

Pdめっき電気接点の特性

Properties of Pd Plated Electronic Contact

鈴木 智*
Satoshi Suzuki

谷本守正*
Morimasa Tanimoto

概要 Pdめっきは、半導体リードフレームでは徐々に採用が拡大されているが、コネクタ用途でのPd - Ni下地Auめっき以外は電気接点部品での実用例が少なく、その特性が注目される。電気接点材料に要求される特性は、基材の物理特性に加え、接触抵抗が長期に渡り安定していること、半田接続性に優れること、摺動抵抗が小さいことが主で、本報では、環境試験前後の接触抵抗と半田付け性、及び、摩擦係数を、AuCoめっき、Agめっき、Niめっき、Snめっきと比較した。

- 1) Niめっきの表面に厚さ0.05 μm 以上のPdめっきを施した材料は、今回のAuCoめっきやAgめっき等との比較特性評価で満足しうる結果が得られ、電気接点部品に有効であることが分かった。
- 2) Pdめっきは、AuCoめっきに比べて半田付け性が、Agめっきに比べて耐硫化性と摺動特性が、Snめっきに比べて耐大気酸化性と摺動特性が、Niめっきに比べて接触抵抗、耐食性、半田付け性、摺動特性が優れており、バランスがとれた電気接点であることがわかる。
- 3) Pdめっきの表面にフラッシュAuめっきを施すことにより、半田付け性が向上する。
- 4) 摺動を伴う電気接点用途では、固定片側と可動片側のめっき皮膜の組合せで動摩擦係数が異なり、AgとAgの同種の組合せが最も大きくなり、次いでAuとAgの組合せが大きい。Pdは、いずれの組合せでも比較的小さな動摩擦係数が得られており好適である。
- 5) Pdめっきの特性は、Pdめっき厚により大きく変化するため、用途によってめっき厚の選定をする必要がある。

1. はじめに

電気接点部品の多くは、機械的特性に優れたCu合金基材の表面に、電気接続性、耐食性、半田付け性に優れたAu、Ag、Sn、Ni等のめっき皮膜を形成した材料が用いられている。

これらのめっき製品は、一長一短があり必ずしも要求特性を満足するものではない。例えば、Agは初期の接触抵抗及び半田付け性が安定で操作スイッチに多用されているが耐硫化性、耐摩耗性、マイグレーション性に劣り、Sn及び半田は、端子・コネクタに多用されているが、耐熱性、耐摩耗性が劣っており改善が要求されている。比較的欠点の少ないAuであっても価格と半田付け時の脆化問題が指摘されている。

近年、Cu系のリードフレーム材料ではPdめっきを施した材料が注目され実用化されている。従来の半導体装置の組立て工程は、プレス加工したリードフレーム用材料のインナーリード部にAgめっきを施し、ダイボンディング及びワイヤーボンディング後に樹脂モールドし、リード部に半田めっきを施して製造していたが、Agのマイグレーション、Pbの使用、リードタ

イムが長い等の問題があった。Pdめっきは、これらの問題を解決できることから使用量が拡大の方向にある^{1), 2)}。

Pdめっき材は、電気接点部品ではほとんど実用化されていないが、電気接点への応用が期待できる材料であり、その特性をAuめっき材、Agめっき材、Niめっき材及びSnめっき材と比較した結果について報告する。

2. 実験

2.1 供試材

板厚0.10 mm、幅30 mmのC5210条を用い、アルカリ電解脱脂、酸洗のめっき前処理を施した後、表1に示しためっき処理を行い供試材とした。

2.2 特性評価方法

2.2.1 接触抵抗測定

表2に示した環境試験を行い、試験前後の接触抵抗を測定した。

測定条件

プローブ : 頭部5Rの純Ag

荷重 : 49 mN{5 gf}

電流 : 10 mA

* メタル総合研究所 第一研究部

2.2.2 半田付け性

表2に示した環境試験を行い、試験前後の半田付け性（濡れ時間）を測定した。

測定条件

共晶半田 230 ，浸漬速度 25 mm/sec，浸漬深さ 10 mm，浸漬時間 10 sec，フラックス 25%ロジン/メタノール

2.2.3 耐摩耗性

それぞれのめっき皮膜の組合せで動摩擦係数の測定を行った。図1に示したBowden型低荷重摩耗試験機を用い、プローブ側を先端5Rに張り出し加工して、プレート側を左右に往復移動させてプローブにかかる応力をロードセルによって検出し次式により動摩擦係数を求めた。

$$\mu k = (f_1 + f_2) / 2 / P$$

μk : 動摩擦係数

表1 供試材の種類
Test samples

No.	下地めっき		仕上げめっき		フラッシュめっき		
	種類	厚さ(μm)	種類	皮膜硬度 Hv	種類	厚さ(μm)	
1	光沢Ni	0.5	Pd	280	-	-	
2	光沢Ni	0.5	Pd		0.005	-	-
3	光沢Ni	0.5	Pd		0.01	-	-
4	光沢Ni	0.5	Pd		0.02	-	-
5	光沢Ni	0.5	Pd		0.05	-	-
6	光沢Ni	0.5	Pd		0.10	-	-
7	光沢Ni	0.5	Pd		0.20	-	-
8	光沢Ni	0.5	Pd	280	0.50	-	
9	光沢Ni	0.5	Pd		0.02	Au	0.005
10	光沢Ni	0.5	Pd		0.05	Au	0.01
11	光沢Ni	0.5	Pd		0.10	Au	0.02
12	光沢Ni	0.5	Au0.2Co	190	0.02	-	
13	光沢Ni	0.5	Au0.2Co		0.05	-	-
14	光沢Ni	0.5	Au0.2Co		0.10	-	-
15	光沢Ni	0.5	Au0.2Co		0.20	-	-
16	光沢Ni	0.5	Au0.2Co		0.50	-	-
17	-	-	無光沢Ag	90	2.0	-	
18	-	-	光沢Sn	35	2.0	-	
19	-	-	光沢Ni	450	2.0	-	

表2 環境試験条件
Environment acceleration test conditions

試験名	装置	条件
大気加熱試験	タバイエス ペックエアバス	温度155 ，16時間
耐湿試験	タバイエス ペックPCT	温度105 ，相対湿度100%RH， 気圧1.22 × 10 ⁵ Pa，16時間
硫化試験	山崎精機製希薄 混合ガス試験機	H ₂ S 3 ppm，温度40 ， 相対湿度80%，24時間
混合ガス試験	山崎精機製希薄 混合ガス試験機	H ₂ S 100 ppb，NO ₂ 200 ppb， Cl ₂ 20 ppb，温度30 ， 相対湿度75%，24時間

f_1 : 左側摩擦力

f_2 : 右側摩擦力

P : 接触荷重 (49 mN)

3. 結果

3.1 接触抵抗測定

図2～7に環境試験前後の接触抵抗の測定結果を示した。Niめっきについては、常態でも接触抵抗が大きいため、他のめっき皮膜とは別に、Niめっきの環境試験前後の接触抵抗測定結果を図7に示した。

図2に常態の接触抵抗測定結果を示した。Ni以外のめっき皮膜は1.5～6 mΩの接触抵抗で、Agめっきが最も小さくなっている。Pdめっきは、めっき厚が厚いほど接触抵抗のパラッキが小さい傾向にあるものの、0.005 μmの極薄めっきでも5 mΩ程度の接触抵抗が得られている。Pdめっきの表面にAuフラッシュめっきを施した材料は、Pdめっきと同等の接触抵抗である。AuCoめっきは、Pdめっきよりやや接触抵抗が低い傾向にある。Snめっきは、3～5 mΩ程度で貴金属めっきよりやや接触抵抗が高目である。Niめっきは、表面に強固な酸化物を形成していることから接触抵抗が100～1000 mΩもあり、低荷重用途では電気接点に使用できない値である。

図3に大気加熱後の測定結果を示した。大気加熱によって接触抵抗が上昇したのはAuCoめっきのみであったが実用上問題ないレベルである。AuCo合金中のCoの酸化によるものと考えられる。

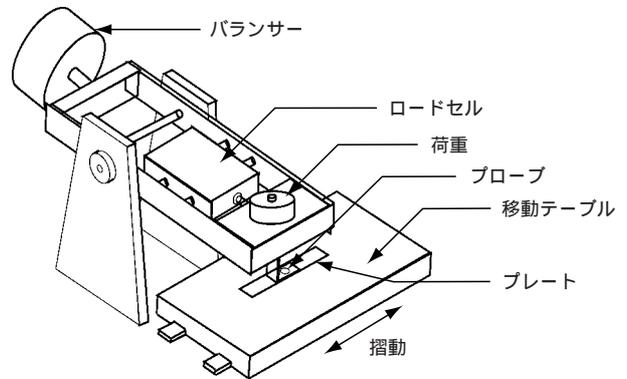


図1 Bowden型低荷重摩耗試験機
Schematic view of Bowden type wear test apparatus

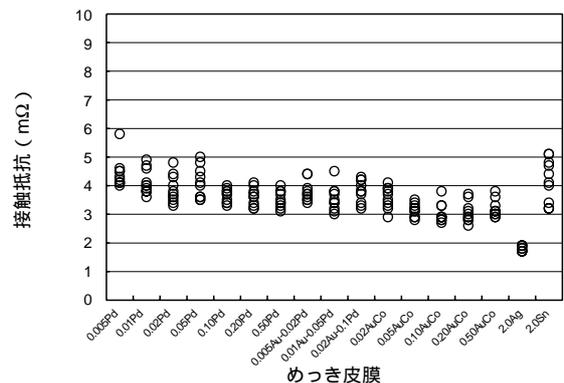


図2 常態の接触抵抗
Contact resistance as plated

図4に耐湿試験後の測定結果を示したが、供試材すべてが常態と変わらない接触抵抗であった。

図5に硫化試験後の測定結果を示した。常態に比べてAgめっきの劣化が最も大きく、Snめっきは劣化が見られない。Pdめっき、AuフラッシュPdめっき、AuCoめっきでは、わずかに接触抵抗が上昇しているものの10 mΩ以下であり劣化が小さい。

図6に混合ガス試験後の結果を示した。Pdめっきは、めっき厚の薄いものほど劣化が大きく、めっき厚が0.05 μm以下のものでは10 mΩを越え、0.005 μmではAgと同レベルの最大30

mΩになっている。Auフラッシュめっきは、Pdめっきを改善する効果が見られている。AuCoめっきは、劣化が小さく、めっき厚0.02 μmでも10 mΩ以下である。Agめっきは、硫化銀を生成しやすいために劣化が大きく最大40 mΩの接触抵抗になっている。Snめっきは、劣化が小さい。

Pdめっきの劣化は、Pdそのものの腐食ではなく、めっきピンホールでのPdとNiの電食によるもので、Niがアノード酸化したためと推定される。

3.2 半田付け性測定結果

図8に環境試験前後の半田付け性の測定結果を示した。

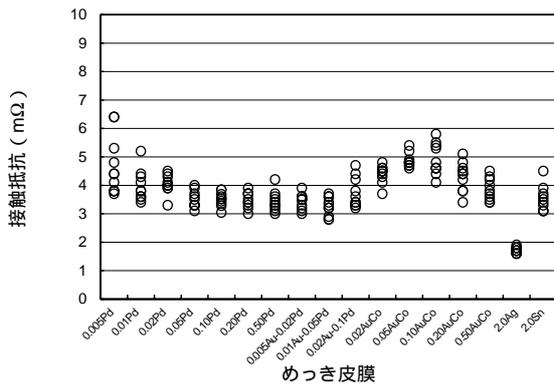


図3 大気加熱後の接触抵抗
Contact resistance after heat aging test

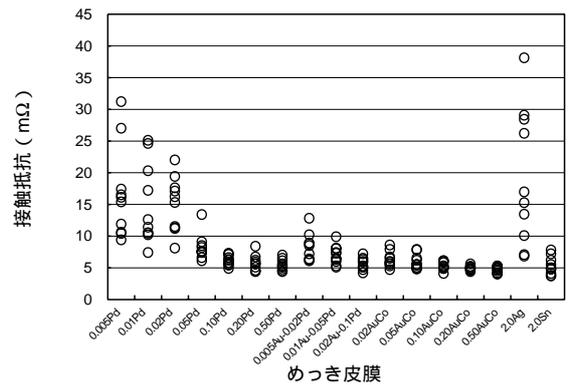


図6 混合ガス試験後の接触抵抗
Contact resistance after mixed gas test

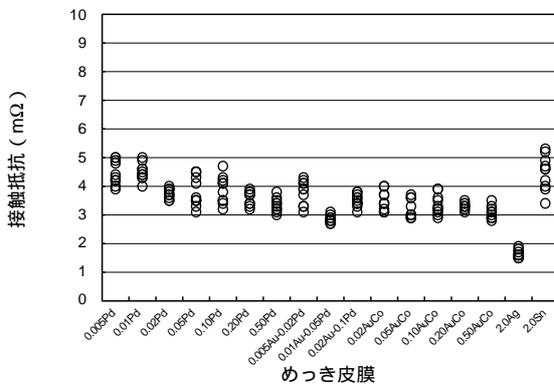


図4 耐湿試験後の接触抵抗
Contact resistance after humidity test

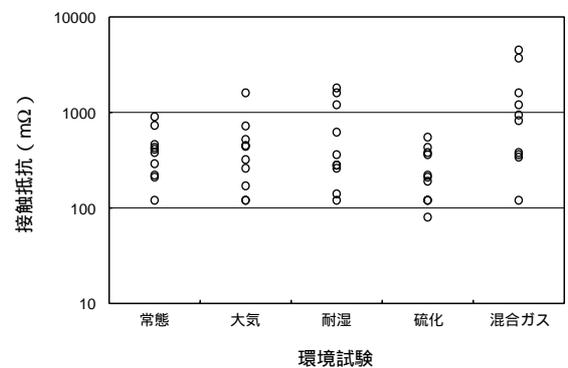


図7 Niめっきの接触抵抗
Contact resistance of Ni plating

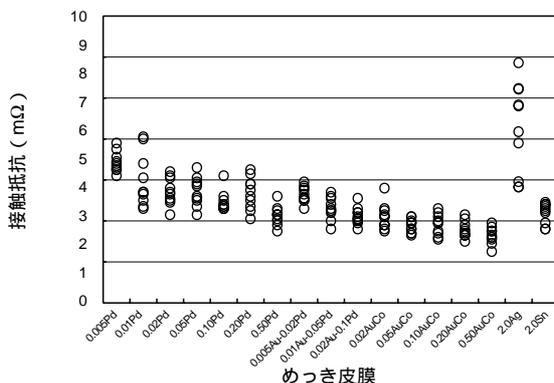


図5 硫化試験後の接触抵抗
Contact resistance after H₂S test

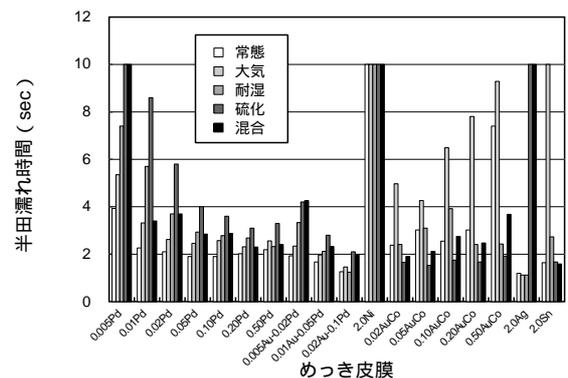


図8 環境試験前後の半田付け性
Solder wettability before and after environment tests

3.2.1 常態の半田付け性

Pdめっきは、めっき厚0.005 μm 材が約4秒の濡れ時間で、0.01 μm 以上では約2秒の濡れ時間になっている。

AuフラッシュPdめっきは、Pdめっきに比べて濡れ時間が短縮する傾向にあり、Auめっき厚0.02 μm 材では1.2秒程度になっている。

Niめっきは、強固な酸化膜を形成しているため、半田浸漬時間10秒でも濡れない。

AuCoめっきは、めっき厚が厚くなるに従い、濡れ時間が長くなる傾向になっている。Auの半田中への溶解によるCoの濃縮に起因すると推定され、AuCoめっき厚が0.5 μm 材では7秒の濡れ時間になり、半田付けを行う用途での使用は難しいものと思われる。

Agめっきは、濡れ時間が1秒程度で、今回試験しためっき皮膜の中で最も優れている。Agは、半田への溶解速度が速いこと、及びAgの酸化物が190以上で分解することがその理由である。

Snめっきは、濡れ時間が1.5秒程度である。

3.2.2 大気加熱後の半田付け性

Pdめっきは、常態よりわずかに半田付け性が劣化している。Pdの酸化とPdめっき層のピンホールでの下地Niの酸化による劣化と考えられるが、劣化の程度が少ないため、Pdめっき厚が0.01 μm 以上の材料では3秒以下の濡れ時間であり、実用上は大きな問題にはならないものと考えられる。

AuフラッシュPdめっきも、Pdめっきと同様の劣化になっている。

AuCoめっきは、劣化が大きく、いずれのめっき厚でも濡れ時間が4秒以上であり、AuCoめっき厚0.50 μm 材では10秒でぎりぎり濡れるレベルである。

Agめっきは、酸化するものの、前述のように酸化物が分解するため、常態と変わらぬ濡れ時間になっている。

Snめっきは、酸化Snの生成により10秒以上の濡れ時間になっている。

3.2.3 耐湿試験後の半田付け性

Pdめっきは、Pdめっき厚が薄いほど劣化が大きくなっている。濡れ時間が3秒以下になるPdめっき厚は0.05 μm 以上である。

AuフラッシュPdめっきは、Pdめっき厚0.02 μm 上のAu0.005 μm ではフラッシュめっきの効果が見られず、それ以外では劣化を抑えることができる。

AuCoめっきは、常態に比べて良化しているものが多い。

Agめっきは、全く劣化が見られない。

Snめっきは、わずかに劣化し、3秒程度の濡れ時間になっている。

3.2.4 硫化試験後の半田付け性

Pdめっきは、めっき厚が0.01 μm 以上で4秒以下の濡れ時間になっている。

AuフラッシュPdめっきは、Pdめっきに比べて劣化が少ない。

AuCoめっきは、めっき厚の増大により劣化の傾向にあるが、めっき厚0.50 μm でも3.5秒程度の濡れ時間である。

Agめっきは、硫化銀の生成によって半田付け性が著しく劣

化し10秒でも濡れない。

3.2.5 混合ガス試験後の半田付け性

Pdめっきは、めっき厚が薄いほど劣化が激しくなっている。Pdめっき厚0.005 μm では10秒でも濡れず、0.05 μm 以上のめっき厚で4秒以下の濡れ時間になる。

AuフラッシュPdめっきは、硫化試験と同等の劣化である。

AuCoめっきは、0.02 μm のめっき厚でも劣化が見られない。

Agめっきは、硫化試験と同様に10秒でも濡れず、Snめっきは、劣化していない。

3.3 耐摩耗性

3.3.1 同種めっきの動摩擦係数

同種めっき皮膜同士の動摩擦係数の測定結果を図9に示した。

Pdめっきは、0.005 μm 材が $\mu k = 0.3$ 程度で、めっき厚が厚くなるに従って上昇の傾向にあり、めっき厚0.5 μm では $\mu k = 0.35$ 程度になる。

AuフラッシュPdめっきは、Pdめっきとほぼ同じ動摩擦係数である。

AuCoめっきは、Pdめっきとは逆の傾向で、めっき厚が厚くなるに従って動摩擦係数が低下する傾向にあり、AuCoめっき厚0.02 μm では $\mu k = 0.5$ で、0.5 μm では $\mu k = 0.18$ 程度になっている。

NiめっきとSnめっきは、同レベルの $\mu k = 0.5$ であった。

Agめっきは、凝着摩耗が発生して $\mu k = 1.3$ になり、摺動接点に使用するためにはコンタクトオイルが必須であることが分かる。

3.3.2 めっき皮膜の組合せによる動摩擦係数

図10にめっき皮膜の組合せによる動摩擦係数の測定結果を示した。

ここで用いためっき皮膜は、めっき厚さ0.1 μm のPd、0.02 μm のAuフラッシュを施した0.1 μm のPd、0.1 μm のAuCo、Niめっき、Agめっき及びSnめっきである。

スイッチの可動接点と固定接点を想定して、それぞれのめっき皮膜を組み合わせて動摩擦係数を測定した。

Pdめっきを固定片側にしたときの動摩擦係数は、Pd、Auフラッシュ、AuCoとの組合せで $\mu k = 0.3$ 程度、Niとの組合せで約0.2、Ag及びSnとの場合は0.4程度であった。

Auフラッシュめっきは、Pdを固定片側にしたときに比べて、Ni及びAgめっきとの組合せで動摩擦係数が大きくなり、Agでは $\mu k = 0.7$ に達している。

AuCoめっきを固定片側にしたときは、Auフラッシュめっきと同様の傾向で、Agとの組合せにより動摩擦係数が大きくなっている。

Niめっきは、同種の組合せで $\mu k = 0.5$ 程度、その他の組合せでは $\mu k = 0.3 \sim 0.4$ になっている。

Agめっきは、同種の組合せが極めて大きな動摩擦係数になっているが、その他のめっき皮膜との組合せでは $\mu k = 0.3$ 程度である。

Snめっきは、全体的に動摩擦係数が大きく、すべての組合せで $\mu k = 0.4$ 以上になっている。

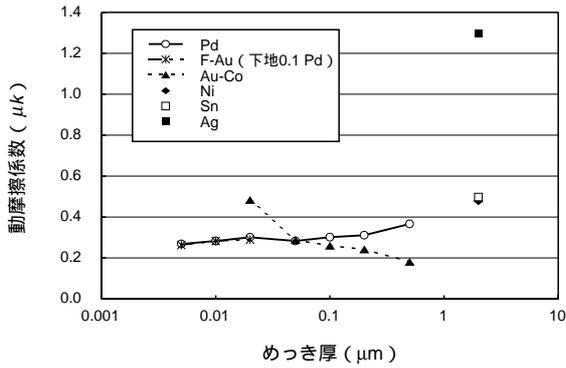


図9 同種めっき皮膜同士の動摩擦係数
Dynamic self friction coefficients of the platings

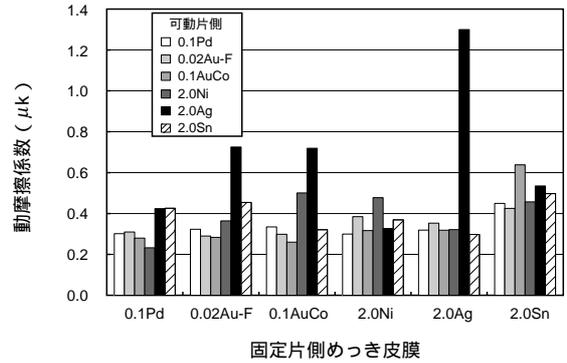


図10 めっき皮膜の組み合わせによる動摩擦係数
Dynamic friction coefficients among various plating combinations

4. おわりに

電気接点材料に要求される特性は、基材の物理特性に加え、接触抵抗が長期に渡り安定していること、半田接続性に優れること、摺動抵抗が小さいことが主で、本報では、環境試験前後の接触抵抗と半田付け性、及び、摩擦係数の測定を行ってPdめっきの評価を行った。要約すると次のようになる。

- (1) Pdめっきは、Niめっきの表面に厚さ0.005 μmの極薄めっきを施すだけで、Niめっきの諸特性を改善でき、比較的使用環境が良好なエリアでは採用が可能である。
- (2) Pdめっきは、AuCoめっきに比べて半田付け性が、Agめっきに比べて耐硫化性と摺動特性が、Snめっきに比べて耐大気酸化性と摺動特性が、Niめっきに比べて接触抵抗、耐食性、半田付け性、摺動特性が優れており、バランスがとれた電気接点であることがわかる。

- (3) Pdめっきの表面にフラッシュAuめっきを施すことにより、半田付け性が向上する。
- (4) 摺動を伴う電気接点用途では、固定片側と可動片側のめっき皮膜の組合せで動摩擦係数が異なり、AgとAgの同種の組合せが最も大きくなり、次いでAuとAgの組合せが大きい。Pdは、いずれの組合せでも比較的小さな動摩擦係数が得られており、摺動用途に適する。
- (5) Pdめっきの特性は、Pdめっき厚により大きく変化するため、用途によってめっき厚の選定をする必要がある。

参考文献

- 1) 森，谷，栗原，宇野，森川：古河電工時報，No.100，(1997)，111 - 116
- 2) 宇野，栗原，谷，森，森川：伸銅技術研究会誌，36巻，(1997)，94 - 100