



BUILD ELECTRONICS BETTER

刚性印制板的鉴定及性能规范 IPC-6012F升版差异解析

任尧儒

2024/01/16



[ipc.org](https://www.ipc.org) →

1

6012标准修订历程

2

6012F框架修订和补充

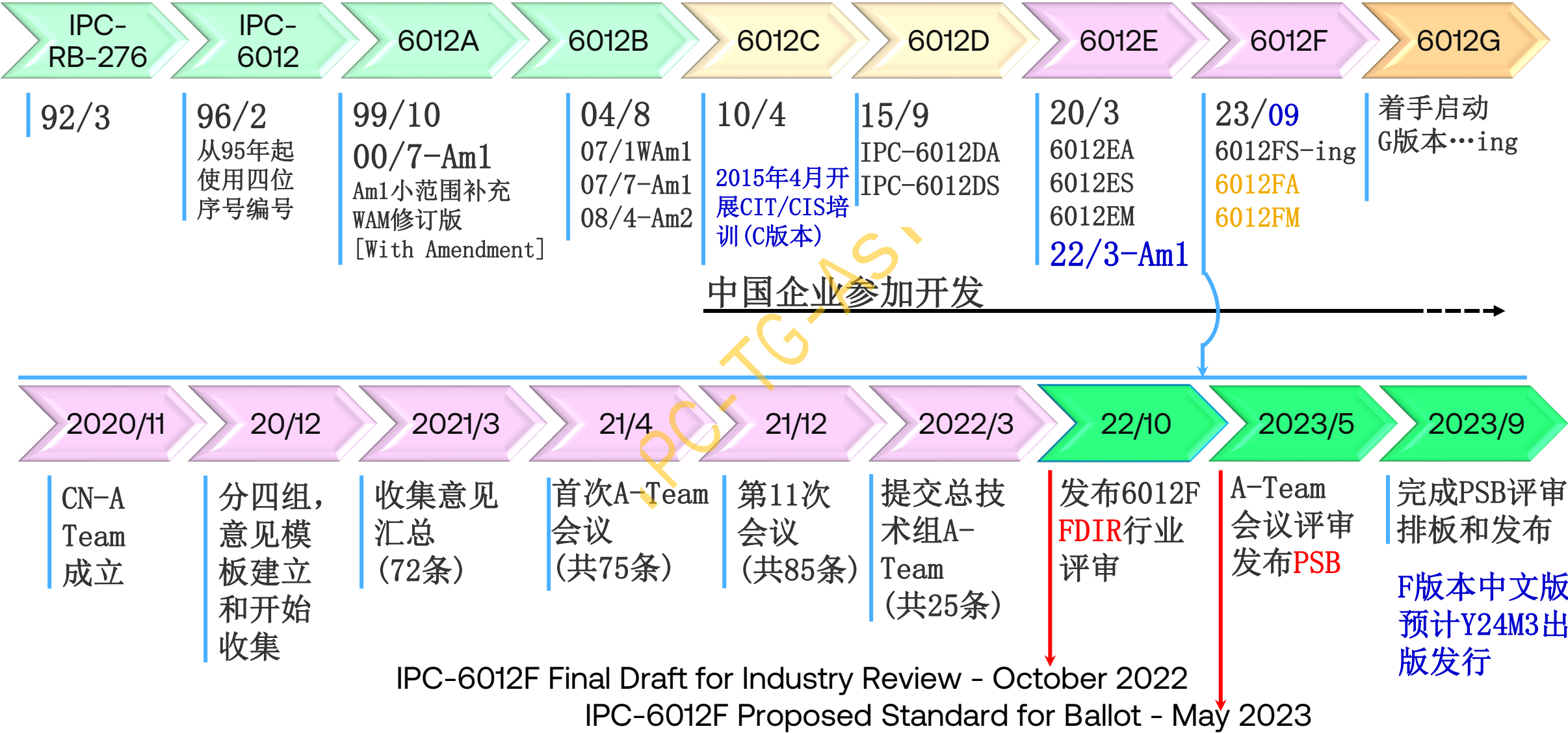
3

6012F分章节主要修订解析

4

下阶段计划

1) IPC-6012性能规范发布历程



2) IPC-6012F框架修订补充



1	SCOPE.....	1	3	REQUIREMENTS	8	3.3.2	Laminate Imperfections	14	3.5.4.3	Wire Bond Pad (WBP).....	22	3.6.2.12	Microvia Target Land Contact	36	3.10.4	Mechanical Shock	43
1.1	Statement of Scope.....	1	3.1	General	8	3.3.2.1	Measling	14	3.5.4.4	Board Edge Connector Lands	22	3.6.2.13	Dimension	36	3.10.5	Impedance Testing	43
1.2	Purpose	1	3.2	Materials	9	3.3.2.2	Crazing	14	3.5.4.5	Dewetting	23	3.6.2.14	Microvia Target Land Piercing	37	3.10.6	Coefficient of Thermal Expansion (CTE).....	43
1.2.1	Supporting Documentation	1	3.2.1	Laminates and Bonding Material.....	9	3.3.2.3	Delamination/Blistering	14	3.5.4.6	Nonwetting	23	3.6.2.14.1	Minimum Internal Layer Copper Foil Thickness	37	3.10.7	Thermal Shock	43
1.3	Performance Classification and Type	1	3.2.2	External Bonding Materials	9	3.3.2.4	Foreign Inclusions	14	3.5.4.7	Surface Finish Coverage	23	3.6.2.15	Plated Internal Layers	38	3.10.8	Surface Insulation Resistance (As Received)	44
1.3.1	Classification	1	3.2.3	Other Dielectric Materials.....	9	3.3.2.5	Weave Exposure	15	3.5.4.7.2	Tin-Lead under Solder Mask (Areas not to be soldered).....	23	3.6.2.16	Minimum Surface Conductor Thickness	38	3.10.9	Metal Core (Horizontal Microsection)	44
1.3.1.1	Requirement Deviations.....	1	3.2.4	Metal Foils	9	3.3.2.6	Mechanically Induced Disrupted Fibers.....	15	3.5.4.8	Cap Plating of Filled Holes	23	3.6.2.17	Overhang	39	3.10.10	Rework Simulation.....	44
1.3.1.2	Space Requirement Deviations	1	3.2.4.1	Resistive Metal	9	3.3.2.7	Scratches, Dents, and Tool Marks.....	15	3.5.4.9	Copper Filled Microvias	23	3.6.2.18	Metal Cores	39	3.10.10.1	Through Hole Components	44
1.3.1.3	Medical Requirement Deviations	1	3.2.5	Metal Planes/Cores.....	9	3.3.2.8	Color Variations in Bond Enhancement.....	15	3.5.4.10	Nonfunctional Lands	23	3.6.2.18.1	Dielectric Spacing	39	3.10.10.2	Surface Mount Components	44
1.3.1.4	Automotive Requirement Deviations	1	3.2.6	Base Metallic Plating Depositions and Conductive Coatings	10	3.3.2.9	Pink Ring	15	3.6	Structural Integrity	23	3.6.2.19	Minimum Dielectric Spacing	39	3.10.11	Bond Strength, Unsupported Component Hole Land	44
1.3.2	Printed Board Type.....	1	3.2.6.1	Electroless Copper Depositions and Conductive Coatings	10	3.3.2.10	Plating and Coating Voids in the Hole	15	3.6.1	Thermal Stress Testing	24	3.6.2.20	Material Fill of Through, Blind, Buried and Microvia Structures	39	3.10.12	Destructive Physical Analysis	44
1.3.3	Selection for Procurement.....	2	3.2.6.2	Electrodeposited Copper	10	3.3.3	Lifted Lands	15	3.6.1.1	Thermal Stress Testing, Method 2.6.8	24	3.6.2.21	Back-Drilled Holes (Microsection Evaluation)	40	3.10.13	Peel Strength Requirements (For Foil Laminated Construction Only)	44
1.3.3.1	Selection (Default)	2	3.2.6.3	Fully Additive Electroless Copper Depositions	10	3.3.4	Marking	15	3.6.1.1.1	Thermal Stress Testing, Method 2.6.8 (Microvias)	24	3.7	Nail Heading.....	40	3.10.14	Design Data Protection	44
1.3.3.2	Selection System (Optional)	3	3.2.7	Surface Finish Depositions and Coatings - Metallic and Non-Metallic	10	3.3.5	Etched Marking	15	3.6.1.2	Thermal Stress Testing, Method 2.6.27 (230 °C)	24	3.7.1	Solder Mask Requirements	40	3.10.15	Performance Based Testing for Microvia Structures	44
1.3.4	Material, Plating Process and Surface Finish.....	3	3.2.7.1	Electroless Copper	10	3.3.5.1	Ink Marking	16	3.6.1.3	Thermal Stress Testing, Method 2.6.27 (260 °C)	24	3.7.2	Solder Mask Coverage	40	3.10.16	Conductive Anodic Filament (CAF) Migration	44
1.3.4.1	Laminate Material	3	3.2.7.2	Electrodeposited Tin	10	3.3.5.2	Ink Marking Adhesion	16	3.6.1.4	Deviations to Thermal Stress Testing	24	3.7.3	Solder Mask Cure and Adhesion	41	3.10.17	Wire Bond Pad Surface Roughness	44
1.3.4.2	Plating Process	3	3.2.7.3	Electrodeposited Tin-Lead	10	3.3.5.3	Solderability	16	3.6.2	Requirements for Microsectioned Coupons or Printed Boards.....	24	3.8	Solder Mask Thickness	42	3.11	Repair.....	45
1.3.4.3	Surface Finish and Coatings	4	3.2.7.3.1	Hot Air Solder Leveling (HASL)/Solder Eutectic Tin-Lead Solder Coating.....	11	3.3.6	Plating Adhesion	16	3.6.2.1	Plating Integrity.....	25	3.8.1	Electrical Requirements	42	3.11.1	Circuit Repairs.....	45
1.4	Terms and Definitions	4	3.2.7.3.2	Pb-Free Solder Coating	11	3.3.7	Edge Printed Board Contact, Junction of Gold Plate to Solder Finish	16	3.6.2.2	Copper Plating Voids.....	26	3.8.2	Dielectric Withstanding Voltage.....	42	3.12	Rework.....	45
1.4.1	Back-Drilling	4	3.2.7.4	Electrodeposited Nickel	11	3.3.8	Back-Drilled Holes	17	3.6.2.3	Laminate Voids	27	3.8.3	Electrical Continuity and Isolation Resistance	42	4	QUALITY ASSURANCE PROVISIONS	45
1.4.2	Stub (Plated Hole)	5	3.2.7.5	Electrodeposited Tin	11	3.3.9	Printed Board Cavities	17	3.6.2.4	Laminate Cracks	27	3.8.4	Circuit/Plated Hole Shorts to Metal Substrate.....	42	4.1	General	45
1.4.3	Back-drill Depth	5	3.2.7.6	Electroless Nickel Immersion Gold (ENIG)	11	3.3.11	Workmanship	18	3.6.2.5	Delamination or Blistering	27	3.8.4.1	Moisture and Insulation Resistance (MIR)	42	4.1.1	Qualification	45
1.4.4	Microvia	5	3.2.7.7	Electroless Nickel Immersion Gold (ENEPIG)	11	3.4	Printed Board Dimensional Requirements	18	3.6.2.6	Evidence of Etchback (When Specified)	28	3.9	Dielectric Withstanding Voltage After MIR	42	4.1.2	Sample Test Coupons	45
1.4.5	Design Data	5	3.2.7.8	Immersion Silver (IAG)	11	3.4.1	Hole Size, Hole Pattern Accuracy and Pattern Feature Accuracy	18	3.6.2.6.1	Copper Penetration	28	3.9.1	Cleanliness.....	43	4.2	Acceptance Tests	46
1.5	Interpretation	5	3.2.7.9	Immersion Tin (ISn)	11	3.4.2	Annular Ring and Breakout (External).....	18	3.6.2.7	Smear Removal	29	3.9.2	Cleanliness Prior to Solder Mask Application	43	4.2.1	C=0 Zero Acceptance Number Sampling Plan	46
1.6	Presentation	5	3.2.7.10	Organic Solderability Preservative (OSP)	12	3.4.3	Bow and Twist	21	3.6.2.8	Negative Etchback	29	3.9.3	Cleanliness After Solder Mask, Solder, or Alternative Surface Coating Application.....	43	4.2.2	Referee Tests	46
1.7	Design Data Protection	5	3.2.7.11	Other Metals and Coatings.....	12	3.4.4	Conductor Definition	21	3.6.2.9	Annular Ring and Breakout in a Microsection Evaluation	29	3.10	Cleanliness of Inner Layers After Oxide Treatment Prior to Lamination.....	43	4.3	Periodic Quality Conformance Testing.....	46
2	APPLICABLE DOCUMENTS.....	6	3.2.8	Polymer Coating (Solder Mask)	13	3.4.5	Conductor Width and Thickness	21	3.6.2.9.1	Annular Ring and Breakout (Internal).....	30	3.10.1	Cleanliness of Inner Layers After Oxide Treatment Prior to Lamination.....	43	4.3.1	Coupon Selection	46
2.1	IPC	6	3.2.9	Fusing Fluids and Fluxes	13	3.5.1	Conductor Imperfections.....	21	3.6.2.9.2	Breakout (Internal) Conditions	31	3.10.2	Special Requirements	43	5	NOTES.....	52
2.2	Joint Industry Standards	8	3.2.10	Marking Inks	13	3.5.2	Conductor Width Reduction	21	3.6.2.9.2.1	Microvia to Target Land.....	31	3.10.3	Outgassing	43	5.1	Ordering Data	52
2.3	Federal	8	3.2.11	Hole Fill Insulation Material	13	3.5.3	Conductor Thickness Reduction	21	3.6.2.10	Lifted Lands	31	5.2	Fungus Resistance.....	43	5.2	Superseded Specifications.....	52
2.4	Other Publications	8	3.2.12	Heatsink Planes, External	13	3.5.4	Nicks and Pinholes in Ground or Voltage Planes	21	3.6.2.11	Hole Copper Plating.....	31		Vibration	43			
2.4.2	Underwriters Lab	8	3.2.13	Via Protection	13	3.5.4.1	Solderable Surface Mount Lands.....	21	3.6.2.11.1	Copper Plating.....	33						
2.4.3	National Electrical Manufacturers Association	8	3.2.14	Embedded Passive Materials.....	13	3.5.4.2	Rectangular Surface Mount Lands	22	3.6.2.11.2	Copper Cap Plating of Filled Holes	33						
2.4.4	American Society for Quality	8	3.3	Visual Examination	13	3.5.4.2.1	Round Surface Mount Lands (BGA Pads)	22	3.6.2.11.3	Plated Copper Filled Vias (Through, Blind, Buried and Microvia).....	35						
2.4.5	AMS	8	3.3.1	Edges	14	3.5.4.2.2											
2.4.6	American Society of Mechanical Engineers	8															
2.4.7	SAE	8															

增加 修订



3) IPC-6012F VS 6012E

(全文更改描述)



1) 采购文件Procurement documentation 替换布设总图master drawing :

布设总图（IPC-T-50定义）：用以描述特制产品所需的部分或全部的尺寸范围或网格位置的控制文件，包括导体和非导电图形或组件的排布, 孔的尺寸、类型和位置以及其他必需的信息。A control document that shows the dimensional limits or grid locations that are applicable to any and all parts of a product to be fabricated , including the arrangement of conductors and nonconductive patterns or elements ;the size, type, and location of holes; and all other necessary information.

采购文件（百度百科）：采购人为完成采购活动所制定的文件，包括商务性文件内容和技术性文件内容。

3.2.4 Metal Foils Copper foil **shall** be in accordance with IPC-4562. Foil type, foil grade, foil thickness, bond enhancement treatment and foil profile should be specified on the **master drawing** if critical to the function of the printed board. Resin coated copper foil **shall** be in accordance with IPC-4563.

3.2.4 Metal Foils Copper foil **shall** be in accordance with IPC-4562. Foil type, foil grade, foil thickness, bond enhancement treatment and foil profile should be specified on the **procurement documentation** if critical to the function of the printed board. Resin coated copper foil **shall** be in accordance with IPC-4563.

2) Pb替代Lead: Lead有“引线”和“铅”的含义，这两个都是IPC标准中常用词语，为防止混淆，在“铅”的绝大部分场所使用化学元素“Pb”展示。

IPC-6012E

March 2020

when the manufacturing operations were performed. For **lead-free** end product, the labeling requirements of J-STD-609 **shall** be met.

3.3.5.1 Etched Marking Etched markings are subject to the following requirements for Class 1, Class 2 and Class 3 operations were performed. For **Pb-free** end product, the labeling requirements of J-STD-609 **shall** be met.

3.3.5.1 Etched Marking Etched markings are subject to the following requirements for Class 1, Class 2 and Class 3 product:

3) IPC-6012F VS 6012E

(第1章范围主要修订, 1-2)



1) IPC-6012补充要求的描述

变更前: 1.3.1.2 Space Requirement Deviations Space performance classification deviations are provided in the IPC-6012ES Addendum and are applicable when the addendum is specified within the procurement documentation.

变更后: 1.3.1.2 Space Requirement Deviations Space performance classification deviations are provided in the [IPC-6012XS](#) Addendum (where “X” is applicable revision published at time of procurement) and is applicable when the addendum is specified within the procurement documentation. Any amendments to the base IPC-6012 published after an Addendum do not extend to that Addendum.

1.3.1.3 Medical Requirement Deviations Medical performance classification deviations are provided in the [IPC-6012XM](#) Addendum (where “X” is applicable revision published at time of procurement) and is applicable when the addendum is specified within the procurement documentation. Any amendments to the base IPC-6012 published after an Addendum do not extend to that Addendum.

1.3.1.4 Automotive Requirement Deviations Automotive performance classification deviations are provided in the [IPC-6012XA](#) Addendum (where “X” is applicable revision published at time of procurement)) and is applicable when the addendum is specified within the procurement documentation. Any amendments to the base IPC-6012 published after an Addendum do not extend to that Addendum.

航天产品要求偏离 航天产品性能等级的偏离在 [IPC-6012XS](#) 附件（其中“X”为采购时出版的适用版本）中列出，当采购文件中规定此附件时适用。在附件发布之后，基础文件 [IPC-6012](#)所做的任何修订均不延伸到该附件。

解释: 基础标准IPC-6012从E升级到F版本，但是IPC-6012ES还没有升级，则相应的IPC-6012ES中的指标沿用IPC-6012E的，而自动使用IPC-6012F的指标。

3) IPC-6012F VS 6012E

(第1章范围主要修订, 2-2)

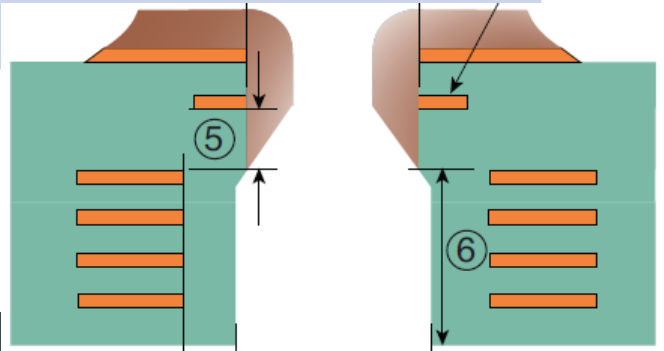


2)表1-2默认要求

项目	默认要求	修改
最小侧向间距(金属芯)	最小100μm	删除默认, 同步修订IPC-A-600。孔壁到铜D2M在高层板上业界规范为76μm, 压接孔为100μm, 消除了目前相当多客户的疑虑。 (D2M验收参数后续版本单独描述)
介质层间隔	按照 3.6.2.18 节, 最小 65 μm [2,560 μin]	当前设计很多应用介质厚度都在3mil以下, 原始的90μm不再适应
测试电压、绝缘性电阻、 连通性电阻	按照 IPC-9252	缺少连通性电阻(开路电阻)的描述, 完善
提交建议未采纳: 孔直径公差 镀覆孔, 元器件孔 镀覆孔, 仅导通孔 非镀覆	$\pm 100 \mu\text{m}$ [3,937 μin] +80 μm/-无要求(可全部或部分塞孔) $\pm 80 \mu\text{m}$ [3,150 μin]	原本提议增加压接孔公差 $\pm 0.05\text{mm}$, 技术总部认为制造商难于识别压接孔Complaint pin PTH, 暂未增加该细分公差

3)增加背钻深度定义

背钻深度 从背钻穿透面的印制板**介质表面**到最近的**剩余铜残端**的距离 (⑥)。



3) IPC-6012F VS 6012E

(第2章引用文件主要修订, 1-1)



引用文件补充和修订

变更后增加和删除

IPC/PERM-WP-022 Mitigation of Pure Tin Risk by Tin-Lead SMT Reflow - Results of an Industry Round-Robin - Final Report

IPC-1602 印制板操作和储存标准

IPC-2228 Sectional Design Standard for High Frequency (RF/Microwave) Printed Boards

IPC-4555 印制板高温有机可焊性保护剂 (OSP) 性能规范

IPC-5703 Cleanliness Guidelines for Printed Board Fabricators

~~**IPC-9151** Printed Board Process, Capability, Quality and Relative Reliability (PCQR²) Benchmark Test Standard and Database~~

ASTM-E-345 Standard Test Methods of Tension Testing of Metallic Foil

GEIA-STD-0005-2 Standard for Mitigating the Effects of Tin Whiskers in Aerospace and High Performance Electronic Systems

3) IPC-6012F VS 6012E

(第3.1节总则主要修订, 1-1)



3.1总则 按本规范提供的印制板应当符合或超过 IPC-6011 和采购文件要求指定的性能等级要求。测试附连板的说明和用途在 IPC-2221、**IPC-2221 附录 A** 和旧的 **IPC-2221 附录 B** 中规定。

IPC-2221 附录 A 和附录 B 的一致性附连板在本规范所提及的范围内被认为是可以互换的。然而, 对于所有需要 D 附连板的设计, **应当使用附录 A 中的 D 附连板**, 除非另有规定。

此外, 对于具有扩展 (互连) 的导通孔结构, 建议制造商过渡到使用附录 A 的 **AB/R 附连板、扩展 B 附连板** 以及 D 附连板, 原因如下:

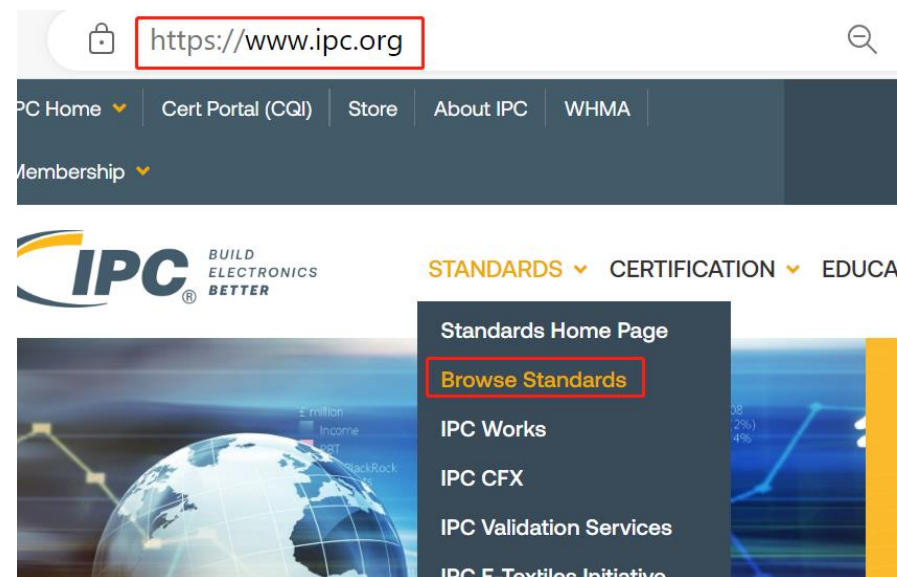
附录 A 中的附连板组提供了多种改进的导通孔结构和特征的附连板设计使其更好的代表印刷板。

附录 A 中的附连板更密集, 因此所需在制板空间更少且测试效率更高

IPC-2221 附录A Version 4 (2023/7/26发布)

IPC-2221C (2023/12/14发布)

更多标准开发请详见[ipc.org](https://www.ipc.org)官网





3.2材料

3.2.7.3热风焊料整平 (HASL) / 焊料涂覆层 焊料涂覆层应当在采购文件中规定, 采购的用于涂覆层的焊料应当满足 J-STD-006 的要求。HASL 是将印制板浸入焊料然后使用热风整平得到焊料表面的焊料涂覆过程。

锡铅焊料中锡的含量应当维持在所用合金标称重量的 +1.0% / -2.5% 以内, 无铅焊料中锡的含量应当维持在所用合金标称含量的 ±1.0% 以内。锡含量测试频率应当与铜/金污染物含量的测试频率一致。焊料槽中的剩余成分应当为铅和/或表中列出的其他金属。铜、金、镉、锌和铝污染物的总含量不应当超过 0.4%。

污染物	锡铅合金最大污染物重量百分比限值	锡铜镍 (SN100) 无铅合金最大污染物重量百分比限值
铜 (Cu)	0.3	1.1
金 (Au)	0.2	0.2
铝 (Al)	0.006	0.006
镍 (Ni)	0.050	0.100
铅 (Pb)	N/A	0.1
Cu、Au、Al污染物合计	0.4	N/A

3.2.7.6 Electroless Nickel Immersion Gold (ENIG) ENIG plating deposit shall be in accordance with IPC-4552. Deposit thickness, XRF measurement methodology and frequency of sample thickness measurements per panel shall be In Accordance With (IAW) IPC-4552 on appropriately sized pads (See the IPC-2221 Appendix A “W” coupon). The number of panels per lot to be measured shall be in accordance with Table 4-3 for plating/coating thickness.

3.2.7.6 化学镍/浸金 (ENIG) 化学镍金沉积层应当符合 IPC-4552 的要求。每块在制板上沉积厚度、XRF 测量方法和抽样厚度测量的频次应当符合 IPC-4552 , 选择适当尺寸的测试焊盘 (参见 IPC-2221 附录 A 中的 W 附连板) 。每批待测量的在制板数量应当符合表 4-3 镀层 / 涂覆层厚度的要求。



3) IPC-6012F VS 6012E

(第3.3节目视检查主要修订, 1-2)



3.3目视检查

成品印制板应当按照以下程序进行检验。印制板应当具有一致的质量, 且应当符合 3.3.1 节到 3.3.11 节的要求。对有关性能的目视检查应当在 3 个屈光度下进行。制造商可使用更大的放大倍数。

3.3.1增加板边电镀规范: 当规定印制板边缘电镀时, 应当满足以下要求:

镀层沿电镀边缘从内部锚点 (参见 IPC-2228) 分离是不允许的。边缘侧壁镀层从介质上拉脱只要满足所有尺寸要求则应当是可接受的。电镀边缘在周长上的镀层空洞不应当超过3处, 且任何长度不大于 1.27 mm。电镀边缘上的结瘤只要不疏松且不违反印刷板的总尺寸则应当是可接受的。最终外形铣切后, 分离 (工艺) 条边缘允许暴露裸铜。分离 (工艺) 条上的金属毛刺, 只要不疏松和 / 或不影响安装和功能, 是可接受的。电镀边缘包覆到表面的铜应当在 3.5.1 节的尺寸限值内。

3.3.6 可焊性

除非另有规定, 通孔默认测试应当是 IPC-2221 附录 A 中的 S 附连板或旧的 IPC-2221 附录 B 中 S 附连板浮焊测试; 表面贴装默认测试应当是 IPC-2221 附录 A 中的 W 附连板或 IPC-2221 附录 B 中旧的 M 附连板边缘浸焊测试。当要求可焊性测试时, 应该考虑印制板的厚度和铜厚。当两者均增加时, 完全润湿孔壁及连接盘顶部的时间也将随之增加。

注: 加速老化 (蒸汽暴露) 仅适用于含铅涂覆层, 不适用于其他最终涂覆。 根据 J-STD-003, 除非由供需双方协商确定, 边缘浸锡测试应当要求使用机械或机电设备 (例如, 一套镊子不构成机械设备)。

3) IPC-6012F VS 6012E

(第3.3节目视检查主要修订, 2-2)



3.3.10印制板阶梯槽 印制板阶梯槽定义如下:

- 1型 – 阶梯槽底部或侧壁无金属化层
- 2型 – 阶梯槽底部或壁面有金属化层, 但不同时存在
- 3型 – 阶梯槽底部和相邻侧壁有连续电镀的金属化层

阶梯槽应当满足设计的尺寸要求(例如长度、宽度、深度和位置)。

除非另有规定, 表 3-3 中的最终表面涂覆层厚度要求应当基于来自外层的测量。

对于 1型阶梯槽, 应当满足以下条件:

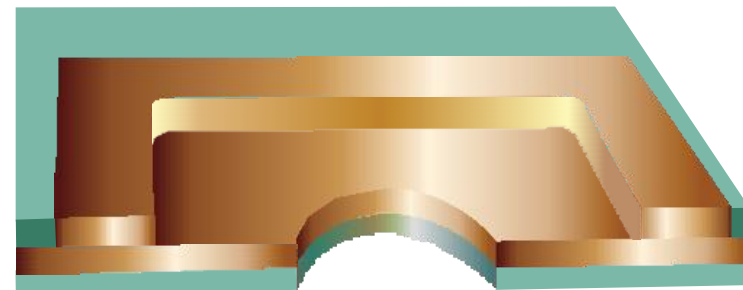
- 槽底外观应当目视均匀一致。
- 断裂纤维的裸露应当符合 3.3.2.6 节的要求。
- 由于材料对位不准、预浸材料减少等导致的非压合间隙(而不是分层)最大可退缩至槽边缘侧壁到最近导体距离的 50%, 最大 0.25 mm[0.010 in], 取两者的较小值。用于验证观察非压合缝隙的破坏性物理分析(DPA)要求应当AABUS。

对于 2 型阶梯槽, 应当满足以下条件:

- 对于阶梯槽导体要素连续到层上的, 从槽壁的突起、粘合剂流出到导体要素上最大 0.75 mm[0.0295 in]。
- 对于阶梯槽底距离槽壁 0.75 mm[0.0295 in] 范围内的连接盘, 粘合剂流出允许值应当由供需双方协商确定。
- 由于材料对位不准、预浸材料减少等导致的非压合间隙(而不是分层)最大可退缩至槽边缘侧壁到最近导体距离的 50%, 最大 0.25 mm[0.010 in], 取两者的较小值。用于验证观察非压合缝隙的破坏性物理分析(DPA)要求应当AABUS。

对于 2 型和 3型阶梯槽, 应当满足以下条件:

- 除非采购文件另有规定, 槽底要求焊接或引线键合涂覆的导体要素的完好区域, 不包括允许的粘合剂流动区域, 定义为要素轮廓(圆形、矩形、方形等)中心 60% 的区域, 并应当满足 3.5.4 节的工艺要求。
- 对于电镀槽壁的 2型阶梯槽和 3型阶梯槽, 当按照 3.3 节要求目视检查(非显微剖切)时, 槽壁镀层和涂覆层空洞不应当超过表 3-6 允许的范围。阶梯槽的每个电镀槽壁应当单独评定。同一侧壁上的多个空洞累积面积不应当超出面积百分比。



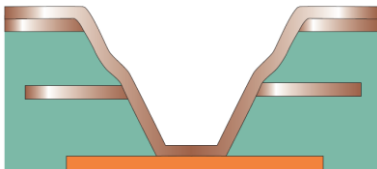
3) IPC-6012F VS 6012E

(第3.4节尺寸要求主要修订, 1-1)



3.4 表3-7最小环宽

特征	1 级	2 级	3 级
外层镀覆孔(无填充和盖覆电镀)	目视检查评定时, 连接盘上的孔破坏不大于180°。 连接盘 / 导体连接处宽度不应当减少到 3.5.3.1 节允许宽度减少值以下。 如果连接盘未填充或锁眼, 连接盘 / 导体连接处最小环宽应当为 25 μm[984 μin]	目视检查评定时, 连接盘上的孔破坏不大于90° 连接盘/导体连接处宽度不应当减少到 3.5.3.1节允许宽度减少值以下 连接盘 / 导体连接处应该不小于 50 μm [1,969 μin] 或最小线宽, 取两者较小者。 如果连接盘未填充或锁眼,连接盘/导体连接处最小环宽应当为 25 μm	最小环宽应当为 50 μm [1,969 μin]。 在孤立区域, 由于诸如麻点、压痕、缺口、针孔或斜孔等缺陷, 外层最小环宽可再减少最小环宽的 20%
外层镀覆孔(同时规定填充和盖覆电镀)	目视检查评定时, 连接盘上的孔破坏不大于180°。	目视检查评定时, 连接盘上的孔破坏不大于 90°。 破坏不应当出现在连接盘 / 导体连接处。	应当没有破坏迹象。
微导通孔中间目标连接盘	180° 的孔破坏是可接受的。 如果连接盘未使用填充角或锁眼, 最小环宽应当为 25 μm[984 μin]。	180° 的孔破坏是可接受的。 如果连接盘未使用填充角或锁眼, 最小环宽应当为 25 μm[984 μin]。	应当没有破坏迹象。 如果连接盘未使用填充角或锁眼, 最小环宽应当为 25 μm[984 μin]。



3) IPC-6012F VS 6012E

(第3.5导体精度主要修订, 1-2)



3.5.4.3 金属线键合盘 (WBP) 金属线键合盘应当有一层表面导体涂覆, 如 1.3.4.3 节规定的超声键合 (GWB-1) 和热超声键合 (GWB-2) 的电镀金、化学镍浸金 (ENIG) 或化学镍化学钯浸金 (ENEPIG)、或采购文件的规定。表面涂覆层的厚度应当按照表 3-3 中适用涂覆层的要求。

沿连接盘外部边缘的缺陷包括但不限于缺口、凹痕、结瘤和针孔等, 对于 2 级和 3 级印制板**不应当**超过连接盘长度或宽度的 20%, 1 级**不应当**超过 30%, 且缺陷减少完好区域的面积**不应当**超过 5%, 完好区域的定义为连接盘中央宽度的 80% 乘以长度的 80% 的范围, 如图 3-6 所示。**连接盘内的缺陷**对于 2 级和 3 级产品**不应当**超过连接盘长度或宽度的 10%, 1 级**不应当**超过 20%, 且缺陷减少完好区域的面积**不应当**超过 5%。对于 1 级、2 级和 3 级产品, 完好区域内的电测试探针“压痕”是制造工艺的必然结果, 只要满足表面涂覆的要求, 是可接受的。

有规定时, 金属线键合盘完好区域的最大表面粗糙度应当按 3.10.17 节进行评定。

解释:

1)增加了连接盘边缘和连接盘内的缺陷允收规范, **同矩形连接盘**。E版本无该表述;

2)粗糙度的要求纳入到3.10的特殊要求中, Rx不作为常规项目验收。

(相比E版本, F版本更宽松)

3) IPC-6012F VS 6012E

(第3.5导体精度主要修订, 2-2)



3.5.4.5 退润湿 对于锡铅电镀和再流、或共晶锡铅焊料涂覆的表面，导体上、连接盘、接地层或电源层上的退润湿允许范围如下：

a) 无阻焊覆盖的导体和层的非焊接连接**应当**所有等级都可接受。退润湿超出下列 b) 的限值时，虽然不是不符合，但应该认作是制程警示（其他信息和图像见 J-STD-003）。

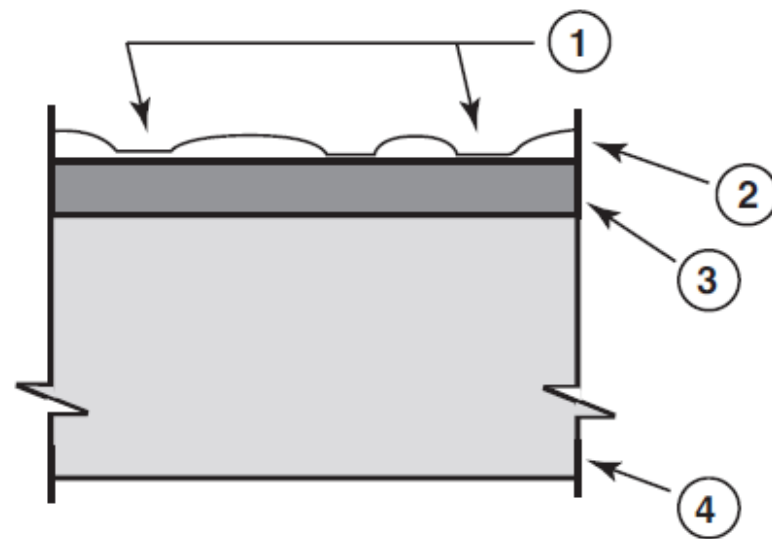
b) 单个可焊的连接盘上累积面积，**不分级别，不应当超过 5%**。

注：厚度变化是热风整平（HASL）工艺固有的一部分，并不总被视为如图 3-9 所示的焊料退缩或退润湿。焊料高低是由于焊料随风刀移动形成而并不是表面处理完整性的反映。焊料润湿性应该通过 IPC-J-STD-003 的可焊性测试来确认。当需要仲裁测试时，建议使用润湿称量测试。

许多不同的形态，如边缘焊料回拉受到表面张力的作用，可能对可焊性产生不利影响。退润湿不应该被视为不符合，除非薄的面积（暴露 IMC 层）大于上述允许的百分比。

解释：

在IPC-6012E AM1（2022年3月发布）
有特别描述该要求。



3) IPC-6012F VS 6012E

(第3.6结构完整性主要修订, 1-6)



3.6结构完整性 印制板应当满足 3.6.2 节规定的结构完整性要求, 评价热应力 (见 3.6.1 节) 后的附连测试板。制造的在制板镀覆孔结构完整性评估要求检查如下其一的附连板:

IPC-2221 **附录 B 中1个 A和 1个B附连板, 或1个 A/B 附连板**, 热应力处理。

IPC-2221 **附录 A 中1个 AB/R 附连板和1个扩展 B 附连板**, 热应力处理。

附加的 B、A/B或扩展 B 附连板应当经过热应力测试, 以代表各种不同导通孔结构, 包括微导通孔、盲孔和埋孔。当设计单种类型的孔时, 至少应当评估1个热应力处理的附连板 (B、A/B 或 扩展 B)。虽然上述附连板指定用于此项测试, 允许使用印制板或替代附连板完成产品的验收测试应当由供需双方协商确定。印制板上所选的区域应当包含金属化孔和铜的要素, 从而能够对本规范的所有标准进行评定。

3.6.1.1热应力测试, 测试方法 2.6.8

3.6.1.3热应力测试, 测试方法 2.6.27(260°C)

当采购文件要求使用 IPC-2221 最新修订版附录 A的D 附连板时, 应当在热应力测试期间监测 D 附连板孔链的电阻, 并满足测试方法中列出的要求。

解释:

浮锡热应力模拟波峰焊, 可模拟手工焊焊接解焊5次, 评价内层分离 (IP);
再流焊模拟表面贴装工艺, IPC要求6次。

3) IPC-6012F VS 6012E

(第3.6结构完整性主要修订, 2-6)



3.6.2印制板要求

表3-8 热应力后镀覆孔结构完整性

属性	1 级	2 级	3 级
Dielectric Removal D版本 2015/9	125 μm <u>maximum</u> wicking allowance plus maximum etchback or smear removal allowance	100 μm <u>maximum</u> wicking allowance plus maximum etchback or smear removal allowance	80 μm <u>maximum</u> wicking allowance plus maximum etchback or smear removal allowance
Dielectric Removal E版本 2020/3	125 μm wicking allowance plus maximum etchback or smear removal allowance	100 μm wicking allowance plus maximum etchback or smear removal allowance	80 μm wicking allowance plus maximum etchback or smear removal allowance
Copper Penetration F版本 2023/9	Total copper penetration not to exceed the sum of both the 125 μm <u>maximum</u> wicking allowance plus maximum etchback or smear removal allowance	Total copper penetration not to exceed the sum of both the 100 μm <u>maximum</u> wicking allowance plus maximum etchback or smear removal allowance	Total copper penetration not to exceed the sum of both the 80 μm <u>maximum</u> wicking allowance plus maximum etchback or smear removal allowance

解释：
为了描述渗铜，IPC专家操碎了心，上面描述多多少少还是有些歧义，都不尽人意



3) IPC-6012F VS 6012E

(第3.6结构完整性主要修订, 3-6)



3.6.2.6凹蚀 当采购文件中有规定时, 在电镀前应当对印制板进行凹蚀, 从钻孔孔壁侧面去除树脂和/或玻璃纤维。凹蚀应当在 $5\sim 80\mu\text{m}$ 之间, 最佳蚀刻深度为 $13\mu\text{m}$, 如图 3-17 所示。允许每个连接盘的一侧出现蚀刻阴影, 即凹蚀应当至少在每个内层导体的顶部或底部有效。

3.6.2.6.1凹蚀的证据 (当有规定时) 当采购文件仅规定了凹蚀的证据 (即从侧面去除树脂和 / 或玻璃纤维的目视证据) 时, 每个孔中显示零凹蚀的层数 **不得超过两层**。所有其他层的凹蚀均应当大于零。

3.6.2.6.2铜渗透 由于凹蚀、芯吸和/或钻孔异常 (如刨削、撕裂) 的组合而导致的金属层之间的铜渗透, 只要不超过允许最大芯吸加上最大凹蚀或去钻污允许值之和, 就可以允许。如果没有观察到孔环 (如相切或破坏), 则应从钻孔边缘开始测量铜渗透, 以确定渗透范围。

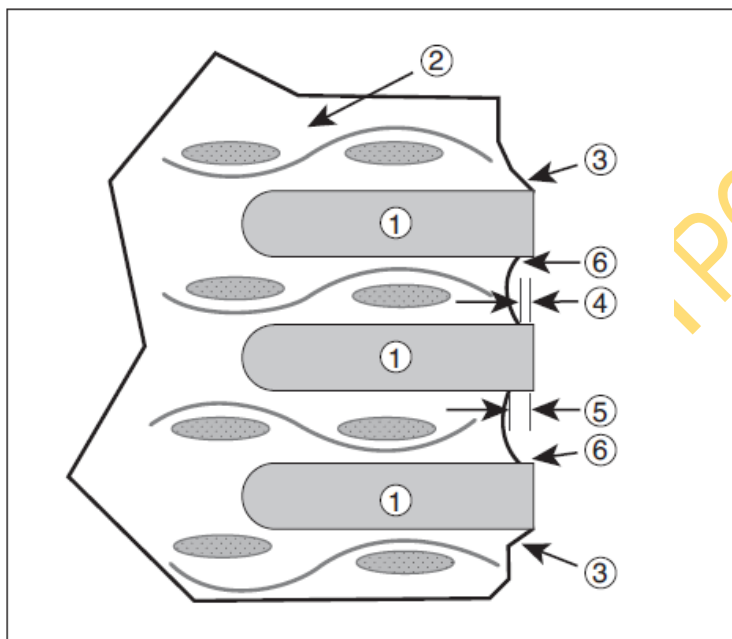


Figure 3-17 Measurement for Etchback

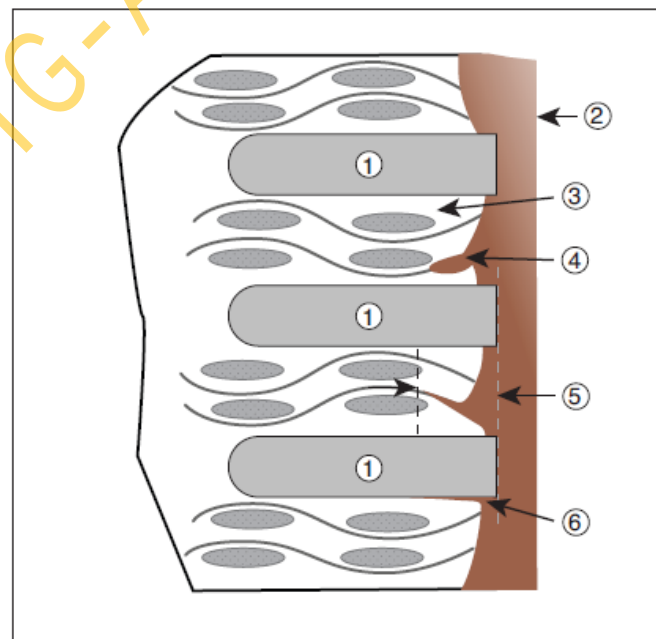


Figure 3-18 Measurement for Copper Penetration

3.6.2.11孔铜镀层

至少应当在**孔高的 40 - 60% 范围内进行一次测量**（测量位置示例见图 3-25）。孤立的厚或薄区域**不应当**用于计算均值。由于玻璃纤维突出造成的孤立区域铜箔厚度减薄**应当**满足表 3-10 到表 3-12 的最小厚度要求，测量从突出的末端到孔壁的镀层厚度。

3.6.2.11孔铜镀填塞导通孔（通孔、盲孔、埋孔及微导通孔） 当采购文件指定铜填充导通孔时，导通孔**应当**完全被铜填充。空洞被完全密封且总面积不超过填塞导通孔横断面面积的 25%，**应当**是可接受的，如图 3-37 及图 3-38 所示。在图 1-3 所示的 X 和 Y 尺寸线内，邻近空洞的最小镀层厚度**应当**满足表 3-10 至表 3-12 中的最小铜厚度要求，且**不应当**包括盖覆电镀。未按照这些限定要求完全密封的空洞是不可接受的。
填铜的微导通孔的突起（凸块）或凹陷（凹坑）的要求应符合表 3-14 的规定。 这里对填铜盲导通孔结构的突起或凹陷不作要求，但**应当**满足铜镀层厚度和最小介质间距要求。

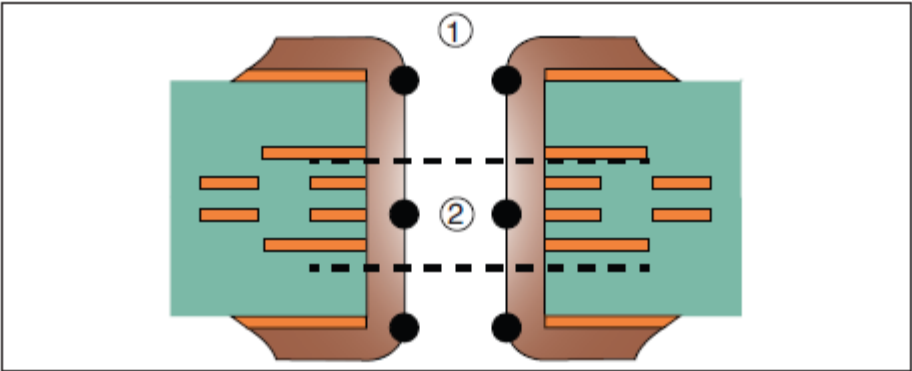


Figure 3-25 Example Measurement Locations for Hole Copper Plating

表 3-14 填铜的微导通孔中的凹陷和突起

设计的通孔直径	> 0.15mm	≤ 0.15mm
填充的导通孔凹陷（凹坑）- 最大		
填充的导通孔突起（凸块）- 最大		

3) IPC-6012F VS 6012E (第3.6结构完整性主要修订, 5-6)



3.6.2.15外层铜厚

表 3-18 电镀后成品印制板外层导体的厚度

重量 ¹ (oz/ft ²)	电镀导体箔部分的最小厚度(μm) [μin] ²	加工后最小电镀导体总厚度 (μm) [μin]	
		等级 1、2	等级 3
1/8 oz.	1.6 [61]	23.1 [909]	
1/4 oz.	3.1 [122]	26.2 [1,031]	
3/8 oz.	4.7 [183]	29.3 [1,154]	
1/2 oz.	5.7 [225]	33.4 [1,315]	
1 oz.	12.5 [490]	47.9 [1,886]	
2 oz.	27.9 [1,097]	78.7 [3,098]	
3 oz.	43.3 [1,705]	108.6 [4,276]	
4 oz.	58.8 [2,313]	139.5 [5,492]	

解释：
外层铜厚不管过程怎么减呀磨的，只要完成铜厚管够就行。
外层铜厚先在IPC-6013E修订，再在IPC-6012E Am1中修订。

3) IPC-6012F VS 6012E

(第3.6结构完整性主要修订, 6-6)



3.6.2.18 介质间距 最小介质间距应当在采购文件中规定。图 3-47 图示了最小介质层厚度的测量方法实例。

3.6.2.18.1 最小介质间距 最小介质间距和 / 或增强层的数量未作规定时, 以下要求适用:

最小介质间距应当为 $90\mu\text{m}$, 且增强层的数量应当由供应商选择, 以保证设计 (图纸) 在 2023 年 12 月 31 日或之前首次发布时达到最小介质间距。

最小介质间距应当为 $65\mu\text{m}$, 且增强层的数量应当由供应商选择, 以保证设计 (图纸) 在 2024 年 1 月 1 日或之前首次发布时达到最小介质间距。

当图纸中的标称介质厚度小于 $90\mu\text{m}$ 时, 则最小介质间距是 $25\mu\text{m}$, 且增强层的数量可由供应商选择 (芯层标称值 $25\mu\text{m}$ 或更小的介质间距不包括该要求)。

注: 应该采用低粗糙度的铜箔及小于 $90\mu\text{m}$ 的介质。具有传输线阻抗设计的产品要在采购文件中规定特殊要求和测量方法。

3.6.2.19 通孔、盲孔、埋孔及微导通孔结构的材料填充 当指定时, 在通孔、盲孔、埋孔及微导通孔结构的材料填充 (除镀铜或阻焊膜材料外) 需遵循以下要求:

对于 2 级和 3 级产品, 材料应当至少填充孔的 60%。对于 1 级产品, 孔内可以完全不填充材料。。。。

3) IPC-6012F VS 6012E

(第3.7阻焊膜主要修订, 1-1)



3.7.1 焊膜覆盖 由于制造变异造成的**划痕**、跳印、空洞、**夹杂物**和对位不准等, 阻焊膜的覆盖应受以下限制:

a) 要求阻焊膜覆盖的区域(包含阻焊坝或辐条), **不应当暴露金属导体**。如果要求使用阻焊膜修补覆盖这些区域, 则**应当**采用与原始使用的阻焊剂相兼容且具有相同耐焊接性和耐清洗性的材料。

。 。 。

d) 阻焊层不需要与连接盘表面齐平。阻焊定义的图形对位不准**不应当**暴露于与之相邻绝缘的连接盘和导体。**阻焊膜中的气泡和裂纹是可以接受的, 但不应扩展到表面。**

e) 如果不违反该级别产品的外层环宽要求, 需进行焊接连接的镀覆孔连接盘上允许有阻焊膜; 阻焊膜**不应当**侵入到此镀覆孔的孔壁上。其他表面如印制板边连接器接触片和表面贴装连接盘**应当**没有阻焊膜, 除非有其他规定。不需要焊接元器件引线的镀覆孔与导通孔内允许有阻焊膜, 除非采购文件要求这些孔完全被焊料填充。阻焊剂可以掩盖或填塞导通孔, 为了达到上述目的可以要求焊盘上阻焊最大高度为50μm。**对于阻焊膜塞孔, 只要保持堵塞, 阻焊膜材料中的气泡和裂纹是可以接受的。**用于组装测试的测试点**应当**没有阻焊膜, 除非规定对其进行覆盖。

j) **如果阻焊膜下或阻焊膜内的外来夹杂物没有使相邻导体之间的距离减小至低于 3.5.2 节规定的最小间距, 应当是可接受的。**

3) IPC-6012F VS 6012E

(第3.10特殊要求主要修订, 1-1)



3.10.16 导电阳极丝 (CAF) 迁移 CAF 迁移应当根据 IPC-TM-650 方法 2.6.25 进行测试。测试条件由供需双方协商确定。**试验时绝缘电阻应当大于或等于100MΩ。**

3.10.17 金属线键合盘表面粗糙度 引线键合焊盘原始区域的最大表面粗糙度应当使用印刷板内引线键合特征的样本、从 DPA 印刷板中提取的样本或根据适用的测试方法（例如 IPC-TM-650、方法 2.2.22 或由供需双方协商确定）提取的其他代表性样本来测量，并且应当为 0.8μm RMS（均方根）。关于表面粗糙度的更多信息，参见 ASME B46.1。

解释：

CAF监控，用户简单粗暴的控制，IR多少可通过，使得制造商很苦恼。CAF测试是个讲究活，请关注细节。

实际上①IPC是容许基于可靠性存在有一定比例的失效，②需要测试25个样品，保证失效机会数有7800个，③降低一个等级是预处理 R_i 后 ($\overline{\lg R_i} - 1$)。

可靠度= $\ln$ 合格率/ $\ln 0.95$ （或其他百分数）

4) IPC-6012F后续计划



- 1) IPC-6012FCN中文版标准发布, 预计2024年3月
- 2) CIT/CIS中文课件编写和开展培训, 预计2024年6月
- 3) IPC-6012G中国技术组标准活动启动, 预计2024年底开始

IPC-TG-AS

刚性印制板的鉴定及 性能规范IPC-6012F 升版差异解析

END

