

# LED 照明产业的发展趋势及前景

## Developing Trend of LED Lighting Industry

张继松, 何虹, 杨仁富

西南应用磁学研究所 四川绵阳 621000

**摘要:** 对 LED 照明的工作原理、发展历程、现状、特性、优点及应用作了描述, 对其发展前景进行了探讨。

**关键词:** 原理, 现状, 特性, 应用, 前景

中图分类号: TN86 文献标识码: A 文章编号: 1606-7517(2015)05-7-109

### 1 前言

在全球推崇低碳经济, 追求绿色、高效发展的今天, 人们节能环保意识增强, 节能环保类产品的需求剧增, 绿色照明类产品逐渐成为照明市场上的新宠。光源是将能量转换成光的器件, 是实施绿色照明的核心部件。世界光源产品发展迅速, 当前市场上最优质的光源当数发光二极管(LED), 从电光源发展历史看, LED 照明属第四代电光源。

LED(Lighting Emitting Diode) 照明即是发光二极管照明, 是一种半导体固体发光器件。它是利用固体半导体芯片作为发光材料, 在半导体中通过载流子发生复合放出过剩的能量而引起光子发射, 直接发出红、黄、蓝、绿、青、橙、紫、白色的光。LED 照明产品就是利用 LED 作为光源制造出来的照明器具, 图 1 是 LED 照明产品结构示意图。

### 2 LED 的工作原理

LED 是由 III-V 族化合物, 如 GaAs(砷化镓)、GaAsP(磷化镓)、AlGaAs 等半导体制成, 其核心是 PN 结, 因此它

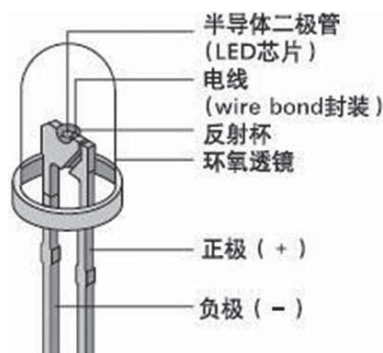


图 1 LED 照明产品结构示意图

具有一般 PN 结的伏安特性, 即正向导通, 反向截止、击穿特性。正向偏压下的载流子注入、复合辐射和光能传输, 微小的半导体晶片被封装在洁净的环氧树脂物中, 当电子经过该晶片时, 带负电的电子移动到带正电的空穴区域并与之复合, 电子和空穴消失的同时产生光子。电子和空穴之间的能量 (带隙) 越大, 产生的光子的能量就越高。光子的能量反过来与光的颜色对应, 在可见光的频谱范围内, 蓝色光、紫色光携带的能量最多, 桔色光、红色光携带的能量最少。由于不同的材料具有不同的带隙, 从而能够发出不同颜色的光。与前几代光源光效的提高受制于发光原理相比, 利用载流子的复合发光是 LED 的一个革命优势, 随着半导体材料的改进和相关技术的成熟, LED 的发光效率有可能接近 100%。

### 3 LED 照明的特性

#### 3.1 允许功耗

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。

#### 3.2 最大正向直流电流

允许加的最大的正向直流电流。超过此值可损坏二极管。

#### 3.3 最大反向电压

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。

#### 3.4 工作环境

发光二极管可正常工作环境温度范围。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。

不改变材质的前提下,在LED的极限范围内,提高亮度的手段就是提高电流,随着电流升高,LED发热量会剧增。

随着功率的增加,LED的散热问题显得越来越突出,大量实际应用表明,LED不能加大输入功率的基本原因,是由于LED在工作过程中会放出大量的热,使管芯结温迅速上升,热阻变大。输入功率越高,发热效应越大。温度的升高将导致器件性能变化与衰减,非辐射复合增加,器件的漏电流增加,半导体材料缺陷增长,金属电极迁移,封装用环氧树脂黄化等等,严重影响LED的光电参数。甚至使功率LED失效。因此,对于LED器件,降低热阻与结温、对发光二极管的热特性进行研究显得日趋重要。

#### 4 LED 照明的发展历程及现状

1962年,首个红光LED用复合半导体材料GaAsP制成。一直到四元元素发展成熟之前,几乎所有可见光LED都是以这一系列的材料制造。采用在AlGaAs衬底上再生长AlGaAs的透明衬底技术又将红光LED的光效增加了一倍。OMVPE(有机金属气相磊晶)技术的发展促进了一种新材料AlInGaP的诞生,从而使得高亮度LED的发展由黄光转为红光。1990年代早期,Lumileds照明公司应用AlInGaP材料制作的高亮度LED可以发出红光及其附近波长的光谱。1994年,Hewlett-packard(惠普)公司采用蚀刻法将GaAs基除去,并采用晶片键合工艺以透明GaP取而代之,使其光效得到了显著改善,达到25lm/W,几乎是带红色滤光片白炽灯的十倍。AlInGaP商用化不久后,NiChia Chemical(日亚化学)公司的Shuji Nakamura名古屋大学Akasaki和Amano两位教授、以及名城大学逐步掌握了一种新的半导体材料制作工艺,即采用气压OMVPE在蓝宝石衬底上生长AlInGaP,并采用红、绿、蓝三基色LED制成了可以全色显示的指示灯和信号灯。1991年日本东芝公司和美国惠普公司研制成AlInGaP620nm橙色高亮度LED,1992年AlInGaP590nm黄色亮度LED实用化。同年,东芝公司研制成功InGaAlP573nm黄绿沟高亮度LED,法向光强达2cd。1994年日本日亚公司研制成InGaAlP573nm黄绿色高亮度LED,法向光强达显示所需的基色红、绿、蓝以及橙、黄多种颜色的LED都为坎德拉级的发光强度,实现了高亮度化和全色化。

中国LED产业起步于20世纪70年代。经过30多年的发展,中国LED产业已初步形成了包括LED外延片的

生产、LED芯片的制备、LED芯片的封装以及LED产品应用在内的较为完整的产业链,中国发展得比较快的LED企业很多。在“国家半导体照明工程”的推动下,形成了上海、大连、南昌、厦门、深圳、扬州、广州和石家庄等8个“国家半导体照明工程产业化基地”。长三角、珠三角、闽三角以及北方地区则成为中国LED产业发展的聚集地。

“十一五”期间,我国LED照明节能产业年均增长35%以上。据不完全统计,截至2010年底,我国有半导体照明企业5000余家,其中规模以上企业约1000家。

目前,中国半导体照明产业发展向好,外延芯片企业的发展尤其迅速、封装企业规模继续保持较快增长、照明应用取得较大进展。中国是LED全彩显示屏、太阳能LED、景观照明等应用产品世界最大的生产和出口国,新兴的半导体照明产业正在形成。国内在照明领域已经形成一定特色,其中户外照明发展最快,已有上百家LED路灯企业并建设了几十条示范道路,但在室内通用照明市场方面仍显落后。

2008年北京奥运会对LED照明的集中展示让人们们对LED有了全新的认识,有力推动了中国半导体照明产业的发展。当前中国半导体产业大而不强,核心竞争力仍有待于进一步提升。对国内企业而言,壮大规模、提高产品质量与技术水平是首要任务,提高未来取得大量专利授权时的要价能力,或逐步通过研发突破核心专利。

在全球能源短缺的忧虑再度升高的背景下,节约能源是我们未来面临的重要的问题,在照明领域,LED发光产品的应用正吸引着世人的目光,LED作为一种新型的绿色光源产品,必然是未来发展的趋势,二十一世纪将进入以LED为代表的新型照明光源时代。

#### 5 LED 照明的优点

##### 5.1 高效节能

直流驱动,超低功耗,电光功率转换接近100%,相同照明效果比传统光源节能80%以上。

##### 5.2 使用寿命长

固体冷光源,环氧树脂封装,灯体内也没有松动的部分,不存在灯丝发光易烧、热沉积、光衰等缺点,发光效率为30-50lm/w,使用寿命可达6万到10万小时,比传统光源寿命长10倍以上。

### 5.3 色彩丰富可调

LED 光源可利用红、绿、蓝三基色原理，在计算机技术控制下使三种颜色具有 256 级灰度并任意混合，即可产生  $256 \times 256 \times 256 = 16777216$  种颜色，形成不同光色的组合变化多端，实现丰富多彩的动态变化效果及各种图像。

### 5.4 绿色环保无污染

光谱中没有紫外线和红外线，既没有热量，也没有辐射，眩光小，而且废弃物可回收，没有污染不含汞元素，冷光源，可以安全触摸，属于典型的环保、效益佳的绿色照明光源。

### 5.5 高、新、尖技术

与传统光源单调的发光效果相比，LED 光源是低压微电子产品，成功融合了计算机技术、网络通信技术、图像处理技术、嵌入式控制技术等，所以亦是数字信息化产品，是半导体光电器件“高、新、尖”技术，具有在线编程，无限升级，灵活多变的特点。

### 5.6 低电压很安全

LED 光源使用的是 5—24V 的低电压电源，十分安全；供电模块的设计也很简单。

## 6 LED 照明的应用范围

LED 照明灯具里，底灯，吊灯，投射灯等装饰用，反射用途的 LED 照明灯具可以完全胜任于任何场合，包括美术馆，博物馆等对颜色度要求较高的场所。但是对于商场，写字楼等大规模设施来说，作为大范围照明的 LED 灯具虽然已经诞生，但是其指向性（LED 芯片发出的光是直线，发散性不好）太高，造成大面积内设计平均的照度很困难。灯管型 LED 照明灯具排列过密，设计成本过高，失去节能效果。因此，现阶段装饰用途场合，LED 照明灯具完全可用，大面积室内照明还不成熟。

## 7 高效 LED 照明的问题及解决方案

LED 照明系统面临的要求及挑战对于 LED 在通用照明中的应用，需要从系统的角度来分析其要求。总的来看，LED 通用照明系统涉及到 LED 光源（紧凑高效，提供宽广范围的色彩和输出功率）、电源转换（将交流墙式插座、电池、太阳能电池的电源高效地转换至安全的低压直流电

源）、控制和驱动（采用电子电路对 LED 进行稳压和控制）、热管理（结点温度控制非常重要，需要分析散热，从而实现更长的工作寿命）及光学器件等。

LED 驱动电源是 LED 灯具比较重要的环节，其设计占灯具成本的 20% 左右，随着技术发展，以后将可能缩至 5%-10%。如果这个产业技术难以突破，将会严重滞后 LED 灯具的发展。依据目前现状来看，这个环节确实还比较薄弱，多数企业的产品品质有待提高。

### 7.1 LED 驱动电源目前存在的问题

#### 1) LED 电源的稳定性

LED 驱动电源要承受宽电压输入，并且在高温和低温的环境下工作。而过温、过压保护等问题都没能一一得到解决，所以 LED 电源的稳定性技术还待突破。

#### 2) LED 驱动电源的转化效率

LED 驱动电源的转化效率对 LED 电源厂家而言，非常重要，因为转化效率高低关乎 LED 驱动电源的使用效果，值得关注。LED 是节能产品，驱动电源也要符合节能的要求。特别是电源安装在灯具内的结构，十分重要。因为 LED 的发光效率随着 LED 温度的升高而下降。电源的效率，它的耗损功率小，在灯具内发热量就小，也就降低了灯具的温升。可延缓 LED 的光衰有利。

#### 3) LED 驱动电源的电路负载

LED 抗冲击能力比较差，一些装在户外的产品，易受电网负载的启动和雷电的影响，因此 LED 驱动电源要有抑制浪涌的侵入，保护 LED 不被损坏的能力。

#### 4) LED 驱动电源的可靠性

LED 驱动电源的可靠性直接决定产品的好坏。特别是 LED 路灯产品，由于装在高空，维修不方便且费用也大。

### 7.2 解决方案

对于 LED 驱动而言，它面临的主要挑战还在于 LED 的非线性。这主要体现在 LED 的正向电压会随着电流和温度而变化，不同 LED 器件的正向电压会有差异，LED “色点”会随着电流和温度而漂移，而且 LED 必须在规范要求的范围内工作从而实现可靠工作。而 LED 驱动器的主要作用，就是在工作条件范围内限制电流，而无论输入条件和正向电压如何变化。

对于 LED 驱动电路而言，除了进行恒流稳流，还面临着其它一些关键要求。例如，如果需要 LED 调光，通常采

用的是脉宽调制 (PWM) 调光技术 ;而用于 LED 调光的典型 PWM 频率是 1 至 3 kHz。此外,LED 驱动电路的功率处理能力必须充足,且功能坚固,可以承受多种故障条件,并且要易于实现。

LED 驱动电源行业如果想要获得更大的市场,应该在以下方面多下功夫:

1) 提高寿命,延长灯具使用时间。驱动电路整体寿命,尤其是关键器件如:电容在高温下的寿命直接影响到电源的寿命。

2) 提高效率,提高灯具的光效。LED 驱动器应挑战更高的转换效率,尤其是在驱动大功率 LED 时更是如此,因为所有未作为光输出的功率都作为热量耗散,电源转换效率的过低,会影响 LED 节能效果的发挥。

3) 降低成本,提高可购买性。目前在功率较小 (1-5W) 的应用场合,恒流驱动电源成本所占的比重已经接近 1/3,已经接近了光源的成本,一定程度上影响了市场推广。

## 8 LED照明中的磁性材料及元件

LED 驱动电源需要用到电子变压器、共模电感、功率电感等磁性元件,而且它对磁性元件的品质要求会比传统电源更高,因为 LED 灯要求的温度比普通灯要高。而电子变压器在电源里发挥变压的作用,电感是解决 EMI 方面的问题,所以磁性元器件很重要,其基本费用占整个电源的 1/4 到 1/5 之间。

在一个完整的 LED 驱动电源中,多个功能子模块都要用到软磁铁氧体材料磁心。功能模块的作用不同,对磁心材料的特性要求也不同。正确选择磁心材料,可以提升驱动电源的性能。一个功能较完整的 LED 驱动电源,一般要在三个地方用到软磁铁氧体磁心,它们在电路所起的作用各有不同,见图 2。

### 8.1 输入滤波器

LED 照明器具作为一种电子设备,必需符合世界各国有关 EMC (电磁兼容) 强制性规范要求,才能在市场上销

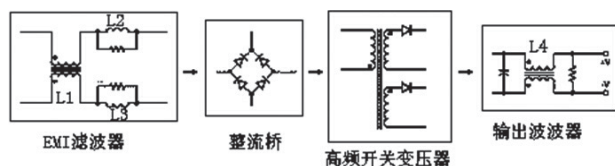


图2 LED驱动电源中具有软磁铁氧体磁心的功能模块

售。所以在 LED 驱动电源电路中一般都要设计一个输入滤波模块,用来滤除 EMI (电磁干扰)。该模块具有双向滤波性,既可以防止市电供电网络中的 EMI 进入 LED 照明电路,也可防止 LED 驱动电源本身产生的 EMI 进入供电网络,以免干扰供电网络中其它电子设备的正常工作。

图 2 中的  $L_2$ 、 $L_3$  是差模滤波电感,一般优选具有高体电阻率特性的 NiZn 软磁铁氧体材料制成的磁心,若对成本考量较为严苛,对 EMI 性能要求不高,也可选用 MgZn 材料制成的磁心。 $L_1$ 、 $L_4$  是共模滤波电感,它对滤波模块的 EMI 滤除效果起着决定性的作用。共模滤波电感一般要选用高磁导率的 MnZn 软磁铁氧体材料制成的磁心,为了更好地达到滤波效果,要求所用的 MnZn 软磁铁氧体材料具有以下几个方面的优异特性:

#### 1) 高的磁导率

对于数百 kHz 以下的低频段 EMI,主要靠磁心的高电感量阻止高频 EMI 信号的通过,或者说将 EMI 信号反射回干扰源。磁心的磁导率越高,达到要求电感量所需的铜线匝数就越少,即可以将电感器件做得更小,减少铜线的用量,节约成本还可减少铜线能耗。

#### 2) 高频阻抗值要高

对于频率 1MHz 以上的高频 EMI 信号,磁心电感对 EMI 衰减作用十分微弱,而 IEC 发布的 CISPR22 (市面上绝大部分电器要使用这个标准或等同使用这个标准) 要求对电子设备的 EMI 频谱会考核到 30MHz 这么高的频率点。对于高频 EMI,主要靠磁心的高阻抗值来将其吸收掉,故阻抗值越高,对高频 EMI 吸收效果就越好。国外先进品牌的软磁材料厂商,都为此专门开发了抗 EMI 用的软磁铁氧体材料,用来占领高端的抗 EMI 应用市场。用这种软磁材料制成的滤波磁心对 EMI 的吸收能力是普通高导软磁材料所远远不及的。现在国内较大的几家软磁厂家,如微硕电子开发的 HE 系列高导高阻抗软磁铁氧体材料,阻抗峰值要比普通高导软磁材料高出 50% 以上,具有很好的高频抗 EMI 效果。

#### 3) 居里温度要高

由于电路板中功率二极管、功率开关管、整流器等在工作中会产生大量的热,对包括滤波磁心在内的周边元件有烘烤作用,滤波电感会有温升。磁心的温度越接近其本体居里温度,滤波效果就越差,故要求软磁磁心的居里温度要高一些,这样在较高的温度下,磁心仍可保持很好的滤波特性。



## 8.2 高频电子变压器

高频电子变压器是将高压交流输入与低压直流输出隔离开来,使 LED 灯具对人体更安全;另一方面,它也起着将电能由初级变换到次级的作用,在这个变换过程中,它本身也要消耗相当部分的能量,这些功率损耗会变成热量使器件发热。因此,它对 LED 驱动电源的体积、成本、性能、效率有重要影响。工作频率越高,传输或变换同样的功率所需的磁心体积就越小,后级的输出滤波电容的容量也可选得更小,从而可使 LED 驱动电源做得更短小轻薄,另外也可减少制造耗材,节约成本。当前主流的 LED 驱动电源电子变压器工作频率一般在 100kHz 左右,高频电子变压器的性能主要决定于所用的软磁功率铁氧体磁心,普通的 PC40、PC44 功率软磁铁氧体材料即可满足使用要求。高档 LED 为了进一步提高驱动效率,减少驱动电路的尺寸,往往会提高电路功率变换模块的工作频率,若将工作频率提高到 300kHz 或以上,PC40、PC44 材质制成的磁心的自身功率损耗将会大大增加,这是因为磁心晶粒过大,在高频下晶粒内的涡流损耗与频率成指数关系( $f^{1.5 \sim 1.8}$ )。因此,国外一些先进磁材厂就开发出了高频下应用的功率铁氧体磁心材料,如飞磁的 3F3 材料,其磁心晶粒尺寸,由当前主流的 PC40、PC44 材质磁心的  $10 \mu\text{m}$  左右,细化到了  $4 \sim 5 \mu\text{m}$ ,使得高频下磁心的涡流损耗大幅下降,从而实现了高频低功耗特性。

微硕电子公司 PG192 材质的磁心,TDG(天通公司)的宽温低损耗铁氧体磁芯材料 TPG30 等都可以很好地满足这些要求。

## 8.3 APFC升压电感器

各国对大于一定功率的 LED 照明整灯都会有一个 PF(功率因数)值的要求,如美国“能源之星”要求大于 5W 的 LED 灯功率因数不得低于 0.7。过低的 PF 值,意味着电流谐波含量很高,线路中无功电流很大。而对于 20W 以上的较大功率的 LED 驱动电源,一般都配备 APFC(有源功率校正)模块,图 3 是 APFC 升压电路。L1 为 APFC 模块中的升压电感器。升压电感中流过的是单向三角波电流,含有很大的直流偏置成分。在直流偏置下,普通功率材质如 PC40 材质制成的升压电感,其电感量会发生较明显的跌落,为了减小电感器在直流偏置下电感量的跌落,往往选用大一号的磁心。而大一号的磁心意味着更高的采购价

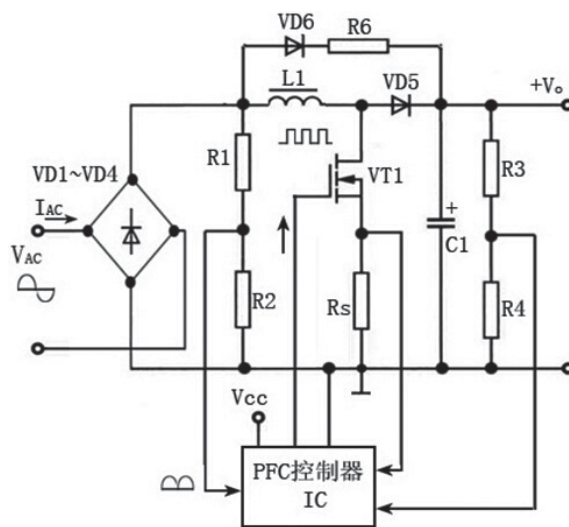


图3 APFC升压电路

格,同样铜线匝数下更长的单圈周长,更多的铜材消耗和线路电耗。而高 Bs 材料的直流叠加能力很强,在大直流叠加下电感量跌落很小,可以选用比普通材质小一号的磁心来处理同样的功率。微硕电子的 PG182B 在 16kHz、250A/m 的条件下,比普通 PC40 材质的 Bs 要高出近 65mT,达到了 415mT,具有很好的直流叠加能力和抗电流饱和能力。

## 9 LED照明产业的发展趋势及前景

LED 被称为第四代照明光源或绿色光源,具有节能、环保、寿命长、体积小等特点,可以广泛应用于各种指示、显示、装饰、背光源、普通照明和城市夜景等领域。近年来,世界上一些经济发达国家围绕 LED 的研制展开了激烈的技术竞赛。美国从 2000 年起投资 5 亿美元实施“国家半导体照明计划”,欧盟也在 2000 年 7 月宣布启动类似的“彩虹计划”。我国科技部在“863”计划的支持下,2003 年 6 月份首次提出发展半导体照明计划。多年来,LED 照明以其节能、环保的优势,已受到国家和各级政府的重视,各地纷纷出台相关政策和举措加快 LED 灯具的发展;大众消费者也对这种环保新型的照明产品渴求已久。但是,由于投入在技术和推广上的成本居高不下,使得令万千消费者翘首以待的 LED 照明产品一直可望而不可及,迟迟未能揭开其神秘的贵族面纱。随着国内部分厂家技术和生产成本的降低,LED 照明叫好而不叫座的局面行将改变。价廉物美的 LED 照明产品,将给中国照明行业带来革命性的冲击,为广大消费者带来光明的福音。

LED 未来决战的焦点，就是：1) LED 灯具：光效、配光 and 外观须重点突破；2) 健康照明目标：结合人因工程的智能照明；3) 跨界创新：硬件有电子控制、通讯互联网、传感技术，软件有建筑、室内设计、APP 等；4) 接口标准集成：LED 产业胜出唯一管道。

当前市场对 LED 照明电源的需求因应用而异，消费类照明的设计要求与路灯或工业荧光替代灯存在差异。另外，随着 LED 向高亮度化发展，LED 驱动电路也逐渐向大功率、高输出化发展。目前，LED 取代型灯具及其他新型 LED 照明的发展十分迅速，从大批量 DC/DC 电源的低电流、高亮度 LED（用于手机、标识及笔记本电脑），到 AC/DC 电源的更高电流 LED（一般是照明应用）的离线型 LED 照明电源的发展将是主流。

LED 节能环保、使用寿命长的优点无可比拟，但在面临大规模应用时，却因为电源寿命不匹配、可靠性不足等问题影响了其推广应用。愈来愈多的业内人士认识到，要充分发挥 LED 的潜能，照明驱动电源是关键的支持因素之一。对于 LED 照明驱动电源，当前的主要诉求集中在高可靠性、高效节能等方面。要具有高的可靠性，需要与 LED 光源相匹配的长寿命，宽的工作温度适应性（-40 ~ 65，甚至 -55 ~ 85），宽的电网适应及自保护性能等。而高效率方面，我国和欧盟等一级能效标准为 91%，美国能源之星 (Energy Star) 的要求为 87%。在目前 LED 产品无系统标准的情况下，LED 必须满足电气强制标准，特别是 EMC 的 GB 17743（对应 IEC 6100），电流谐波 THD 的 GB 17625.1-2003（对应 IEC 61000-3-2：2001），这要求电源要有良好的 EMC，较高的功率因数 (PFC) 以及低的总体谐波失真 (THD)。

LED 照明的优势很突出，LED 灯的发光效率高、寿命长，其发光效率能达到日光灯的 2.5 倍、白炽灯的 13 倍。此外，LED 科技含量比较高，比如可以实现人与光互动，人与建筑互动，装饰性非常强，深受商铺店主的喜爱。能源危机以及节能环保意识的提高，使全球 LED 照明市场的前景愈发光明。在市场与法规双重利益刺激下，全球 LED 产业规模呈快速增长之势。

由于全球节能减排的呼声越来越高，不仅仅是上述 LED 照明产业发达的国家和地区，其他国家对于 LED 产品的需求也越来越大。从近几年世界最大的德国法兰克福照明展中可以看出，LED 已经占据了展会的绝对优势地位，

各种 LED 新品层出不穷。目前，全球半导体照明产业已形成美国、欧洲、亚洲三足鼎立的产业分布与竞争格局，其中亚洲以日本、韩国、中国为主。美国和日本在上游芯片设备领域处于世界领先地位；中国台湾地区在上游芯片和中游封装的实力也不容小觑；在欧洲，传统照明巨头飞利浦、欧司朗等均强势进入 LED 照明产业。

近年来，凭借着节能、长使用寿命及色彩组合丰富等优势，LED 成为增速最快的半导体领域之一，年复合增长率 (CAGR) 高达 20%，2012 年全球 LED 市场总值达到 114 亿美元，前景非常可观。

据研究机构 LEDinside 预计，2015 年全球 LED 照明产出总值将达到 257 亿美元，占整体照明市场产出总值的 31.3%。行业预计，明年欧洲产能将占到全球 LED 照明市场的 23%，中国占 21%，美国占 19%。

根据麦肯锡咨询的预测，全球照明产品市场在 2011 年为 950 亿美元，到 2020 年将成长到 1300 亿美元，而照明市场中份额最大的是通用照明，在 2011 年时就达 710 亿美元，并预测一直到 2020 年，通用照明市场还将有 3~6% 的复合增速的成长。虽然整体规模增长不大，但是照明产品结构会发生明显变化。其中，LED 照明市场份额将由 2011 年的 114 亿美元左右增加到 750 亿美元。也就是说 10 年扩张 15 倍。此外，根据台湾某产业研究所数据，目前全球 LED 照明的渗透率仅为 10%，到 2015 年或最迟 2020 年，渗透率将达 50%。

随着白炽灯逐渐成为历史，LED 照明技术已经从商用走进了家用。技术不断进步，LED 照明产业必将成为未来电子信息产业新的增长点。据了解，全球照明用电量高居全年总用电量的 20%，其中多达 90% 的电能被转换成热能消耗，而 LED 照明设备凭借其节能环保的特性在全球范围内获得越来越多的认可，国内许多企业希望能分享这块蛋糕。国家非常支持 LED 照明技术的普及，并开展了十城万盏工程试点工作。LED 照明作为节能环保战略性新兴产业，受到国家和各级政府的高度重视。

伴随着半导体整体的市场规模的逐步扩展延伸，室内照明产品也在整个半导体市场规模中占有很大比例，智能化照明产品也占有一定比例。高科技的研发与应用以及人们对生活质量的高要求不断地推动智能化照明应用的发展，也将继续渗透到 LED 家居照明中。目前，在国内如深圳、上海、南京等一线城市早已在提倡并普及使用智能化家

居产品，而中小城市智能照明的普及率普遍不高。但是，智能照明应用的人性化、舒适化、科技化等优点也正在普及，加之 LED 照明产品的火热，智能控制将开启全新的家居照明时代。

近年来 LED 照明行业的一个重要趋势是室内用 LED 照明设备需求持续增长，LED 芯片 / 元件业务下滑。上游的外延生长与芯片制造是最能代表企业或国家技术与产业水平的部分，也是技术含量最高和专利竞争最激烈、经营风险最大的领域，同时也是专利壁垒最强的环节。据统计，LED 照明产业中，70% 的利润集中在这个环节；中游的器件与模块封装以及下游的显示与照明应用，属于技术和劳动密集型行业。LED 照明领域的中上游企业依靠专利壁垒，享受着“技术红利”。由于上游技术往往是核心专利，国内企业很难逾越技术鸿沟，只能靠买器件、买芯片、买外延片进行加工，更像是“组装工厂”。国内专利申请也多集中在下游产业链的照明组件和一体化灯具，如灯具装配、散热处理等。这些专利申请技术含量较低，往往又有多种可替代方案。而国外应用层面的专利已经开始在智能控制、色温自动调节等方面进行布局，国内企业专利难以作为保护自身和打击竞争对手的有效武器。不过，由于 LED 技术仍在不断进步过程中，LED 照明产业远没有成熟，未来的技术路线在不断发展，衬底、外延、芯片、封装技术都在不断更新，我国 LED 照明产业尚有很多突破机会。

在关键技术方面，建议国内企业重视石墨烯、半极性衬底、非极性衬底等新型材料的研发，这些技术在大功率、柔性发光二极管中作用非常重要。例如石墨烯，既具备目前世界上最硬、最薄的特征，同时也具有很强的韧性、导电性和导热性，值得重点关注。所以，如果找准时机，努力突破专利壁垒，“鹿死谁手”犹未可知。

经过十年的高速发展，中国 LED 照明市场的规模、应用的创新和质量的控制方面已经在全球遥遥领先，位居世界首位，我国已经成为全球 LED 照明产业的中心。统计数据显示，2013 年我国照明行业总产值 4800 亿元。其中包括 350 亿美金的出口市场和 2000 多亿元的国内市场。相较于 2000 多亿元的增量市场，业内人士认为改革开放 30 年形成的照明存量市场将带来数万亿元的市场空间。但是，进入 2014 年，在传统电光源产品全面后退，LED 照明终端应用渗透率不断提高的同时，渠道战、价格战、产品战、品牌战不断加剧，行业并购浪潮风起云涌，下游的盲目投

资极大地压缩了市场的利润空间，竞争越激烈，市场可盈利空间就越小，价格战对于新兴产业的发展极为不利，在一定程度上削弱高质量企业的竞争力，同时扰乱整个市场的竞争秩序。如果将还不成熟的产品急推上市，这既是冒险，又是自杀。由于产业链之间出现畸形发展，脱节现象较为严重，效益的显现出现较大障碍，只见投入，未见产出。LED 照明大部分应用在商业客户中，因为高额的价格制约了其在大众消费者中的普及，如果能在现有价格上再减少 30% 以上，就有可能使 LED 在照明市场占据更多份额。所以，如何提高 LED 照明的科技含量，降低成本，成为企业决战未来的关键。因此厂商只要将在对的时间推出对的产品、运用在对的地方，同时注重质量，以争取消费者的信任，就能避免陷入价格战，增加利润，提升市场占有率。

LED 照明的成熟的三大指标为：视觉指标 ( $CRI \geq 80 \sim 85$ )、性能指标 ( $lm/W \geq 170$ )、市场指标 ( $lm/US\$ \geq 200$ )。

中国国家发改委发布《半导体照明节能产业规划》《规划》明确指出，到 2015 年 LED 功能性照明产品市场占有率达 20% 以上，LED 照明节能产业产值年增长 30% 左右，2015 年产值达 4500 亿元（折合 720 亿美元），其中 LED 照明应用产品 1800 亿元。与此同时，到 2015 年，60W 以上普通照明用白炽灯全部淘汰。这足以让大多数企业抢占 LED 市场的热情高涨。

地方政府为完成节能减排的目标大力推进 LED 照明的普及，鼓励企业将其应用于改造公共路灯照明、公共场所照明、政府办公大楼照明等公共设施照明，LED 照明市场逐渐开启。从价格方面来看，由于 LED 上游芯片制造业的产能过剩、政府加大补贴力度等因素利好，LED 照明价格将有较大幅度的降低，促进市场的普及。

据宇博智业市场研究中心了解，随着 LED 照明产品性能的持续提升和制造成本的不断降低，同时也随着相关应用环境，如标准、产品认证和检测、工程应用设计和示范、相关政策等产业环境的完善，LED 照明应用将在 2015 年之前保持较高的增长速度。预计 LED 照明未来 2 年内将会形成行业产值高峰，保持 100% 的年复合增速，行业总产值有望达到万亿元。按照灯具数据计算，预计 2015 年其在照明市场的份额将提升到 30% 左右，成为最具竞争力的主流照明光源之一。（参考文献略）