プリント配線板とめっき加工 第2回

無電解銅めっき

上山 宏治*

Electroless Copper Plating.

Hiroharu KAMIYAMA*

*日立化成工業株式会社下館第二工場配線板開発部 (〒308 茨城県下館市大字小川 1500)

*Shimodate Second Works, Hitachi Chemical Co., Ltd. (1500 Ogawa, Shimodate-shi, Ibaraki 308)

1. はじめに

無電解めっきは、1946年にA. Brennerらが次亜リン酸塩を還元剤としてニッケルを還元析出させたことにはじまり、1954年G. Gutzeitらによって工業化され¹⁾、いわゆるカニゼン法 (Kanigen Process) として実用化された。その後コバルト、銅、銀、金および白金等と他の金属についても化学還元法により金属皮膜が得られるようになった。無電解めっきの主な特長は、(1)電源を必要としない、(2)複雑な形状の被めっき面に対しても均一な厚みの金属を析出できる、(3)絶縁物の表面にも金属を析出できる、ということである。このような電気めっきにはないすぐれた特長をもっているため、現在ではめっき技術の重要な一分野を形成している。

無電解銅めっきは、ABS樹脂等のプラスチックに電気めっきするための導電化処理用として工業的に普及した。プリント配線板のスルーホールめっき用としても、はじめ穴壁の絶縁層の表面に電気銅めっきを行うための下地用の導電化処理に使用された。

その後プリント配線板では、アディティブ法の普及により、単なる導電化処理のための下地用だけでなく、電気めっきを使用せず、無電解銅めっきだけで導体回路を形成するためにも使用されるようになり、その析出銅も電気めっき銅に匹敵する高性能な

物性を要求されるようになってきた。さらに高密度配線の形成や、高多層化により、高アスペクト比 (板厚/穴径) や、微小径スルーホールめっきの必要性が高まっており、これらに最適な無電解銅めっきは、ますますその重要性を増している。

そこで本稿では、プリント配線板への応用を中心に、無電解銅めっきの概要と今後の課題を述べる。

2. 無電解銅めっきの反応

銅めっきは、水溶液中の銅イオンを還元して金属銅に変え、被めっき面に銅皮膜を形成する。

電気銅めっきでは、この還元の駆動力は外部電源からの電圧によるので、めっき反応の制御は比較的容易で、導電体部分だけに選択的に析出させることができる。

これに対して無電解銅めっきでは、還元の駆動力はめっき液中の還元剤によるので、反応の制御はめっき液組成や温度等めっき液の状態のコントロールによらねばならず、電気銅めっきに比べ困難である。なおこの還元剤の酸化反応は触媒反応であるから被めっき面を常に触媒活性に保つ必要がある。逆に考えれば、無電解銅めっきは、触媒活性面があればどこにでも銅を析出させることができるので、絶縁物表面でも触媒を付与すれば、銅を析出させることができるという大きな特長が得られる。

2.1 無電解銅めっき液の主な組成

無電解銅めっき反応を起こさせるのに必須の組成としては、以下のものがある。

(1) 銅イオン

金属銅を供給するための銅イオンとしては、通常硫酸銅が使用されている。一部では塩化銅も使用される。めっき反応により Cu^{2+} は消費されるが SO_4^{2-} は液中に残り蓄積し、めっきに悪影響を及ぼすので、これを避けるため、最近酸化銅や金属銅²⁾から Cu^{2+} を供給する方法が考えられている。

(2) 還元剤

無電解銅めっきの還元剤としては、還元剤の酸化還元電位が、銅の酸化還元電位より卑であれば反応するはずであるが、実際には(i)液中で分解反応しない、(ii)他の組成と結合して不溶性沈殿を作らない、(iii)触媒面での反応速度が早い等の条件を備えていなければならない。これらの条件を備えた薬品としては、ジメチルアミンボラン³⁾、ホウ水素化ナトリウム、ヒドラジン、ホルムアルデヒド等^{4),5)}があるが、現在はほとんどの場合ホルムアルデヒドが用いられている。またホルムアルデヒドは、図1⁶⁾に示すようにpHが高くなるほど還元力は強くなるので、pH12以上のアルカリ性液で使用されている。

(3) 錯化剤

銅イオンをアルカリ性のめっき液中で安定に保つために、銅の錯化剤が必要である。錯化剤としては、EDTA、ロッシェル塩、クオドロール、CDTA等が使用される。なお錯化剤は銅との結合力⁷⁾や溶存酸素との反応⁸⁾等が錯化剤の種類により異なるため、どの錯化剤を選択するかが、無電解銅めっきの反応速度⁹⁾や液の安定性等に大きく影響してくる。一般には下地めっきの薄めっき用としてはロッシェル塩が、導体形成に使用する厚付けめっき用としてはEDTAが多く用いられている。

(4) アルカリ

ホルムアルデヒドの酸化反応に必要な OH^- を供給するために、NaOHまたはKOHが使用される。以上、(1)~(4)の反応に直接関与する主成分の他にめっき液の安定性を保つための安定剤、析出銅の物性を向上するための改良剤、被めっき面のぬれ性を改善するための界面活性剤等の添加剤が使用される。

2.2 無電解銅めっきの主反応

無電解銅めっきの析出主反応は、めっき浴中の錯化銅を $[\text{Cu-Y}]^{2+}$ と表すと(1)式のような自己触媒反応(反応により析出した銅自体が触媒となり連続的に反応する)である。

この反応はホルムアルデヒドの局部アノード反応と $[\text{Cu-Y}]^{2+}$ の局部カソード反応からなる電極反応としてとらえることにより、めっき条件等の反応速度への影響を考えることができる^{10)~12)}。この局部電極反応のモデルを図2に示す。またポテンシオスタットにより(1)式の反応を電位-電流曲線で表した場合のモデル図を図3に示す。

この図で曲線①はホルムアルデヒドのアノード酸化反応を示し、曲線②は $[\text{Cu-Y}]^{2+}$ のカソード還元反応を示す。これら①、②の曲線はそれぞれホルムアルデヒドおよび $[\text{Cu-Y}]^{2+}$ の単独組成のときにこのような分極曲線が得られる。しかし実際の無電解銅めっき液のように酸化剤、還元剤の共存する場合

図1. ホルムアルデヒド、銅の電位-pH関係

図2. 局部電池モデル図

は、相互作用の影響なしとすると、曲線③のように、酸化反応と還元反応を合成した外部分極曲線が得られる。ここで実際の無電解銅めっきの反応は、酸化と還元反応速度の等しい点、すなわち外部分極曲線の電流0の電位、E_{mix}（混成電位）で行われている。またE_{mix}における酸化、還元電流、図3の*i*₀（交換電流密度）が反応速度を示していることになる。

このように無電解銅めっきの反応を電極反応として考えると、めっき液の活性度、不純物混入による影響等の、めっき液組成、温度他のめっき条件だけでは説明のつかないアンノンファクターも、ある程度定量的につかむことができる。たとえばめっき中のE_{mix}を測定することにより、同一配合のめっき液では、めっき液の活性度、触媒面での反応速度を予測することができる。すなわち同じめっき液ではE_{mix}が卑になるほどめっき液の活性度は高くなる。これは図3の無電解銅めっきの反応ではホルムアルデヒドの酸化反応が触媒反応で(1)式の反応の律速になっているためである。図3で②の銅イオンの還元反応は一定として、①のホルムアルデヒドの酸化反応で、触媒活性が高くなりアノードの電流密度が大きくなると、③のE_{mix}は卑の方にシフトする。もちろんE_{mix}はCu²⁺、CH₂O等の濃度やpH、温度等が変われば変動するので、これらの条件を把握した上で考える必要がある。

図4¹³⁾には、めっき液の安定剤としてチオ尿素を添加した場合の測定例を、また図5¹⁴⁾にはめっきマスクとして使用したレジストによるめっき液汚染の影響を分極特性を測定することにより比較した例を

図3. 電位-電流曲線のモデル図

示す。

2.3 無電解銅めっきの副反応

無電解銅めっき液中では、(1)式の主反応だけでなく、酸化銅の生成反応、酸化銅の酸化還元反応、ホルムアルデヒドの分解反応等多くの副反応が起こる。実際のめっきでは、これらの副反応をうまくコントロールしながらめっきを行う必要がある。このため電気めっきに比べ、めっきのコントロールを難しくしているため、多くの特長をもっているが一般への普及が遅れている。

2.3.1 めっき浴不安定化の要因

めっき浴中のCu²⁺は(1)式により金属銅に直接還元される以外に、(2)式により亜酸化銅を生成する場合がある。

このCu₂Oは(1)式の反応の触媒能がなく、めっき反応を停止したり、溶液中に沈殿し、さらに(3)式の不均化反応や(4)式のCH₂Oによる還元反応により金属銅粒子を生ずる。

さらに金属銅は(1)式の反応の触媒となり、その反応が液中に進むので、非触媒表面にこの銅粒子が付着し、めっき槽壁やめっきマスク上に余分の銅が析出したり、ひどいときには、めっき液中に銅粒子が分散しめっき液は急速に分解する。

またアルカリ液中ではホルムアルデヒドは(5)式の

図4. ホルムアルデヒドのアノード分極特性に及ぼすチオ尿素(ppm)の影響

レジストの抽出物をめっき液に添加し、その分極特性を電流走査法で測定。曲線bb'はめっき液の被毒作用が大きい。曲線aa'はレジストに適当な後処理を行ったので被毒作用は少ない。

図5. レジストによるめっき液汚染

カニツアロ反応によって分解する。

特にpHが高く温度が高いほどこの反応は進み、 CH_2O 、 OH^- の消費される量は多くなるので無視できない。

まためっき浴不安定化の要因としては、以上のようなめっき液自体の問題だけでなく、液中にもち込まれる各種の異物や汚染物も考慮すべきであり、その抑制が必要である。たとえば図5に示したような触媒毒がもち込まれ、反応を停止させることもある。

2.3.2 めっき浴安定化対策

めっき浴不安定化の最大の要因は亜酸化銅 Cu_2O の生成であるので、安定化のためにはこの発生をできるだけ防ぐか、または生成した Cu_2O を Cu^{2+} に酸化する。 Cu^+ を錯化あるいはキレート化または不活性化して(3)、(4)式の反応が起こらないようにして、液中で反応の核になる Cu^0 の発生を防ぐ等の方法がある。

(1) Cu_2O の生成防止

(2)式の反応による Cu_2O の生成は、ロッシェル塩浴よりはEDTA浴の方が起きにくい¹⁵⁾ことからわかるように、使用する錯化剤の種類にも影響される。またEDTA浴においてもpH値が高く、 Cu^{2+} 濃度が高いほど銅の析出速度は早くなる反面 Cu_2O の生成速度も早くなる¹⁶⁾。したがってできるだけ Cu_2O の生成

しない浴組成を選ぶ必要がある。

(2) Cu_2O の酸化

めっき浴の安定性を保つためには、液中で生成した Cu_2O をできるだけ早く(6)式により酸化して溶解すればよい。この最も一般的な方法として空気かくはんによるめっき浴の安定化が古くから行われている。

これは空気かくはんにより液中の溶存酸素濃度を高めることにより、(2)式自体を抑え、 Cu_2O の発生を防ぐか、(6)式による Cu_2O の酸化と考えられている⁸⁾。しかし、かくはんによる酸素量が過剰になると、めっき析出面に CuO や Cu_2O が生成し、不動態化してめっき反応が部分的に停止することがあるので注意を要する。したがって溶存酸素量や浴中での分布を制御することは、めっき浴安定化のための重要な手段である。

(3) Cu^+ の錯イオン化

無電解銅めっき浴の安定化のための添加剤として従来より多くの化合物が検討され^{12),16)~18)}、特許も今まで数多く出されているが、それらのほとんどは Cu^+ の錯化剤または(4)で述べる安定剤である。 Cu^+ が錯化剤により液中で安定化すれば、(3)、(4)式による Cu^0 粒子の生成が抑制され、めっき液の安定化が図れる。 Cu^+ の錯化剤は数多く提案されているが、それらをいくつか

に分類して主なものをあげる。

- ・ハロゲンイオン—ヨードイオン, I^-
- ・N化合物——アルカリシアン, $NaCN$, 有機ニトリル, $R-CN$, ピリジル誘導体
- ・S化合物——硫化物, ポリ硫化物, チオ尿素, アルカリメルカプタン
- ・その他——セレン化合物, 水銀化合物

これらの錯化剤は微量添加でめっき浴安定性に効果があるが, 過剰に加えると析出速度が急減したり, 析出銅表面が黒化して反応が停止するので適正な添加量を維持する必要がある。

またこれらの安定剤の作用機構として, めっき浴中の溶存酸素濃度との関係で図6¹⁹⁾に示す興味ある実験結果が報告されている。ここでめっき浴中にホルムアルデヒドを添加すると液中の溶存酸素は図6の(1)の曲線のように減少するが, ビピリジルや $NaCN$ を含むめっき浴では溶存酸素の減少は大幅に抑制される。これは Cu^+ が CN^- やビピリジルと錯イオン化するために, (6)式の酸素消費反応が抑制されるためと考えられている。

(4) 銅粒子表面の不活性化

ある種の添加剤は, めっき液中に生成した Cu^0 粒子表面に吸着し不活性化して, (1)式の反応の触媒能を失わせ, めっき液中での反応核となるのを防ぐ。このような効果のある薬品としては, ポリエチレングリコール, ゼラチン, ペプトン等があげられている。しかしこれらの物質はめっきしようとしている銅表面にも吸着し, めっき析出速度を抑制する働きもあ

るので, 添加量に注意する必要がある。

(5) 粒子状物の除去

めっき液にもち込まれた異物や銅粒子は, できるだけ早くめっき浴系外に除去する必要がある。このため一般には, めっき液を間欠または連続でろ過する。ろ材には通常 $1\sim 3\mu m$ のポリプロピレンのカートリッジフィルタが使用される。特に長時間連続的にめっき浴を運転する場合, ろ過を行うことは必須である。

3. めっき析出銅の物性

無電解銅めっきは, はじめ絶縁物表面を導電化するために用いられていた。プリント配線板においても電気銅めっきの下地用として使用される場合が多かった。この場合には, $1\mu m$ 以下からせいぜい数 μm の厚さしか析出させないので, 析出銅の物性はそれほど問題にならなかった。しかしフルアディティブ法のように回路全体を無電解銅めっきだけで形成する場合や, 最近急速に増加している高アスペクト比の穴や, 均一なめっき厚を得るために表面回路を無電解銅めっきだけで形成する場合には, 回路の接続信頼性を保つために, 一定レベル以上の物性を確保する必要がある。このような厚付け用の無電解銅めっき液としては, 1965年に米国Photocircuits社で初めて実用化され, フルアディティブ法配線板の量産用として使用された。その後種々の改善が行われ, 最近ではほぼ硫酸銅電気めっきによる析出銅と同程度のレベルの無電解めっき銅が得られるようになった。

表1には電気銅めっきと比較した無電解めっき銅の物性測定例を示す²⁰⁾。

3.1 めっき析出銅の物性に影響する要因

無電解めっき析出銅の物性を低下させる要因の一つは, めっき反応で発生する H_2 が析出銅中に吸蔵されるために起こる水素脆性である。この水素は, めっき後の加熱により拡散放出され, 銅の物性は向上する。しかし一部は加熱後もそのまま残る²¹⁾。また添加剤によっても吸蔵される水素の量は変化するし²²⁾, めっき浴の温度を上げることによって水素吸蔵量は減少する。

図6. 溶存酸素の経時変化に及ぼす安定剤の効果

表1. めっき銅はくの物性

項 目	ピロリン酸銅 電気めっき	硫酸銅電気 めっき	アディティブ用 無電解銅めっき
抗張力(kgf/mm ²)	50~60	25~30	30~35
破断伸び率(%)	3~6	6~12	8~12
MIT耐折数*(回)	1,500~2,100	1,500~2,000	800~1,500
固有抵抗($\mu\Omega\cdot\text{cm}$)	1.8	1.94	1.78~1.82
スルーホールつき まわり性** (%)	70	70	100

* MIT耐折強さ試験機(JIS P8111)折曲角士135°、折曲速度175回/min。MIT(米国マサチューセッツ工科大学)方式の「MIT耐折強さ試験機」で測定した折り曲げ回数であり、折り曲げ疲労強さを示す。

** 板厚1.6mm、穴径0.6mmのスルーホールでの測定値

無電解銅めっきは反応により硫酸ソーダ等の副生成物が蓄積してくるので、これらもめっき析出銅の物性低下の原因と考えられる²²⁾。まためっき副反応により生成するCu₂O、CuO等の酸化銅が混入したり、各種添加剤、汚染物の影響による有機物が共析することによっても、めっき析出銅の物性は低下してしまうので、長期間連続運転でも優れた物性のめっき析出銅を得るためには、これら副反応を抑制する技術とめっき反応による副生成物を除去するためのめっき液リサイクル化技術が必要である。

厚付け用めっき液では、普通析出銅の物性改善のために各種の添加剤が使用されている。本間らはポリエチレングリコールの分子量増大につれ図7のように析出速度は減少し、めっき析出銅の延性は増加すると報告している²²⁾。また水本らはCH₂Oと可逆的に縮合物を形成するグリシンを添加することにより、めっき析出銅の伸び率や引っ張り強度は増加することを確認した。

なお遊離のCH₂O濃度と析出速度には正の相関関係があり、析出速度が早くなると析出銅の物性は低下するので、遊離CH₂Oの濃度を厳密に管理する必要がある²³⁾。

3.2 熱処理による析出銅の物性変化

無電解めっき析出銅は、加熱処理あるいは経時変化により、物性が変化する²⁴⁾。たとえば160℃で加熱すると、図8²⁵⁾に示すように伸び率は約2倍になり、引っ張り強度も増加する。また同じ処理時間3Hrでは加熱温度が120℃以上になると、温度の上昇と共に

図7. ポリエチレングリコール (P E G) の重合度と析出速度、ダクティリティーの関係

伸び率、引っ張り強度は増加する²⁵⁾。加熱温度と処理時間の関係をプロットすると図9のようにアーレニウスプロットに乗ることが確認されている²⁶⁾。

このような加熱による銅はく物性の変化は無電解銅めっきだけでなく、電気めっきにより析出した銅はくでも同じようなことが知られている。特にピロリン酸銅めっきによる銅はくは加熱後の伸び率が大きく、20%以上にもなる²⁶⁾。このような加熱による物性変化は、加熱による吸蔵した水素の放出^{21),22)}とそれによる銅結晶格子ひずみの緩和²⁵⁾や再結晶に伴う結晶粒度の増大によるものである。実際に析出銅の結晶粒度を加熱前後で比較すると、図10の写真に示すように明らかに加熱後の結晶粒は大きくなっている²⁶⁾。またX線回折による回折線の半値幅は加熱により減少して、格子ひずみが緩和されることが確認されている。

図8. 160℃加熱処理による銅はくの伸び、抗張力の変化

図9. 熱処理温度(1/T)と物性変化までの時間の関係

図10. 無電解めっき銅断面の結晶状態

4. めっき浴の運転技術

無電解銅めっきを工業的に利用するには、以上述べたようなめっき液組成の設定、添加剤の選択等めっき液自体の問題も重要であるが、これと共にあるいはこれに劣らず、めっき槽の材質、構造、液のかくはん方法、および各種めっきパラメータのセンシング方法とその制御技術、反応副生成物の除去技術と

いっためっき浴運転技術が非常に重要である。しかし今までこの方面の技術改善が遅れていたために、無電解銅めっきは多くの特長をもちながらその普及が遅れているといえる。

4.1 めっき浴組成の分析および析出速度の測定

下地用めっきの場合は、一般には室温でのめっきで、析出速度も遅く、液の変動も遅いので、プリミックスした補充液をめっきした面積に応じて自動補充

すれば、pH値と銅イオン濃度を1～2回/日測定し補正する程度で十分である。しかし厚付け用めっきの場合は、温度が高く析出速度も早いので、主要液組成(OH^- , CH_2O , Cu^{2+})を連続的に分析し、その分析値に応じて自動補給する必要がある。

pHはガラス電極により直接測定するが多いが、pH12以上の高アルカリでは経時的ドリフトが出やすい等の問題があるので、中和滴定により OH^- 濃度を測定した方が安定性は良い²⁷⁾。 Cu^{2+} 濃度は電位差滴定法等もあるが、吸光光度測定法が測定値も安定していて良い。各種安定剤の分析は、微量添加で許容濃度範囲も広いので省略できる場合も多いが、いくつかの分析法が利用されている。たとえばシアンイオン電極による無機 CN^- 、吸光光度法によるベンゾトリアゾールの測定²⁸⁾。また添加剤自体を直接分析しなくても、他のめっき液組成が一定条件のもとでは、めっき析出反応の混成電位 E_{mix} を利用して制御することもできる²⁹⁾。

次にめっき反応速度を連続的に測定し、めっき液活性をチェックすることも重要である。めっき析出速度の測定方法としては、最も直接的で確実な方法としては、一定時間に析出した銅の量を定電流電解により測定する方法がある²⁷⁾。この方法は装置化され多くの現場のめっきラインに活用されている。その他分極抵抗測定やクーロスタッド法等電気化学的方法による測定例もいくつか報告されている^{30)~32)}。

4.2 めっき液のリサイクル技術

めっき反応により生成する副生成物は、めっき液活性や異常析出現象³³⁾、析出銅の物性に大きく影響するので、長時間連続めっきによる厚付けめっきを行うためには、その除去技術が必要である。副生成物で最も影響する物質の一つは、 SO_4^{2-} で、これは析出銅の供給源として CuSO_4 を使用するため、 Cu だけが析出消費し SO_4^{2-} が残り蓄積する。そこで SO_4^{2-} が発生しないように Cu の供給を、 SO_4^{2-} を含まない水酸化銅や酸化銅を使用したり、金属銅を電解溶解して補充する方法が検討されている²²⁾。

その他イオン交換法により、イオン交換樹脂上で、 EDTA-Na と Cu^{2+} とのイオン交換により EDTA-Cu として Cu を供給する方法も考えられる³⁴⁾。

次に生成した副生成物を除去する方法としては、

(1) 隔膜電解法

めっき老化液を隔膜を通して電圧をかけることにより、 SO_4^{2-} 、 HCOO^- という副生成物イオンを分離して除去する。

(2) 冷却結晶化法

めっき副生成物が蓄積して塩濃度が高くなっためっき液を冷却して、硫酸ソーダの結晶として沈降させ分離除去する。

5. おわりに

プリント配線板が今後ますます高密度化し、微小径穴や高アスペクト比スルーホールに対するめっきの必要性が増加するにつれ、無電解銅めっき技術の重要性は一層高まってくると思われる。一方厚付け用のめっきは、今まで各種添加剤の開発や、めっき浴運転条件の検討等により、電気銅めっき並みの物性値の得られる無電解銅めっきも開発され、民生用の両面板から産業用の高多層配線板にまで使用されるようになってきた。

しかしめっき浴の管理の複雑さや、めっき浴寿命の問題等まだ改善の余地も多く、これからの課題と思う。特にめっき浴分析管理の完全な無人化と適切な薬品補充方法、溶存酸素濃度のコントロール他めっき槽内の液組成や条件の均一化が図れるような液循環、かくはん方法等、めっき運転技術の向上と排液を出さないめっき液のリサイクル技術の改善を進めることにより、容易に安定して特性の優れた析出銅が得られ、低コスト化にもなり、その使用比率は高まると考える。

(1989.8.5—受理)

文 献

- 1) 石橋 知：金属表面技術講座9「無電解メッキ」、金属表面技術協会編
- 2) 本間英夫 他：金属表面技術，**34**，〔6〕，290，(1983)
- 3) F. Pearlstein et al. : Plating, **60**，〔5〕，474，(1973)
- 4) I. Ohno et al. : J. Electrochem. Soc., **132**，〔10〕，2323，(1985)
- 5) P. Fintschenko : Metal Finishing, Jan., 85，(1970)
- 6) 大野 泉 他：日本金属学会会報，**20**，〔12〕，979，(1981)

- 7) R. M. Lukes : Plating, **51**, 1066, (1964)
- 8) E. B. Saubestre : Plating, **59**, [6], 563, (1972)
- 9) M. Paunovic : J. Electrochem. Soc., **124**, [3], 349, (1977)
- 10) 斉藤 圃 : 金属表面技術, **16**, 300 (1965)
- 11) 斉藤 圃 : 金属表面技術, **17**, 14, 258, 264, (1966)
- 12) M. Paunovic : Plating, **55**, 1161, (1968)
- 13) 斉藤 圃 : 電気化学, **34**, [2], 133, (1966)
- 14) H. Kamiyama et al. : Proceeding of IPC World Conv.(II), (1984)
- 15) 斉藤 圃 : 金属表面技術, **29**, [7], 403 (1978)
- 16) A. Hung : J. Electrochem. Soc., **132**, [5], 1047, (1985)
- 17) L. N. Schoenberg : J. Electrochem. Soc., **118**, [10], 1571, (1971)
- 18) 広幡兵伍 他 : 金属表面技術, **23**, [8], 465, (1972)
- 19) 松岡政夫 他 : 実務表面技術, **31**, [8], 362, (1984)
- 20) 岡村寿郎 : 電子技術, 1988年6月別冊, p.70
- 21) Y. Okinaka et al. : J. Electrochem. Soc., **133**, [12], 2608, (1986)
- 22) 本間英夫 他 : 金属表面技術, **34**, [6], 290, (1983)
- 23) 水本省三 他 : 金属表面技術, **36**, [2], 64, (1985)
- 24) J.Grunwald : Plating, **60**, [10], 1022, (1973)
- 25) 水本省三 他 : 金属表面技術, **39**, [6], 301, (1988)
- 26) A. Nakaso et al. : Proceeding of IPC World Conv.(II), (1984)
- 27) 岡村寿郎 他 : 日立化成テクニカルレポート, 第2号, 16, (1984)
- 28) R. B. Roy : Plating & Surface Finishing, Dec., p.54, (1986)
- 29) R. Zeblicky et al. : 特開昭53-65226
- 30) 大野 潔 : 金属表面技術, **29**, [11], 600, (1978)
- 31) M. Paunovic et al. : J. Electrochem. Soc., **126**, [12], 2282, (1979)
- 32) 佐藤倫子 他 : 金属表面技術, **34**, [6], 298, (1983)
- 33) 広瀬 学 他 : プリント回路学会第1回学術講演大会講演論文集, p.9
- 34) R. Zeblicky et al. : 特公昭59-32542

●プリント配線板製造技能検定実施のご案内●

労働省は、このほど、「半導体製品製造・プリント配線板製造」技能検定を今年度から実施することを政令第234号において明らかにした。

この技能検定は、プリント配線板の製造に従事している従業員の技能および地位向上を旨とし、職業能力の開発向上の目標となるよう、職業能力開発促進法に基づいて実施される国の検定制度であり、実際の試験等は各都道府県において実施される。

プリント配線板製造に関する技能検定は、設計

と製造の2種類に分けられ、それぞれに1級と2級の資格が設けられている。

今年度の検定スケジュールは次の通りである。

☆受検申請受付：10月2日～16日

☆実技問題公表：12月1日

☆設計作業実技試験：2年2月4日

☆学科試験（設計・製造統一実施）：2月18日

☆製造作業実技試験：元年12月4日

～2年3月4日