

刚性PCB用材料及聚四氟乙烯 (PTFE) 与FR4混压工艺介绍

主要内容

- 一、材料相关的国内、国际标准;
- 二、PCB材料相关的术语与定义;
- 三、板材厚度公差及国际标准;
- 四、PCB常用材料的分类及介绍;
- 五、高频用途需要low Dk, Df材料的原因;
- 六、高频材料选择的需要考虑的因素;
- 七、高性能FR-4材料;
- 八、非PTFE高频应用材料;
- 九、非PTFE高频材料对应PP片;
- 十、聚四氟乙烯(PTFE)材料性能介绍;
- 十一、PTFE材料的选择;
- 十二、PTFE高频材料使用的半固化片;
- 十三、Taconic RF-35材料介绍;
- 十四、采用RF-35与FR4材料混压的主要目的;
- 十五、RF-35与FR4混压的运用及制作工艺;

一、PCB材料相关的国内国际标准;

序号	编号	名称
1	IPC-4101B	PCB用材料规范
2	IPC-4103	高速PCB用材料规范
3	IPC-4104	HDI和微孔材料规范
4	IPC-TM-650	测试方法手册
5	IPC-4562	PCB用铜箔规范
6		
7		
8		

二、PCB材料相关的术语与定义(1);

- 1、电子级玻璃 E glass: 具有良好电子性能的低碱氧化铝硼硅玻璃;
- 2、环氧树脂Epoxy Resin: 由表氯醇和双酚A反应合成的含有最少两个可反应的环氧乙烷环的热固化树脂。
- 3、纬Fill : 横向织入织物的纱线。
- 4、填料Filler: 加入材料中以改善坚硬度、容积或其他性能的物料。
- 5、弯曲强度Flexural strength: 材料弯曲时, 最外层纤维的拉伸强度;
- 6、玻璃布Glass Cloth: 编织玻璃纤维束成为织物层的柔韧的材料。
- 7、阻燃玻璃布增强环氧树脂FR-4 : Flame Retardant indicates woven glass reinforced epoxy resin.
- 8、玻璃转化温度Glass transition temperature (Tg): 非晶态聚合物或部分结晶但仍属非晶态的聚合物, 从硬而相对脆性的玻璃态转变为粘流态或高弹态时的温度。

二、PCB材料相关的术语与定义(2);

- 9、卤化物含量 Halide content 在物质中，游离的卤化物质量与固体物质质量的比率，以游离氯离子的质量百分率来表示。
- 10、耐热性 Heat Resistance: 当温度发生变化时，材料阻止自身物理特性变化的程度。
- 11、微波板基材 Microwave Laminate: 绝缘材料成分经过特别选择，可以在微波频率下使用的一种印制电路覆金属箔基板材料。
- 12、微波 Microwaves 频率在1GHz到100GHz范围内的无线电波。
- 13、剥离强度 Peel Strength: 从层压板上剥离单位宽度的导电箔所需要的垂直于基材表面的力。
- 14、酚醛树脂 Phenolic Resin 应用在印制线路板上的一种热硬化的苯酚和乙醛混合物形成的树脂，这种物质能很好的适应湿气、温度和冷热冲击。

二、PCB材料相关的术语与定义(3);

- 15、热分解温度Td: 用热重分析法将树脂加热到失重5%时的温度点定义为热分解温度Td。
- 16、聚合物裂解 Polymer Reversion 由于含活性羟基的蒸汽分子对聚合物的轰击，聚合物水解引起不可逆的软化和液化。
- 17、预浸材料 Prepreg 预浸一种树脂并被固化至中间阶段的片状材料。例如B阶树脂的片状材料。
- 18、相对介电常数 Relative Permittivity(ϵ_r): 相对介电常数是一种物质相对于自由空间的介电比率。
- 19、热导率 Thermal Conductivity: 材料的一种性能，描述在一定输入热量下该材料单位面积传热的速率。
- 20、热冲击试验 Thermal Shock Test: 是环境试验的一种，检查一种产品或材料由于快速高低温循环而产生的特性变化。

二、PCB材料相关的术语与定义(4);

- 21、热塑性塑料 Thermoplastic: 在加热下能重复软化和再成型, 并且内在性能没有任何本质变化, 而在冷却时又会硬化的塑料。
- 22、热固性塑料 Thermoset: 在高温下引起化学反应, 成为相对不熔的或交联的状态, 以后再加热不能软化或再成型的塑料。
- 23、基材 Base Material: 可以在其上面形成导电图形的绝缘材料 (基材可以是刚性的或挠性的, 或两者兼是, 基材可以是非导电板材或加绝缘层的金属板材)。
- 24、热膨胀系数 Coefficient of Thermal Expansion (CTE): 每单位温度变化引起材料的线性尺寸变化。
- 25、热膨胀系数Z-CTE: 材料在受热后在Z轴方向的膨胀程度衡量值, 通常测量Tg之前与之后2个数值, 以及50-260度的变化比例。

三、板材厚度公差及国际标准;

厚度范围 (mm)	B级 (二级) 公差	C级 (三级) 公差
0.025-0.119	± 0.018	± 0.013
0.120-0.164	± 0.025	± 0.018
0.165-0.299	± 0.038	± 0.025
0.300-0.499	± 0.050	± 0.038
0.500-0.785	± 0.064	± 0.050
0.786-1.039	± 0.10	± 0.075
1.040-1.674	± 0.13	± 0.075
1.675-2.564	± 0.18	± 0.10

四、PCB常用材料的分类---按增强材料分类;

- 1、纸基板; 又分酚醛树脂 (FR-1、FR-2)、环氧树脂 (FR-3)、聚酯树脂纸基板;
- 2、玻璃布基; 又分环氧树脂 (FR-4)、耐热环氧树脂 (FR-5、G11)、聚酰亚胺树脂 (GPY)、聚四氟乙烯树脂板;
- 3、复合材料基板: 又分纸芯玻璃布面环氧树脂 (CEM1、CEM2)、玻璃布芯玻璃布面环氧树脂 (CEM3)、聚酯树脂复合基板;
- 4、特殊基板: 又分金属类、陶瓷类、耐热热塑性、挠性基板等。

四、PCB常用材料的分类---按树脂类型分类;

酚醛树脂 (Phenolic)

环氧树脂 (Epoxy)

聚酰亚胺树脂 (Polyimide, PI)

聚四氟乙烯 (Polytetrafluorethylene, 简称PTFE或称TEFLON)

5. 双马来酰胺三嗪树脂 (Bismaleimide Triazine 简称 BT)

氰酸酯树脂 (Cyanide Ester 简称CE)

四、PCB常用材料的分类---按板材用途分类;

- 1、常规板材: FR-4、高Tg FR-4;
- 2、高频板材: 高性能FR-4、PTFE、非PTFE&BT;
- 3、高耐热性: PI;
- 4、其他特殊用途(无卤、CAF、散热等)。

五、为何高频用途需要low Dk, Df材料?

1、需要Low Dk的原因:

信号的传送速度与材料介电常数的平方根成反比，介电常数越低，信号传输速度越快。

2、需要Low Df的原因:

介质损耗Df是指信号在介质传输中的丢失，Df越小信号损失也就越小。

六、高频材料选择的需要考虑的因素

- 1、介电常数（**Dk**）：介电常数大小与随频率变化的性能；
- 2、介质损耗（**Df**）：介质损耗大小与随频率变化的性能；
- 3、介电常数的温度稳定性（**TCK**）；
- 4、使用铜箔的类型：高频的趋肤效应对铜箔的类型有关；
- 5、厚度公差：基材厚度是决定高频性能的重要因素，在高频设计当中还影响层间信号的干扰，选择越多，设计带来的便利越多；
- 6、材料的**PCB**可加工性；
- 7、成本因素：不同厂家的差别；
- 8、采购的问题：国外军方限制、采购周期、最小订购量等。

七、高性能FR-4材料

Nelco N4000-13和N4000-13SI的Df为10Hz下参数，其余为1GHZ下参数：

- | | |
|---------------------|--|
| 1、 Shengyi S1860 | Dk=3.6; Df=0.008 ;Tg=210 °C; Td =335°C |
| 2、 Isola FR408HR | Dk=3.7; Df=0.0091 Tg=200 °C |
| 3、 Isola Getek | Dk=3.9; Df=0.010 Tg=180 °C |
| 4、 Nelco N4000-13 | Dk=3.7; Df=0.009 Tg=210 °C |
| 5、 Nelco N4000-13SI | Dk=3.4; Df=0.008 Tg=210 °C |
| 6、 Isola IS620 | Dk=3.6; Df=0.008 Tg=200°C |

以上建议优先选用N4000-13和N4000-13SI

八、非PTFE高频应用材料

10GHZ参数

1、Rogers RO4350B	Dk=3.48; Df=0.0037	UL94VO
2、Rogers RO4003C	Dk=3.38; Df=0.0027	N/A
3、Arlon 25FR	Dk=3.58; Df=0.0035	UL94VO
4、Arlon 25N	Dk=3.38; Df=0.0025	N/A

需要注意的是

RO4350B 4mil Dk=3.36; 25FR中没有4mil的厚度规格
(即要用到4mil厚度时必须用RO4350B代替)

推荐使用RO4350B

九、非PTFE高频材料对应PP片

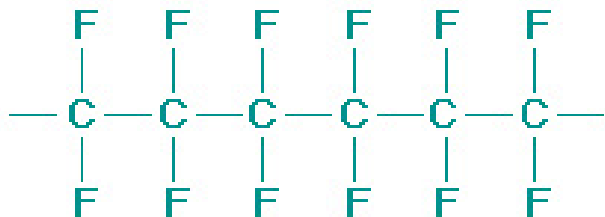
- 1、Rogers RO4450B (3.9mil) Dk=3.54; Df=0.004 UL94VO
 - 2、Rogers RO4403 (3.9mil) Dk=3.17; Df=0.005 N/A
 - 3、Arlon 25FR 1080 (3.9mil)、Arlon 25FR 2112 (5.8mil)
Dk=3.58; Df=0.0035 UL94VO (都与对应的25FR相同)
 - 4、Arlon 25N 1080 (3.9mil)、Arlon 25N 2112 (5.8mil)
Dk=3.38; Df=0.0025 N/A (都与对应的25N相同)
- 推荐使用RO4450B、25FR 1080

十、聚四氟乙烯 (PTFE)材料性能介绍;

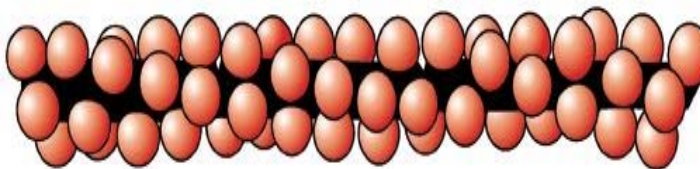
1、PTFE材料特征

PTFE即聚四氟乙烯,聚四氟乙烯分子中CF₂单元按锯齿形状排列,由于氟原子半径较氢稍大,所以相邻的CF₂单元不能完全按反式交叉取向,而是形成一个螺旋状的扭曲链,氟原子几乎覆盖了整个高分子链的表面。这种分子结构解释了聚四氟乙烯的各种性能。温度低于19℃时,形成13 / 6螺旋;在19℃发生相变,分子稍微解开,形成15 / 7螺旋。分子结构对称,没有游离的电子。

分子结构



分子模型



十、聚四氟乙烯 (PTFE)材料性能介绍;

2、PTFE材料的物理特性;

- ◆ PTFE材料为热塑性材料,与FR4相比,它在较广的温度范围-190~260度内为柔软性的固体物质,分子间的作用力极低,因此刚性差,表面硬度低.容易产生变形.
- ◆ PTFE材料无Tg之概念,因为PTFE受热在310~320之间开始软化,当温度降低时又开始恢复固态,本身未发生变质.
- ◆ PTFE的Td 值高于FR4. 结晶度高,具有极低的表面能,因此具有很好的电绝缘性、非粘附性、耐候性,不燃烧和良好的润滑性.
- ◆ PTFE的分子结构表现为无极性,这就决定它的电性能极好,较低的介电常数(Dk)和介质损耗(Df).
- ◆ 可长期工作在200度的范围内.

十、聚四氟乙烯 (PTFE)材料性能介绍;

3、PTFE材料的化学特性;

- ◆ 具有极其优异的化学稳定性.
- ◆ 具有良好的抗化学腐蚀性, 除熔融的碱金属和元素氟外 (如 CF_4 和四氢呋喃), 一般的强酸, 强碱和强氧化剂等强腐蚀性物质对它不起任何作用.
- ◆ 具有优良的抗空间紫外辐射能力, 因此许多空间产品如卫星等.



十、聚四氟乙烯 (PTFE)材料性能介绍;

4、PTFE材料市场应用介绍

- ◆ 军用市场如:雷达、电子对抗、通信导航、兵器、微波器件等;
- ◆ 商用市场如:通信 (平板天线、功放、高速数字电路多层板)、微波/射频电路 (MMDS、CATV)、DVB (机顶盒LNB等)、商用雷达 (导航、气象、避碰) 等;



十一、PTFE材料的选择（一）

PTFE材料中Dk=2.17-2.20之间的

- | | |
|--------------------------|----------------------------|
| 1、Arlon Diclاد 880 | Dk=2.17、 2.20; Df=0.0009 |
| 2、Taconic TLY-5 A、 TLY-5 | Dk= 2.17、 2.20 ; Df=0.0009 |
| 3、Rogers RT5880 | Dk= 2.20 ; Df=0.0009 |

推荐使用TLY-5 A、 TLY-5 ; Diclاد 880

PTFE材料中Dk=2.55左右的

- | | |
|--------------------|-------------------------|
| 1、Arlon Diclاد 527 | Dk=2.40-2.60; Df=0.0022 |
| 2、Arlon AD255 | Dk=2.55; Df=0.0018 |
| 3、Taconic TLX-8 | Dk=2.51-2.59; Df=0.0019 |
| 4、Ultralam 2000 | Dk=2.40-2.60; Df=0.0019 |

推荐使用TLX-8 、 Diclاد 527 ; 对使用AD255 的推荐用升级版本的AD255A代替

十一、PTFE材料的选择（二）

PTFE材料中Dk=3.0左右的

- 1、Arlon AD300 Dk=3.0; Df=0.003
- 2、Taconic RF-30 Dk=3.0; Df=0.0014
- 3、Rogers RO3003 Dk= 3.00+/-0.04 ; Df=0.0013
Rogers RO3203 Dk= 3.02+/-0.04; Df=0.0016

推荐使用RF-30、AD300

PTFE材料中Dk=3.50的

- 1、Arlon AD350、AD350A Dk=3.50; Df=0.003
- 2、Taconic RF-35、RF-35P Dk=3.50; Df=0.0018、0.0025
- 3、Rogers RO3035 Dk= 3.50+/-0.05; Df=0.0017

推荐使用RF-35、AD350A

十一、PTFE材料的选择（三）

PTFE材料中Dk=4.50的

- 1、Arlon AD450 Dk=4.50; Df=0.0035
- 2、Taconic RF-45 Dk=4.50; Df=0.0037

推荐使用AD450

PTFE材料中Dk=6.0的

- 1、Arlon AD600 Dk=6.15; Df=0.003
- 2、Taconic RF-60、RF-60A Dk=6.15; Df=0.0028
- 3、Rogers RO3006 Dk= 6.15; Df=0.0020
Rogers RO3206 Dk= 6.15; Df=0.0027
TMM6 Dk= 6.0; Df=0.0023

推荐使用RF-60A

十一、PTFE材料的选择（四）

PTFE材料中Dk=10.0左右的

- | | | |
|-----------|--------|-----------------------------|
| 1、Arlon | AD10 | Dk=10.20; Df=0.005 |
| Arlon | AD1000 | Dk=10.20; Df=0.0023 |
| Arlon | AR1000 | Dk=10.00; Df=0.003 |
| 2、Taconic | CER-10 | Dk=10.00; Df=0.0035 |
| 3、Rogers | TMM10 | Dk= 9.20+-0.23 ; Df=0.0023 |
| Rogers | TMM10i | Dk= 9.80+-0.245 ; Df=0.0020 |
| 4、Rogers | RO3010 | Dk= 10.20+-0.30; Df=0.0023 |
| Rogers | RO3210 | Dk= 10.20+-0.50; Df=0.0027 |

推荐使用AD1000、 CER-10

十二、PTFE高频材料使用的的半固化片

- 1、Taconic TPG-30 (4.5mil、5.0mil) ; Dk=3.00; Df=0.0038
- 2、Taconic TPG-32 (4.5mil 、5.0mil) ; Dk=3.20; Df=0.0050
- 3、Taconic TPG-35 (4.5mil 没有5.0mil) ; Dk=3.50; Df=0.0050
- 4、Gore Speed board C ; Dk=2.60; Df=0.0040
(1.5、2.0、2.2、3.4mil)
优先推荐使用Speed board C

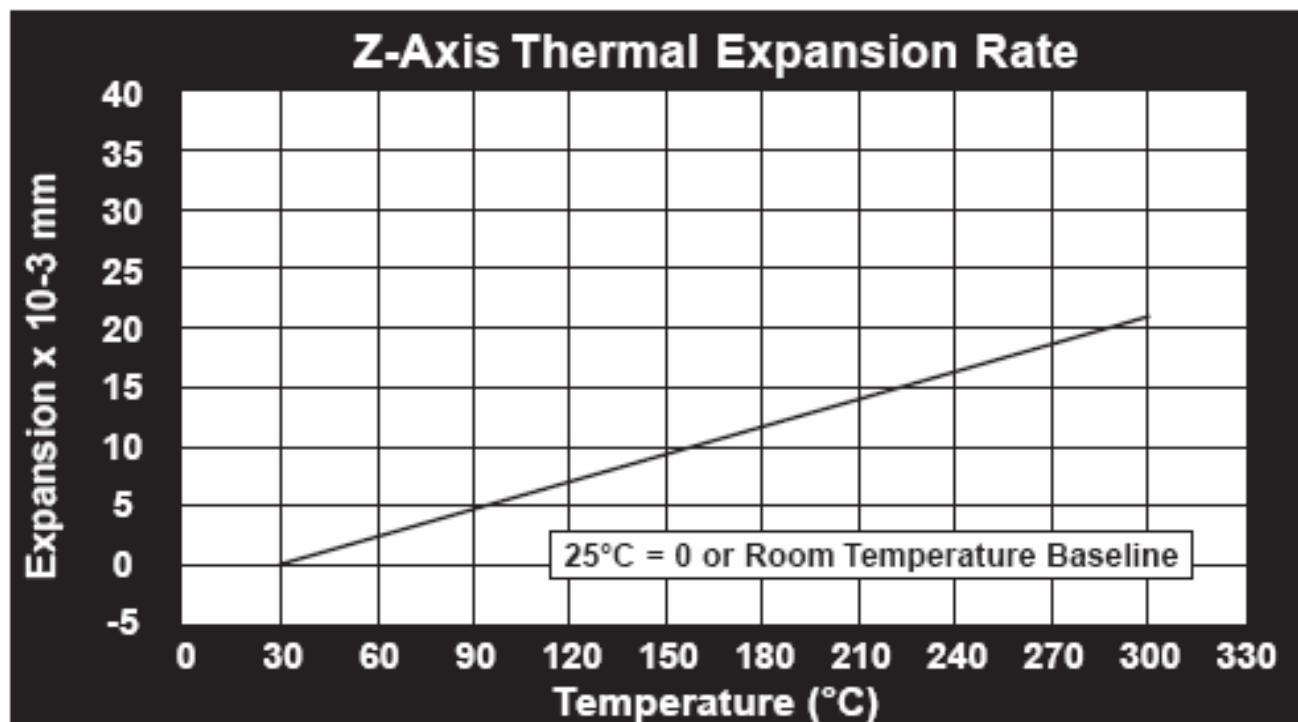
十三、Taconic RF-35材料介绍(1);

RF-35 TYPICAL VALUES

Property	Test Method	Units	Value	Units	Value
Dielectric Constant @ 1.9 GHz	IPC-TM 650 2.5.5		3.50		3.50
Dissipation Factor @ 1.9 GHz	IPC-TM 650 2.5.5		0.0018		0.0018
Moisture Absorption (.060")	IPC-TM 650 2.6.2.1	%	0.02	%	0.02
Peel Strength (1/2 oz. copper)	IPC-TM 650 2.4.8	lbs./linear inch	>8.0	N/mm	>1.5
Peel Strength (1 oz. copper)	IPC-TM 650 2.4.8	lbs./linear inch	>10.0	N/mm	>1.8
Dielectric Breakdown	IPC-TM 650 2.5.6	kV	41	kV	41
Volume Resistivity	IPC-TM 650 2.5.17.1	Mohm/cm	1.26×10^9	Mohm/cm	1.26×10^9
Surface Resistivity	IPC-TM 650 2.5.17.1	Mohm	1.46×10^8	Mohm	1.46×10^8
Arc Resistance	IPC TM 650 2.5.1	seconds	>180	seconds	>180
Flexural Strength Lengthwise	ASTM D 790	psi	>22,000	N/mm ²	>152
Flexural Strength Crosswise	ASTM D 790	psi	>18,000	N/mm ²	>124
Thermal Conductivity	ASTM F 433	W/m/K	0.24	W/m/K	0.24
Tensile Strength Lengthwise	ASTM D 638	psi	27,000	N/mm ²	187
Tensile Strength Crosswise	ASTM D 638	psi	21,000	N/mm ²	145
Dimensional Stability Lengthwise	IPC-TM 650 2.4.39	in/in	0.00004	mm/mm	0.00004
Dimensional Stability Crosswise	IPC-TM 650 2.4.39	in/in	-0.00010	mm/mm	-0.00010
x-y CTE	ASTM D 3386 (TMA)	ppm/°C	19-24	ppm/°C	19-24
z CTE	ASTM D 3386 (TMA)	ppm/°C	64	ppm/°C	64
Flammability	UL-94		V-0		V-0
Hardness	Rockwell M Scale		34		34

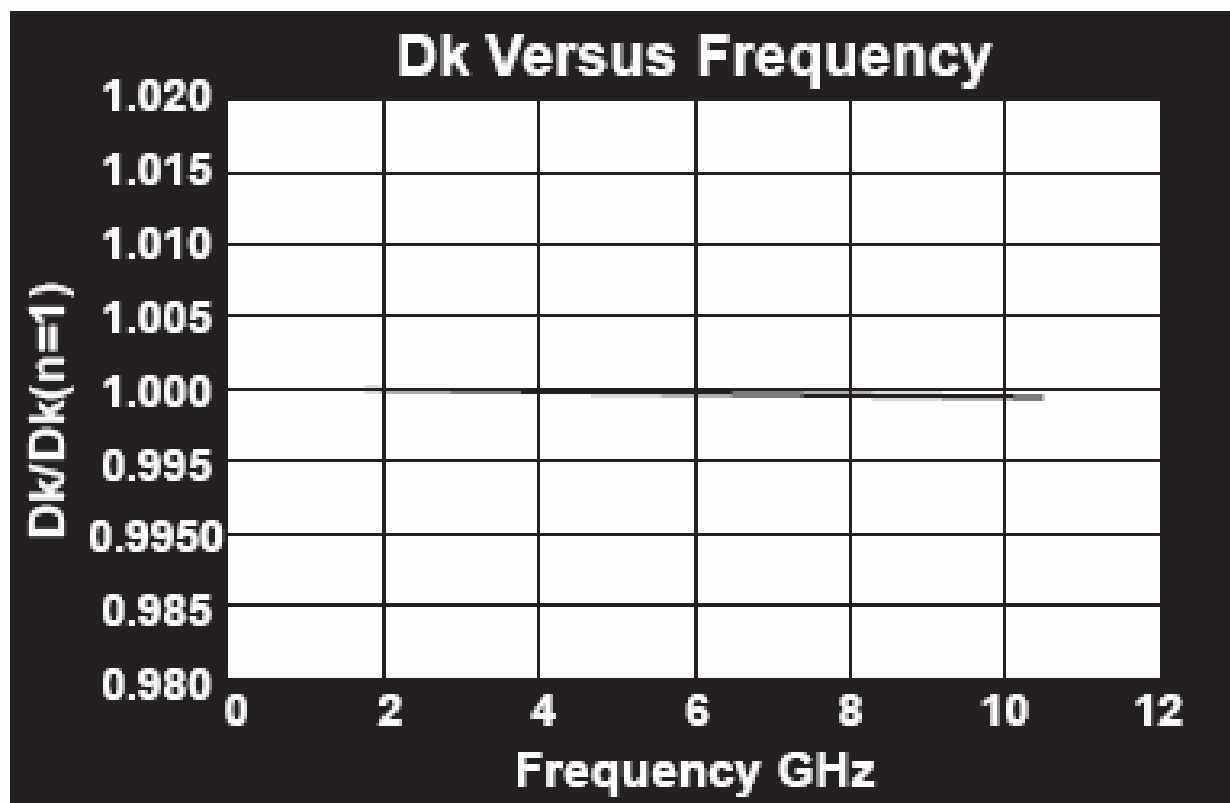
十三、Taconic RF-35材料介绍(2);

- ◆ 有较小的Z-Axis变化系数,减少了生产及使用过程因材料间CTE的不匹配导致的分层隐患;



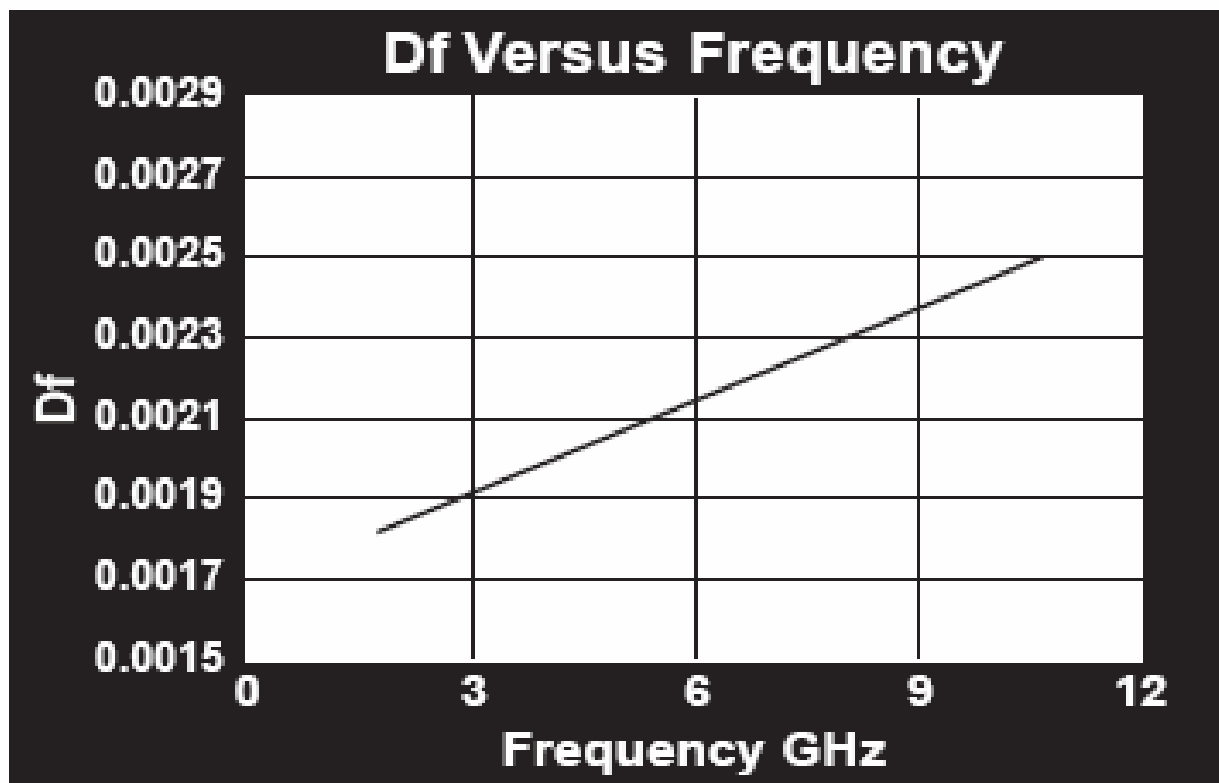
十三、Taconic RF-35材料介绍(3);

- ◆ 使用过程中Dk值能够保持稳定,减少信号传输过程中的信号不稳定;



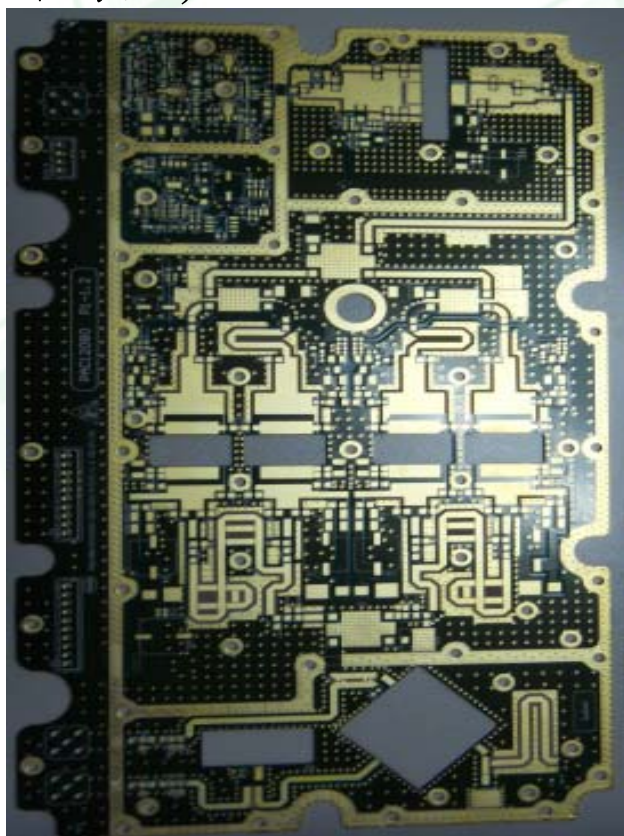
十三、Taconic RF-35材料介绍(4);

- ◆ 具有较小的介质损耗(Df),减少信号的衰减;



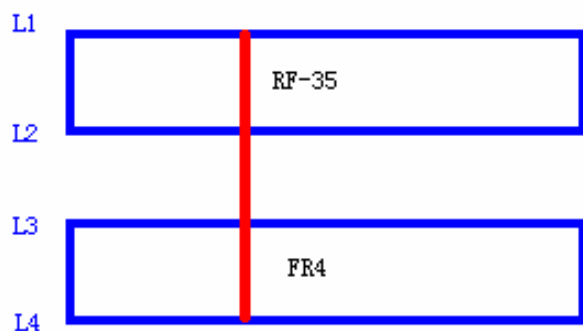
十四、采用RF-35与FR4材料混压的主要目的;

- ◆ 高频信号的运用;
- ◆ 成本考虑;

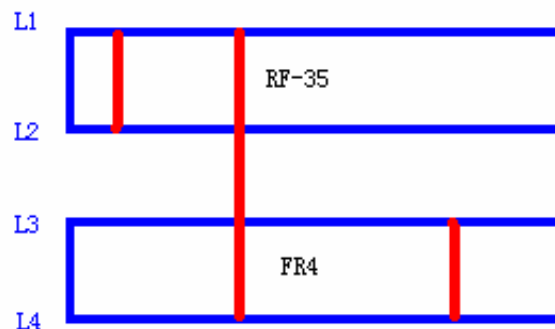


十五、 RF-35与FR4混压的运用及制作工艺(1);

◆ 常规叠层设计;



无盲孔设计



有盲孔设计

十五、 RF-35与FR4混压的运用及制作工艺(2);

◆ 制作流程;

1、无盲孔设计

L1-2/L3-4开料-----内光成像-----AOI----棕化----层压----钻孔----等离子体处理----去毛刺----化学沉铜-----整板电镀----掩孔电镀-----蚀刻-----阻焊-----表面处理-----E-test-----铣外形-----FQC----包装出货;

2、有盲孔设计

L1-2/L3-4开料-----钻孔----等离子体处理----去毛刺----化学沉铜-----掩孔电镀----内光成像(DES)-----AOI----棕化----层压----钻孔----等离子体处理----去毛刺----化学沉铜-----整板电镀----掩孔电镀-----蚀刻-----阻焊-----表面处理-----E-test-----铣外形-----FQC----包装出货;

十五、 RF-35与FR4混压的运用及制作工艺(3);

◆ 工程设计注意事项;

1、 芯板厚度匹配设计

该产品的实现需是由两种材料混合压制而成,其两种材料的CTE存在较大的差别,正常制作会导致翘曲的产生,我公司根据该产品的设计特点和材料特性进行深入研究,RF-35与FR4有混压设计时请依照以下方式进行材料厚度的配比设计;

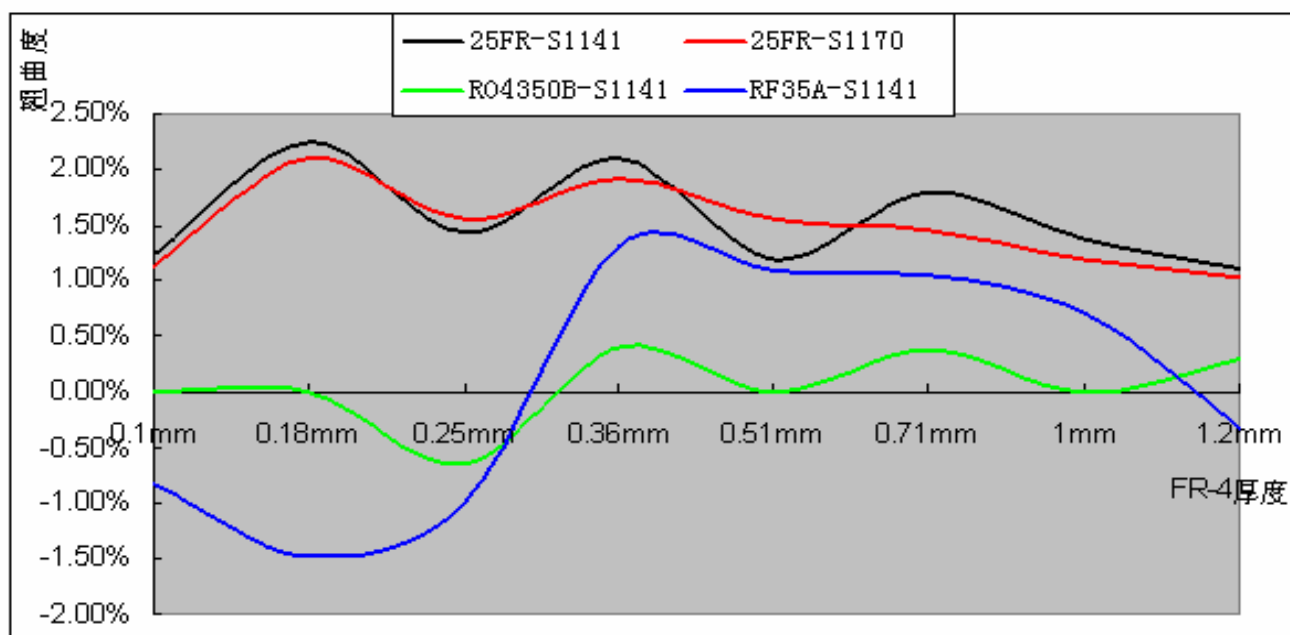
----20mil的RF-35A材料与较薄(0.10mm、0.18mm)或较厚(1.0mm)的FR-4混压,其翘曲度可控制在<1.0%。

十五、 RF-35与FR4混压的运用及制作工艺(4);

4.2.1 不同的叠层在压合后其翘曲度表现

如下表图所示:

叠层\FR4厚度	0.10mm	0.18mm	0.25mm	0.36mm	0.51mm	0.71mm	1.00mm	1.20mm
25FR-S1141	1.22%	2.23%	1.42%	2.10%	1.18%	1.79%	1.38%	1.12%
25FR-S1170	1.14%	2.10%	1.55%	1.92%	1.55%	1.44%	1.18%	1.02%
R04350B-S1141	0.00%	0.00%	-0.66%	0.39%	0.00%	0.37%	0.00%	0.31%
RF35A-S1141	-0.84%	-1.48%	-1.00%	1.31%	1.08%	1.05%	0.70%	-0.33%



十五、 RF-35与FR4混压的运用及制作工艺(5);

2、表面处理设计;

在表面处理选择方面, 不建议采用喷锡工艺制作, 单优选化学沉镍金工艺;

3、混压板翘曲度控制

A、如叠层对称, 其翘曲度可以控制在0.7%以内;

B、当叠层不对称时, 可根据实际叠层情况给出能满足的翘曲度接受标准, 如1.0%、1.2%、1.5%等;

十五、 RF-35与FR4混压的运用及制作工艺(6);

4、拼板尺寸

为防止涨缩导致的品质异常,长边最大尺寸为18inch

5、无盲孔设计板的黏结材料选择;

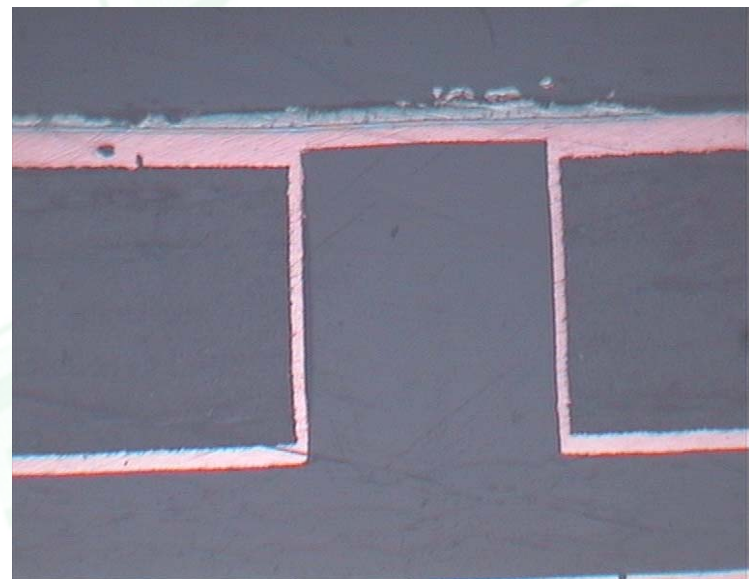
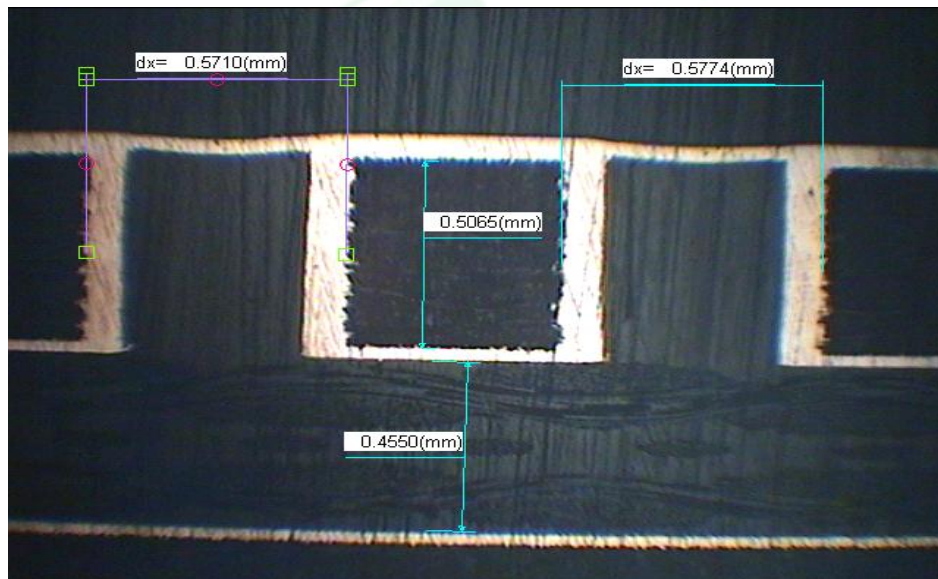
- 1、Taconic TPG-30 (4.5mil、5.0mil) ; Dk=3.00; Df=0.0038
- 2、Taconic TPG-32 (4.5mil、5.0mil) ; Dk=3.20; Df=0.0050
- 3、Taconic TPG-35 (4.5mil 没有5.0mil) ; Dk=3.50; Df=0.0050
- 4、Gore Speed board C ; Dk=2.60; Df=0.0040
(1.5、2.0、2.2、3.4mil)

优先推荐使用Speed board C

十五、 RF-35与FR4混压的运用及制作工艺(7);

6、盲孔孔径设计

为减少盲孔填胶量不足的问题,其埋盲孔孔径应控制在0.2-0.4mm,用于黏结的半固化片采用FR4进行压合(当采用该设计时,其黏结片禁止采用5中所提及到的材料,会导致孔内无铜的缺陷);



十五、 RF-35与FR4混压的运用及制作工艺(8);

◆ 生产制作特别控制事项;

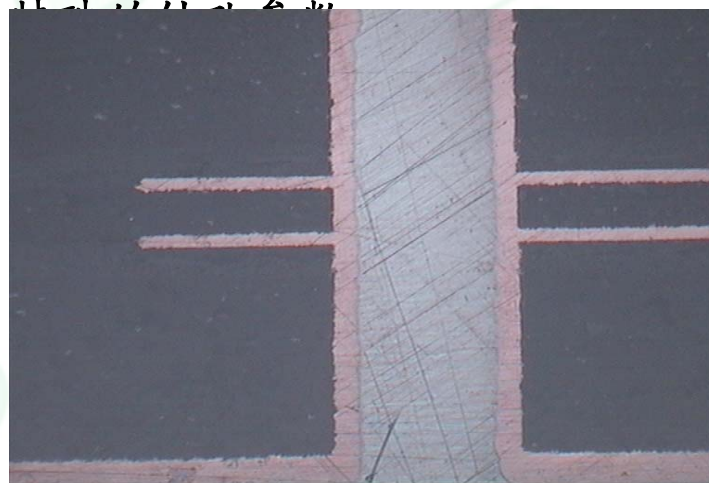
1、棕化

为避免板内水分残留，导致层压后分层的隐患，所有高频材料在棕化后必须

烘板处理，烘板参数为：120℃、60min

2、钻孔品质控制;

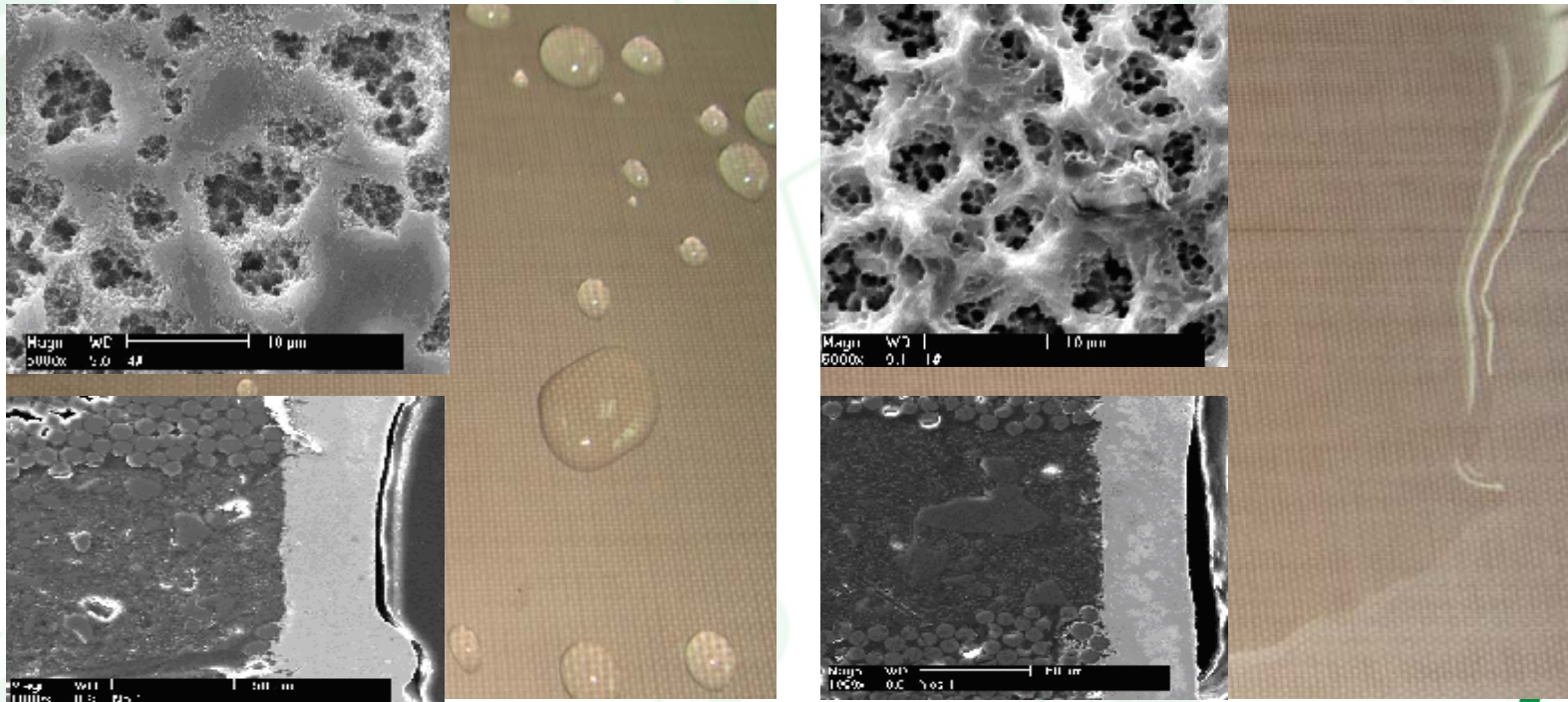
采用全新钻刀生产、钻孔时的叠层数为一块/叠、钻孔时需使用酚醛垫盖板



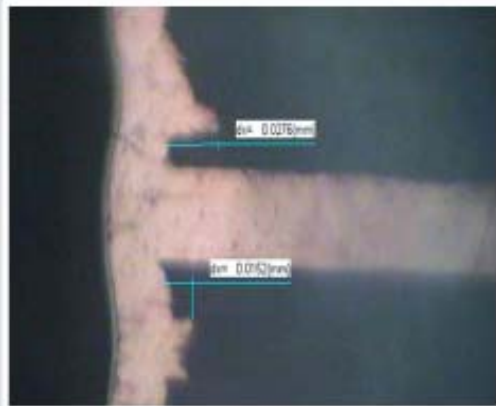
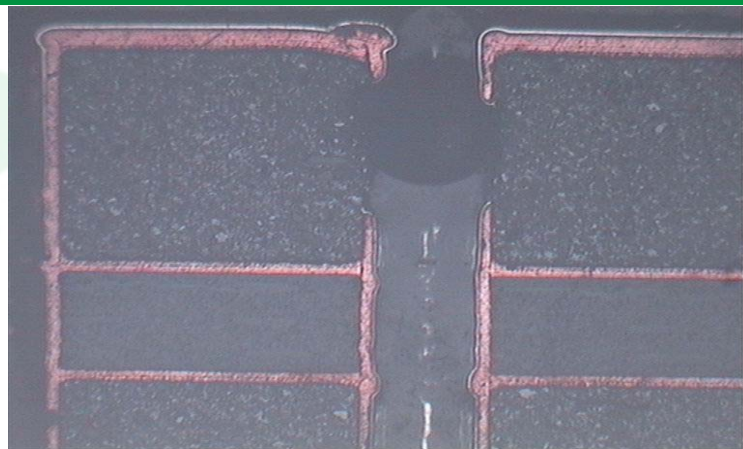
十五、 RF-35与FR4混压的运用及制作工艺(9);

3、孔壁等离子体处理;

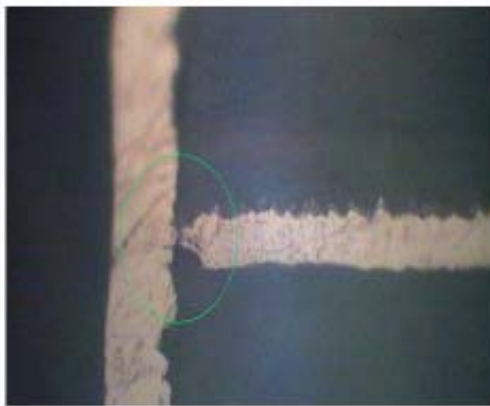
由于PTFE材料的亲水性很差,为使孔壁在化学处理中达到好的化学处理效果,采用等离子体技术对孔壁进行活化蚀刻,否则会出现孔内无铜的缺陷;



十五、 RF-35与FR4混压的运用及制作工艺(10);



钻孔后直接沉铜



化学凹蚀



等离子凹蚀

十五、 RF-35与FR4混压的运用及制作工艺(11);

4、阻焊分段固化

为减少PCB在生产过程中存在的分层隐患,在阻焊高温固化时均采用分段固化的方式进行生产,其固化参数如下:

70度/1小时-----100度/1小时----120度/1小时----150度/1小时

5、外形毛边的控制;

由于PTFE材料的玻织布较粗,在外形制作时容易产生板边毛刺的外观品质缺陷,我公司采用特殊的方法进行控制,可以保证板边平整无毛刺;

谢 谢

THANKS