電子部品の表面処理

Surface Finishing for Electronics Applications

豊 永 実*

Minoru Toyonaga

電子部品のめっきは、いわゆる機能めっきとして電子機器の発展に大きな役割を果し、めっき皮膜の物性が部品機能を左右するため、皮膜特性を常に安定して得るための各種管理が重要である。電子部品に用いられているめっきへの要求特性や管理の重要性について概説する。

1. はじめに

1897年 J. J. トムソンによって電子の存在が確認され、量子論や相対理論をはじめとした電子と物理の構造に関係した物理学が急速に発展し、1930～1940年代には物性論ができあがった。そしてこれらの成果の上に、それまでの真空管が真空中の電子の運動の制御であったのに対し、固体中の電子の運動の制御であるトランジスターが生れ、現在の輝かしい電子工業の幕あけとなった。

コンピューターを中心とするエレクトロニクスの発達は目ざましいものがある。これらの電子機器を構成する半導体部品、記憶素子、演算素子をはじめとし、半導体部品を搭載接続するプリント配線基板、接点、コネクタ、高周波電流を伝える導波管その他の素子、機構部品に数多くの表面技術が用いられている。

そして電子機器に要求される小形、軽量、

高信頼性と経済性ということが当然表面処理にも要求されている。表面処理も基礎技術として重要な役割を果して、表面処理技術なくしては多くの電子部品の開発が不可能であったし、従って今日の電子工業の発展はあり得なかったといっても過言ではない。

初期においては、既存の表面処理技術が試行錯誤されながら電子部品の製造工程に導入されていたが、応用面の拡大につれ、表面処理への要求も新たに提出されてきた。その結果として新たな表面処理技術、高度な品質要求に応えられる技術が開発確立されてきた。今後の電子機器の開発に、めっきをはじめとした表面処理技術の開発に期待される面が多い。

電子部品の表面処理は、ほとんどが表面処理された層そのものの特性、めっきであれば析出金属の特性が直ちに部品機能を左右する使われ方、いわゆる機能めっきとして重要な技術であって、情報処理装置、電子部品などにおいては機能めっきに依存するところが極

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

* Toyonaga Surface Engineering Office
1-4, 2-chome, Koenji-minami, Suginami-ku,
Tokyo 166

めて大きい。

機能めっきの特質から、めっきの管理は特に重要である。

一方、電子機器の用途拡大にともない、産業用としての環境腐食にともなう障害対策、あるいは低コスト化などの観点にたった技術開発が行なわれている。今後の電子部品の開発は、過去に行なわれたほどの急速な進展は期待されないにしても、新技術の開発、新需要、新しい産業、製品分野の電子化が進められる上で、表面処理技術の果す役割は極めて大きいものである。

2. 機能めっきとは

装飾にはじまっためっきが、防食の目的に使用されるようになり、さらにめっき金属そのものの物性が被めっき部品の機能に重大な影響を及ぼすような使われ方にも発展してきた。そしてこのような目的で行なわれるめっきを“機能めっき”と呼んでいる。機能めっきという言葉が使われはじめから約十年を経過しているが、年々新技術の開発とその応用が急速に進められてきている。

従来からの装飾めっきや防食めっきも広い意味では、めっき皮膜による装飾とか素地金属の防食といった機能をめっき皮膜がもっているが、機能めっきと呼ばれるものは、装飾・防食の目的に行なわれるめっきが、いわば消極的二次加工の要素が強い。これに対しめっきでなければその機能が得られないとか、めっきによれば容易にその機能が達せられるというように、めっき皮膜が部品機能を得るために欠くべからざるものであるというように、積極的な、主役的な使われ方をするものである。

このような役割をもつめっきは、古くは耐摩、離形のための工業用クロム、半田付けのための半田、スズ、ブスパーなどの電気的な

接続容量増加、あるいは接触抵抗低下のための銀、金、赤外線反射向上のための金、潤滑性のポーラスクロム、軸受け用鉛系合金などのめっきは周知のものである。

しかし最近、機能めっきという言葉に広く関心もたれ、著しい技術進歩を果してきた要因は近年の電子工業の発展にあるといえる。

この技術は半導体部品、磁気センサー、記憶素子、演算素子、プリント配線基板、導波管などに広く実用化されている。

機能めっきは、電子部品のほかにも電解工業でのアノード材料としてチタン基体の白金めっき、ソーダ電解用の RuO_2 、 RuO_2 と TiO_2 の混合めっきのほか、 PbO_2 および MnO_2 めっきが従来の黒鉛、Pb 合金、 PbO_2 や Fe_2O_4 電極で果せなかった技術改善をなしとげている。

また最近急速に、その応用を広げている各種の複合めっきは、電気めっきあるいは化学めっきによる金属マトリックス中に微細な多くの非金属相を均一に分散させたものである。Ni マトリックス中に SiC や Al_2O_3 、 ZrO_2 、 WC を分散させたものは耐摩材料としてベアリング、シリンダーなどの耐摩性向上に役立っている。同じく MoS_2 、グラファイト、フッ化黒鉛などを分散させたものは耐摩、潤滑性を向上させる。高分子微粒子を分散させた複合めっきは、金属と高分子材料の接着力を大きくするなど機能めっきは拡大の一途をたどっている。

このような機能めっきは、応用する側からの要求機能を満たすために技術開発が進められて得られた成果である。そして今後の新技術開発に、機能めっきの果す役割はますます大きいものとなるであろう。とくに電子産業の発展は将来とも産業分野のみならず、日常生活のなかにも急速に拡大されることが予測され、電子部品の開発も活発に行なわれてい

る。これにともなう、新しい機能要求に対するめっき技術の開発も当然行なわれなければならないものである。

3. 電子工業の歩みと予測

第2次大戦後米軍が入ってきて、戦争によって消失したラジオ、電話の普及をはかった。

1950年に施行された外資法が高度成長の引金となり、日本経済の急速な発展をもたらした。電波法の制定にともない1953年からテレビ放送が開始され、現在の電子産業の幕あけとなった。

米国が軍・産業用電子機器の開発、生産に傾斜しはじめたのに対し、日本は民生用電子機器の生産増強をはかり、ラジオ、テレビ、テープレコーダーが日本の電子工業の発展をささえた。1954年にトランジスタが発明され、1957年には日本でも生産が開始され、真空管時代から第二世代のトランジスタ時代に入り、トランジスタをつかった白黒テレビ、電子部品産業も発達し、次第に米国の市場をうばってきた。1950年代末には電子計算機の商品化がはじまり、1960年以降マイクロ波配線鋼がはりめぐらされ、1964年の東京オリンピックが刺激となり、電子機器の輸出が日本の電子産業の発達をたずけた。

1960年代中頃、ICが発明され電子機器の小形化、信頼性、コストダウンが行なわれ、SSI、MSIを含めたICによる第三世代のIC時代に入った。この間電子産業の発達を支えたのは、プリント配線板、半導体、記録媒体など次々とイノベーションが行なわれ、新しい商品もラジオ、白黒テレビ、トランジスタ化、IC化、カラーテレビ、電子計算機などの開発である。

1970年代に入って、更に集積度を高めたLSIの開発が行なわれ、第3.5～4世代の

LSI時代に入った。そして更に集積度を高めた超LSI(V-LSI)の開発が進められており、まもなく第五世代のV-LSI時代にはいろいろとしている。数千個のトランジスタなどをわずかに数mmの薄片に組上げたLSI、更にその数十倍の機能が1個におさまられたV-LSIの開発により、現在のソフトがある程度ハード化されるであろうし、量産に移行し低廉になることにより新しい分野への応用の道が次々と拓けてきている。

将来の電子機器の新分野としては、おもちゃ、ゲームマシン、事務機、パーソナルコンピュータ、家庭電器、自動車などにマイコン、ミニコンを主体とした伸びが予測されている。図1に電子機器および電子部品の生産高の推移と予測を、図2にプリント配線基板の生産高の推移と予測を示す。1977～1982年の間の需要の伸びは、電子機器で年平均成長率で約7.5%が見込まれている。

図3は米国におけるプリント配線基板の生産高の予測で、年平均成長率16.1%が見込まれていて、とくに10層以上のMLBは24.3%、3～4層板は21.7%と予測している。

4. 電子部品のめっき

半導体素子のボンディングやパッケージング技術のなかで、コストと信頼性の面でめっき技術の果たす役割は大きい。シリコンチップでは、金めっき層はケイ素との接触面で双方の金属の拡散によりAu-Si共晶合金ができ、この共晶合金の融点が370℃と低いことから溶融接着することが容易にできることから、ボンディング用に金めっきが用いられる。電力用トランジスタやサイリスタなどの接着には、半田接着が用いられる。

このほかリードフレームには、金・銀めっきが用いられる。素子の電極を外部リードに接続するのに、オーミック性、導電性、付着

性、パターン形成の容易さからアルミニウムが広く用いられ、この目的のために抵抗加熱や電子ビームによる真空蒸着やスパッタリングが用いられる。ワイヤーボンディングに用いるパンプ電極やビームリードなど厚い金属層の形成にはめっきが不可欠で、マイクロ波ICなどで高精度のストリップ線路を構成する場合、真空蒸着などの薄膜技術による金、ニッケル・クロムなどの上に4～5 μm の銅、金めっきが施される。また素子の放熱のためウエハの段階で、めっきによって放熱体を付設することも行なわれている。

磁気記録媒体の高密度化、高速化にともなう、磁性めっきは均一な薄膜が任意の磁気特性で得られることから必要欠くべからざるものとなっている。高保磁力のハードの磁性膜として、Co-P、Co-Ni、Co-Ni-Pが高密度磁気記録を生かし磁気ドラム、ディスク、テープとして電算機に、高透磁率のソフトの磁性膜として80% Ni-20% Feのフェライト、これにコバルト、モリブデン、リンを添

図1 電子工業の生産推移（通産省「電子工業月報」）

加し記憶素子に用いられている。

半導体部品などを搭載するためのプリント配線基板には、両面板では表裏回路の電気的導通、多層板での表裏および内層回路の電気的導通をはかるためスルホールプレートとして銅めっきが、またエッチングレジストならびに実装時の半田付けの目的で半田めっき、スズめっきあるいは、ニッケル・金めっきが用いられている。

通信伝送網のマイクロ波からミリ波への移行にともない、精密電鍍による導波管がつけられ、銅・銀・金・ニッケルめっきなどが用いられている。

プリント配線基板の電気的接続のために、基板接合部にニッケル・金めっき、又はロジウムあるいはパラジウムめっきが、コネクタ

図2 プリント配線基板の生産推移（3層以下）
—日本プリント回路工業会実態調査報告

図3 米国におけるプリント配線基板の生産予測（IPC資料）

ー接触子にはニッケル・金めっき、銀あるいはスズめっきが用いられている。

この他接点、接触子で開閉回数、摺動回数が少なく、比較的低負荷が大電流であっても使用頻度の少ない場合に接触抵抗の小さい金属が表面に用いられ、その使用条件によってクラッド材かめっきが用いられる。めっきは銀、金、ロジウム、パラジウム、スズめっきなどで、目的によってその種類、厚さが選定されている。

この他コンデンサー、抵抗、フィルター、プリンタ活字などの部品にも多くのめっきが利用されている。

このように電子部品には数多くのめっきがその主要部分になくはならぬものとして重要な役目をしているが、表面処理として広く見た場合、めっきのほか表1に示すように処理工程においていろいろの表面処理技術が適用されている。

表1 エレクトロニクスに適用されている表面処理技術

処 理	適 用 例
エッチング	半導体素子、プリント配線基板
酸 化	半導体素子、拡散防止、エッチング防止用レジスト
無電解めっき	プリント配線基板導電性付与、磁性合金メモリー
電気めっき	プリント配線基板導通、磁性合金メモリー、接合
陽極酸化	アルミニウム、タンタルコンデンサー
ドライエッチング	半導体素子
真空蒸着	半導体素子電極
スパッタリング	半導体素子電極
イオンプレーティング	IC、半導体へのめっき
化学蒸着	半導体素子エピタキシャル成長
拡 散	半導体素子ドーピング
イオン打込	半導体素子ドーピング

5. めっきへの要求特性と管理の重要さ

機能めっきでは、めっき皮膜の物性が直接部品性能を左右する。半導体素子のボンディング用の金めっきは、純度が高くないと不純物がケイ素中に拡散し不純物金属によっては致命的欠陥となる。厚さは素地金属が拡散、酸化したり、ピンホールからの酸化によって半導体物性を妨害しないことが要求され、密着性もボンディングの熱に耐える密着性が要求される。

プリント配線基板のスルーホールめっきでは、エッチングを均一にするためと孔のなかの厚さ確保のための均一電着性が要求される。厚さの不均一は回路のオーバーハングによる回路幅、間隔の寸法不良の原因となるし、エッチングにおいてオーバーエッチによる回路幅の寸法不良、さらには断線の原因となる。また銅めっきはサーマルショックにおいて、内部の膨張係数の極端に大きい樹脂の膨張に十分耐える伸び、引張強さ、それと結晶構造をもっていることが要求される。十分なタフネスをもっていないと部品実装時や経時的に銅めっきのクラックが生じ断線という致命的欠陥を生ずることになる。エッチングレジストとしての半田めっきも、スペーシング精度を悪くするオーバーハングをなくすための均一電着性と、リフローあるいは実装時の半田付けの際のアウトギャッシングの原因となるめっき皮膜のガス吸蔵を極力少なくすることが必要であるし、半田組成も常に安定していることが要求される。

磁性めっきでは、保磁力、角形比、メモリー特性が所定の値を有し、かつ常に安定して析出することが要求される。コネクタ、リレーなどの接触子の貴金属めっきも、純度、密度、歪み、硬さ、結晶組織、接触抵抗、電

気抵抗, 耐食性 (ピンホール) などの特性が要求される。

導波管のめっきでは, 表面の凹凸がその伝送損失に影響を与えるし, めっきの結晶組織, 結晶粒子, 配向性, 歪み, 粒界不純物などの影響因子がある。

このように電子部品の機能めっきには, 単に厚さが所定の厚さ以上あれば, 外観がよければというような一般のめっきの要求とは全く異なって, めっき皮膜の特性の微妙なちがいが部品特性に重大な影響を与えるため, それぞれ目的に応じた数多くの要求を満たさなければならない。

これらの特性は一般には, 浴組成, 電解条件, ミクロな電流変動, 液の流れ, pH, 温

図 4 $\text{NaH}_2\text{PO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 量の抗磁力に及ぼす影響

図 5 pH の析出物中の P% と Hc への影響

度, 添加剤の種類と量, 厚さなどの極く僅かのちがいによって電析膜の特性が大幅に異なる。磁性めっきにおける一例について, 図 4 ~ 7 に Cappell による種々の条件変化による抗磁力の変化を, 同じく図 8, 9 に Ignatius による Co-Ni 合金浴の pH 変化による合金組成の変化と, これにともなう抗磁力と角形比の変化を示す。また筆者が行なったスルファミン酸ニッケル浴からの電析ニッケル箔を, 分析計のセンサーとして使うため, 電気抵抗の温度係数をできるだけ高く得る実験で, 図 10 に示すように, 電流密度, 特に不純物, 添加剤の影響が大きいことがわかる。

一般のめっき作業においても, MILG-5923 に Special Process として製品検査だけでその製品の品質を判定することが困難であるので, 製造, 検査に使用する機械設備, 製造, 検査に従事する人, 作業標準について検定に

図 6 電流密度の析出物中の P% と Hc への影響

図 7 温度の析出物中の P% と Hc への影響

合格し、常に正しく実施されることが要求されている。

作業者の能力としても、標準を忠実に守る能力、不備を改善指摘する能力、設備、素材などの異常を発見指摘する能力も要求されている。機能めっきの管理は、その性質上さらにきびしい管理が要求される。電析皮膜の特性に影響する因子を注意深く管理すると同時に、分析、条件管理の不可能な因子のバラツ

キによる物性の相異もあるため、電析膜について厚さの均一性、有孔度、密着性、耐食性などのほかオシロスコープによる磁化曲線、化学分析による組成分析、ガスクロマススペクトル分析による有機添加剤の共析量、EPMA による合金状態、共析物の分布、AES, EPMA, IMA, 発光分析などによる共析物、X線デフライトメーターによる結晶配向、伸び、引張り強さ、サーマルショック、温湿度試験、ボンディング性、硬さ、耐摩性などの特性試験によって確認する管理が行なわれる。

6. む す び

電子部品における機能めっきは、現在の輝かしい電子産業の発展のにない手として重要な役割を果し、従来のめっきとは異なった機能めっきの分野を確立してきた。そして今後とも省資源、高付加価値、知識集約形産業としての電子産業はわが国産業のこれから進む一つの大きな柱であり、電子産業の普及拡大と、新技術開発が積極的に進められている。

スルファミン酸塩浴
 Co^{2+} (塩化物として)4.96~24.8g/l
 Ni^{2+} (炭酸塩として)14.85
 NH_4SO_3 (スルファミンとして)59.4
 pH (KOH 1.5~7.0)
 RT.
 Dk4.5~5A/ft²

図 8 Co-Ni 組成と Hc と Br/Bm

図 9 浴の pH と抗磁力

図 10 めっき浴不純物, Dk, 添加剤の電気抵抗の温度係数に及ぼす影響

機能めっきは機器、部品機能要求が満たされることが第一である。技術の高度化にともない分業化、専門化が進められ相互の情報伝達の欠陥は機能めっきのような領界技術による新技術の開発を阻害するものである。卓越した新製品開発のためには、表面処理技術者は電子機器設計技術者から機能を与えられるのを待つのではなく、積極的に設計者との緊密な交流、情報交流を行ない、設計段階から参画することを心掛けなければならない。

画期的なすぐれた製品は設計者の発想と、

これをバックアップする製造技術の研究開発、製造技術の可能性をもとにし、これを生かした設計への発展によって生まれる。多分野の技術者がお互いの分野で同じ目標に向ってお互いの分野で可能性の追求を行ないタイアップすることが必要である。積極的に入りこむことにより、新しい機能めっきの開発も可能となり、すぐれた機能めっきの開発により、新しい電子部品の開発が可能となるものである。

■ 次号予告 <特集/電子部品の表面処理(Ⅱ)>

□ 解 説

- マイクロ波導波管の特性とめっき技術……………川田淳一郎(富士通)
- 半導体工業におけるガスプラズマの応用……………松沢 昭生(日本真空技術)
- Al電解コンデンサーにおける表面処理—最近の進歩……………工藤 忠人(ヒタチ電解箔)
- 電気接点における貴金属めっき技術……………山本壮兵衛(日本プレーティング)
- 時計部品の表面処理……………岩間 正修(第二精工舎)
- ホイスカー雑感……………山崎 龍一(神奈川県工試)

□ 資 料

- 金属および金属塩の毒性と効用(2)……………小坂 治男(日本大学)

□ 現場の知恵

- <続2>ガラめっき用ハルセルについて……………村田 信(村田メッキ技術)

ベータ線非破壊膜厚計 ベーターテクノスター 直続式モデルBT-3

被膜に照射されたベーター線が、厚みに比例して後方に散乱してくる線量を検出し、厚みを測定する装置で、被膜/素地の種類により0.01ミクロンから数10ミクロンまで、平面では0.79mmφ又円筒上の被測定物では0.4mmφまでの極小面積を測定する機能を持ち、さらに各種の測定台の使用により、さまざまな形状のサンプルの測定を可能にします。

※お問合せは直接当社にお願いします。

モデルBT-3

膜厚計の総合メーカー販売輸出/英国エルコメーター社総輸入元

電測工業株式会社

ELEC FING INSTRUMENTS CO., LTD

東京都中野区中央2-47-1 電話(03)365-0861(代表)

テレックス 232-3181