

发展迅速的 AC 直接驱动 LED 光源技术

The rapid development of the AC direct drive LED light source technology

华润矽威科技（上海）有限公司 颜重光 高工

摘要：综述 AC LED 的发展，从技术的角度对 AC LED 的结构、原理、应用技术作出分析，AC LED 灯具与其它光源灯具的优势比较说明其强大生命力。

关键词：AC LED 光源 AC LED 晶粒交错矩阵式排列

LED 光源作为绿色、节能、省电、长寿命的第四代照明灯具而异军突起、广受关注、如火如荼迅速发展。目前的 LED 光源是低电压（ $V_F=2\rightarrow 3.6V$ ）、大电流（ $I_F=200\rightarrow 1500mA$ ）工作的半导体器件，必须提供合适的直流电流才能正常发光。直流（DC）驱动 LED 光源发光的技术已经越来越成熟，由于我们日常照明使用的电源是高压交流电（AC100-220V），所以必须使用降压的技术来获得较低的电压，常用的是变压器或开关电源降压，然后将交流电（AC）转换成直流电（DC），再转换成直流恒流源才能促使 LED 光源发光。因此直流驱动 LED 光源的系统应用方案必然是：变压器+整流（或开关电源）+恒流源（图 1）。LED 灯具里必然要有一定的空间来安置这个模块，但是对于 E27 标准螺口的灯具来说空间十分有限，很难安置。无论是经由变压器+整流或是开关电源降压，系统都会有一定量的损耗，DC LED 在交流、直流电之间转换时约 15~30% 的电力被损耗，系统效率很难做到 90% 以上。如果能用交流电（AC）直接驱动 LED 光源发光，系统应用方案将大大简化，系统效率将很轻松地达到 90% 以上。

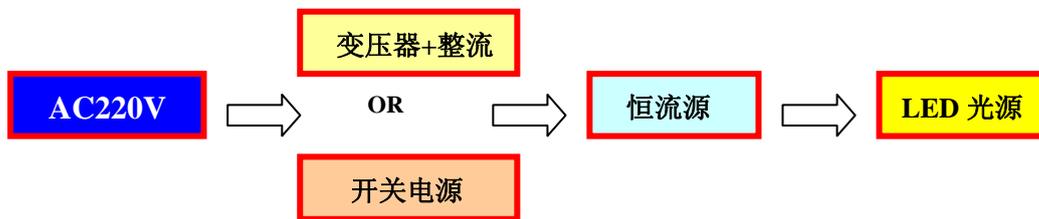


图 1 直流驱动 LED 光源的系统应用方案

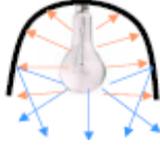
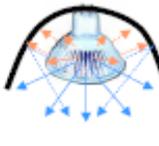
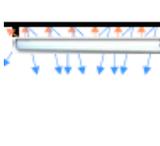
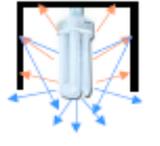
韩国汉城半导体公司即今天的首尔半导体早在 2005 年已发明可以用交流电直接驱动使其发光的 AC LED，其次是美国 III-N Technology，3N 技术开发 MOCVD 生长技术基础上的氮化镓衬底，可以增进照明和传感器的应用，并降低成本和提高生产效率。对大大小小的硅发光二极管提供 6 英寸生产技术。3N 发明的单芯片交流发光二极管（AC LED），建立了全面的专利组合，以保护和改善技术，牢固地确立其专有的立场，是首屈一指的大规模商业化生产的交流发光二极管产品。台湾工业技术研究院 2008 年也完成可产业化生产并有实际应用系统方案的 AC LED 产品，可直接插电于 60Hz 或更高频率的 AC 110V 交流电压使其交流发光，应用于指示灯、霓虹灯、低瓦数照明灯，能有效解决现有 LED 无法直接在交流电源下使用，造成产品应用成本较高的缺点。台湾工研院的 On Chip AC LED 因此获得素有美国产业创新奥斯卡奖之称的 2008 年 R&D 100 Award 大奖。现在全世界只有美国、韩国与台湾工研院有此技术，台湾工研院开发出白光、蓝光及绿光 AC LED 制程技术不

仅与国际同步，也是全球领先者之一。

AC LED 灯具的优点

与白炽灯、卤素灯、荧光日光灯、荧光节能灯、直流 LED 灯相比，AC LED 灯具有更节能省电、更长寿、更有能效的高性价比。AC LED 发光省去了成本不菲的 AC/DC 转换器和恒流源。交流 LED 与现有的照明灯具性能比较如表 1 所示。

表 1：交流 LED 与现有的照明灯具性能比较

项目	白炽灯	卤素灯	荧光灯	节能荧光灯	功率 LED	AC LED
照明设备						
光源效率 (流明/瓦)	15	20	70	55	55	48
电源效率	100 %	100 %	80~87 % 镇流器损耗	80~90 % 逆变损耗	80 % 转换损耗	100 %
光源定向效率	50 %	50 %	70 %	60 %	95 %	95 %
实际系统发光效率 (流明/瓦特)	7.5	10	42	30	41.8	45.6
功耗 (W) (800 流明基准)	107	80	19	27	19.1	17.6
寿命 (6Hr/day)	1,000 (167d)	3,000 (500d)	8,000 (1,333d)	8,000 (1,333d)	25,000 (4,166d) 依赖转换器寿命	30,000 (5,000d)

Seoul Semi

AC LED 光源超细晶粒采用特殊交错的矩阵排列

AC LED 光源的重大技术突破是超细 LED 晶粒在封装时的特殊排列组合技术，同时利用 LED PN 结的二极管特性兼作整流，半导体制程在 AC LED 技术发展中扮演相当重要的角色。AC LED 是采用半导体制程整合成一堆微小晶粒，采用交错的矩阵式排列工艺，并加入桥式电路至芯片设计，使 AC 电流可双向导通，达成发光。晶粒的排列如图 2 所示，左图是 AC LED 晶粒采用交错的矩阵式排列示意图，右小图是实际 AC LED 晶粒排列照片，AC LED 晶粒在接上交流电后通体发光，因此只需要二根引线导入交流电源即能发光工作。

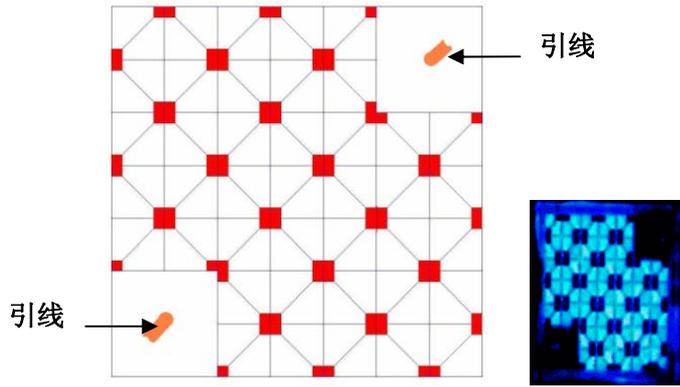


图 2 AC LED 晶粒排列照片与示意图

AC LED 光源的工作原理

AC LED 光源的工作原理如图 3，将一堆 LED 微小晶粒采用交错的矩阵式排列工艺均分为五串，AC LED 晶粒串组成类似一个整流桥，整流桥的两端分别联接交流电源，另两端联接一串 LED 晶粒，交流电的正半周沿蓝色通路流动，3 串 LED 晶粒发光，负半周沿绿色通路流动，又有 3 串 LED 晶粒发光，四个桥臂上的 LED 晶粒轮番发光，相对桥臂上的 LED 晶粒同时发光，中间一串 LED 晶粒因共用而一直在发光。在 60Hz 的交流电中会以每秒 60 次的频率轮替点亮。整流桥取得的直流是脉动直流，LED 的发光也是闪动的，LED 有断电余辉续光的特性，余辉可保持几十微秒，因人眼对流动光点记忆是有惰性的，结果人眼对 LED 光源的发光+余辉的工作模式解读是连续在发光。LED 有一半时间在工作，有一半时间在休息，因而发热得以减少 40-20%。因此 AC LED 的使用寿命较 DC LED 长。

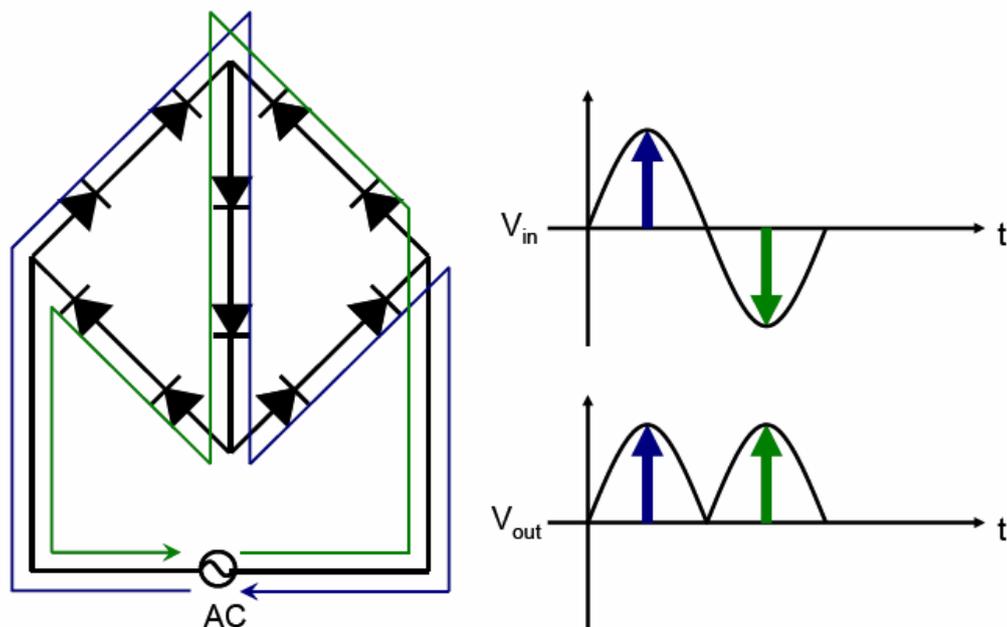


图 3 AC LED 光源的工作原理

AC LED 成熟的产品如首尔用于 AC110V 的 AX3201、AX3211 和用于 220V 的 AX3221、AX3231。用于 AC110V 功率在 3.3W-4W，工作电流 40mA；用于 AC220V

功率在 3.3W-4W，工作电流 20mA（图 4）。LED 晶粒直接邦定在铜铝基板上。引脚如图 5 所示。

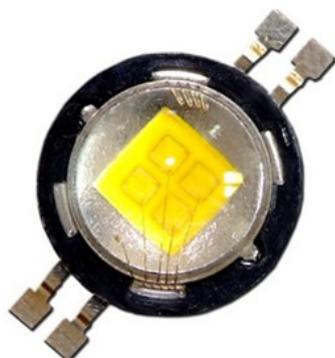


图 4 AC LED

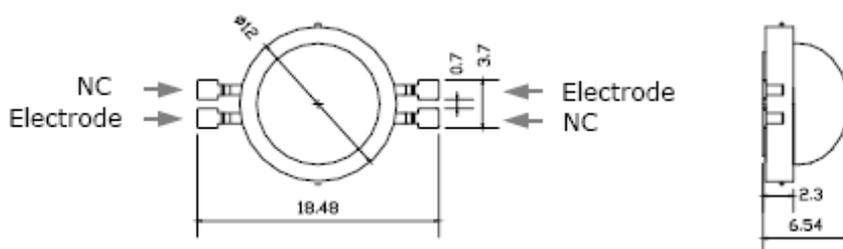


图 5 AC LED 引脚图

AC LED 的典型应用技术

AC LED 的典型应用电原理图如图 6 所示十分简单，在 AC LED 两端分别串入正温度系数热敏电阻 PTC，和限流电阻 R1、R2、R3，接上 110V 或 220V 交流电即可进入照明工作。

LED 在大批量生产时，其阻抗有一定的离散性，AC LED 也如此，为便于下游厂家的大批量应用，LED 光源生产厂商在出厂时对批量生产的产品按阻抗分档，客户在使用时可按 LED 光源厂家提供的 V_F 分档表查用相应阻值的限流电阻，如表 2 所示是 AX3221/AX3231 的 V_F 分档与限流电阻表。

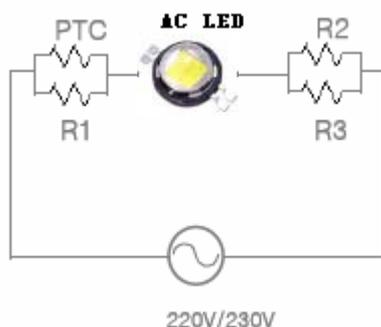


图 6 AC LED 的典型应用电原理图

表 2 AX3221/AX3231 的 V_F 分档与限流电阻表

BIN	Voltage	Resistor	PTC	R1	R2	R3
B	220V	2k Ω	470 Ω	3k Ω	3k Ω	3.3k Ω
	230V	2.45k Ω	470 Ω	3k Ω	3.9k Ω	3.9k Ω
C	220V	1.8k Ω	470 Ω	3k Ω	2.7k Ω	2.7k Ω
	230V	2.25k Ω	470 Ω	3k Ω	3.6k Ω	3.6k Ω
D	220V	1.5k Ω	470 Ω	3k Ω	2k Ω	2.2k Ω
	230V	2k Ω	470 Ω	3k Ω	3k Ω	3.3k Ω

-PTC: PRG18BB471MB1RB (470 Ω)

-R1,R2,R3 : Recommend over 1/ 2 W resistor

AC LED 的发展

AC LED 在家用电力上的方便性，不需要像 DC LED 一样另外得帮灯具装上一个交流电转直流电的转换器(AC to DV Converter)，不但节省了这颗转换器的成本，也避免 LED 光源本身还没坏，但转换器却先坏掉的窘境。交直流电转换器可说是一种随着时间会老化、坏掉的电子元器件，其寿命比 LED 光源本身更短，故目前很多 LED 灯具坏掉，并不是 LED 光源寿命已尽，而是 LED 灯具使用的交直流转换器先坏掉了。AC LED 还有一个特性，就是因为其工艺采用交错的矩阵式排列，是轮流点亮的，在 60Hz 的交流电中会以每秒 60 次的频率轮替点亮，也让 AC LED 的使用寿命较 DC LED 长。

不过，AC LED 现阶段有两个缺点，其一是发光效率并没有 DC LED 高，但这是因为 DC LED 发展目前是主流，AC LED 刚刚起步，AC LED 的发光效率是可以追上，甚至超过 DC LED 的。其二是 AC LED 有触电的风险。故 AC LED 如果要应用在 LED 照明灯具上，应避免金属鳍片的裸露，而应是间接的把热带走，这也就是发展新的充液 LED 固态照明灯具的设计核心概念。

AC LED 刚刚步入成长期，目前在发光亮度、功率等方面还不够理想，但 AC LED 的应用简便、无需变压转换器和恒流源，以及低成本、高效率已显现强大的生命力。AC LED 的技术在飞跃发展，要不了几年，高亮度、大功率、低成本的产品将大量面世。

Alec 2008-12-28

alecyan@crpowtech.com

alecyan@sh163.net

13701600663