

## 多层柔性线路板化学镀铜工艺研究

杨长贵

深圳市联胜电子实业有限公司 广东深圳

**【摘要】**化学镀铜层是金属材料经过电、热等处理后，在基体表面形成一层致密保护膜的一种特殊材质，它具有耐高温性和抗腐蚀性以及良好的机械性能。由于化学镀铜层具有良好的耐蚀性能、较高比强度以及硬度等优异特性，因此，作为非金属材料，电化学中最常见也是最有应用前景和发展空间最大的是多层柔性复合板，随着柔性电路板技术的不断更新和市场需求的增大，对化学镀铜层的工艺也提出了更高的要求，基于此，本文重点分析化学镀铜机理以及其试验方法，最后根据镀铜之间的相互影响确定最佳镀铜工艺。

**【关键词】**柔性电路板；化学镀铜；工艺实验

**【收稿日期】**2022 年 11 月 25 日 **【出刊日期】**2022 年 12 月 28 日 **【DOI】**10.12208/j.jccr.20220023

### Study on Chemical Copper Plating Technology of Multi-layer Flexible Circuit Board

Changgui Yang

Shenzhen Liansheng Electronic Industrial Co., LTD., Shenzhen, Guangdong

**【Abstract】**Chemical copper plating layer is a special material on the surface of the metal material, which has high temperature resistance and corrosion resistance and good mechanical properties. Because chemical copper coating has good corrosion resistance, high specific strength and hardness, therefore, as a non-metal material, the most common and the most promising and largest electrochemical multilayer flexible composite plate, with the continuous update of flexible circuit board technology and market demand, chemical copper coating process also put forward higher requirements, based on this paper focuses on the analysis of chemical copper plating mechanism and its test method, and finally determine the best copper plating process according to the influence between copper plating.

**【Keywords】**flexible circuit board; chemical copper plating; process experiment

#### 引言

随着各种电子设备的小型化和轻量化的发展，要求产品尺寸小，耐热性高，同时具有优越弯折性能以及多功能化的柔性线路板。为了加工出具有优越弯折性能和多功能化的柔性线路板，多层柔性线路板应运而生，且具有动态区即无胶的区域，以提供优异的弯折性能。影响多层柔性线路板发展的关键问题是多层柔性线路板导通孔金属化电镀、细密线路、多层互联技术等。

#### 1 化学镀铜机理

迄今为止，人们已经对中外各种先进的化学电解镀铜反应工艺技术进行做了一系列全面、深刻、细致

的理论研究，并最终还通过分析了国内外大量的科学模拟计算与实验分析的结果得出了多种化学电解镀铜的机理与反应工艺过程模型和反应过程速率公式。早期许多研究者都根据在高温化学电解或镀铜处理的电解过程中的反应将许多重氢气离子析出，包含重原子脱氢理论、氢化物理论、金属电解还原重氢氧化物机理和金属超纯水电化学反应机理这 4 种有明显不同反应的层次特征的金属电解机理，但是由于它比较复杂，至今都还没有比较完整的科学认识<sup>[1]</sup>。

#### 1.1 甲醛还原化学镀铜

以游离氨基甲醛水溶液作为阳极或氧化还原剂的工作，这是一种化学气体还原镀铜法工艺，它的生

产技术优点是其原料相对易得,且较为便宜,工作场所条件温度也相对较低。其主要工艺缺点通常是指由于镀液本身极软、不容易稳定的形成,甲醛液镀在强碱性溶液中就可能会因为迅速氧化而发生其溶液自身的还原氧化作用,或因还原氧化反应而氧化分解,造成大量的损耗,同时它还可以产生出许多可能有害人体健康安全的高浓度残余的甲醛蒸气,危害到人体环境及健康;另外其氧化产物在弱碱性溶液环境中的主要成份也是以其分子式为亚甲基二醇  $\text{CH}_2(\text{OH})_2$ ,其阴离子为  $\text{CHOHO}^-$  的离子形式而存在。化学镀铜的主要过程之一是通过利用甲醛将处于同一浓度溶液中的由铜离子  $\text{Cu}^{2+}$  还原氧化而析出来的铜金属化合物的还原过程<sup>[2]</sup>。

### 1.2 次磷酸钠还原化学镀铜

与用甲醛作还原剂的化学镀铜法相比,将次磷酸盐溶液作为氧化还原剂来使用,而被配制所得的纯化学镀铜液中一般没有生成金属毒雾层或金属溢出,没有形成金属副反应,溶液还能维持一段较长时间的金属循环与使用寿命,镀层液中金属显微组织结构常呈针状结晶,镀层性能相对较好,与各种有色金属基体结合力相对较强。

### 1.3 硼氢化钾还原化学镀铜

选用硼氢化钾作为化学镀铜还原剂最大的优点就是它能保持在一种稳定较低的 pH 键值范围(一般为 8 左右)环境下发生氧化反应,并且几乎不会产生一种对铜极其有害的氧化气体。但它的缺点主要是铜价格相对昂贵,铜的沉积氧化层成分中通常含有铁硼矿及少量作为二次电子活化剂的铜钴盐或铬镍盐类等,它们可能将直接提高铜微电子线路间的短路电阻,影响到铜镀层系统的性能。

### 1.4 乙醛酸还原化学镀铜

乙醛酸钠可长期作为低碱性化学镀铜镍溶液的主要阳极还原剂,其水溶液在各种弱碱性溶液系统应用中常以乙醛酸根阴离子形式广泛稳定的存在,同时,其阳极氧化还原、氧化降解能力、阳极还原的反应及催化作用原理也基本上都与天然合成有机甲醛溶液相似,但三者均无有害毒性气体混合物的产生的可能,达到了安全、无环境污染的目标。该工艺处理方法稳定性更高、镀液温度相对稳定且最终所得成品的铜镀层要中的铜金属纯度要求比较高<sup>[3]</sup>。用聚乙醛酸铜可完全的替代聚苯甲醛铜来直接作为化学镀铜中铜的选择性氧化剂与还原剂,将有一个很好的产业化及发

展前景。

## 2 实验材料与方法

2.1 实验材料:多层柔性线路板,板厚:0.31mm,最小孔径:0.2mm

### 2.2 实验步骤

多层线路板导通孔金属化过程分为孔金属化前处理阶段和孔金属化处理阶段两个过程。

#### (1) 孔金属化前处理阶段

①孔壁电浆处理:采用美国 march 电浆机进行孔壁清洁处理。

#### (2) 孔金属化处理阶段

①化学沉铜(PTED):选用麦特隆公司 185 与 518 化学沉铜系列药水对比试验,以选用较好的药水制作多层板。

#### ②酸性镀铜:

材料:电镀液组成基本配方:硫酸铜:55g/L,硫酸:200g/L,氯离子:30~80mg/L,添加剂:酸性哑光铜走位剂。

操作环境条件:阴极电流密度:1.1ASD,温度:25℃,振荡:双振荡共振;搅拌方式:连续过滤搅拌+连续空气过滤搅拌+阴极 45° 移动。



图 1 工艺流程



图 2 化学沉铜工艺流程

### 2.2 镀层质量评价

①青光 BacklighD 检验:指 PTH 或一次铜孔经切片后,置于放大镜下背对着光,以确认铜层覆盖状况的检验。背光级数以 1~10 级表示,其中 10 级、9 级、8 级是合格品;7 级是存在缺陷的样品,需做重复样;6 级及 6 级以下属于次品,需要重工。(注:检验过程中应排除因剪刀挤压而产生的裂痕和砂纸上的沙粒对背光切片的损伤)。

热应力试验:288 ± 59,浸锡 10 秒,3 次,参照 IPC-TM-650 第 2.6.8 标准一一进行热应力冲击,镀通孔(发行年月:1998 年 3 月,版本为 D 版本)。

镀层附着力的剥离与试验: 镀层附着力剥落的剥离测试可先按现行国际标准 IC-TM-650 第 2.4.1 版标准——镀层附着力的剥离测试方法 (发行年月: 2004 年 5 月, 版本为 E 版本) 的标准来进行剥离和测试, 其通常的做法一般是先将一条 0.5 英寸宽, 2 英寸长的感压性胶带压贴后, 固定在所被要求剥离与测试的线路表面, 然后再在这短短的大约一分钟内, 加一个与电路图垂直的力, 来迅速的把胶带拉下。每次测试要用新的胶带。用肉眼观察胶带和试样, 从胶带上粘有镀层微粒和图形以确定电镀层是否从试样上剥离。

②镀层厚度测量: 参照 IPC-TV-650 第 21.1 标准-手动微切片法 (发行年月: 1998 年 3 月, 版本为 D 版本)。

### ③高低温循环试验

首先, 自制材料尺寸为 250mm×250mm 的光板, 在尺寸范围内, 同一个方向设计 100 条走线, 每条走线上钻 50 个 0.2mm 的导通孔, 在同一根走线上相邻三个导通孔之间通过不同面的导线相连, 按照那样设计, 在 250mm×250mm 的 5000 个孔 L (即 5000 个点), 有规律连接起来而形成的线路板。(下面简称为百万孔试验板)。其次, 高低温循环对象: 在 185A, 518A 及黑化药水系列下, 各测试 10 次百万孔试验板。条件: 低温段: -10℃, 恒温 30min, 高温段: +70℃, 恒温 30min, 循环 24h。最后, 检测可靠性: 经过高低温循环以后的百万孔试验板, 使用万用表 (型号为 FLUKE15B) 的表笔接触每条走线最边缘两点进行测试, 万用表有电流值说明线路电气性能合格, 否则不合格; 若不合格, 固定万用表的一只表笔, 另一只表笔往里走一个点, 万用表有电流值说明线路电气性能合格, 否则不合格。依次类推检测每条走线的每个点, 并记下数据。

### 3 不同化学沉铜剂对六层板多层柔性线路板内层铜互相的影响

在 PTH 过程中, 化学药剂的选择对于化学沉铜质量的好坏有着非常重要的影响。不同的化学药剂对化学沉铜质量的影响如表 1 所示, 由表 1 中数据可见, 518 系列药剂出现了孔内部连接有断开的迹象。而 185 系列镀层内链接没有出现断开现象。在正常化学沉铜工艺条件下, 化学铜 185 系列对内层互连的可信赖度好于 518 系列药水, 故在制备柔性线路板沉铜时选用 185 系列药水进行生产<sup>[4]</sup>。

表 1 518 系列药水与 185 系列药水对比

药水系列	试验号	试验结果		
		背光级数 (≥8级)	热冲击试验	镀层剥离试验
185系列	1	9,9,9,10,9	PASS	PASS
	2	9,9,10,10,10	PASS	PASS
	3	9,9,10,10,9	PASS	PASS
	4	10,10,9,10,9	PASS	PASS
	5	9,9,9,10,9	PASS	PASS
518系列	6	9,9,10,10,10	PASS	PASS
	7	9,9,10,10,8	NG	PASS
	8	9,10,10,9,10	NG	PASS
	9	10,10,8,10,8	PASS	PASS
	10	10,10,9,10,8	PASS	PASS
麦特美黑化系列	11	9,10,9,10,9	PASS	PASS
	12	9,9,10,9,10	PASS	PASS
	13	9,9,9,10,9	PASS	PASS
	14	10,8,9,10,9	PASS	PASS
	15	9,8,9,10,9	PASS	PASS

(注: PASS 表示合格, NG 表示和符合要求)

## 4 化学镀铜应用及研究方向

化学镀铜可用作柔性线路板中的表面镀层处理及冲孔金属化。世界发达国家所生产销售的各种彩色印制的柔性线路板的产值也是在每年的大约十年间以每天大约在 17% 左右的增幅甚至可达到每年两倍数及以上的增长率这样的超高速度而在持续的逐年递增, 产值规模在每年的几乎十年累计上至少是可以说已达到甚至超过每年了的好几百亿美元, 为我国彩色印制的线路板柔性化学镀铜技术的快速的发展而提供了出来了这么好一块宝地有着是一个十分的有很巨大的投资发展潜力空间的市场。

化学镀铜电极法同样也就几乎就可以消除完全且几乎不会因此而产生因其它的任何一种电场强度大小和电场分布均匀情况均不大而一致所引起的质量问题, 它甚至在有时它还可以甚至还能消除使被称为印刷线路板的柔性线路板的表面板上的孔壁电极板与表面板之间及导线板表面之间的上下两个表面层之间都生成镀了一层薄薄的一片厚的一片的厚度很大而电荷分布也很接近均匀且一致的化学镀铜阳极氧化膜层, 有一个较大幅度的提高了强度并进一步地保护提高了它所能印制出来的柔性电路元器件产品的本身和性能上的高可靠性。在极非均匀的真空状态下与极的低温条件作用情况下, 通过化学镇铜技术可以成功的获得了最薄厚度的镀铜屏蔽膜层<sup>[5]</sup>。

## 5 结语

化学镀铜溶液处理术是非对金属导体材料表面进行的具有金属化结构及其他重要电化学功能特性的一类特殊材料表面化工艺处理的工艺技术。其电镀铜溶液系统中各主要成分有效化学组分主要均为各种有机镀铜盐、络合剂、还原剂、添加剂等无机盐及影响多种化合物有机 pH 值平衡作用的生长调节剂。化学镇电镀铜技术主要技术应用研究的领域也多体现为金属线路板及电子 PCB 上的各种金属表面处理及孔金银属化、非金属材料的各种表面修饰的金属化,功能化的各种化学镇铜方法技术也就随之开始得到了大量研究应用及推广应用及快速发展。今后企业一定还要持续着力和加强节能高效新型化学镀铜基础理论问题的研究,开发生产一批反应快速、高性能、低成本先进的并有利于贵重金属高效回收及再生经济利用与发展需求的高效新型高效绿色无污染安全绿色环保新型化学电解镀铜生产新工艺。

## 参考文献

- [1] 吴梅珠, 林金堵. LDI 和喷印技术是解决甚高密度 PCB 的最佳出路[J]. 印制电路信息, 2011, (11): 18—21.
- [2] 张怀武, 何为. 现代印制电路原理与工艺[M]. 北京: 机械工业出版社, 2010: 7—10.
- [3] 陈苑明, 何为. 电镀式半加成法制作精细线路的研究[J]. 电镀与精饰, 2012, 34(7): 5-8.
- [4] 陈于春, 安茂忠, 王成勇, 等. 高厚径比 PCB 深镀能力影响因素的研究[J]. 电镀与环保, 2009, 29(6):
- [5] 仵亚婷, 沈彬, 刘磊. 化学复合镀的研究现状及镀层的应用[J]. 电镀与涂饰, 2005, 24(1): 58-64.

**版权声明:** ©2022 作者与开放获取期刊研究中心(OAJRC)所有。本文章按照知识共享署名许可条款发表。

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



**OPEN ACCESS**