IPC-4552A CN

2017 年 8 月

印制板化学镀镍 / 浸金(ENIG) 镀覆性能规范

取代 IPC-4552 附修订本 1&2

2012 年 12 月

本国际标准由 IPC 开发

Association Connecting Electronics Industries

目录

1 范围 1
1.1 范围说明 1
1.1.1 厚度测量的特征尺寸 1
1.2 描述....1
1.2.1 化学镀镍还原剂 – 磷含量 1
1.3 目标....1
1.3.1 优先顺序 2
1.3.1.1 附录2

2 适用文件....2
2.1 IPC 2
2.2 ASTM 国际 (ASTM)....2
2.3 JEDEC 2
2.4 国防标准化项目 2
2.5 Telcordia 公司....3
2.6 国际标准化组织 (ISO) 3
2.7 术语、定义和缩写....3
2.7.1 金属置换周期 (MTO) 3
2.7.2 过腐蚀沉积层 3
2.7.3 选择性孔环退润湿 (SAD) 3

3 ENIG 沉积层要求 4
3.1 印制板制造供应商工艺要求 5
3.1.1 一般镀覆线的要求 5
3.1.1.1 ENIG 沉积层厚度测量....5
3.1.1.2 测量能力 - 规范 R&R（重复性和再现性）1型研究 5
3.1.1.3 准直器尺寸和测量时间 10
3.1.1.4 安全区间和批量符合性测试....10
3.1.2 ENIG 的 XRF 校准标准 10
3.1.3 XRF 零值偏移的可接受性 10
3.1.4 工艺评定测量要求 11
3.1.5 ENIG沉积层中磷含量的测定....12
3.1.5.1 用能量色散X射线光谱仪（EDS）测定化学镀镍（EN)层中的磷含量% 12
3.1.5.2 用能量色散X射线荧光（EDXRF）测量化学镀镍层（EN）的磷含量%....13
3.1.5.2.1磷含量检测仪器校准....13
3.1.6 镀金层剥金评价过腐蚀.... 13
3.1.6.1 获认可的剥金方法 14
3.1.6.1.1 化学剥离方法的停留时间和工艺步骤 14
3.1.6.1.2使用SEM评估 14
3.1.6.1.3 晶界增加与过腐蚀.... 14
3.1.6.1.4过腐蚀的验证....14
3.2 性能功能 16
3.2.1 保存期限 16
3.2.1.1 可焊性 16
3.2.1.2 金脆 16
3.2.2 铝线和铜线（楔形）键合 17
3.2.2.1 金线键合 17
3.2.3 接触表面 17
3.2.3.1 软薄膜开关....17
3.2.3.2 金属球接触....17
3.2.4 电磁干扰屏蔽....17
3.2.5 导体和 / 或各向异性粘合剂界面(代替焊料)....17
3.2.6 连接器 17
3.2.6.1 压配接器 17
3.2.6.2 边缘键....17
3.2.7 化学镀镍 / 浸金 （ENIG）的局限性 18
3.2.7.1 蠕变腐蚀 / 耐化学腐蚀....18
3.2.7.2 高频信号损耗....18
3.3 外观检查 18
3.4 选择性孔环退润湿(SAD)....19
3.5 表面处理层厚度....20
3.5.1 化学镀镍层厚度....20
3.5.1.1 刚性印制电路板的化学镀镍层厚度 20
3.5.1.2 沉积层超过上限....20
3.5.1.3 沉积层低于最小厚度限值 20
3.5.1.4 挠性电路板的化学镀镍层....20
3.5.1.5 挠性电路板化学镀镍基体结构的改进....20
3.5.2 浸金层厚度....21
3.5.2.1 化学镀镍 / 浸金（ENIG）-J-STD-003中B组涂覆层耐久性 21

3.5.3 要求以外的厚度范围 23
3.5.3.1 设计超出范围厚度的浸金层 23
3.5.3.2 产品一致性测试 23
3.5.3.3 其它产品测量 23
3.5.3.4 统计过程控制 23
3.5.3.5 十张或更少印制板的批量 23
3.5.3.6 生产过剩和 / 或库存 24
3.5.3.7 ENIG 的返工 / 维修 24
3.6 镍层过腐蚀 24
3.6.1 通过截面切片评估ENIG镀层 24
3.6.1.1 无过腐蚀缺陷的正常 ENIG 25
3.6.1.2 有一些过腐蚀迹象的可接受条件 25
3.6.1.3 终端用户签发 / 接收的可接受条 25
3.6.1.4 拒收条件 26
3.6.1.2 过腐蚀分级表 26
3.6.2 额外的非失效分析测试以确认等级2 过腐蚀可接受或拒绝 27
3.7 孔隙率 28
3.8 粘附力 28
3.9 可焊性 29
3.9.1 可焊性测试前镀层的应力 29
3.9.2 润湿力测试（润湿称量测试） 29
3.10 清洁度 29
3.11 电解腐蚀 29
3.12 耐化学性 29

4 质量保证条款 30
4.1 质量保证条款通用要求 30
4.1.1 质量鉴定建议 30
4.1.2 测试板制作 30
4.2 质量一致性测试 30
4.2.1 厚度测量频次 30
4.2.2 已建立的合格制程 30

附录 1 IPC-T-50 未出现的术语和定义 33

附录 2 ENIG工艺流程 34

附录 3 薄金的XRF厚度测量（ENIG）：对使用仪器（探测器）的建议及其局限性 35

附录 4 ENIG PWB 表面镀层的润湿称量测试 37

附录 5 IPC 4-14 SC 化学镀镍 / 浸金（ENIG）焊料铺循环测试 55

附录 6 ENIG 的键合 61

附录 7 通孔可焊性测试 62

附录 8 剥金后以3000倍放大倍数评价由浸金镀层带来的化镍层腐蚀 77

附录 9-A ENIG的氰化剥金方法 82

附录 9-B 碘化钾 / 碘（非氰化物）测试方法的ENIG剥金程序 83

附录 9-C 以宽束氩离子研磨的方法剥离印制板上ENIG表面处理的金镀层 85

附录 10 化学镀镍层厚度和磷含量的X射线荧光光谱法测定 [IPC-TM-650方法 2.3.44] 90

附录 11 利用能谱仪（EDS）测量ENIG中的磷含量——初始测试 97

附录 12 化学镍金标准的发展成就 102

附录 13 利用安全区间或者测量修正因子以适应第1类型测量不确定度 121

图片

图 A 3种不同的XRF工具重复测量数据的例子 6
图 B 1# XRF工具数据的图形和统计评估 7
图 C 2# XRF工具数据的图形和统计评估 8
图 D 3# XRF工具数据的图形和统计评估 9
图 3-1 碘化钾 / 碘（K1 /K2）溶液停留15秒（左图）及停留60秒（右图） 14

图 3-2 氰化物溶液停留15秒（左图）及停留60秒（右图）.....15
图 3-3 氰化物溶液剥离（左图）与KI / I2 溶液剥离（右图）使用聚焦离子束（FIB）.....15
图 3-4 25000倍下的FIB图像 - 氰化物剥金（左图）与KI / I2 （右）.....15
图 3-5 离子研磨方法 - 无缺陷镍层（左图）与过腐蚀镍层（右图）.....16
图 3-6 均匀镀层.....18
图 3-7 渗镀或镍脚.....18
图 3-8 漏镀（无镍镀层）.....18
图 3-9 边缘回镀.....19
图 3-10 SAD例子（选择性孔环退润湿）.....20
图 3-11 SAD缺陷的另一个例子.....20
图 3-12 选择性孔环退润湿缺陷.....20
图 3-13 常规镍沉积层的晶粒 21
图 3-14 动态挠性应用的改性镍沉积层的晶料结构 21
图 3-15 常规镍沉积层的断裂例子.....21
图 3-16 相同周期后改性镍沉积层示见断裂 21
图 3-17 孔拐角 - 无缺陷的 ENIG镀层图.....25
图 3-18 SMT 图形的无缺陷 ENIG镀层.....25
图 3-19 SMT 图形等级 1 过腐蚀图.....25
图 3-20 孔拐角位置等级 1 过腐蚀.....25
图 3-21 孔拐角位置等级 2 过腐蚀.....25
图 3-22 SMT 图形等级 2 过腐蚀.....25
图 3-23 孔拐角位置等级 3 过腐蚀.....26
图 3-24 SMT 图形等级 3 过腐蚀.....26
图 3-25 镍层开裂例子.....26
图 3-26 协助确立过腐蚀等级的决策树 27
图 3-27 案例一可接受的连续IMC层1000倍.. 28
图 3-28 案例一拒收的非连续IMC层1000倍 28
图 3-29 案例一拒收的很少或没有IMC形成1000倍.....28
图 3-30 案例一2级过腐蚀下，通孔孔环很少或没有IMC形成1000倍.....28
图 3-31 标准IPC润湿力测试附连板 29
图 A4-1 润湿称量附连板示例（用于ENIG的测试）.....38
图 A4-2 所有供应商的 1μ in 样品的箱线图.....39
图 A4-3 所有供应商的 1.5 μ in样品的箱线图.....39
图 A4-4 所有供应商的 2.0 μ in样品的箱线图.....40
图 A4-5 用于该测试的 Metronelec ST88 润湿称量测试设备.....40
图 A4-6 从“接收态”4#样本组测试润湿优秀且一致的例子，使用SAC305 和 2# 助焊剂（这是一个浸金厚度1.6μin 在 -4σ水平的样品)....41
图 A4-7 从“接收态”Intra 组中8#样本的测试润湿曲线，再次显示出润湿优秀和一致性（这是其中一个控制厚度的样品）.....41
图 A4-8 在样本组11中出现了一些润湿非常不一致的例子，样品如“接收态”没有应力（这个小组后来被确认有镀覆问题，并且在本规范修订时不再进一步考虑） 42
图 A4-9 使用SnPb再流曲线2次再流后，SnPb焊料试验（良好的稳健性） 42
图 A4-10 使用温度更高的无铅再流曲线2次再流后，SnPb爆料试验（失效） 43
图 A4-11 在72℃/85%RH暴露8小时后（优秀的稳健性）43
图 A4-12 在SnPb再流曲线下暴露2次然后用SnPb焊料进行测试（优秀的稳健性）.....44
图 A4-13 在无铅再流曲线下暴露2次并用SnPb 焊料进行测试（显示数据有一些离散但 总体而言与图A4-7中所见的失效相比， 其稳健性良好） 44
图 A4-14 在72℃ / 85%RH暴露8小时后（优秀的稳健性）.....45
图 A4-15 另一个样本组使用SnPb再流曲线2次暴露后，用SnPb焊料进行测试（较慢的上升速率表明有一些要被还原的氧化物层， 具有良好的稳健性）.....45
图 A4-16 无铅再流曲线2次暴露后（良好的 稳健性）.....46
图 A4-17 在72℃ / 85%RH暴露8小时后（优秀的稳健性）.....46
图 A4-18 使用SnPb再流曲线2次暴露后（良好的润湿时间，数据分散性增加） 47
图 A4-19 使用无铅再流曲线进行2次暴露后数据分散性增加并且有一些失效）.....47
图 A4-20 在72℃ / 85%RH暴露8小时后（优秀的稳健性）.....48
图 A4-21 使用SnPb再流曲线2次暴露后（优秀的稳健性）.....48
图 A4-22 使用无铅再流曲线2次暴露后（有一个例外，总体来说是优秀的稳健性） 49
图 A4-23 在72℃ / 85%RH暴露8小时后（优秀的稳健性）.....49
图 A4-24 使用SnPb再流曲线2次暴露后，采用另一个供应商（优秀的稳健性） 50
图 A4-25 使用无铅再流曲线2次暴露后，采用 另一个供应商（优秀的稳健性）.....50
图 A4-26 在72℃ / 85%RH暴露8小时后（润湿时间有所增加，但总体来说是优秀的稳健性）.....51
图 A4-27 使用SnPb再流曲线2次暴露后，采用另一个供应商（优秀的稳健性）.....51

图 A4-28 使用无铅再流曲线2次暴露后，采用另一个供应商（优秀的稳健性） 52
图 A4-29 在72℃ / 85%RH暴露8小时后（优秀的 稳健性） 52
图 A4-30 使用SnPb再流曲线2次暴露后，采用另一个供应商（提高了上升速率，总体来说是优秀的稳健性） 53
图 A4-31 使用无铅再流曲线进行2次暴露后，采用另一个供应商（提高了上升速率，总体来说是又是优秀的稳健性） 53
图 A4-32 在72℃ / 85%RH暴露8小时后（数据分散性增加，但总体来说是优秀的稳健性） 54
图 A5-F-1 处理流程图 56
图 A5-1 IPC采用的焊料铺展测试板 56
图 A5-2 采用IPC焊料铺展样片进行焊料铺展测量的示意图 56
图 A5-3 4种化学镀镍 / 浸金(ENIG)供应商采用无铅SAC锡膏的PCB焊料铺展，金厚图 57
图 A5-4 本研究中化学镀镍 / 浸金(ENIG)表面处理PCB的焊料铺展影响参数的交互作用和回归分析 58
图 A5-5 OSP板焊料铺展点的背散射式SEM图像，焊料铺展值为21%。该焊点可见清晰而明显的CuSn金属间化合物层. 58
图 A5-6 采用无铅SAC焊料8小时72℃/85%RH暴露后的焊料铺展附连板 59
图 A5-7 采用无铅SAC锡膏（左）和SnPb共晶锡膏（右）的所有板 [4家化学镀镍 / 浸金(ENIG)供应商] 在DOE中一排最大的焊料点数。红色区域的数据表明几乎无铺展，并且可能会在检查中表现为退润湿。退润湿为黄色区域中需要关注的问题。 59
图 A7-1 一种独立20孔附连板的测试板示例，展示各种程度的孔填充。 63
图 A7-2 附连板内部结构示例，适用于内层铜重量和内部互连方法一一本图为J1附连板。 63
图 A7-3 30块测试板的XRF测量基准点及每块样本的应力老化方式。 64
图 A7-4 Adtran用于处理测试板的波峰焊参数。 65
图 A7-5 采用共晶SnPb焊料测试未受应力样本的孔填充评估。 65
图 A7-6 采用共晶SnPb焊料2次再流焊测试老化对样本的影响。 66
图 A7-7 当样本经历2次再流焊+8小时72℃/85% RH老化对于孔填充缺陷的影响。 67
图 A7-8 采用SnPb焊料，未受应力老化的同一测试样本同一排的单个附连板孔内完全填充和内层互连水平示例。 68
图 A7-9 采用SnPb焊料，经历2次SnPb再流焊应力老化对于孔内填充影响的示例 I-Au厚度为1.74 μm 69
图 A7-10 采用SnPb焊料，2次SnPb再流焊+8小时72℃/85%RH应力老化影响示例，IAu厚度为2.96 μm″ 70
图 A7-11 采用SAC305焊料，未受应力样本，孔内填充缺陷直观图 71
图 A7-12 采用SAC305焊料，2次再流焊后的应力老化对于样本的影响 72
图 A7-13 样本经历2次再流焊+8小时72℃、85%RH对于孔内填充缺陷的影响. 73
图 A7-14 采用SAC305焊料测试，2次无铅再流焊的应力影响示例；I Au厚度为1.77 μm″ 74
图 A7-15 采用SAC305焊料测试，经受2次无铅再流焊+8小时72℃/85%RH应力影响示例。IAu厚度为2.37 μm″ 75
图 A7-16 孔内填充缺陷用于预测作用的总结图。 76
图 A8-1 SEM / EDS / FIB设备照片 77
图 A8-2 样品VI(3000X) 78
图 A8-3 碘化钾 / 碘剥金的EDAX谱图 78
图 A8-4 FIB-SEM截面10000倍 79
图 8A-5 样本VI，3000倍 79
图 A8-6 氰化物剥金的EDAX谱图 79
图 A8-7 氰化物剥金酌EDAX谱图 80
图 A8-8 FIB-SEM截面（10000倍） 80
图 A8-9 样本VI，10000倍 80
图 A8-10 样本VI，10000倍 81
图 A9-C-A 宽束氩离子研磨 85
图 A9-C-1 离子研磨前ENIG表面处理的表面SEM图（背散射）。. 89
图 A9-C-2 经30秒离子研磨ENIG表面的SEM图（背散射）。一些金明显残留表明样品仍需进一步研磨。 . 89
图 A9-C-3 经一分钟离子研磨ENIG表面的SEM图（背散射）。结瘤形貌完整且无金残留表明样品已研磨适当。. 89
图 A9-C-4 经15分钟离子研磨ENIG表面的SEM图（背散射）。明显无金残留，但明显的颗粒结构和一些沟槽形貌表明样品已被过度研磨 89
图 A9-C-5 经15分钟离子研磨ENIG表面的SEM图（背散射）。过腐蚀依然明显但没有显著扩大。 89
图 A10-1 XRF仪器设置图 91
图 A10-2 关于样品在检测器的放置位置 93

图 A10-3 直径Imm准直器定位在1.5mm X l.5mm [0.060in X 0.060 in]焊盘上 93
图 A10-4 相互作用图示....94
图 A10-5 PCB铜表面化镍层IP-K和INi-K谱图 95
图 A10-6 NiP12/Cu/PCB样品（蓝色）和50nm Au/ 96nm Pd/3.2μm NiP 9.3/Cu/PCB样品（黄色），显示P-K和Au-M能量谱线峰重叠 96
图 A11-1 7家测试机构对样品A的磷含量的报告结果。磷含量从最低3.85 wt.%到最高48.09 wt.%。通常较高的磷含量测试值，所用电压来自于EDS供应商所推荐的典型用于测试磷含量的较低的kV值。....98
图 A11-2 8家测试机构对样品B的磷含量的报告结果。磷含量从最低3.36 wt.%到最高58.09 wt.%。值得注意的是样品A测出极值的机构，与样品B测出极值的机构并不一致。....99
图 A11-3 8家测试机构对样品C的磷含量的报告结果。磷含量从最低3.92 wt.%到最高61.24 wt.%。样品B测出极值的2家机构，同样在样品C的测试值中为极值。此外，发现机构2在最高加速电压测得了低的百分含量，而机构8在最低加速电压测得了低的百分含量。....99
图 A11-4 不关注所用的加速电压，A组样品箔最一致的百分含量结果. 100
图 A11-5 不关注所用的加速电压，B组样品箔最一致的百分含量结果....100
图 A11-6 不关注所用的加速电压，C组样品箔最一致的百分含量结果。与B组同样的两家机构测得了最一致的结果。 101
图 A12-1 金层厚度调查结果 103
图 A12-2 镍层厚度调查结果 104
图 A12-3 不同XRF仪器类型测量金厚度值的比较 106
图 A12-4 有着相同槽体寿命的供应商提供的金镀层厚度变化对比.... 108
图 A12-5 有着相同槽体寿命条件的供应商提供的镍镀层厚度变化对比 109
图 A12-6 供应商D样品浸镀停留时间的润温时间函数（90天老化） 110
图 A12-7 供应商E样品浸镀停留时间的润湿时间函数（90天老化） 111
图A12-8 测试附连板 112
图 A12-9 供应商D经过18小时850 C/85% R.H老化后润湿称量数据.... 113
图 A12-10 1μm浸金层存储8个月样品与接收态样品、85/85老化后的样品对比 114
图 A12-11 1μm浸金层在不同存储时间／条件下的对比 115
图 A12-12 供应商D互扣式四方接触的接触电阻数值 117
图 A12-13 供应商C互扣式四方接触的接触电阻数值 118
图 A12-14 不同供应商提供的互扣式四方接触测试样品金厚对比 119
图 A12-15 互扣式四方接触测试附连板. 120
图 A13-1a 部分误判.... 121
图 A13-1b 部分误判 121
图 A13-2 安全区间 122
图 A13-3 第1类型的测量研究结果.... 123

表格

表 3-1 化学镀镍／浸金镀覆层的要求 4
表 3-2 12次金厚测量及平均厚度 11
表 3-3 3组XRF数据例子 [=μin].... 22
表 3-4 XRF教据例子 [=μin].... 22
表 3-5 采用光学显微镜观察的过腐蚀3个等级 26
表 4-1 建议的制造厂鉴定计划 31
表 4-2 C=0的抽样计划（样品数量为特有的指数值） 32
表 A4-1 样品均值 -4 σ 最小值1.0μin（所有供应商都低于这个目标） 38

表 A4-2 样品均值 -4 σ 最小值1.5μin （仅有一个供应商达标） 38
表 A4-3 样品均值 -4 σ 最小值2.0μin（对照试样）（仅有一个供应商达标）..... 38
表 A5-1 附录G3用于焊料铺展测试的PCB由XRF 55
表 A5-2 焊料铺展评价测试矩阵说明 55
表 A5-3 锡膏、金厚及PCB前处理各组合的焊料铺展平均结果..... 57
表 A6-1 浸金层平均厚度 61
表 A6-2 1mil 铝键合丝的拉力值 61
表 A6-3 10 mil 铝键合丝的拉力值 61
表 A6-4 1 mil 铜键合丝的拉力值..... 61
表 A10-1 NiP/Cu/PCB样品典型可以获得的结果（1mm准直器，测量时间120秒） 92
表 A10-2 对图A10-6样品5个测量读数（重复条件）的评估..... 93
表 A13-1 安全区间Sigma推荐值..... 121
表 A13-2 安全区间Sigma推荐值..... 124

印制板化学镀镍／浸金(ENIG)镀覆性能规范

1. 范围

1.1. **范围说明** 本性能规范为化学镀镍／浸金(ENIG)在包括焊接、线键合和作为一种接触表面的应用设置了相应的沉积厚度要求。适用于化学药水供应商、印制板制造商、电子制造服务业(EMS)和原始设备制造商(OEM)。本标准可用于除了那些符合IPC-6010系列（IPC-6011、IPC-6012和IPC-6013）标准性能要求外的指定的验收标准。使用本规范规定的化学镀镍／浸金(ENIG)沉积层也满足J-STD-003印制电路板的可焊性规范中涂层耐久性的最高等级要求。

本规范基于3个关键因素:

1. 化学镀镍／浸金(ENIG)镀层工艺可控，所镀镍层和金层的沉积厚度呈正态分布。
2. 用于测量沉积层并因此控制工艺的工具在规定的厚度范围内准确可靠且重现性好。

化学镀镍／浸金(ENIG)镀层工艺具有均匀沉积的特点。

如果这3个关键因素中任何一个不符合，那么产生的沉积层将不符合此处定义的性能标准。

1.1.1. **厚度测量的特征尺寸** 本性能规范基于只在特征尺寸1.5mm X 1.5mm [0.060in X 0.06in]大小的焊盘或等效的面积(±10%)上进行的沉积屡厚度测量。非标准的特征尺寸和／或不同特征尺寸的组合的测量将有悖于本规范符合性的统计要求。非标准尺寸的测量要求由供需双方协商确定(AA-BUS)，且印制板供应商不对本文件所列沉积层性能负责。

1.2. **描述** 化学镀镍／浸金(ENIG)是一种由薄的浸金层覆盖的化学镀镍层。它是一种多功能的表面处理，适用于焊接、铝和铜引线键合、压配连接，同时可用作接触面。浸金保护下层的镍在其预期寿命内免受氧化／钝化。然而，这个保护层并不是完全致密的，它不能通过ASTM B735 & IPC-TM-650，方法2.3.24、2.3.24.1和2.3.24.2中“典型的”孔隙率测试要求。

1.2.1. **化学镀镍还原剂——磷含量** 含磷的还原剂用于在沉积工艺中还原化学镀镍，同时磷会包裹于镍沉积层中。目前用于化学镀镍／浸金(ENIG)的化学镍沉积层中存在两种磷含量水平：:

1. 磷含量范围在5wt.%- 10wt.%的中磷镍；
2. 磷含量范围在l0wt.%以上的高磷镍。

这类共沉积的元素含量应该控制在供应商指定的工艺限值范围内。磷含量的变化超出规定的工艺限值时，可能会对表面处理层的性能产生不良的影响和／或可能增加高腐蚀的发生和／或严重程度。

焊接后，悍料和化学镍之间的界面处的磷含量总是高于非焊接焊盘上的磷含量，因为焊料中的锡优先与镍反应，留下富磷层。这是正常的和预料中的情况。.

1.3. **目标** 本规范对化学镀镍／浸金(ENIG)表面处理设置了详细的要求（这些要求的概要见表3-1）。由于其它表面处理也需要相应的规范，这些要求将作为IPC-455X规范家族的一部分由IPC镀覆工艺小组委员会整理出来。由于这个规范与其它适用的规范在不断的审查中，小组委员会将对这些文件增加适当的补充，并进行必要的修订。IPC 4-14镀覆工艺小组委员会进行了多次“循环测试”的研究并产生了数据以支持本规范各个方面引用的要求。

1.3.1 优先顺序 当发生冲突时，应当采用下列优先顺序：

1. 采购订单，包括本规范外的供需双方协商确定的内容；
2. 布设总图，包括本规范外的供需双方协商确定的内容；.
3. 本规范；.
4. 本文件中详见第2部分的应用文件。.

1.3.1.1 附录 规范有14个提供信息的附录，放在文件主体内容后面。要注意这些附录并非有约束力要求的内容，除非另行明确规定，或者通过采购订单、布设总图、其它应用的文件来要求，或者供需双方协商确定。

2. 适用文件

2.1. IPC[1]

J-STD-003 印制板可焊性测试

IPC-TM-650 测试方法手册[2]

2.3.2 Detection and Measurement of Ionizable Surface Contaminants by Resistivity of Solvent Extract (ROSE)

2.3.44 Measurement of phosphorus content in electroless nickel deposits using Energy Dispersive X-ray Fluorescence (EDXRF)

2.4.1 Adhesion, Tape Testing

IPC-2221 印制板设计通用标准

IPC-6011 印制板通用性能规范

IPC-6012 刚性印制板的质量鉴定与性能规范

IPC-6013 挠性印制板的质量鉴定与性能规范

2.2. ASTM国际(ASTM)[3]

ASTM B607 Standard Specification for Autocatalytic Nickel Boron Coatings for Engineering Use

ASTM B733 Standard Specification for Autocatalytic (Electroless) Nickel-Phosphorus Coatings on Metal

2.3. JEDEC[4]

JESD213 Standard Test Method Utilizing X-Ray Fluorescence (XRF) for Analyzing Component Finishes and Solder Alloys to Determine Tin (Sn) – Lead (Pb) Content

2.4. 国防标准化项目

MIL-STD-883, Method 2011.7 Test Method Standard, Microcircuits – Bond Strength (Destructive Bond Pull Test)

MIL-STD-1580 Department of Defense Test Method Standard (Destructive Physical Analysis for Electronic, Electromagnetic, and Electromechanical Parts

MIL-C-28859 General Specification for Connector Component Parts, Electrical Backplane, Printed-Wiring

1. www.ipc.org
2. 现行及更新的IPC测试方法可从IPC官网(www.ipc.org/html/testmethods.htm)获取
3. www.astm.org
4. www.jedec.org

3.2.7 化学镀镍 / 浸金(ENIG)的局限性

3.2.7.1 蠕变腐蚀 / 耐化学腐蚀 化学镀镍 / 浸金(ENIG)，类似于IPC-455X系列规范的其它可替换的表面处理层，在高硫和 / 或含氯气氛，通常也是在高温高湿的环境中易产生蠕变腐蚀。混合气体(MFG)测试后的化学镀镍 / 浸金(ENIG)沉积层根据Battelle2级处理条件进行可焊性试验，结果显示其可焊性可接受。如果最终使用的环境是恶劣的，推荐测试其特定的设计应用。

3.2.7.2 高频信号损耗 高频(>3 GHz)应用可能在全板设计上经历信号损耗(例如化学镀镍 / 浸金(ENIG)应用在线路和焊盘上）。当只有焊盘镀覆了处理层（而不是线路），信号损耗最小。减小镍层厚度可能有助于在更高的频率下使用化学镀镍 / 浸金(ENIG)。

3.3 外观检查 化学镀镍 / 浸金(ENIG)表面应当按照IPC-6010系列中对各类产品的外观检查要求进行检查。覆盖层应当完整，镀层表面应当均匀平整（图3-6）。如果没有表面镀层或镍脚超出允许的最小导体间距，渗镀（图3-7）将是一个制程警示，但不能拒收。镀层表面应当没有漏镀(图3-8)或边缘回镀(图3-9)。

.

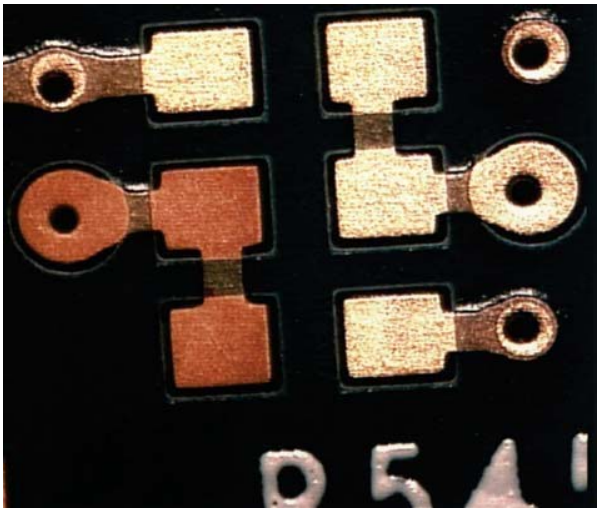

图 3-6 均匀镀层

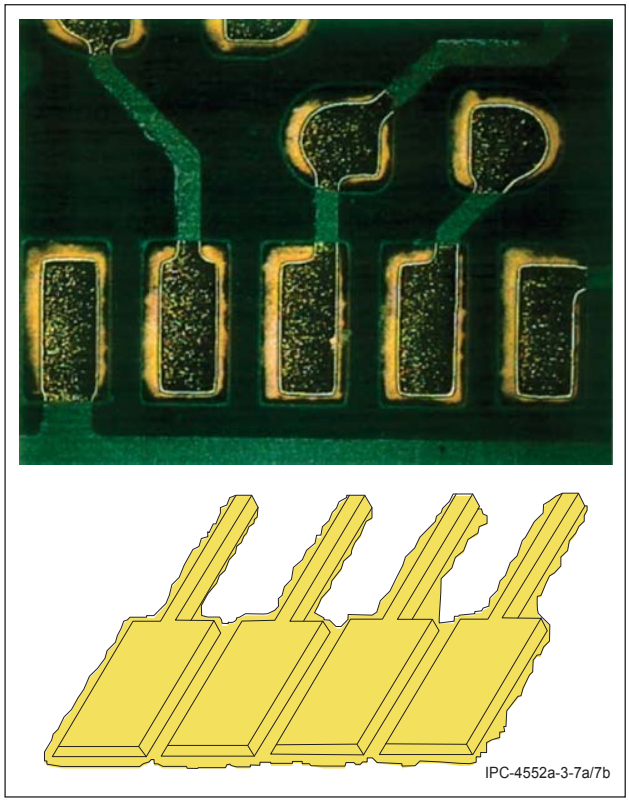

图 3-7 渗镀或镍脚

图 3-8 漏镀（无镍镀层）

下列 图3-10 到图3-12 是缺陷图片:

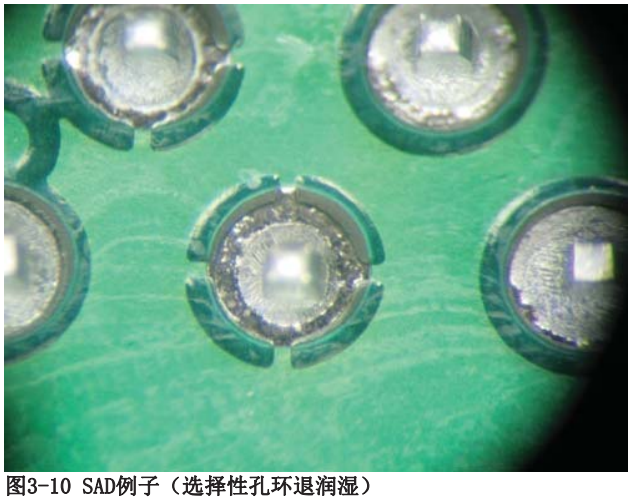

图3-10 SAD例子（选择性孔环退润湿）
它显示了不同程度的缺陷，从完全的孔环退润湿到部分孔环退润湿。

图3-11 SAD缺陷的另一个例子
它显示了从完全润湿到接近完全润湿的一系列润湿过程。

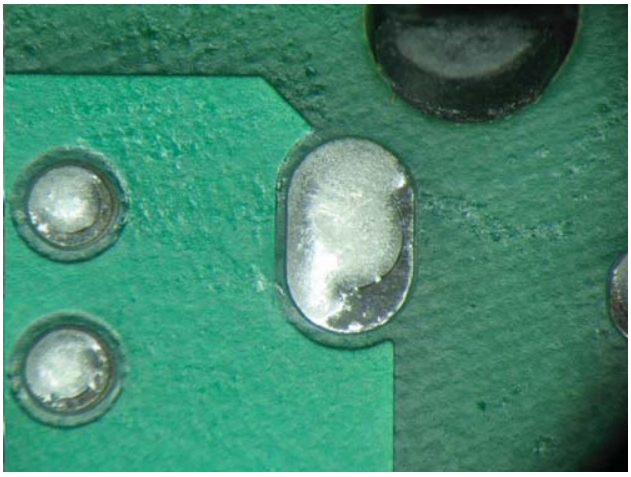

图 3-12 选择性孔环润湿缺陷
它显示了一些方向相对于波峰焊料的行进方向，但这并没有被证明是缺陷的根本原因；波峰焊工艺只是暴露了缺陷。.

3.5表面处理层厚度

3.5.1 化学镀镍层厚度

3.5.1.1 刚性印制电路板的化学镀镍层厚度 化学镀镍层厚度应当为3um～6um[118.luin～236.2uin]，该厚度测量在标称尺寸为1.5mm X l.5mm[0.060in X 0.060in]或者等效面积(±10%)的焊盘上进行，IPC-6010系列标准关于特征尺寸的公差适用于该焊盘。注本规范对于标称尺寸1.5mm X l.5mm[0.060in X 0.060in]或者等效面积(±10%)的焊盘以外的焊盘上进行的厚度测量是不做要求的。

3.5.1.2 沉积层超过上限 沉积层超过上限超过上限的化学镀镍沉积层可能会对符合引脚设计的插入力有不良影响。

3.5.1.3沉积层低于最小厚度限值 小于最低限值的化学镀镍沉积层有时用于更高频率的应用。在这种情况下，由于铜扩散穿过化学镀镍层的风险增加，不建议使用厚度小于1.27um[50uin]的镍沉积层。

3.5.1.4挠性电路板的化学镀镍层 挠性电路板化学镀镍层在标称尺寸为1.5mm X l.5mm [0.060in X 0.060in]或等效面积焊盘上测量时，其厚度应当为1.27至6um [50.0至236.2 uin]或由供需双方协商确定（AABUS），IPC-6010系列标准关于特征尺寸的公差适用于该焊盘。使用较小厚度的镍层在动态弯曲应用中可以减少铜和镍的开裂。用X射线荧光光谱法（XRF）测量沉积在挠性电路上的镀层可能是一个挑战，因为沉积镀层可能会对对应面的镀层产生影响。测量应该在对应面没有镍镀层的区域进行。建议联系XRF设备制造商来帮助设置设备参数。

3.5.1.5挠性电路板化学镀镍基体结构的改进 这样的改进已经由多个化学供应商进行，以允许其应用于动态挠性电路。在动态应用中使用常规的镍会导致镍沉积层的断裂，从而扩展到基底铜导致开路。改进后的晶粒结构适用于动态应用，无裂纹扩展至基底铜。注：此化学物质可能没有应用在所有的挠性电路板供应商中，其使用应当在采购文件规定（见图3-13到图3-16）。

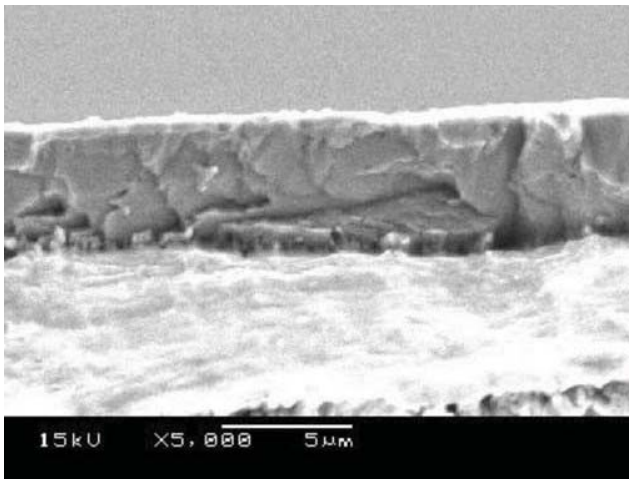

图 3-13 常规镍沉积层的晶粒结构

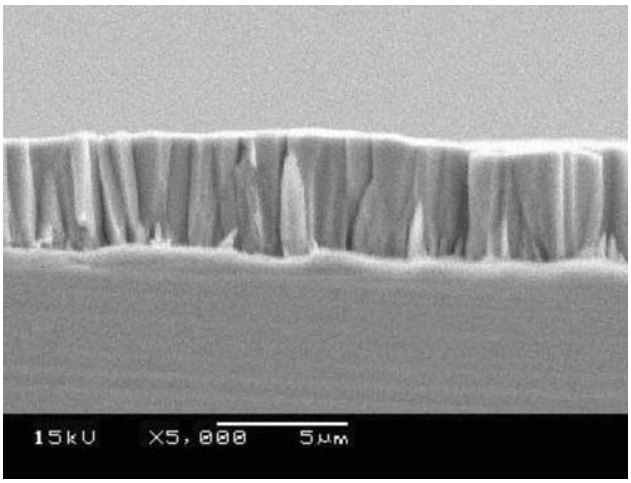

图 3-14 动态挠性应用的改性镍沉积层的晶粒结构

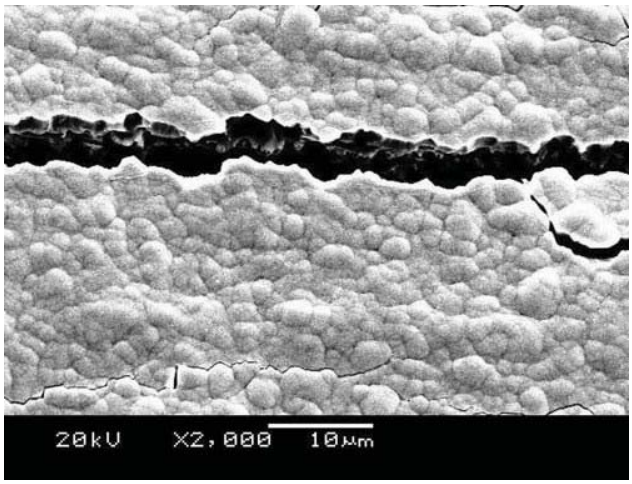

图 3-15 常规镍沉积层的断裂例子

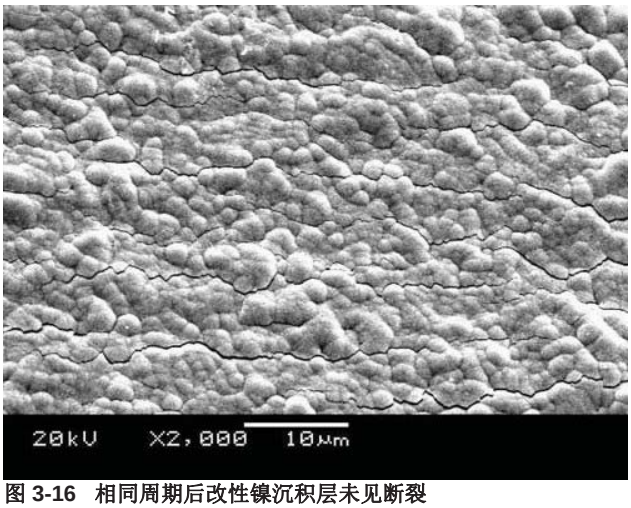

图 3-16 相同周期后改性镍沉积层未见断裂

3.5.2 浸金层厚度

3.5.2.1 化学镀镍／浸金(ENIG) -J-STD-003中B组涂覆层耐久性 在1.5mm X l.5mm [0.060inX0.06in]大小的焊盘或等效面积(±10%)进行金层厚度测量，IPC-6010系列标准关于特征尺寸的公差适用于该焊盘。注：在1.5mm X l.5mm [0.060in X 0.06in]标称焊盘尺寸或等效的面积(±10%)以外的其它焊盘测量的金层厚度不受本规范约束。可接受的最小金层厚度使用下面统计计算测试方法：

$$\bar{X} - 3s \geq 0.04\ \mu m\ [\geq 1.58\ \mu in]$$

其中：$\bar{X}$表示平均金层厚度，s表示样品的标准偏差。

因此，平均金层厚度最小值必须在0.04μm以上，但是此值与平均值之间的差异取决于金层沉积厚度的变化。