

新闻中心

- 新闻资料
- 技术研发
- 下载中心
- 视频中心
- 服务问答
- 知识百科
- 企业相册



光电科技博览

您当前位置: 首页 -> 技术列表 >> 光电科技博览

基于O2PERA型SMD表面封装型LED散热技术

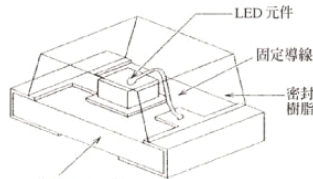
发布时间:2011-11-15 作者:熊栩 审核:熊栩 总点击: 文章来源: www.5s1ed.com [导读](#) [关闭该页](#)

基于O2PERA型SMD表面封装型LED散热技术介绍表面封装用基板要求的特性、功能,表面封装型O2PERA型SMD LED已经商品化,设计上的经常面临的散热技术问题,透过内部反射结构的优化设计,亮度与光束可以再提高,而且它拥有外形尺寸、配光特性与传统制品高兼容性,制作成本也完全相同,因此O2PERA型SMD LED可望拓展光学设计技巧应用领域。

本文要以表面封装型LED为焦点,介绍表面封装用基板要求的特性、功能,以及设计上的经常面临的散热技术问题,同时探讨O2PERA(Optimized OutPut by Efficient Reflection Angle)的光学设计技巧。

封装基板的功能

表面封装型的LED芯片通常只有米粒左右大小,基本结构如图1所示,它是将发光组件封装在印刷基板的电极上,再包覆树脂密封。



▲图1 一般晶片LED封装结构

制造LED芯片时印刷基板的功能之一,是将半导体device组件化,另外一个功能是让组件产生的放射光高效率在前面反射,藉此提高LED的效率。

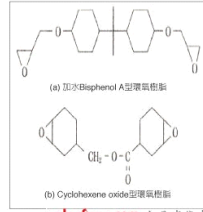
为提高LED组件的发光效率,基板侧放射的光线高效率反射也非常重要,所以要求高反射率的基板。印刷基板镀金或是镀银可以提高反射率,不过镀金时类似蓝光领域低波长光的反射率很低,镀银时有长期耐久性偏低的问题,因此研究人员检讨使用LED用白色基板。

LED用白色基板要求400~750nm,可视光全波长领域具备均匀高反射率,反射率的波长相关性很强时,LED芯片设计上会变成与设计波长相异的光源,因此要求在可视光全波长领域具备均匀的反射率。

白色基板的性能与特性

性能要求

表1是白光LED的发光机制一览,它可以分成4大类。如表所示成为白光LED的原光波长,全部偏向蓝光与近紫外低波长侧。一般类似环氧树脂基板的有机材料,紫外线等高能光最大敌人,光劣化极易造成环氧树脂变色,树脂的劣化使得可视光波长领域的反射率降低,外观上形成略带黄色,严重时甚至会变成茶色~灰色色调。



▲图4 树脂 elecfans.com 电子发烧友

改善加热变色性的技术

改善加热变色性的方法，分别如下：

- (1) 提高树脂的耐热性(提高玻璃转移点的温度)。
- (2) 添加抗氧化剂。
- (3) 主剂的双重结合，降低容易氧化的部位。

有关第(1)项，一般认为可以透过环氧树脂与硬化剂的组合，可望获得改善。

有关第(2)项，研究人员开始检讨抗氧化剂的添加量与相性。

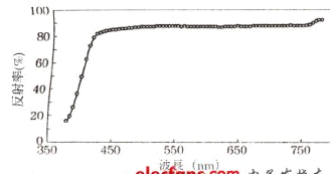
有关第(3)项，采用脂环式环氧树脂，可以解决特性面的问题。

提高白色度与反射率

为了使基板白色化，必需将白色颜料添加于树脂内，该白色颜料的选择会直接反映在基板的反射率，因此它是非常重要的项目。适合LED基板的白色颜料必需选用「在可视光领域的反射率很高，即使低波长它的反射率也不会降低的材料」，二氧化钛比较接近上述要求，其它候补材料则有氧化锌、铝等等。基板若添加二氧化钛，可以提高初期白色度与反射率，缺点是热与紫外线会使有机部份迅速变色。此外若添加填充材料，基板的刚性会提高、热变形温度也随着变高，它可以提升芯片封装时的导线固定性与加工时的良率。

白色积层板材料

图5是日本业者开发的粘铜箔白色积层板“CS-3965H”的分光反射率。如图所示CS-3965H的分光反射率，从近紫外(波长420nm)开始站立，在可视光全波长领域达到87%。如果基板变色时，在蓝光领域(波长450nm)的反射率会降低。



▲图5 CS-3965H的分光反射率 elecfans.com 电子发烧友

图6是“CS-3965H”经过加热与紫外线照射后的蓝光反射率变化特性，如图所示CS-3965H铜箔白色积层板的变色非常低，由于CS-3965H的初期反射率很高，热与紫外线照射后的反射率变化却非常低，非常适用于高亮度LED的封装。

▼表3 铜箔材料特性

	新	热	紫外线
	NAT-01	A-300	N4242
方法	反射率	反射率	反射率
波长	450nm	450nm	450nm
曝光量	50	30	50
温度(照射前/后)	78	75	6.1
照射时间	17	13	300
照射条件	75	88	47

高功率LED的散热设计

白光LED已经开始应用在一般照明与汽车等领域，投入LED的电力也从过去数十mW提高数W等级，因此发热问题更加表面化。

所谓热问题是指随着投入电力的增加，LED芯片的升温造成光输出降低。有效对策除了改善芯片的特性之外，搭载LED芯片的封装材料与结构检讨也非常重要。树脂封装方式是市场的主流，由于树脂的热传导率很低，因此经常成为影响热问题的原因之一，目前常用对策是将金属导入树脂封装结构，或是采用高热传导率陶瓷材料。

LED高效率化必需进行以下检讨，分别是：

- (1) 芯片大型化
- (2) 大电流化
- (3) 芯片本身的发光效率改善
- (4) 高效率取光封装结构

其中最简单的方法是增加电流量，使光量呈比例性增加，不过此时LED芯片产生的热量会增加。图7是电流投入LED芯片时的放射照度量测结果，如图所示在高输出领域放射照度呈饱和、衰减状，主要原因是LED芯片发热所致，为实现LED芯片高输出化，必需进行有效的热对策。

接着介绍应用陶瓷特性的封装技术。

封装的功能

封装主要目的是保护内部组件，使内部组件与外部作电气性连接，促进发热的内部组件散热。对LED芯片而言，封装的目的是使光线高效率放射到外部，因此要求封装材料具备高强度、高热传导性与高反射性。

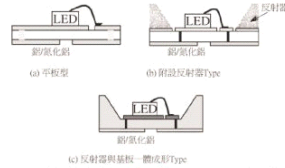
陶瓷封装的优点

陶瓷材料几乎网罗上述所有要求特性，非常适合当作LED的封装。表2是主要陶瓷材料的物性，如表2所示陶瓷材料的耐光劣化性，与耐热性比传统环氧树脂更优秀。

目前高散热封装结构是将LED芯片固定在金属板上周围包覆树脂，此时芯片材料与金属的热膨胀差异非常大，LED芯片封装时与温度变化的环境下，产生的热歪斜极易引发LED芯片缺陷，造成发光效率降低、发热等问题，随着芯片大型化，未来热歪斜势必更严重。陶瓷材料的热膨胀系数接近LED芯片，因此陶瓷被认为是解决热歪斜最有效的材料之一。

封装结构

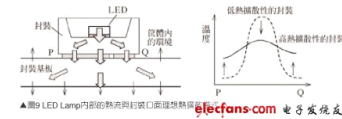
照片1是高输出LED用陶瓷封装的实际外观；图8是陶瓷封装的构造范例，图中的反射器电镀银膜，可以提高光照射效率。图8(c)是应用多层技术，使陶瓷与反射器成形一体结构。



▲图8 陶瓷封装的构造范例 elecfans.com 电子发烧友

为了使发热的LED芯片正常动作，必需考虑适当的散热系统，这意味着封装已经成为散热组件的一部份。接着介绍有关散热的处理方式。封装与散热基板的功能

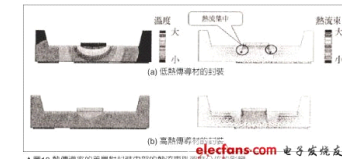
散热设计必需考虑如何使LED芯片产生的热透过筐体释放到外部。图9是LED Lamp内部的热流与封装内侧理想热扩散模式。



▲图9 LED Lamp内部的热流与封装内侧理想热扩散模式 elecfans.com 电子发烧友

如图9右侧实线所示，高热扩散性封装的内侧(P~Q之间)温度分布非常平坦，热可以扩散至封装整体，而且还非常顺畅流入封装基板内，因此LED芯片正下方的温度大幅下降。

图10是利用热模拟分析确认该状态获得的结果，该图表示定常状态温度分布，与单位面积时的单位时间流动的热量，亦即热流束的分布状况。由图可知使用高热传导材料的场合，封装内部的温差会变小，此时并未发现热流集中在局部，封装内部的热扩散性因而大幅提高。



▲图10 热传导率低的封装对封装内部的热流束分布状况 elecfans.com 电子发烧友

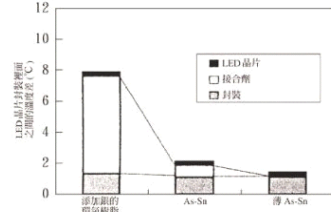
陶瓷是由铝或是氮化铝制成，若与目前常用的封装材料环氧树脂比较，铝质陶瓷的热传导率是环氧树脂的55倍，氮化铝陶瓷的热传导率是环氧树脂的400倍。此外金属板的热传导率大约是200W/mK，铝的热传导率大约是400W/mK左右，要求高热传导率的封装，大多使用金属作base。

LED芯片接合剂的功能

半导体芯片接合剂使用的材料有环氧系、玻璃、焊锡、金共晶合金等等。LED芯片用接合剂除了高热传导性之外，基于接合时降低热应力等观点，要求低温接合、低杨氏系数等特性，符合要求的在环氧系有“添加银的环氧树脂”，共晶合金则有“Au-20% Sn”等等。

接合剂附着在芯片周围的面积几乎与LED芯片相同，而且无法期待水平方向的热扩散，只能期望垂直方向的热传导性。

图11是LED芯片至封装背面的温度差仿真分析的结果，如图所示封装使用氮化铝陶瓷基板，与接合部温度差，以及热传导性比添加银的环氧树脂还低的Au-Sn接合剂。



▲图11 LED芯片至封装背面的温度差仿真分析结果 elecfans.com 电子发烧友

由于Au-Sn薄层化可以降低接合部的温度差，同时有效促进热的流动，因此业界普遍认为未来散热设计，势必要求接合剂必需具备高热传导性，与可作薄层化接合等基本特性。

今后散热设计与封装构造

随着散热设计的进化，LED组件厂商的研究人员开始检讨LED Lamp至管体的热传导，以及管体至外部的热传导可行性；组件应用厂商与照明灯具厂商则应用实验与模拟分析进行对策研究。

有关热传导材料，封装材料正逐渐从树脂切换成金属与陶瓷材料。此外LED芯片接合部是阻碍散热的要因之一，因此上述薄形接合技术被视为今后检讨课题之一。

有关提高管体至外部的热传导，目前大多利用冷却风扇与散热鳍片达成散热要求。不过基于噪音对策与窄空间化等考虑，照明灯具厂商大都不愿意使用热交换器，因此必需提高与外部接触面非常多的封装基板与管体的散热性，具体方法例如利用远红外线在高热传导性铜层表面，形成可以促进热放射涂层的可挠曲散热膜片(film)。

根据测试结果证实可挠曲散热膜片的散热效果，比大小接近膜片的散热鳍片更高，因此研究人员检讨直接将可挠曲散热膜片黏贴在封装基板与管体，或是将可以促进热放射涂层的，直接设置在封装基板与管体表面，试图藉此提高散热效果。

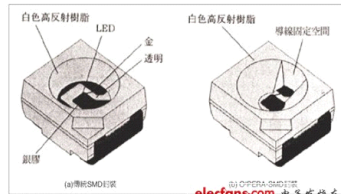
有关封装结构，必需开发可以支持LED芯片磊晶(flip chip)接合的微细布线技术；有关封装材料，虽然氮化铝的高热传导化有相当进展，不过它与反射率有trade-off关系，一般认提高热传导性比氮化铝差的铝的反射特性，可以支持LED高输出化需要，未来可望成为封装材料之一。

02PERA结构的SMD-LED设计

如上所述LED的封装从光学构造观点而言，可以分成两种型式分别是：

- (1) 整体由透明树脂构成(炮弹型、Piranha型)。
- (2) 利用高反射白色树脂包覆的表面封装型(SMD: Surface Mount Device)。
- (3) 使用金属的镜面反射面型。

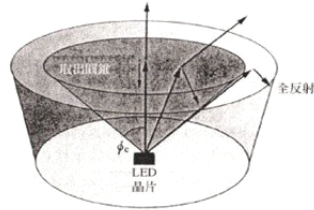
近年基于可靠性、成本、组作业性等考虑，第(2)项的SMD型的应用大幅增加。图12(a)是SMD型LED的封装结构，如图所示它是由白色高扩散反射材料制成的管体，与金属导线架构成凹状结构，LED芯片透过Mount与Wire Bonding，固定在该凹状结构底部上方的导线架，凹状结构则包覆透明环氧树脂。



▲图12 SMD型LED封装结构示意图 elecfans.com 电子发烧友

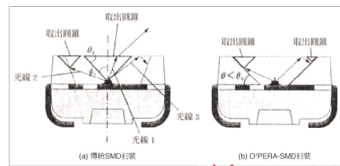
传统内部反射结构为了确保Mount与Wire Bonding作业空间，使得使用白色高扩散反射材料的反射器无法作优化设计。

光线从表面平坦透明材料透过空气的光取出效率可以利用图13作说明。对折射率 $n > 1$ 的环氧树脂等透明材料，与折射率 $n = 1$ 的空气界面而言，从透明材料入射的光线，它的入射角比临界角 ψ_c (从法线的角度)更大时，入射光会全反射再折返透明材料侧，入射角比临界角 ψ_c 更小的光线，会以部份入射能量反射折返，其它则通过空气侧，如果换成三次元方式，顶角为 ψ_c 时只有碗杯内侧的光线可以取出至外部。



▲图13 光线波长同色形图 [glecfans.com](http://www.glecfans.com) 电子发烧友

图14(a)是传统SMD封装的断面图，如图所示从LED芯片取出朝碗杯内直接放射的光线(光线1)可以穿透空气侧，不过碗杯外的直接放射光线(光线2, 3)不是过碰到白色树脂的扩散反射面，就是在空气与环氧树脂之间的界面全反射。



▲图14 SMD封装(O2PERA-SMD封装)断面图比较 [glecfans.com](http://www.glecfans.com) 电子发烧友

理论上内部结构的反射率为100%，透明树脂的吸收应该是零，如果忽略芯片的吸收，无限次反复进行反射，从封装的光取出效率也应该是100%，然而实际上透明树脂会吸收，反射率也不可能100%，加上导线架的加工面与芯片旁的银胶表面反射率都不尽理想，因此要提高封装的光取出效率，尽量以少数高效率反射成为重要课题。

此处针对碰撞到白色树脂反射面的光线进行探讨。一次的扩散反射只能取出碗杯内侧的反射成份，此时碗杯整体可以充分应用的反射面角度，比水平面测定的临界角 $\theta_c (=90^\circ - \psi_c)$ 更小，此处假设透明环氧树脂的折射率为1.53， $\theta_c = \cos^{-1}(1/1.53) = 49^\circ$ 威亦即反射面的角度低于 49° 戮承A就可以有效应用碗杯内的光线，大幅改善光取出效率，以上是O2PERA结构的基本动作原理。

如上所述传统SMD型LED的封装，基于导线与芯片固定作业性考虑，内部结构具备充分的空间裕度，

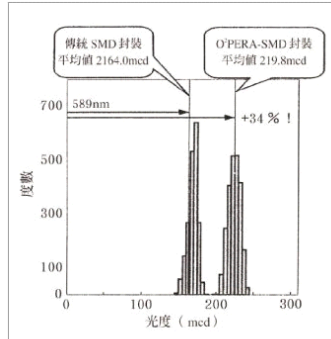
其结果反而造成芯片周围的金属导线架大幅露出，扩散反射面的角度则高达 70° 横D常陡峭，该结构下的扩散反射面本身的面积非常少，碗杯只有一半面积可以应用。

此外金属导线架的反射率与表面材质、加工程度有依存关系，然而基于成本考虑无法作镜面加工，使得传统SMD型LED的封装内部结构一直未被优化，结果造成光取出效率遭受具大折损。因此研究人员应用O2PERA技术开发SMD型LED。

O2PERA型SMD LED优先维持与传统SMD型LED封装的互换性，设计上未改变外形尺寸，只缓和内部扩散反射面的角度，因此实际上即使受到外形尺寸与LED芯片大小Die bonding的限制，O2PERA仍然可以实现比 49° 临界角更小的反射面角度。不过内侧的全反射面整体的角度一旦缓和时，wire bond(second)的空间有消失之虞，所以设计上必需预留最小wire bonding空间，在狭窄位置精密控制wire bond用capillary，是实现O2PERA型SMD LED的关键技术。

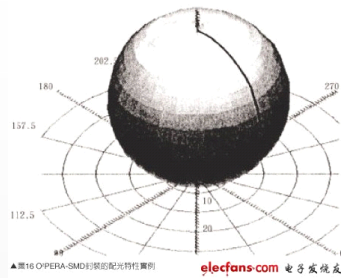
实际上考虑封装材料的反射率、穿透率以及wire bonding空间，依此进行光学仿真分析，证实可以提高30%左右的亮度与光束。如上所述采用不同于传统固定观念，配合光学设计与精密的生产技术，可以提高SMD型LED的光取出效率。

图15是利用O2PERA-SMD封装提高亮度的实例，LED芯片本身具有分布不均问题，因此尽力使用相同质量的芯片进行统计比较，本实例使用波长为589nm黄光LED，实现平均值34%左右的亮度提升效果，该值与学模拟分析结果几乎一致。



▲图15 利用OPERA-SMD封装提高配光特性的案例 elecfans.com 电子发烧友

图16是O2PERA-SMD封装三次元的配光特性实测例，第二次固定空间位置以配光特性上粗线表示。由于该空间造成内部反射构造呈非对称性，因此当初研究人员一度担心配光特性会出现非对称性结果，所幸的事它与镜面反射不同，扩散反射各方向的光线都会扩散，所以可以获得整体非常均匀的对称配光特性。



▲图16 OPERA-SMD封装配光特性实测 elecfans.com 电子发烧友

结语

目前O2PERA型SMD LED已经商品化，透过内部反射结构的优化设计，亮度与光束可以再提高，而且它拥有外形尺寸、配光特性与传统制品高兼容性，制作成本也完全相同，因此O2PERA型SMD LED可望拓展应用领域。

