

## 1、静电的概念

属于电荷和电场的存在而产生电荷转移的一种现象，静电并非静止不动的电，静电与常用电从性质上是一样的，本质都是电荷。

## 2、静电的产生

静电的产生主要都是由于摩擦或感应两个过程产生的，这是一种普通的物理过程。静电产生不仅取决于材质，而且在相当程度上还与外界因素有关。运动摩擦可引起静电放电效应。以下是我们日常生产活动中所产生的静电电压：

## 3、LED抗静电与衬底材质

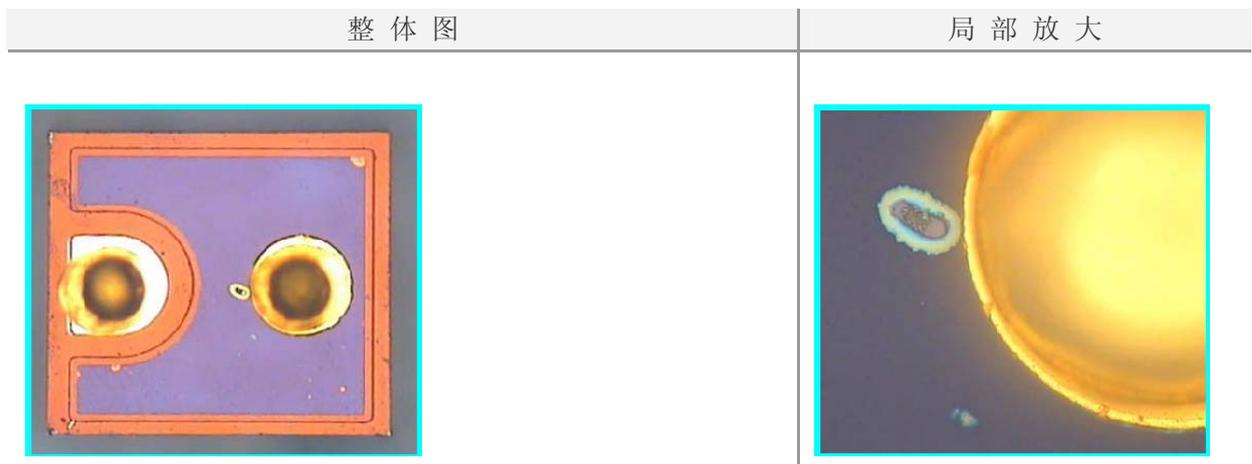
摩擦产生静电的强弱与材质的电阻率有关，电阻率为 $10^{11}-10^{14} \Omega$ 这一范围值的材质最容易摩擦产生静电。LED属于半导体，其电阻率介于导体和绝缘体之间，因此很容易产生感应电荷。下表列出了几种半导体常用做LED的衬底材料以及它们的抗静电的能力：

## 4、LED静电击穿原理

以PN结结构为主的LED，在制造、筛选、测试、包装、储运及安装使用等环节，难免不受静电感应影响而产生感应电荷。若得不到及时释放，LED的两个电极上形成的较高电压将直接加上LED芯片的PN结两端。

当电压超过LED的最大承受值后，静电电荷将以极短的瞬间（纳秒级别）在LED芯片的两个电极之间进行放电，功率焦耳的热量将使得LED芯片内部的导电层、PN发光层的局部形成高温，高温将会把这些层熔融成小孔，从而造成漏电以及短路的现象。

下图为静电击穿后的芯片：



## 5、LED抗静电特点

### 5.1 红色LED抗静电能力较强

PN结是LED的基本结构，但由于材料不同，其抗静电的能力也不同。

红色、橙色、黄色LED所用的材料主要是GaP与GaAs及其混晶GaAsP。这些化合物半导体禁带宽度在1.8-2.2eV之间，PN结易掺杂低阻性材料，其导电性能较好，当遇到静电电荷时候能较容易释放掉，故抗静电能力会好一些。

### 5.2 绿蓝色LED抗静电能力较弱

绿色、蓝色LED的PN结附近材料是InGaN或者AlGaN，其禁带宽度为3.3eV，比一般红色、橙色、黄色LED材料大50%左右，电阻率相对较高。

再加上这一类LED的衬底是用高阻值的蓝宝石（ $Al_2O_3$ ）或碳化硅（SiC）制成的，其导电性和导热性都很差。

如 $Al_2O_3$ 衬底的蓝光LED的PN结电极是V型电极（俗称双电极型），电极之间的距离 $<300\mu m$ ，一旦积累了感应的静电电荷，很容易在该处发生自激放电。又由于AlGaN的发光启动层较薄，因此静电放电中该层更容易被击穿。

以SiC为衬底的InGaN材料，基本上是L型电极垂直结构（单电极型，如CREE）的LED，其抗静电电压机械模式达到600V以上，人体模式下高达5000V（虽然CREE官方标称1000V）。而一般以 $Al_2O_3$ 为衬底的LED器件通常是V型电极，其抗静电电压机械模式下仅为为400V左右或者更低。

### 5.3 灯比芯片更容易受到静电损伤

LED芯片从生产到后续LED灯的封装、以及LED应用品的生产等所有过程都是一直受到静电威胁的，但是封装好的LED灯比芯片受到静电损坏的几率要比要小很多。

具体的原因是：芯片的尺寸极小，如12mil的芯片，它的尺寸约为 $304\mu m \times 304\mu m$ ，而电极之间的距离就更小（一般小于 $100\mu m$ ），如果将这么小的LED芯片处在静电场中，这么小的电场间距的电势差别接近于零，不会形成较高的静电电压，一般不会出现静电击伤现象。

象，除非芯片的抗静电能力极差；

另外，LED芯片电极的微小面积，更加局限了LED芯片电极接触静电放电的可能性。而封装好的LED灯，由于两个的间距一般都有2mm左右，比芯片电极间距20倍、处于静电电场中会比芯片处在静电电场中更加容易产生高的电压。

因此，芯片受到静电损伤的几率比LED灯要小得多，对LED灯的静电保护措施应更加重视，对LED芯片抗静电以封装好的灯的形式来进行静电评估是更加具有模拟现实的效果。

#### 5.4 正向比反向的抗静电能力强

静电对LED反向放电时，电流比正向放电更加集中，功率密度更加大，因此LED反向放电ESD失效阈值比正向低得多，也就是LED反向承受静电的电压要低得多，因此对LED的抗静电评估对其反方向抗静电能力评估是最合理的。

#### 5.5 LED静电击穿后常见现象

因为LED静电击穿的机理是因瞬间高压量而产生的焦耳热量以极高的功率密度作用在芯片的PN结上，从而将芯片烧熔，一般能在芯片内部烧成一个‘坑’，因此LED被静电完全电击穿后出现：

最明显的是——LED的反向漏电电流增大，甚至LED两端接近短路（约10-30欧姆）；

其他现象是——LED的亮度大幅度的降低，甚至完全不亮了；

### 6、LED抗静电评估重要性以及可参考标准

#### 6.1.LED抗静电评估重要性

LED抗静电能力是最重要可靠性指标之一，它反映了电子元器件抵抗静电放电的能力大小。

LED抗静电能力更是LED一个综合的指标的侧面体现，抗静电能力高的LED往往它的其他指标也很好，它是优质LED的重要表现。

对LED进行抗静电能力评估能充分了解和析元器件抗静电能力，有助于元器件的设计者和生产者，挑选更加符合企业自身需求LED灯或者LED芯片，或者根据评估结果，通过改进设计方案和改进生产工艺，做出更好的LED应用产品来；

#### 6.2.可执行的相关行业标准

ANSI/ESD STM5.1、5.2——国际静电协会（前身为美国国家静电协会）颁布

IEC 61340 3.1 3.2——国际电工委员会颁布

JESD 22-A114、115——日本静电协会颁布

Mil-STD-883 美国军方标准颁布

## 7、静电试验的模式

国际上的这些标准的试验原理是基本上相同的，但在一些测试条件上会有些不同。目前较多企业使用的是美国军方标准Mi1-STD-883以及国际ESD协会的ANSI/ESD STM5.1、5.2

尽管有一些不同的静电试验标准，但静电放电试验的模式基本上分为三种模式：

机械模式	仿真还原产品制造过程中仪器设备、工具夹具对原件的静电放电。
人体模式	仿真带电的人体对原件进行静电放电。
组件模式	仿真带电的原件对其他组件进行静电放电。

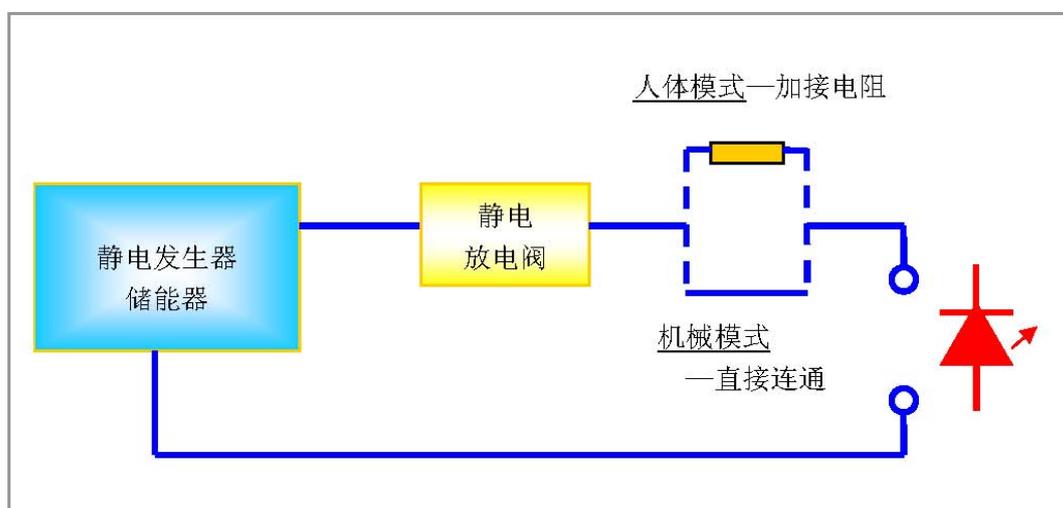
其中目前绝大多数企业都采用机械模式和人体模式为主；

一般的LED芯片企业较习惯于使用Mi1-STD-883标准以及ESD协会的ANSI/ESD STM5.1、5.2的标准；

需要说明的是，不同组织制定的标准确实存在一些不同，而且得出的结果也不一定相同，也就是对某款芯片，执行不同的标准来测试，其结果值也会有所出入；

## 8、机械模式试验的特点

由于静电放电机械模式放电是模拟带点的机器设备、工具夹具等物品直接将自身的静电电荷施加于LED上面，所以它测试出来抗静电电压要比人体模式下小很多。



由于LED在应用加工过程中，大多都是采用自动化模式下去完成的，如自动封装过程、封装制成品中来回搬动、包装运输物品产生的静电都是直接将静电转移到LED上的，所以，机械模式下他将更有我们LED用户的评估意义；

机械模式下对LED施加静电也就更加苛刻的——因为没有施加任何限流电阻。

卓越光电方案公司推出的ZY-508 MM型 LED静电模拟试验仪就是针对机械模式下而设计的。

## 9、抗静电测试电压的分类标准

根据目前较权威的国际ESD协会制定的《ANSI ESD STM 5.2 抗静电测试—机械模式》标准，采用机械模式下测量元件的评估结果分为四个等级：

等 级	电 压 范 围
一级 (M1)	<100V
二级 (M2)	100V至<200V
三级 (M3)	200V至<400V
四级 (M4)	≥400V

上述的电压测试模式为采用机械模式，根据我们的研究经验表明：如果采用人体模式下测试的话，其测试值为机械模式下的8-10倍左右——

$$V_{\text{HEM}} = (8-10) \times V_{\text{MM}}$$

例如：采用卓越公司的ZY508 静电模拟放电试验仪测试某一LED的抗静电耐压是450V，也就说明该LED具有较高的抗静电能力，达到了国际静电协会规定的机械模式测量的最高级别要求，应该是一款优秀的抗静电LED产品。如果采用人体模式测量，它的抗静电将处在3600V—4500V。