ドライフィルムの埋め込み性と密着不良に関しては、ドライフィルムプロセスにおいて最

も重要な点でありながら近年の高密度化に対して弱点となってきた。原理的にドライフィルムは、ラミネート時に温度100~130℃、ロール圧力はロール片側の引張力で15~17kg重、速度1.0~3.0m/minでラミネートすることが好ましい。

実際のPWBでは、銅表面の凹凸によって埋め込み性が追従しきれない場合が出てくるのである。この点では溶剤現像タイプよりアルカリ現像タイプのドライフィルムの方が一般的にレジスト組成が柔軟くフローしやすく、密着力も上がる設計となっている。また凹凸への埋め込み追従性に対しては、必ずしもドライフィルムだけでは不完全である場合は、液体レジストの特長を生かして液状フォトレジストを事前にロールコート等で塗布し、この上にドライフィルムを合わせたり、ドライフィルムラミネート直前にPWB上に水を噴き付けるウェットラミネーション等が開発され、埋め込み性の改善を図っている。また前述した電着法もこの密着や埋め込みの点で改善した例であり、高密度細線を求める技術動向の中で改善が進むであろう。

2.2 露 光

感光性プロセスの露光工程は、感光性レジストにPWBのマスクパターンを介して波長300~450 nmのUV エネルギーを照射することにより、レジストを光重合させる工程である。

従来 UV 照度管理は積算光量計、ステップタブレット、ニュートンリングによる光の偏光チェックなどで管理していれば相当な品質を保証できた。ところが近年の高密度細線化の状況下においては、次の点で大きな改善が必要となってきた。1つは、フォトマスクとPWBとの相対位置精度、もう1つはフォトマスクに対しての露光再現性精度である。従来、フォトマスクとPWBの位置合わせ方法はパネルにあげた基準穴に対して目視手合わせか、ピン立て合わせで実施されてきた。この方式によれば現状の合わせ精度は±100μm前後まで対応可能であるが、今後の表面実装部品（SMD）の採用率の増加に伴って±50μm以下の要求になるにはそれほど遠くない。現在解決策として実用化されているのが、自動位置合わせブリントである。これは数か所の基準マークを画像認識

し、位置ずれ量を補正し、よりPWBの正しい位置に合わせたのち露光する。装置メーカーにより実用値は種々であるが、±50~100μmの精度に分布しているといつてよいだろう。今後ますます装置精度が上がると同時にフォトマスク自体の寸法改善や基材の寸法改善も向上されよう。

もう1つの問題は露光再現精度である。フォトマスクのパターンをPWB上に繰り返し正確に描写（転写）することは、量産化志向した感光性プロセスの基本点といえる。さらにより良い露光技術を求めて平行光線の採用、密着性向上の真空引き技術、レジスト重合効率を完璧にする波長の選択技術などが重要である。ドライフィルムにおける膜厚の薄化や2層構造（マイラーフィルム無し）タイプのドライフィルムも同様、高精度対応を図るための材料メーカー側のアプローチである。前述したレーザを用いたダイレクト露光も、この再現精度に対する1つの解決策である。

2.3 現 像

現像とは、感光性レジストを露光すると、重合させた部分と重合しない部分が形成され、現像液で重合しない部分のレジストを除去することである。現像液は、レジストのタイプによって異なり、溶剤現像タイプでは1.1.1 トリクロロエタンを使用し、アルカリ現像タイプでは1%前後の炭酸ソーダが使用される。今日、毎日といってよいほど世界的環境保護問題が取り上げられている状況下であり、塩素系有機溶剤を使う現像とはく離工程ではすみやかに全廃することが企業存続の焦点となる。

溶剤現像タイプのドライフィルムにおいては未露光部のレジストを溶剤によって膨潤、溶解させるので、最適現像特性は時間、温度、圧力などの現像条件の依存性は低く、現像ラチチュードは広い。一方、アルカリ現像タイプはアルカリがドライフィルム成分中に散在する酸原子と反応することによるイオン化溶解で、化学反応原理に基づく現象のため影響を受けやすく、現像ラチチュードは狭い。この基本原理の違いにより現像条件すなわち温度30±3℃、液再生連続オーバーフロー、圧力1.5±0.5kg/m²、時間35±5秒の管理が重要である。また、装置構造は塩ビやP.Pとなり、槽内汚れとして溶解レジストの析

出へばり付きが有り、消泡剤の投入管理などの生産量とのリンクした管理技術が重要なポイントとしてあげられる。現像工程だけをとっていても現像液の均一管理、繁雑さなど、今のところアルカリタイプの方が難しい。難しいが前述した環境問題からの要求に対応する代替技術がないため、アルカリ化の普及は急速化するだろう。装置側からの問題点としては、コンベアライン特有の弱点である上下の液流れの差によるばらつきが高精度ファインライン化の進展に伴って今後さらに問題となる。この点についてはエッチング装置にも共通にいえるのでエッチングの章で述べる。

2.4 エッチング

エッチングは、PWBにおける銅の不要部分を化学反応で溶解除去し、回路を具体的に作る重要工程である。エッチング液の種類としては、塩化第2銅液、塩化第2鉄液、過酸化水素・硫酸溶液、アルカリエッチング液などの水溶液があげられる。これらのエッチング液はそれぞれ特色をもつが、大別するとはんだやニッケルなど金属系レジストを破壊する塩化物エッチングと、その他に区別できる。エッチング液

の管理や環境管理技術の複雑さから、主にパネルめっき法では塩化第2銅液、塩化第2鉄液、パターンめっき法ではアルカリエッチング液が多く使用されている。エッチングの問題はPWBの大きさにもよるが、やはり現像と同様に表裏・および面内のばらつきにある。過去からも、このばらつき改善の取り組みとして、スプレーノズルの千鳥配置、ノズル吐出形状の異なる組み合わせ、スプレーノズル揺動、スプレー圧力や流量の個別管理等が図られている。エッチング液溜りを改善するため、横型から縦型コンベア装置も改造されて市場に出てきた。またPWBパスラインを斜めにする方式やPWBを反転させるなどのバジ方式も考案されているが、量産対応となると二の足を踏んでいる状態である。

エッチング仕上りの指標として、エッチングファクタ管理が普及している。エッチングファクタとは垂直方向のエッチング速度と水平方向のエッチング速度の比を示すもので、この値が大きいほどエッチング精度が良好といえる(図5)。今後もこの指標をもとにエッチング液の選定、液温、銅濃度管理、ドライフィルムの薄化、銅箔厚、銅めっき厚の薄化の改善努力がなされれば、さらに高品質なPWBを顧客に提供できる。なお、感光性プロセスの目的である高精度かつ所望の回路幅を得るためには、図6に示すような露光・現像・エッチングにわたる管理と条件出しが肝要で、これらがすべて満足した条件下でPWBの電気特性、特にインピーダンス(Z_0)、クロストーク(KB)が安定的に求まる。

エッチファクタ： $\tan \theta = 2H / (B - T)$
 L；積層板(基材と樹脂)
 C；銅
 R；エッチングレジスト

図5. エッチファクタ

2.5 その他(前処理・はく離)

2.5.1 銅表面と前処理

回路形成用の感光性レジストをラミネートする前には銅の表面処理を行う。これは銅表面上の酸化膜

図6. 工程間のパターン幅変化

や異物を取り除くと同時に、表面に1～3μmの微小な粗さをつくり、感光性レジストとの密着面積を大きくすることにより、レジストとの密着力を高められるためである。回路パターンの断面構造は基材側からめっき、電気めっき銅である。銅箔表面は電解箔で比較的平滑であるので強い研磨は必要でなく、目の細かいバフやブラシ等で細かな凹凸を形成するとよい。無電解めっき銅の表面は、すでにめっきの表面方向の成長により微小な凹凸ができています。電気めっき銅はピロリン酸銅よりも硫酸銅によるものが多く、析出銅の特性向上やめっきつきまわり性の向上のため添加剤を使用するので、表面は硬く鏡面となる。したがって基板の伸び縮みを考慮すると、強い研磨よりもソフトエッチングの処理が適している。

次に研磨の種類であるが、前処理方法を大別すると表1のように3つに分けられる。まず第1はブラシ、バフ、ベルトサンダーなどを用いる機械研磨である。表面凹凸の矯正やスクラッチをつけることで密着面積を大きくする。ただし内層薄板の研磨での巻き込みや、スクラッチの大きさや深さは回路断線などの品質問題が多発するので注意する必要がある。第2の方法は、ソフトエッチングである。例えば、硫酸・過酸化水素水等で銅表面を均一に粗すことが可能である。凹凸の矯正に使用できないが内層薄板等には適している。第3の方法はパーミス材を強力に噴きつけ銅表面を粗す方法である。一般にホーニングとかスクラブジェットと呼ばれる方法である。ソフトエッチングより深く均一に粗すことが可能である。ただし、内層の薄板には不適當である。

これらの前処理方法を実際に組み合わせて生産する場合はPWBの仕様に合わせた最適な銅表面管理が、

微細回路形成には重要となる。

2.5.2 はく離

エッチングされたPWBあるいはめっきされたPWBの表裏より、重合したレジストを除去する工程をはく離という。通常、はく離液として溶剤現像タイプのレジストには塩化メチレン、アルカリ現像タイプのレジストには、水酸化ナトリウム3%が用いられる。この工程でのドライフィルムはく離不良があると後工程のソルダレジストの密着不良や、部品とのはんだ塗れ性にも影響がある。内層板においては黒化処理不良や基材フクレ、異物残渣の品質トラブルが多発する。このためサンプル等により定期的に表面状態を確認することが望ましい。また、アルカリ現像タイプのレジストは、それぞれの種類によりはく離片の形状が異なるため、はく離片の回収機やフィルタの目の粗さなどを事前に十分選定することが重要である。最近のはく離片の回収には逆流タイプ、サイクロフィルタタイプ、ドラムフィルタタイプ等の方法も採用されている。

3. 微細化がもたらす影響

当社の大型コンピュータ等の産業用PWBは、ピン間3本が世に出てから十数年以上になり、現在はVTRなどに代表される民生機器分野でもごく普通に採用され、量産レベルの中核を形成している⁴⁾。1990年にはピン間3本を越えた新たな回路形成技術として、わが国は世界に先がけて、ピン間5本PWBの商品化に成功した。今後もセット製品の軽薄短小化やコス

図7. 超高密度(ピン間5本)プリント配線板

表1. パターン形成前処理方法比較

特 徴 前処理方法	研 磨 特 徴		適 用	
	切削力	研磨面	内層	外層
1. 機械研磨 (バフ、ブラシ)	大	粗	△	○
2. 化学薬品による 表面処理	小	密	○	○
3. ホーニング or スクラブジェット	小	粗～密	×	○

トパフォーマンスの改善の要求に伴い、回路形成の微細化傾向は従前以上に強く求められると予測している。

一方、昨今の SMT の急速な普及、新実装法（例えば TAB）への移行はさらなる高密度化への拍車をかけるものと実感している⁵⁾。PWB ではライン & スペースが $50\mu\text{m}$ & $50\mu\text{m}$ 程度が限界といわれているが、近い将来この限界点に到達する。

これら高密度細線化するにあたり、明確にすべき点が2～3点ある。1つは設計基準の明確化である⁶⁾。設計がネックになるケースが出現するからである。

表 2. ピン間 5 本 PWB の設計基準

配線密度(ピン間)	5本	3本
基本格子	0.254	0.3175
導体幅	0.10(0.08)	0.12
設計最小間隙	0.15	0.2
層間厚(第1-2層,第3-4層)	0.2(0.15)	0.3(0.2)
ランド径 ／スルーホール径	1.1/0.8(0.85)	1.35/0.9
バイアランド径 ／バイアホール径	0.5/0.3	0.75/0.3
設計適用例		

単位(mm)，()内：オプション仕様

設計が標準化し、統一されれば原価低減、設計納期短縮などの効果が期待できる。第2は電気特性の設計である。特に伝送線路特性は、ノイズ特性すなわち隣接する導体に対するクロストーク (KB) やインピーダンス (Z_0) などの高周波対応が求められる。第3は、製造技術確立と信頼性の確立である。当然微細化するためのプロセスの変更があり、それがいかに安定した生産に導けるかという純生産技術的な問題の他に、導体回路の再現性、小径バイアホール

の接続信頼性、各工程の位置精度の認識が重要である。また、それに伴うPWB検査技術確立も急務となるこれらの点について、日本電気におけるピン間5本PWBの商品化において確認した点を例にとり図7、表2～4にそれぞれ示す⁷⁾。

4. 今後の技術課題

今まで述べてきた各種プロセスに関し、回路の高密度化をレベル分けしてどの感光性プロセスが適し

表4. クロストーク測定結果の比較

配線密度(ピン間)	5本				3本
基本格子(mm)	0.254				0.3175
層間厚(1~2層)(mm)	0.15				0.20
導体幅(mm) (実測値)	0.05 (0.03)	0.08 (0.07)	0.10 (0.09)	0.12 (0.11)	0.12 (0.11)
近端クロストーク係数 KB値(%)	11.2	13.2	15.6	16.8	15.2

* サンプル：平行パターンの隣接回路間で測定
(マイクロストリップライン)

** 計測条件：ドライバパルス：25MHz
振幅：5 V

表 3. 細線パターンの接続信頼性

項 目	試 験 方 法 概 略	総 線 長 (回路幅の 水準毎)	回路幅別試験結果：ΔR/R％**				
			50μm (47)*	70μm (71)*	80μm (84)*	100μm (99)*	120μm (122)*
耐 熱 性	リフロー(200℃以上40", 250℃) ↓ フローソルダ(240℃, 3～4")	60 m	+0.0 -0.5	±0.5	+0.2 -0.5	+0.1 -0.5	+0.1 -0.6
接 続 信 頼 性	ホットオイル試験(260℃10"×2cy) ↓ 熱衝撃試験*** (500cy)	60 m	+0.2 +1.1	+0.6 -2.7	+0.1 -1.0	+0.9 -1.1	+1.9 -1.1
耐折り曲げ性	ストローク±5 mm/250mm長(200cy)	60 m	+0.3 -0.4	+0.1 -0.4	+0.2 -0.5	+0.2 -0.4	+0.0 -0.5
耐 振 動 性	10～500Hz/ 3 H・サイクル(100cy)	60 m	+0.4 -0.2	+0.4 -0.1	±0.3	+0.4 -0.2	+0.4 -0.2

* 回路幅実測値(平均值), ** $\Delta R/R\%$: 抵抗変化率, *** MIL-STD-202F-107E(condition B)

表 5. 各プロセス比較表

	サブトラクティブ					アディティブ法	
	エッチングレジスト系				めっきレジスト系	めっきレジスト系	
	テンティング工法	穴埋め工法	フォトED	ダイレクト	パターンめっき法	フルアディティブ	セミアディティブ
1. 高密度の適性	△	△～○	◎	○	○	◎	○
┌ 密度	～ピン3本	～ピン3本	～ピン5本or6本	～ピン3本or4本	ピン4～5本	ピン5～6本	ピン3～4本
└ T/Hのランド	ランド有	ランドレス	ランドレス	ランド有	ランドレス	ランドレス	ランドレス
2. 品質	○	△～○	◎	○	○	△	△
┌ エッチング性	×	×	×	×	○	—	—
└ 現像性	△	△	◎	△	△	×	×
3. コスト	◎	△	△	△	×	○	○
4. 管理運用	◎	○	○	○	△	×	△
5. 納期	○	△	○	◎	×	○	○
6. 環境面	○	○	○	○	△	×	×
						(溶剤D/F)	(溶剤D/F)

◎……非常に優れている ○……良好 △……やや劣る ×……劣る

ているかを表5に示した。従来の感光性プロセス技術のイノベーションは多々あり、感光性プロセスは回路形成工程のみならず、めっきプロセス技術、表面処理プロセス技術、材料技術の改善等複合的総合的改善により、高密度化対応していく必要がある。

一方、世界的な環境保護問題はますます注目され、薬液の種類、廃棄物の量と管理、製造プロセスでの作業環境改善の技術傾向が強く求められるのは必至である。薬液の回収・再生等のクローズドシステムや、あるいはリサイクル可能な資材などが従来よりも広く採用されるだろう。高密度化傾注の中で、いかに環境問題をクリアしていくかが今後の感光性プロセスにおける企業の重要課題である。

(1991.1.31—受理)

文 献

- 1) 特許：特開昭61-139089
- 2) 上山：電子技術，6月別冊，p.42，6，1987
- 3) 宮崎：電子技術，別冊実装技術シリーズ 10，9，1988
- 4) 磯部：NEC技報，Vol. 38，No.2，p.151，1985
- 5) 大貫：サーキットテクノロジー，Vol.5，No.3，p.170，1990
- 6) 桑島，斉藤：NEC技報，Vol. 42，No. 8，p. 33，1989
- 7) 野口：NEC技報，Vol. 43，No. 10，p. 46，1990