ICS 点击此处添加 ICS 号
CCS 点击此处添加 CCS 号

T/

团 体 标 准

T/ XXXX—XXXX

AI 服务器主板用 40 层及以上 PCB 低损耗树脂技术要求

Technical requirements for low-loss resins used in AI server motherboards with 40 or more PCB layers

（征求意见稿）

在提交反馈意见时，请将您知道的相关专利连同支持性文件一并附上。

XXXX－XX－XX 发布 XXXX－XX－XX 实施

发 布

目　　次

前言 II
1　范围 1
2　规范性引用文件 1
3　术语和定义 1
4　缩略语 2
5　技术要求 2
6　试验方法 5
7　检验规则 7
8　标志、包装、运输和贮存 7
附录 A（规范性）　40 层及以上 PCB 低损耗树脂标准评价板 9
附录 B（资料性）　AI 服务器 40 层及以上 PCB 推荐性能分级 10
附录 C（资料性）　推荐材料技术路线 11
附录 D（资料性）　国内外标准及技术资料对照 12
参考文献 13

前　言

本文件按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则　第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由中国互联网协会提出。

本文件起草单位：

本文件主要起草人：

AI服务器主板用40层及以上PCB低损耗树脂技术要求

1　范围

本文件规定了AI服务器主板用40层及以上印制电路板（PCB）低损耗树脂的技术要求、试验方法、检验规则以及标志、包装、运输和贮存。

本文件适用于AI服务器主板用40层及以上PCB低损耗树脂（包括覆铜板用树脂基体材料、半固化片用树脂及PCB压合用树脂材料）的生产、检验、交付和使用。其他高性能计算、数据中心等应用场景的40层及以上高速PCB用低损耗树脂可参照执行。

2　规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB 15258　化学品安全标签编写规定

GB 26572　电器电子产品有害物质限制使用要求

GB/T 191　包装储运图形符号标志

GB/T 1408.1　绝缘材料　电气强度试验方法　第1部分：工频下试验

GB/T 2408　塑料　燃烧性能的测定　水平法和垂直法

GB/T 2423.3　环境试验　第2部分：试验方法　试验Cab：恒定湿热试验

GB/T 2423.22　环境试验　第2部分：试验方法　试验N：温度变化

GB/T 2828.1　计数抽样检验程序　第1部分：按接收质量限（AQL）检索的逐批检验抽样计划

GB/T 2829　周期检验计数抽样程序及表(适用于对过程稳定性的检验)

GB/T 4722—2017　印制电路用刚性覆铜箔层压板试验方法

GB/T 5169.16　电工电子产品着火危险试验　第16部分：试验火焰　50 W水平与垂直火焰试验方法

GB/T 6388　运输包装收发货标志

GB/T 31838.2　固体绝缘材料　介电和电阻特性　第2部分：电阻特性(DC方法)　体积电阻和体积电阻率

GB/T 39560.302　电子电气产品中某些物质的测定　第3-2部分：燃烧-离子色谱法（C-IC）筛选聚合物和电子件中的氟、氯和溴

3　术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

低损耗树脂　low-loss resin

用于高速、高频PCB，在规定频率范围内具有较低介质损耗，并兼具耐热、低吸湿、低热膨胀和可靠性等综合性能的树脂体系。

3.2

40层及以上PCB　PCBs with 40 or more layers

采用40层或以上导电层/信号层、用于服务器、高性能计算或数据中心设备的多层印制电路板。

3.3

树脂基体材料　resin matrix material

经固化后形成PCB绝缘介质层的树脂及其助剂、固化剂、填料等组成的体系。

3.4

标准评价板　standard evaluation test board

采用本文件规定的玻璃纤维布、树脂含量和固化制度制备，用于评价树脂固化物综合性能的标准化层压板。

3.5

树脂固化膜 cured resin film

不含玻璃纤维增强材料，经规定固化制度制得的树脂固化物薄膜，用于评价树脂本征Dk、Df及吸湿等性能。

3.6

压合工艺窗口 lamination process window

在满足流动、填充、固化和厚度控制要求的条件下，树脂体系允许的温度、压力、时间及升温速率范围。

3.7

CAF conductive anodic filament

导电阳极丝；在潮湿、电场及离子污染共同作用下，绝缘材料内部或界面发生金属离子迁移并形成导电通路的失效现象。

4 缩略语

下列缩略语适用于本文件。

AI：Artificial Intelligence，人工智能
PCB：Printed Circuit Board，印制电路板
CCL：Copper Clad Laminate，覆铜箔层压板
Dk：Dielectric Constant，介电常数
Df：Dissipation Factor，介质损耗角正切
Tg：Glass Transition Temperature，玻璃化转变温度
Td：Thermal Decomposition Temperature，热分解温度
CTE：Coefficient of Thermal Expansion，热膨胀系数
CAF：Conductive Anodic Filament，导电阳极丝
HVLP：Very Low Profile，超低轮廓（铜箔）
DSC：Differential Scanning Calorimetry，差示扫描量热法
TGA：Thermogravimetric Analysis，热重分析
DMA：Dynamic Mechanical Analysis，动态力学分析
UL：Underwriters Laboratories，美国保险商实验室
IPC：Association Connecting Electronics Industries，电子工业联接协会
PPO/PPE：Polyphenylene Oxide/Polyphenylene Ether，聚苯醚
PTFE：Polytetrafluoroethylene，聚四氟乙烯
BMI：Bismaleimide，双马来酰亚胺
PCT：Pressure Cooker Test，高压蒸煮试验

5 技术要求

5.1 一般要求

树脂产品应具有稳定的批次一致性，固化后应形成连续、均匀、无明显孔洞和相分离的绝缘介质。树脂体系宜采用低极性、低吸湿结构设计，并可采用PPO/PPE、氰酸酯、活性酯、BMI、改性环氧、碳氢树脂、PTFE或其复合体系。具体树脂化学组成不作限定。

对于用于40层及以上PCB的树脂，应兼顾低损耗与多层压合、热可靠性、尺寸稳定性、CAF可靠性和机械加工性能，不应仅以单一Dk或Df指标判定。

5.2 外观

树脂溶液应均匀、透明或呈均一规定颜色，不应有明显凝胶、沉淀、异物和分层；固体树脂应色泽均匀、无明显机械杂质、结块和焦化物；半固化片应浸润均匀、无明显干斑、气泡、皱褶、破损和异物。

5.3 物理性能

物理性能见表1。

表 1 物理性能

项目	要求	适用对象
树脂固含量	实测值±2.0%以内，或按供需双方约定	树脂溶液
黏度	标称值±20%以内	树脂溶液
凝胶时间	标称值±20%以内	树脂/胶液
树脂含量	标称值±2.0 个百分点	半固化片
挥发分	≤0.5%	半固化片
固化度	≥95%；高可靠等级≥97%	树脂固化物/半固化片
标准评价板厚度偏差	≤±5%；精密等级≤±3%	评价板

5.4 电性能

5.4.1 介电常数（Dk）

介电常数见表2。

表 2 介电常数

等级	Dk@10 GHz	Dk@28 GHz	Dk@40 GHz	Dk@56 GHz
LL-40 基础级	≤3.50	≤3.50	≤3.55	—
LL-40-H 高性能级	≤3.40	≤3.40	≤3.45	≤3.50
ULL-40 超低损耗级	≤3.30	≤3.30	≤3.35	≤3.40

Dk应采用树脂固化膜测定；对于实际应用评价，应同时采用标准评价板测定有效Dk。供需双方可约定Dk测试方向及树脂含量。

5.4.2 介电常数/介质损耗温度特性

介电常数/介质损耗温度特性见表3。

表 3 介电常数/介质损耗温度特性

等级	温度范围	Dk 最大相对变化	Df 最大相对变化
LL-40 基础级	−40 ℃～125 ℃	≤6%	≤25%
LL-40-H 高性能级	−40 ℃～125 ℃	≤5%	≤20%
ULL-40 超低损耗级	−55 ℃～150 ℃	≤5%	≤15%

5.4.3 介电常数/介质损耗频率特性

介电常数/介质损耗频率特性见表4。

表 4 介电常数/介质损耗温度特性

等级	Df@10 GHz	Df@28 GHz	Df@40 GHz	Df@56 GHz
LL-40 基础级	≤0.0025	≤0.0030	≤0.0035	—
LL-40-H 高性能级	≤0.0020	≤0.0022	≤0.0026	≤0.0030
ULL-40 超低损耗级	≤0.0015	≤0.0018	≤0.0021	≤0.0025

当产品宣称用于112 G及以上SerDes或56 GHz级信号通道时，应至少满足LL-40-H高性能级；用于更高带宽或超长通道时宜采用ULL-40等级。

5.4.4 体积电阻率与表面电阻率

体积电阻率与表面电阻率见表5。

表 5 体积电阻率与表面电阻率

项目	LL-40	LL-40-H高性能级/ULL-40超低损耗级
体积电阻率	≥1.0×10^15 Ω·cm	≥1.0×10^15 Ω·cm
表面电阻率	≥1.0×10^14 Ω	≥1.0×10^14 Ω

5.4.5 介电强度

标准评价板的介电强度应≥25 kV/mm；高性能级及ULL-40应≥30 kV/mm。

5.5 热性能

热性能见表6。

表 6 热性能

项目	LL-40基础级	LL-40-H高性能级	ULL-40超低损耗级
Tg/℃	≥180 ℃	≥200 ℃	≥210 ℃
Td（5%失重）	≥350 ℃	≥370 ℃	≥380 ℃
Z向热膨胀系数，Tg以下，CTE	≤55 ppm/℃	≤50 ppm/℃	≤45 ppm/℃
Z向热膨胀系数，Tg以上，CTE	≤300 ppm/℃	≤280 ppm/℃	≤250 ppm/℃
回流焊耐热性（260 ℃）	3次，无分层、起泡、裂纹	3次，无分层、起泡、裂纹	3次，无分层、起泡、裂纹
阻燃性	UL 94 V-0	UL 94 V-0	UL 94 V-0

5.5.1 玻璃化转变温度（Tg）

LL-40基础级树脂的玻璃化转变温度（Tg）应不低于180 ℃；LL-40-H高性能级树脂的玻璃化转变温度（Tg）应不低于200 ℃；ULL-40超低损耗级树脂的玻璃化转变温度（Tg）应不低于210 ℃。

5.5.2 热分解温度（Td）

LL-40基础级树脂的热分解温度（Td）应不低于350 ℃；LL-40-H高性能级树脂的热分解温度（Td）应不低于370 ℃；ULL-40超低损耗级树脂的热分解温度（Td）应不低于380 ℃。

5.5.3 热膨胀系数（CTE）

LL-40基础级、LL-40-H高性能级和ULL-40超低损耗级树脂的Z向热膨胀系数（CTE）在Tg以下应分别不大于55 ppm/℃、50 ppm/℃和45 ppm/℃；在Tg以上应分别不大于300 ppm/℃、280 ppm/℃和250 ppm/℃。

5.5.4 耐热性

试样经260 ℃回流焊3次后，应无分层、起泡和裂纹。

5.5.5 阻燃性

LL-40基础级、LL-40-H高性能级和ULL-40超低损耗级树脂固化物的阻燃等级均应达到UL 94 V-0。

5.6 机械性能

机械性能见表7。

表 7 机械性能

项目	要求	试验对象

弯曲强度	≥80 MPa	标准评价板
弯曲模量	≥2.5 GPa	标准评价板
铜箔剥离强度	≥0.70 N/mm；高性能级≥0.80 N/mm	标准评价板
热处理后剥离强度保持率	≥80%	标准评价板

5.7 化学性能

化学性能见表8。

表 8 化学性能

项目	条件	合格判据
耐化学试剂性	按 6.7 规定，常温浸泡 24 h	外观无明显起泡、开裂、溶胀；质量变化≤1.0%
耐水解/PCT	121 ℃、100%RH、168 h	无分层/起泡；Dk 变化≤5%；Df 增加≤15%；剥离强度保持率≥80%
CAF	85 ℃/85%RH，1000 h；测试间距≤150 μm	不得发生绝缘失效；绝缘电阻≥1×10^8 Ω

5.8 环境适应性

5.8.1 高温高湿老化

高温高湿老化：85 ℃、85%RH、1000 h。老化后Dk变化应≤5%，Df增加应≤15%，Tg下降应≤15 ℃，铜箔剥离强度保持率应≥80%，且不得出现分层、起泡和裂纹。

5.8.2 热循环/回流焊可靠性

热循环采用−40 ℃～125 ℃，1000次；高可靠等级采用−55 ℃～150 ℃，1000次。试验后不得出现分层、裂纹和明显翘曲，绝缘电阻应≥1×10^8 Ω。回流焊试验采用260 ℃峰值温度、3次循环。

5.9 加工工艺性

5.9.1 压合工艺窗口

应形成可稳定量产的温度/压力/时间窗口；最低有效窗口不应小于20 ℃或等效工艺容差。

5.9.2 流动与固化特性

应满足40层及以上板的内层线路填充；推荐流动量由供需双方根据玻璃布型号和铜厚确定；DSC固化反应应具有明确放热峰；固化后转化率≥95%；100 μm～150 μm级线路间隙不应出现明显空洞；精密等级应满足供需双方规定的更小间隙。规定储存期内黏度、凝胶时间和固化特性偏差≤20%。

5.9.3 机械加工性能

钻孔、铣边及激光加工后不得出现大面积分层、毛刺或树脂拉裂。

5.10 有害物质限量

树脂材料中有害物质的限量应符合GB 26572的相关要求。

6 试验方法

6.1 试验条件与试样制备

除另有规定外，试验环境为23±2 ℃、50±10%RH。电性能试样在试验前至少调湿24 h；仲裁试验可采用23±2 ℃、50±5%RH、96 h预处理。

树脂固化膜按供方推荐固化制度制备；若供方未提供固化方案，则采用180 ℃×60 min后再200 ℃×60 min的参考方案，并在报告中注明。标准评价板采用E-glass或等效低介电玻璃布，树脂含量控制在50±3%，层压后厚度0.8 mm～1.0 mm。

6.2 外观检查

采用目视或3～10倍放大镜检查。

6.3 物理性能试验

物理性能试验应按检测对象分别进行：树脂溶液检测固含量、黏度和凝胶时间；半固化片检测树脂含量、挥发分及流动性；固化物检测固化程度。优先采用GB/T 4722中适用的方法；其他方法应明确具体步骤并经供需双方确认。

6.4 电性能试验

电性能试验：体积/表面电阻率按GB/T 31838.2的方法；介电强度按GB/T 1408.1的方法；Dk/Df优先采用IEC 61189-2-721的SPDR方法进行1 GHz～20 GHz以上测试；20 GHz以上频段可采用经校准的SPDR、split-cylinder resonator或TRL测试方法。测试方法、频率、温度及试样厚度应在报告中注明。

6.5 热性能试验

热性能试验：Tg采用DMA或DSC并注明方法；Td采用TGA，以5%失重温度表示；CTE采用热机械分析法；耐热性优先按GB/T 4722适用方法。阻燃等级按GB/T 2408，或GB/T 5169.16试验。

6.6 机械性能试验

铜箔剥离强度及热处理后剥离强度按照GB/T 4722—2017中7.2规定的方法测定。试验应采用标准评价板，并记录铜箔类型、厚度、表面处理方式及试验条件。热处理后剥离强度保持率按热处理后剥离强度与初始剥离强度之比计算，以百分数表示。标准评价板的铜箔剥离强度应不低于0.70 N/mm；高性能级及超低损耗级应不低于0.80 N/mm。经规定热处理后，标准评价板的铜箔剥离强度保持率应不低于80%。

6.7 化学性能试验

耐化学试剂性按照GB/T 4722—2017中6.2规定的方法进行测定。采用与PCB制造工艺相关的酸、碱及有机溶剂进行耐化学试剂性试验。试样在23 ℃±2 ℃条件下浸泡24 h，试验前后测定试样质量并检查外观变化。试验所用试剂的种类、浓度及试样处理条件应在试验报告中注明。质量变化率按试验前后质量差与初始质量之比计算。

采用高压蒸煮试验（PCT）评价材料的耐水解性能。试样在121 ℃饱和水蒸气环境下处理168 h，试验后检查分层、起泡及裂纹等缺陷，并按第6.4条和第6.6条规定的方法测定介电性能及铜箔剥离强度，计算相应性能变化率或保持率。

采用具有规定孔间距的PCB试验样板，在85 ℃±2 ℃、相对湿度85%±5%条件下施加规定直流偏压，持续试验1000 h。试验期间监测绝缘电阻变化，试验结束后检查导电阳极丝（CAF）形成情况。试验报告应注明试样结构、孔间距、施加电压、试验时间及失效判定准则。IEC 61189-5-503:2017可作为CAF方法开发的资料性参考。

6.8 环境适应性试验

高温高湿老化试验：按照GB/T 2423.3—2016规定的方法进行。试验条件为85 ℃±2 ℃、相对湿度85%±5%，持续1000 h。试验后按照本文件第5.8.1条规定的指标进行评价。

热循环试验：按照GB/T 2423.22—2012规定的方法进行。试验温度范围为−40 ℃～125 ℃，循环1000次；高可靠等级试验温度范围为−55 ℃～150 ℃，循环1000次。试验应明确温度转换速率、高低温保持时间及循环次数。

回流焊耐热性试验：采用模拟回流焊方法进行试验，峰值温度为260 ℃±5 ℃，连续进行3次回流焊热循环。试验后检查试样是否出现分层、起泡和裂纹。

试验报告应记录试样结构、预处理条件、升降温速率、峰值温度保持时间及循环次数。环境适应性试验：高温高湿按规定温湿度进行；热循环按规定温度范围和循环次数进行；回流焊采用峰值260 ℃±5 ℃。

6.9 加工工艺性试验

加工工艺性试验：采用实际40层及以上PCB典型叠构或标准评价板进行压合窗口、填充、固化、钻孔和层间可靠性评价。压合温度、压力、升温速率、保压时间及冷却制度应完整记录。

6.10 有害物质限量试验

有害物质的测定应按照GB/T 39560系列标准中适用的方法进行。

对于有无卤要求的产品，溴（Br）和氯（Cl）含量应符合供需双方约定的限值及适用标准要求，并按照GB/T 39560.302的适用方法进行检测。

7 检验规则

检验规则采用GB/T 2828.1作为逐批抽样检验的主要依据，GB/T 2829作为周期检验的补充依据，并结合树脂材料的具体性能补充检验项目和合格判定规则。

7.1 检验分类

检验分类分为出厂检验和型式检验。检验项目应根据树脂产品形态及实际应用要求确定。

7.2 出厂检验

每批产品出厂前应进行出厂检验。出厂检验项目应包括外观及与产品形态相适应的关键物理性能。抽样检验可按照GB/T 2828.1或经供需双方确认的适用抽样方案执行。

7.3 型式检验

型式检验应包括本文件规定的适用技术要求。新产品定型、主要原材料或生产工艺发生重大变化、连续停产6个月以上恢复生产以及正常生产周期性质量评价时，应进行型式检验。

采用计数抽样评价生产过程稳定性时，可按照GB/T 2829执行。具体检验周期及抽样方案应在产品技术文件中明确。

7.4 组批与抽样

同一产品型号、同一配方、同一生产工艺及连续生产条件下生产的产品作为一批。检验样品应具有代表性。树脂溶液、固体树脂及半固化片应分别制定相应的取样方法。计数型检验项目的抽样方案按照GB/T 2828.1确定；计量型检验项目的抽样方案应依据其适用标准或经验证的方法确定。

7.5 判定规则

全部规定项目符合要求时判为合格。若出现不合格项目，应加倍取样复验该项目；复验仍不合格，则该批判为不合格。安全、环保及法规强制性项目不得通过复验降低判定要求。

8 标志、包装、运输和贮存

8.1 标志

产品包装应标明产品名称、型号/等级、批号、生产日期、净含量、保质期、生产单位、执行标准编号及储存条件。运输包装标志应符合GB/T 191和GB/T 6388的相关规定。涉及危险化学品时其安全标签应符合GB 15258的规定。

8.2 包装

包装应具有防潮、防污染、防机械损伤功能。树脂溶液应采用与树脂体系相容的密封容器；半固化片应采用防潮阻隔包装。

8.3 运输

运输过程中应避免日晒、雨淋、高温、冻结、剧烈振动和倒置；温度敏感型树脂应按供方规定的温度条件运输。

8.4 贮存

树脂产品应储存在阴凉、干燥、通风、避光环境。推荐储存温度5 ℃～25 ℃，相对湿度≤60%；需冷藏产品按供方规定执行。半固化片宜在≤23 ℃、RH≤50%的条件下储存。超过保质期的产品应重新检验凝胶时间、固化特性和关键电性能，合格后方可使用。

附　录　A
（规范性）
40 层及以上 PCB 低损耗树脂标准评价板

A.1　标准评价板用于评价树脂固化物的本征电性能、热性能、机械性能及环境可靠性。

A.2　推荐结构：E-glass 低介电玻璃布/树脂体系，树脂含量 50±3%，层压板厚度 0.8～1.0 mm。

A.3　固化制度：优先采用供方推荐制度；仲裁时采用本文件 6.1 规定的参考制度。

A.4　高频测试至少覆盖 10 GHz、28 GHz；宣称 40 GHz 以上应用时应增加 40 GHz；宣称 56 GHz 级应用时应增加 56 GHz。

A.5　高频测试报告应注明测试方法、仪器型号、校准方式、试样厚度、树脂含量、测试温度和湿度。

附 录 B
（资料性）
AI 服务器 40 层及以上 PCB 推荐性能分级

推荐性能分级见表B1。

表 B.1 推荐性能分级

等级	典型应用	Dk@10 GHz	Df@10 GHz	Tg	Z-CTE(Tg以上)	主要定位
LL-40	40～48层AI服务器主板	≤3.50	≤0.0025	≥180 ℃	≤55 ppm/℃	通用低损耗
LL-40-H	40层以上高速AI服务器主板	≤3.40	≤0.0020	≥200 ℃	≤50 ppm/℃	高性能
ULL-40	高带宽/长距离高速通道	≤3.30	≤0.0015	≥210 ℃	≤45 ppm/℃	超低损耗

附 录 C
（资料性）
推荐材料技术路线

C.1 低极性 PPO/PPE 体系：通过降低分子极性、降低吸湿率及引入可反应端基，在保持加工性的同时降低 Dk/Df。美国公开专利 US20140044918A1 公开了功能化低分子量 PPE、交联剂和引发剂组成的树脂体系，并用于半固化片和覆铜板。

C.2 活性酯体系：通过降低固化网络中的极性羟基含量实现低介电损耗，同时兼顾环氧固化和耐热性能。日本 JP5152445B2 公开了活性酯树脂作为环氧固化剂用于获得低 Dk、低 Df 和耐热性的技术路线。

C.3 PPE/氰酸酯/环氧复合体系：通过氰酸酯提高 Tg 和交联密度，通过 PPE 降低介质损耗，并通过交联剂改善尺寸稳定性。韩国 KR101556658B1 及其美国同族专利公开了该类组合思路。

C.4 含磷活性酯/低介电阻燃体系：中国台湾地区 TW201623377A 公开了含磷多酚活性酯用于低介电覆铜板的技术路线，可作为低损耗与无卤阻燃协同设计的参考。

C.5 本文件不限定上述任何一种树脂化学结构。只要产品满足本文件规定的性能要求，均可作为合格低损耗树脂。

附 录 D
（资料性）
国内外标准及技术资料对照

国内外标准及技术资料对照见表D1。

表 D.1 国内外标准及技术资料对照

地区/组织	标准或专利	本文件参考内容
美国/IPC	IPC-4101F:2026	刚性及多层PCB基材、层压板和半固化片的分类与性能评价框架
美国/IPC	IPC-TM-650	介电、热、机械、可靠性等试验方法体系
美国/UL	UL 94	阻燃性能分级
日本/JSA	JIS C 6480:1994	覆铜板分类、性能和标志框架
日本/JSA	JIS C 6481:1996	覆铜板电、热、机械、化学等试验方法
日本/专利	JP5152445B2	活性酯低Dk/低Df及耐热技术路线
日本/专利	JPWO2009008471A1	活性酯/环氧介电层及PCB应用
美国/专利	US20140044918A1	功能化PPE、半固化片及覆铜板
韩国/专利	KR101556658B1	PPE/氰酸酯/环氧低介电低损耗体系
中国台湾地区/专利	TW201623377A	含磷活性酯低介电及阻燃体系

参 考 文 献

[1] IPC-4101F:2026, Specification for Base Materials for Rigid and Multilayer Printed Boards.

[2] IPC-TM-650, Test Methods Manual.

[3] IEC 61189-2-721:2015, Test methods for electrical materials, printed boards and other interconnection structures and assemblies — Part 2-721.

[4] JIS C 6480:1994, General rules of copper-clad laminates for printed wiring boards.

[5] JIS C 6481:1996, Test methods of copper-clad laminates for printed wiring boards.

[6] JP5152445B2, Active ester resin, production method thereof, thermosetting resin composition, cured product thereof, semiconductor sealing material, prepreg, circuit board, and build-up film.

[7] JPWO2009008471A1, Copper foil with dielectric layer.

[8] US20140044918A1, Polyphenylene ether resin composition, and a prepreg and a copper clad laminate made therefrom.

[9] KR101556658B1, Thermoplastic resin composition having excellent heat resistance and low permittivity, prepreg and copper clad laminate using the same.

[10] TW201623377A, Phosphinated polyphenols with active ester linkages for low-dielectric copper clad laminate.

[11] IEC 61189-2-721 Test methods for electrical materials, printed boards and other interconnection structures and assemblies - Part 2-721: Test methods for materials for interconnection structures - Measurement of relative permittivity and loss tangent for copper clad laminate at microwave frequency using a split post dielectric resonator

[12] IEC 61189-5-503:2017 Test methods for electrical materials, printed board and other interconnection structures and assemblies - Part 5-503: General test method for materials and assemblies - Conductive anodic filaments (CAF) testing of circuit boards

[13] GB/T 1634.2 塑料 负荷变形温度的测定 第2部分：塑料和硬橡胶.

[14] GB/T 2035 塑料术语.

[15] GB/T 2572 纤维增强塑料平均线膨胀系数试验方法.

[16] GB/T 2611 试验机通用技术要求.

[17] GB/T 4723 印制电路用覆铜箔酚醛纸层压板.

[18] GB/T 13542.1 电气绝缘用薄膜 第1部分：定义和一般要求.

[19] GB/T 19466.1 塑料 差示扫描量热法（DSC） 第1部分：通则.

[20] GB/T 19466.2 塑料 差示扫描量热（DSC）法 第2部分：玻璃化转变温度和台阶高度的测定.

[21] GB/T 19466.3 塑料 差示扫描量热法（DSC） 第3部分：熔融和结晶温度及热焓的测定.