

(論文)

Ni めっき光沢度と Al ワイヤボンディング性の関係

真名子隆弘*・丸尾 聡**

*アルミ・銅カンパニー・長府製造所・銅板研究室 **Singapore Kobe Private Limited

The Relation between Ni Plating Brightness and Al Wire Bondability

Takahiro Manako・Satoshi Maruo

Ni is plated on copper alloy leadframes to improve the reliability of Al wire bonding in power devices. This paper describes the relation between Ni plating brightness and Al wire bondability, and the effect of Ni plating impurities on bondability. Increasing brightness improved the overall pull strength and break mode. And wire bondability was drastically improved by polishing dull Ni plating surfaces. Brightness was related to surface roughness as measured by AFM.

まえがき = パワーデバイス分野において、半導体チップと銅合金製リードフレームの接続方法として Al ワイヤボンディングが多用されている。しかし半導体作動時の発熱が原因でボンディング部の金属間化合物の成長が進み信頼性が低下することが知られており、種々の研究がおこなわれている¹⁾。これらを防ぐため耐熱信頼性の要求される用途においては、Ni めっきを施したリードフレームが使用される。Ni めっき面へ Al ワイヤボンディングをする場合、そのボンディング性は Ni めっき表面の光沢に依存することが知られている²⁾。しかし Ni めっきの種類やめっき条件、ワイヤボンディング条件などがボンディング性に及ぼす影響について詳しく記載されたものはあまり見られない。

本研究では Ni めっきの種類およびめっき厚さを変化させためっき材をもちい、表面光沢とワイヤボンディング性の関係を調査した。まためっきの種類、めっき厚さを同じにして、表面光沢を機械研磨により変えためっきのワイヤボンディング性も評価した。さらに表面光沢と表面粗度の関係についても調査をおこなった。

1. 実験方法

1.1 供試材

パワーデバイスのリードフレームとして多用されている C19210 (Cu-0.1wt%Fe-0.03wt%P, CDA 規格) の多結晶圧延銅板 (調質 1/2H, 板厚 0.42mm) を供試材としてもちいた。

1.2 Ni めっき条件

第 1 表に示す 3 種類の Ni めっき浴をもちい、各めっきについてめっき厚を 1~8 μm の間で変化させて種々の表面光沢を有する供試材を作製した。めっき厚測定は蛍光 X 線膜厚測定装置 (セイコー電子工業株式会社製, モデル SFT156A) をもちいておこなった。表面光沢は光沢度計 (GRAPHIC ARTS MANUFACTURING 社製, GAM digital densitometer Model 144) をもちいて測定した光沢度の値を指標とした。なお、光沢度計の原理は第 1 図に示すように、真上からの入射光強度に対する 45° 方向への反射光強度の比の逆数の対数を光沢度と規定す

る。したがって光沢度が高いほど、表面光沢があることを示す。今回試験にもちいためっき材のめっき厚と光沢度の関係を第 2 図に示す。光沢ワット浴、半光沢スルファミン酸浴ではめっき厚の増加とともに光沢度の上昇が見られたが、無光沢ワット浴ではめっき厚の増加とともに光沢度が減少した。

1.3 ワイヤボンディング条件

ワイヤボンディングはマニュアルボンダ (KULICKE and SOFFA INDUSTRIES 社製, Model 4127) をもちい 200 μm の純 Al 線 (田中電子工業社製) をボンディン

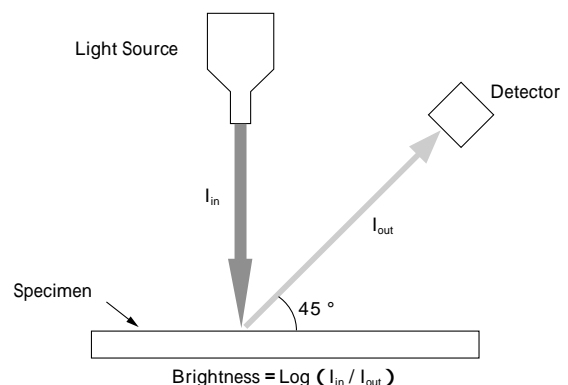
第 1 表 Ni めっき浴およびめっき条件

Table 1 Ni plating bath and plating conditions

Bath	Conditions
Non-bright Watt Bath	NiSO ₄ ·7H ₂ O : 240g/l
	NiCl ₂ ·H ₂ O : 40g/l
	H ₃ BO ₃ : 35g/l
	pH : 4.2
	Temp. : 50
	Current Density : 10A/dm ²
Semi-bright Sulfamate Bath	N (H ₂ NSO ₃) ₂ : 300g/l
	NiBr ₂ : 10g/l
	H ₃ BO ₃ : 35g/l
	Nicke Lite S ¹ : 10ml/l
	pH : 4.0
	Temp. : 50
	Current Density : 10A/dm ²
Bright Watt Bath	Non-bright Watt Bath +
	Udylite #61 ² : 2ml/l
	Udylite #63 ² : 6ml/l
	Current Density : 10A/dm ²

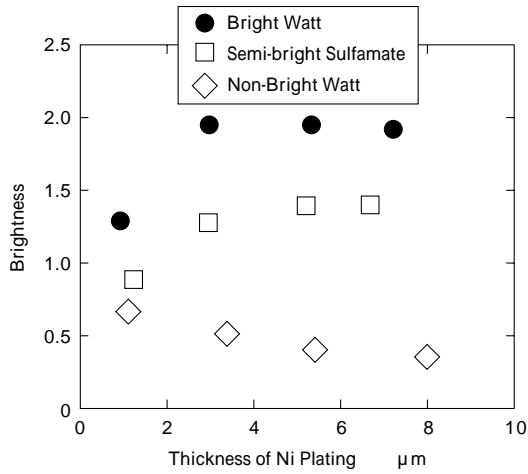
1: NIHON KAGAKU SANGYO Co., Ltd.

2: EBARA-Udylite Co., Ltd.



第 1 図 光沢度計模式図

Fig. 1 Schematic figure of densitometer

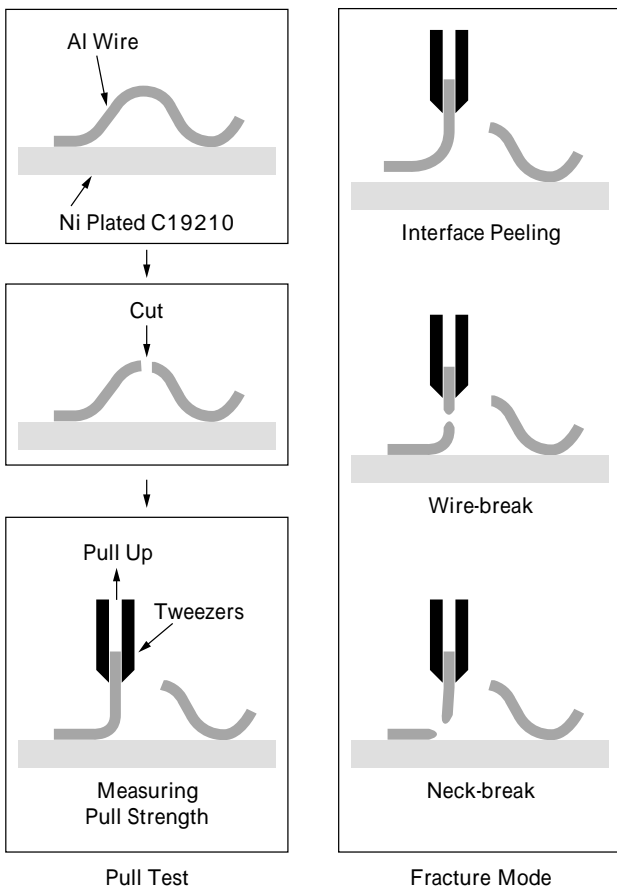


第2図 各種 Ni めっきの膜厚と光沢度の関係
Fig. 2 Relation between Ni plating thickness and brightness

グした。荷重は3.2N 超音波印加時間は100ms で一定とし、超音波出力を4, 5, 6, 7, 8W の5段階で変化させた。

1.4 評価方法

ワイヤボンディング性の評価は第3図に示すようにボンディング部のプル強度測定と破断モードの観察によりおこなった。破断モードには 界面剥離 (Interface Peeling), ワイヤ破断 (Wire-break), 首切れ (Neck-break) の3種類あり、健全な接合の場合、破断モードはワイヤ破断となる。プル強度の測定にはボンディングテスタ (Dage 社製, MicroTester 22) をもちいた。また



第3図 プルテスト方法と破断モード
Fig. 3 Pull test method and fracture mode

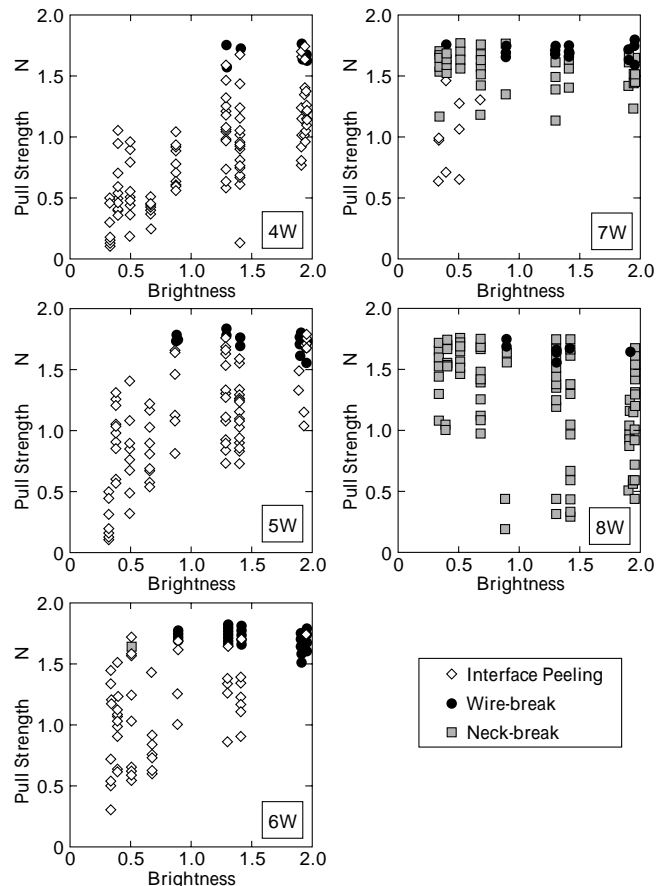
表面粗度の測定には、X-Y方向の分解能が0.5μm設定の接触式表面粗度計 (Taylor-Hobson 社製, Talysurf 6) と、微小部測定のためのX-Y方向分解能が5nm設定の原子間力顕微鏡 (Digital Instruments 社製, Nano Scope III a 大型サンプル SPM) をもちい測定した。表面形態の観察にはSEM (日本電子製, モデル JSM - 5800LV) をもちいておこなった。

2. 試験結果と考察

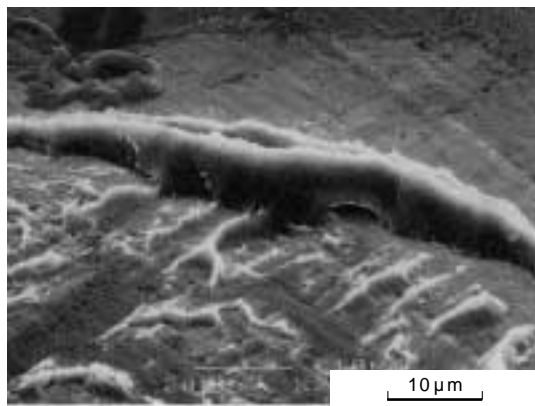
2.1 光沢度とワイヤボンディング性の関係

光沢度とプル強度および破断モードの関係を第4図に示す。超音波出力が4W, 5W, 6Wの領域では光沢度の増加とともに、ワイヤ破断モードのものが増加傾向となった。また界面剥離モードであっても、光沢度の増加とともにプル強度は上昇傾向を示した。超音波出力4Wの時の各めっき材1μm厚でのワイヤ剥離跡のSEM像を写真1に示す。同条件でボンディングをおこなったにもかかわらず、光沢度の増加とともに剥離面のAlの固着量が増加していた。この固着量の差が、光沢度の増加にともなうプル強度の増加に対応しているものと考えられる。また、ワイヤボンディングにより固着したAlを引き剥がす力よりもワイヤ強度が弱い場合にワイヤ破断にいたると考えられるので、光沢度の増加によるAl固着量の増加はプル強度の上昇だけでなく破断モードの改善にも寄与するものと考えられる。

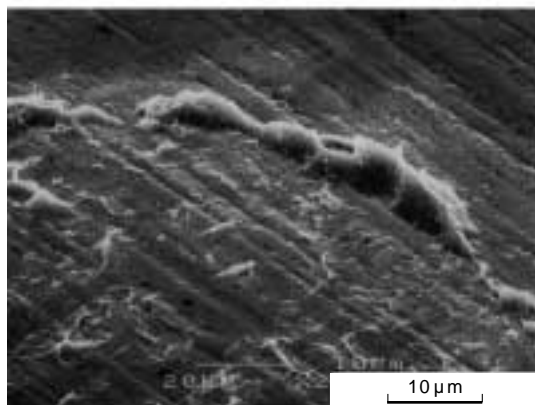
超音波出力が7Wになると光沢度が低い領域で少し界



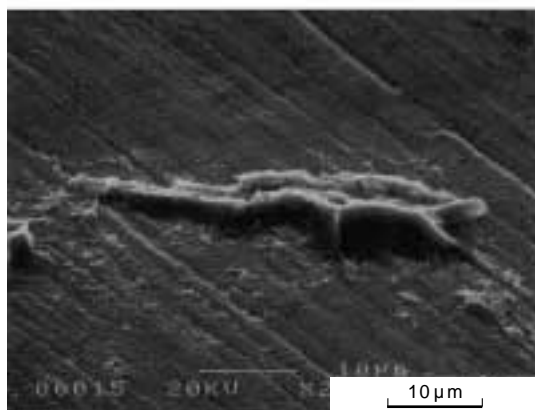
第4図 光沢度とプル強度の関係
Fig. 4 Relation between Ni plating brightness and pull strength



a) Bright Watt (1 μm, Brightness : 1.30)



b) Semi-Bright Sulfamate (1 μm, Brightness : 0.89)



c) Non-bright Watt (1 μm, Brightness : 0.67)

写真1 剥離部のSEM像

Photo 1 SEM images of interface peeling part

面剥離モードが見られるが全体的に首切れが発生し、8 Wでは光沢度に関係なくほとんどが首切れとなり、プル強度も光沢度に関係なくばらついた。超音波出力が高い場合、ネック部のAlワイヤがいちじるしくつぶされ、ワイヤ径が細くなるためにその部分の強度が低下し、首切れとなる。そのつぶされた径の断面積がばらつくためにプル強度もばらつくと考えられる。

したがって、首切れの発生はNiめっき面の光沢度にはあまり依存せず、ワイヤボンディング条件に依存すると考えられる。

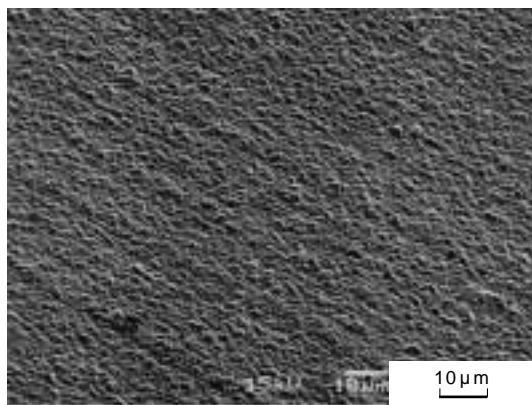
2.2 表面研磨およびめっき皮膜中不純物の影響

2.1節の実験ではめっき浴の種類と膜厚を変化させて各種光沢度の表面を調整した。光沢剤を含む浴からめっきすると、Niめっき皮膜中にCSなどの不純物が取込まれることが知られている³⁾⁴⁾。つまり光沢のあるNiめ

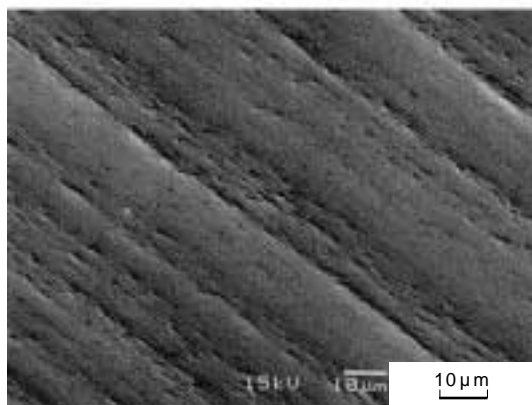
第2表 無光沢ワット浴からのNiめっきの表面特性

Table 2 Surface properties of Ni plating from non-bright Watt bath

		As Plating	After Buff Polish
Thickness	μm	11.8	11.6
Brightness		0.40	1.83
Ra by AFM	nm	65.23	5.22
Knoop Hardness	0.25N	315	295



a) As Plated



b) After Buff Polishing

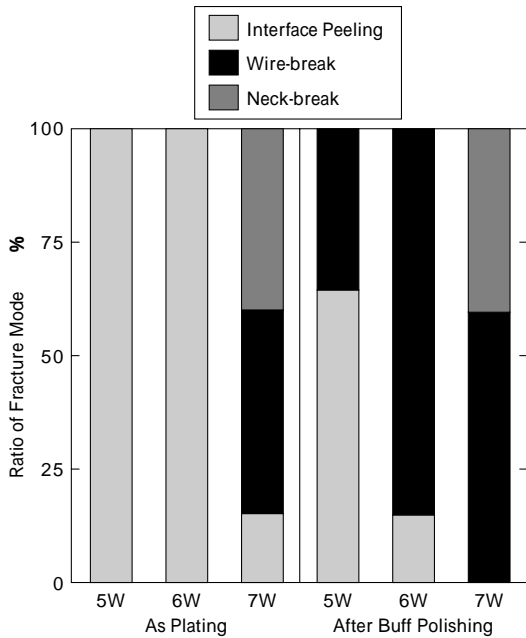
写真2 無光沢Niめっきのパフ研磨前後のSEM像

Photo 2 SEM images of Ni plating from non-bright Watt bath

っきには必然的に不純物が取込まれている。また、めっき厚さとともに光沢度が変化していることから、厳密には皮膜中の不純物の影響や、めっき厚さの影響を分離できていない。

そこで本節では、めっき膜厚、皮膜の不純物量を同一とし、研磨により表面の光沢度のみを変化させて実験をおこなった。不純物がほとんど取込まれない⁵⁾第1表中の無光沢ワット浴をもちい、約12 μmのNiめっき材を作製し、その後それを2分割し、一方をパフ研磨で表面を鏡面に仕上げ、それぞれのワイヤボンディング性を調査した。

パフ研磨有無材の膜厚、光沢度、原子間力顕微鏡による粗さ、ヌーブ硬度を第2表に、SEM像を写真2に示す。このパフ研磨有無材に対して1.3節に示すワイヤボンディング条件でボンディングし、破断モードの比較をおこなった。結果を第5図に示す。同じ無光沢ワット浴からめっきしたものでも表面光沢度を高くすることでワイヤボンディング性は大幅に向上し、光沢ワット浴からえられた同じ程度の光沢度のものとはほぼ同程度のワイヤ破断率となった。したがってめっき中の不純物のワイ



第5図 バフ研磨前後でのワイヤ破断率
Fig. 5 Ratio of wire fracture mode by pull test

ヤボンディング性に及ぼす影響は小さいと考える。

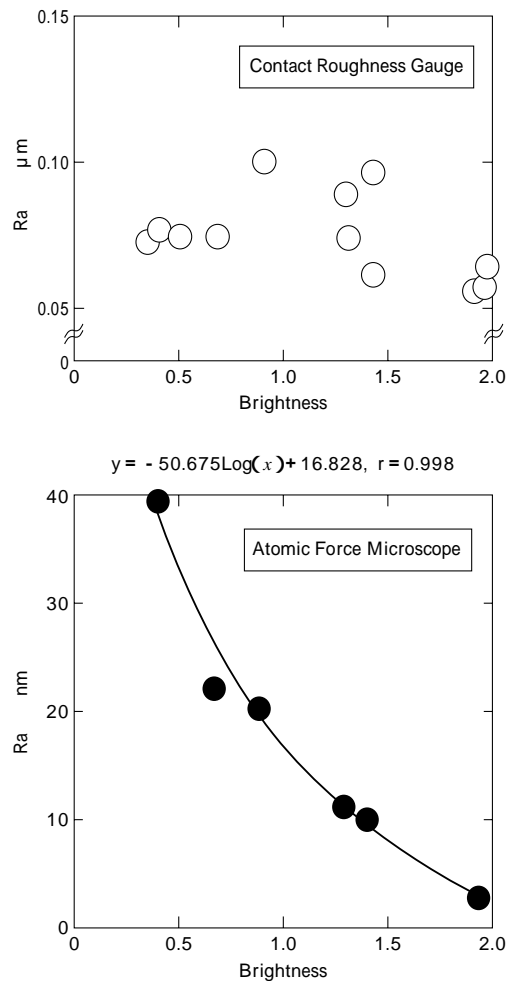
2.3 光沢度と表面粗度の関係

つぎに光沢度と接触式粗度計および原子間力顕微鏡による表面粗度の関係を第6図に示す。第6図より、横軸に光沢度、縦軸に中心線平均粗さ(Ra)をとった場合、分解能の低い接触式粗度計による粗度では相関が見られないが、原子間力顕微鏡による微小部粗さとは非常に強い相関を示した。これは光沢度を左右する光の反射、散乱、回折などに光の波長レベルの凹凸がもっとも寄与しているためであり、光沢度の高いNiめっき表面は微小なレベルで平滑であるといえる。

ワイヤボンディング性はAlワイヤとNiめっき表面の真の接触面積の大きさがもっとも影響していると考えられ、表面形態が平滑であるほど真の接触面積が増加すると考えられる。したがってNiめっきのワイヤボンディング性は微小なレベルでの表面の平滑性が影響するといえることができる。

むすび=Niめっき付き銅合金板条へのAlワイヤボンディングについて、光沢度とワイヤボンディング性の関係を調査し下記の知見をえた。

- 1) Niめっき面の光沢度の増加とともに、Alの固着が起りやすくなり、プル強度の上昇が見られた。またこの現象は破断モードの改善(界面剥離 ワイヤ破断)にも寄与する。
- 2) 破断モードが首切れとなるボンディング条件では、Niめっきの光沢度に関係なく首切れが発生し、プル強度も光沢度に関係なくばらつく。
- 3) Niめっき中の不純物がほとんどない無光沢ワット浴(光沢剤添加なし)からえられたNiめっきを、バフ研磨し表面光沢を付与することで、ワイヤボンディング性は大幅に改善された。したがってNiめ



第6図 光沢度と粗度の関係
Fig. 6 Relation between brightness and roughness

つき中の不純物のワイヤボンディング性に及ぼす影響は小さいと考えられる。

- 4) 光沢度と微小部表面粗度との間には強い相関が見られた。したがってNiめっきのワイヤボンディング性には微小なレベルでの表面粗度(X-Y方向の分解能が5nm)が影響すると考えられる。

参考文献

- 1) たとえば山崎和昭ほか: Proc. 3rd Symposium on " Microjoining and Assembly Technology in Electronics ", Vol. 3 (1997) p.161 .
- 2) 逢坂哲彌編: " 湿式法を利用したエレクトロニクス高機能薄膜作製法 ", p.269 蝸広信社
- 3) J. Edward: Transactions of the Institute of Metal Finishing, Vol.41 ,(1964) p.169 .
- 4) J. Edward: Transactions of the Institute of Metal Finishing, Vol. 39 ,(1962) p.52 .
- 5) 原 利久ほか: Proc. 3rd Symposium on " Microjoining and Assembly Technology in Electronics ", Vol.3 ,(1997) p.265 .