

好文！讲透了 LED 倒装封装结构的优势

2015-11-18 李杨 [中国之光网](#)

“

本文对比研究了 **垂直结构 LED** 和 **倒装结构 LED** 随着电流增大的光输出变化规律，并且与 **普通正装 LED** 进行了比较，得出了倒装结构 LED 具有更好的抗大电流冲击稳定性和光输出性能。

”

白光发光二极管(LED)因其节能、环保、可靠性高和设计灵活等优点在照明领域得到广泛开发和应用。为了满足日益增长的照明需求，较大输出功率 LED 的研发和技术改进得到了广泛开展。

1、正装封装结构的缺陷

目前，商业化的 LED 很多采用金线将芯片的 PN 结与支架正负极连接的正装封装结构。然而，随着输出功率的不断提高，制约大功率 LED 发展的光衰较大和光淬灭等失效问题相继涌现。

淬灭失效的主要原因是金线断裂。在金线引线连接过程中，受到金纯度、键合温度、金线弯曲度、焊接机精度和键合工艺等多重因素影响，造成金线断开而淬灭。

其次，混合荧光粉的硅胶涂覆在芯片表面，起到光转化作用和保护金线等双重作

用,当芯片通电后温度上升,由于硅胶热胀冷缩等原因将对金线和焊点产生冲击,焊点脱焊,造成淬灭。

光衰较大失效的主要原因是硅胶的黄化或透过率降低。正装结构 LED p、n 电极在 LED 的同一侧,电流须横向流过 n-GaN 层,导致电流拥挤,局部发热量高,限制了驱动电流;其次,由于蓝宝石衬底导热性差,严重阻碍了热量的散失。在长时间使用过程中,因为散热不好而导致的高温,影响到硅胶的性能和透过率,从而造成较大的光输出功率衰减。

因此,为了改善正装封装 LED 的金线易断裂和散热不好等问题,业内研究者们相继发明了垂直结构 LED 和倒装结构 LED。

相较于正装 LED,垂直结构采用高热导率的衬底(Si、Ge 和 Cu 等衬底)取代蓝宝石衬底,在很大程度上提高散热效率;垂直结构的 LED 芯片的两个电极分别在 LED 外延层的两侧,通过 n 电极,使得电流几乎全部垂直接过 LED 外延层,横向流动的电流极少,可以避免局部高温。但是目前垂直结构制备工艺中,蓝宝石剥离工艺较难,制约了产业化发展进程。

而另一项发明的倒装结构 LED,因其可以集成化、批量化生产,制备工艺简单,性能优良,逐渐得到了照明行业的广泛重视。倒装结构采用将芯片 PN 结直接与基板上的正负极共晶键合,没有使用金线,而最大限度避免了光淬灭问题。此外,共晶键合结构对散热问题有了很大的改善。在大功率 LED 使用过程中,不可避

免大电流冲击现象，在此情况下，如果灯具的大电流抗冲击稳定性不好，很容易降低灯具的使用寿命。

因此，本文对比研究了垂直结构 LED 和倒装结构 LED 随着电流增大的光输出变化规律，并且与普通正装 LED 进行了比较，得出了倒装结构 LED 具有更好的抗大电流冲击稳定性和光输出性能。

2、样品制备与测试方法

2.1 样品制备

三种封装结构如图 1 所示。其中正装 LED 采用蓝宝石衬底峰值波长 448 nm 芯片，倒装芯片采用蓝宝石衬底峰值波长 447 nm 芯片，垂直结构芯片采用硅衬底峰值波长 446 nm 芯片。三种芯片大小均为 1.16 mmx1.16 mm，工作电流 350 mA，硅胶采用普瑞森公司的 0967 型号，荧光粉采用威士波尔的 YAG-4。正装结构芯片的正负极通过金线引线键合焊接在支架的正负极上；垂直结构芯片的正极是通过金线引线键合焊接在支架的正极上，负极是通过金球共晶键合在支架的负极上；倒装芯片的正负极是通过金球共晶键合在支架的正负极上。

2.2 测试方法

光通量、发光效率和色温采用杭州远方公司生产的 STC4000 快速光谱仪，测试原理如图 2 所示。被测 LED 采用固定夹具放在积分球中心，LED 发射经积分球内部白色漫反射层，漫反射一部分光线通过积分球表面的窄通光孔径光纤传输到微型多通道光谱仪，光谱仪采集的数据通过 USB 接口发送到计算机进行处理和显示。光源采用恒流源供电。

3、结果与讨论

3.1 光通量随电流变化关系

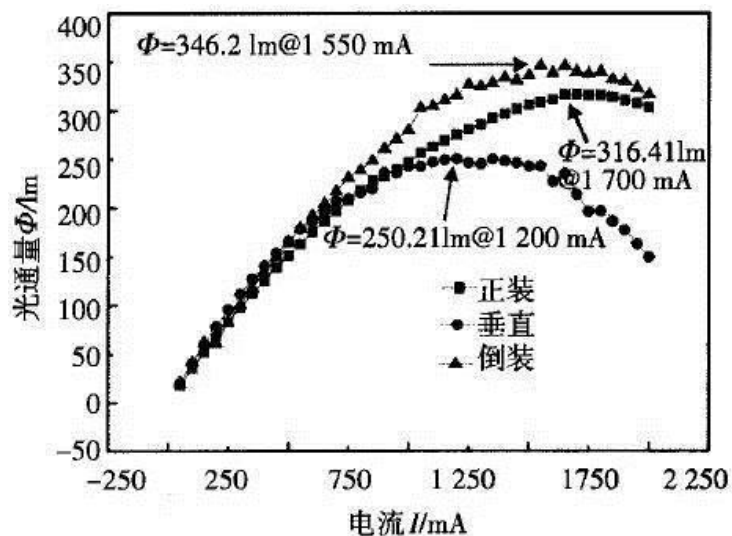


图3 正装、垂直结构和倒装LED光通量随电流变化关系

图 3 标出了在驱动电流从 50 mA 到 2 000 mA 条件下，倒装封装 LED、垂直结构封装 LED 和正装封装 LED 的光通量随电流增加的变化趋势曲线。从图 3 中可

可以看出，随着电流的逐渐增大，三种结构 LED 的光通量都随着电流的增加而增加，但是增长幅度逐渐减小。

在驱动电流达到 1 200 mA 时，垂直结构 LED 首先达到光通量饱和点，而此电流条件下的倒装 LED 的光通量比正装 LED 的光通量高出 14.7%，比垂直结构 LED 的光通量高出 25.9%。随着电流的继续增大，垂直结构 LED 的光通量变化显示其已接近失效，倒装 LED 的光通量在电流 1 550 mA 时达到了饱和，比垂直结构 LED 饱和电流值增加了 350 mA。光通量的测试结果表明，倒装结构 PN 结温低、散热好。因此得出，倒装 LED 比其他两种结构 LED 的可靠性高，尤其是抵抗大电流冲击可靠性高，这一项性能有利于提高 LED 在实际应用中的使用寿命。

3.2 发光效率随电流变化关系

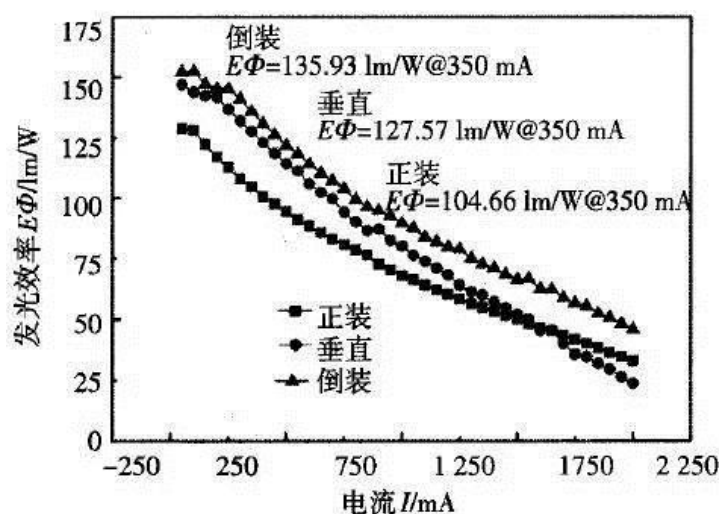


图4 正装、垂直结构和倒装LED发光效率随电流变化关系

图 4 标出三种 LED 结构电流与发光效率的关系曲线。从图 4 中可以看出，当电流从 50 mA 增加到 2 000 mA 时，三种 LED 的发光效率都呈下降趋势，倒装 LED 的发光效率在整个电流变化区间内均高于其他两种 LED 的发光效率。而垂直结构 LED 在电流大于 1 200 mA，发光效率迅速下降，显示光输出异常，这与光通量的测试结果吻合。在三种 LED 的工作电流 350 mA 时，倒装 LED 的发光效率比垂直结构 LED 的发光效率高出 8 lm/W，比正装结构 LED 高出 31 lm/W。

倒装 LED 的光通量和发光效率的提高，可能原因有：

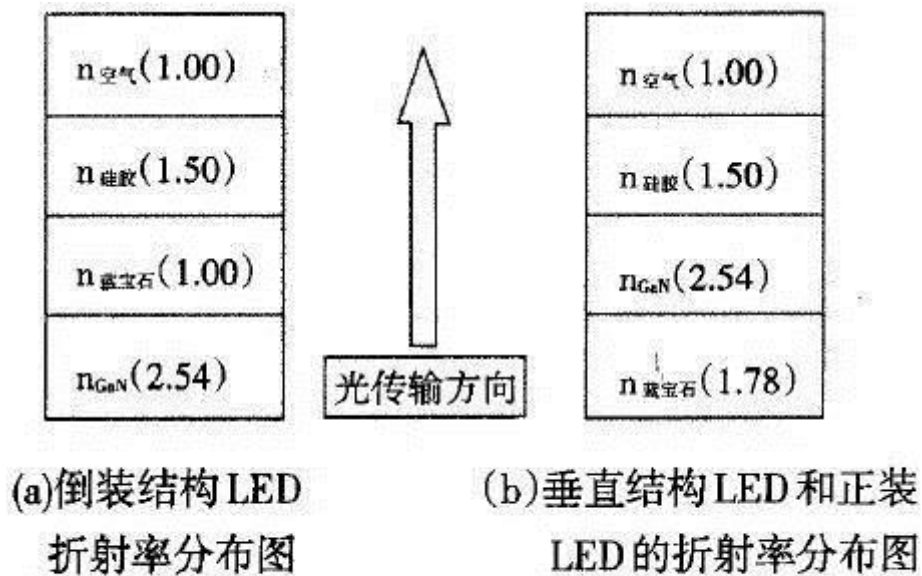


图 5 三种结构 LED 折射率分布图 广东LED

(1)倒装 LED 的外量子效率高。三种封装结构的折射率分布如图 5 所示。其中图 5a 所示为倒装封装结构的折射率分布图，图 5b 所示为垂直封装结构和正装封装

结构的折射率分布图。根据 Snell 定律，倒装 LED 光从 GaN 到蓝宝石的全反射临界角 $\theta = \sin^{-1}(n_{\text{蓝宝石}}/n_{\text{GaN}}) = 44.5^\circ$ ，蓝宝石到封装硅胶的临界角为 $\theta = \sin^{-1}(n_{\text{硅胶}}/n_{\text{蓝宝石}}) = 57.4^\circ$ ；而垂直结构和正装 LED 的光从 GaN 直接传输到封装硅胶层，其全反射临界角为 $\theta = \sin^{-1}(n_{\text{硅胶}}/n_{\text{GaN}}) = 36.2^\circ$ ，小于倒装的光传输界面的临界角。较大的临界角可使更多的光输出，因此，倒装结构相较于正装和垂直结构 LED 有更高的外量子效率，从而得到了较高的白光发光效率。

(2)倒装 PN 结到环境热阻低。随着电流的增加，由于热阻原因芯片温度随之升高，从而增加了载流子的非辐射复合几率，降低了辐射复合几率，造成发光效率下降。热阻越高，芯片升温越高，发光效率下降越快。倒装的 PN 结与支架的正负极采用共晶焊接，热传输距离短，散热面积大，更利于热传导，因此可以得到较低的热阻值，降低 PN 结温，从而减慢光效下降速度。这与光通量随电流变化实验结果吻合。

3.3 色温测试

色温是光源光谱质量最通用的指标。对于 LED 光源的需求色温多数都是比较低的，并且对于同一批次的产品而言，色温偏差越小，质量越优。对色温的控制研究，一直都是企业满足顾客需求的关键参数。

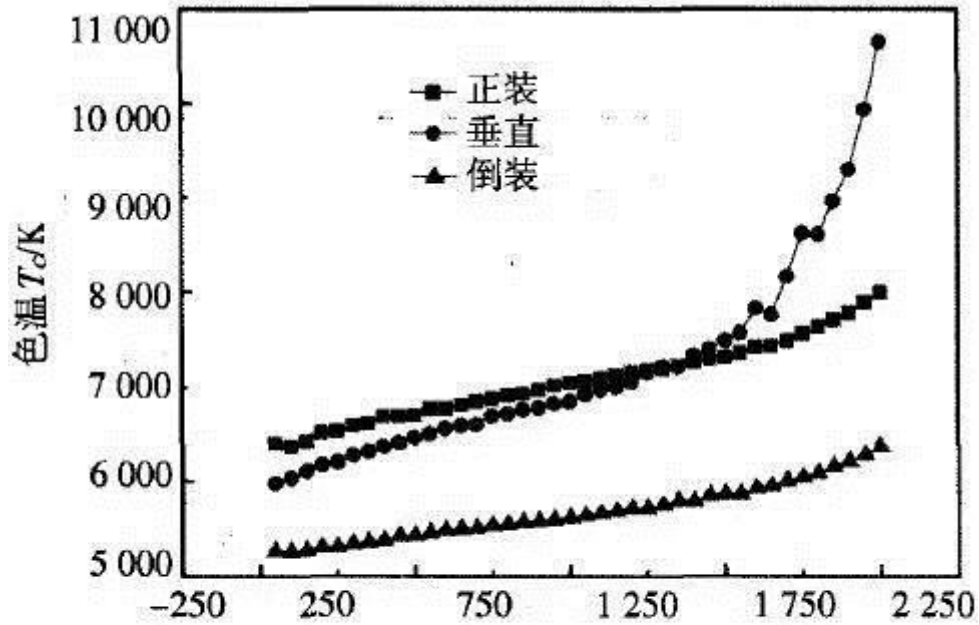


图6 正装、垂直结构和倒装LED色温随电流变化关系

广东LED

图6为三种封装结构LED的电流色温曲线对比图。通过实验测试，随着驱动电流的升高，三种封装结构LED色温都随着电流的增加而升高，而倒装LED的色温升高斜率最小约为0.40，正装LED的色温升高斜率约为0.67，而垂直结构LED在电流小于1200mA(光通量饱和点)时色温增加斜率约为0.84，超过1200mA时，色温参数接近失效，这与光通量测试和发光效率测试结果吻合。倒装LED的色温饱和点约为1600mA，比垂直结构LED的色温饱和点高出400mA。说明倒装LED在较大电流冲击情况下，光输出特性比垂直结构LED稳定。

4、结论

采用相同尺寸1.16mm GaN基蓝光芯片制备了倒装结构LED和垂直结构LED，用STC4000快速光谱仪和恒流电源测试了两种LED在不同驱动电流条件下的光

通量、发光效率和色温等发光特性，发现垂直结构 LED 在超过 1 200 mA 电流时出现发光性能失效，而倒装 LED 的发光性能失效的电流值在 1 550 mA。倒装结构 LED 失效电流值的增加，使得 LED 的可靠性能增加，提高了 LED 的使用寿命。

来源：广东 LED