

接触電子部品の性能評価と高度化技術(総括報告)

齋藤 和哉* 高萩 泰*
齋藤 均* 鴨志田 敏行*

1. 諸言

近年、民政・産業用機器は、製造機器へのコンピュータ導入を始めとして電子化の傾向にあり、より一層の信頼性の向上が求められている。これらの機器の電子回路及び装置間の接続、データ、信号の入出力は、接触電子部品(コネクタ、スイッチ等)を通して行われている。しかし、これらの部品ではコスト上の問題のため、接触部の貴金属部のめっき厚が薄くなってきている。今まで十分な信頼性を得るには $3\mu\text{m}$ 以上の厚さが必要と言われてきたが、現在は金めっき: $0.5\sim 0.05\mu\text{m}$ 、銀めっき: $1.0\sim 0.5\mu\text{m}$ が主流であり、さらに薄くなる傾向にある。

そこで接触電子部品の低コスト化と低故障率、耐環境性の強化を目的として、多層めっき膜の腐食加速試験を行い、それらについて検討・考察した結果を報告する。

2. 実験方法

実験に用いた試料は縦 20mm ×横 10mm で、接触電子部品に用いられる材料を考慮して、厚さ 0.5mm の薄板を用いた。ただし、表1の⑤と⑥については図1に示す形状(部分めっき)とした。素材は耐腐食性鋼合金や、黄銅(Bs)、リン青銅(PB)を用い、下地めっきには、NiやSnを施した。

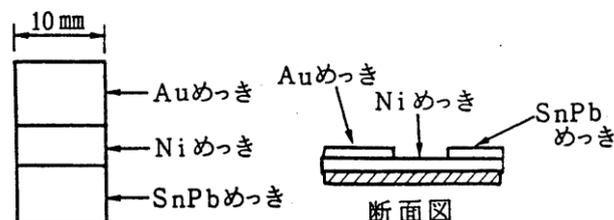


図1 試料形状(部分めっき)

実験は、試料を混合ガス環境下[$\text{SO}_2(1\text{ppm})+\text{H}_2\text{S}(0.5\text{ppm})+\text{NO}_2(1\text{ppm})$ 、 35°C 、 $75\%RH$]に放置し、200または500時間のガス腐食試験を行った。途中経過は、50,100,200時間経過後に抜き取り測定をした。測定は必要に応じて光学像観察、表面抵抗値測定、EPMA(電子線マイクロアナライザ)による断面像観察を行った。

表面抵抗値の測定は、東伸工業(株)製メカトロパーツテスタ金属表面摺動電気抵抗測定装置MET-IRを用い荷重 100g を加え、先端の半径が 1mm のプロブを使用して行った。電気抵抗の測定器は、東伸工業(株)接触抵抗測定器DCT-IRSを用い、測定電流 1mA 、開放電圧 20mV 以下で行った。

EPMAには、日本電子製SUPERPROBE733を、ガス腐食試験装置は、(株)山崎精機研究所製のGLP-91型を使用した。

3. 結果及び考察

3.1 2層めっきの腐食状態

(1) 下地めっきの影響

表1においてAuを最終めっきした試料で、下地にNiめっきを行ったもの(試料②)と行わなかったもの(試料①)を比較した場合、腐食の程度は下地無しの方が大きい。

また、試料①の下地無し、Auめっき厚F、500時間経過した場合、素材のCuまで腐食が進み、表面剥離がみられた。試料②のNi下地有りの場合、表面が黒くはなるがそこまで腐食は進まない。

腐食試験後、AgめっきのNi下地(試料③)とCu下地(試料④)の場合を比較してみると、Ni下地の場合、表面が黒色に変化する。これはEPVAで解析した結果Niが表面に析出するためである。Cu下地の場合、表面はNi下地ほど変色はしない。しかし、表面のAgのハガレ現象がみられた。セロテープによる引き剥しにより、めっきの密着度を調べた結果、Agめっき厚1 μ m試料のハガレが際立っている。

下地にNiを用いた試料でも素材の影響がかなりあり、リン青銅よりも黄銅の方が腐食がひどかった。

(2) 部分めっき試料の腐食状態

部分めっきを施した試料⑤、⑥はAuとNiめっきの境界に、エッチクリーブ現象がみられ、黒色の腐食物が生成した。(図2)この黒色の腐食物は、CuであることがEPMAによる分析結果より明らかになった。AuとNiが接しており、通常はAuとNiの電位差の違いにより、Niが腐食されると考えられる。

しかし、Niが3 μ mの厚さでは、Niのピンホールの影響を除けず、Cuが腐食されたのだろう。このエッチクリーブ現象は、今後部品の小型化が進む上で問題となってくると思われる。

(3) 腐食の内部構造図3は、黄銅素朴で最終めっきにAuを施した試料⑤の腐食部分の断面像である。下地めっきのNiの下側に腐食層が広がっていることが確認される。また分析の結果、表面に拡散しているの

表1 試料の種類

試料番号	素材	中間めっき	最終めっき			
			厚さ(μ m)			
①	PB	無	Au			
②		Ni(3 μ m)	F	0.1	0.3	0.5
③		Ni(3 μ m)	Ag			
④		Cu(1 μ m)	1	3	5	
⑤	Bs	Ni(3 μ m)	SnPb(3 μ m)-Au(0.5 μ m)部分メッキ			
⑥	PB		SnPb(3 μ m)-Au(0.5 μ m)部分メッキ			

F: フラッシュメッキ(0.03~0.04 μ m)

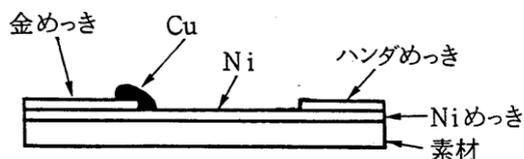


図2 部分めっきにおけるエッチクリーブについて

はCuとZnであることが判明した。

素材がリン青銅の試料⑥のSEM像を図4に示す。分析によりCuが最終めっきのAuをこえて、表面に拡散していることが判明した。一方、図5は最終めっきを施さなかった例である。分析の結果、Niの下側の腐食層から、Ni上にCuが拡散し層を形成していることが確認された。以上のことから最終めっきAuがない場合には著しくCuの拡散が生じることが考えられる。

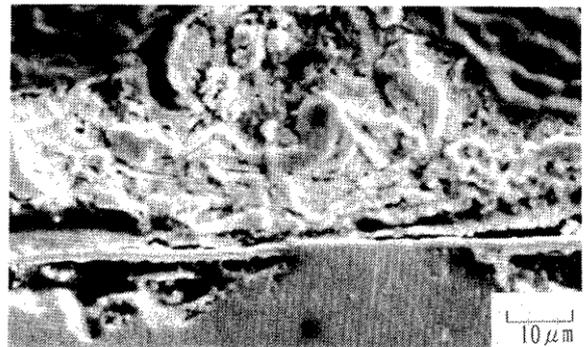


図3 Auめっき上の腐食部分の断面SEV像
材質:黄銅500 時間経過



図4 Auめっき上の腐食部分の断面SEM像
材質:リン青銅500時間経過

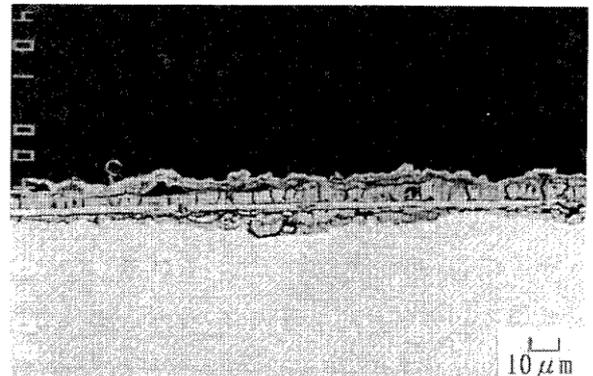


図5 Niめっき上の腐食部分の断面SEM像
材質:リン青銅500時間経過

3.2 耐腐食性合金の腐食状態

素材に耐腐食性銅合金を用い、下地めっきにNi 3 μm、最終めっきにAuを施し、腐食試験を行ったところ、いずれもリン青銅素材のそれよりも良好な耐腐食性を示した。その耐腐食性は高い順からチタン銅、C7250、チタン銅(析出硬化)、MVF202、リン青銅である。このように、同じチタン銅でも析出硬化処理を行うと耐腐食性が低下してしまう現象がある。また、Auめっき厚0.5 μmでもエッチクリーブ現象は防げなかった。

3.3 多層めっき膜の腐食状態

表2、表3に示す多層めっき試料について上記と同様の実験を行った。Snめっきについては浴種を変えて(アルカノールスルホン酸浴とアルカリ浴)その差異についても検討した。

表2 ・ 試料の種類

(Snめっき:アルカーノールスルホン酸浴)

試料番号	素材	中間めっき 1	中間めっき 2	中間めっき 3	最終めっき
⑦	Bs	Sn(2.5 μm)	—	—	Au(0.5 μm)
⑧	PB				
⑨	Bs	Sn(2. μm)*	Ni(2. μm)*	—	Au(0.2 μm)*
⑩	PB				
⑪	Bs	Ni(2.4 μm)	Sn-Ni合金 (2.2 μm)	Ni(2.4 μm)	Au(0.5 μm)
⑫	PB				

*: 概略値

表3 試料の種類

(Snめっき:アルカリ浴)

試料番号	素材	中間めっき 1	中間めっき 2	中間めっき 3	最終めっき
⑬	Bs	Sn(2. μm)	—	—	Au(0.2 μm)
⑭	PB				
⑮	Bs	Ni(2. μm)	Sn(2. μm)	—	Au(0.2 μm)
⑯	PB				
⑰	Bs	Ni(2. μm)*	Sn(2. μm)*	Ni(2. μm)*	Au(0.2 μm)*
⑱	PB				

*: 概略値

表面状態において、最終めっきにAuを施した試料においても、⑨⑩⑪⑫の試料は腐食が激しかった。これらは、めっきの状態が悪く、後述のEPMAによる観察においても下地めっきの密着性に問題があることが判明した。表面の状態が良好であった⑦⑧⑬⑭⑰⑱の試料について、接触抵抗の測定を行ったところ、若干の抵抗増加が見られるものの、試験前後での抵抗値は低く安定している。また、最終めっきAuが同じでも下地めっきにNiをつけた試料より、Snをつけた時の方が接触抵抗値が低かった。

図6は500時間経過した⑦の断面像である。図からSnに穴ができていることが観察される。アルカーノールスルホン酸浴を使用した3層めっきの⑨⑩、4層めっきの⑪⑫はめっきの密着性に問題があり、ガス腐食試験前の断面像においてめっき間の隙間が観察された。図7は⑮の200時間の表面の腐食状態である。このような腐食が20数力所みられ、分析の結果NiとZnの析出が判明した。

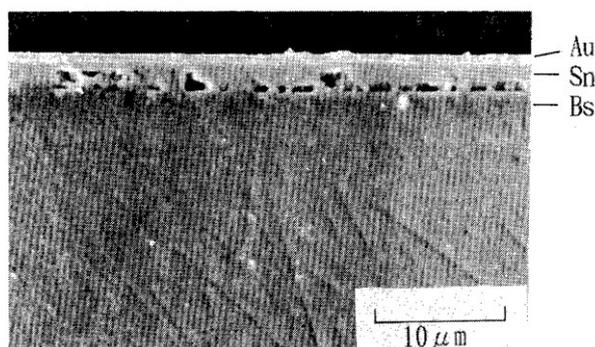


図6 試料(7)の断面SEM 像500 時間経過

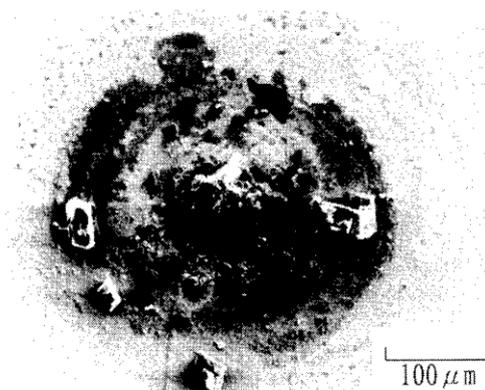


図7 試料⑮の腐食部分の表面SEM 像
500 時間経過

アルカリ浴の4層めっき⑰ (図8) ⑱は、めっきの密着性も良かった。⑰ ⑱の試料は従来のNi下地に、Sn めっきを加え、下地を多層化することにより、腐食抑制効果が働くことを示している。しかし、4層めっきのためコスト的に問題がある。

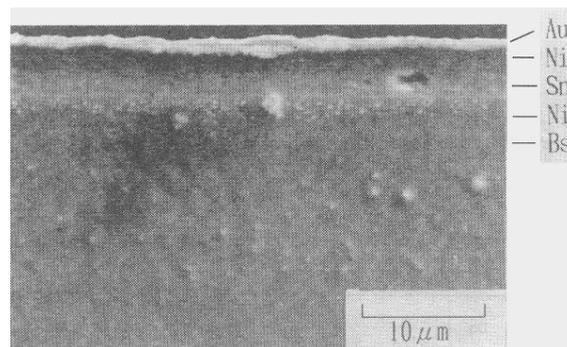


図8 試料(17)の断面SE1 像200 時間経過

4. 謝 辞

本研究終了にあたり、ご協力いただいた神奈川高度技術支援財団の石崎康雄氏、ご助言ご指導いただきました工業技術院電子総合研究所の中村国臣氏、両氏に謝意を表します。