

## LED的基本结构

LED是固态发光元器件。与传统灯泡等相比，散热少，寿命长。另外，可形成全固态小型光源，抗冲击性优异，可大幅提高客户的设计自由度。本文对LED元器件的基本结构进行解说。

### 什么是LED?

发光二极管（Light Emitting Diode、LED）是用半导体材料制成的发光元件。将其装入各种封装以用作电子零件而形成的元器件统称为LED。本文将装入封装形成产品的元器件称为LED（或LED元器件），将半导体元件称为LED元件，以便区分。

LED的用途除了有充分利用到小型低功耗特点的电子设备的指示器外，还逐渐被用作信息指示板、LED显示器等。近年来随着输出功率的增加，还被用于照明用途，例如，LCD背照灯、相机闪光灯等，而且随着白色LED的进步，逐渐开始用于普通房屋或室外照明、汽车前照灯。

## LED元器件的种类和结构

### 纵型LED

主要结构包括LED元件、引线框、焊线（金焊线）和密封树脂。（图1）

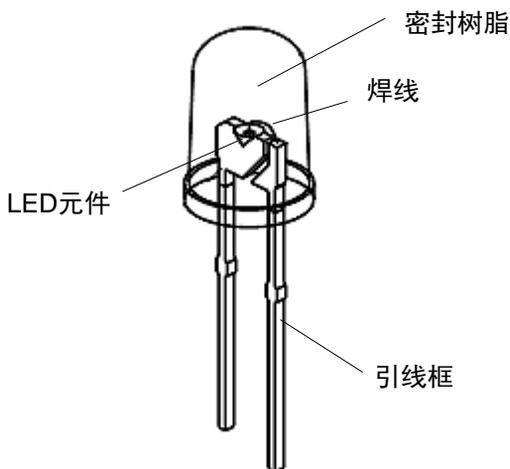


图1. 纵型LED

### 表面贴装LED 基板型（PCB型）

作为可表面贴装在电子电路基板上的LED开发而成（图2）。结构如下，首先将LED元件放置在印有电路的小型印刷基板（PCB）上，用焊线与印刷基板的电路焊接后，再用密封树脂将元件周围固定。

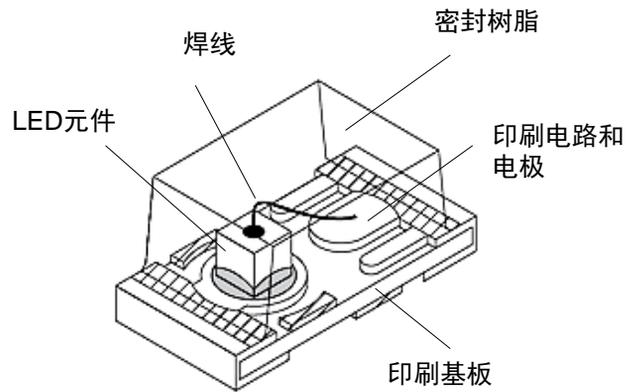


图2. 表面贴装LED 基板型（PCB型）

### 表面贴装LED 带成型框型（PLCC型等）

与基板型有所不同，先制作引线框与成型框（灯箱）一体成型的封装，然后将LED元件搭载到封装内，用焊线与引线框焊接后，再将密封树脂注入成型框内，将内部固定。灯箱被用作光的反射框，控制配光特性，提高光的利用率（图3）。

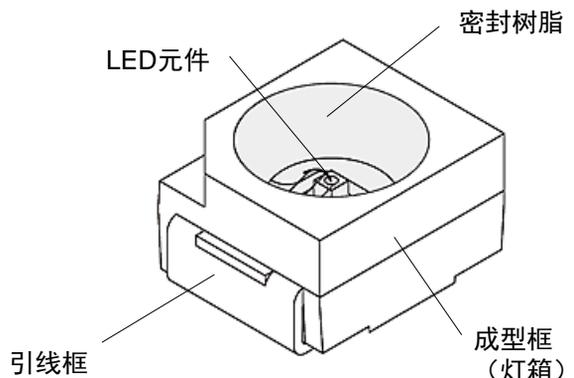


图3. 表面贴装LED（PLCC型）

### 其他 表面贴装LED

类型多样，有的灯箱用陶瓷等材料制成，有的用玻璃罩板替代密封树脂。

## LED元器件的构成要素

### LED元件

LED元件的主要构件。一种半导体零件，将电能转换成光的光电转换元件。基本结构由不同导电形式的p型和n型半导体接合而成，在电气领域被归纳为名为二极管的元器件。（图4）

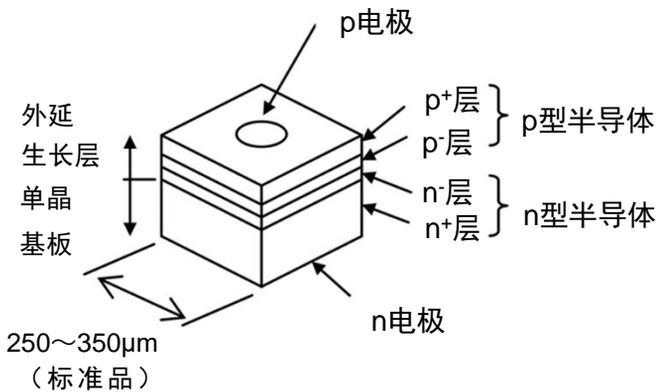


图4. LED元件的基本结构示例

普通二极管主要采用硅、锗等材料，LED使用GaAs、GaP、AlGaInP、InGaN等化合物半导体。化合物半导体固态内部的电子能量状态因其构成材料而异。具有在其内部将电子能量转换成光能，光的波长与电子能量成反比的性质。LED采用化合物半导体，根据构成材料，可获得红外、可见光、深紫外等不同波长的光。

将电子能量转换成光能需要对元件通电，向pn接合部分注入载流子。n型半导体中载流子为电子，p型半导体中正孔（在量子力学作用下呈现类似一个带正电荷粒子运动的某特殊状态电子集合）相当于载流子，电子与正孔在pn接合部分相遇时，两者再复合，电荷消失。此时电子拥有的能量得到释放。能量以电磁波形式释放，从而提取光。

为了提高LED元件的实际发光效率，我们进行了很多设计。元件发光效率可分为将电子能量转换成光能时的效率（内部量子效率）和将光能从元件释放到外部的效率。通常光电转换现象的效率是将电子和光均视为可逐个计数的量子，用量子效率表示。

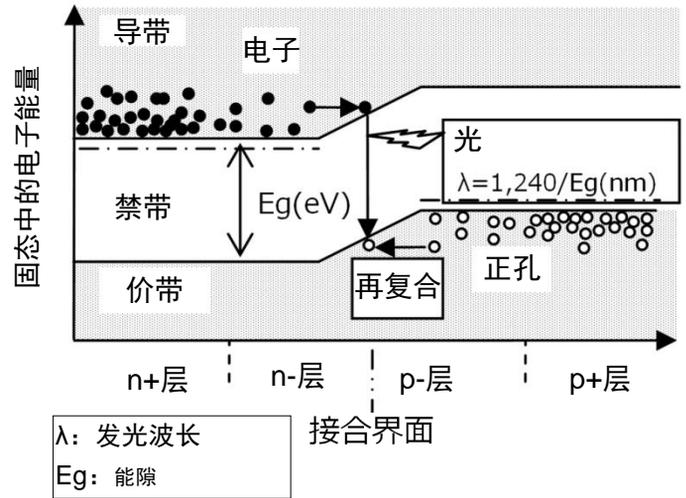


图5. LED元件的发光结构

$$\text{外部量子效率: } \eta_{ext} = \eta_e \times E$$

$\eta_e$  : 内部量子效率

$E$  : 光提取效率

### 提高内部量子效率的设计

主要是pn接合部分的设计。  
结晶性增高、异质结、量子阱结构等

### 增加光提取的设计

消除LED元件内的光吸收要素，减少内部反射成分。  
元件基板部分的设计 — 采用透明基板  
减少内部反射成分 — 表面纹理处理、梯形形状等其他 — 形成反射层等

综上所述，LED元件本身为全固态，可实现机械性能坚韧的全固态发光元器件。另外，由于并非热量引起的发光，因此有望实现高发光效率。

### 引线框、印刷基板（PCB）

保持LED元件，接受外部供电，对元件进行导电。纵型LED和PLCC封装中采用铜合金或铁合金的引线框。由于要在近处接收LED元件的光，因此通常采用以高光反射率镀层来抑制LED内的光吸收的设计。芯片LED中常用到印刷基板（PCB）。为了抑制光吸收，印刷基板同样会采用高反射率的材料。

引线框和PCB的重要作用是元件散热。这是与元件直接接触将元件产生的热量释放的重要路径。在要求大功率光输出的用途中需要有大电流流过，封装上采用了各种设计，例如，使用更多样的引线框，在PCB中使用金属芯等。

## 焊线

引线框和PCB的导电部分以及元件的电极主要使用金线进行焊接。焊接使用超声波。刚开始焊接时，金线顶端呈球状，用超声波与元件电极或引线框进行摩擦焊接。球可通过放电加热，将金线顶端部分熔融后制成。（图6）

这时球附近的线也会部分熔化，冷却后呈现与其他部分不同的状态（称作再结晶区域）。这一部分会形成晶界，从电气角度来看需要加以注意。例如，有大电流流过时可能会断线。设计LED额定值时要充分考虑余量，以防止发生断线。

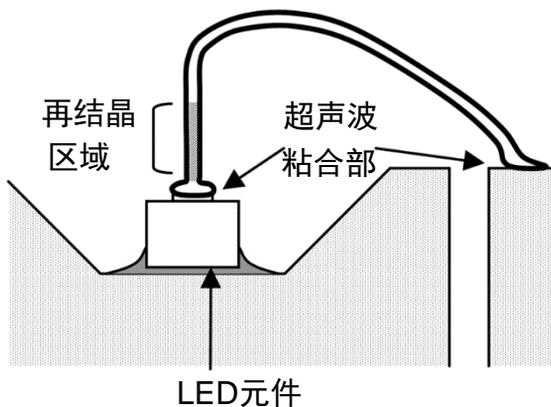


图6. 焊线

机械强度方面，焊线是LED的脆弱部分之一，但是已通过用密封树脂等将焊线周围固定的方式对其进行保护。

## 固晶材料

用于将LED元件固定在引线框等上。多数LED元件都是电流从外延生长层流向导电性基板侧，因此采用以下结构，即将元件安装在引线框或PCB的电流通路上，用固晶材料与基板侧粘合，然后用焊线与外延生长层进行焊接以确保供电。

固晶材料主要使用将银粒子分散到环氧树脂中的银浆。这种材料硬化后具有导电性，且导热性优异。

但由于是树脂材料，在短波长LED等中可能会出现劣化问题。因此，部分LED中采用AuSn等共晶焊。共晶焊与锡焊等一样，全部用金属材料进行焊接，导热性

优异，而且具有高可靠性。除此之外，也有与焊线一样的方法，利用金的柔软性和粘合性，用金珠对元件进行焊接。

近年来出现了基板使用绝缘材料的LED元件。这种情况下，p、n半导体的供电均通过外延生长层进行，粘合不一定要有导电性，可使用透明树脂浆。

## 密封树脂

LED元件周围用树脂填充固定。这样可保护LED元件不受潮，免受外部冲击。采用透明树脂或者至少可确保发光波长透过的树脂。常见的纵型LED是结构最简单的形式之一，通过密封树脂支撑整个结构，所以经常采用高硬度的环氧树脂。半球形可作为透镜，聚集LED元件发出的光。

密封树脂有时会混入扩散剂等填充物，用于控制配光性。另外，随着蓝色发光元件问世，开始将荧光体混入树脂，将蓝光转换成任意波长。这样便可实现白色LED和任意色度的LED。

密封树脂直接覆盖LED元件，将近距离接收元件发出的光。因此，元件周围的光的能量密度极大，采用蓝色、白色LED等短波长元件时，树脂的光劣化将成为重大问题。PLCC型封装通过成型框（灯箱）和引线框支撑结构，所以可采用硅树脂，这种树脂比环氧树脂软，但对光劣化具有高耐久性。

## 成型框（灯箱、反射框）

PLCC型LED具备对树脂制成型框进行导电的引线框，内部搭载有LED元件，用密封树脂进行密封后制成LED。通过成型框支撑结构，所以可采用柔软的密封树脂材料。为了有效利用LED元件的光，成型框采用提高反射率的设计，还添加了白色颜料作为树脂填充物。

成型框与密封树脂一样，有保护LED内部不受外部环境影晌的作用，需要有出色的耐久性。需要高可靠性或者在恶劣环境下使用时，还可以使用耐久性比树脂更高的陶瓷制成型框。

## 透镜

光在密封树脂中的折射率高，密封树脂的形状会导致光射到外部的方向发生改变，从而具有透镜作用。纵型LED的整个密封树脂起到透镜作用，对LED的配光特性进行控制。表面贴装LED也可通过密封树脂的成型或者后加的透镜来制作具有敏锐方向性的LED。

## 扩散剂

LED元件的配光特性根据不同产品有特定模式。用透明树脂密封的LED的配光特性反映出所用LED元件的配光特性。为了使配光模式均匀，消除元件差异的影响，可以在密封树脂中混入二氧化硅等扩散材料。

## 荧光体

开发蓝色发光元件后，可利用LED激发荧光体。利用这种方式便可通过一个元件实现任意颜色的LED。例如，将蓝色发光元件与黄色荧光体进行组合，在外部提取两种光，即可得到白光。（图7）

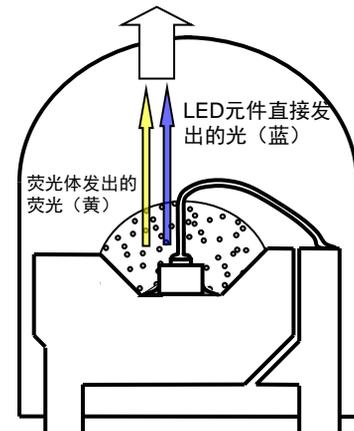


图7. 白色LED

荧光体通常不耐潮，LED设计中必须考虑防潮性能。另外，有些材料可能因其分离出的成分导致其他构件发生劣化，因此选择材料时需加以注意。