

项目一

LED 封装技术

电子工业出版社版权所有
盗版必究



项目目标

1. 理解 LED 封装的作用及意义。
2. 认识常见的 LED 封装材料及特性。
3. 掌握 LED 封装的工艺流程及技术指标。



思政目标

1. 了解我国 LED 封装行业的发展状况，增强学生对民族品牌的信心。
2. 弘扬社会主义新时代的工匠精神，提升学生职业素养。
3. 培养学生劳动观念，提高学生安全意识。

LED 是 Light Emitting Diode（发光二极管）的缩写，是一种能够将电能转化为可见光的固态半导体器件。LED 产业作为一项节能环保的新兴行业，具有广阔的市场前景。LED 产业链主要分为上游外延片和芯片、中游封装及下游产品应用。LED 封装在 LED 产业链中处于承上启下的位置，起着关键作用。

任务一 LED 封装基础知识

LED 被广泛应用于显示、室内外照明、汽车照明等领域。随着市场需求的变化和 LED 封装技术的发展，LED 封装将朝着高功率、多芯片集成化、高光效（发光效率）、高可靠性、小型化方向发展。



任务目标

知识目标

1. 了解 LED 封装结构和 LED 封装种类。
2. 认识 LED 封装车间对环境的要求，包括净化要求、温度要求、湿度要求及防静电要求。

技能目标

能做好防静电、防尘措施。



任务内容

1. LED 封装结构及 LED 封装种类。
2. LED 封装车间对净化、温度、湿度、防静电等方面的指标要求。



知识与技能

LED 芯片是一块很小的电致发光半导体固体材料，它的两个电极在显微镜下才能被看到，在有电流流过时发光。在制作工艺上，除了要对 LED 芯片的两个电极进行焊接，引出正电极、负电极，还要对 LED 芯片和两个电极进行保护，也就是需要对 LED 芯片进行封装。

1. LED 封装结构

LED 是一种将电能转化为光能的固体器件，其核心结构为 PN 结，具有单向导电性。常见的直插式 LED（Lamp LED）的基本结构是一块 LED 芯片被黏合剂固定在反光杯中，通过金线与支架相连，最终由环氧树脂密封。LED 封装的主要作用是保护 LED 芯片和完成电气连接。

图 1-1 所示为直插式 LED 封装的内部结构。LED 芯片被固定在支架上的反光杯的中央，通过金线将 LED 芯片的正极（阳极）引脚与支架的引脚连接。反光杯侧的引脚为负极（阴极）引脚，其顶部用环氧树脂封装。反光杯的作用是将 LED 芯片侧面和界面发出的光反射到期望的方向。环氧树脂的作用主要是保护 LED 芯片、优化光束分布、提高光效。

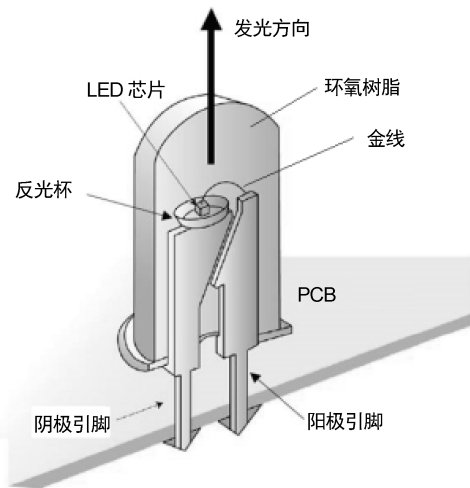


图 1-1 直插式 LED 封装的内部结构

2. LED 封装种类

图 1-2 所示为 LED 封装发展历程。经过几十年的发展，从最早的 LED 封装开始，经



历了直插式 LED 封装、普通功率型 LED（Power LED）封装、大功率型 LED（High Power LED）封装、COB LED（Chip On Board LED）封装、CSP（Chip Scale Package）等。

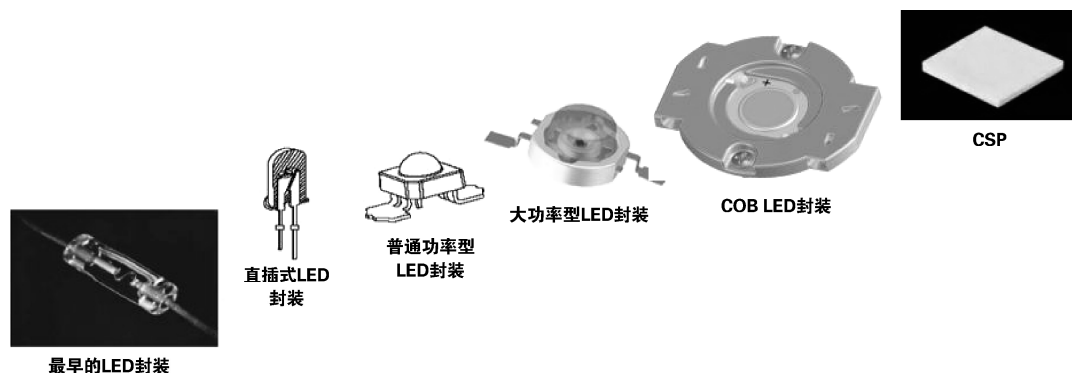


图 1-2 LED 封装发展历程

下面介绍几种常用的封装形式，包括直插式 LED 封装、表面贴片型 LED 封装、普通功率型 LED 封装、大功率型 LED 封装、COB LED 封装。

1) 直插式 LED 封装

图 1-3 所示为直插式 LED 封装，又称引脚式封装。典型的直插式 LED 封装能承受 0.1W 的输入功率，其中，90% 的功率转化为热能，由负极引脚传递至 PCB（Printed Circuit Board，印刷电路板），再发散到周围环境中。直插式 LED 封装的封装材料大多采用的是高温固化环氧树脂。高温固化环氧树脂具有光性能优良、工艺适应性好、产品可靠性高的特性，可制作成有色透明或无色透明和有色散射或无色散射的透镜。不同的透镜形状构成了多种外形及尺寸的 LED，如按直径可分为 $\Phi 2\text{mm}$ 、 $\Phi 3\text{mm}$ 、 $\Phi 4.4\text{mm}$ 、 $\Phi 5\text{mm}$ 、 $\Phi 7\text{mm}$ 等规格的 LED。如果采用不同组分的环氧树脂，那么 LED 将产生不同的发光效果。

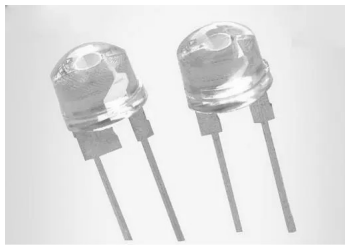


图 1-3 直插式 LED 封装

2) 表面贴片型 LED 封装

表面贴片型（Surface Mount Device，SMD）LED 封装属于普通功率型 LED 封装，封装结构如图 1-4 所示。SMD LED 是一种新型的表面贴片式半导体发光器件，贴于 PCB 表面，适合用 SMT（Surface Mounting Technology，表面安装技术）加工，可采用回流焊工艺制作，能很好地解决亮度、视角、平整度、可靠性、一致性问题。SMD LED 可满足各

种 SMD 结构的电子产品的需求,特别是手机、笔记本电脑等。普通 SMD LED 作为低功率器件被广泛应用于仪器仪表、指示设备和手机键盘照明等领域。

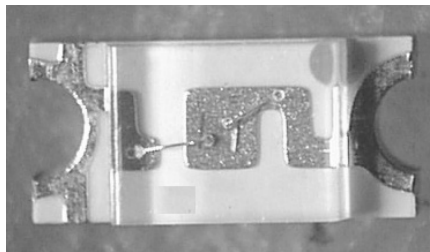


图 1-4 表面贴片型 LED 封装结构

3) 普通功率型 LED 封装

普通功率型 LED 封装结构如图 1-5 所示。普通功率型 LED 主要被应用于汽车照明和装饰照明等领域。这种器件既可满足小型化的需求,又具有比普通 SMD LED 散热性能好的特点。最早的普通功率型 LED 封装是于 20 世纪 90 年代初推出的食人鱼 LED 封装。1994 年改进的食人鱼 LED 封装,即 Snap LED 封装被推出,接着 OSRAM 公司推出了 Power Top LED 封装,即顶发光 LED 封装。



图 1-5 普通功率型 LED 封装结构

4) 大功率型 LED 封装

目前 LED 朝着大功率、高光效的方向发展,大功率型 LED 是未来照明灯具的核心部件。大功率型 LED 具有耗散功率大、发热量大、光效较高、寿命长的特点,其封装可分为单芯片和多芯片两种类型。图 1-6 所示为大功率型 LED 封装结构。1998 年,美国 Lumi LEDs 公司首次研制出 Luxeon 系列大功率型单芯片 LED 封装结构。这种功率型的单芯片 LED 封装结构采用了倒装焊接技术,有助于提高透光率、散热性能,加大工作电流密度。

5) COB LED 封装

COB LED 封装通过将多个 LED 芯片黏合在支架上,进行引线键合,来实现电气连接。图 1-7 所示为 COB LED 封装结构。芯片直接暴露在空气中,容易受到污染或人为损坏,影响或破坏芯片功能,因此需要用封装胶水把芯片和金线封起来,以保护器件内部结构。

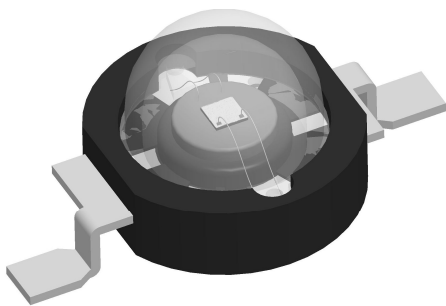


图 1-6 大功率型 LED 封装结构



图 1-7 COB LED 封装结构

3. LED 封装车间对环境的要求

1) 环境要求

LED 芯片的尺寸通常只有几十微米，因此 LED 封装工艺对环境有严格的要求，整个工艺流程对净化、温度、湿度、防静电等都有严格指标要求。

(1) 净化要求。

在 LED 封装生产过程中，如果灰尘进入器件内部，那么可能会遮挡芯片的发光面，降低工艺可靠性，造成潜在的电路危害，从而直接或间接影响封装产品的质量。LED 生产工艺除了测试、包装，其他工艺的生产操作一般在十万级到百万级的净化车间中进行。在净化车间中不仅要控制灰尘数量，还要做好静电防护规划。对净化有特别要求的生产工艺环节，可以进行局部净化设计，以提高或降低个别区域灰尘防护等级。

在使用净化车间时，操作人员应避免在车间内随意走动，以防产生灰尘和静电。净化车间的防静电地板和墙壁对静电的防护起着重要的作用。同时，操作人员在操作过程中要严格遵守 7S（整理、整顿、清扫、清洁、素养、安全、节约）企业管理规范。

(2) 温度、湿度要求。

空气中的水分含量也会影响器件的质量，水分含量过低不仅会引起灰尘含量的增加，而且会加大静电产生和累积的可能性；水分含量过高将使器件存在短路风险。过高和过低的温度也会降低器件的可靠性。因此，封装环境的温度和湿度都要控制在一定范围内：温度为 $17\sim 27^{\circ}\text{C}$ ，即室温；相对湿度一般为 $30\%\sim 75\%$ 。

(3) 防静电要求。

LED 是在弱电环境下工作的器件，静电对于利用 PN 结原理工作的 LED 来说是致命的。无论材料取用、生产、封装、运输过程中的哪个环节产生过多的静电，都会对 LED 产生影响，要么直接击穿 PN 结，对 LED 直接造成破坏性损伤；要么间接对 LED 造成潜在的电路危害，以致 LED 在后期使用过程中的可靠性降低。因此，LED 的生产要有严格的防静电措施，包括尽量在净化车间内进行工艺操作，保证车间内的地板、墙壁、桌、椅等都有防静电功能，操作人员应戴防静电手套、防静电手环，穿防静电鞋等。

2) 防静电措施

在进行各个 LED 封装工艺操作前都要进行静电检测,使用静电手腕带测试仪测试身体所带静电是否超标,使用表面静电测试仪测试衣物表面所带静电是否超标。此外,操作人员在整个生产过程中都要按照以下措施进行静电监控。

(1) 操作人员的防静电措施。

操作人员在操作过程中,应该严格遵守防静电操作规程,除自身做好静电防护措施以外,还要注意在接触 LED 前要戴上防静电手套。在用手接触 LED 时,应接触支架外壳,不可接触器件的金属引脚。在接触 LED 前,应先将身体或手接地,以释放身上携带的静电。同时,操作人员在工作时要避免过多的活动,如穿脱衣服、鞋帽,挠头,搓手等活动,以防产生静电。

(2) 包装、运送和存放过程中的防静电措施。

LED 必须装在防静电包装盒或包装箱内装运,避免因震动和摩擦而产生静电。在使用前不允许随意拆除 LED 的防静电包装,也不要过早地将 LED 从防静电包装盒中取出。拆除防静电包装盒的动作应在静电保护区内进行,拆除防静电包装盒后,应立即将 LED 放入事先准备好的导电盒中。在运送、传送 LED 时,要尽量减少震动和冲击。

总之,在各个 LED 封装环节中要尽量减少触碰 LED 的次数,限制操作人员不必要的活动。在工作区域使用离子风机等静电消除工具,防止静电累积。

任务实施

LED 封装过程对环境有着严格的要求,包括净化、温度、湿度、防静电等要求。整个工艺过程都是在超净车间内完成的,因此本任务将介绍超净车间对环境、操作人员和操作的规范要求。LED 封装实训室如图 1-8 所示。



图 1-8 LED 封装实训室



1. 实训器材（见表 1-1）

表 1-1 进入 LED 封装实训室需要穿戴的物品

名 称	功 能
防静电服	防止静电产生
防静电手套	防止静电产生
离子风机	消除静电
防静电鞋（防静电鞋套）	防止静电产生
口罩	避免操作人员言谈时产生的口水污染材料
防静电手环	消除静电
防静电帽	避免头发、头皮屑掉落污染材料

2. 实训安全与要求

- （1）戴上口罩，避免操作人员言谈时产生的口水污染材料。
- （2）戴上防静电帽，避免头发、头皮屑掉落污染材料。
- （3）减少走动，避免因走动摩擦产生静电，从而损坏 LED。

3. 实训过程

进入超净车间前需要做好防尘、防静电措施，提高 LED 生产的可靠性，具体操作过程如下。

（1）操作人员进入更衣室，穿上防静电服、防静电鞋套，戴上口罩、防静电帽、防静电手套和防静电手环。图 1-9 所示为防静电服。

（2）操作人员进入风淋室，吹干净身上的灰尘。风淋室如图 1-10 所示。



图 1-9 防静电服



图 1-10 风淋室

思考：静电会给 LED 带来哪些常见的破坏？

任务二 LED 封装材料介绍

中国是 LED 封装大国,据统计,全世界 80% 的 LED 封装集中在中国。随着国内 LED 行业的迅猛发展,LED 封装材料的性能有了很大提升。LED 封装材料主要有 LED 芯片、LED 支架、金线、封装胶水、黏合剂、荧光粉、清洗剂等。这些封装材料对 LED 的性能和寿命有着重要影响。



任务目标

知识目标

认识 LED 封装材料的种类及特性。



任务内容

LED 封装材料的种类及特性。



知识与技能

LED 芯片、LED 支架、金线、封装胶水、黏合剂、荧光粉、清洗剂等都是 LED 封装的重要材料,缺一不可。

1. LED 芯片

LED 芯片也称 LED 发光芯片,是 LED 的核心组件。它主要是由镓、铟、氮、磷、砷等元素组成的,主要功能是把电能转化为光能。LED 芯片的本质是 PN 结,即 P 型半导体和 N 型半导体。LED 发出的光的波长是由 PN 结的材料决定的。

1) 常见的 LED 芯片种类

根据颜色,LED 芯片主要分为红色、绿色、蓝色三种。

根据形状,LED 芯片一般分为方片、圆片两种。

根据尺寸,LED 芯片一般分为小功率型 LED 芯片和大功率型 LED 芯片,小功率型 LED 芯片的规格一般为 8mil×8mil、9mil×9mil、12mil×12mil、14mil×14mil 等,大功率型 LED 芯片的规格一般为 38mil×38mil、40mil×40mil、45mil×45mil 等。



2) LED 芯片的结构

LED 芯片有单电极和双电极之分。

单电极 LED 芯片结构示意图如图 1-11 所示。单电极 LED 芯片结构代码含义如表 1-2 所示。

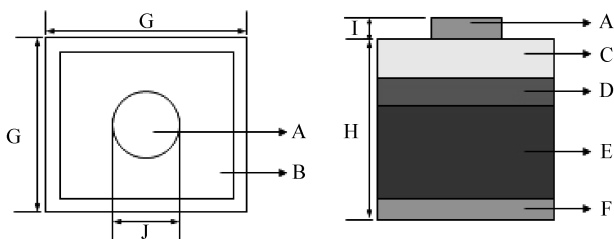


图 1-11 单电极 LED 芯片结构示意图

表 1-2 单电极 LED 芯片结构代码含义

代 码	说 明	代 码	说 明
A	P 型金属层	F	N 型金属层
B	发光层	G	芯片尺寸（长×宽）
C	P 型半导体层	H	芯片高度
D	N 型半导体层	I	电极厚度
E	N 型结晶基板	J	电极直径

双电极 LED 芯片结构示意图如图 1-12 所示。双电极 LED 芯片结构代码含义如表 1-3 所示。

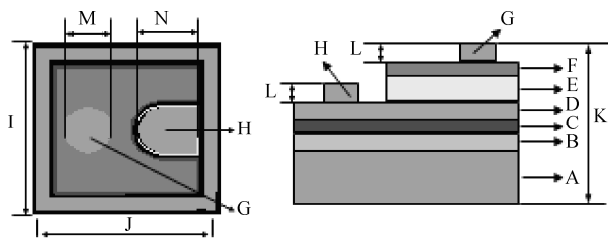


图 1-12 双电极 LED 芯片结构示意图

表 1-3 双电极 LED 芯片结构代码含义

代 码	说 明	代 码	说 明
A	蓝宝石基板	H	N 型金属层
B	低温缓冲层	I	芯片尺寸（宽）
C	N 型半导体层	J	芯片尺寸（长）
D	发光层	K	芯片高度
E	P 型半导体层	L	电极厚度
F	透明导电层	M	P 型电极直径
G	P 型金属层	N	N 型电极直径

3) 常见 LED 芯片简图

图 1-13 所示为单电极 LED 芯片实物图。常见的单电极 LED 芯片有圆电极 LED 芯片、方电极 LED 芯片和带角电极 LED 芯片等。

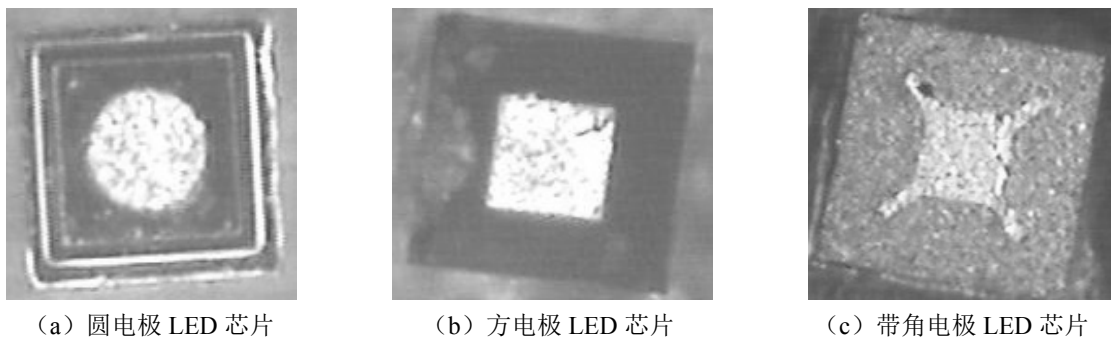


图 1-13 单电极 LED 芯片实物图

常见的双电极 LED 芯片实物图如图 1-14 所示。

2. LED 支架

LED 支架是 LED 的主要封装材料之一，与 LED 芯片、金线相连，负责导电与散热，在 LED 封装中起着重要作用。

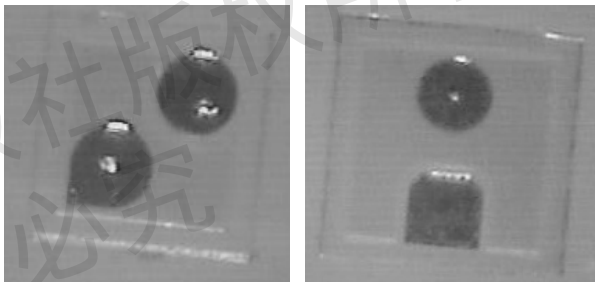
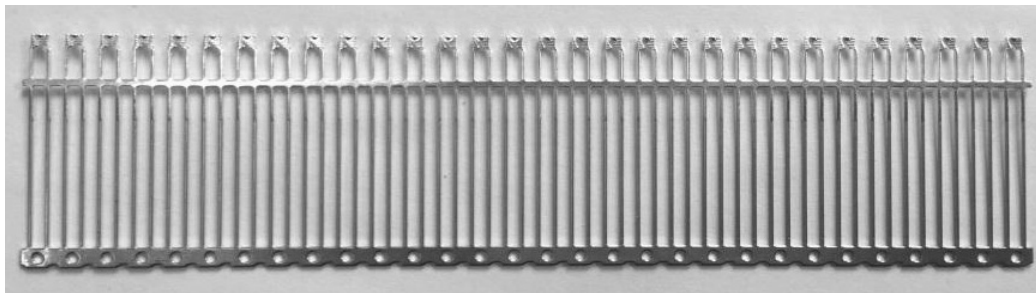


图 1-14 常见的双电极 LED 芯片实物图

LED 支架的类型有 Lamp LED 支架、SMD LED 支架、大功率型 LED 支架、COB LED 支架等。

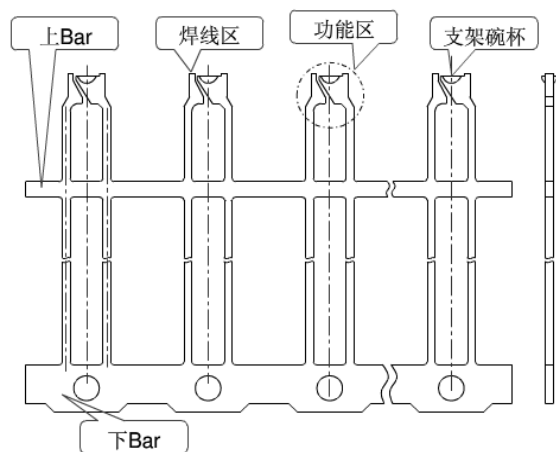
1) Lamp LED 支架

Lamp LED 支架可分为聚光型（带碗杯支架）和大角度散光型两种。Lamp LED 支架如图 1-15 所示，Lamp LED 支架可分为上部连接筋（上 Bar）、下部连接筋（下 Bar）、焊线区、功能区、支架碗杯等部分。

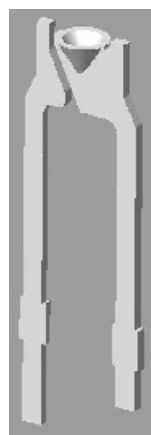


(a) 30 连体支架

图 1-15 Lamp LED 支架



(b) 支架的组成部分



(c) 单个支架

图 1-15 Lamp LED 支架 (续)

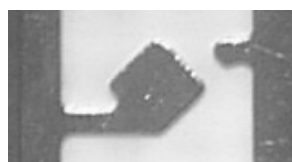
2) SMD LED 支架

SMD LED 支架可分为片式 LED 支架和 TOP LED 支架。典型的片式 LED 支架的型号是 1608，其尺寸为 16mm×8mm。TOP LED 支架的型号有 3528、3014、5050、5630 等。

常见的片式 LED 支架如图 1-16 所示。



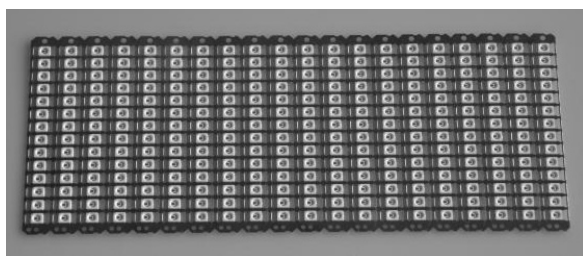
(a) 连体片式 LED 支架



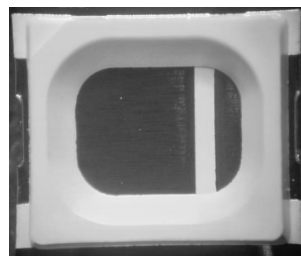
(b) 单个片式 LED 支架

图 1-16 常见的片式 LED 支架

常见的 TOP LED 支架如图 1-17 所示。



(a) 连体 TOP LED 支架



(b) 单个 TOP LED 支架

图 1-17 常见的 TOP LED 支架

3) 大功率型 LED 支架和 COB LED 支架

大功率型 LED 支架和 COB LED 支架分别如图 1-18 和图 1-19 所示。它们都是功率不

低于 1W 的 LED 支架，共同的特点是热阻小、导热快。

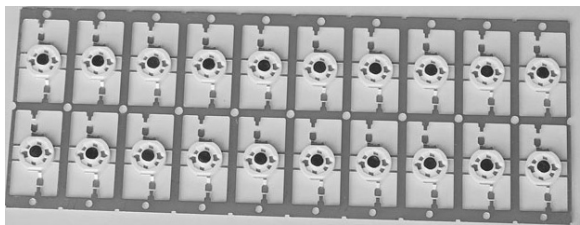


图 1-18 大功率型 LED 支架

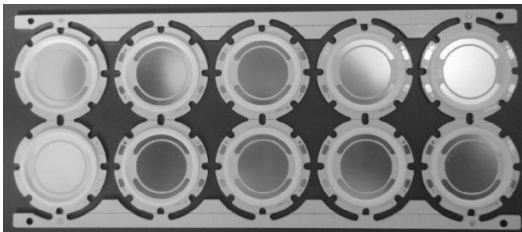


图 1-19 COB LED 支架

3. 金线

LED 封装用金线是由纯度 99.99% 以上的金 (Au) 键合拉丝而成的。目前市面上的金线根据使用范围不同直径范围为 $16\sim 50\mu\text{m}$ 。在一般情况下，每卷金线的长度为 500m，市面上也有每卷长度为 1000m 的金线。成卷金线实物图如图 1-20 所示。金线在 LED 封装中用于将 LED 芯片表面电极和 LED 支架连接起来，起导线连接作用。LED 在导通状态下，电流通过金线进入 LED 芯片，实现发光。



图 1-20 成卷金线实物图

铝线也可以作为 LED 芯片表面电极与 LED 支架间的连接线。与铝线相比，金线具有电导率大、耐腐蚀、韧性好等优点。与其他材质的线相比，金线最大的优点是具有抗氧化性，这是金线被广泛应用于 LED 封装的主要原因。

4. 封装胶水

在 LED 封装中，封装胶水主要用于密封 LED 芯片，避免 LED 芯片受到周围环境的湿度与温度影响，保护 LED 芯片正常工作；固定和支持导线，防止电子组件因受到震动、冲击而损坏，造成组件参数变化；减小 LED 芯片与空气间折射率的差距，以增加光输出；有效地将内部产生的热排出；等等。因此，封装胶水要具有优良的密封性、透光性、黏结性、介电性能和机械性能。封装胶水主要有环氧树脂和有机硅两种类型，其中有机硅包括硅胶和硅树脂。



1) 环氧树脂

环氧树脂具有优良的黏结性、电绝缘性、密封性和介电性能，且具有成本较低、配方灵活多变、易成型、生产效率高等特点，是 LED 封装的主流材料。

随着 LED 的亮度和功率的不断提高，以及白光 LED 的发展，人们对 LED 的封装材料提出了更高的要求，如高折光指数、高透光率、高导热性、耐紫外老化和热老化能力、低热膨胀系数、低离子含量及低应力等。然而，环氧树脂自身存在易老化、耐热性差、在高温和短波光照下易变色、固化的内应力大等缺点，这会大大缩短 LED 的寿命。

环氧树脂在直插式 LED 封装中的作用主要是在注入模粒后，高温固化成型，从而保护 LED 内部结构，并导出 LED 芯片发出的光，以达到预期的外观与光学效果。图 1-21 所示为环氧树脂（A 胶与 B 胶）实物图，图中蓝色的为 A 胶（主剂），白色的为 B 胶（固化剂）（本书黑白印刷，颜色无法显示）。在 LED 配胶工艺中，将 A 胶和 B 胶按比例混合均匀即可使用。



图 1-21 环氧树脂（A 胶与 B 胶）实物图

2) 有机硅

有机硅包括硅胶和硅树脂。与环氧树脂相比，有机硅具有良好的透光性、耐高/低温性、耐候性、绝缘性，以及低吸湿性，是 LED 封装材料的理想选择，逐渐被应用于快速增长的高亮度 LED 市场，如车用内部照明、手机闪存模组、一般照明及新兴的 LED 背光模组等。

图 1-22 所示为硅胶实物图。硅胶主要用作常规照明系列中对散热有较高要求的 LED 封装胶水。硅胶的优点是散热性能好、应力较小、抗紫外线能力强；缺点是密封性不佳、防护能力弱、抗震性差、透氧、透湿，对于户外应用的 LED 需要对灯体结构进行二次防护处理。

图 1-23 所示为硅树脂实物图。硅树脂主要作为高亮度白光 LED 封装胶水。硅树脂的优点是折射率高、透光率高、密封性能优于硅胶、散热能力介于环氧树脂和硅胶之间，同时具有树脂和硅胶的部分特性；缺点是应力较硅胶大，在高温焊接不当时易出现胶裂或分层现象。



图 1-22 硅胶实物图



图 1-23 硅树脂实物图

5. 黏合剂

LED 封装常用的黏合剂主要有银浆和胶浆两种。

(1) 银浆：作为单电极 LED 芯片的黏合剂，在未固化时为灰黑色胶状，起导电、导热、黏合作用，主要成分为银粉 65%~70%、环氧树脂 10%~15%、硬化剂 5%~10%。银浆实物图如图 1-24 所示。

(2) 胶浆：作为双电极 LED 芯片的黏合剂，主要起黏合和绝缘作用，在未固化时为白色胶状，固化后的胶体呈透明或半透明态。由于胶浆在固化后是透明胶体，因此可以提高透光率。胶浆实物图如图 1-25 所示。



图 1-24 银浆实物图



图 1-25 胶浆实物图

6. 荧光粉

目前，市场上常用的荧光粉主要有 YAG 铝酸盐荧光粉、硅酸盐荧光粉和氮化物荧光粉，它们的特点不同。

(1) YAG 铝酸盐荧光粉。

优点：亮度高，发射峰宽，成本低，应用范围广，黄粉的效果较好。

缺点：激发波段窄，光谱中缺少红光成分，显色指数不高。

(2) 硅酸盐荧光粉。

优点：激发波段宽，绿粉和橙粉的效果较好。



缺点：发射峰窄，对温度比较敏感，缺乏好的红粉，不耐高温，不适合制作大功率型 LED。

(3) 氮化物荧光粉。

优点：激发波段宽，温度稳定性好，红粉、绿粉的效果较好。

缺点：制造成本较高，发射峰较窄。

7. 清洗剂

丙酮在 LED 封装中主要用来清除残留在设备上的封装胶水。由于丙酮在 LED 封装的清洁工作中使用较为频繁，且丙酮具有轻微毒性，因此应该严格按照操作规范进行管理和使用。

应在全面通风的环境中使用丙酮。丙酮在存放时应与氧化剂、还原剂、碱类试剂分开，并注意远离火源、热源，防止静电积聚。

思考：单电极 LED 芯片和双电极 LED 芯片分别使用哪种类型的黏合剂？为什么？

任务三 LED 封装工艺与生产



任务目标

知识目标

1. 理解 LED 封装的主要作用及意义。
2. 掌握 LED 封装的工艺流程。

技能目标

1. 能根据行业技术指标完成 LED 封装的各道工序。
2. 熟悉 LED 封装的安全操作规程。



任务内容

LED 封装的各道工序及技术指标。



知识与技能

LED 封装包括点胶、扩晶、固晶、焊线、配胶/灌胶、烘烤、切脚、检测、分选、包装等工序。下面以直插式 LED 封装为例进行说明。

1. LED 封装的作用

通俗地讲，LED 封装就是给 LED 芯片“穿衣服”，其实质是利用固晶机、焊线机、灌胶机、烘烤箱、分光机等设备将 LED 芯片固定在 LED 支架上，引出正、负电极，灌封装胶水，以将 LED 芯片、LED 支架、金线、封装胶水等原材料组装成固态元件的过程。LED 封装技术大都是在分立器件封装技术的基础上发展而来的，但有很大的特殊性。在一般情况下，分立器件封装的作用主要是保护 LED 芯片和完成电气连接。LED 封装的作用则是完成电信号的输出，保护 LED 芯片正常工作，输出可见光，既有电参数的设计及技术要求，又有光参数的设计及技术要求。如果封装环节做得不好，那么 LED 将难以散热，光损失严重，光通量及透光率低，光色不均匀，且寿命会缩短。封装工艺已成为制约 LED 寿命及性能的关键因素。

LED 封装结构及功能示意图如图 1-26 所示。

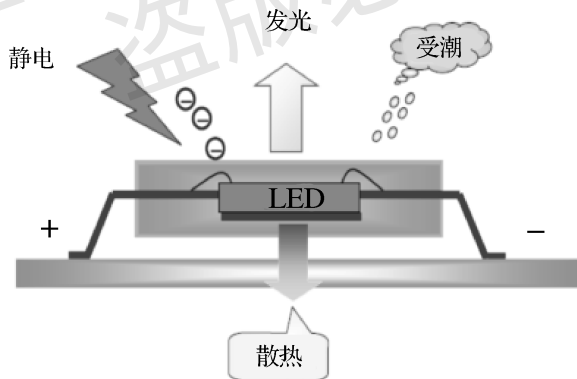


图 1-26 LED 封装结构及功能示意图

总的来说，LED 封装的主要作用如下。

- (1) 机械保护，提高可靠性。
- (2) 加强散热，降低 LED 芯片的结温，提高 LED 性能。
- (3) 光学控制，提高透光率，优化光束分布。
- (4) 供电管理，包括交/直流转变、电源控制等。

2. LED 封装的工艺流程

LED 封装的任务是将外引线连接到 LED 芯片的电极上，同时为 LED 芯片提供保护，



并且提高透光率。LED 封装包括点胶、扩晶、固晶、焊线、配胶/灌胶、烘烤、切脚、检测、分选、包装等工序，其中关键工序有固晶、焊线、灌胶。直插式 LED 封装的整体流程图如图 1-27 所示。

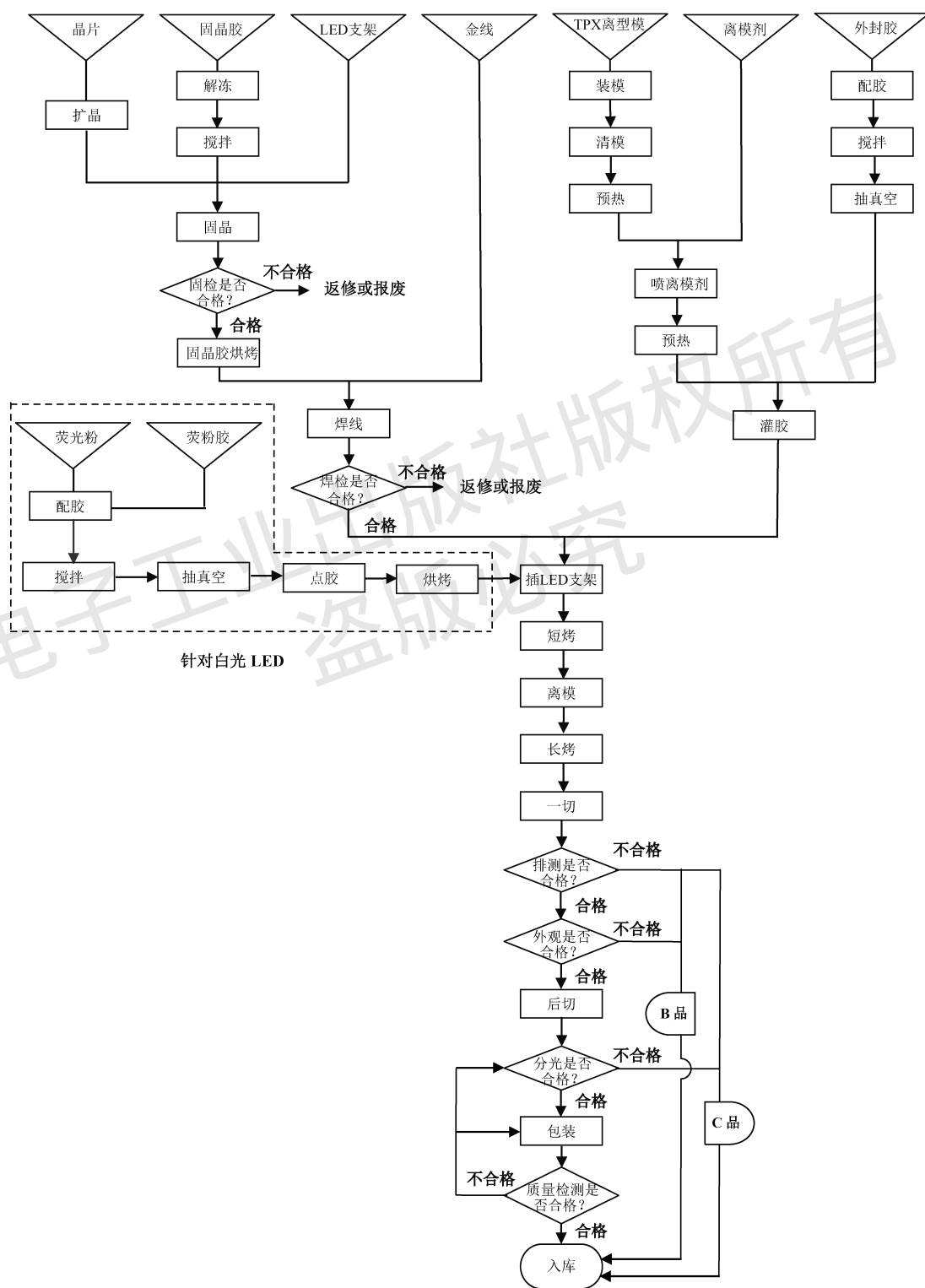


图 1-27 直插式 LED 封装的整体流程图

 任务实施

直插式 LED 封装的工序比较多，每一道工序都有对应的行业技术指标。本任务主要介绍直插式 LED 封装的工艺流程及安全操作规程。

1. 实训器材（见表 1-4）

表 1-4 LED 封装材料

名 称	功 能
黏合剂	固定 LED 芯片
LED 芯片	发光的核心器件
金线	完成电气连接
LED 支架	导电与散热
环氧树脂	保护 LED 芯片

2. 实训安全与要求

- （1）严格按照安全操作规程进行操作，并在指导教师的指导下进行实训。
- （2）在开机工作前，要对机器进行检查，确认无异常后才可以开机；在空载运转确认无异常情况，才可以正式进行操作。
- （3）在实训中若发现机器异常，应停机进行检查或请专业维护人员进行修理，严禁擅自修理。
- （4）完成任务后，应关闭机器，切断电源，并清理工作区域，待指导教师检查无误后方可离开现场。
- （5）不得擅自移动电器线路，不得私自搭线，在发现电路电线有裸露、损坏的情况时，要及时反映，安排专业人员修理。
- （6）要按期保养封装设备，并做好设备维护保养记录。

3. 实训过程

1) 芯片检验

LED 芯片采取镜检方式进行检验，主要检查 LED 芯片表面是否有机机械损伤，LED 芯片尺寸及电极大小是否符合工艺要求，电极图案是否完整。

2) 扩晶

由于 LED 芯片在划片后依然排列紧密，间距很小（约 0.1mm），不利于后续工序的操作，因此采用扩片机对黏结芯片的膜进行扩张，将 LED 芯片的间距拉伸到约 0.6mm。扩晶效果如图 1-28 所示。



3) 点胶

点胶是在 LED 支架的相应位置处点银胶或绝缘胶。点胶效果如图 1-29 所示。单电极 LED 芯片采用银胶来固定，双电极 LED 芯片采用绝缘胶来固定。点胶工艺的难点在于点胶量、胶体高度、点胶位置的控制，要按工艺要求进行操作。银胶和绝缘胶的储存和使用有严格要求，银胶的醒料时间、搅拌时间、使用时间是必须注意的事项。

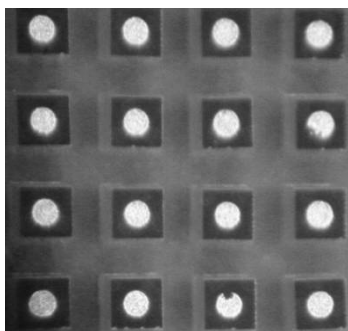


图 1-28 扩晶效果

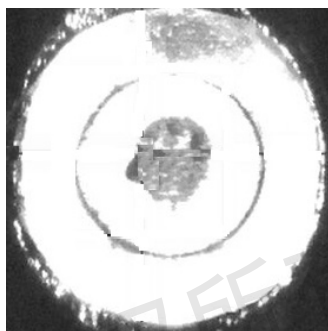


图 1-29 点胶效果

4) 固晶

固晶分为手工固晶和自动固晶两类，在实际生产中采用的是自动固晶。自动固晶整合了点胶和安装 LED 芯片两大步骤，先在 LED 支架上点银胶（绝缘胶），然后用固晶机的真空吸嘴将 LED 芯片吸起，再将 LED 芯片安置在 LED 支架相应的位置上。固晶效果如图 1-30 所示。自动固晶在工艺上要求操作人员熟悉设备的操作流程，并能操控设备对点胶位置及安装位置进行精准调控。

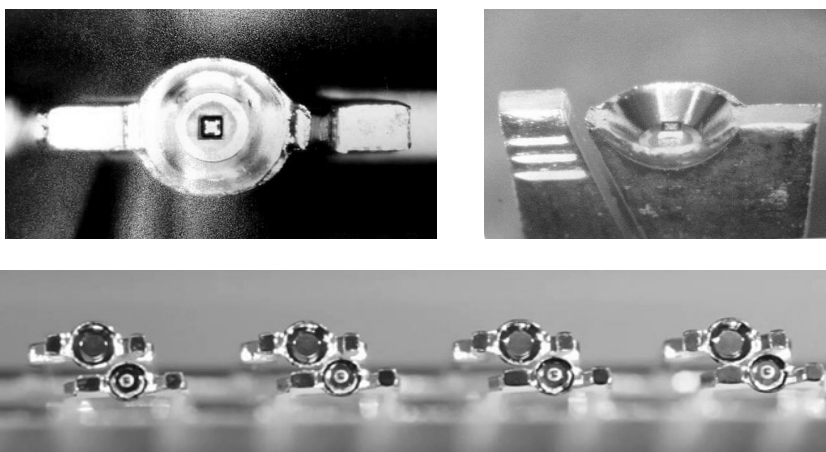


图 1-30 固晶效果

5) 烘烤

烘烤的目的是使黏合剂固化。在烘烤时要对烤箱内部的温度进行监控，以防出现不良现象。银胶的烘烤温度一般控制在 150°C ，烘烤时间为 2h。根据实际情况可以将烘烤温度

调整为 170℃，烘烤时间为 1h。在一般情况下，绝缘胶的烘烤温度为 150℃，烘烤时间为 1h。烤箱不得用作其他用途，以防被污染。

6) 焊线

LED 金丝键合，也称 LED 焊线，是指通过金线将电极引到 LED 芯片上，完成电气连接。LED 焊线示意图如图 1-31 所示。焊线是 LED 封装工艺中的关键环节，在工艺上需要监控的主要指标是压焊出的拱丝形状、焊点形状、拉力。

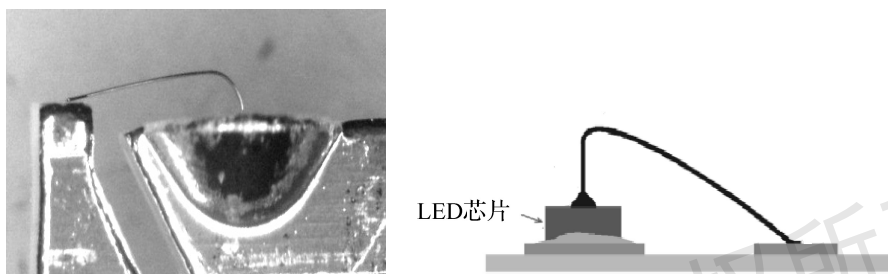


图 1-31 LED 焊线示意图

焊点是在超声、温度、压力的共同作用下形成的。LED 焊线工艺流程可以简单表示为烧球——焊——拉丝——二焊——断丝烧球，示意图（动作过程从右到左）如图 1-32 所示。

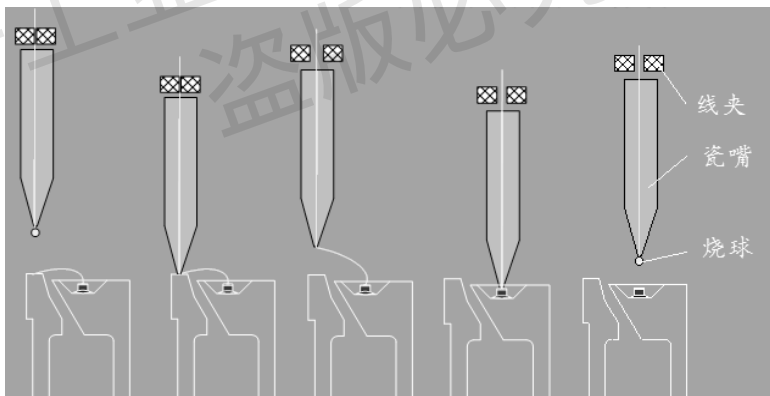


图 1-32 LED 焊线工作流程示意图（动作过程从右到左）

7) 配胶

在封装单色光 LED 时，不需要配荧光粉，只需要将环氧树脂的 A 胶（主剂）和 B 胶（固化剂）按一定比例调配。

在封装白光 LED 时，需要先将荧光粉和胶水按一定比例调配，组成荧光胶，再进行点荧光胶和烘烤操作。

单色光 LED 的配胶示意图如图 1-33 所示。在调配胶水时，需要用电子秤进行称重。在称重时，必须确保电子秤处于水平状态。在完成配胶后，要将封装胶水搅拌均匀，此时应沿顺时针或逆时针方向匀速搅拌 10~15min。搅拌均匀后应对封装胶水进行抽真空操作，

以使封装胶水脱气泡。在抽真空过程中要时刻注意观察，以防封装胶水溢出。图 1-34 所示为抽真空示意图。

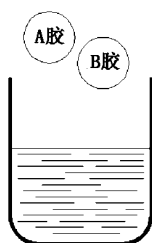


图 1-33 单色光 LED 的配胶示意图

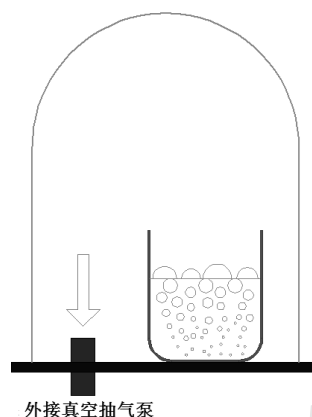


图 1-34 抽真空示意图

8) 灌胶

直插式 LED 的封装采用灌胶的形式。LED 灌胶前后效果图如图 1-35 所示。

灌胶的过程：先在 LED 成型模腔内注入液态环氧树脂，示意图如图 1-36 所示；然后插入压焊好的 LED 支架，示意图如图 1-37 所示；再将其放入烤箱，让环氧树脂固化；最后将 LED 从模腔中脱出，即离模，示意图如图 1-38 所示。

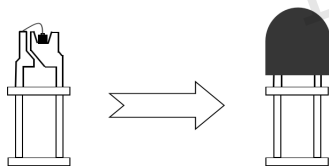


图 1-35 LED 灌胶前后效果图

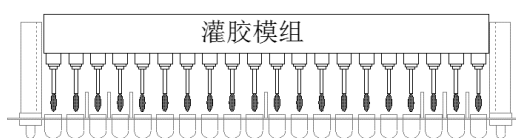


图 1-36 注胶示意图

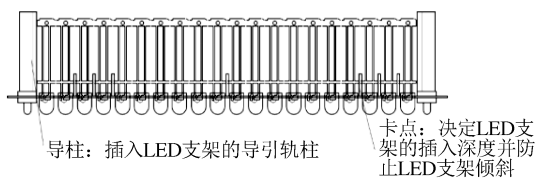


图 1-37 插入 LED 支架示意图

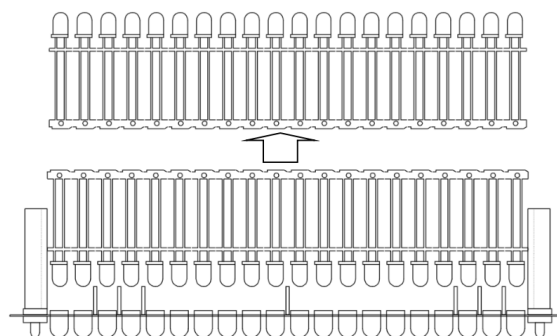


图 1-38 离模示意图

9) 固化与二次固化

固化是指环氧树脂的固化。在一般情况下，环氧树脂的固化温度为 135℃，烘烤时间

为 1h。直插式 LED 固化 1h 后, 进行离模, 再进行二次固化。二次固化是为了让环氧树脂充分固化, 同时对 LED 进行热老化处理。二次固化对于提高环氧树脂与 LED 支架的黏结强度非常重要。在一般情况下, 环氧树脂二次固化的温度为 120°C , 烘烤时间为 6h。

10) 切筋和划片

LED 是连排生产的, 不是单个生产的。直插式 LED 采用切筋的方式切断 LED 支架的连筋, 其顺序是一切 (半切) — 排测 — 二切 (全切)。图 1-39、图 1-40 和图 1-41 分别所示为一切示意图、排测示意图和二切示意图。

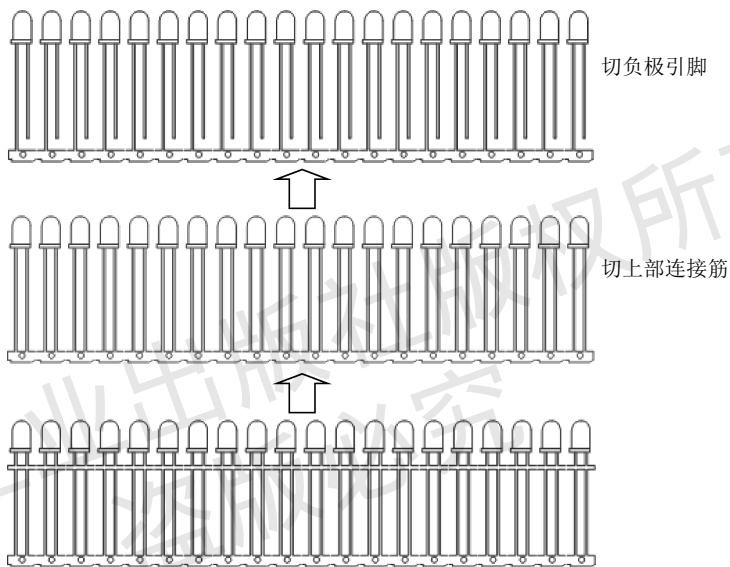


图 1-39 一切示意图

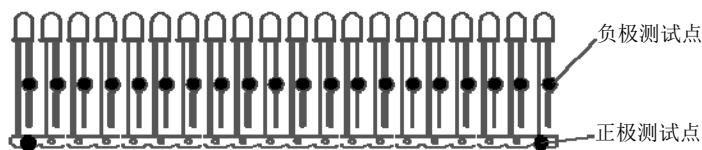


图 1-40 排测示意图

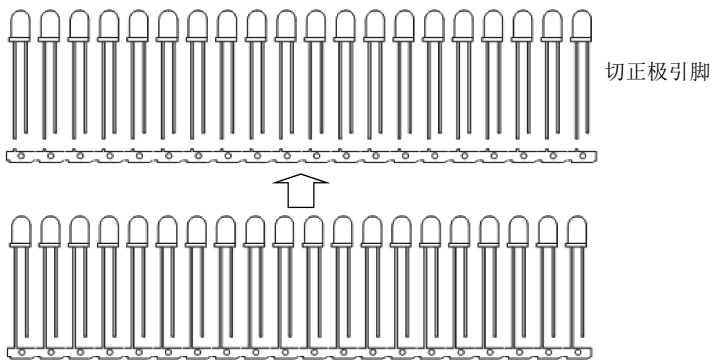


图 1-41 二切示意图



11) 测试

测试 LED 的光电参数, 检验 LED 外形尺寸, 同时根据客户要求对 LED 产品进行测试分档。

12) 包装

对成品进行包装。超高亮 LED 需要采用防静电包装。

思考: 在 LED 焊线工序中为什么要使用金线进行电气连接?



知识链接

1. 电参数

1) 正向电压

LED 的本质就是二极管, 它的电压就是二极管的管压降, 用 U_f 表示, 单位为 V。为了得到更高的光效, 在光通量 (亮度) 相同的前提下, LED 的电压越低越好。在一般情况下, 白光 LED、纯绿色光 LED、蓝色光 LED 的电压为 3V 左右, 红色光 LED、黄色光 LED 的电压为 2V 左右。

2) 电流

电流是指流过 LED 的电流。注意区分两个概念: LED 的最大驱动电流和实际驱动电流。在实际应用中, LED 的实际驱动电流不允许超过最大驱动电流, 否则可能损坏 LED, 或者导致 LED 亮度快速衰减。LED 属于电流型器件, 电流越大, 光通量越高 (亮度越大); 电流越小, 光通量越低 (亮度越小)。但提高电流会导致功率上升, 发热量增加, 光效降低, 从而影响 LED 的寿命。

2. 光学参数

1) 光通量

光通量 ϕ 是指 LED 在单位时间内发出并被人眼感知的能量之和, 单位是流明 (lm)。光通量与半导体材料、封装工艺水平及外加电流大小有关。电流越大, LED 的光通量越大。

2) 发光强度

发光强度 (简称光强) I 是指 LED 在给定方向上的单位立体角内的光通量, 单位是坎德拉 (cd)。光强是表征发光器件发光强弱的重要指标。

3) 照度

照度 E 是指单位面积的被照明物体表面接收的光通量, 单位是勒克斯 (lx)。

勒克斯的定义: 1lx 相当于 1lm 的光通量均匀地照射在 1m^2 面积上产生的照度。

4) 亮度

光源或被照物体表面的亮度 L 是指单位面积的被照物体表面在某一方向上的光强密度, 也可以说是人眼感觉此光源或被照面的亮暗程度, 单位是坎德拉每平方米 (cd/m^2)。

坎德拉每平方米的定義: 光束元在指定方向上的光强与光束元垂直于指定方向上的面积之比。

5) 光效

光效是指在消耗单位功率条件下输出的光通量。光效可以分为光源光效和整灯光效, 单位是流明每瓦 (lm/W)。光源光效是指单个光源在消耗单位功率条件下输出的光通量。整灯光效是指整个灯具在消耗单位功率条件下输出的光通量。

$$\text{光源光效} = \frac{\text{光源光通量}}{\text{光源功率}} = \frac{\text{光源光通量}}{\text{光源电压} \times \text{光源电流}}$$

6) 半强度角

半强度角 $\frac{\theta}{2}$, 也叫半值角, 是指 LED 光强为 I 的方向与周围光强为 $\frac{I}{2}$ 的方向之间的夹角。半强度角的 2 倍为视角 θ (又称半功率角)。图 1-42 所示为半强度角示意图。

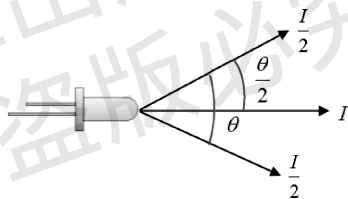


图 1-42 半强度角示意图

7) 光谱半波宽

光谱半波宽 $\Delta\lambda$ 的定义为在光谱能量分布曲线上, 两个光强为 $\frac{I}{2}$ 处对应的波长差, 即 $\Delta\lambda = \lambda_2 - \lambda_1$ 。 $\Delta\lambda$ 越小, 光谱纯度越高, 光源的单色性越好。图 1-43 所示为光谱半波宽示意图。

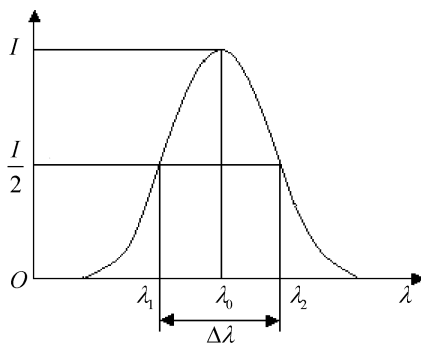


图 1-43 光谱半波宽示意图



考核

任务考核内容		标准分值	自我评分分值×50%	教师评分分值×50%
专业知识 与技能	任务计划阶段			
	实训任务要求	10		
	任务执行阶段			
	LED 的封装种类	10		
	LED 封装材料及其特性	10		
	LED 封装的作用	10		
	LED 封装的工艺流程	10		
	任务完成阶段			
	超净车间的防静电、防尘规范	10		
	LED 封装	15		
	LED 切筋和包装	15		
职业素养	规范操作（安全、文明）	5		
	学习态度	5		
	合作精神及组织协调能力	5		
	交流总结	5		
合计		100		
学生心得体会与收获：				
教师总体评价与建议：				
			教师签名：	日期：



思考与习题

1. 填空题

- (1) LED 封装的主要作用是_____和_____。
- (2) LED 封装常用的黏合剂主要有_____和_____两种。

(3) LED 的封装对工艺环境有严格要求, 整个工艺流程对_____、_____、_____等方面都有严格的指标要求。

2. 简答题

- (1) 请列举常见的 LED 封装种类。
- (2) LED 封装工艺对环境有哪些要求?
- (3) LED 封装的工艺流程主要有哪些?

电子工业出版社版权所有
盗版必究