

# 高可靠及军用 PCB 的选材与加工——聚酰亚胺

李 海

(雅龙电子材料有限公司, 上海 200336)

**摘 要** 聚酰亚胺树脂由于高玻璃化温度, 高分解温度, 使之具有很高的耐高温性, 制成的 PCB 也具有高的可靠性和耐高温性。文章从树脂的分析入手, 介绍聚酰亚胺 PCB 的特点, 同时介绍加工聚酰亚胺 PCB 的工艺要点。

**关键词** 高可靠; 军用; 高温应用; 聚酰亚胺

中图分类号: TN41 文献标识码: A 文章编号: 1009-0096 (2008) 01-0036-03

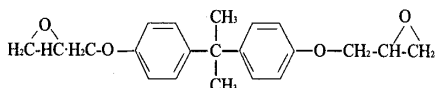
## Laminate for High Reliability and Military Application - Polyimide Material Selection and Processing

LI Hai

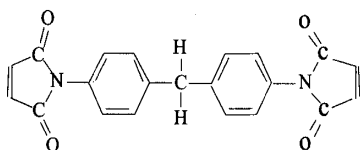
**Abstract** Due to high Tg and high Td, Polyimide resin provide very high temperature performance, PCB based on Polyimide offers high reliability and high temperature resistance. This article start from resin construction, introduce the performance and application of Polyimide PCB, also give some clue of how to process Polyimide.

**Key words** high reliability; military high temperature application; polyimide

### 1 聚酰亚胺树脂与 FR-4 对比



环氧树脂



聚酰亚胺树脂

主要参数对比如表 1 所示。

表 1

性能	Polyimide	FR4(High Tg)
Dk	4.2	4.2~5.2
Dk 稳定性	高	无控制
Df(1MHz)	0.01	0.023
Tg °C	250	150~170
Td(onset)	370~380	310~320
T260(min)	>60	>60
T288(min)	>60	>30
ANTI CAF	是	DEPENDS

从表1我们不难看出,聚酰亚胺树脂具有以下主要特征:

(1) 极好的耐空间辐射性,用于太空,不会受空间辐射的影响产生任何物理化学变化,从而保证电气性能的稳定。

(2) 高  $T_g$ , 从而提供很好的 PTH 和焊盘可靠性。

(3) 高  $T_d$ , 使其能使用于任何高温的环境。

(4) 介电常数稳定, 适合阻抗控制的应用。

## 2 应用特性

### 2.1 高可靠性

从分子结构示意图可以看出,与环氧树脂分子结构相比,聚酰亚胺有更多的苯环状结构,它的热稳定性非常高,要很高的温度才能将分子与分子的键断裂,所以它的玻璃化温度很高( $250^{\circ}\text{C}$ )。图1是在不同温度下,不同材料的Z轴膨胀变化。 $T_g$ 越高,PCB受热时(无论是工艺过程中还是应用中)Z轴的膨胀越小。这就导致通孔的应力减小,从而减小隐藏的PTH缺陷,而有较高的PCB可靠性。

$T_g$ 越高,在返工时,焊盘和线条从PCB表面脱落的可能性越低。这是几乎所有军用PCB都采用聚酰亚胺的原因,因为可靠性在这些领域非常重要。 $T_g$ 越高,由于树脂和玻璃热膨胀系数不同而造成的树脂脱落可能性越小。

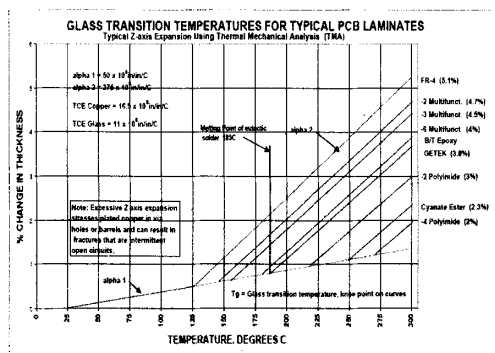


图1

同样从分子结构中我们可以看出,PI中大多数键都是双键,要断开分子中的原子键,使其裂解,就需要更高的温度,它的热分解温度也达到 $360^{\circ}\text{C}$ 以上。高的热分解温度可使材料经受高温焊接(如无铅焊接等)。

### 2.2 长期工作温度

长期工作温度在UL的标准中是一个参考值,它将材料机械、电气特性降低50%作为一个参照点。

总的说来,聚酰亚胺材料的综合可靠性远远高于其它树脂材料, Kevin T. Knadle and Virendra R. Jadhav (Endicott Interconnect Technologies, Inc) 在2005年元器件可靠性测试和PCB镀通孔可靠性中,其结果示于图2。从图2中我们可以看出,如果让FR-4从 $23^{\circ}\text{C}$ 不断升温到 $150^{\circ}\text{C}$ ,1000次循环,PCB会失效。而聚酰亚胺材料则可以在失效前经受5000次循环,是FR-4的5倍。如果在极端高温条件下,(在恶劣环境或作战条件下, $220^{\circ}\text{C}$ 以上),FR-4可能10个循环就失效,而PI可以承受近100个循环。

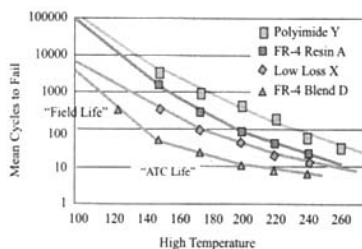


Figure 2 - PTH life curves for 4 resin systems with CTT 23°C to 7(high) Coupons 0.120" thick, 0.010" vias.

图2

### 2.3 聚酰亚胺材料的主要应用领域

(1) 军用及可靠性要求高的应用。在欧美,飞行控制这类产品不可以容忍有任何PCB失效风险的应用,必须采用聚酰亚胺材料作为PCB基材。因为这类材料应用不可能出现问题不能进行返修,而且直接涉及到极端条件下飞行员生命,这是经历了几十年证明的事实。其它,如果PCB涉及到人的生命,如精密医疗设备等,也要采用聚酰亚胺材料。如BOEING、Raytheon、Honeywell都采用35N、85N作为控制电路。

(2) 高温应用。如石油钻井的探头控制系统,高温条件下的半导体性能测试(俗称老化测试),大功率的电源模块等。聚酰亚胺材料的耐高温特性成为这类应用的主要原因。如Schulmberger石油钻井控制,INTEL芯片老化测试等都采用85N。

(3) 太空应用。航天卫星火箭控制系统等,由于PCB工作条件在太空,存在大量空间辐射,要保证PCB电气特性的稳定,同时,极高的可靠性要求也采用聚酰亚胺材料。如NASA/JPL MARS Lander。

(4) 非常高层数的PCB。因为层数高,尤其涉及到埋孔盲孔设计,可能采用多次顺序层压,材料需要多次耐受高温,而且PTH可靠性得以保证。

## 2.4 如何选择聚酰亚胺材料材料

聚酰亚胺材料有纯聚酰亚胺树脂,如85N,它不含阻燃材料,具有最高的耐高温性,美中不足是不能满足UL阻燃要求,而且层压的周期稍长。

原来早期的聚酰亚胺材料还有容易发脆的问题,使得钻孔比较困难,ARLON根据多年聚酰亚胺材料的研发经验,对树脂填充进行改性,并且加入了阻燃剂,使之容易钻孔,缩短层压时间。根据阻燃的不同,我们有33N(UL-V0)、35N(UL-

表2

Property/Resin	85N Pure	35N GP	33N FR
Tg/°C	250	250	250
50°C~260°C Z-exp	1.5%	1.5%	1.5%
Td (Onset)/°C	387	363	353
Td (5%)/°C	407	407	389
T260/min	>60	>60	>60
T288/min	>60	>60	23
T300/min	>60	11	8
UL-94 Rating	HB	V1	V0

(上接第16页)

到:极薄玻纤布技术的真正体现,并非是在将布做得更薄,而是在于将这种极薄布制成高织造密度、高均匀一致性,并具备提高所制薄型基板材料绝缘可靠性、机械强度的特性。<sup>[7]</sup>

薄型基板材料的一些关键性能的实现,在很大程度上依托于各种原材料的性能提高。例如,它的绝缘可靠性提高,需要高性能的极薄玻纤布(如降低经纬纱围出的孔隙面积、所用纱进行扁平化加工,玻纤布实现开纤化、采用新型处理剂技术等)、低轮廓铜箔(运用先进的电解工艺及表面瘤化处理技术等)、高性能的环氧树脂(提高树脂纯度;改性树脂,提高其介电性、耐湿性;提高树脂与其他组成成分的相容性、存储稳定性等)<sup>[8]</sup>等。再例如,薄型基板材料机械性能的提高,需要选择适宜的无机填充料<sup>[9]</sup>作配合,也需要有更理想的高刚性改性环氧树脂等。因此,薄型基板材料技术的研发,不仅对CCL制造业的整体技术水平是个“质”的飞跃,还驱动了CCL用原材料——包括玻纤布、基体树脂(主要指环氧树脂)、树脂固化剂、各种树脂助剂、铜箔、无机填充料,以

V1)两种,相比,35N的可加工性更好。相比结果如表2所示。

如果是用于埋孔和盲孔的填充,可以采用粉末状的84N,如果是刚挠性板,还可以采用低流动的38N半固化片。

## 2.5 聚酰亚胺材料的加工

聚酰亚胺材料并不是特别的难以加工,但PCB加工仍需注意以下几点:

(1) 它的固化温度要高于FR-4,大约在200°C左右。所以我们在选择内层氧化处理时,要选用能够耐高温的氧化体系,如棕氧化等。

(2) 它的固化时间稍微长一些。

(3) 聚酰亚胺材料容易吸潮,所以要注意半固化片的存储条件,真空包装。在从低温到室温的过渡过程,同样保证在真空袋中。在内层氧化后,层压前要烘干。

(4) 聚酰亚胺的树脂体系和FR-4稍有不同,在钻孔上要注意改进参数,避免断钻。**PCI**

及基板材料的测试技术、设备制造技术(主要指上胶设备设计、制造技术)等快速的发展。**PCI**

## 参考文献

- [1]祝大同.世界PCB业2005年生产概况及对未来发展的预测.第七届中国覆铜板市场、技术研讨会上的报告,2006年7月
- [2]NIKKEI ELECTRONICS.2006.2
- [3]祝大同.移动电话用多层板走向更加高密度化、薄型化[J].印制电路信息,2006,12:7~14
- [4]日本电子情报技术产业协会(JEITA).2005年度版日本实装技術ロードマップ
- [5]元部英次.ハロゲンフリー薄型パッケージ用基板材料[M].松下電工技報,Vol.54.No.3
- [6]张家亮.超薄多层板用弹性薄基板[J].电子信息材料,2007,1
- [7]祝大同.玻纤布薄型化与高性能的追求[M].覆铜板资讯,2007,5
- [8]祝大同.高性能覆铜板发展趋势及对环氧树脂性能的新需求[J].覆铜板资讯,2006,5
- [9]祝大同.对PCB基板材料重大发明案例经纬和思路的浅析(5)——FR-4覆铜板树脂组成物中填充料应用技术的创新[J].印制电路信息,2007,6:7~13

作者: [李海, LI Hai](#)  
作者单位: [雅龙电子材料有限公司, 上海, 200336](#)  
刊名: [印制电路信息](#)  
英文刊名: [PRINTED CIRCUIT INFORMATION](#)  
年, 卷(期): 2008, (1)  
被引用次数: 0次

## 相似文献(10条)

### 1. 会议论文 [孙健松, 张素辉, 丁宇, 罗智 一种紧凑型、低功耗、高可靠信息处理系统设计](#) 2009

本文介绍了一种紧凑型、低功耗、高可靠的信息处理系统(硬件平台)的总体和结构设计。设计选用适宜的计算机硬件、软件及相关控制部件, 小型化可拆装机柜达到了体积小、重量轻、高性能、高可靠、高可用、环境适应性强等优点的集成, 满足多种特殊军用环境的信息处理要求。

### 2. 期刊论文 [柳超, LIU Chao 高可靠军用电子产品可靠性评估方法](#) -[四川兵工学报](#)2006, 27 (6)

结合工作实践, 对高可靠军用电子产品可靠性评估方法和评估过程作了探讨。借助可靠性预计和分配技术, 结合研制过程中可靠性试验数据对产品可靠性进行综合评估, 工程实践性强, 具有较高的效费比。

### 3. 学位论文 [屈婧 COTS器件ADV212的宇航应用研究](#) 2010

COTS(commercial off-the-shelf)作为20世纪80年代欧美主要军事大国提出的称为“商用现成技术”这一概念, 是相对于军用技术产品开发研制而言的。军用电子器件以专门的设计、结构加固, 可以持久、高可靠的工作; 而COTS 器件通常工作温度范围很窄, 大多是塑料封装(PEM), 对潮湿敏感, 通常其设计、材料、芯片、生产过程控制的可追溯性很差, 故COTS器件在苛刻的空间环境下可靠工作需要进一步论证。另一方面, 随着航天技术高速发展, 对采用高新技术的元器件的需求不断增加, 而新研发的高新技术的元器件通常优先投放用于商业市场, 甚至无军用或高可靠产品, 加之部分国家的禁运限制, 使得如何将COTS器件用于航天器并可靠工作成为航天元器件保障部门的一项长期而意义深远的课题。ADV212是一款AD公司出品的塑料封装、工业级视频处理芯片, 可以提供完整的JPEG2000编解码解决方案, 有广阔的应用前景, 是典型的COTS器件。<br>

本文将以ADV212为切入点, 探讨了COTS器件宇航应用的途径。通过研究相关标准中关于COTS器件的选择、筛选、鉴定要求, 针对ADV212器件提出质量保证方案, 评价ADV212固有可靠性能否满足要求; 应一方面结合宇航应用的特殊要求和器件自身特点, 对ADV212从抗辐照设计、热设计、降额、存储等方面提出应用建议, 确保正确存放、使用, 从而提高使用可靠性。通过本课题的研究, ADV212已成功用于我国某卫星, 实现了低功耗低成本的基于小波的压缩, 改善了图像压缩性能, 简化实现方案, 减少了研制成本, 增强了产品的市场竞争力, 在轨工作一年多性能表现良好, 得到用户的高度评价; 评价试验的结果和实际飞行验证, 使ADV212在后续产品设计中得到广泛的推广应用。

### 4. 期刊论文 [于凌宇 国外高可靠军用集成元件技术研究综述](#) -[电子产品可靠性与环境试验](#)2003 (3)

介绍了国外集成薄膜电阻器、电容器及无源组件的关键工艺技术的研究情况。

### 5. 学位论文 [李佳琦 精密仪器中高可靠存储模块的设计与实现](#) 2009

高可靠存储模块是长距离油气管道检测设备、高质量图像采集设备、军用加固计算机等精密仪器设备进行信息获取、信息存储、信息融会和信息处理的关键部件之一。早期的存储记录设备多采用磁盘式或磁带式, 存在可靠性和存储速度等方面的发展瓶颈, 不适合在电磁辐射、冲击、震动等恶劣环境中使用, 因此高可靠性的存储模块一直是现代精密仪器设备迫切需要的。基于闪存的大容量固态存储模块具有存储容量大、可靠性高、体积小、功耗低、数据安全性好、抗震动和冲击能力强、温度适应范围宽等特点, 可以解决恶劣条件下仪器设备的存储可靠性问题。本文在深入了解国内外固态存储模块研究现状与所用先进技术的基础上, 根据具体的技术目标, 设计了高可靠存储模块的系统方案, 主要工作包括: <br>

1、根据各组成部分的具体功能设计了相应的实现方案和硬件电路, 包括接口方案的选择、高速缓冲存储器方案的设计、存储芯片的选型、FPGA模块的逻辑功能划分、FPGA芯片的配置电路设计以及电源管理模块的设计。<br>

2、重点设计了闪存芯片阵列的排布结构, 通过引入并行扩展技术与流水线技术代替对单片闪存的直接编程, 使闪存阵列接口的最大读写速度达到100MB/s。<br>

3、设计了基于FPGA的闪存阵列接口控制器, 实现了闪存芯片的各项基本操作和流水线操作的功能仿真和时序仿真。由于存在多芯片的协同管理和流水线操作的问题, 该部分的逻辑输出需要非常准确, 是FPGA控制逻辑的核心模块之一。<br>

4、将闪存阵列接口控制器与系统集成, 进行了系统的综合特性分析, 通过实验测试了存储模块的各项外部性能。结果显示其最大读取速度达到70.3MB/s, 最大写入速度达到42.9MB/s, 实现了预定的设计目标。<br>

本课题所设计的高可靠存储模块具有集成度高、兼容性好、灵活性强等优点, 可以方便地移植到恶劣环境下高速长距离探测或采集仪器中去。

### 6. 会议论文 [勾广札, 王世锋, 贺占庄 新一代高端军用计算机系统的软/硬件设计思想](#) 2004

本文介绍了一种符合PICMG 2.16, PICMG 2.9规范的计算机体系结构, 这种系统具有高可靠和高性能的优点, 并且它作为一种计算机高端产品, 有着很好的市场前景。本文对其软硬件系统结构做了一定的阐述。

### 7. 学位论文 [刘成君 运用混合集成电路技术研制调制器电路](#) 2006

本文介绍了混合集成电路的基本概念, 混合集成电路充分利用半导体器件高集成度, 高可靠等特点, 把多种器件很好的进行组合, 形成了高级的微电子封装技术, 特别是为实现军用电子装备的小型化、多功能化、高性能化、高可靠性提供了很好的解决方案。因此采用混合集成电路技术解决军用电子装备的应用问题有非常重要的意义。

通过一种实用化的调制器电路的研制, 简要的介绍了调制器电路的原理, 混合集成电路的设计方法, 工艺制作过程, 主要包括: 成膜晶片制造, 装配, 筛选, 环境试验等, 同时对产品设计, 解决的关键问题及可靠性预计进行了讨论, 得出了混合集成电路的一般可实际应用的工艺方案。因此, 对如何设计、生产高可靠混合集成电路具有参考价值。

### 8. 期刊论文 [刘亮亮, 蒋彭龙, LIU Liangliang, JIANG Penglong 一种高可靠串行通信协议研究及其控制器IP核设计](#) -[航天控制](#)2010, 28 (4)

为满足军用和航天等领域高可靠串行通信的应用需求, 本文通过对曼彻斯特编码、汉明码编码和数据帧冗余等技术进行研究, 设计并用VHDL语言实现了高可靠串行通信控制器IP核。将该IP核集成到LEON2中进行了性能仿真和测试, 结果表明该IP核较明显地提高了系统串行通信的可靠性。

### 9. 期刊论文 [李海, Li Hai 军用静态挠性PCB的理想材料](#) -[印制电路信息](#)2006 (11)

目前的FLEX PCB材料用在高可靠要求的领域都有一定局限, 我们介绍聚酰亚胺的THERMOUNT材料, 在孔的可靠性, 高密度特性, 尺寸稳定性上都有明显的优势, 而且满足10万次弯曲要求。

### 10. 学位论文 [曲明山 宏明电子股份有限公司抗电磁干扰滤波器生产能力建设项目研究](#) 2008

本文在介绍了项目建设单位(宏明电子股份有限公司)的发展历程、以及该项目的技术背景和情况后, 在大量数据和资料的基础上全面详细地对该项

目的市场、可行性进行了分析。

成都宏明电子股份有限公司(原国营第七一五厂)是我国“一五”期间由苏联援建的156项重点工程之一,于1958年6月8日正式开工生产,迄今已开工生产50年,是国内著名的电子元件骨干生产厂,是目前国内大型的综合电子元件生产企业,在中国电子元器件行业中享有较高的知名度,是中国人民解放军总装备部、航空、航天等领域定点的军用高可靠电子元器件研制和生产单位,系国家西部大开发重点支持和四川省重点跟踪工业企业之一。公司在经历了计划经济时代的单纯生产型企业被推向市场经济前端的经营实体的艰辛历程,迎来了90年代初期的家电产业的高速发展,为公司的发展垫定了坚实的基础;2000年公司成功改制,2004年~2007年公司响应成都的东调政策,为公司的健康、持续发展增添了活力。

抗电磁干扰滤波器项目是随着国家航空、航天、武器装备、通讯等高新工程小型化、智能化、集成化的发展,对电磁兼容和抗电磁干扰的要求越来越严格,标准不断提高的基础上重点研制开发的一系列产品门类。该项目产品07年、08年分别被列为总装备部、工业和信息化部(原信息产业部和国防科工委)《国家武器装备用元器件型谱指南》,也是公司战略发展的支撑项目。

在电子系统与电子装备中的电磁干扰的来源主要有三个:一是空间场干扰,通过电磁波发射窜入系统或者信息泄露;二是电源干扰,它直接侵害系统;三是信号干扰通道,通过与主机相连的前、后通道进入系统。为了确保电子装备/系统自身准确可靠、稳定连续地运行,有必要对装备/系统采取一些综合的措施,使装备/系统受到干扰后能自动恢复正常工作,保证其长期可靠、稳定地运行,符合装备/系统的电磁兼容性标准。抗电磁干扰滤波器获得了在武器装备电子系统中的大量使用,成为必不可少的抗电磁加固关键元器件。特别适用于抑制数字电子设备及高速数据总线产生的噪声。提高其生产能力,增加器件的供给保障能力,对保证高技术武器装备的技指标和信息安全有着重要意义。

通过本项目建设,成都宏明电子股份有限公司将在军用抗干扰滤波器的研制生产上升到一个新的高度,不仅能满足武器装备研制和生产对抗电磁干扰滤波器需求、质量可靠性与生产进度得到有利保证,而且还将进一步完善国家军用标准体系,成为我国建立较为完善的军用电子元器件发展体系中的重要组成部分,并使该类产品依赖进口、随时面临禁运风险的局面得到改善,有利于武器装备自主配套发展。

本文结合建设单位的基础设施、设备讨论后,对项目建成后的生产能力、经济效益和风险进行了有力而全面的分析论述。同时对项目的资金流和建设周期等作出了准确的预算,论证了该项目的实际可操作性和建设的必要性。

本文链接: [http://d.wanfangdata.com.cn/Periodical\\_yzdlxx200801009.aspx](http://d.wanfangdata.com.cn/Periodical_yzdlxx200801009.aspx)

授权使用: 沈阳大学(sydx), 授权号: da48a47c-0d0e-4489-8b2a-9f040143e353

下载时间: 2011年6月16日