



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 102162113 A

(43) 申请公布日 2011.08.24

(21) 申请号 201110141371.8

(22) 申请日 2011.05.30

(71) 申请人 长春工业大学

地址 130012 吉林省长春市延安大街 2055
号

(72) 发明人 贺岩峰 石秀敏 尹丽 马立国

(74) 专利代理机构 吉林长春新纪元专利代理有
限责任公司 22100

代理人 白冬冬

(51) Int. Cl.

C25D 3/60 (2006.01)

权利要求书 1 页 说明书 7 页

(54) 发明名称

一种电镀锡银铜三元合金镀液及电镀方法

(57) 摘要

一种电镀锡银铜三元合金镀液,本发明属于化工领域,涉及电镀锡银铜的镀液和电镀方法。本发明的目的是提供一种不含有有害物质磷化合物的电镀锡银铜的电镀锡银铜三元合金镀液及电镀方法。本发明镀液成分组成甲基磺酸锡、甲基磺酸银、甲基磺酸铜、配位剂、辅助配位剂、添加剂。本发明镀液配方简单,操作维护容易,并且不使用对环境有害的化学品。采用单一的有机配位剂体系,镀液配方简单,操作维护容易。不使用含磷配位剂,有利于环境保护。另外,所用添加剂烷基糖苷属于环保型非离子表面活性剂,生物降解迅速彻底。

1. 一种电镀锡银铜三元合金镀液,其特征在于:镀液成分组成和组成成分每升含量如下:

甲基磺酸锡 0.1 ~ 0.6mol
甲基磺酸银 0.003 ~ 0.015mol
甲基磺酸铜 0.0005 ~ 0.01mol
配位剂 0.5 ~ 1.5mol
辅助配位剂 0.02 ~ 0.1mol
添加剂 0.0003 ~ 0.015mol。

2. 根据权利要求1所述的电镀锡银铜三元合金镀液,其特征在于:镀液成分组成和组成成分每升含量如下:

甲基磺酸锡 0.1 ~ 0.6mol
甲基磺酸银 0.003 ~ 0.015mol
甲基磺酸铜 0.0005 ~ 0.01mol
配位剂: 羟乙基乙二胺三乙酸 0.5 ~ 1.5mol
辅助配位剂: 硫脲 0.02 ~ 0.1mol
添加剂: 烷基糖苷 0.0003 ~ 0.015mol。

3. 根据权利要求1或2所述的电镀锡银铜三元合金镀液,其特征在于:配位剂是二乙三胺五乙酸、三乙四胺六乙酸,或者二乙三胺五乙酸、三乙四胺六乙酸的钠盐或钾盐,或者羟乙基乙二胺三乙酸钠盐或者钾盐中的一种。

4. 根据权利要求1或2所述的电镀锡银铜三元合金镀液,其特征在于:添加剂烷基酚聚氧乙烯醚、萘酚聚氧乙烯醚、烷基醇聚氧乙烯醚、羧基醇聚氧乙烯醚中的一种。

5. 根据权利要求1或2所述的电镀锡银铜三元合金镀液,其特征在于:镀液中配位剂每升含量是0.8 ~ 1.0mol,辅助配位剂每升含量0.03 ~ 0.06 mol。

6. 根据权利要求1或2所述的电镀锡银铜三元合金镀液,其特征在于:镀液中添加剂每升含量是0.003 ~ 0.006mol。

7. 根据权利要求1或2所述的电镀锡银铜三元合金镀液,其特征在于:在低速电镀时,镀液中甲基磺酸锡每升含量0.15 ~ 0.25mol、甲基磺酸银每升含量0.004 ~ 0.006mol、甲基磺酸铜每升含量0.001 ~ 0.003mol。

8. 根据权利要求1或2所述的电镀锡银铜三元合金镀液,其特征在于:在高速电镀时,镀液中甲基磺酸锡每升含量0.4 ~ 0.5mol、甲基磺酸银每升含量0.01 ~ 0.012mol、甲基磺酸铜每升含量0.006 ~ 0.008mol。

9. 权利要求1或2电镀锡银铜三元合金镀液的电镀方法,其特征在于:其镀液电镀条件是电流密度0.8 ~ 20A/dm²,温度是15 ~ 45°C,镀液PH值4 ~ 8。

10. 权利要求1或2电镀锡银铜三元合金镀液的电镀方法,其特征在于:其镀液电镀条件是:低速电流密度1 ~ 3 A/dm²,高速电镀密度15 ~ 18 A/dm²,温度20 ~ 30°C,镀液PH值5 ~ 6。

一种电镀锡银铜三元合金镀液及电镀方法

技术领域

[0001] 本发明属于化工领域,涉及电镀锡银铜的镀液和电镀方法。

背景技术

[0002] 由于环境保护的要求,电子行业中广泛采用的可焊性镀层已经由锡铅改为纯锡或锡基合金。锡银铜三元合金镀层具有良好的可焊性和良好的抑制锡晶须的能力,所以具有很好的应用前景。

[0003] 锡银铜三元电镀液的组成中主要包含锡、银和铜的金属离子,同时为了使锡、银和铜实现共沉积,必须含有适宜的配位剂和添加剂。US2007/0297937 A1 和 EP1826295 A1 公布了一种采用聚合磷酸盐和吡啉等作为配位剂,以聚乙二醇等作为添加剂的方法;US2005/0184369 A1 采用乙酰半胱氨酸和 2,2'-二硫代双苯胺等作为配位剂,以 α -萘酚聚氧乙烯醚等作为添加剂;CN1844476A 则以碘化钾、焦磷酸钾和三乙醇胺作为配位剂,以胡椒醛等作为添加剂。由于采用了多种配位剂分别对锡、银和铜进行配位,在实际操作中各种配位剂的使用量需要有一定的对应关系,需要小心地维持各种配位剂的比例,这使生产维护变得困难。另外,含磷化合物也是一种对环境有影响的物质。

发明内容

[0004] 本发明的目的是提供一种不含有有害物质磷化合物的电镀锡银铜的电镀锡银铜三元合金镀液及电镀方法。

[0005] 本发明镀液成分组成和组成成分每升含量如下:

甲基磺酸锡	0.1 ~ 0.6mol
甲基磺酸银	0.003 ~ 0.015mol
甲基磺酸铜	0.0005 ~ 0.01mol
配位剂	0.5 ~ 1.5mol
辅助配位剂	0.02 ~ 0.1mol
添加剂	0.0003 ~ 0.015mol。

[0006] 本发明镀液成分组成和组成成分每升含量如下:

甲基磺酸锡	0.1 ~ 0.6mol
甲基磺酸银	0.003 ~ 0.015mol
甲基磺酸铜	0.0005 ~ 0.01mol
配位剂: 羟乙基乙二胺三乙酸	0.5 ~ 1.5mol
辅助配位剂: 硫脲	0.02 ~ 0.1mol
添加剂: 烷基糖苷	0.0003 ~ 0.015mol。

[0007] 本发明配位剂是二乙三胺五乙酸三乙四胺六乙酸及其钠盐或钾盐,或者羟乙基乙二胺三乙酸钠盐或者钾盐中的一种。

[0008] 本发明添加剂烷基酚聚氧乙烯醚、萘酚聚氧乙烯醚、烷基醇聚氧乙烯醚、羰基醇聚

氧乙烯醚中的一种。

[0009] 本发明镀液中配位剂每升含量是 0.8 ~ 1.0mol, 辅助配位剂每升含量 0.03 ~ 0.06 mol。

[0010] 本发明镀液中添加剂每升含量是 1.0 ~ 2.0g。

[0011] 本发明在低速电镀时, 镀液中甲基磺酸锡每升含量 0.15 ~ 0.25mol、甲基磺酸银每升含量 0.004 ~ 0.006mol、甲基磺酸铜每升含量 0.001 ~ 0.003mol。

[0012] 本发明在高速电镀时, 镀液中甲基磺酸锡每升含量 0.4 ~ 0.5mol、甲基磺酸银每升含量 0.01 ~ 0.012mol、甲基磺酸铜每升含量 0.006 ~ 0.008mol。

[0013] 本发明镀液电镀方法的电镀条件是电流密度 0.8 ~ 20A/dm², 温度是 15 ~ 45℃, 镀液 PH 值 4 ~ 8。

[0014] 本发明镀液电镀方法的电镀条件是: 低速电流密度 1 ~ 3 A/dm², 高速电镀密度 15 ~ 18 A/dm², 温度 20 ~ 30℃, 镀液 PH 值 5 ~ 6。

[0015] 本发明镀液配方简单, 操作维护容易, 并且不使用对环境有害的化学品。采用单一的有机配位剂体系, 镀液配方简单, 操作维护容易。不使用含磷配位剂, 有利于环境保护。另外, 所用添加剂烷基糖苷属于环保型非离子表面活性剂, 生物降解迅速彻底。

具体实施方式

[0016] 本发明镀液成分组成和组成成分每升含量如下:

甲基磺酸锡	0.1 ~ 0.6mol
甲基磺酸银	0.003 ~ 0.015mol
甲基磺酸铜	0.0005 ~ 0.01mol
配位剂	0.5 ~ 1.5mol
辅助配位剂	0.02 ~ 0.1mol
添加剂	0.0003 ~ 0.015mol。

[0017] 本发明镀液成分组成和组成成分每升含量如下:

甲基磺酸锡	0.1 ~ 0.6mol
甲基磺酸银	0.003 ~ 0.015mol
甲基磺酸铜	0.0005 ~ 0.01mol
配位剂:	羟乙基乙二胺三乙酸 0.5 ~ 1.5mol
辅助配位剂:	硫脲 0.02 ~ 0.1mol
添加剂:	烷基糖苷 0.0003 ~ 0.015mol。

[0018] 本发明中配位剂还可以是二乙三胺五乙酸、三乙四胺六乙酸, 或者二乙三胺五乙酸、三乙四胺六乙酸的钠盐或钾盐, 或者羟乙基乙二胺三乙酸钠盐或者钾盐中的一种。

[0019] 本发明中添加剂还可以是烷基酚聚氧乙烯醚、萘酚聚氧乙烯醚、烷基醇聚氧乙烯醚、羰基醇聚氧乙烯醚中的一种。

[0020] 本发明中镀液中配位剂每升最佳含量是 0.8 ~ 1.0mol, 辅助配位剂每升最佳含量是 0.03 ~ 0.06 mol。

[0021] 本发明镀液中添加剂每升最佳含量是 0.003 ~ 0.006mol。

[0022] 本发明在低速电镀时, 镀液中甲基磺酸锡每升含量 0.15 ~ 0.25mol、甲基磺酸银

每升含量 0.004 ~ 0.006mol、甲基磺酸铜每升含量 0.001 ~ 0.003mol。

[0023] 本发明在高速电镀时,镀液中甲基磺酸锡每升含量 0.4 ~ 0.5mol、甲基磺酸银每升含量 0.01 ~ 0.012mol、甲基磺酸铜每升含量 0.006 ~ 0.008mol。

[0024] 采用本发明镀液进行电镀时,其电镀条件是电流密度 0.8 ~ 20A/dm²,温度是 15 ~ 45℃,镀液 PH 值 4 ~ 8。

[0025] 采用本发明镀液进行电镀时,其电镀最佳条件是:低速电流密度 1 ~ 3 A/dm²,高速电镀密度 15 ~ 18 A/dm²,温度 20 ~ 30℃,镀液 PH 值 5 ~ 6。

[0026] 镀液配制方法:

分别用去离子水将配位剂和辅助配位剂溶解后,与添加剂一起混合,搅拌均匀。然后分别加入甲基磺酸银、甲基磺酸锡和甲基磺酸铜,补加去离子水至所需体积。其中甲基磺酸银的制备方法为:采用甲基磺酸与氧化银(Ag₂O)进行反应,反应温度 50-60℃,甲基磺酸与氧化银的摩尔配比为 5 ~ 6。甲基磺酸锡和甲基磺酸铜为市售品。用氢氧化钠调节镀液 pH 值至 5 ~ 6。

[0027] 电镀方法:(电镀 SOT23 引线框架样品为例)

将欲进行锡银铜电镀的 SOT23 引线框架样品(FeNi42 合金材质)与电源阴极相连接,并使镀件全部浸入电镀槽的溶液中,在施加阴极移动的情况下进行电镀。采用的电镀条件为:电流密度 1 ~ 3 A/dm²,温度 20 ~ 30℃。

[0028] 电镀的前处理包括除油、去氧化和预浸操作。采用的除油液为:30 g/LNa₂CO₃、30 g/L Na₃PO₄、5 g/L 壬基酚聚氧乙烯醚,其余为去离子水;除油操作时将引线框架样品全部浸入除油液中,在 60℃的温度下进行除油操作 2 分钟。采用的去氧化液为:10% (体积百分数) 硫酸、5% (体积百分数) H₂O₂,其余为去离子水;去氧化操作时将引线框架样品全部浸入去氧化液中,在室温下进行去氧化操作 30 ~ 60 秒。预浸是将引线框架样品全部浸入 10% (体积百分比) 的甲基磺酸水溶液中进行的,预浸时间是 20 ~ 30 秒。经除油和去氧化操作后,都需要用流动的自来水清洗 1 分钟,再进行下一步操作。预浸操作后不经水洗,直接将样品浸入到电镀槽中进行电镀。

[0029] 电镀的后处理包括中和与水洗操作。中和液为:3 g/L Na₂CO₃;在 50℃下将引线框架样品全部浸入中和液中操作 1 分钟。中和前先用流动的自来水清洗样品 1 分钟,中和后再用流动的自来水清洗 1 分钟。然后将样品浸入 50 ~ 60℃的去离子水中清洗 2 分钟,用冷的去离子水冲洗后,吹干。

[0030] 测试及考核方法:(1) 外观:在日光或日光灯下肉眼观察镀层色泽和光亮程度;(2) 镀液稳定性:室温环境下放置 2 个月;(3) 可焊性:槽焊法(按 SJ/T 10146-1991 标准);(4) 结合力:将引脚弯折 90°,在显微镜下观察镀层剥离情况;(5) 变色性:采用蒸汽老化的方法,将镀后的样品在温度 100℃、相对湿度 100% 下处理 8 小时;(6) 镀层致密性:将镀后样品在体视显微镜下观察粗糙度及缺陷,在扫描电镜(SEM)下测试结晶颗粒形状及大小。

[0031] 实施例 1 (低速电镀)

镀液组成如下:

甲基磺酸锡	0.18mol/L
甲基磺酸银	0.005mol/L
甲基磺酸铜	0.002mol/L

羟乙基乙二胺三乙酸(HEDTA)	0.8mol/L
硫脲	0.03mol/L
烷基糖苷(APG)	0.003mol/L。

[0032] 镀液配制方法：

分别用去离子水将羟乙基乙二胺三乙酸(HEDTA)和硫脲溶解后,与烷基糖苷一起混合,搅拌均匀。然后分别加入甲基磺酸银、甲基磺酸锡和甲基磺酸铜,补加去离子水至所需体积。其中甲基磺酸银的制备方法为:采用甲基磺酸与氧化银(Ag_2O)进行反应,反应温度 $50 \sim 60^\circ C$,甲基磺酸与氧化银的摩尔配比为 $5 \sim 6$ 。甲基磺酸锡和甲基磺酸铜为市售品。用氢氧化钠调节镀液pH值至 $5 \sim 6$ 。

[0033] 电镀方法:(电镀SOT23引线框架样品为例)

将欲进行锡银铜电镀的SOT23引线框架样品(FeNi42合金材质)与电源阴极相连接,并使镀件全部浸入电镀槽的溶液中,在施加阴极移动的情况下进行电镀。采用的电镀条件为:电流密度 $1 \sim 3 A/dm^2$,温度 $20 \sim 30^\circ C$ 。

[0034] 实施例1--1

镀液组成如下：

甲基磺酸锡	0.18mol/L
甲基磺酸银	0.005mol/L
甲基磺酸铜	0.002mol/L
羟乙基乙二胺三乙酸(HEDTA)	0.8mol/L
硫脲	0.03mol/L
烷基糖苷(APG)	0.003mol/L。

[0035] 镀液配制方法：

分别用去离子水将羟乙基乙二胺三乙酸(HEDTA)和硫脲溶解后,与烷基糖苷一起混合,搅拌均匀。然后分别加入甲基磺酸银、甲基磺酸锡和甲基磺酸铜,补加去离子水至所需体积。其中甲基磺酸银的制备方法为:采用甲基磺酸与氧化银(Ag_2O)进行反应,反应温度 $50 \sim 60^\circ C$,甲基磺酸与氧化银的摩尔配比为 $5 \sim 6$ 。甲基磺酸锡和甲基磺酸铜为市售品。用氢氧化钠调节镀液pH值至 $5 \sim 6$ 。

[0036] 电镀方法:(电镀SOT23引线框架样品为例)

采用的电镀条件为:电流密度 $1 A/dm^2$,温度 $20^\circ C$,其他与实施例1相同。

[0037] 实施例1--2

镀液组成如下：

甲基磺酸锡	0.18mol/L
甲基磺酸银	0.005mol/L
甲基磺酸铜	0.002mol/L
羟乙基乙二胺三乙酸(HEDTA)	0.8mol/L
硫脲	0.03mol/L
烷基糖苷(APG)	0.003mol/L。

[0038] 镀液配制方法：

分别用去离子水将羟乙基乙二胺三乙酸(HEDTA)和硫脲溶解后,与烷基糖苷一起混

合,搅拌均匀。然后分别加入甲基磺酸银、甲基磺酸锡和甲基磺酸铜,补加去离子水至所需体积。其中甲基磺酸银的制备方法为:采用甲基磺酸与氧化银(Ag_2O)进行反应,反应温度 $50 \sim 60^\circ\text{C}$,甲基磺酸与氧化银的摩尔配比为 $5 \sim 6$ 。甲基磺酸锡和甲基磺酸铜为市售品。用氢氧化钠调节镀液 pH 值至 $5 \sim 6$ 。

[0039] 电镀方法:(电镀 SOT23 引线框架样品为例)

采用的电镀条件为:电流密度 $2\text{A}/\text{dm}^2$,温度 25°C ,其他与实施例 1 相同。

[0040] 实施例 1--3

镀液组成如下:

甲基磺酸锡	0.18mol/L
甲基磺酸银	0.005mol/L
甲基磺酸铜	0.002mol/L
羟乙基乙二胺三乙酸(HEDTA)	0.8mol/L
硫脲	0.03mol/L
烷基糖苷(APG)	0.003mol/L

[0041] 镀液配制方法:

分别用去离子水将羟乙基乙二胺三乙酸(HEDTA)和硫脲溶解后,与烷基糖苷一起混合,搅拌均匀。然后分别加入甲基磺酸银、甲基磺酸锡和甲基磺酸铜,补加去离子水至所需体积。其中甲基磺酸银的制备方法为:采用甲基磺酸与氧化银(Ag_2O)进行反应,反应温度 $50 \sim 60^\circ\text{C}$,甲基磺酸与氧化银的摩尔配比为 $5 \sim 6$ 。甲基磺酸锡和甲基磺酸铜为市售品。用氢氧化钠调节镀液 pH 值至 $5 \sim 6$ 。

[0042] 电镀方法:(电镀 SOT23 引线框架样品为例)

采用的电镀条件为:电流密度 $3\text{A}/\text{dm}^2$,温度 30°C ,其他与实施例 1 相同。

[0043] 实施例 2:(高速电镀)

镀液组成如下:

甲基磺酸锡	0.5mol/L
甲基磺酸银	0.01mol/L
甲基磺酸铜	0.005mol/L
羟乙基乙二胺三乙酸(HEDTA)	1.2mol/L
硫脲	0.06mol/L
烷基糖苷(APG)	0.003mol/L

镀液配制方法与实施例 1 相同。

[0044] 电镀方法:电流密度 $12 \sim 16\text{A}/\text{dm}^2$,温度 $30 \sim 40^\circ\text{C}$ 。其他与实施例 1 相同。

[0045] 实施例 2--1:

镀液组成如下:

甲基磺酸锡	0.5mol/L
甲基磺酸银	0.01mol/L
甲基磺酸铜	0.005mol/L
羟乙基乙二胺三乙酸(HEDTA)	1.2mol/L
硫脲	0.06mol/L

烷基糖苷(APG) 0.003mol/L

镀液配制方法与实施例 1 相同。

[0046] 电镀方法:电流密度 12A/dm²,温度 30℃。其他与实施例 1 相同。

[0047] 实施例 2--2:

镀液组成如下:

甲基磺酸锡 0.5mol/L

甲基磺酸银 0.01mol/L

甲基磺酸铜 0.005mol/L

羟乙基乙二胺三乙酸(HEDTA) 1.2mol/L

硫脲 0.06mol/L

烷基糖苷(APG) 0.003mol/L

镀液配制方法与实施例 1 相同。

[0048] 电镀方法:电流密度 14A/dm²,温度 35℃。其他与实施例 1 相同。

[0049] 实施例 2--3:

镀液组成如下:

甲基磺酸锡 0.5mol/L

甲基磺酸银 0.01mol/L

甲基磺酸铜 0.005mol/L

羟乙基乙二胺三乙酸(HEDTA) 1.2mol/L

硫脲 0.06mol/L

烷基糖苷(APG) 0.003mol/L

镀液配制方法与实施例 1 相同。

[0050] 电镀方法:电流密度 16A/dm²,温度 40℃。其他与实施例 1 相同。

[0051] 实施例 3:

镀液组成如下:

甲基磺酸锡 0.1mol/L

甲基磺酸银 0.003mol/L

甲基磺酸铜 0.0005mol/L

羟乙基乙二胺三乙酸(HEDTA) 0.5mol/L

硫脲 0.02mol/L

烷基糖苷(APG) 0.0003mol/L

镀液配制方法与实施例 1 相同。

[0052] 电镀方法:电流密度 0.8A/dm²,温度 15℃。其他与实施例 1 相同。

[0053] 实施例 4:

镀液组成如下:

甲基磺酸锡 0.6mol/L

甲基磺酸银 0.015mol/L

甲基磺酸铜 0.01mol/L

羟乙基乙二胺三乙酸(HEDTA) 1.5mol/L

硫脲 0.1mol/L

烷基糖苷(APG) 0.015mol/L

镀液配制方法与实施例 1 相同。

[0054] 电镀方法:电流密度 20A/dm²,温度 45℃。其他与实施例 1 相同。

[0055] 实施例 5

镀液中采用羟乙基乙二胺三乙酸三钠盐(HEDTA-Na₃)代替 HEDTA,其他与实施例 1 相同。

[0056] 实施例 6

镀液组成中采用二乙三胺五乙酸(DTPA)代替 HEDTA,其中二乙三胺五乙酸(DTPA)的用量为 0.5mol/L,硫脲的用量为 0.06mol/L。其他与实施例 1 相同。

[0057] 实施例 7

镀液组成中采用壬基酚聚氧乙烯醚(商品牌号 TX-10)代替 APG,其他与实施例 1 相同。

[0058] 实施例 8

镀液组成中采用萘酚聚氧乙烯醚(商品牌号 BNO-12)代替 APG,萘酚聚氧乙烯醚的用量为 0.008mol/L,其他与实施例 1 相同。

[0059] 实施例 9

镀液组成中采用烷基醇聚氧乙烯醚(商品牌号 ON-110)代替 APG,其他与实施例 1 相同。

[0060] 实施例 10

镀液组成中采用羧基醇聚氧乙烯醚(商品牌号 AO-8)代替 APG,其他与实施例 1 相同。

[0061] 测试及考察结果如下表:

表 1

	外观	镀液稳定性	可焊性	结合力	变色性	镀层致密性
实施例 1	均匀,半光亮	底部无沉淀	焊料浸润面积大于 95%	通过	无变色	晶粒细致,表面平整,无缺陷
实施例 2	较均匀,半光亮	底部无沉淀	焊料浸润面积大于 95%	通过	无变色	晶粒细致,表面平整,基本无缺陷
实施例 5	较均匀,半光亮	底部无沉淀	焊料浸润面积大于 95%	通过	无变色	晶粒细致,表面平整,基本无缺陷
实施例 6	光亮性差,哑光镀层	底部有少量沉淀	焊料浸润面积大于 95%	通过	无变色	晶粒稍粗大,表面稍粗糙,表面平整
实施例 7	较均匀,半光亮	底部基本无沉淀	焊料浸润面积大于 95%	通过	稍有变色	晶粒较细致,表面平整,基本无缺陷
实施例 8	无光亮,较暗	底部基本无沉淀	焊料浸润面积大于 95%	通过	稍有变色	晶粒较粗大,表面稍粗糙、不平整
实施例 9	较均匀,哑光镀层	底部基本无沉淀	焊料浸润面积大于 95%	通过	稍有变色	晶粒稍粗大,表面平整,基本无缺陷
实施例 10	较均匀,哑光镀层	底部基本无沉淀	焊料浸润面积大于 95%	通过	稍有变色	晶粒稍粗大,表面平整,基本无缺陷

表 1 的结果表明,实施例 1-3 具有良好的镀液和镀层性能。