

# 铝基板制作工艺介绍

**摘要** | 随着绿色科技产业兴起，LED 产品成为电子行业的一大亮点，铝基板凭着优良的导热性成为金属基板的首选，而铝基板制作工艺也日趋成熟。本文主要针对铝基板制作工艺进行全面介绍，涉及深度较浅，目的是为开发铝基板的线路板同仁提供参考。

**关键词** | 导热率，热膨胀系数CTE，热阻

■ 文/威宇科技研发部 张迎宾

## 一、前言

随着电子产业的高速发展，在电子、通信、电源、汽车、马达等工业领域越来越多的应用铝基印制板，特别是近两年LED 产业的兴起，使得铝基板的发展更是突飞猛进，传统FR4线路板制造商纷纷开发铝基板技术，希望在新兴LED产业中分一杯羹。这也推动了铝基板的制作技术从单面向双面甚至是多层方向发展。目前虽然单面铝基板仍然占据金属基板的半壁江山，但随着科技的提升，电子产品功能的多样化，双面铝基板和多层铝基板的发展将成为金属基板发展的主流。本文重点介绍铝基板的制作工艺以及相关标准，为业界人士提供参考。

## 二、铝基板主要功能

首先是散热性。目前很多双面板，多层板密度高、功率大、热量散发性要求高。常规的印制板基材FR4是热的不良导体，层间绝缘，热量无法及时有效散发出去，导致电子组件高速失败，而加装散热装备风扇等不仅占用大量空间，且设备体积增大。采用铝基板散热问题迎刃而解，又不占用空间。

另外热胀冷缩是物质的共同属性，不同物质的热膨胀系数(CTE, coefficient of thermal expansion)是不相同的。一般印制板是树脂、玻璃纤维布、铜箔的复合物，在X-Y轴热膨胀系数为13~18PPM/°C，而在Z轴是80~90PPM/°C，铜的CTE为16.8PPM/°C，片状陶瓷的CTE为6 PPM/°C。从以上数据可看出，FR4绝缘层和孔金属化铜在Z轴方向上的差异相差5

倍，如果产生的热量不能及时排出，热胀冷缩会导致孔金属化断裂。在X-Y轴方向，由于表面贴装技术SMT是将陶瓷芯片直接焊接在焊盘上，芯片的材料为陶瓷载体CTE和FR4 CTE相差2倍多，如温度高、长时间经受应力会导致疲劳断裂。铝基板可有效解决散热，从而使得印制板的元器件不同物质的热胀冷缩问题缓解，提高了整机和电子设备的耐用性和可靠性。

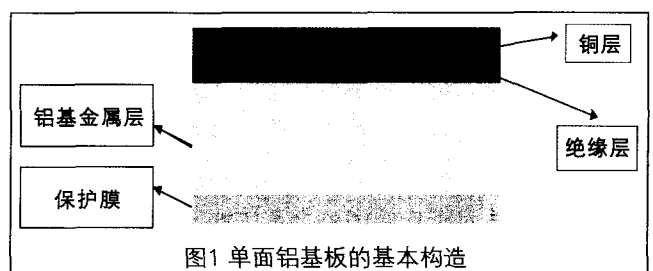
此外，铝基板同样具有金属基板特有的电磁屏蔽功能，可有效屏蔽其它电磁信号和干扰源，确保信号传输过程中的完整性。

## 三、铝基板的基本构造

一般的单面铝基板由铜层、绝缘层、铝基金属层、保护膜构成，见下图1。

### 3.1 铝金属层相关性能

一般常用的铝金属有三种型号：1050、5052、6061，其中1050质地较软，也称纯铝；6061和5052型均为合金，但6061性能较好，价格相对较高，故最为常用为5052型号铝材料，其厚度一般为0.5mm、1.0mm、1.6mm、2.4mm、3.2mm。下表



**表1 铝合金的热学性能**

合金	熔点范围 单位: °C	线膨胀系数10~ 6K-1(20/100°C)	比热容J/kg· K(0/100°C)	热导率 W/m·K(20°C)
1050	643/657	23.6	904	222
5052	605/650	23.8	900	138
6061	582/652	23.6	896	167

**表2 铝合金的电学性能**

合金	电导率 % IACS(20°C)	电阻率 10 <sup>-3</sup> Ω·m(20°C)
1050	57	29.2
5052	35	50
6061	43	40

**表3 铝合金的力学性能**

合金	弹性模量 GPa X10 <sup>-3</sup>	伸长率 (1.6mm)	硬度 HB	切削力 ksi	疲劳强度 ksi	抗拉强度
1050	10.0	9	32	11	7	18/17
5052	10.0	10	68	21	18	37/31
6061	10.0	12	95	30	14	45/40

为三种合金各种性能。(见表1、2、3)

### 3.2 绝缘导热层

铝基板绝缘层主要起绝缘和导热作用，一般厚度为50~200um，如果太厚，导热效果不好；太薄，散热效果虽较好，但容易造成金属芯和导线之间短路。

绝缘层是铝基板制作关键，一般会采用聚酯和陶瓷的填充物混合而成，制造商采用聚酯、改性聚苯醚、改性环氧树脂、聚砜亚胺等和不同的填充物制作成绝缘层，往往会申请专利。根据数据显示，美国贝格斯采用的是一种聚酯和陶瓷制作成的绝缘导热层，而增加导热填充物的多少会影响导热系数的不同，客户需根据自身产品的散热需求，选择不同导热系数的产品。一般铝基板供货商均有不同的导热系数产品，从低到高导甚至超导均能满足不同产品的需求。

国外导热层产品信赖度较好的有贝格斯，主要提供铝基板，很少单独提供绝缘层；莱尔得主要提供导热绝缘层，很少提供铝基板，还有台湾的聚鼎科技也提供绝缘导热层。另外国内一些厂家也有自己研发导热绝缘层并加工成铝基板的，例如珠海全宝、鹤山东力等，基本技术指标同国外产品差距不大而在成本上具有一定的优势。

在客户选择铝基产品时，最关键的指标是导热系数。一般而言导热系数在1.0~1.5 W/m·k属于低导产品，热传导系数在1.5~3.0 W/m·k之间属于中导产品，热传导系数在3.0 W/m·k以上属于高导产品。对于导热系数的测量，需要专门的仪器，相对比较困难，各公司标注的数值不一定完全准确，且差异较大，最好有权威机构的检测报告。

### 3.3 铜箔

铜箔背面是经过化学氧化处理的，表面镀锌镀黄铜，目的是增加抗剥强度，通常采用铜箔厚度为0.50OZ、1.00OZ、2.00OZ、3.00OZ，美国贝格斯使用的是ED铜箔，厚度一般为1OZ~10OZ，对于厚铜箔采用压延展铜箔会比ED铜箔性能好。

### 3.4 保护膜

为了保护铝面不被污染擦花，通常铝基板表面都覆盖一层保护膜。保护膜根据耐温度的范围不同分为两种：一种为PET保护膜，仅适合耐120度以下的温度；另外一种为PI保护膜，可耐250度的温度，也可适用喷锡工艺，避免喷锡前撕掉保护膜，客户可根据制程需要选择合适的保护膜。

## 四、铝基板制造工艺介绍

### 4.1 单面铝基板制作工艺

各工序制作要点：

1. 一般铝基板有固定的尺寸，如果订单批量大，建议直接从供货商购买合适的尺寸，避免开料，为了防止擦花和污染铝面，建议采购有保护膜的铝基板；
2. 图形制作仍然采用干膜做图形转移，酸性蚀刻时对于保护膜破损的地方需贴单面胶带保护，其制作流程同普通单面板；
3. 图形制作完毕后，板边三个钻孔管位孔需用打靶机打出，以便制作钻孔和绿油工序；

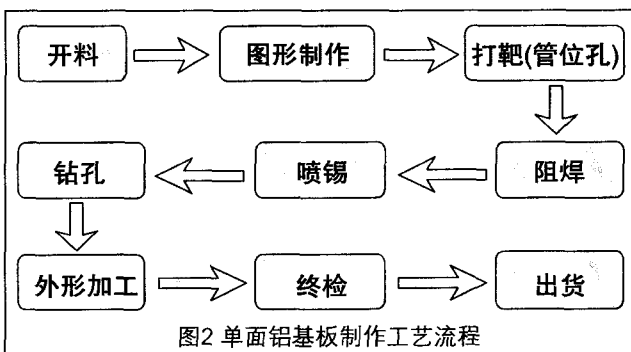


图2 单面铝基板制作工艺流程图

4. 阻焊制作同传统FR4 基板无明显区别;

5. 喷锡: 如果保护膜为PI耐高温膜, 则可以直接喷锡。如果采用的是PET不耐高温保护膜, 则先要把膜撕下来, 喷完锡后重新贴上单面胶带, 防止后工序制作擦花铝面;

6. 钻孔: 钻孔参数基本上同FR4 参数, 钻孔时铜面朝上;

7. 外形加工:

a. V-CUT: V-CUT需要采用材质较硬的金刚石V-CUT刀具, 钨钢刀V-CUT效果较差, V-CUT 角度有30度、45度、60度。

b. 铣外形: 适合用于样板加工, 铝基板不能采用普通的铣刀, 需采用双刃螺旋形铣刀。京瓷泰康等多家知名公司, 均有铣铝基板的专用镗刀, 机器参数方面, 转数相对要慢, 而且行程速度比FR4 传统的慢3~5倍, 效率较低, 故适合样板制作。

c. 冲外形: 这是最常用的批量加工方法, 需要加工高效模具, 模具采用特种的模具钢制作, 冲外形和冲孔可一次完成。冲外形时, 将铝基面朝上, 冲完外形后, 孔内和孔周边应无任何毛刺。模具制作对于铝基板来说是一门专门的学问, 有很多技巧在实践中逐渐积才能成熟。

8. 其它表面处理: 铝基板除了喷锡以外还可制作成沉镍金板, 需要注意的是制作沉镍金板需要将工具孔和板边用单面胶带封住, 防止污染镍金缸。另外OSP表面处理与沉镍金不同的是, OSP可以外形加工完成后再进行制作, 板内的孔可以不用胶带封。

#### 4.2 双面铝基板制作工艺

双面铝基板常用有两种结构。

A. 盲孔双面铝基板(见图3)。

此工艺流程制作要点: (见图4)

1. 尺寸变化稳定性。一般来讲此种工艺先完成双面FR4的制作, 然后同铝基板进行压合, 也有先完成双面FR4线路板的一面, 另外一面压板后再同制作单面铝基板工艺那样制作, 由于铝板的热膨胀系数比较大, 压板后板子收缩比较大, 尺寸稳定性比较差, 容易造成板变形。故先将双面板制作完成, 然后再压合, 相对图形和孔的位置同步进行变化。对不同公司的压合板数据进行测量, 会有相当大的变化, 所以在采用此方法制作时, Panl尺寸最好不要超过

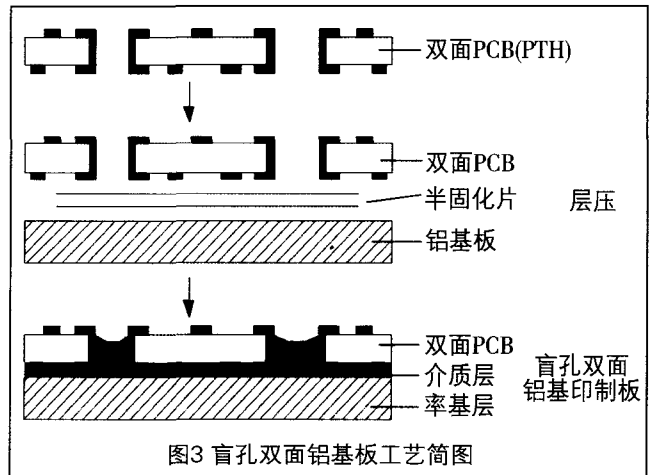


图3 盲孔双面铝基板工艺简图

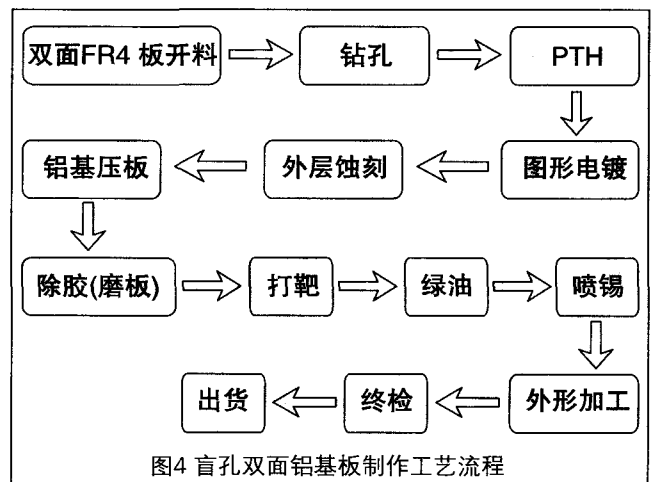


图4 盲孔双面铝基板制作工艺流程

18×16inch, 避免尺寸变化过大, 对后制程和客户装配造成一定的影响。

2. 铝基板和双面板压合完成后, 虽调整压合参数, 控制流胶速率, 但难免有盲孔内的胶流在表面PAD上, 如不能有效除去, 则影响客户贴件。一般FR4可采用浓硫酸除胶, 但对于铝基板只能采用专用的磨板机将PAD 表面树脂打磨干净, 采用浓硫酸可能对铝面和保护膜造成腐蚀。一般来说, 磨树脂的专用磨板机价格相对较高, 故如有大批量双面铝基板订单, 需考虑设备前期投资。

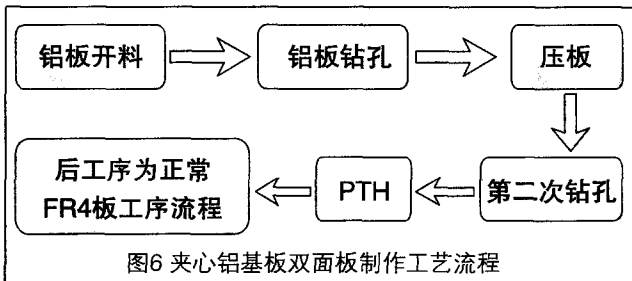
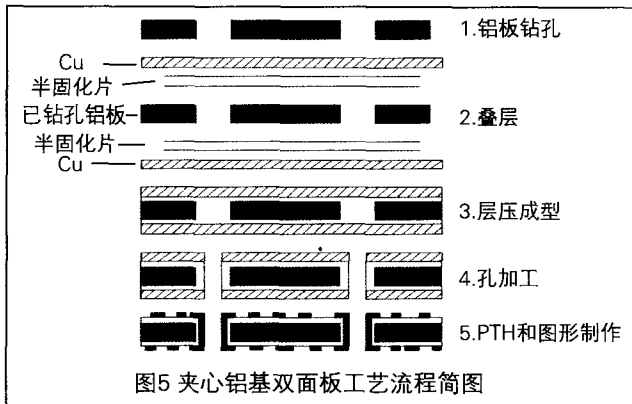
3. 打靶。压合完成后因表面无通孔, 故采用打靶的方式制作两个绿油丝印管位孔, 方便后工序制作。

B. 夹心铝基双面印制板(见图5、6)

此工艺流程制作要点:

1. 铝板钻孔: 钻孔孔径需要比第二次钻孔孔径大0.3~0.4mm, 这样设计的目的是第二次钻孔时可以直接钻在导热绝缘层, 以便孔的金属化;

2. 铝板压合: 铝板压合需要注意的是压合参数需



要根据不同供货商导热绝缘层的P片特性来决定。另外不同P片供货商对铝基板表面处理要求不一样，为了增强铝面同绝缘层的结合力，大部份供货商要求铝表面要做阳极氧化处理，就是利用电化学原理在铝基表面覆盖一层均匀绝缘的氧化膜，膜厚一般大于10um。当然有些供货商P片可以不要求铝面处理，同样可以达到相应的性能，如台湾聚鼎绝缘导热P片，还有贝格斯P片；

3. 对位：由于铝板第一次已经完成钻孔，故在压合后第二次钻孔时，需要同第一次钻孔同心，否则容易产生钻偏，导致短路报废，所以各公司需根据本公司钻机的对位方式进行设计，避免此问题造成报废；

4. 当完成钻孔后，此铝基板就完全变成了一个双面板，后工序制作均同普通的双面板，并且此种做法可以适应任何表面处理。

#### 4.3 铝基多层板工艺

铝基多层板制作基本上和双面铝基板相同，主要是能够保证铝基钻孔和多层板钻孔成为同心圆。其它工艺制作，大同小异，根据客户的要求进行不同的设计。

### 五、铝基板质量测试

#### 5.1 外观检查

铝基板孔内和边缘不能有毛刺，孔周边和板边不

允许掉阻焊，铝基材表面不允许有氧化、手指印、玷污变黑、凹点、划痕等质量缺陷。另外客户一般不允许用刀修理，以免伤到绝缘层，相对于FR4线路板客户要求更加严格。

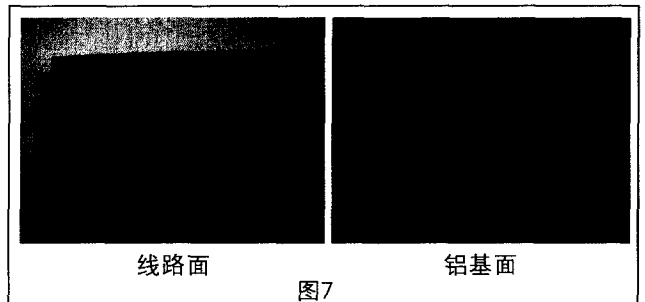
#### 5.2 铝基板主要信赖度测试(见表4)

下图为我公司采用莱尔得导热绝缘层制作盲孔双面铝基板图片，表面处理为沉镍金：(见图7)

表4 铝基板主要信赖度测试

NO.	测试项目	实验方法	判定标准
1	焊锡性实验	260±5℃, 5±1S	SMT PAD焊锡性≥95% 支撑孔焊锡≥75% 无爆板, 甩绿油等其它质量问题
2	耐热实验	288±5℃* 30S*1次	不可有爆板, 镀层分离, 甩绿油
3	板翘曲度	IPC-TM-650	一般要求0.5%, 具体可根据客户要求
4	高压击穿实验	IPC-TM-650	电源、通信产品的客户会要求作耐压测试, 有的要求3000V, 一般要求1500V-2500V左右, 时间大约5-10S
5	导热系数测试	ASTM.D5470	根据供货商及权威检测部门提供导热层数据进行判定, 满足客户要求
6	热阻测试	ASTM.D5470	根据供货商及权威检测部门提供导热层数据进行判定, 满足客户要求

★备注：ASTM为美国材料试验标准



### 六、总结

铝基板导热性好，电磁屏蔽性能佳，且重量轻，已成为金属基板的首要选择。在LED产业的兴起之下，铝基板也必将推动线路板的发展，将受到更多客户的青睐，铝基板的制作技术也必然有新的飞跃。让我们共同努力，不断提升印刷线路板制作技术，提高产品质量，降低制作成本，推动线路板产业更好、更快的发展。 PCB

#### 参考文献

《现代印制电路先进技术》—— 林金塔 梁志立 陈培良