

LED 辞典

SMD LED surface-mount device LED。表面粘着型 LED。

表面粘着型 LED 的出现是在 1980 年初，是因应更小型封装和工厂自动化而生。初期厂商裹足不前，主要因素是表面粘着 LED 最早面临的问题是无法完成高温红外线下焊锡回流的步骤。LED 的比热较 IC 低，温度升高时不仅会造成亮度下降，且超过摄氏 100 度时将加速组件的劣化。LED 封装时使用的树脂会吸收水分，这些水分子急速汽化时，会使原封装树脂产生裂缝，影响产品效益。在 1990 年初，HP 和 Siemens Component Group 合作开发长分子键聚合物，作为表面粘着型 LED 配合取放机器的设计，表面粘着型 LED 到此才算正式登场。

LED Light Emitting Diode。发光二极管。

LED 为通电时可发光的电子组件，是半导体材料制成的发光组件，材料使用 III-V 族化学元素（如：磷化镓(GaP)、砷化镓(GaAs)等），发光原理是将电能转换为光，也就是对化合物半导体施加电流，透过电子与电洞的结合，过剩的能量会以光的形式释出，达成发光的效果，属于冷性发光，寿命长达十万小时以上。LED 最大的特点在于：无须暖灯时间(idling time)、反应速度很快(约在 10^{-9} 秒)、体积小、用电省、污染低、适合量产，具高可靠度，容易配合应用上的需要制成极小或数组式的组件，适用范围颇广，如汽车、通讯产业、计算机、交通号志、显示器等。

LED 又可以分成上、中、下游。从上游到下游，产品在外观上差距相当大。上游是由磊芯片形成，这种磊芯片长相大概是一个直径六到八公分宽的圆形，厚度相当薄，就像是一个平面金属一样。LED 发光颜色与亮度由磊晶材料决定，且磊晶占 LED 制造成本 70%左右，对 LED 产业极为重要。上游磊晶制程顺序为：单芯片(III-V 族基板)、结构设计、结晶成长、材料特性/厚度测量。

中游厂商就是将这些芯片加以切割，形成为上万个晶粒。依照芯片的大小，可以切割为二万到四万个晶粒。这些晶粒长得像沙滩上的沙子一样，通常用特殊胶带固定之后，再送到下游厂商作封装处理。中游晶粒制程顺序为：磊芯片、金属膜

蒸镀、光罩、蚀刻、热处理、切割、崩裂、测量。而，下游封装顺序为：晶粒、固晶、粘着、打线、树脂封装、长烤、镀锡、剪脚、测试。

国内主要的 LED 生产厂商有：鼎元、光磊、国联、亿光等企业。

红外线发光二极管 红外线 Light Emitting Diode。

主要以 GaAs 系列材料发展为主，通常以 LPE 液相磊晶法的方法制作，发光波长从 850~940 不等。

GaP 磷化镓。

磷化镓，是 III-V 族（三五族）元素化合的化合物。GaP 是一种间接迁移型半导体，具有低电流、高效率的发光特性，可发光范围涵盖红色至黄绿色，为 LED 主要使用材料之一。

GaN 氮化镓。

氮化镓，是 III-V 族元素化合的化合物。GaN 使 MOVPE 制作技术，可制作高亮度纯蓝光 LED 及纯绿光 LED，更可应用于蓝光、绿光雷射二极管之制作。MOVPE 虽已是一成熟的磊晶制作技术，但以此技术制作 GaN 蓝光 LED 其中仍须相当的专业知识、经验和技巧

AlInGaP 磷化铝镓。

AlInGaP 此材料是近年来用在高亮度 LED 之制造上较新的材料，使用 MOVPE 磊晶法制程。目前世界上仅有三家厂商供应此产品的公司，即美国 HP、日本 Toshiba、台湾国联光电。

AlGaAs 砷化铝镓。

为 GaAs 和 AlAs 的混晶。AlGaAs 适合于制造高亮度红光及红外线 LED，主要以 LPE 磊晶法量产，但因需制作 AlGaAs 基板，技术难度高。

反向粘着型薄芯片 LED reverse mounting type 薄芯片 LED。

此种芯片可粘着在穿式印刷电路板上，减少 LED 所占的厚度。主要可用作便携式电话按键之背光源。

侧面发光直角 LED

此种 LED 芯片是从最上层表面发光，但可将发光面旋转一个面焊接。侧面发光直角 LED 有超小型和高亮度两种，超小型是用于 LCD 背光源、呼叫器、行动电话；高亮度型是用作汽、机车第三刹车灯和户外显示器。

直角表面粘着型 LED 灯泡 SIDELED。

直角表面粘着型 LED 灯泡不需额外的光学件或反射器，焊接后光线的行径路线可与各电路板平行，使工程人员在设计时有较大的弹性，因而可在设计的后段再加上此产品，而不需事先考虑。产品可应用在自动安全断电开关、背光源和光导管等，用作电话和数据处理系统的指示灯。

可见光 LED 可见光 Light Emitting Diode。

LED(发光二极管)的种类繁多，依发光波长大致分为可见光与不可见光两类。可见光 LED 产品主要包括传统 LED、高亮度 AlGaInP(磷化铝镓铟)红、黄、橘光 LED 及 InGaN(氮化镓)蓝、绿光 LED、以及白光 LED。其产品以显示用途为主，又以亮度一烛光(1 cd)作为一般 LED 和高亮度 LED 之分界点。一般 LED 广泛应用于各种室内显示用途；高亮度 LED 后者则适合于户外显示，如汽车第三煞车灯、户外信息看板和交通号志等。

不可见光 LED 不可见光 Light Emitting Diode。

LED(发光二极管)的种类繁多，依发光波长大致分为可见光与不可见光两类。不可见光 LED，波长 850 至 1550 奈米，其短波长红外光可作为红外线无线通讯使用，如红外线 LED 应用在影印纸张尺寸检知、家电用品遥控器、工厂自动检测、自动门、自动冲水装置控制等；长波长红外光，则应用中、短距离光纤通讯上，作为光通讯用光源。

GaN LED 氮化镓发光二极管。

GaN LED 是属于直接能隙之半导体材料，其能隙为 3.4eV，而 AlN 为 6.3eV，InN 为 2.0eV，将这几种材料做成混晶时，可以将能隙从 2.0eV 连续改变到 6.3eV，因此可以获得从紫外线、紫光、蓝光、绿光到黄光等范围的颜色。

目前最成功的 GaN 组件有高亮度蓝光及绿光 LED，因 GaN 高亮度蓝光、绿光 LED 的开发成功，使得户外全彩 LED 显示器及 LED 交通号志得以实现，各种 LED 的应用也更加广泛。以高亮度蓝光 LED 激发荧光物质（phosphor）可以产生白光，其低耗电及高寿命的特性，未来有可能取代一般照明用的白炽灯泡，GaN LED 的市场潜力十分雄厚。

OLED OELD. Organic Electro-Luminescence Display. 有机电激发光。

透过电流驱动有机薄膜来发光，其发光可为单独的之红色、蓝色、绿色，甚至是全彩。由于 OLED 所使用的有机化合物材料会自行发光，因此不像 LCD 面板后方须要加上背光源，可以大幅降低耗电、简化制程、使面板厚度变薄。OLED 的特点为具有自发光、广视角、响应速度快、低耗电量、对比强、亮度高、厚度薄、可全彩化，及动画显示等，被认为是极具潜力的平面显示技术。国内目前有铌宝、光磊、东元激光、翰立光电等厂商投入。

室内用 LED 显示看板

LED 显示看板不管尺寸大小，都是由单一组件的 LED 加以拼装而成，LED 的单一组件，来自下游封装好的点矩阵式的 LED，或是单位模块 Cluster，再由显示看板的厂商将这些单一组件，依照各种不同的需求，组装成各种大型的看板，加上控制电路，然后到各施工地点安装测试。

室内用的 LED 显示看板，因观看的距离近，所以要求的分辨率较高，一般是使用点矩阵式模块，因室内的环境较稳定，所以比较不需要做防水防护装置及散热等措施，施工方面比较容易。

户外用 LED 显示看板

LED 显示看板不管尺寸大小，都是由单一组件的 LED 加以拼装而成，LED 的单一组件，来自下游封装好的点矩阵式的 LED，或是单位模块 Cluster，由显示看板

的厂商将这些单一组件，依照各种不同的需求，组装成各种大型的看板，加上控制电路，然后到各施工地点安装测试。

户外 LED 看板，观看距离较远，分辨率要求相对的较低，但对亮度、可见度及耐候性的要求都比较高，所以在户外的施工上比较需要考虑散热和防水等问题。

大型 LED 显示屏

大型 LED 显示屏需要组合不同的元组件与技术，一家厂商很难完全自产自足，因此外围产业的分工十分重要。大型 LED 显示屏需要的元组件包括：Driver IC、LED Cluster、Power Supply、Cable 及机械框架等；技术方面的需求包括：防静电设计、电力配电规划、驱动线路设计、驱动软件设计、机械结构设计（散热、视角、支撑、遮阳、防潮等考量）以及亮度、色度的测试技术等。

UV LED 紫外线二极管

UV LED（紫外线发光二极管）照明不仅可净化空气、节约能源，并可望取代现有的荧光灯与白炽灯等照明装置，加上过去仅及 405nm 的波长带最近扩大到 200nm，预期应用范围将大幅扩大到杀菌、废水处理、除臭、医疗、皮肤病治疗、辨识伪钞与环境 Sensor 等领域。

光通量 (Luminous flux, Φ) 单位为：流明 (lumen, lm) 由一光源所发射并被人眼感知之所有辐射能称之为光通量。光强度 (luminous intensity, I) 光源在某一方向立体角内之光通量大小。单位：坎德拉 (candela, cd) 照度 (Illuminance, E) 单位：勒克斯 (Lux, lx) 照度是光通量与被照面之比值。1 lux 之照度为 1 lumen 之光通量均匀分布在面积为 1 平方米之区域。辉度 (Luminance, L) 单位：坎德拉每平方米 (cd/m^2) 一光源或一被照面之辉度指其单位表面在某一方向上的光强度密度，也可说是人眼所感知此光源或被照面之明亮程度。

发光二极管 (Light Emitting Diode, 简称 LED) ?

是一种藉外加电压激发电子而放射出光 (电能 \rightarrow 光) 的光电半导体组件。发光现象属半导体中的直接发光 (没有第三质点的介入)。整个发光现象可分为三个过程 (直接发光)：

价电带的电子受外来的能量(顺向偏压), 被激发至导电带, 并同时于价电带遗留一个电洞, 形成电子-电洞对。受激发的电子于导电带中, 与其它质点碰撞(散射), 损失部份能量, 而接近导电带边缘。一旦导电带边缘的电子于价电带觅得电洞时, 电子即从导电带边缘, 经由陷阱中心(释放热能)或发光中心(释放光能), 回到价电带与电洞复合, 电子-电洞对消失。

因为 LED 主要是电子经由发光中心与电洞复合而发光, 所以是一种微细的固态光源, 不但体积小、寿命长、驱动电压低、反应速率快、耐震性特佳, 而且能够配合轻、薄和小型化之应用设备的需求, 成为日常生活中十分普遍的产品。

利用各种化合物半导体材料及组件结构之变化, 设计出不同的 LED。依其发光波长分为可见光、不可见光(红外光、紫外光)。

可见光: 有红、橙、黄、绿、蓝、紫等各种颜色, 主要以显示用途为主。又以亮度 1 烛光 (cd) 作为一般亮度和高亮度之分界点。一般亮度 LED 广泛应用于各种室内显示用途; 高亮度 LED 则适合于户外显示, 如: 汽车第三煞车灯、户外信息看板和交通号志等。不可见光: 短波长红外光可作为红外线无线通讯使用; 长波长红外光则使用在中、短距离光纤通讯上, 作为光通讯用光源。

使用的材料基本上已大致决定 LED 所释出的波长, 其中, 适合制作 1000mcd 以上之高亮度 LED 的材料, 由长波长而短波长, 分别为 AlGaAs (砷化铝镓)、AlGaInP (磷化铝镓) 及 GaInN (氮化镓) 等。

AlGaAs (砷化铝镓) 适合于制造高亮度红光及红外线 LED, 主要以液相磊晶(LPE)法进行量产, 使用双异质界面构造(DH)为主, 但因为须制作 AlGaAs 基板, 技术的困难度很高, 故投资开发的厂商较少。AlGaInP (磷化铝镓) 适合于高亮度红、橘、黄及黄绿光 LED, 主要以金属有机气相磊晶(MOVPE)法进行量产, 使用双异质界面(DH)及量子井(QW)构造, 效率更为提高。且由于 AlGaInP 红光 LED 在高温与高湿环境下, 其寿命试验结果优于 AlGaAs 红光 LED, 未来有成为红光 LED 主流 的趋势。

GaInN (氮化镓) 适合于高亮度深绿、蓝、紫及紫外光 LED, 以高温的金属有机气相磊晶(MOVPE)法进行量产, 也采用双异质界面(DH)及量子井(QW)构造,

效率比前述的 AlGaAs、AlGaInP 更高。全球各大厂均已积极投入相关材料组件技术之研发，并有所突破。

白光 LED，乃是日本日亚公司利用蓝光 LED 加上黄色萤光材料构成的，其光电转换效率于 1998 年 4 月已提升至 15 流明/瓦，比传统灯泡略高，若以常见照明灯具之开发历程来看，白光 LED 极有机会成为未来于照明产业之明星产品。

LED 设计之初，主要是利用于家用电器品显示器，广告看板或装饰用。但由于其具有固定波长及操作方便等特点，已逐渐利用于植物生产研究上。1987 年开始有学者利用 LED 固定波长特性，应用在植物向地性，型态改变及病害发生上的研究。日本千叶大学古在 (Kozai) 教授研究室将其应用在组织瓶苗的生产研究上。预计未来在光研究上将极大应用价值。当然，目前 LED 亮度和价格仍未达实用化阶段，不过，由于极具市场潜力，各方面研究正急速的展开，LED 势必成为提供植物生长的新兴光源。

外延片生长 外延生长的基本原理是，在一块加热至适当温度的衬底基片（主要有红宝石和 SiC 两种）上，气态物质 In, Ga, Al, P 有控制的输送到衬底表面，生长出特定单晶薄膜。目前 LED 外延片生长技术主要采用有机金属化学气相沉积方法。

MOCVD 金属有机物化学气相淀积 (Metal-Organic-Chemical-Vapor-Deposition, 简称 MOCVD)，1968 年由美国洛克威尔公司提出来的一项制备化合物半导体单晶薄膜的新技术。该设备集精密机械、半导体材料、真空电子、流体力学、光学、化学、计算机多学科为一体，是一种自动化程度高、价格昂贵、技术集成度高的尖端光电子专用设备，主要用于 GaN (氮化镓) 系半导体材料的外延生长和蓝色、绿色或紫外发光二极管芯片的制造，也是光电子行业最有发展前途的专用设备之一。

一、LED 的定义

LED Light Emitting Diode (发光二极管) 的缩写。广泛见于日常生活中，如家用电器的指示灯，汽车后防雾灯等。LED 的最显著特点是使用寿命长，光电转换效能高。

LED 模块 LED 排列成矩阵或笔段，预制成标准大小的模块。常用的有 8X8 点阵模块（单色有 64×1 只或双基色有 64×2 只发光二极管），8 字七段数码模块。

LED 集束管 为提高亮度，增加视距，将两只以上至数十只 LED 集成封装成

一只集束管，作为一个像素。这种 LED 集束管主要用于制作户外屏。又称为像素筒。

LED 显示屏 将 LED 模块或集束管按照实际需要大小拼装排列成矩阵，配以专用显示电路，直流稳压电源，软件， 框架及外装饰等，即构成一台 LED 显示屏。

二、白光 LED 和照明新光源

上个世纪 60 年代，科技工作者利用半导体 PN 结发光的原理，研制成了 LED 发光二极管。当时研制的 LED，所用的材料是 GaAsP，其发光颜色为红色。经过近 30 年的发展，现在大家十分熟悉的 LED，已能发出红、橙、黄、绿、蓝等多种色光。然而照明需用的白色光 LED 仅在近年才发展起来，这里向读者介绍有关照明用白光 LED。

1. 可见光的光谱和 LED 白光的关系。众所周之，可见光光谱的波长范围为 380 nm~760 nm，是人眼可感受到的七色光——红、橙、黄、绿、青、蓝、紫，但这七种颜色的光都各自是一种单色光。例如 LED 发的红光的峰值波长为 665 nm。在可见光的光谱中是没有白色光的，因为白光不是单色光，而是由多种单色光合成的复合光，正如太阳光是由七种单色光合成的白色光，而彩色电视机中的白色光也是由三基色黄、绿、蓝合成。由此可见，要使 LED 发出白光，它的光谱特性应包括整个可见的光谱范围。但要制造这种性能的 LED，在目前的工艺条件下是不可能的。根据人们对可见光的研究，人眼睛所能见的白光，至少需两种光的混合，即二波长发光（蓝色光+黄色光）或三波长发光（蓝色光+绿色光+红色光）的模式。上述两种模式的白光，都需要蓝色光，所以摄取蓝色光已成为制造白光的关键技术，即当前各大 LED 制造公司追逐的“蓝光技术”。目前国际上掌握“蓝光技术”的厂商仅有少数几家，所以白光 LED 的推广应用，尤其是高亮度白光 LED 在我国的推广还有一个过程。

2. 白光 LED 的工艺结构和白色光源。对于一般照明，在工艺结构上，白光 LED 通常采用两种方法形成，第一种是利用“蓝光技术”与荧光粉配合形成白光；第二种是多种单色光混合方法。这两种方法都已能成功产生白光器件。第一种方法产生白光的系统如图 1 所示，图中 LED GaM 芯片发蓝光（ $\lambda_p = 465 \text{ nm}$ ），它和 YAG（钇铝石榴石）荧光粉封装在一起，当荧光粉受蓝光激发后发出黄色光，结果，蓝光和黄光混合形成白光（构成 LED 的结构如图 2 所示）。第二种方法采用不同色光的芯片封装在一起，通过各色光混合而产生白光。

3. 白光 LED 灯照明新光源的应用前景。为了说明白光 LED 的特点，先看看目前所用的照明灯光源的状况。白炽灯和卤钨灯，其光效为 12~24 流明/瓦；荧光灯和 HID 灯的光效为 50~120 流明/瓦。对白光 LED：在 1998 年，白光 LED 的光效只有 5 流明/瓦，到了 1999 年已达到 15 流明/瓦，这一指标与一般家用白炽灯相近，而在 2000 年时，白光 LED 的光效已达 25 流明/瓦，这一指标与卤钨灯相近。有公司预测，到 2005 年，LED 的光效可达 50 流明/瓦，到 2015 年时，LED 的光效可望达到 150~200 流明/瓦。那时的白光 LED 的工作电流便可达安培级。由此可见开发白光 LED 作家用照明光源，将成可能的现实。

普通照明用的白炽灯和卤钨灯虽价格便宜，但光效低（灯的热效应白白耗电），寿命短，维护工作量大，但若用白光 LED 作照明，不仅光效高，而且寿命长（连续工作时间 10000 小时以上），几乎无需维护。目前，德国 Heil

1 a 公司利用白光 L E D 开发了飞机阅读灯；澳大利亚首都堪培拉的一条街道已用了白光 L E D 作路灯照明；我国的城市交通管理灯也正用白光 L E D 取代早期的交通秩序指示灯。可以预见不久的将来，白光 L E D 定会进入家庭取代现有的照明灯。

三、LED 产品的应用

自从 1968 年第一批发光二极管开始进入市场，至今已有三十多年，随着新材料的开发和工艺的改进，发光二极管趋于高亮度化、全色化，在氮化镓基底的蓝色发光二极管出现后，更是扩展了其应用领域，包括：大屏幕彩色显示、照明灯具、激光器、多媒体显像、LCD 背景光源、探测器、交通信号灯、仪器仪表、光纤通讯、卫星通讯、海洋光通讯、图形识别等等，但目前还主要是作为照明和显示用。

照明用途：

（一）、白光 LED 灯的应用

白光 LED 与一般照明设备比较，除了省电外还有寿命长、不发热等优点，对于废弃物的回收问题，也比现行日光灯少，可说是既安全又环保，目前尚未成熟的只剩价格因素，所以各界对白光 LED 寄以厚望，有“绿色照明光源”之称。未来应用领域也非常广泛，如小型手电筒照明、LCD 背光源(汽车、音响仪表板、手机背光板)、交通信号灯、室内照明等。

表一：白光 LED 市场与预测 单位：百万美元

年份	1998	1999	2000	2001	2002	2003
汽车用	10	13	18	23	31	41
电脑用	13	16	21	28	37	49
民用	19	24	32	42	55	73
工业用	6	8	11	14	18	24
军事/天文用	6	7	9	12	16	22
通讯用	13	17	22	30	39	51
其它	3	4	5	6	8	11
总计	70	88	118	156	204	270

从全球来看，2000 年白炽灯及日光灯的市场规模约为 43 亿美元，每年成长率约为 5%，是 2000 年全球可见光 LED 市场规模的 2.5 倍左右，因此照明市场的发展空间很大。根据 Reed Electronics Research 统计，99 年全球白光 LED 市场有 8800 万美元的市场，2000 年成长至 1.18 亿美元的规模，未来 3 年均将保持 40%左右的成长速度，在 2003 年可达到 2.7 亿美元的市场规模。未来在白光 LED 成本进一步降低、照明应用领域陆续开发情形下，白光 LED 估计从 2004 年开始，还会有更为可观的市场规模突破，显示此产品具有相当大的市场爆发力。

在国内市场上，白光 LED 也非常走俏。最近有报道说，北京要搞一个灯火不夜街，提出要用最新型的材料——环保聚能型发光二极管，也就是 LED 的照明光源，在北京申办 2008 年奥运会成功后，预测北京将斥资 3000—4000 亿人民币来执行点亮工程，其中有 5%也就是 150—200 亿人民币的花费可由 LED 包办；四川成都去年在火车南站的立交桥上安装了 30000 多盏 LED 灯，直射高空的“城市之光”、变化万千的“城市之门”、流光溢彩的斜拉索桥，为蓉城夜景增光不少。诸如此类的灯光工程是各厂商不可忽视的潜在商机。

白光 LED 最大应用是取代普通白炽灯、日光灯照明光源，促使照明行业发生巨大的变革，在这一领域的市场将是无限的。

(二)、用于信号灯：

在这一领域，又可根据行业不同分为以下几种：

1、 交通信号指示

表二：LED 交通信号灯与白炽交通信号灯的性能比较

	单灯功耗 (W)	光 强 (cd)	半强度角(°)	使用寿命 (h)
LED 交通信号灯	<15	>500	水平±12 向 下 5	≥80, 000
白炽交通 信号灯	≥100	≤300	水平±12 向下 7	≤2, 000

超高亮 LED 取代白炽灯，用于交通信号灯已是很普遍，但其市场需求仍然很大。我们来做个估算，一般典型的十字路口需要安装四组机动车信号灯、八组人行信号灯，一个中等城市以 100 个灯控路口计，那就是四百组机动车信号灯、八百组人行信号灯，据 2001 年中国市长协会第三次代表大会提供的材料，2000 年，全国设市城市 663 个，其中特大城市 37 个，大城市 51 个，中等城市 216 个，小城市 359 个，都以中等城市计，那全国就需要 28,000 组机动车信号灯、56,000 组人行信号灯，这是非常大的市场。目前在国内，虽然白炽交通信号灯在价格方面还占有优势，但从长远来说，LED 交通信号灯的安全、长寿、省电，会为更多的商家所青睐，现在有不少厂商都参与进来，以广东、深圳等技术、信息走在前面的地区居多，竞争非常激烈。

2、汽车信号指示：

汽车指示灯在车的外部主要是方向灯、尾灯和刹车灯，在车的内部主要是仪表盘、空调、音响等指示灯。LED 能够经受较强的机械冲击和震动，平均寿命长，近似于汽车本身的工作寿命，因此 LED 刹车灯可封装成一个整体，而不必考虑维修，同时也使汽车线条更加流畅，优势十分明显。从全球来看，欧洲系列车种包括奥迪、宝马、福斯等品牌在车内全系列采用高亮度 LED，其它各车厂新车，也在陆续采用中。在国内，车的内部指示也大都使用 LED 灯，但在这一领域，最大的使用应是在车灯照明上，日本汽车照明光源和灯具的总产值已达到 3.95 亿美元，在中国，现有汽车 1.25 亿辆，年产量 1.8 亿辆。但据调查，目前国内的汽车车灯除中央后置高位刹车灯外仍是以金属卤钨灯为主，可以说有巨大的市场等待我们去开发。在国外，美国惠普公司联合了日本日亚和德国西门子，美国克雷公司、德国西门子又和奥斯林联合，共同开发白光 LED 市场，我们是不是也可以与国内有实力的车灯制造厂联合，共同开拓这个市场。

3、工业用灯：

这主要是适于地下工作者或夜间户外活动用的手电，头灯等。由于 LED 灯的

轻巧、低耗，对于在井下工作的人来说，减轻装备重量、增加其使用寿命是很重要的，只是作为工业装备用的头灯价格偏低，质量要求却较高；此外旅游用的高亮营灯，由于面向的客户群不同，价格偏高，一种 OGEAR CAMPLITE 高亮 LED 营灯价格在人民币 140 元左右，利润较高。

4、LCD 背景光源：

近几年来 LCD 产业可谓是如日中天，牛气十足，它主要应用于台式 PC 显示器、便携 PC、移动通信，车载设备、数字信息家电等各类设备中，它应用领域的拓展，也给 LED 带来更大的商机，虽然现在市场上出现了 OLED 产品，它的随意性和超薄性是优于 LED 的地方，但其易损坏，使用寿命不如 LED，在色彩方面也不够丰富，因此 LED 仍是 LCD 背景光源的最佳选择。

四、国外 LED 照明的研究和应用

在美国波士顿的 Photonics Research 的研究中心，报导了 LED 技术方面的进展，声称光效要达到 330Lm/W。被称作 photon-rectifying 的半导体光源，发出蓝、黄两种波长的光。所发出的光当人感到的则是白光。这种光效，与目前市场上的 LED 比要高 10 倍甚至更高。不过，应该指出，从实验室到商业化的产品这条路也许还十分漫长。

OSRAM OS 公司已经开发出一种薄型的 LED，称作 Market LED。这款产品只有 6mm 高，沿边安装 (side-mounted) LED 将光射入一个导光材料

(light-guiding material) 将光均匀地分布表面。这种模块可以为灯具厂生产商所用，内置于产品，作通道、走廊、剧场或影院的座号的定向照明。模块的能耗从一瓦到几瓦不等，取决于模块的大小基本上不发热。

OSRAM OS 另一款 LED 产品主要用于铁路，已经扎下根来。OSRAM 开发了一种小型的，窄光束单元，单元内有 10 只 LED，发出的光聚集于透镜，这样可以长距离看见。这一单元发光有四个不同的角度。可以用 24V 燃点。颜色为琥珀色和黄色，单元耗电 1.2W，光强 750cd (蓝、绿光单元为 1.5W，光强 55cd)。该产品目前已推向市场，用于建筑和纪念碑的重点照明 (accent lighting)。

BP 石油公司已选择 LED 为该公司 2000 年在美国的加油站 (service stations) 换新牌面，BP 公司将使用 Lumileds 的轮廓照明系统

(contour-lighting system) “Chipstrip” 来代替霓虹灯。Chipstrip 是一彩色塑料管，有色的 LED 放置其内，Lumileds 公司称，Chipstrip 系统的寿命是霓虹灯的 5 倍，能效也更高。

奥地利的照明设计公司 (Bartenbach lighting laboratory) 已完成一项大型实验，采用了 14000 只白光和彩色 LED 的混合照明整个房间。光照水平达到 600-700Lux，足够一普通办公室的照明。用计算机计算白光，蓝光，蓝/绿光，琥珀和红光二极管的混合效果，以获得 2500-3000K 的暖色温，其显色指数非常接近最好的荧光灯。

在瑞典，Swedish National Road Administration 继续采用 LED 作交通信号灯，以减少对发热量大的传统交通信号灯的需求。跟踪第一根 LED 交通信号灯杆，沿 30Km 道路，用汽车事故率进行实验。安全是实施这一项目所考虑的主要因素。发热量高的信号照明在经常出现雾、下雪、下雨的地方，使可视环境变坏，因而要减少。减少发热量大的信号照明还导致大量节能节省费用 (一些情况除外)。

美国的 Lightin Research Center (LRC) 报告指出，白光 LED 的寿命比所希望的要低得多。LED 制造商在谈 LED 长寿命时，已经小心起来。因为，除非 LED 应用的环境温度能够保持冷态。即使如此，LRC 的试验发现，一些 LED 也是要在 4000 小时的使用以后，光输出才降到 65% 且 6000 小时后降到 45%。制造商和研究人员指出，问题主要是因为环氧树脂包裹 LED 所引起的。环氧树脂暴露于 LED 发出少量紫外线 (UV) 就要变黑。