



IPC-4556 CN

# 印制板化学镍/钯/浸金 (ENEPIG) 规范

If a conflict occurs between the English and translated versions of this document, the English version will take precedence.

本文件的英文版本与翻译版本如存在冲突，以英文版本为优先。

本标准由IPC加工过程委员会（4-10）镀覆制程分委员会（4-14）开发；由IPC TGAAsia 4-14 CN技术组翻译。

鼓励本标准的使用者参加未来修订版的开发。

联系方式：

IPC

IPC 中国

# 目录

<b>1 范围</b> .....	1	3.5 可焊性 .....	10
1.1 范围声明 .....	1	3.5.1 润湿力测试 (润湿称量测试) .....	10
1.2 描述 .....	1	3.6 清洁度 .....	10
1.2.1 化学镍的还原剂—磷含量 .....	1	3.7 电解腐蚀 .....	10
1.2.2 化学钯还原剂 .....	1	<b>4 质量保证条款</b> .....	10
1.3 目的 .....	1	4.1 一般质量保证条款 .....	10
1.3.1 优先顺序 .....	1	4.1.1 鉴定建议 .....	11
1.4 性能功能 .....	1	4.1.2 附连测试板样板 .....	11
1.4.1 可焊性 .....	1	4.2 质量符合性测试 .....	12
1.4.2 金属线键合 .....	2	4.2.1 厚度测量 .....	12
1.4.3 接触面 .....	2	4.2.2 合格制程 .....	12
1.4.4 电磁干扰 (EMI) 屏蔽 .....	2	<b>附录1 化学定义和工艺步骤</b> .....	13
1.4.5 导电性和/或异方性粘合剂的界面 .....	2	<b>附录2 循环对比测试总结</b> .....	15
1.4.6 连接器 .....	2	<b>附录3 ENEPIG印制板表面处理XRF 循环对比测试</b> .....	17
1.4.7 ENEPIG的局限性 .....	2	<b>附录4 影响XRF测量化学镍钯金镀层厚 度精度的因素</b> .....	24
<b>2 适用文件及术语与定义</b> .....	3	<b>附录5 印制板ENEPIG表面处理润湿称量测试</b> .....	33
2.1 IPC .....	3	<b>附录6 焊料铺展测试</b> .....	41
2.2 American Society for Testing and Materials (ASTM International) .....	3	<b>附录7 印制电路板表面处理ENEPIG 剪切测试项目</b> .....	49
2.3 JEDEC .....	3	<b>附录8 金线键合</b> .....	59
2.4 Defense Standardization Program .....	3	<b>附录9 XRF测量薄金和钯厚度(ENEPIG): 推荐仪器 (探测器) 及其局限性</b> .....	66
2.5 Telcordia Technologies, Inc. ....	4	<b>附录10 量具能力、量具的可重复性和可再 现性类型1研究</b> .....	68
2.6 International Organization for Standardization (ISO) .....	4	<b>附录11 可焊性测试帮助选择表面处理</b> .....	71
2.7 术语、定义和缩写词 .....	4		
<b>3 要求</b> .....	5		
3.1 目视 .....	6		
3.1.1 高倍率参考图像 .....	7		
3.2 镀层厚度 .....	8		
3.2.1 化学镍厚度 .....	8		
3.2.2 化学钯厚度 .....	8		
3.2.3 浸金厚度 .....	8		
3.2.4 XRF校准标准 .....	9		
3.2.5 非统计厚度规格的使用 .....	9		
3.2.6 生产超支和/或库存项目 .....	9		
3.3 疏孔性 .....	9		
3.4 附着力 .....	9		
		<b>图</b>	
		图3-1 均匀镀层 .....	6
		图3-2 渗镀或镍脚 .....	6
		图3-3 边缘缩镀 (肩薄) .....	6
		图3-4 跳镀 .....	6
		图3-5 钯沉积层上跳镀金 .....	7

图3-6	钯沉积层上跳镀金 .....	7	图A5-11	标称厚度为12 $\mu\text{in}$ 的化学钯的润湿性能例子, 测试采用SAC305焊料 .....	37
图3-7	普通ENEPIG表面的1000倍SEM图像 .....	7	图A5-12	标称厚度为4 $\mu\text{in}$ 的化学钯经过温度和湿度老化后的润湿性能示例, 测试采用锡铅焊料 – 显示极好的可焊性 .....	38
图3-8	普通ENEPIG表面的4000倍SEM图像 .....	7	图A5-13	标称厚度为4 $\mu\text{in}$ 的ENEPIG (金层非常薄) 经过温度和湿度老化后的示例, 测试采用锡铅焊料 .....	39
图3-9	普通ENEPIG沉积层的2500倍FIB图像 .....	7	图A5-14	标称厚度为6 $\mu\text{in}$ 的ENEPIG镀层在老化后, 用SAC305进行测试的示例 – 显示极好的可焊性 .....	39
图3-10	普通ENEPIG沉积层的100,000倍FIB图像 ..	7	图A5-15	第20组样本性能 (薄金) 在老化后, 用SAC305进行测试的性能 .....	40
图3-11	普通ENEPIG沉积层的TEM图像 .....	8	图A6-1	用于焊料铺展与润湿称量测试的测试板的布局 .....	42
图3-12	过腐蚀的镍的2500倍图像 .....	8	图A6-2	焊料铺展图案和焊膏模板—焊料铺展图形的例子 (左图) 和相应的焊膏模板的开口 (右图) .....	42
图3-13	标准的IPC力测试附连板 .....	10	图A6-3	一个实际的焊料铺展测试结果展示了图形每一条线路的焊膏沉积点数 .....	43
图A3-1	XRF循环对比测试所用的附连测试板 .....	17	图A6-4	在ENEPIG沉积上使用ROL1Sn/Pb/Ag焊膏的焊料铺展结果 .....	44
图A3-2	16个测试焊盘浸金层的厚度, 以 $\mu\text{m}$ 为单位, C是XRF的参考值 .....	19	图A6-5	在ENEPIG沉积上使用SAC300系列ROL0无铅焊膏的焊料铺展结果 .....	45
图A3-3	16个测试焊盘化学钯的厚度, 以 $\mu\text{m}$ 为单位, C是XRF的参考值 .....	20	图A6-6	焊料铺展测试中最低铺展ENEPIG样品, 显示了高的接触角和在印制板的某些区域的退润湿 .....	46
图A3-4	16个测试焊盘化学镍层的厚度, 以 $\mu\text{m}$ 为单位, C是XRF的参考值 .....	21	图A6-7	使用无铅焊膏时, 焊料铺展结果与ENEPIG沉积层中化学镍层厚度的函数关系 .....	47
图A3-5	在同一块印制板上外形尺寸对化学钯与浸金镀层厚度的影响 .....	23	图A7-1	剪切测试附连板—注意附连测试板的右侧部分不见了是由于切片分析取样将它切除了 (左图)。再流焊后焊膏沉积在焊盘上的特写镜头 (小焊点) 和再流焊后焊盘上的焊料球 (大焊点) (右图) .....	49
图A4-SS1	1/2盎司铜/环氧树脂与1盎司铜/环氧树脂的XRF光谱图对比 .....	29	图A7-2	DAGE5000剪切测试系统—宏观图 (左图) 和剪切器头近视图 (右图) .....	50
图A4-SS2	铜上镀覆ENEPIG (无环氧树脂) 与1/2盎司铜/环氧树脂的XRF光谱图对比 .....	30	图A7-3	焊料球剪切结果—在剪切测试中被扯掉的附连板焊盘 (左图) 和在剪切测试时通过焊点被剪下焊料球 (右图) .....	50
图A4-SS3	铜上镀覆ENEPIG (无环氧树脂) 与1盎司铜/环氧树脂上镀覆ENEPIG的XRF光谱图对比 .....	31	图A7-4	Sn63Pb37附连测试板19 – SEM放大1690倍 .....	53
图A4-SS4	1盎司铜/环氧树脂上镀覆ENEPIG的光谱图 .....	32	图A7-5	Sn63Pb37附连测试板1&2 – 左图是附连测试板1, 右图是附连测试板2, 均为放大500倍的剖面图 .....	53
图A5-1	用于ENEPIG测试的润湿称量附连板例子 .....	33	图A7-6	Sn63Pb37附连测试板3&4 – 左图是附连测试板3, 右图是附连测试板4, 均为放大500倍的剖面图 .....	53
图A5-2	XRF测量金和钯厚度, 提供的化学钯标称厚度为0.1 $\mu\text{m}$ .....	34			
图A5-3	XRF测量金和钯厚度, 提供的化学钯标称厚度为0.2 $\mu\text{m}$ .....	34			
图A5-4	XRF测量金和钯厚度, 提供的化学钯标称厚度为0.3 $\mu\text{m}$ .....	34			
图A5-5	测试用的润湿称量仪Metronlec ST88 .....	34			
图A5-6	标称厚度为4 $\mu\text{in}$ 的化学钯的润湿性能例子, 测试采用锡铅焊料 .....	35			
图A5-7	标称厚度为8 $\mu\text{in}$ 的化学钯的润湿性能例子, 测试采用锡铅焊料 .....	35			
图A5-8	标称厚度为20 $\mu\text{in}$ 的化学钯的润湿性能示例, 测试采用锡铅焊料 .....	36			
图A5-9	标称厚度为4 $\mu\text{in}$ 的化学钯的润湿性能例子, 测试采用SAC305焊料 .....	36			
图A5-10	标称厚度为8 $\mu\text{in}$ 的化学钯的润湿性能例子, 测试采用SAC305焊料 .....	37			

图A7-7	Sn63Pb37附连测试板5&6 – 左图是附连测试板5, 右图是附连测试板6, 均为放大500倍的剖面图 .....	54	图A11-2	厂商1&2提供的薄和厚的钎的ENEPIG产品 – 接触角和Battelle 2级环境老化的关系, 使用Sn63Pb37焊料, RMA助焊剂和最大温度245 °C .....	73
图A7-8	Sn63Pb37附连测试板7&8 – 左图是附连测试板7, 右图是附连测试板8, 均为放大500倍的剖面图 .....	54	图A11-3	润湿速率和Battelle 2级老化的关系 – 厂商1&2都使用Sn63Pb37焊料, RMA助焊剂和最大温度245 °C .....	74
图A7-9	Sn63Pb37附连测试板18 – 放大500倍的剖面图 .....	54	<b>表格</b>		
图A7-10	Sn63Pb37附连测试板19 – 左图放大200倍, 右图放大500倍, 均为剖面图 .....	55	表3-1	化学镍/钎/浸金 (ENEPIG) 镀层要求 .....	5
图A7-11	SAC305附连测试板1&2 – 左图是附连测试板1, 右图是附连测试板2, 均为放大500倍的剖面图 .....	55	表4-1	建议的制造商鉴定计划 .....	11
图A7-12	SAC305附连测试板3&4 – 左图是附连测试板3, 右图是附连测试板4, 均为放大500倍的剖面图 .....	55	表4-2	C=0 抽样计划 (特定指标值的样品数量 <sup>1</sup> ) .....	12
图A7-13	SAC305附连测试板5&6 – 左图是附连测试板5, 右图是附连测试板6, 均为放大500倍的剖面图 .....	56	表A3-1	所有三个镀层相对于C读数相关的测量精度比较 .....	22
图A7-14	SAC305附连测试板16&17 – 左图是附连测试板16, 右图是附连测试板17, 均为放大500倍的剖面图 .....	56	表A4-1	摘要XRF配置解决方案测量PCB ENEPIG厚度的优点和缺点 .....	28
图A7-15	SAC305附连测试板18 – 放大500倍的剖面图 .....	56	表A5-1	XRF测量标称0.5 μm的化学钎样品 .....	33
图A7-16	SAC305附连测试板19 – 左图放大200倍, 右图放大500倍, 均为剖面图 .....	57	表A6-S1	对于一个指定的ENEPIG化学药品和化学钎厚度, 用于焊料铺展测试的预处理和焊膏基体 .....	41
图A7-17	焊料球剪切力与钎镀层厚度的关系图 .....	57	表A7-1	附连测试板序号和钎层厚度 .....	49
图A8-1	金属线键合测试试样的1#引脚和1,2,3,4象限 .....	59	表A7-2	Sn63Pb37焊料球剪切第一组附连板测试结果 (克) .....	51
图A8-2	在6 in × 8 in在制板中包含1 in x 1 in ENEPIG金属线键合附连板示例 .....	62	表A7-3	Sn63Pb37焊料球剪切第二组附连板测试结果 (克) .....	51
图A8-3	金属线键合目检评估显示经典的月牙形会导致颈部断裂 .....	63	表A7-4	SAC305焊料球剪切第一组附连板测试结果 (克) .....	52
图A8-4	(顶部) 1mil金线ENEPIG 破坏性拉力测试 (DPT) 结果总结和 (较低) 的x - y方向DPT值比较 .....	64	表A7-5	SAC305焊料球剪切第二组附连板测试结果 (克) .....	52
图A11-1a	Meniscometer .....	72	表A8-I	21块在制板标记 (a) 整板, (b) 套板以及 (c) 手工裁切 接收到的附连板镍-钎-金线键合附连板摘要 .....	61
图A11-1b	润湿称量仪 .....	72	表A8-II	所有21 ENEPIG 测试组破坏性金属线键合拉力 测试力(克) 结果 .....	62
			表A8-III	金属线键合样品的表面处理镀层厚度总结 .....	65
			表A9-1	在典型的计数率下XRF探测器及其局限性 .....	66
			表A11-1	“相对润湿性指南”, 使用接触角 ( $\theta_c$ ) 作为 “一般” 衡量标准 .....	72

# 印制板化学镍/钯/浸金（ENEPIG）规范

## 1 范围

**1.1 范围声明** 本规范规定了使用化学镍/钯/浸金（ENEPIG）作为印制板表面处理的要求。本规范规定了ENEPIG应用于焊接、金属线键合和接触面涂覆层的沉积厚度规格。本标准适用于化学药水供应商、印制板制造商、电子制造服务（EMS）和原始设备制造商（OEM）。

**1.2 描述** ENEPIG是沉积在以铜为基底金属上的一个三层的表面处理。ENEPIG由镍作为基础层，再镀上一层钯层作为阻挡层，最外层沉积一层薄薄的金层。关于沉积过程的详细信息，见本规范附录1。它是一种多功能的表面处理，适用于焊接以及金、铝和铜的金属线键合工艺。它也适合作为软薄膜和钢凸圆接触的配合表面。其它应用包括使用于低插拔力（LIF）和零插拔力（ZIF）板边连接器和压合应用。化学钯层形成一个扩散阻挡层，阻止镍扩散到金表面。浸金保护钯层防止其在加工前与污染物反应，否则可能会影响连接制程，如金属线键合和焊接。

**1.2.1 化学镍的还原剂—磷含量** 含磷的还原剂通常用于沉积过程中化学镍的还原，磷也会共沉积在镍沉积层中。该共沉积元素的水平应该控制在供应商指定的制程范围。磷含量的变化超出规定的制程范围，可能对表面处理的性能产生不利影响。

**1.2.2 化学钯还原剂** 目前有两种不同类的还原剂可使用在ENEPIG制程的化学钯槽中，一种是产生含有共沉积元素例如磷的沉积层，一种是产生基本上为纯钯的沉积层。共沉积元素的水平应该控制在指定的制程范围之内。在本规范的开发过程中已经评估了这两类化学钯沉积层的例子，在可焊性或金属线键合性测试中没有观察到这两类在性能上有明显的差异。

**1.3 目的** 本规范规定了ENEPIG作为表面处理的要求（见表3-1对这些要求的总结）。作为额外的表面处理要求规范，它们将被IPC镀覆制程小组委员会记录为IPC-455X规范族群的一部分。这份规范和其它表面处理规范一样，会不断地被审核。4-14小组委员会将根据需要作出适当的修订或版本升级。4-14镀覆制程小组委员会遵循循环对比研究以生成数据来支持这个规范的各个方面的建议点。关于这项研究的大纲，请参阅附录2。

**1.3.1 优先顺序** 如果出现冲突，应当按照以下优先顺序：

1. 采购文件。包括供需双方协商确定的例外于本规范的事项。
2. 布设总图。包括供需双方协商确定的例外于本规范的事项。
3. 本规范。
4. 本文件第2章列出的适用文件。

**1.3.1.1 附录** 本规范包含11个附录，提供的信息包含在本文件的正文后面。要知道，除非单独特别规定，或采购文件、布设总图、其它适用文件有要求，或作为供需双方协商确定建立的内容，否则这些附录的内容是没有约束力的要求。

## 1.4 性能功能

**1.4.1 可焊性** ENEPIG的两个主要的功能之一是，提供一个可焊的表面涂覆层。按照IPC-J-STD-003的测试方法，这个表面涂覆层能提供IPC第3类涂覆层耐久性的保存期限（最少12个月）。这个保存期限适用于所有的表面贴装、通孔组装及混装应用。使用化学钯作为镍和金之间的扩散阻挡层，减轻