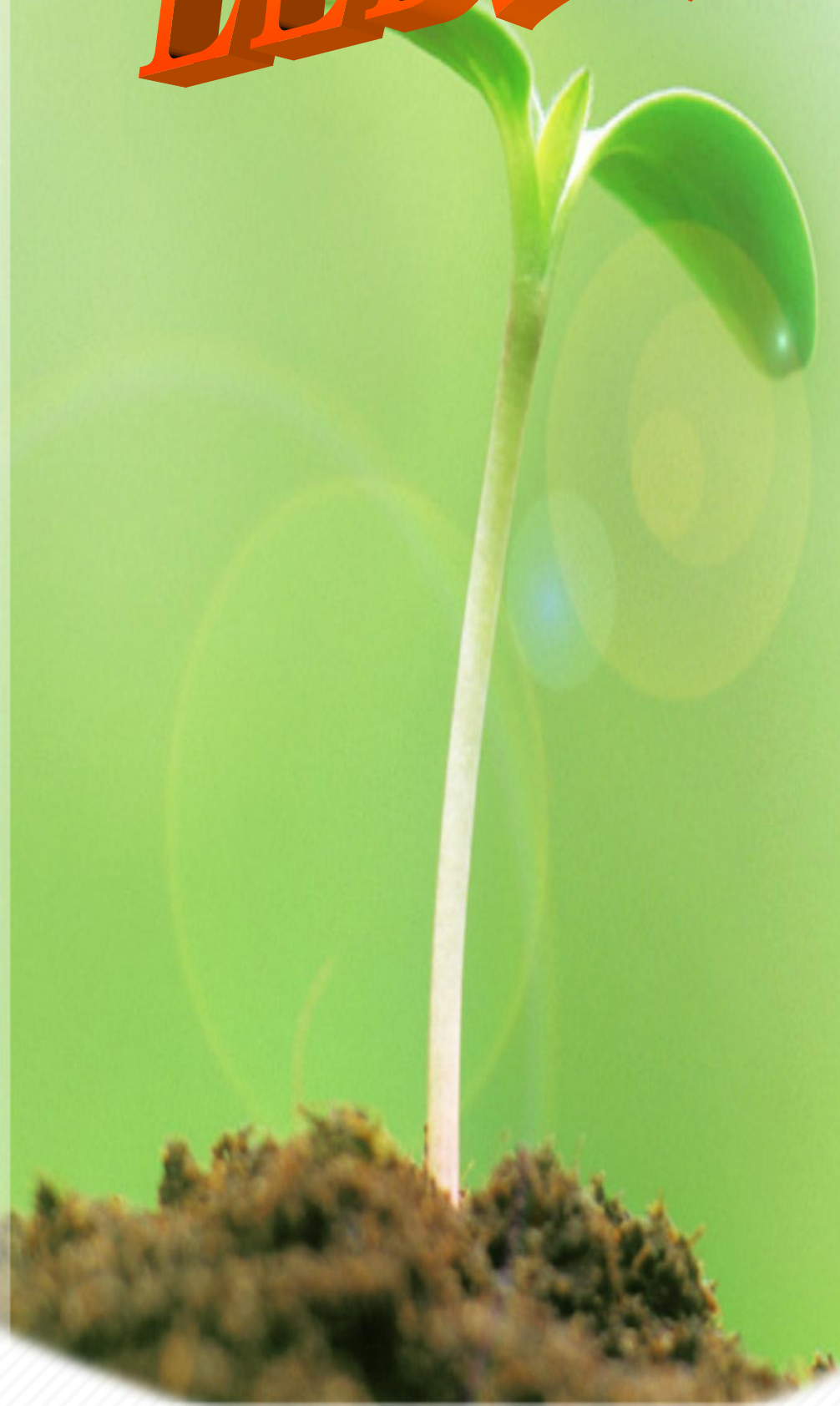


# LED封装技术



OFweek | [lights.ofweek.com](http://lights.ofweek.com)

**半导体照明网**

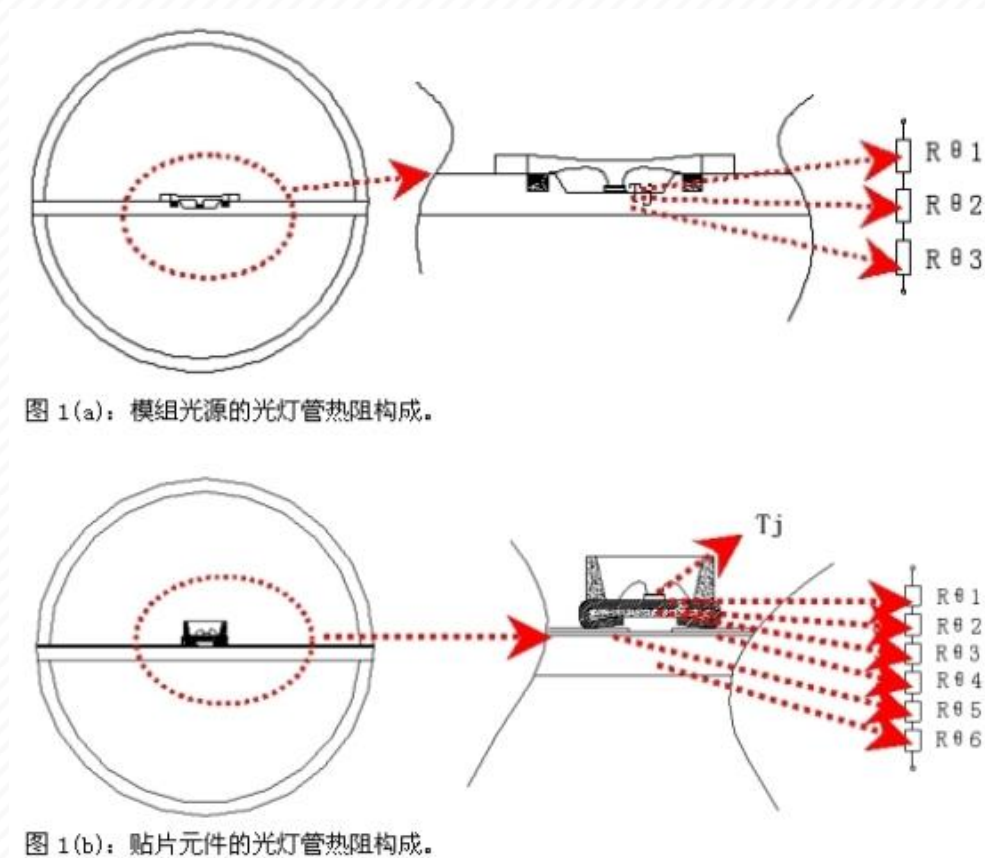
中国领先的半导体照明专业媒体  
中国领先的半导体照明专业媒体

半导体照明网

## 一, LED 产业新趋势--LED 模组化封装

LED 作为一种全新的光源,正越来越多地被融入到人们的生活当中,它的发展脱离不了人们对照明的需求。当 LED 作为一种全新的光源去取代上一代光源的时候,就必须比上一代光源具备更多的能够被人们接受的优点,这样,取代的机会才会更大。

相比于传统光源(比如荧光灯和白炽灯),LED 在接近于理论转换效率时,要比传统光源的光效高出 5-20 倍。即使是现阶段的量产光效,其水平也在 2-15 倍之间,同时结合到其指向性的优点,此差距将会更大。由于发光原理的改变,其寿命也会比传统光源高出很多。此外,由于 LED 还具备对健康和环境无危害等一系列的优点,其在现阶段已被公认为是下一代最为合适的光源。



光灯管的热阻构成对比

### 为什么需要 LED 模组化封装?

LED 在现阶段被用作照明产品,最直接和最简单的应用莫过于用于替代(包含球泡灯与日光灯管的替代)。这相对来说也更容易被接受。除了节能以外,产品的外观和效果都没有明显的改变。当然,在照明产品越来越个性化的今天,灯及灯具本身已经逐渐演变成为了光的质量指标……

网站相关文章链接: [LED 产业新趋势--LED 模组化封装](#)

## 二, OFweek 深度解读: 关于 LED 封装的一些事情

### LED 封装原理

LED 封装主要是提供 LED 芯片一个平台, 让 LED 芯片有更好的光、电、热的表现, 好的封装可让 LED 有更好的发光效率与好的散热环境, 好的散热环境进而提升 LED 的使用寿命。LED 封装技术主要建构在五个主要考虑因素上, 分别为光学取出效率、热阻、功率耗散、可靠性及性价比(Lm/\$)。

以上每一个因素在封装中都是相当重要的环节, 举例来说, 光取出效率关系到性价比; 热阻关系到可靠性及产品寿命; 功率耗散关系到客户应用。整体而言, 较佳的封装技术就是必须要兼顾每一点, 但最重要的是要站在客户立场思考, 能满足并超出客户需求, 就是好的封装。

针对 LED 的封装材料组成, LED 封装主要是由基板、芯片、固晶胶、荧光粉、封装胶等组成, 我们先将芯片利用固晶胶黏贴于基板上, 使用金线将芯片与基板作电性连接, 然后将荧光粉与封装胶混合, 搭配不同荧光粉比例, 以及适当的芯片波长可得到不同的颜色, 最后将荧光粉与封装胶的混合体灌入基板中, 加热烘烤使胶材固化后, 即完成最基本的 LED 封装。

### LED 封装四大发展趋势

LED 封装技术主要是往高发光效率、高可靠性、高散热能力与薄型化发展。从芯片来看, 目前最普遍的是水平式芯片, 比较高端的厂商则研发垂直式芯片与覆晶型芯片, 原先水平式 LED 使用蓝宝石基板, 散热能力较差, 且在高电流驱动下, 光取出效率下降幅度也较大。因此, 为了降低 LED 成本, 高电流密度的芯片设计便以获取更多的光输出为主要研究方向, 在这样的考虑下, 使用垂直式封装的芯片便成为下一课题, 此类芯片使用硅等高散热基板, 在高电流操作下有更好的散热效率, 所以也有更高的光输出, 但由于制作流程复杂, 工艺良率过低, 以致于无法达到理想的高性价比, 由此可知, 在高瓦数封装上, 工艺良率所导致的价格因素也是一大考虑。

LED 封装技术目前主要往高发光效率、高可靠性、高散热能力与薄型化四个方向发展, 目前主要的亮点有硅基 LED 和高压 LED, 硅基 LED 之所以引起业界越来越多的关注, 是因为它比传统的蓝宝石基底 LED 的散热能力更强, 因此功率可做得更大, Cree 就重点在发展硅基 LED, 它目前存在的主要问题是良率还较低, 导致成本还偏高

网站相关文章链接: [OFweek 深度解读: 关于 LED 封装的一些事情](#)

### 三，专家解析：大功率 LED 典型热沉结构散热性能分析(附图)

大功率 LED 照明属固态照明，具有寿命长、安全环保、高效节能、响应速度快等优点，但尚有一些技术急需解决，主要为：光提取效率低、发热量大、价格较高。目前 LED 的发光效率仅能达到 10%~20%，80%~90% 的能量转化成了热量，使得大功率 LED 的热流密度超过 150W/cm<sup>2</sup>，而常规的铜/铝散热翅片一般仅能满足 50W/cm<sup>2</sup> 散热需求。如果热量不能及时有效地散发出去，将会使 LED 芯片结温升高，从而导致输出光功率减小、芯片蜕化、波长“红移”、器件寿命缩短等不良后果。因此，如何解决散热问题成为 LED 推广应用的关键。

LED 器件的散热分为一次封装散热和二次热沉散热两部分，一次封装散热主要是通过改善 LED 自身封装材料和结构进行散热，二次热沉散热主要是通过设计开发外部的热沉结构对 LED 进行热控制。因此，要真正实现大功率 LED 的有效散热，需同时解决好一次散热和二次散热问题。常见的二次热沉散热结构是将多颗大功率 LED 阵列在铝热沉上，如图 1 所示。随着应用 LED 功率的增大，出现了热管散热、液体冷却散热、热电制冷散热等新型二次热沉散热结构。鲁祥友等提出了一种将大功率 LED 散热和回路热管传热相结合的用于大功率 LED 冷却的热管散热器，并对其传热性能和整体的均温性进行了实验研究。袁柳林设计了大功率 LED 阵列封装的微通道制冷结构，并用热分析软件模拟了其热学性能及其参数的影响。唐政维等设计了一种采用半导体致冷技术散热的集成大功率 LED，不仅散热效果良好，且还可以使 LED 器件在高温、震荡等恶劣环境中正常工作。PetroSki 开发了一种新型热沉来实现大功率 LED 的冷却，该热沉基于自然对流实现换热，采用圆柱结构，周围布满了纵向分布的翅片，该设计可实现散热效果各向同性。S. W. Chau 等提出了一种采用电流体动力学方法 (EHD) 冷却 LED 的装置，由气体放电得到离子风进行强迫对流散热，其对流换热系数是自然对流的 7 倍，使热沉温度保持在 20~30℃，并研究了不同条件下的散热效果。LiuChunkai 等人将硅基热电制冷器 (te) 与倒装大功率 LED 集成，研究了大功率 LED 的性能，证实硅基热电制冷器的热阻可降低至零，并能有效提高出光效率，降低 Pn 结结温，是一种有效的主动冷却方式。

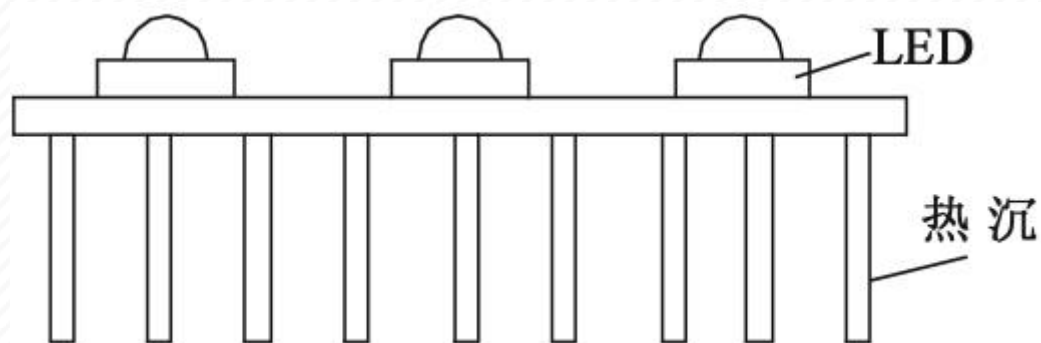


图 1: 典型二次热沉散热结构

当前众多 LED 路灯示范工程中大部分采用全铝热沉作为二次热沉散热结构。随着微热管技术的发展及 LED 器件功率的增大，微热管技术已经越来越多地应用到 LED 器件的二次热沉散热结构中。为了研究不同热沉结构的实际散热效果……

网站相关文章链接：[专家解析：大功率 LED 典型热沉结构散热性能分析\(附图\)](#)

## 四，解读：陶瓷材料在 LED 照明散热中的应用

LED 是一种新型固态光源，自问世以来受到了极大的关注。它的发光机理是靠 PN 结中的电子在能带间跃迁产生光能。在外电场的作用下，电子与空穴的辐射复合发生电致作用，一部分能量转化为光能，无辐射复合产生的晶格震荡将其余能量转化为热能。

目前 LED 的发光效率仅 20%~30%，其余能量大多转化为热能，大量的热能需要及时地散发出去，否则将会使 LED 的寿命减少，甚至永久性失效。所以，在 LED 快速发展的同时，人们也不断进行着 LED 散热新技术的研究。

金属铝材凭借着密度小、热导率高、表面处理技术成熟的优势，一直占据着 LED 照明主体材料的市场。随着人们对安全性能要求的提高，铝材的导电性成为其一道致命的伤疤，为了提高 LED 照明灯具（下文简称为 LED 灯具）的使用安全性，电绝缘材料引起了人们的重视。

开始崭露头角的电绝缘材料有陶瓷材料和高热导塑料。人类对陶瓷材料的使用已有几千年了，现代技术制备的陶瓷材料有着绝缘性好、热导率高、红外辐射率大、膨胀系数低的特点，完全可以成为 LED 照明的新材料。目前，陶瓷材料主要用于 LED 封装芯片的热沉材料、电路基板材料和灯具散热器材料。高热导塑料凭借着其优良的电绝缘性和低密度值，高调地进入了散热材料市场，现阶段由于价格高，应用率不大。本文主要讨论陶瓷材料在 LED 照明中的应用技术。

### 1 陶瓷材料的传热机理

陶瓷属于非金属材料，晶体结构中没有自由电子，具有优秀的绝缘性能。它的传热属于声子导热机理，当晶格完整无缺陷时，声子的平均自由程越大，热导率就越高。理论表明，陶瓷晶体材料的最大导热系数可高达 320W/mK。

一般认为，在影响陶瓷材料导热率的诸多因素中，结构缺陷是主要的影响因素。在烧结的过程中，氧杂质进入陶瓷晶格中，伴随着空位、位错、反相畴界等结构缺陷，显著地降低了声子的平均自由程，导致热导率降低。现代陶瓷技术通过生成第二相，把氧固定在晶界上，减少了氧杂质进入晶格的可能性，随着晶界处的氧浓度大大降低，晶粒内部的氧自发扩散到晶界处，使晶粒基体内部的氧含量降低，缺陷的数量和种类减少，从而降低声子散射几率，增加声子的平均自由程。由于制备技术的不同，陶瓷材料的热导率也不一样。

陶瓷材料的热导率与添加剂含量也有着密切的关系。河北工业大学的梁广川等人对稀土氧化物 Y2O3 含量与密度和导热率的关系也做了实验研究……

网站相关文章链接：[解读：陶瓷材料在 LED 照明散热中的应用](#)

## 五，高功率 LED 的封装基板发展趋势

长久以来显示应用一直是 led 发光元件主要诉求，并不要求 LED 高散热性，因此 LED 大多直接封装于一般树脂系基板，然而 2000 年以后随著 LED 高辉度化与高效率化发展，尤其是蓝光 LED 元件的发光效率获得大幅改善，液晶、家电、汽车等业者也开始积极检讨 LED 的适用性。

现今数码家电与平面显示器急速普及化，加上 LED 单体成本持续下降，使得 LED 应用范围，以及有意愿采用 LED 的产业范围不断扩大，其中又以液晶面板厂商面临欧盟颁布的危害性物质限制指导 (RoHS: Restriction of Hazardous Substances Directive) 规范，而陆续提出未来必须将水银系冷阴极灯管 (CCFL: Cold Cathode Fluorescent Lamp) 全面无水银化的发展方针，其结果造成高功率 LED 的需求更加急迫。

技术上高功率 LED 封装后的商品，使用时散热对策实为非常棘手，而此背景下具备高成本效率，且类似金属系基板等高散热封装基板的产品发展动向，成为 LED 高效率化之后另 1 个备受瞩目的焦点。

### 环氧树脂已不符合高功率需求

以往 LED 的输出功率较小，可以使用传统 FR4 等玻璃环氧树脂封装基板，然而照明用高功率 LED 的发光效率只有 20%~30%，且芯片面积非常小，虽然整体消费电力非常低，不过单位面积的发热量却很大。

汽车、照明与一般民生业者已经开始积极检讨 LED 的适用性，业者对高功率 LED 期待的特性分别是省电、高辉度、长使用寿命、高色彩再现性，这意味著散热性佳是高功率 LED 封装基板不可欠缺的条件。

树脂基板的散热极限多半只支持 0.5W 以下的 LED，超过 0.5W 以上的 LED 封装大多改用金属系与陶瓷系高散热基板，主要原因是基板的散热性对 LED 的寿命与性能有直接影响，因此封装基板成为设计高辉度 LED 商品应用时非常重要的元件。

金属系高散热基板又分成硬质 (rigid) 与可挠曲 (flexible) 系基板两种，硬质系基板属于传统金属基板，金属基材的厚度通常大于 1mm，广泛应用在 LED 灯具模块与照明模块，技术上它与铝质基板相同等级高热传导化的延伸，未来可望应用在高功率 LED 封装。

可挠曲系基板的出现是为了满足汽车导航仪等中型 LCD 背光模块薄形化，以及高功率 LED 三次元封装要求的前提下，透过铝质基板薄板化赋予封装基板可挠曲特性，进而形成兼具高热传导性与可挠曲性的高功率 LED 封装基板……

网站相关文章链接：[高功率 LED 的封装基板发展趋势](#)

## 六、LED封装领域用陶瓷基板现状与发展简要分析

陶瓷基板材料以其优良的导热性和气密性，广泛应用于功率电子、电子封装、混合微电子与多芯片模块等领域。本文简要介绍了目前陶瓷基板的现状与以后的发展。

### 1、塑料和陶瓷材料的比较

塑料尤其是环氧树脂由于比较好的经济性，至目前为止依然占据整个电子市场的统治地位，但是许多特殊领域比如高温、线膨胀系数不匹配、气密性、稳定性、机械性能等方面显然不适合，即使在环氧树脂中添加大量的有机溴化物也无济于事。

相对于塑料材料，陶瓷材料也在电子工业扮演者重要的角色，其电阻高，高频特性突出，且具有热导率高、化学稳定性佳、热稳定性和熔点高等优点。在电子线路的设计和制造非常需要这些的性能，因此陶瓷被广泛用于不同厚膜、薄膜或和电路的基板材料，还可以用作绝缘体，在热性能要求苛刻的电路中做导热通路以及用来制造各种电子元件。

### 2、各种陶瓷材料的比较

#### 2.1 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>

到目前为止，氧化铝基板是电子工业中最常用的基板材料，因为在机械、热、电性能上相对于大多数其他氧化物陶瓷，强度及化学稳定性高，且原料来源丰富，适用于各种各样的技术制造以及不同的形状。

#### 2.2 BeO

具有比金属铝还高的热导率，应用于需要高热导的场合，但温度超过 300℃后迅速降低，

最重要的是由于其毒性限制了自身的发展。

#### 2.3 AlN

AlN 有两个非常重要的性能值得注意：一个是高的热导率，一个是与 Si 相匹配的膨胀系数。缺点是即使在表面有非常薄的氧化层也会对热导率产生影响，只有对材料和工艺进行严格控制才能制造出一致性较好的 AlN 基板。目前大规模的 AlN 生产技术国内还是不成熟，相对于 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>，AlN 价格相对偏高许多，这个也是制约其发展的瓶颈。综合以上原因，可以知道，氧化铝陶瓷由于比较优越的综合性能，在目前微电子、功率电子、混合微电子、功率模块等领域还是处于主导地位而被大量运用……

网站相关文章链接：[LED封装领域用陶瓷基板现状与发展简要分析](#)

## 七，这个夏天不再“热”-LED 散热新技术

LED 灯中的 LED 芯片是热流密度很大的电子元件，它们在运行过程中，由于其静态与动态的损耗，产生大量的多余热量，通过散热系统发散到外部，维持其工作温度的稳定。目前 LED 的发光效率还是比较低，从而引起结温升高，寿命降低。为了降低结温以提高寿命就必须十分重视散热的问题。LED 的散热设计必须从芯片开始一直到整个散热器，每一个环节都要给予充分的注意。任何一个环节设计不当都会引起严重的散热问题。所以对散热的设计必须给以充分的重视。

高性能微槽群复合相变传热技术，满足大功率 LED 照明的散热要求，该技术命名为“微槽群复合相变集成冷却技术”。该技术已经成功应用 LED 灯上，LED 芯片的热量能瞬间分布在整个散热空间中，延长了 LED 灯的寿命提高了发光效率。

### 一、微槽群复合相变集成冷却技术：

LED 芯片所产生的热量最后总是通过灯具的外壳散到空气中去。普遍的散热是：LED 芯片所产生的热，从它的金属散热块出来，先经过焊料到铝基板的 PCB，再通过导热胶才到铝散热器。LED 灯具的散热实际上包括导热和散热两个部分。有一个概念先要搞清楚，就是导热和散热的区别。导热就是要把热量最快地从发热源传送到散热器表面，而散热则是要把热量从散热器表面散发到空气中去。首先要把热最快的导出来，然后要最有效地散到空气里去。传统的散热器的热沉是铝翅片，我们的热沉是：微槽群相变技术。

微槽群相变冷却技术是依靠技术手段（如设备结构：微槽等手段）把密闭循环的冷却介质（若介质为水）变为纳米数量级的水膜，水膜越薄，遇热蒸发能力越强，潜热交换能力越强，大功率电子器件的热量被蒸气带走。

### 冷却器系统组成及工作原理：

#### 1、冷却器的组成：

系统主要由四部分组成，即取热器、冷凝器、输送管路、取热介质（如水、乙醇等）。取热器一般情况下用进口铝合金制作，板内腔有许多微米数量级的槽道，其作用是把取热介质（如水）按设计要求变成所需的液膜，发热功率器件与铝合金表面紧密接触，其热能通过铝热传导给液膜，液膜瞬间汽化，把热能通过管路送到冷凝器冷却。因取热器的取热能力很强，其导热系数大于  $106 \text{ W}/(\text{m}^{\circ}\text{C})$ ，所以取热器的体积可以做到很小……

网站相关文章链接：[这个夏天不在“热”-LED 散热新技术](#)



## 八，分享：LED 温升问题的解决方案

过去 LED 业者为了获得充分的白光 LED 光束，曾经开发大尺寸 LED 芯片 试图藉此方式达到预期目标。不过，实际上白光 LED 的施加电力持续超过 1W 以上时光束反而会下降，发光效率相对降低 20~30%。换句话说，白光 LED 的亮度如果要比传统 LED 大数倍，消耗电力特性超越荧光灯的话，就必需克服下列四大课题：抑制温升、确保使用寿命、改善发光效率，以及发光特性均等化。

温升问题的解决方法是降低封装的热阻抗；维持 LED 的使用寿命的方法是改善芯片外形、采用小型芯片；改善 LED 的发光效率的方法是改善芯片结构、采用小型芯片；至于发光特性均匀化的方法是改善 LED 的封装方法，这些方法已经陆续被开发中。

### 解决封装的散热问题才是根本方法

由于增加电力反而会造成封装的热阻抗急剧降至 10K/W 以下，因此国外业者曾经开发耐高温白光 LED，试图藉此改善上述问题。然而，实际上大功率 LED 的发热量比小功率 LED 高数十倍以上，而且温升还会使发光效率大幅下跌。即使封装技术允许高热量，不过 LED 芯片的接合温度却有可能超过容许值，最后业者终于领悟到解决封装的散热问题才是根本方法。

有关 LED 的使用寿命，例如改用硅质封装材料与陶瓷封装材料，能使 LED 的使用寿命提高一位数，尤其是白光 LED 的发光频谱含有波长低于 450nm 短波长光线，传统环氧树脂封装材料极易被短波长光线破坏，高功率白光 LED 的大光量更加速封装材料的劣化，根据业者测试 结果显示 连续点灯不到一万小时，高功率白光 LED 的亮度已经降低一半以上，根本无法满足照明光源长寿命的基本要求。

有关 LED 的发光效率，改善芯片结构与封装结构，都可以达到与低功率白光 LED 相同水平。主要原因是电流密度提高 2 倍以上时，不但不容易从大型芯片取出光线，结果反而会造成发光效率不如低功率白光 LED 的窘境。如果改善芯片的电极构造，理论上就可以解决上述取光问题。

### 设法减少热阻抗、改善散热问题

有关发光特性均匀性，一般认为只要改善白光 LED 的荧光体材料浓度均匀性与荧光体的制作技术，应该可以克服上述困扰。如上所述提高施加电力的同时，必需设法减少热阻抗、改善散热问题。具体内容分别是：降低芯片到封装的热阻抗、抑制封装至印刷电路板的热阻抗、提高芯片的散热顺畅性……

网站相关文章链接：[分享：LED 温升问题的解决方案](#)

## 九，看 10000 小时无光衰的 LED 路灯是如何练成的

此前有媒体曾报道过北京绿时代科技的一款 LED 路灯持续点亮 6000 小时无光衰，今天记者亲眼见到了这款路灯，但是这次记者还看到了由国家电光源检测中心（北京）出具的报告，检测数据显示，该款路灯在持续点亮 10000 小时后光衰仍然很小，几乎可以忽略。

目前的 LED 路灯行业应该说已经有一些企业的产品不管是寿命、光效还是光品质都已经做得不错，但真正由权威检测机构持续进行寿命测试并出具报告的并不多。在国家半导体照明工程研发及产业联盟制定的《LED 道路照明产品技术规范》中对 LED 道路照明产品光通维持率的规定仅为 3000 小时不低于 96%。而北京绿时代的这款 LED 路灯能够做到 10000 小时光衰几乎为零，应该说有其独到之处，下面就对这款路灯做一探究。

### 一、外观

这款路灯与平时见到的很多 LED 路灯的外观有所不同，那就是将丑陋的散热片隐藏了起来，灯的整体外观和高压钠灯或其它光源的路灯相似，只是在灯壳的正背没有完全封闭，以很多的镂空既让灯具的整体看起来美观，又充分保证了散热。而这款 120 瓦的 LED 路灯加上电源控制器，质量仅为 10kg 左右，在同规格产品中应该还是比较轻的。



对各部分构造，这款 LED 路灯的模块化比较彻底。光源、电源、驱动器、散热器都设计成可以安装拆卸的独立模块化结构，相互间以螺丝或插头连接，也就是说某个部件坏了，仅需要拔下插头或拧开几个螺丝即可更换，不用把整个灯再拆下来了。而且这些部件的还能移植到现在大量使用的各种造型钠灯，只不过需要对灯壳进行简单加工改造

网站相关文章链接：[看 10000 小时无光衰的 LED 路灯是如何练成的](#)

## 十, LED COB 封装概述

当前欧债危机不断蔓延扩散,在市场情绪紧绷的氛围之下,我国经济发展面临的困难加重,挑战加多。用电荒、用钱荒、用人荒、高成本、低利润,中小企业生存环境出现恶化,“倒闭潮”来袭的恐慌显现在行业人士的脸上。LED 企业也概莫能外,作为朝阳产业的 LED,市场还未开始,杀价割喉战迭起,各项经营成本上涨,LED 企业尤其是 LED 封装企业的毛利水平下滑。寻求低成本的生产工艺、转嫁传统封装成本压力,已成为 LED 封装企业角逐的焦点。而成本低、散热性好的 COB LED 封装逐渐回温、渐入 LED 企业视野。

**LED 封装生产的发展阶段** 从 LED 封装发展阶段来看,LED 有分立和集成两种封装形式。LED 分立器件属于传统封装形式,广泛应用于各个相关的领域,经过近四十年的发展,已形成一系列的主流产品形式。LED 的 COB 模块属于个性化封装形式,主要为一些个性化案例的应用产品而设计和生产。

传统 LED 封装 PK COB 封装

	传统 LED 封装	COB 封装
定义	将外引线连接到 LED 芯片的电极上,完成输出电信号,保护管芯正常工作,输出可见光,包括引脚式和表面组装式 LED 封装等方式。	一种芯片直接封装技术,是将裸芯片直接粘贴在印刷电路板上,然后进行引线键合,再用有机胶将芯片和引线包封保护的工艺。
灯具做法	由 LED 光源分立器件—MCPCB 光源模组—LED 灯具;	直接由 COB 光源模块—LED 灯具;
工艺流程	制作工艺复杂,比如 SMD 封装在进行贴片的时候,需要回流焊;	减少支架的制造工艺,不需要回流焊,也不需要买贴片机和焊接等设备;
散热效果	热阻高;	具有减少热阻的散热优势(一般为 6-12W/m.k);
性能	通用,可以大批量生产;	1. 高封装密度、高出光密度; 2. 存在光衰、寿命短,可靠性不高; 3. 基板底下的铜箔,只能很好的通电,却不能做很好的光学处理;
发光情况	分立光源器件组合存在的点光、眩光;	COB 封装的 LED 灯具可以做到面发光,减少了配光的光度损失;
适用	引脚式封装一般用于电流较小、功率较低的 LED 封装;	主要用于大功率多芯片阵列的 LED 封装;
成本	传统封装工艺之下的 LED 灯具耗工时,成本较高;	可降低 30%左右的成本,主要节省器件封装成本、光引擎模组制作成本、二次配光成本等

与传统 LED SMD 贴片式封装以及大功率封装相比,COB 封装可将多颗芯片直接封装在金属基印刷电路板 MCPCB,通过基板直接散热,不仅能减少支架的制造工艺及其成本,还具有减少热阻的散热优势

网站相关文章链接: [LED COB 封装概述](#)