

Led 知识

目 录

一、LED简介

二、LED发展趋势

三、LED芯片介绍

四、LED封装简介

五、LED基础知识

LED简介

1、LED的定义

2、LED的特点

3、发光原理

什么是LED

LED 是取自 Light Emitting Diode 三个字的缩写，中文译为“发光二极管”，顾名思义发光二极管是一种可以将电能转化为光能的电子器件具有二极管的特性。



LED光源的特点

电 压：LED使用低压电源，单颗电压在1.9-4V之间，比使用高压电源更安全的电源。

效 能：光效高，目前实验室最高光效已达到 161 lm/w (cree), 是目前光效最高的照明产品。

抗震性：LED是固态光源，由于它的特殊性，具有其他光源产品不能比拟的抗震性。

稳定性：10万小时，光衰为初始的70%

响应时间：LED灯的响应时间为纳秒级，是目前所有光源中响应时间最快的产品。

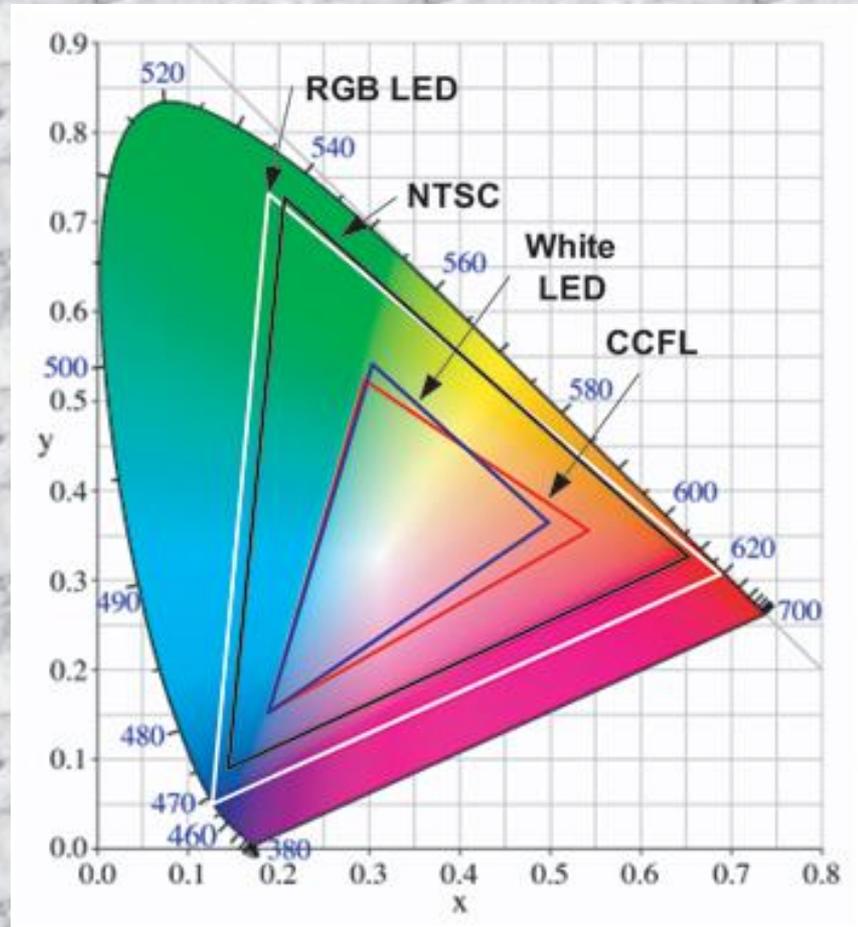
环 保：无金属汞等对身体有害物质。

颜 色：LED的带快相当窄，所发光颜色纯，无杂色光，覆盖整个可见光的全部波段，且可由R\G\B组合成任何想要可见光。

LED色彩丰富

由于LED带宽比较窄，颜色纯度高，因此LED的色彩比其他光源的色彩丰富得多。

据有关专家计算，LED的色彩比其他光源丰富30%，因此，它能够更准确的反应物体的真实性，当然也更受消费者的青睐！



LED发光原理

发光二极管的核心部分是由p型半导体和n型半导体组成的晶片，在p型半导体和n型半导体之间有一个过渡层，称为p-n结。在某些半导体材料的PN结中，注入的少数载流子与多数载流子复合时会把多余的能量以光的形式释放出来，从而把电能直接转换为光能。PN结加反向电压，少数载流子难以注入，故不发光。



LED发展趋势

1、LED光源的发展趋势

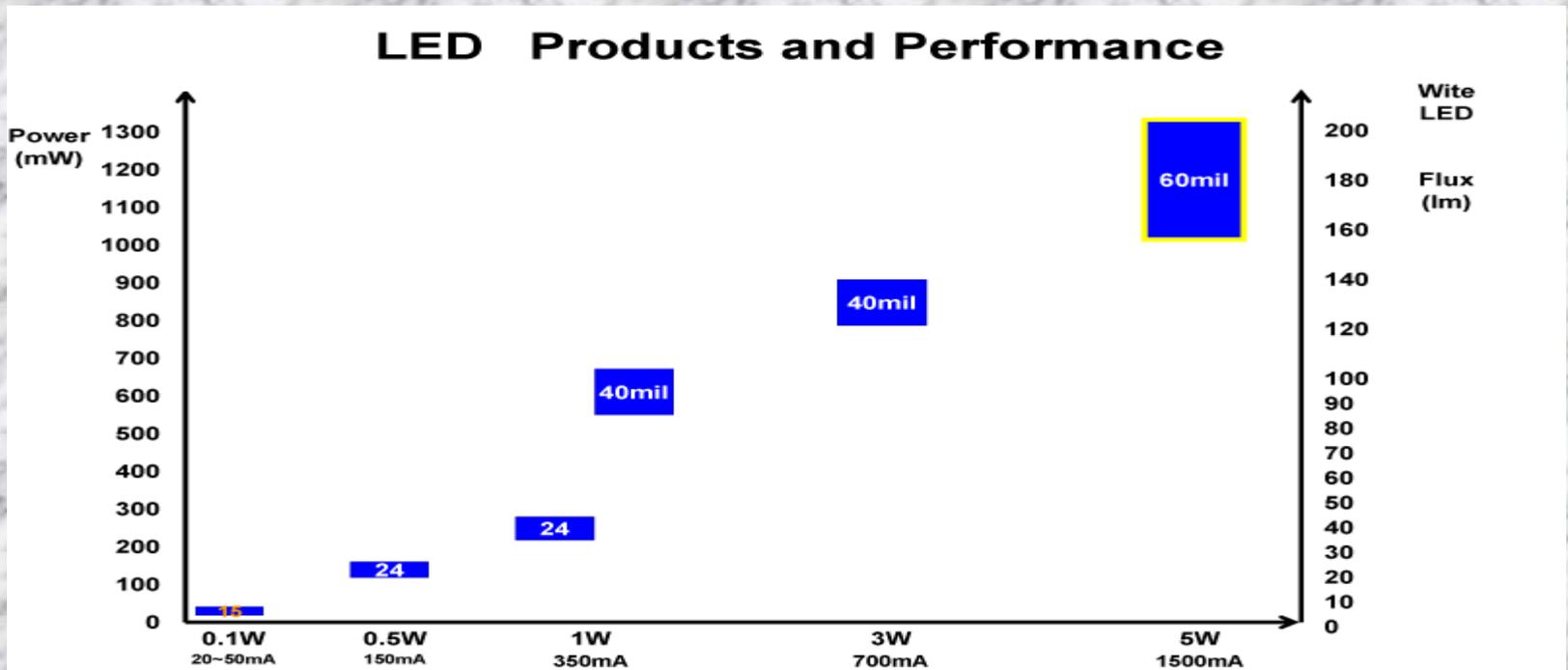
2、LED产业政策和机遇

3、公司在产业链中的位置

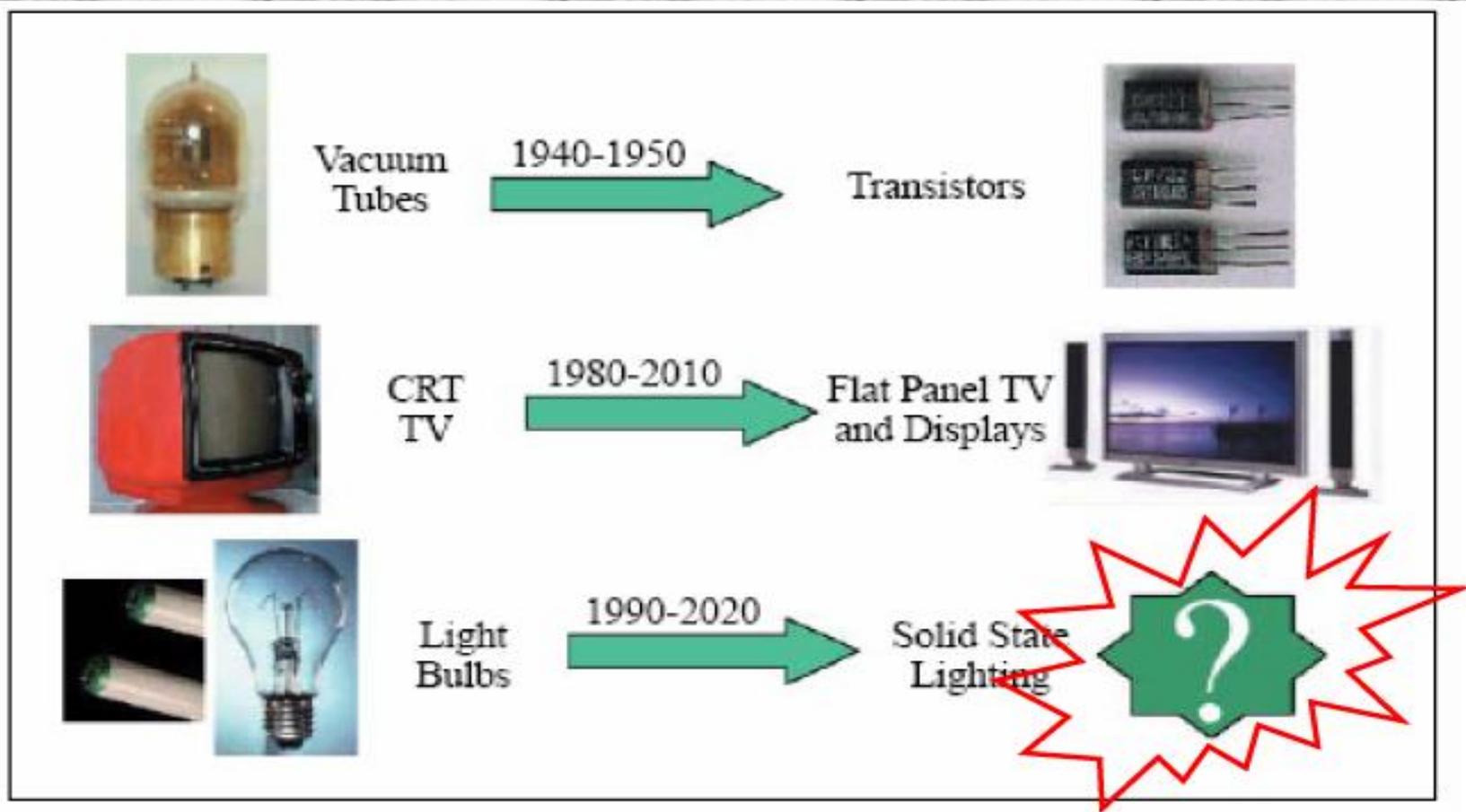
LED光源的发展趋势

LED光源技术市场前景:

LED理论上每瓦的发光效率高达370 LM/W, 在目前芯片结构不做任何改变的情况下良好的工艺让LED每瓦到达150LM没有任何问题, 当达到这种亮度的时候, 所有的照明领域基本上都可以替代了。预计在未来1~3年内LED光源将达到每瓦300流明的光效率。目前美国实验室的LED已达到了每瓦161流明的光效率, 总光通量为 175 LM。



LED应用历



推动LED产业的国家政策

刺激LED产业发展国家政策

1、2008年，财政部、国家发改委联合发布《高效照明产品推广财政补贴资金管理暂行办法》，将重点支持高效照明产品替代在用的白炽灯和其他低效照明产品，主要包括普通照明用自镇流荧光灯、三基色双端直管荧光灯(T8、T5型)和金属卤化物灯、高压钠灯等电光源产品，半导体(LED)照明产品，以及必要的配套镇流器。国家采取间接补贴方式进行推广，即统一招标确定高效照明产品推广企业及协议供货价格，财政补贴资金补给中标企业，再由中标企业按中标协议供货价格减去财政补贴资金后的价格销售给终端用户。

《暂行办法》规定，大宗用户中央财政按中标协议供货价格的30%给予补贴；城乡居民用户中央财政按中标协议供货价格的50%给予补贴。

2、国务院出台4万亿元规模的经济刺激计划将惠及诸多行业领域。4万亿投资的具体构成主要包括，近一半投资将用于铁路、公路、机场和城乡电网建设，总额1.8万亿元；用于地震重灾区的恢复重建投资1万亿元；用于农村民生工程和农村基础设施3700亿元；生态环境3500亿元，保障性安居工程2800亿元，自主创新结构调整1600亿元，医疗卫生和文化教育事业400亿元。预计4万亿经济刺激每年将拉动经济增长约1个百分点。

LED产业前景

LED产业市场规模三年有望翻一番

在全球能源短缺、环保要求不断提高的情况下，已结束的2008年北京奥运会和即将到来的2010年上海世博会都不约而同地以绿色节能为主题，这给中国LED照明产业的发展带来了巨大的历史机遇。

据国内有关机构预测，在奥运、世博的强力带动下，中国LED照明市场规模将从2007年的48.5亿元快速增长至2010年的98.1亿元，不久前结束的北京奥运会上，LED照明技术在奥运历史上首次大规模使用并获得成功。据官方统计，北京奥运会总共包括36个比赛场馆，其照明产品需求就达5亿元左右，这还不包括奥运村、奥运花园等其他公共照明设施市场。

实例“水立方”

LED照明除了比用常规照明至少节能60%以外，还拥有长寿命、易集成、快响应、利环保、光分布易于控制、色彩丰富等优势。以“水立方”为例，仅使用LED灯的“水立方”景观照明工程，预计全年可比传统的荧光灯节电74.5万千瓦时，节能达70%以上。



实例 “梦幻长卷” 和 “梦幻五环”

相信奥运会开幕式的“梦幻长卷”和“梦幻五环”大家还记忆犹新，它被展现在一个4564平方米的巨大LED大屏幕上，这是迄今为止世界上最大的单体全彩色大屏幕，升入空中的“梦幻五环”，则是由4.5万颗LED灯编排而成的。



梦幻五环



梦幻长卷

LED照明产业商机

2009年LED照明产业的商机

1、国务院出台4万亿元规模的经济刺激计划中，有1.8万亿元用于铁路、公路、机场和城乡电网建设、1万亿元用于地震重灾区的恢复重建，这无疑给中国LED照明产业带来巨大的商机。

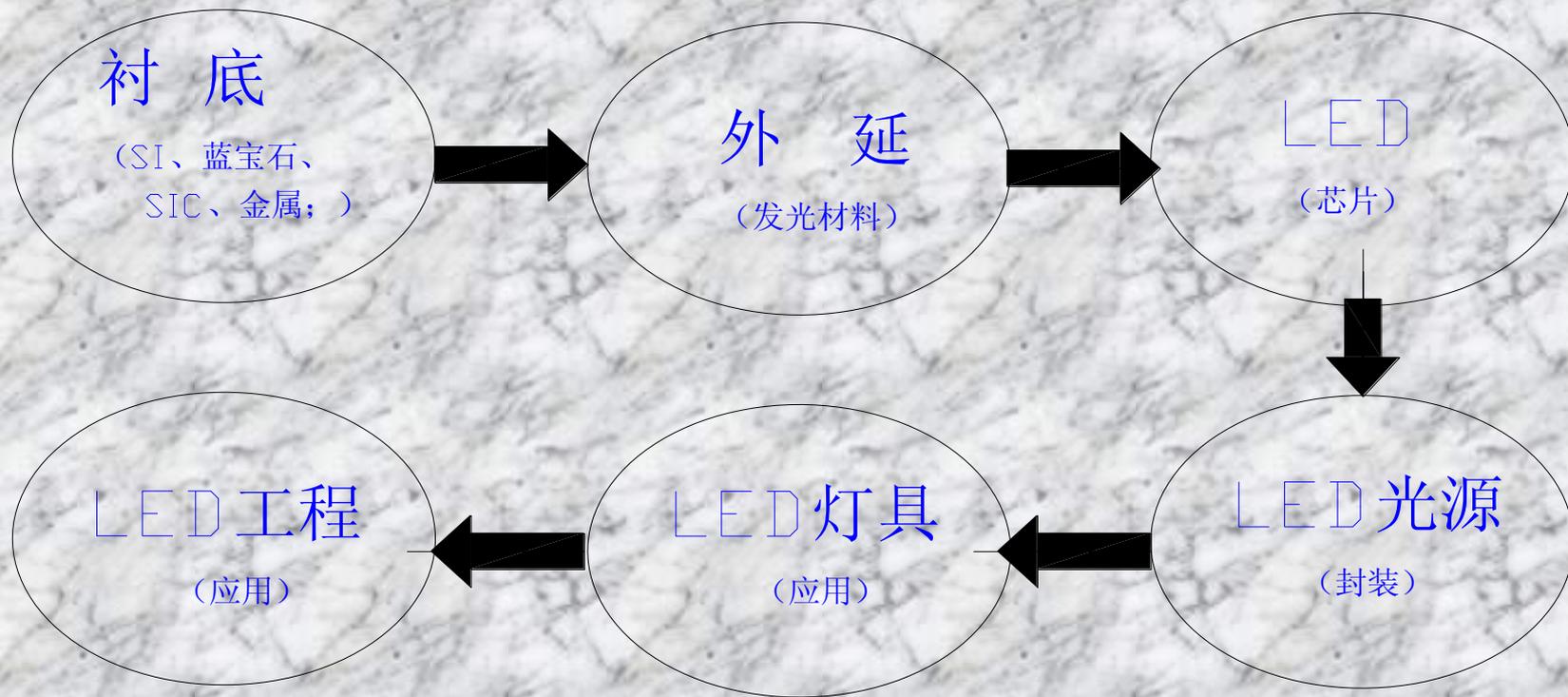
2、即将到来上海世博会将给中国LED照明产业的发展带来了巨大的历史机遇。



北川重建规划

上海世博会

LED产业链



史福特所在位置

史福特所在位置

史福特所在位置

LED芯片介绍

- 1、LED芯片分类介绍
- 2、不同结构LED芯片的性能简介
- 3、垂直结构LED芯片的制成

LED芯片的结构

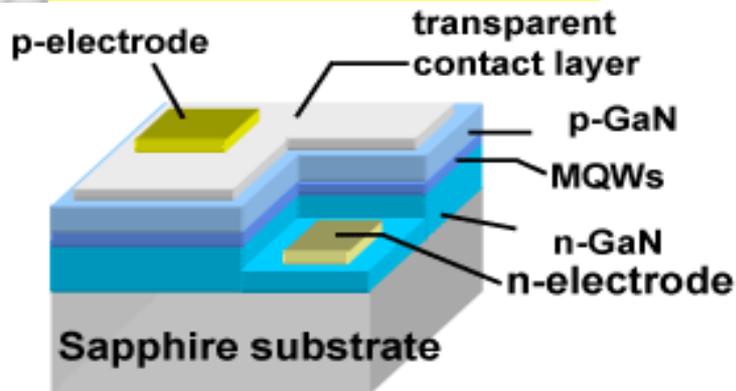
LED芯片有两种基本结构，水平结构（Lateral）和垂直结构（Vertical）。横向结构LED芯片的两个电极在LED芯片的同一侧，电流在n-和p-类型限制层中横向流动不等的距离。垂直结构的LED芯片的两个电极分别在LED外延层的两侧，由于图形化电极和全部的p-类型限制层作为第二电极，使得电流几乎全部垂直到过LED外延层，极少横向流动的电流，可以改善平面结构的电流分布问题，提高发光效率，也可以解决P极的遮光问题，提升LED的发光面积。

制造垂直结构LED芯片技术主要有三种方法：

- 一、采用碳化硅基板生长GaN薄膜，优点是在相同操作电流条件下，光衰少、寿命长，不足处是硅基板会吸光。
- 二、利用芯片黏合及剥离技术制造。优点是光衰少、寿命长，不足处是须对LED表面进行处理以提高发光效率。
- 三、是采用异质基板如硅基板成长氮化镓LED磊晶层，优点是散热好、易加工。

目前主流Led结构剖析

Conventional LED



Sapphire substrate:

- Electrical insulator
- Relatively low thermal conductivity (35W/m-K)
- Low reflectivity: n-GaN/sapphire interface

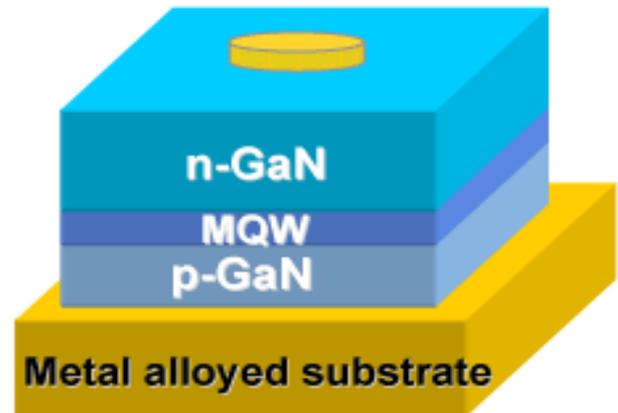
p-side up configuration:

- TCL requirement
- Light absorption by TCL
- Light absorption by p-GaN

Lateral current Path:

- Current crowding effect

VLEDMS structure



Metal substrate:

- Electrical conductive
- High thermal conductivity (~400W/m-K)
- Higher reflectivity: p-GaN / mirror inter

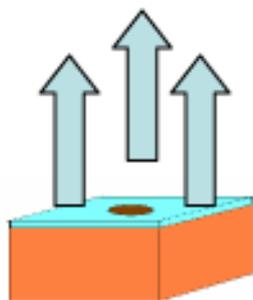
p-side down configuration:

- No TCL requirement
- No absorption of TCL

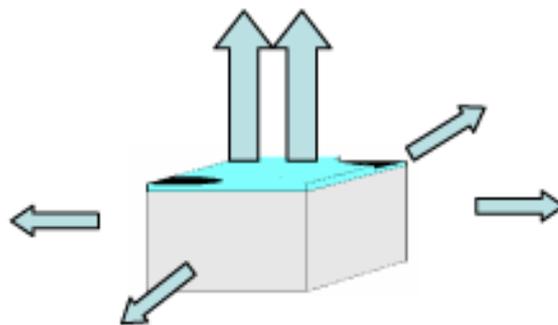
Vertical current Path:

- No current crowding issue
- Uniform current spreading
- Flexible large chip size scaling

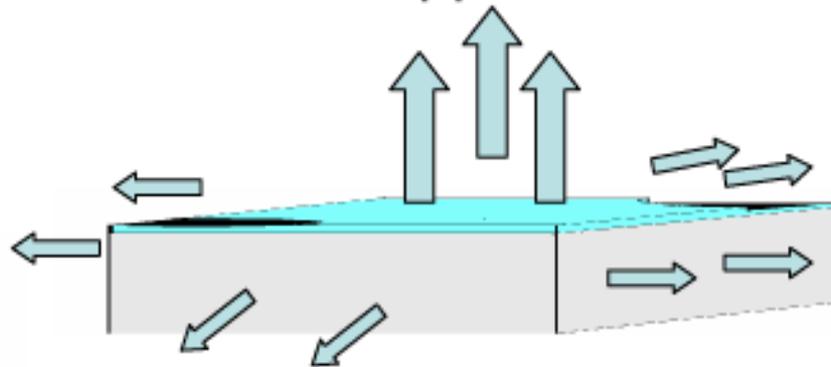
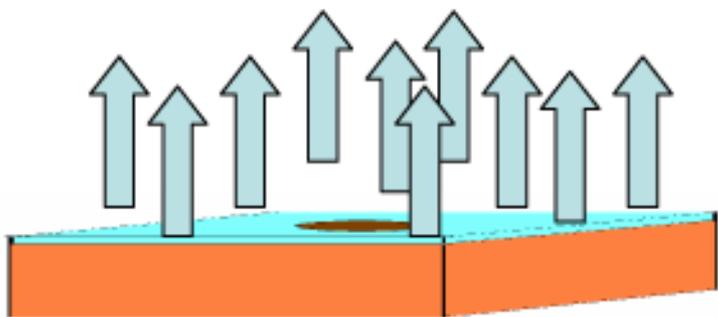
两种芯片发光形式



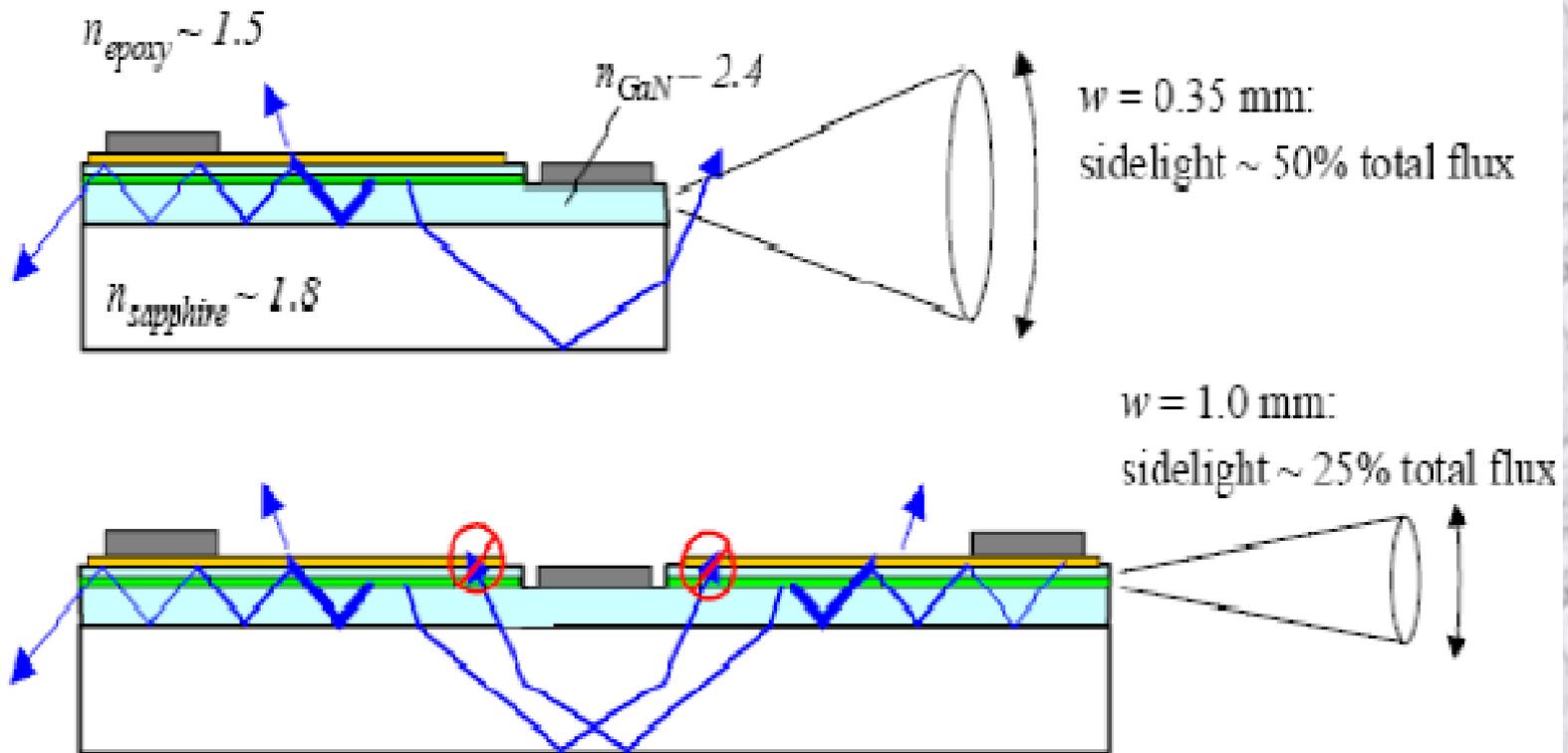
VLEDMS



InGaN/Sapphire LED



水平型结构Led出光路线



Large-area LED: reduced aspect ratio decreases sidelight escape cone

垂直型芯片性能介绍

由于当前芯片主要是垂直型的和水平型的两种。

垂直型产品以CREE芯片为代表特点主要是：

光效高：最高可达 161 lm\w，节能；

电压低：蓝光在2.9~3.3V；

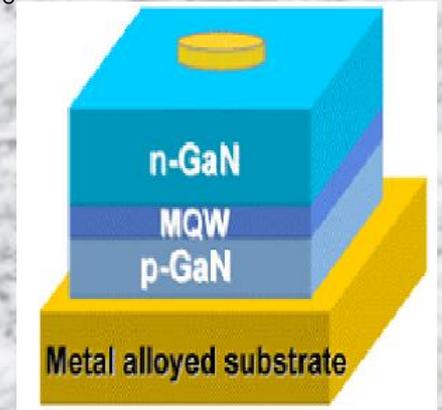
热阻小：芯片本身的热阻小于 1 ‘C/W；

亮度高：由于采用垂直结构，电流垂直接流动，电流密度均匀，耐冲击型强；同一尺寸芯片，发光面宽，亮度高。

光型好：85%以上光从正面发出，易封装，好配光；

唯一的缺点就是：不方便集成封装。若要集成封装，芯片需做特殊处理。

我公司全部采用垂直结构的芯片。



水平型芯片性能介绍

水平型产品以普瑞芯片为代表，芯片的主要特点是：

光效一般：最高在 100 lm/w左右；

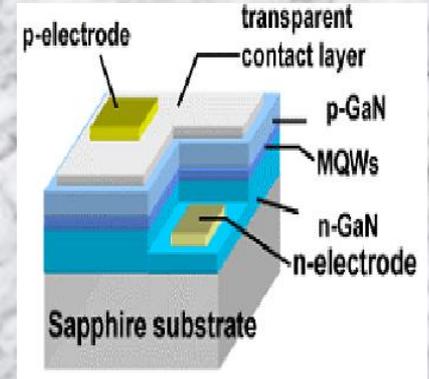
电压高：蓝光在3.4~4V；

热阻高：使用蓝宝石衬底导热性差。芯片本身的热阻在 4~6 °C/W；

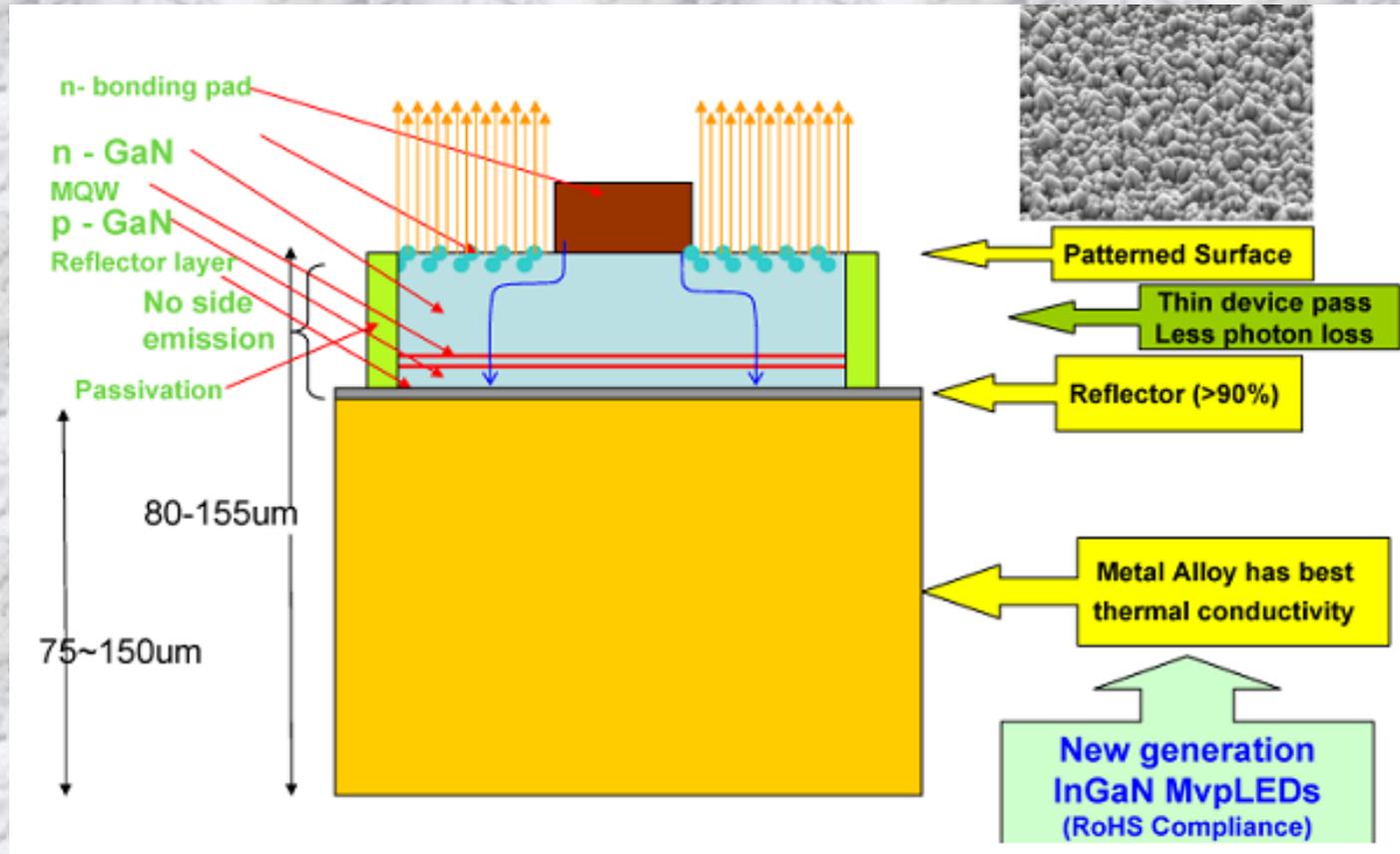
亮度一般：由于采用水平结构，电流横向动，电流密度不均，容易局部烧坏；为弥补这一缺陷，在芯片的上表面做ITO。ITO将以减少出光为代价。同一尺寸芯片，发光面窄，亮度低。

光利用率低：65%左右的光从正面发出，35%的光从侧面发出，靠反射来达到出光，利用率低。

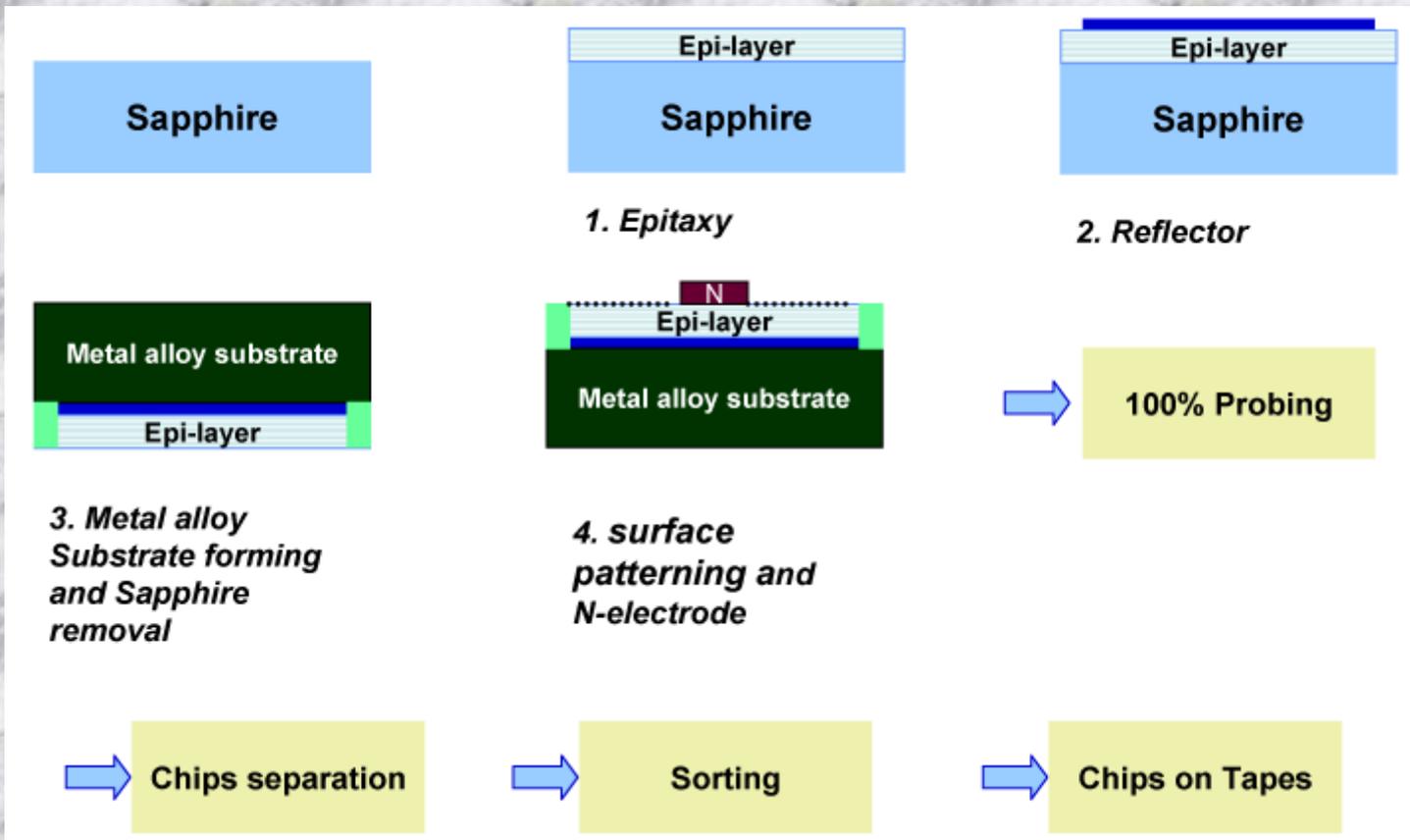
唯一的优点就是：便于集成封装。不过，它也是缺点，由于没解决好散热，所以集成封装只有加速它的衰减，不可取。



垂直芯片剖析



垂直芯片的制成



垂直LED制造的方法

制造垂直结构LED芯片有两种基本方法：

- 一、剥离生长衬底；
- 二、不剥离生长衬底。

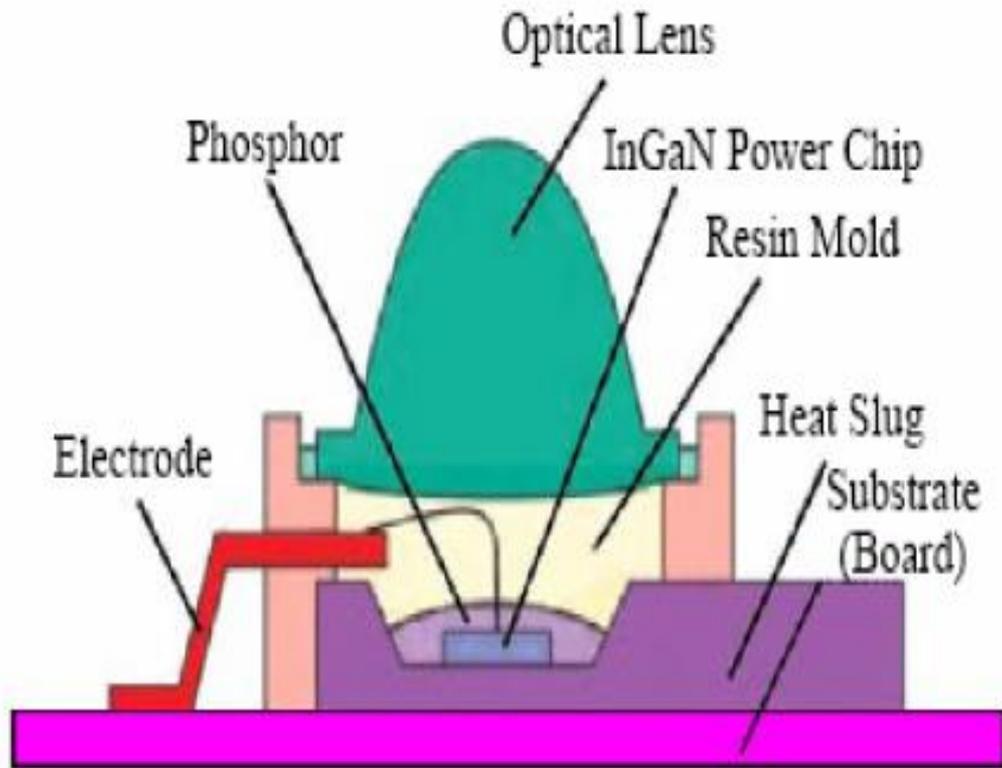
其中生长在砷化镓生长衬底上的垂直结构GaP基LED芯片有两种结构：

- 一、不剥离导电砷化镓生长衬底：在导电砷化镓生长衬底上层迭导电DBR反射层，生长GaP基LED外延层在导电DBR反射层上。
- 二、剥离砷化镓生长衬底：层迭反射层在GaP基LED外延层上，键合导电支持衬底，剥离砷化镓衬底。导电支持衬底包括，砷化镓衬底，磷化镓衬底，硅衬底，金属及合金等。

LED封装

1. LED封装工艺
2. 白光LED制造方法
3. 白光LED色区的划分
4. LED与传统灯具的对比

LED封装;

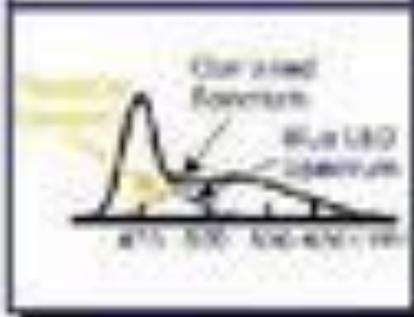
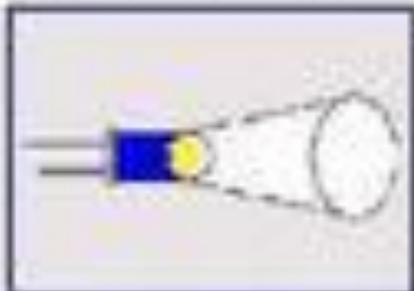


SFT
最前端

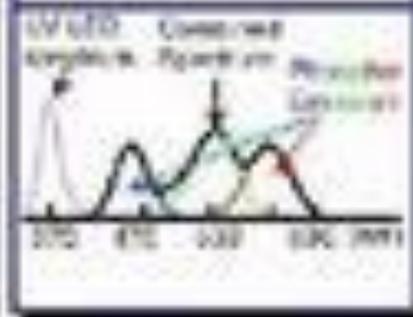
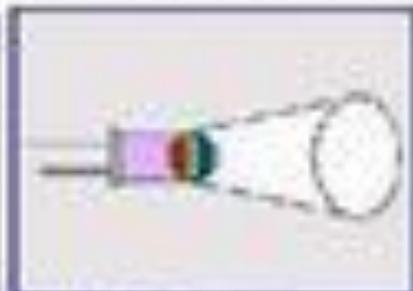
白光LED的实现方法



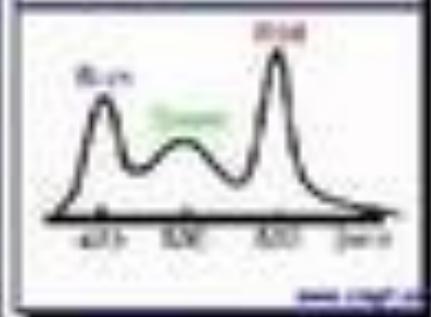
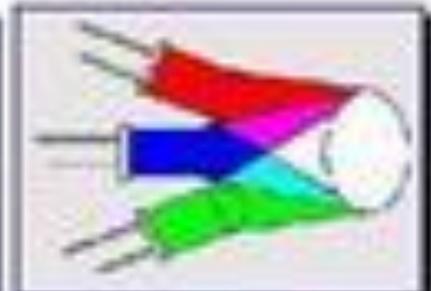
Blue LED
Yellow phosphor



UVLED
RGB phosphors



RGB LEDs



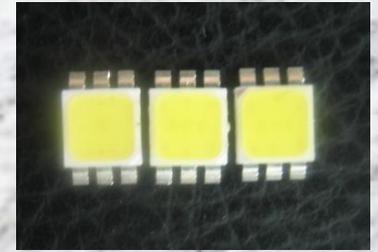
白光LED的实现方法

一、配色，白平衡

白色是红绿蓝三色按亮度比例混合而成，当光线中绿色的亮度为69%，红色的亮度为21%，蓝色的亮度为10%时，混色后人眼感觉到的是纯白色。但LED红绿蓝三色的色品坐标因工艺过程等原因无法达到全光谱的效果，而控制原色包括有偏差的原色的亮度得到白色光，称为配色。

二、LED采用荧光粉实现白光主要有三种方法，但它们并没有完全成熟，由此严重地影响白光LED在照明领域的应用。

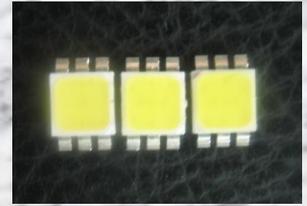
白光LED的实现方法



第一种方法是：在蓝色LED芯片上涂敷能被蓝光激发的黄色荧光粉，芯片发出的蓝光与荧光粉发出的黄光互补形成白光。该技术被日本Nichia公司垄断，而且这种方案的一个原理性的缺点就是该荧光体中 Ce^{3+} 离子的发射光谱不具连续光谱特性，显色性较差，难以满足低色温照明的要求。同时发光效率还不够高，需要通过开发新型的高效荧光粉来改善。

第二种方法是：在蓝色LED芯片上涂敷绿色和红色荧光粉，通过芯片发出的蓝光与荧光粉发出的绿光和红光复合得到白光。该产品虽显色性较好，但所用荧光粉的转换效率较低，尤其是红色荧光粉的效率需要较大幅度的提高，因此推广也较慢。

白光LED的实现方法



第三种方法：在紫光或紫外光LED芯片上涂敷三基色或多种颜色的荧光粉，利用该芯片发射的长波紫外光（370nm—380nm）或紫光（380nm—410nm）来激发荧光粉，从而实现白光发射。该种LED的显色性更好，但存在与第二种方法类似的问题，且目前转换效率较高的红色和绿色荧光粉多为硫化物体系。这类荧光粉发光稳定性差、光衰较大，故还没批量使用。

其他方法：

在特殊的场合，白光LED还有其他几种封装方法。这里简单的介绍一下：

第一种：将红、蓝、绿三芯片封装在一起，按照一定的比例对其光色进行控制，混出白光。

第二种：实现方法是用红、蓝、绿、黄四芯片混出白光。

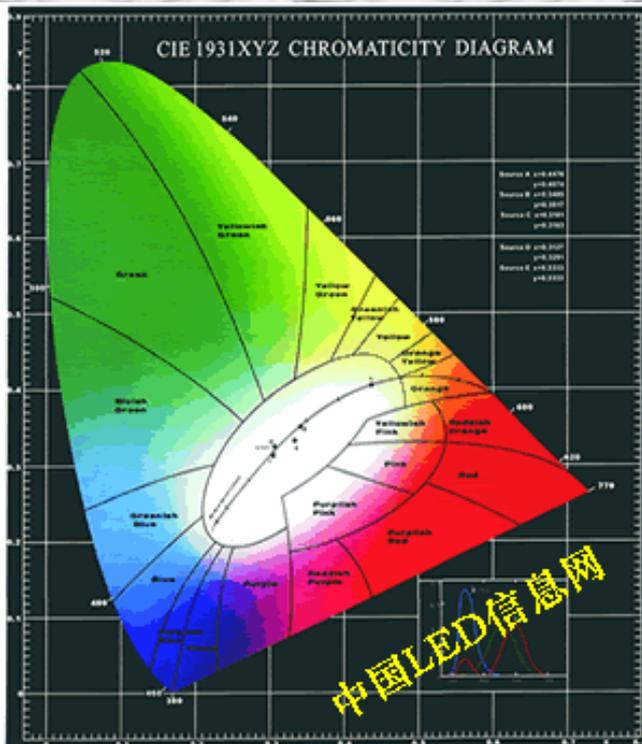
白光LED色区的划分

蓝色芯片加黄色荧光粉所制成白光LED，是目前白光LED制造的主流，由于制程的缺陷，白光LED存在色差在所难免。如何划分LED的颜色才是最佳的呢，下面我来简单的介绍一下。

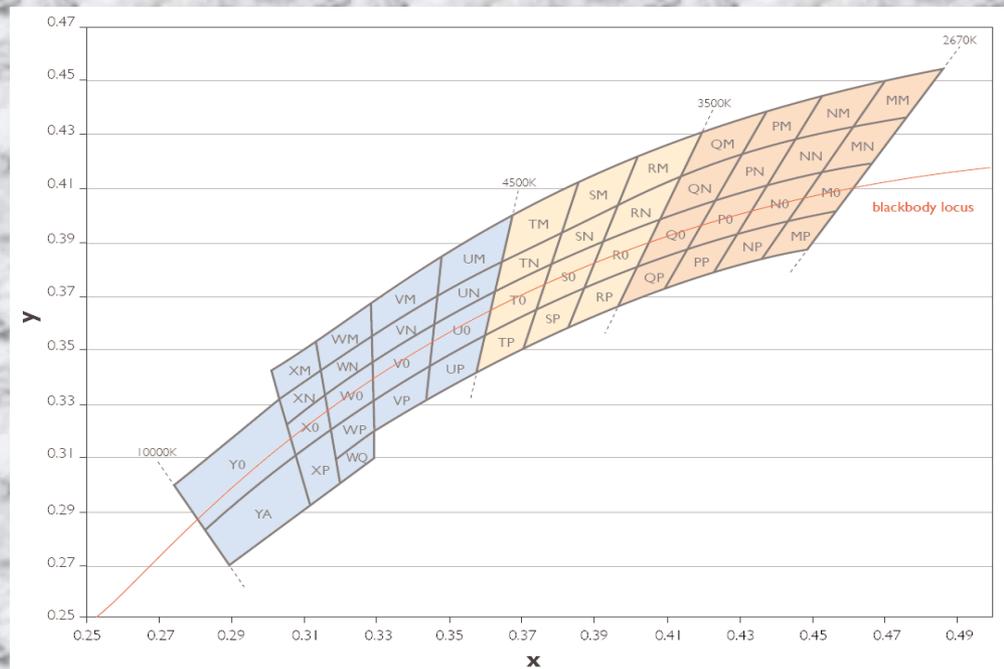
市场上通常所说的3500K、4000K、6500k等等多少色温的说法其实不是很科学的，因为从CIE图中我们可以看出，同一色温在图中不是对应唯一的点，它跟色坐标是一对多的关系。为了解决这一问题，行业中通常将自己生产的LED对其色坐标进行归纳总结，最终将其肉眼看起来差别不明显的LED归到一起，这样分选出来的LED在CIE中就对应了一个小小区域，这就是色区。

用色区来划分LED产品，是整过行业通用的方法，请看下图：

白光LED色区的划分



White Binning Information



白光LED色区划分坐标

Y0 8000

0.274238 0.300667

0.303051 0.332708

0.307553 0.310778

0.282968 0.283772

WQ 6000

0.318606 0.310201

0.329393 0.320211

0.329544 0.310495

0.319597 0.301303

.....

YA 8000

0.282968 0.283772

0.307553 0.310778

0.311163 0.293192

0.289922 0.270316

VM 5300

0.328636 0.368952

0.348147 0.385629

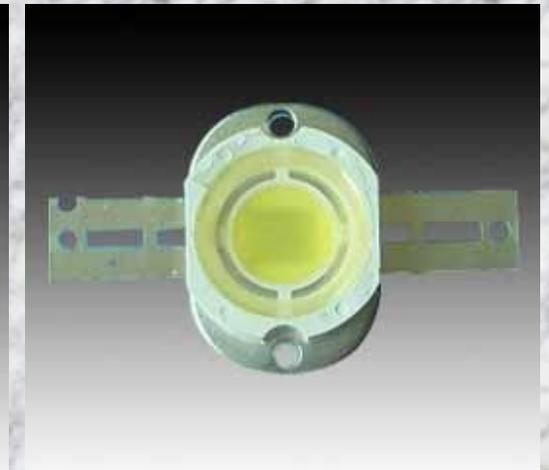
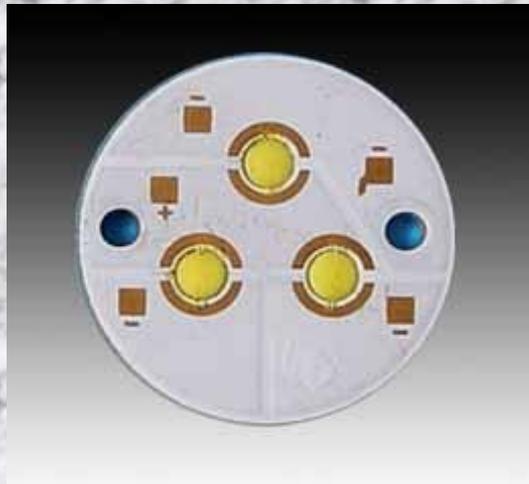
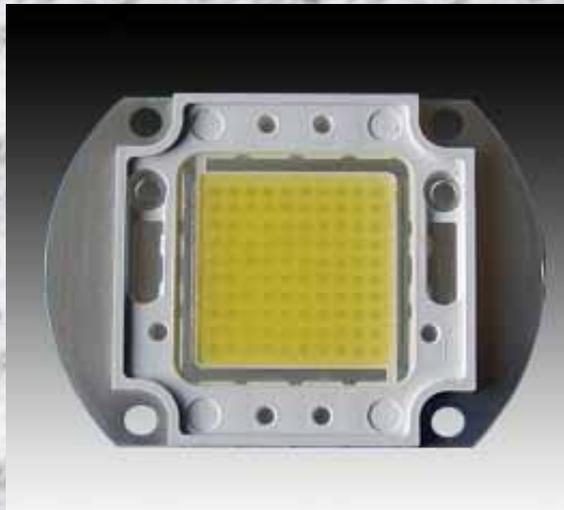
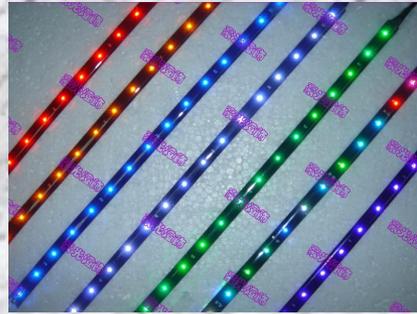
0.346904 0.371742

0.328823 0.356917

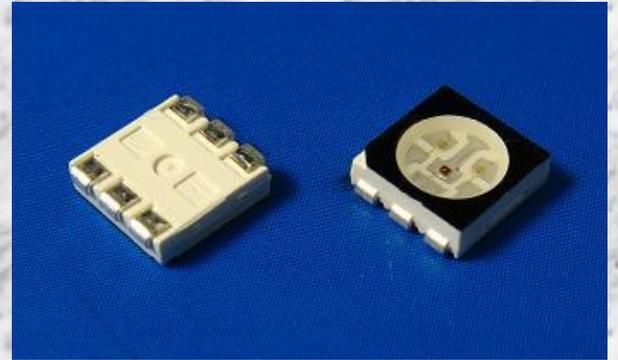
.....

LED封装形式

为满足不同产品的需要，LED的封装形式也出现了多样化，下面简单介绍一下：



LED封装形式



LED的与传统效率对比

灯具总效率对照：

(光源发展的历史：白炽灯→直管型荧光灯→高效电子节能灯→LED灯)

使用光源	LED	荧光灯	普通灯泡	高压钠灯
光源光效	90流明/瓦	80流明/瓦	20流明/瓦	100流明/瓦
电源效率	90%	85%	100%	90%
有效光照效率	90%	60%	60%	60%
灯具(取光)效率	90%	60%	60%	60%
寿命	50000小时	2000小时	2000小时	10000小时

各种光源灯具的实际效率

各种光源灯具的实际效率：

LED计算： $90 \times 0.90 \times 0.90 \times 0.9 = 65.6$ 流明/瓦

荧光灯计算： $80 \times 0.85 \times 0.6 \times 0.6 = 24.5$ 流明/瓦

普通灯泡计算： $20 \times 1 \times 0.6 \times 0.6 = 7.2$ 流明/瓦

高压钠灯计算： $100 \times 0.9 \times 0.60 \times 0.60 = 32.4$ 流明/瓦

可见，LED灯具实际效率是一般荧光灯的2.6倍，是普通白炽灯泡的9倍，是高压钠灯的2.02倍。

即：LED灯钠灯之间功率可换算为：

75W LED灯=150W钠灯；

125W LED灯=250W钠灯；

225W LED灯=400W钠灯

节省预算

节省预算：按照一个灯泡来计算节省资金

1、寿命计算

节能灯的寿命一般在1800小时，按照每天6小时照明计算为300天。如果按照一个节能灯平均15元来计算，10年内要换至少10次灯泡，一万个节能灯泡在10年内要更换10万个节能灯泡。总花费（150万元）

LED灯泡的寿命我们按照最保守的时间来计算，10年内不用更换灯泡，每个灯泡以5W的功率就可取代15W的节能灯泡，每个灯泡价格在70元，那么1万个灯泡的价格是70万元，

在灯泡方面可节省80万的费用。

2、耗电计算

节能灯： $15W \times 6 \text{小时} \times 365 \text{天} = 32.850W \times 0.8 \text{元} \times 1 \text{万只} = 26.28 \text{万元}$

LED： $5W \times 6 \text{小时} \times 365 \text{天} = 10.95W \times 0.8 = 8.76 \text{元} \times 1 \text{万只} = 8.76 \text{万元}$

公园1万只灯每年可节省电费：17.52万元

3、一次性投资计算

一次性投资70万元，按照每年节省17.52万元计算，在4年收回投资，剩下的6年可节省105.12万元+80万元（灯泡更换费用），总共可节省185.12万元。

LED基础知识

- 1、照明术语介绍
- 2、重点介绍LED结温和热阻
- 3、温度对LED的影响
- 4、常用LED光电参数介绍

照明术语

光通量(Φ) 是:

点光源或非点光源在单位时间内所发出的能量, 其中可产生视觉者(人能感觉出来的辐射通量)即称为光通量。**光通量**的单位为流明(简写lm), 1流明(lumen或lm)定义为一国际标准烛光的光源在单位立体弧角内所通过的光通量。

光照度:

可用照度计直接测量。光照度的单位是勒克斯, 是英文lux的音译, 也可写为lx。被光均匀照射的物体, 在1平方米面积上得到的光通量是1流明时, 它的照度是1勒克斯。

发光强度:

简称光强, 国际单位是candela (坎德拉) 简写cd。Lcd是指光源在指定方向的单位立体角内发出的光通量。光源辐射是均匀时, 则光强为 $I=F/\Omega$, Ω 为立体角, 单位为球面度(sr), F为光通量, 单位是流明, 对于点光源由 $I=F/4\pi$ 左右。

照明术语

光亮度：

表示发光面明亮程度的，指发光表面在指定方向的发光强度与垂直且指定方向的发光面的面积之比，单位是坎德拉/平方米。对于一个漫散射面，尽管各个方向的光强和光通量不同，但各个方向的亮度都是相等的。电视机的荧光屏就是近似于这样的漫散射面，所以从各个方向上观看图像，都有相同的亮度感。

光效：光源发出的光通量除以光源的功率。它是衡量光源节能的重要指标。单位：每瓦流明（Lm/w）。

显色性：光源对物体呈现的程度，即颜色的逼真程度。常称“显色指数”单位：Ra。

色温：光源发射光的颜色与黑体在某一温度下辐射光色相同时，黑体的温度称为该光源的色温。单位：开尔文（k）。

光束角：通常称角度，指于垂直光束中心线之一平面上，发光强度等于50%最大发光强度的二个方向之间的夹角。

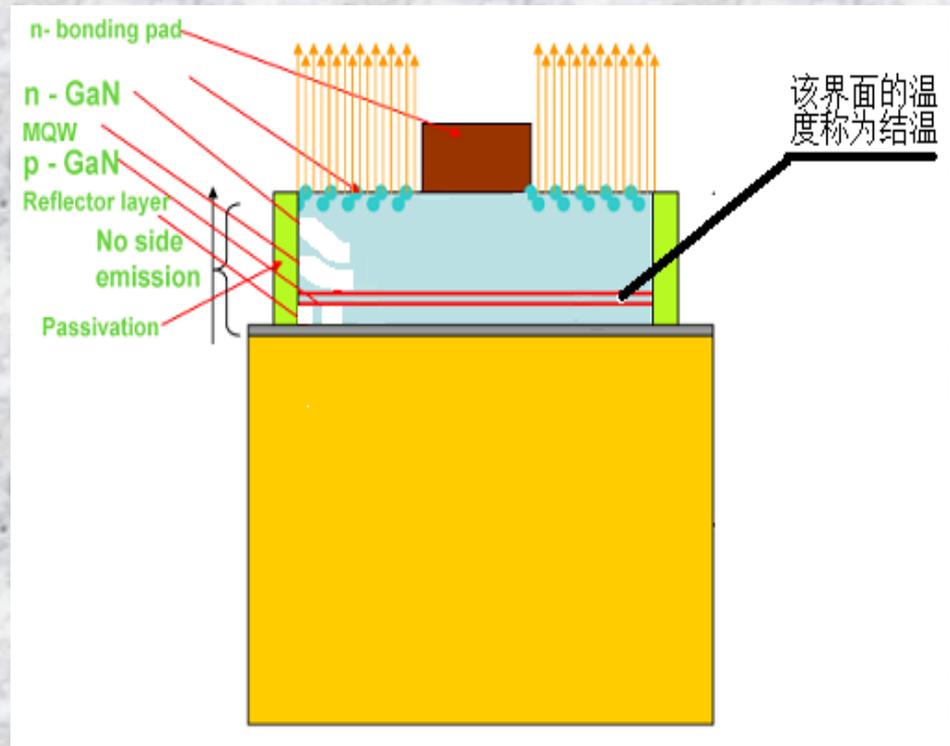
LED的结温

结温：

是指管芯 PN 结的平均温度，用 T_J 表示。LED 结温高低

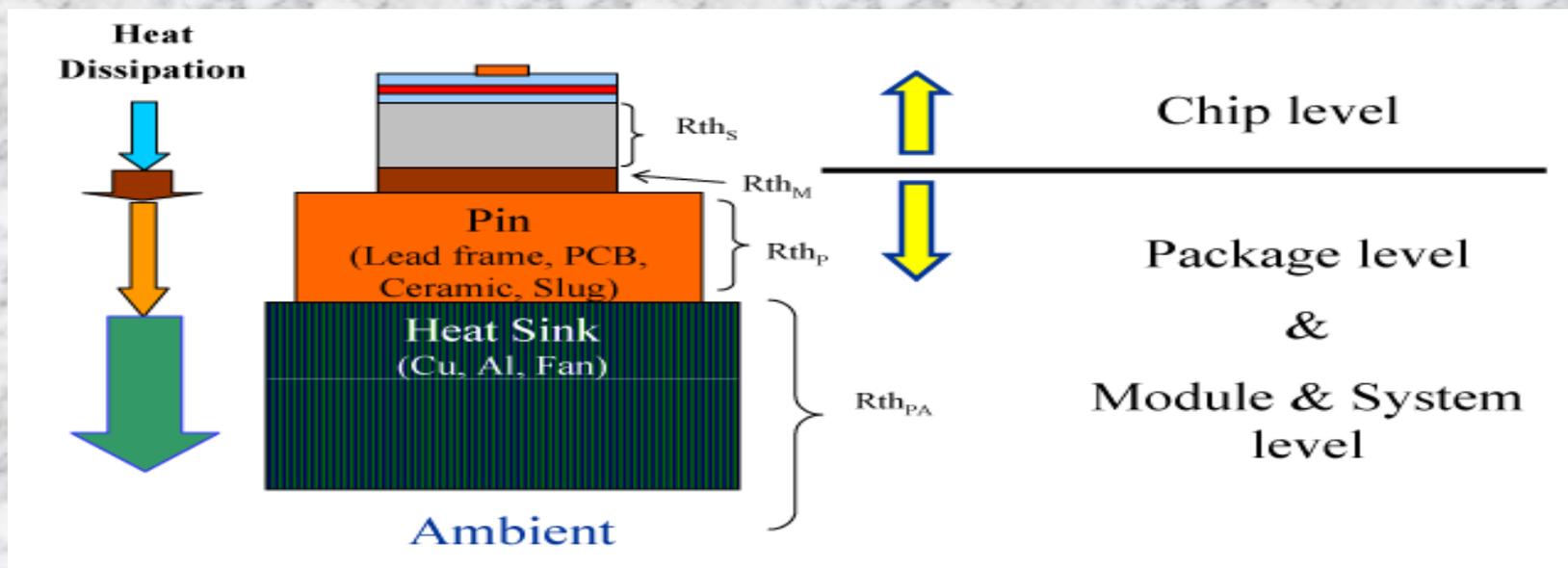
直接影响到 LED 出光效率、器件寿命、可靠性、发射波长等。

是 LED 器件封装和器件应用设计必须着重解决的核心问题。



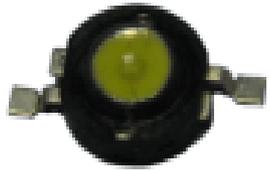
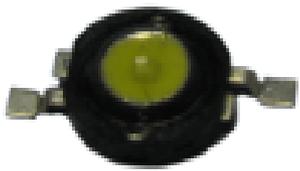
热阻

热阻：是指反映阻止热量传递能力的综合参量。单位： $^{\circ}\text{C}/\text{W}$ ，
即物体持续传热功率为1W时，导热路径两端的温差。



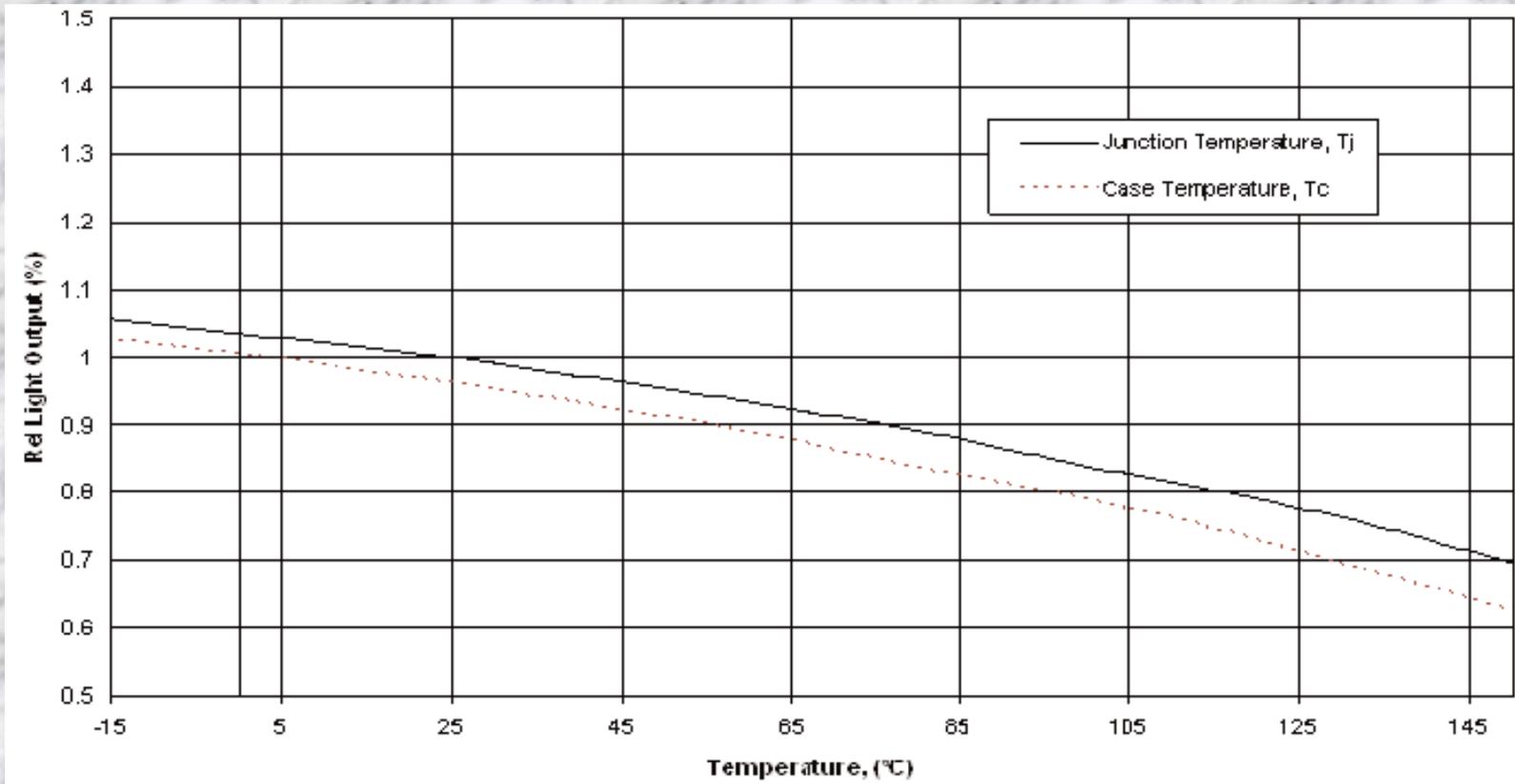
总热阻为各层热阻之和

S77-LED热阻对比表

	LED光源的热阻			
封装形式				
制造 商	CREE	LUMILDES	EDISON	SFT
固晶技术	热压共晶	超声共晶	热压粘胶	SFT固晶技术
固晶材料	AuSn	AuSn	AuSn\Ag+ SI胶	SFT——S1
导热系数	57	57	57/20	90
热 阻	8	8	13	3

从上表中我们可以看出，我公司LED的热阻远远低于同行的热阻，这为我公司LED的高亮度低光衰提供了保障。

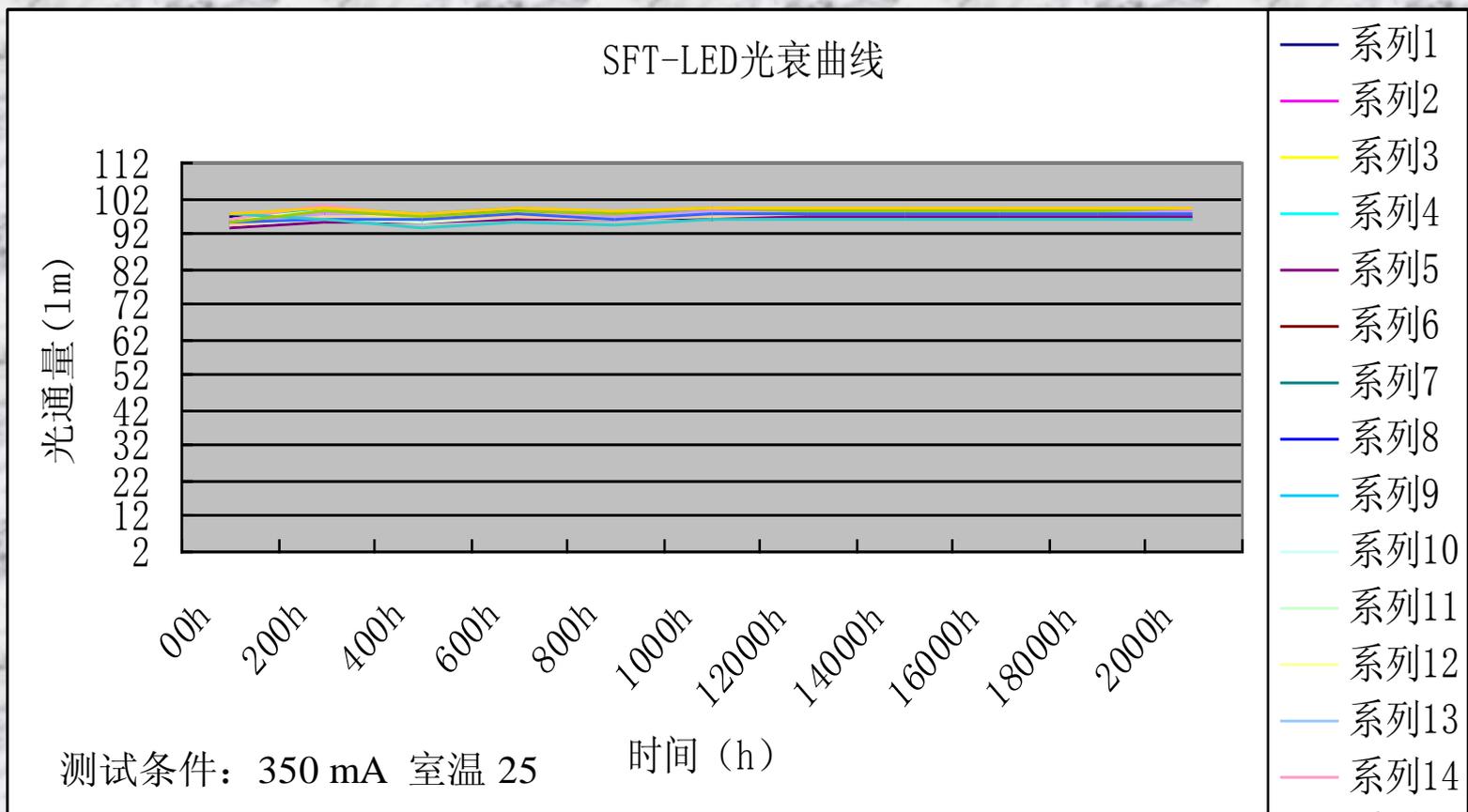
光输出与温结的关系



LED的光输出随着结温的升高而降低

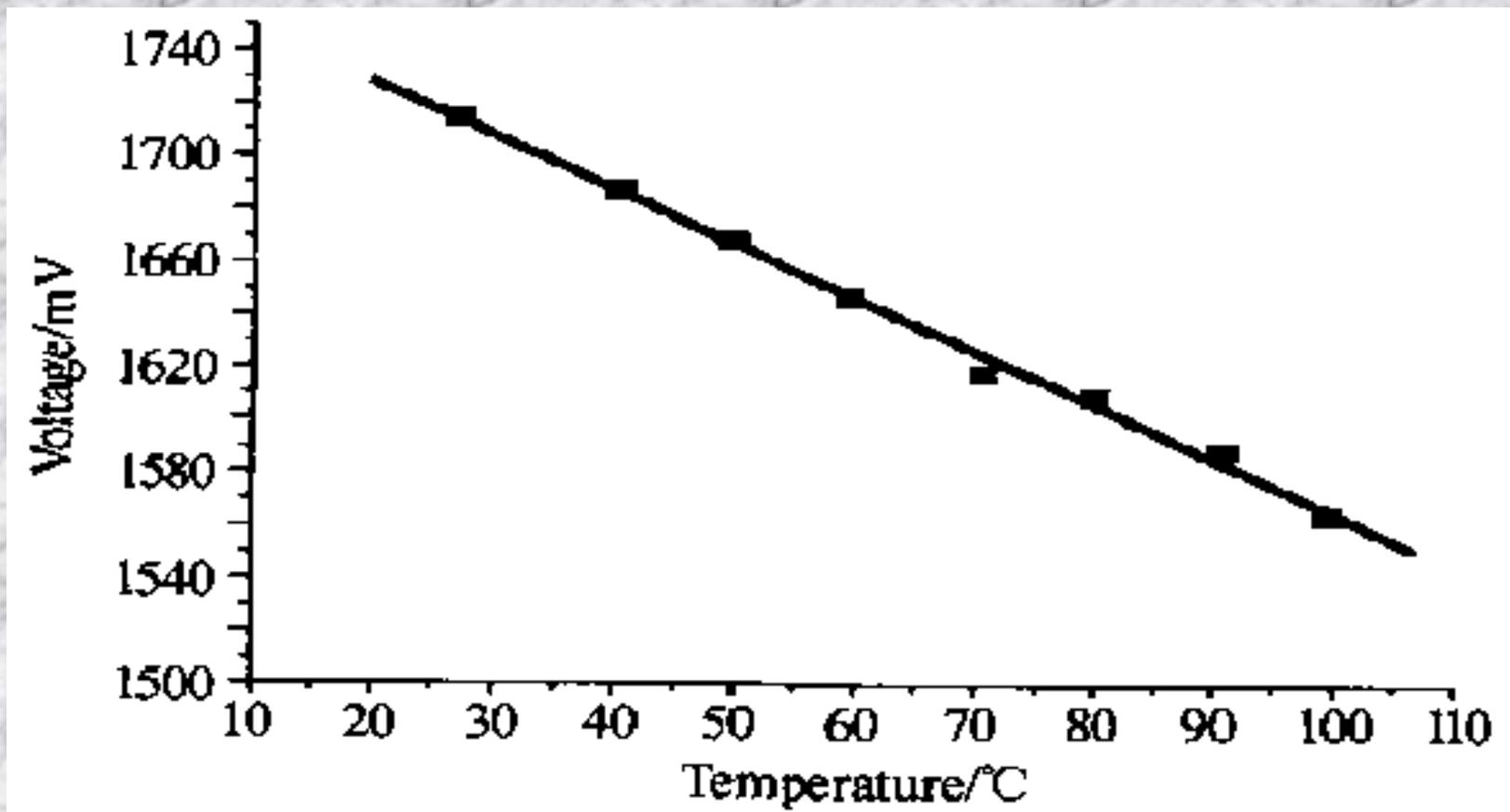
结温与寿命的关系

寿命测试表



从光衰曲线中我们可以看出，SFT-LED在2000小时内光通量基本上没什么变化，这也是同行业产品所无法相比的。

温度与压降的关系



S77-LED的特点

1、热阻低，光衰少，寿命长，耐高温：目前市场使用的固晶材料多数是银胶，如艾笛森，汉城半导体；这种产品缺点是光衰大，不适用于高温环境；而所有的LED产品都对温度非常的敏感，这不利于产品的长时间工作。而我们的产品使用了一种高导热性的材料，能更好的适应高温环境。

2、产品光色与国际大公司接轨：我们产品的企业标准都是根据行业中的国际大公司来制定的，生产过程中严把质量关，这将有利于产品的推广。



LED的特性

1. 极限参数的意义

(1) 允许功耗 P_m : 允许加于LED两端正向直流电压与流过它的电流之积的最大值。超过此值, LED发热、损坏。

(2) 最大正向直流电流 I_{Fm} : 允许加的最大的正向直流电流。超过此值可损坏二极管。

(3) 最大反向电压 V_{Rm} : 所允许加的最大反向电压。超过此值, 发光二极管可能被击穿损坏。

(4) 工作环境 t_{opm} : 发光二极管可正常工作的环境温度范围。低于或高于此温度范围, 发光二极管将不能正常工作, 效率大大降低。

LED的特性

2. 电参数的意义

- (1) 光谱分布和峰值波长：一个发光二极管所发之光并非单一波长，所发之光中光强最大的波长称之为峰值波长。
- (2) 光谱半宽度 $\Delta \lambda$ ：它表示发光管的光谱纯度. 是指1/2峰值光强所对应两波长之间隔。
- (3) 半值角 $\theta_{1/2}$ 和视角： $\theta_{1/2}$ 是指发光强度值为轴向强度值一半的方向与发光轴向（法向）的夹角。半值角的2倍为视角（半功率角）。
- (5) 正向工作电流 I_f ：它是指发光二极管正常发光时的正向电流值。
- (6) 正向工作电压 V_f ：正向工作电压是在给定的正向电流下得到的。在外界温度升高时， V_f 将下降。

LED的特性

(7) V-I特性:

发光二极管的电压与电流的关系。在正向电压正小于某一值(叫阈值)时, 电流极小, 不发光。当电压超过某一值后, 正向电流随电压迅速增加, 正向的发光管反向漏电流 $I_R < 10\mu A$ 以下。

(8) 由于LED具有单向导通、正常工作时阻值小、电压低、随温度升高阻值下降等特点, 因此在给LED供电时, 要求恒流直流供电, 驱动器是否恒流将直接影响LED的稳定与否。市场常见的LED:1W为350mA, 3W为700mA;

颜色和波长

光的颜色是否可以看见是由它的波长决定，光的波长是以纳米（nm）为单位。发光二极管发出的光几乎都是一致的也就是说它几乎都是在一个波长，发出非常纯的颜色。可见光的波长范围为380nm~780nm，以下是光的颜色和它的波长：

中红外线红光：

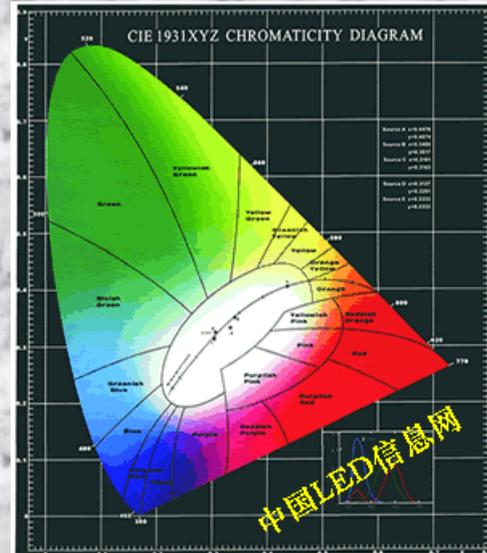
4600nm - 1600nm --不可见光

低红外线红光：

1300nm - 870nm --不可见光

850nm - 810nm -几乎不可见光

近红外线光：（780~740nm）



颜色和波长

红色光:

630nm - 620nm - 橙红 (公司生产)

橙色光:

605nm - 琥珀色光 (市场用580-595代替)

绿色:

525nm - 纯绿色 (公司生产)

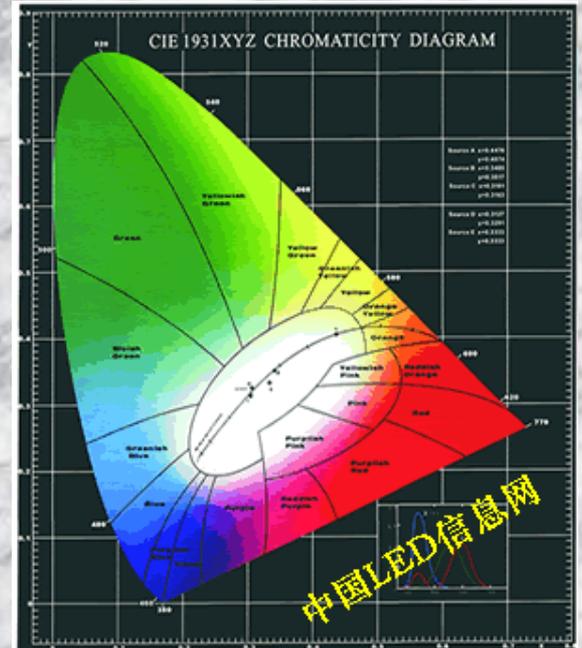
蓝色:

470nm - 460nm-鲜亮蓝色; (公司生产)

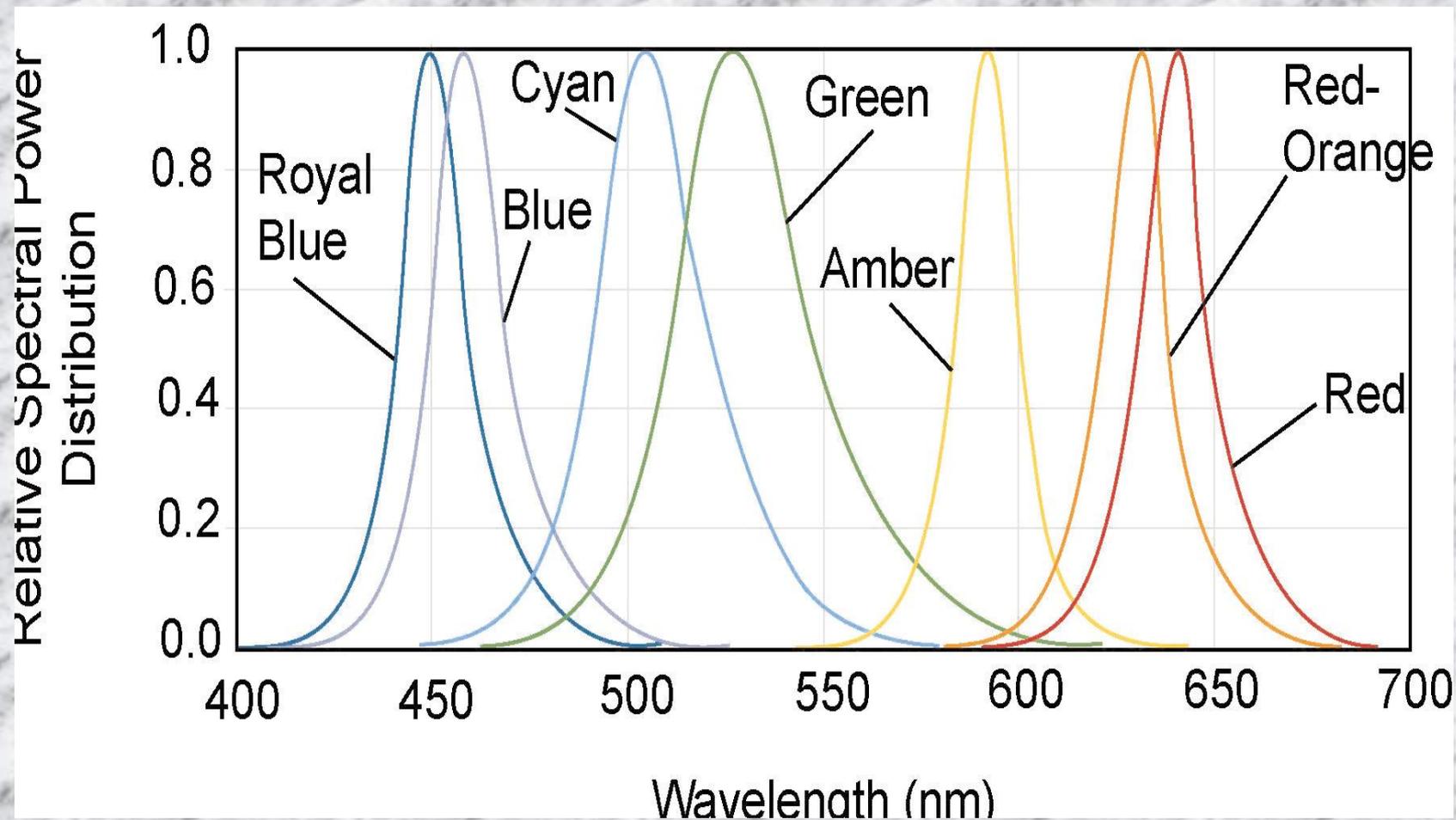
450nm - 纯蓝色; (公司生产)

UV-A型紫外线光:

370nm - 几乎是不可见光, 受木质玻璃滤光时显现出一个暗深紫色。



颜色和波长



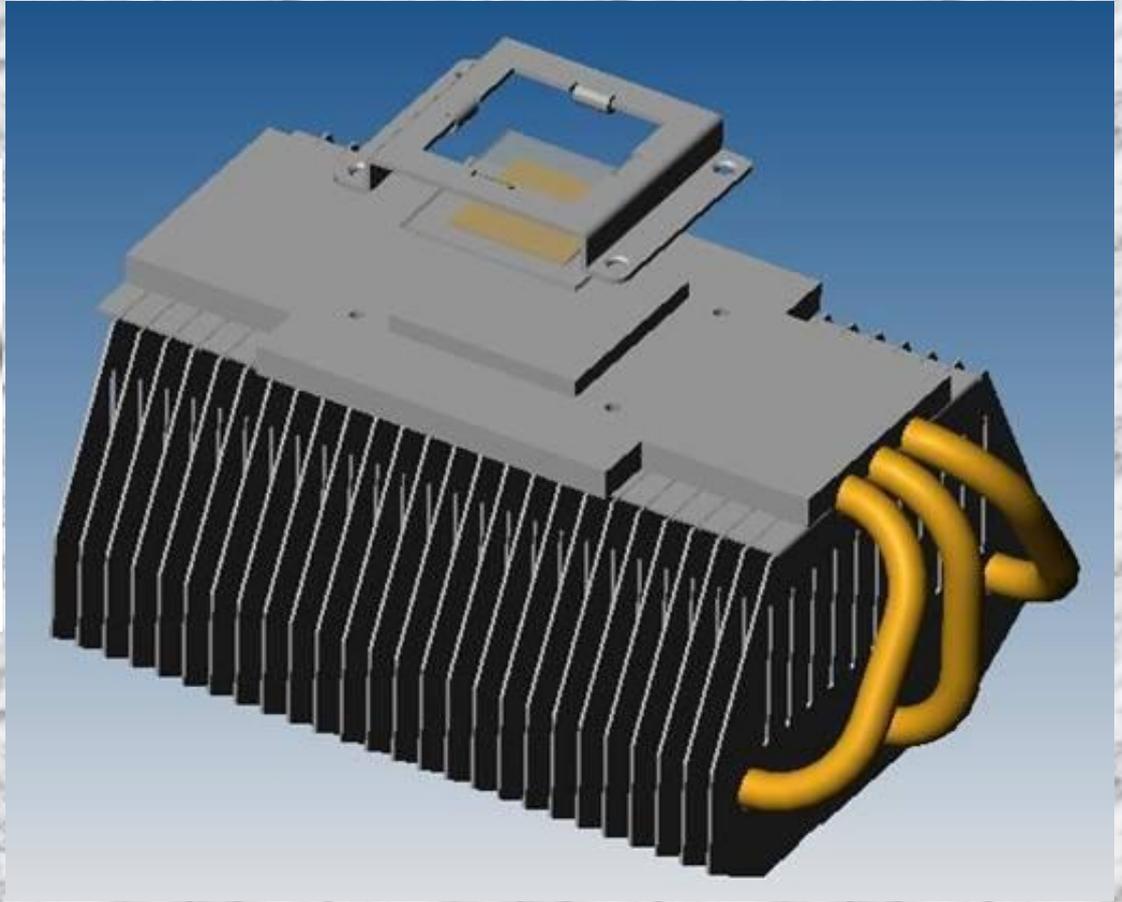
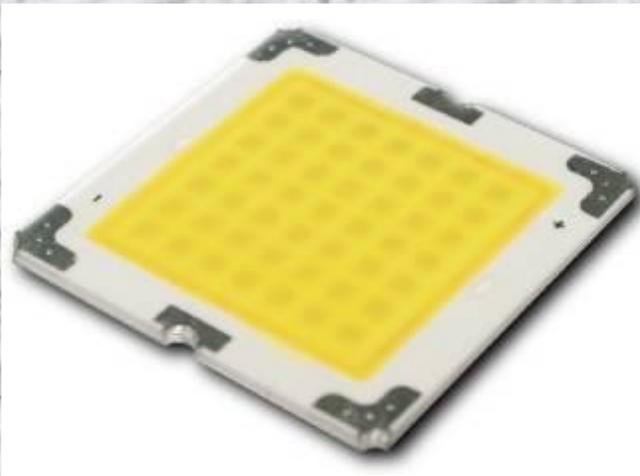
LED防静电

LED产品在加工生产的过程中要采取防静电措施，如：工作台要接地，工人要穿防静电服装，带防静电环，以及带防静电手套等，有条件的可以安装防静电离子风机，进入生产车间人员做人体静电综合测试等，同时要保证生产车间的湿度在65%左右，以免空气过于干燥产生静电，尤其是绿色LED容易被静电损坏。另外，不同质量档次的LED抗静电能力也不一样，质量档次高的LED抗静电能力要强一些。据统计，由于操作不当，LED产品有30%被静电损坏。



HX-JH604

LED应用



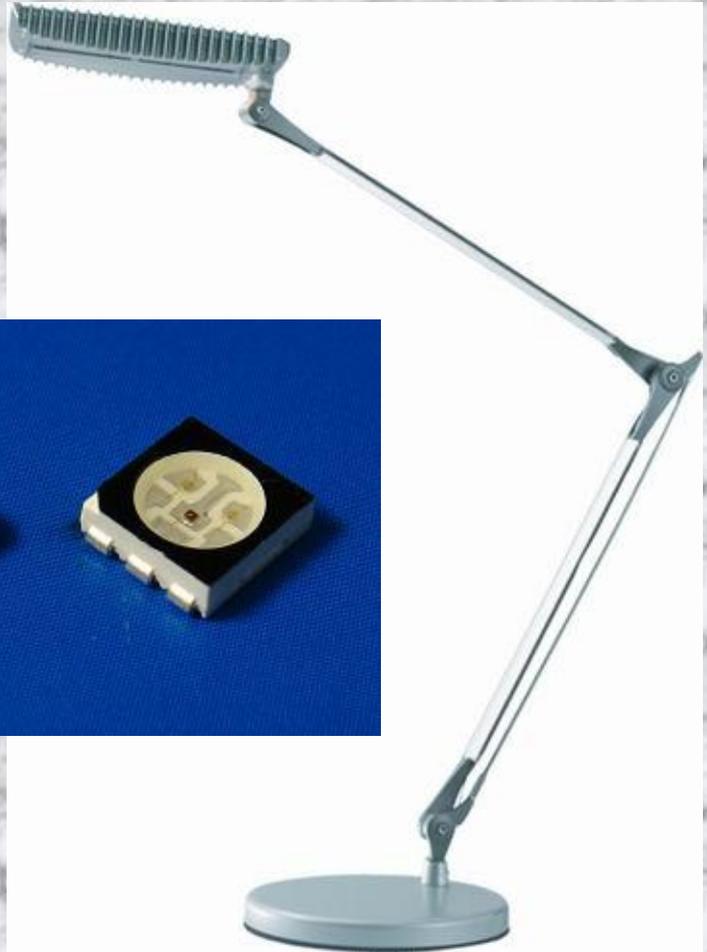
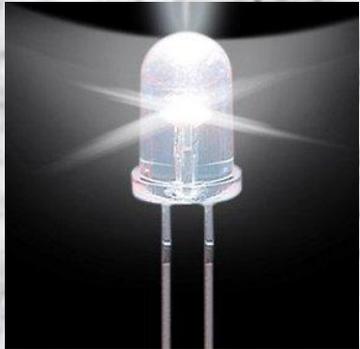
LED应用



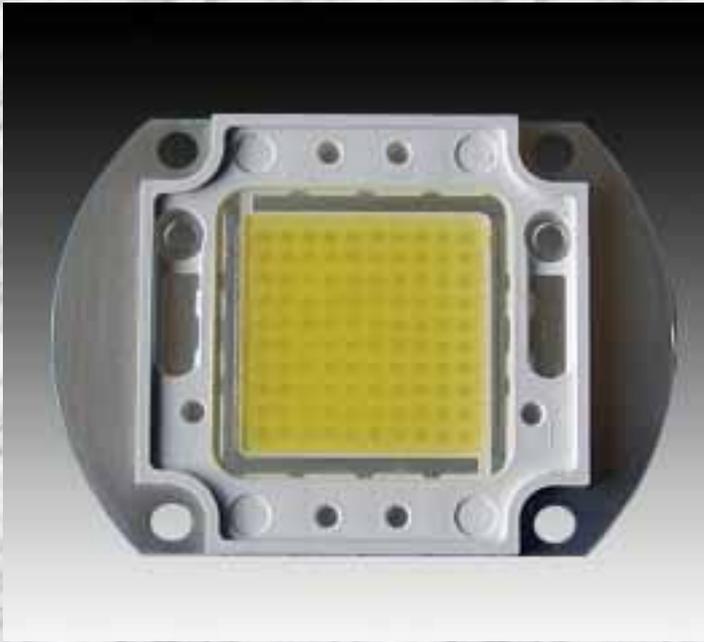
LED应用



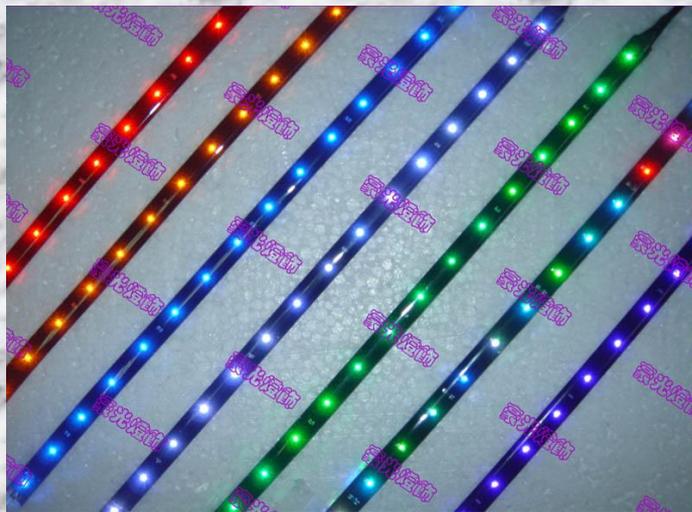
LED应用



LED应用



LED应用



谢谢！