

プリント基板配線形成用めっきに関する研究

森本良一* 矢澤貞春* 斎藤 誠** 青柿良一***

Study on Copper Electroplating for Printed-Circuit Board

MORIMOTO Ryoichi*, YAZAWA Sadaharu*, SAITOU Makoto**, AOGAKI Ryoichi***

抄録

プリント基板の配線形成に用いられる電気銅めっきに磁場を用いためっき法を適用することを目的として、硫酸銅溶液からの電気銅めっきを行った。スルーホール形状への銅めっきの付きまわりと、銅めっきに対する磁場効果について検討した。磁場によりスルーホール形状への付きまわりが向上し、電流効率や体積抵抗率についても良好な結果を示した。

キーワード：銅，電気めっき，磁場，スルーホール

1 はじめに

電子機器の高性能化・小型化に対応して、プリント基板の高密度化が進行している。銅めっきによって行われているプリント基板の配線形成においても微細化が進み、確実な成膜が要求されている^{1),2)}。この配線形成における電気めっきでは、生産性及び廃液処理の観点から硫酸銅めっきが用いられている。硫酸銅と硫酸のみで構成される硫酸銅めっき浴では、凹部に薄く凸部に厚く析出する性質があり、微細化する基板へのめっきの付きまわり向上の点から、添加剤を複数組み合わせためっき液の開発やめっき方法の検討が行われている^{2)~5)}。

筆者らは、プリント基板の配線形成に用いられる電気銅めっきに対して、磁場を用いためっき法を適用することを目指して、電気銅めっきへの磁場効果^{6)~8)}について報告してきた。前報⁶⁾では、電気銅めっきに対する磁場の効果を解明し、磁場

により良好な析出状態となることを示した。

本報告では、スルーホール形状への電気銅めっきの付きまわりと、銅めっき時における電流効率と銅めっき膜の体積抵抗率に対する磁場効果について検討した結果について報告する。

2 実験方法

2.1 スルーホール形状への銅めっきの付きまわりの検討

スルーホール形状への銅の付きまわりについて検討した。試料として、直径 0.3mm、長さ 3mm(アスペクト比：10)の貫通穴を有するエポキシ樹脂に導通用の給電膜として無電解銅めっき⁹⁾を行ったものを使用した^{10),11)}。実験手順を図1に示す。磁場のある場合と磁場のない場合のそれぞれについて電気銅めっきを行った。表1に示す硫酸銅及び硫酸で構成される一般浴及び硫酸濃度の高いハイスロー浴の二種類の溶液を使用し、表2に示す実験条件で、電気銅めっきを行った。

電気銅めっき後、磁場の有無による貫通穴内部における付きまわりの変化を断面観察により測定した。

* 材料技術部

** 吉野電化工業(株)

*** 職業能力開発総合大学校

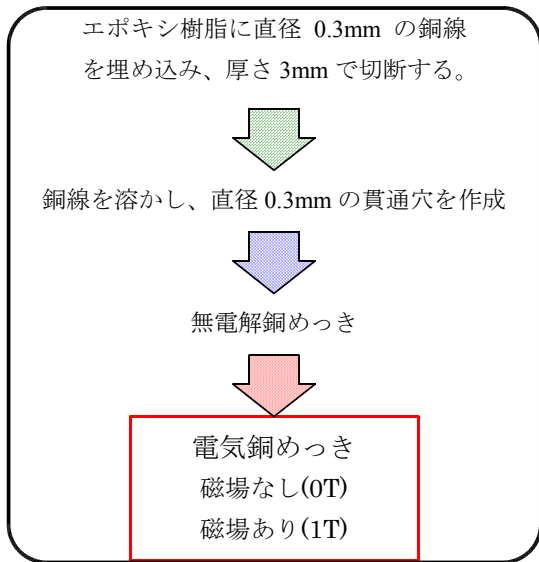


図1 実験手順

表1 電気めっき用銅めっき浴

	一般浴	ハイスロー浴
硫酸銅	300mol/m ³ (約 75g/L)	300mol/m ³ (約 75g/L)
硫酸	500mol/m ³ (約 50g/L)	2000mol/m ³ (約 200g/L)

表2 実験条件

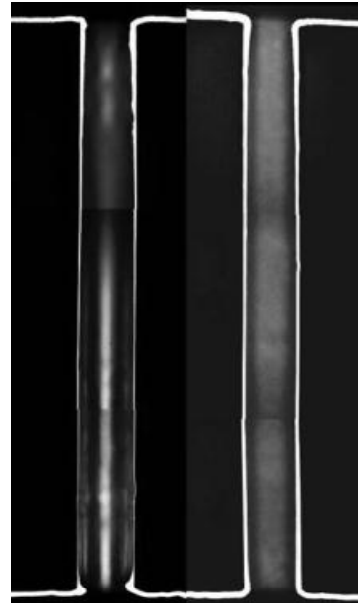
電流密度	300A/m ²
磁場の強さ	1T(テスラ=10,000 ガウス)
温度	27 ± 1 °C

2.2 電流効率における磁場効果

電気銅めっきの電流効率については、表1及び表2に示す実験条件で、磁場ありまたは磁場なしの場合について、それぞれ1、3、5及び7minの時間で銅板上に電気銅めっきを行った。電流密度とめっき時間から求まる計算上の析出質量に対するめっき前後の質量差である析出質量の割合から電流効率を算出した。

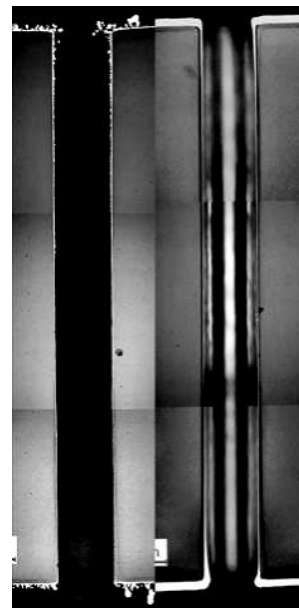
2.3 体積抵抗率における磁場効果

体積抵抗率測定用試料については、2.1の場合と同様に、エポキシ樹脂上に導通用の給電膜として無電解銅めっきを行ったものを試料として使用した。実験条件は、表1及び表2に同じである。体積抵抗率の測定には、四探針式抵抗率計(三菱油化(株)、ロレスタ AP)を使用した。測定時の温度は、21 °Cである。



磁場なし(0T) 磁場あり(1T)

図2 スルーホール形状の断面
(一般浴)



磁場なし(0T) 磁場あり(1T)

図3 スルーホール形状の断面
(ハイスロー浴)

3 結果及び考察

3.1 スルーホール形状への銅めっきの付きまわりの検討

図2及び図3に一般浴及びハイスロー浴での磁場の有無による断面観察結果を示す。いずれの場合においても磁場の効果によりスルーホール形状

の内部への付きまわりが向上している。これは、次に述べる磁場効果¹²⁾により説明される。まず、電気めっきに磁場を作用させたときに、電流と磁気との相互作用により力（ローレンツ力）が発生し、MHD(Magnetohydrodynamic=磁気対流)流れと呼ばれる溶液の流動を引き起こす。このMHD流れは、溶液中の銅イオンの拡散を促進するので反応を効率化させる効果がある。また、攪拌など機械的な流れと異なり、電極の近くで大きくなるために、複雑に入り組んだ形状の電極面において

も大きな効果を生み出すことが可能である。さらに、銅の析出面近傍でMHD流れのほかにマイクロMHD流れと呼ぶ小さな対流が発生する。この流れは、銅が析出するときの表面での結晶成長を抑制する働きをする^{12)~14)}。磁場を用いためっきでは、これらの効果が働くことで、スルーホール形状の内部においても付きまわりが向上したものと考えられる。

一般には、付きまわりを向上させるために、めっき浴に添加剤を添加して電気銅めっきを行っているが、この結果から示されるように、磁場は一種のめっき添加剤として作用しているといえることができる。

3.2 電流効率における磁場効果

電流効率の測定結果を図4及び図5に示す。ここで、電流効率は次のようにして求めた。

$$\text{電流効率} = \frac{\text{実際の析出量}}{\text{計算上の析出量}} \times 100 \quad (1)$$

磁場が作用することにより、どちらのめっき浴においても、電流効率がほぼ100%を示している。つまり、磁場の効果により安定して効率的な析出がなされていることを示している。これについても、3.1で述べたような磁場の効果が働き、前報⁶⁾で示したような緻密な銅めっき膜が生成された結果であると考えられる。

3.3 体積抵抗率における磁場効果

体積抵抗率の測定結果を表3及び図6に示す。一般浴の結果が、20℃における標準軟銅の体積抵抗率($1.7241 \times 10^{-6} \Omega \cdot \text{cm}$)と比べて低い値となっているが、比較値としては有効であると考えられる。表3及び図6から、磁場により体積抵抗率の向上がなされている。

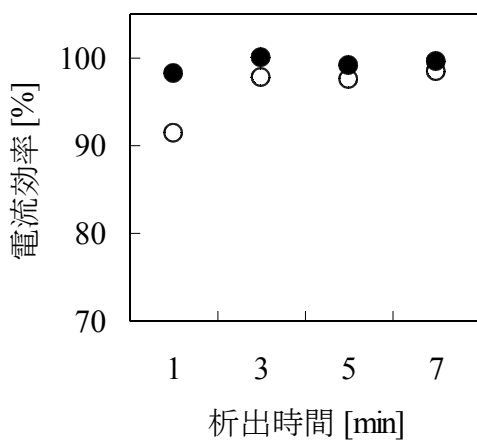


図4 電流効率 (一般浴)

- 磁場なし (0T)
- 磁場あり (1T)

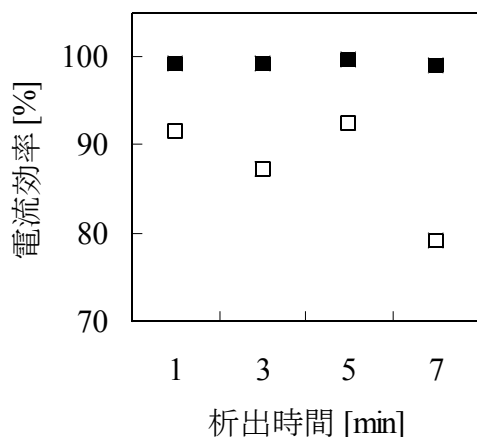


図5 電流効率 (ハイスロー浴)

- 磁場なし (0T)
- 磁場あり (1T)

表3 体積抵抗率測定

単位: $\Omega \cdot \text{cm}$

	一般浴	ハイスロー浴
磁場なし (0T)	1.657×10^{-6}	2.038×10^{-6}
磁場あり (1T)	1.511×10^{-6}	1.880×10^{-6}

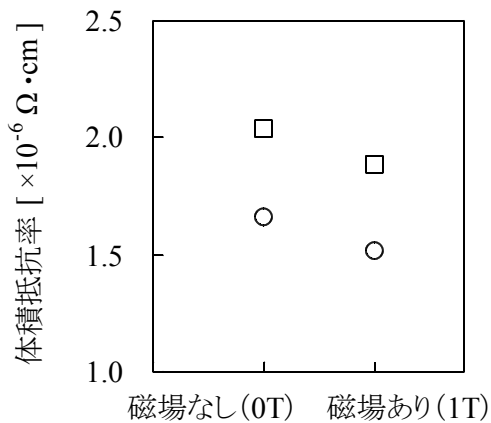


図6 体積抵抗率測定

○ 一般浴
□ ハイスロー浴

これについては、本報告のような高電流密度条件でのめっきでは、磁場のない場合には析出が急速に進んでしまう¹⁵⁾が、磁場のある場合には、磁場効果による局所的な対流により析出時の反応が抑制されることで、安定した析出となったためであると考えられる。また、析出時に発生する水素がめっき膜中に取り込まれると、そこが膜中の欠陥となり体積抵抗率が上昇する原因となるが、磁場が作用する場合には、磁場がない場合に比べめっき膜内に取り込まれないため、体積抵抗率が良くなると考えられる。

4 まとめ

スルーホール形状への電気銅めっきの付きまわりと、電流効率や体積抵抗率に対する磁場効果について検討した結果、以下のことが判明した。

- (1) スルーホール形状のような空間においても、磁場の効果が有効に現れる。
- (2) 磁場の効果により、電気銅めっきの電流効率が向上し、銅めっき膜の体積抵抗率も向上する。

謝辞

本研究を進めるに当たり、客員研究員として御指導いただきました早稲田大学理工学術院客員講師の杉山敦史氏に感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 榎本英彦, 中村 恒: 電子部品のめっき技術, 日刊工業新聞社, (2002)35
- 2) 近藤和夫: 初歩から学ぶ微小めっき技術, 工業調査会, (2004)153
- 3) 電気鍍金研究会: 次世代めっき技術, 日刊工業新聞社, (2002)95
- 4) 小山田仁子, 西中山宏, 渡邊新吾, 本間英夫: 電気銅めっきにおける添加剤のフィリング能の電析時間依存性, エレクトロニクス実装学会誌, **7**, 3(2004)261
- 5) 上村工業株式会社: 硫酸銅めっき浴及び電気銅めっき方法, 特開 2004-68088
- 6) 森本良一, 斎藤 誠, 杉山敦史, 青柿良一: 電子基板実装技術に対応した磁気めっき法の開発, 埼玉県産業技術総合センター研究報告, **3**, (2005)124
- 7) 森本良一, 走出 真, 永井 寛, 青柿良一: 銅めっきに対する磁場効果の空間パワースペクトルによる検討, 表面技術, **53**, 7(2002)453
- 8) 森本良一: 磁気を用いた電子配線基板の高性能化, 埼玉県産業技術総合センター研究報告, **2**, (2004)188
- 9) 神戸徳蔵: 無電解めっき (改訂版), 槇書店, (2000)8
- 10) 表面技術協会: 表面技術便覧, 日刊工業新聞社, (1998)325
- 11) 豊永 実: プリント配線板のめっき技術, 槇書店, (1996)25
- 12) 青柿良一: 強磁場中における電気化学過程の理論的解析, *Electrochemistry*, **73**, 6(2005)454
- 13) S. Yamanaka, R. Aogaki, M. Yamato, E. Ito and I. Mogi: Magnetic Field Effect on Electron Transfer Process in Electrochemical Reaction, *Sci. Rep. RITU A-Vol.*, **38**, 2(1993)399
- 14) R. Aogaki: Magnetic field effects in electrochemistry, *Magnetohydrodynamics*, **37**, 1(2001)143
- 15) 渡辺 徹: ナノ・プレーティング - 高精細めっき技術 -, 日刊工業新聞社, (2004)52