

高亮度LED

照明及驱动电路设计

来清民 编著

备受全球瞩目的LED照明利润增长点，绿色环保的第四代照明核心技术

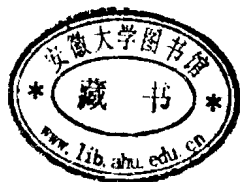
- 丰富多彩的应用案例，为你开启LED照明设计大门
- 50余种芯片宝贵资料，带你走进绿色照明世界
- 打破传统光源的设计思路，助你掌握节能高效的LED照明驱动



北京航空航天大学出版社
BEIHANG UNIVERSITY PRESS

高亮度 LED 照明及 驱动电路设计

来清民 编著



北京航空航天大学出版社

内 容 简 介

阐述高亮度 LED 照明光源的基础知识和高亮度 LED 驱动技术原理,系统介绍 LED 照明保护电路和调光电路的设计,并结合近几年高亮度 LED 照明驱动技术的发展实例给出最新的家用 LED 照明驱动电路、汽车 LED 照明驱动电路、LED 应急照明驱动电路和 LED 路灯照明驱动电路的详细设计方法。将 LED 工作原理、高亮度 LED 驱动器理论、高亮度 LED 驱动电路与实际产品紧密结合,具有很强的实用性。

本书可供家电、照明、汽车、消防、信息、国防、航天及电信等领域从事 LED 驱动电源开发、设计和应用的工程技术人员参考,也可供电子技术类、电气工程类专业本科生及研究生参考。

图书在版编目(CIP)数据

高亮度 LED 照明及驱动电路设计 / 来清民编著. --
北京:北京航空航天大学出版社,2012.4
ISBN 978-7-5124-0720-6

I. ①高… II. ①来… III. ①发光二极管—照明设计
②发光二极管—电路设计 IV. ①TN383.02

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 024638 号

版权所有,侵权必究。

高亮度 LED 照明及驱动电路设计

来清民 编著
责任编辑 王 实

*

北京航空航天大学出版社出版发行

北京市海淀区学院路 37 号(邮编 100191) <http://www.buaapress.com.cn>

发行部电话:(010)82317024 传真:(010)82328026

读者信箱:emsbook@gmail.com 邮购电话:(010)82316936

涿州市新华印刷有限公司印装 各地书店经销

*

开本:710×1 000 1/16 印张:24.5 字数:548 千字

2012 年 4 月第 1 版 2012 年 4 月第 1 次印刷 印数:4 000 册

ISBN 978-7-5124-0720-6 定价:49.00 元

若本书有倒页、脱页、缺页等印装质量问题,请与本社发行部联系调换。联系电话:(010)82317024

前言

LED 光源在照明领域的应用,是半导体发光材料技术高速发展及“绿色照明”概念逐步深入人心的产物。LED(Light Emitting Diode)又称发光二极管,是一种可将电能转换为光能的半导体发光器件,它利用固体半导体芯片作为发光材料,当发光二极管两端加上正向电压,半导体中的载流子发生复合,放出过剩的能量而引起光子发射产生可见光。LED 是一种半导体固体光源,其发光效应称为电致发光,因此 LED 光源是真正的绿色光源,且应用更广泛。

LED 光源作为一种新型的照明技术,不仅具有节能、环保、寿命长和体积小的特点,而且与白炽灯、卤素灯相比还有便于控制和调光的优势,其应用前景举世瞩目,尤其是高亮度 LED 更被誉为 21 世纪最有价值的光源,必将引起照明领域一场革命,开创半导体照明光源的新时代。LED 将取代传统白炽灯、卤素灯和日光灯,成为第四代新光源。

照明应用是全球第二大能源消耗部门,约占所有能源消耗的 19%。而降低能源消耗是我国乃至全世界各个国家的一项基本国策。在国务院颁布的《国家中长期科学和技术发展规划纲要》中特别提出,我国要坚持节能优先,降低能耗,攻克主要耗能领域的节能关键技术,将高效节能、长寿命的半导体照明产品作为优先发展主题。因此,研制和开发高亮度 LED 照明完全符合国家的产业政策。

LED 驱动技术是 LED 照明的核心技术,近年来,高亮度 LED 驱动技术发展特别迅速,新的驱动芯片层出不穷,国内外在 LED 照明驱动领域的竞争日益激烈,LED 照明也随着驱动技术的发展大面积推向景观照明、家庭照明、汽车照明、街道照明和应急照明等方面,正在逐步取代白炽灯、紧凑型荧光灯和卤钨灯等。

本书吸取了近年来 LED 驱动技术的科研精髓和 LED 最新技术应用进展,有目的地选择高亮度 LED 在常用的照明方面(家庭照明、汽车照明、街道照明和应急照明)的精彩实例,有针对性地介绍 LED 驱动电路开发和设计要点,具有很强的实用性和可借鉴性,使读者能很快进入 LED 照明设计领域。

全书共分 7 章,第 1 章详细介绍高亮度 LED 的基础知识,包括 LED 的光、色和电特性,以及 LED 的发展、分类和应用;第 2 章阐述高亮度 LED 驱动技术理论,论述了 LED 驱动器的拓扑结构、设计要求和设计方法步骤;第 3 章介绍 LED 驱动器过压、过

流、过温、开路等保护电路和三种调光电路设计;第4章给出几十种精选的家用LED照明驱动器设计;第5章主要介绍汽车前灯、尾灯和转向灯等LED照明驱动器的设计实例;第6章阐述LED路灯驱动器的设计要求和实例;第7章给出LED应急照明灯驱动电路在家用应急、消防标志灯和全自动应急方面的应用设计实例。

本书的出版得到了2010年河南省科技攻关项目(项目编号:102102210060)的资助。在本书的编写过程中,还得到了很多人的支持和帮助。首先感谢我的爱人,是她一直在默默地支持我将这本书顺利完成;还有我的父母,是他们从小培养我的学习能力和对拥有知识的孜孜追求;还要感谢北京航空航天大学出版社的大力支持和鼓励。

本书的第6章由张玉英执笔编写,其余章节由来清民执笔编写,参加编写工作的还有我的部分学生。本书在编写过程中参考了国内外一些同仁在LED生产及工程应用等方面的文献及资料,在此对他们的辛勤劳动表示衷心感谢。

由于编者的水平有限,全书完成得也比较仓促,书中出现的错误和不妥之处,恳请读者批评指正,提出宝贵意见。有兴趣的朋友可发送邮件到:lqm_911@163.com,与作者交流;也可发送邮件到:emsbook@gmail.com,与本书策划编辑进行交流。

编者
2011年9月

目 录

第 1 章 高亮度 LED 照明光源概述	1
1.1 高亮度 LED 照明光源的优势	1
1.2 LED 的发展史	3
1.3 LED 的光、色、电特性	5
1.3.1 LED 的光特性	5
1.3.2 LED 光源的色温	11
1.3.3 LED 的显色性	12
1.3.4 光谱特性	13
1.3.5 LED 的热学特性	14
1.3.6 LED 的电学特性	15
1.4 LED 的分类	17
1.4.1 按 LED 的物理特征分类	18
1.4.2 从发光强度角分布图来分类	19
1.4.3 按发光强度和工作电流分类	19
1.5 白光 LED 和高亮度 LED	19
1.5.1 白光 LED 的概念	19
1.5.2 白光 LED 的发光原理	20
1.5.3 白光 LED 的技术指标	22
1.5.4 白光 LED 作为照明光源的特点	22
1.5.5 与单色光相比白光 LED 的光谱和光衰的特点	22
1.5.6 高亮度 LED、大功率 LED 及其发展过程	24
1.5.7 全球 LED 主要芯片厂家	25
1.6 大功率 LED 封装结构	26
1.6.1 LED 照明对大功率 LED 封装的要求	27
1.6.2 大功率 LED 封装的关键技术	27
1.7 LED 照明的应用	33

目 录

1.8 LED的关键技术和需要克服的障碍	34
1.9 新型LED芯片介绍	35
1.9.1 高压LED芯片简介	35
1.9.2 交流LED芯片简介	36
第2章 高亮度LED驱动技术原理	40
2.1 概 述	40
2.1.1 高亮度LED的发光特性	40
2.1.2 LED驱动电路的研究	41
2.1.3 高亮度LED电源和驱动电路的主要技术	41
2.1.4 LED驱动技术的发展趋势	42
2.2 LED及高亮度LED驱动的分类	43
2.2.1 按原始电源供电情况分类	43
2.2.2 按负载连接方式分类	44
2.2.3 按驱动方式分类	46
2.3 高亮度LED的基本驱动原理	46
2.3.1 高亮度LED最常用的两种驱动方法	46
2.3.2 常用的DC/DC恒流驱动原理	47
2.3.3 高亮度LED恒流驱动芯片的常用控制模式	53
2.3.4 常用的AC/DC驱动结构图	54
2.3.5 LED照明设计的架构选择	57
2.4 高亮度LED驱动器设计要求	59
2.4.1 LED驱动器应该具备高可靠性	59
2.4.2 LED驱动器应该具备各种保护电路	59
2.4.3 高功率因素	60
2.4.4 高效率	61
2.4.5 长寿命	61
2.5 高亮度LED驱动器器件的选择	61
2.5.1 LED恒流驱动器器件MOSFET的选择	61
2.5.2 驱动电源IC的选择与LED连接的匹配方式	64
2.5.3 电感和变压器的选择	68
2.5.4 电容器的选择	69
2.5.5 肖特基二极管的选择	70
2.5.6 PCB布线设计指南	71
2.6 交流LED和高压LED及其驱动电路设计	72
2.6.1 高压LED芯片应用与市电直接驱动	72

2.6.2 交流 LED 的典型应用技术	73
2.7 LED 驱动器设计步骤	74
2.8 LED 驱动电路从传统模式到现代模式的进化过程	78
第3章 LED 照明保护电路和调光电路设计	83
3.1 LED 驱动器保护电路设计	83
3.1.1 直通保护电路	84
3.1.2 过流保护电路	85
3.1.3 开、关机电流过冲保护电路	86
3.1.4 过压保护电路	88
3.1.5 开关抖动保护电路	89
3.1.6 LED 开路保护电路	90
3.1.7 过热保护电路	94
3.1.8 LED 驱动器中常用的瞬态电压抑制器和压敏电阻简介	95
3.2 大功率 LED 驱动的温度补偿电路设计	95
3.2.1 温度补偿原理	95
3.2.2 数字温度传感器配合驱动器实现温度补偿	96
3.2.3 DC-DC 降压 LED 驱动器实现温度补偿	96
3.2.4 线性恒流 LED 驱动器实现温度补偿	98
3.3 LED 的调光原理概述	99
3.3.1 LED 调光的技术指标	100
3.3.2 模拟 LED 的调光技术	100
3.3.3 PWM 调光法	104
3.3.4 可控硅对 LED 调光	106
3.4 LED 路灯的调光设计实例	110
3.5 高效 LED 照明驱动及智能调光电路设计	111
3.5.1 驱动电路介绍	111
3.5.2 LED 驱动器的工作原理	112
3.5.3 参数设计	112
3.5.4 无源 PFC	113
3.5.5 智能控制模块调光	113
3.6 基于 LM3405 的高亮度 LED 调光技术	114
3.6.1 LED 驱动器的基本工作原理	114
3.6.2 器件和设计实例	115
3.6.3 PWM 调光技术	115
3.6.4 基于 LM3405 的 LED 调光应用电路原理	116

第 4 章 家用 LED 照明驱动器设计	118
4.1 概 述	118
4.1.1 家用 LED 照明设计理念	118
4.1.2 降低家用 LED 照明成本与驱动器设计的关系	118
4.1.3 家用 LED 照明驱动器技术要点	119
4.1.4 家用和商用 LED 日光灯设计方法	119
4.1.5 LED 日光灯电源设计要点	121
4.2 基于恒流二极管的家用 LED 走廊灯驱动电路设计	122
4.2.1 恒流二极管原理	122
4.2.2 LED 连接方式	123
4.2.3 小功率 LED 驱动电路设计	123
4.3 基于 NU501 的集中外置式 LED 日光灯驱动器设计	126
4.3.1 集中外置式 LED 日光灯系统结构	126
4.3.2 集中外置式 LED 日光灯调光设计	127
4.3.3 高精度恒流驱动芯片 NU501 简介	128
4.3.4 基于 NU501 芯片的 LED 日光灯电路	129
4.4 基于 NCP1014 系列 8 W LED 厨房吸顶灯驱动器设计	130
4.4.1 NCP101X 性能特点及内部结构	131
4.4.2 系统结构和原理图	131
4.4.3 电路中元器件的选择和参数计算	133
4.5 基于 AX2028 的 LED 18 W 吸顶灯驱动器设计	136
4.5.1 AX2028 简介	136
4.5.2 基于 AX2028 的 LED 18 W 吸顶灯原理图	137
4.5.3 电路中元器件的选择和参数计算	138
4.6 家用集中式 LED 照明供电系统设计	139
4.6.1 家用 LED 集中供电系统整体结构	139
4.6.2 单级 PFC 驱动电路	139
4.6.3 两级驱动	140
4.6.4 分级驱动	140
4.7 基于 PT4107 的家用和商用 LED 日光灯驱动器设计	143
4.7.1 PT4107 简介	143
4.7.2 20 W 日光灯驱动电路设计	144
4.7.3 关键电路的设计和元件参数计算	145
4.8 基于 SA7527 的 25 W 办公室 LED 照明灯驱动电路设计	149
4.8.1 LED 驱动系统结构	149

4.8.2	LED 驱动器原理图和主要部分设计	150
4.8.3	25 W LED 灯的设计实例	151
4.9	基于 VIPer12A 的家用卫生间 LED 照明灯电路设计	153
4.9.1	VIPer12A 简介	153
4.9.2	家用卫生间 LED 照明灯电路设计	155
4.10	基于 PT4115 的 LED 台灯电路设计	157
4.10.1	LED 台灯结构	157
4.10.2	LED 器件的分选	158
4.10.3	恒流芯片 PT4115 介绍	158
4.10.4	LED 光源驱动电路	159
4.10.5	适配器的选择	161
4.11	基于 MAX16820 的 5 W MR16 LED 射灯的驱动电路设计	161
4.11.1	MAX16820 简介	162
4.11.2	LED 射灯的恒流驱动电路设计	163
4.12	基于 BP2808 的高效能 LED 照明日光灯驱动电路设计	164
4.12.1	BP2808 的基本工作原理	164
4.12.2	LED 日光灯应用典型方案设计	165
4.13	基于 LNK306PN 的家用 LED 餐厅灯的 9 W 可调光驱动器设计	170
4.13.1	恒流芯片 LNK306PN 的介绍	170
4.13.2	LED 餐厅灯驱动电路设计	171
4.14	基于 IRS2541 控制器的 14 W LED 卧室吸顶灯驱动电路设计	173
4.14.1	吸顶灯采用的恒流驱动原理简述	174
4.14.2	IRS2541 驱动芯片的特点	174
4.14.3	基于 IRS2541 的 LED 驱动电路设计	175
4.15	基于 MT7920 的高 PFC 隔离式无电解电容 LED 照明驱动电路设计	178
4.15.1	MT7920 简介	178
4.15.2	高 PFC 隔离式无电解电容 LED 照明驱动设计	179
4.16	基于 TNY268P 的家用 LED 壁灯驱动电路设计	182
4.16.1	电路总体结构及设计	182
4.16.2	TNY268P 元器件说明	182
4.16.3	电路原理图和整体结构框图	184
4.17	基于 LT3476 的 4 通道 LED 客厅吊灯驱动器设计	185
4.17.1	LT3476 简介	185
4.17.2	客厅 LED 吊灯驱动器设计	188
4.17.3	参数设置	189
4.18	基于 SN3910 的高功率因数 LED 镜前灯驱动电路设计	191

4.18.1	SN3910 简介	191
4.18.2	SN3910 高功率因数驱动电源主电路设计	191
4.18.3	电路分析与参数计算	193
4.19	基于 LNK406EG 的 14 W 可调光 LED 天花灯驱动电路设计	194
4.19.1	LNK406EG 简介	194
4.19.2	14 W 可调光、高效率 LED 驱动设计	195
4.19.3	电路分析	196
4.20	基于 LNK457DG 的可调光 LED 阳台灯驱动电路设计	198
4.20.1	LNK457DG 简介	198
4.20.2	5 W 可调光 LED 阳台灯驱动电路设计	199
4.20.3	参数设计	200
4.21	基于 FT880 的 18 W LED 日光灯驱动电路设计	202
4.21.1	FT880 简介	202
4.21.2	18 W 应用电路图及基本原理	203
4.21.3	元器件参数选择	204
4.22	基于 XLT604 的声控 LED 走廊灯驱动电路设计	208
4.22.1	XLT604 芯片的结构功能	208
4.22.2	系统设计思想和结构框图	209
4.22.3	系统电路设计	210
4.22.4	LED 驱动电路元器件参数设计	211
4.22.5	LED 灯应用控制设计	212
4.23	基于 BF1501 的 LED 台灯解决方案	213
4.23.1	BF1501 简介	213
4.23.2	LED 台灯电源方案	213
4.23.3	LED 台灯参数计算	215
4.24	基于 PT4207 的 T8 LED 日光灯驱动器设计	216
4.24.1	PT4207 概述	216
4.24.2	PT4207 的典型应用电路	218
4.24.3	LED 日光灯的驱动方案及分析	218
4.25	基于 LM3445 的可调光 LED 落地灯驱动器设计	220
4.25.1	LM3445 简介	220
4.25.2	基于 LM3445 的 TRIAC 调光 LED 驱动电路	222
4.26	基于 NCL30000 的离线高功率因数 TRIAC 调光 LED 驱动器设计	226
4.26.1	NCL30000 简介	226
4.26.2	离线高功率因数 TRIAC 调光 LED 驱动设计思路	228
4.26.3	NCL30000 单级反激式 LED 驱动器原理图	229

4.26.4 添加 LED 调光驱动电路	231
4.27 基于 LT3598 的多通道 LED 射灯驱动电路设计	232
4.27.1 LT3598 简介	232
4.27.2 多通道 LED 集成驱动应用电路设计	233
4.27.3 LED 电流调光控制	234
4.27.4 元器件的选择和参数设计	234
4.28 基于 TNY279 的 LED 书房灯驱动电路设计	236
4.28.1 TNY279 的工作原理与特性	237
4.28.2 LED 恒流驱动电路	237
4.28.3 电路参数分析及设计	238
4.29 基于 AP3706 的 LED 过道灯驱动电路设计	240
4.29.1 AP3706 简介	240
4.29.2 LED 过道灯驱动电路设计	241
4.30 基于 STC 单片机的 LED 智能过道灯照明系统设计	242
4.30.1 智能照明控制方案设计	242
4.30.2 系统硬件设计	243
4.30.3 软件设计	245
第 5 章 汽车 LED 照明设计	247
5.1 车用 LED 照明技术及现状分析	247
5.1.1 车用 LED 照明的可行性和先进性	247
5.1.2 车用 LED 照明的驱动电路概述	248
5.1.3 车用 LED 照明面临的问题及应对措施	249
5.1.4 汽车照明对 LED 驱动芯片的要求	251
5.2 基于 LTC3783 的 LED 汽车前照灯设计	252
5.2.1 汽车 LED 前照灯设计要素	252
5.2.2 白光 LED 作为汽车前照灯的可能性	253
5.2.3 白光 LED 在汽车前照灯的应用设计	254
5.2.4 汽车前照灯驱动类型选择	255
5.2.5 汽车前照灯驱动主电路设计	257
5.3 基于 UC1843 的高效率车载大功率 LED 驱动器设计	260
5.3.1 车载 LED 驱动器	261
5.3.2 UC184X 系列芯片简介	261
5.3.3 LED 驱动器电路设计	264
5.4 基于 MAX16831 的高调光比汽车日行灯 LED 驱动器设计	266
5.4.1 高调光比 LED 汽车日行灯的研究现状	266

5.4.2	MAX16831 简介	267
5.4.3	驱动电路的设计原理	268
5.4.4	PWM 调光控制原理和调光比研究	269
5.5	基于 MAX16823 的汽车 LED 尾灯驱动器设计	270
5.5.1	LED 作为汽车尾灯光源的优势	270
5.5.2	汽车 LED 尾灯发展方向	271
5.5.3	汽车 LED 尾灯设计	271
5.6	基于 MAX16832 的 LED 汽车前照灯驱动电路设计	276
5.6.1	LED 汽车前照灯驱动电路的研究背景	276
5.6.2	LED 驱动电路设计要求	277
5.6.3	LED 的驱动器结构	277
5.6.4	LED 汽车前照灯驱动电路设计	278
5.7	基于 LT34XX 系列的汽车内部和外部 LED 照明驱动设计	283
5.7.1	汽车内外部 LED 照明电路的拓扑选择	283
5.7.2	汽车顶灯和阅读灯设计	283
5.7.3	LCD 监视器显示 LED 照明	285
5.7.4	信号指示灯、尾灯和前灯照明设计	288
5.8	基于 LM5022 的低成本汽车日行灯 LED 驱动电路设计	290
5.8.1	LM5022 简介	290
5.8.2	驱动电路设计要求和设计原理	291
5.8.3	调光控制电路的研究和设计	293
5.9	基于 MAX16823 的汽车 LED 转向灯驱动电路设计	295
5.9.1	国内外汽车 LED 转向灯的研究现状	295
5.9.2	转向灯驱动电路设计	296
第 6 章	LED 路灯驱动器设计	300
6.1	LED 道路照明光源最突出的优势	300
6.2	LED 路灯驱动器设计要求	301
6.3	基于 NCP1200 的大功率 LED 庭院灯驱动电路设计	302
6.3.1	NCP1200 简介	302
6.3.2	大功率 LED 庭院灯驱动电路	305
6.4	基于 TSM101 的 LED 路灯驱动电源设计	307
6.4.1	路灯驱动电源工作的基本原理	307
6.4.2	DC/DC 变换器	308
6.4.3	反馈网络电路	308
6.4.4	PFC 电路	309

6.5 基于 PLC810PG 控制 IC 的 LED 路灯驱动电路设计	311
6.5.1 半桥 LLC 谐振拓扑结构	311
6.5.2 PFC/LLC 控制器 PLC810PG	312
6.5.3 采用 PLC810PG 的 150 W LED 路灯电源	314
6.6 基于 LM3402HV 的 LED 路灯驱动电路设计	318
6.6.1 路灯驱动电路设计要求和方案	319
6.6.2 路灯驱动器设计原理及分析计算	319
6.7 基于 SD42560 的太阳能 LED 路灯控制器设计	322
6.7.1 太阳能 LED 路灯控制器系统设计	322
6.7.2 LED 驱动电路设计	325
6.8 基于 FAN6961 的 200 W LED 路灯驱动系统设计	327
6.8.1 FAN6961 简介	327
6.8.2 FSR2100 简介	329
6.8.3 200 W LED 路灯驱动系统设计	331
第 7 章 LED 应急照明灯驱动电路设计	336
7.1 消防应急照明灯的主要功能	336
7.2 消防应急照明灯的主要技术指标	336
7.3 LED 应急照明灯控制电路设计	337
7.4 基于 MAX1848 的简单 LED 应急照明驱动设计	340
7.4.1 升压式变换器 MAX1848 简介	340
7.4.2 MAX9021 简介	342
7.4.3 应急灯设计	343
7.5 基于 NUD4001 的全自动多用途 LED 应急灯设计	344
7.5.1 NUD4001 简介	344
7.5.2 全自动应急灯驱动设计	345
7.6 基于 IRS2540 的地铁 LED 不间断应急照明系统设计	347
7.6.1 地铁应急照明简介	347
7.6.2 地铁 LED 应急照明系统组成	348
7.6.3 直流应急照明系统工作原理	348
7.7 基于 MB1802 的 LED 矿灯照明设计	350
7.7.1 LED 作为矿灯的优势	350
7.7.2 LED 光源矿灯设计	350
7.8 基于 LM3475 的功率型 LED 镍氢电池矿灯系统设计	353
7.8.1 矿灯系统设计和组成	354
7.8.2 选择 LED 光源	354

7.9 基于 LTC3454 的手电筒和闪光灯 LED 驱动器设计	356
7.10 基于 XL4001 的消防标志 LED 应急灯设计	363
7.11 简单实用的 3 W LED 自动应急照明灯电路设计	366
7.12 基于 XL6003 的事故照明 LED 应急灯设计	368
7.13 基于 MAX846A 和 MAX16832 的家用锂电池 LED 应急灯设计	371
7.13.1 MAX846A 简介	371
7.13.2 MAX16832 简介	373
7.13.3 家用锂电池 LED 应急灯设计	374
参考文献	376

高亮度 LED 照明光源概述

LED 光源在照明领域的应用,是半导体发光材料技术高速发展及“绿色照明”概念逐步深入人心的产物。LED(Light Emitting Diode)又称发光二极管,是一种可将电能转换为光能的半导体发光器件。它利用固体半导体芯片作为发光材料,当发光二极管两端加上正向电压,半导体中的载流子发生复合,放出过剩的能量而引起光子发射产生可见光,因此 LED 是一种半导体固体光源,其发光效应称为电致发光。LED 作为一种新型的照明技术,其应用前景举世瞩目,尤其是高亮度 LED 更被誉为 21 世纪最有价值的光源,必将引起照明领域一场革命,开创半导体照明光源的新时代。LED 将取代传统白炽灯、卤素灯和日光灯而成为第四代新光源。

1.1 高亮度 LED 照明光源的优势

照明应用是全球第二大能源消耗部门,约占所有能源消耗的 19%。而降低能源消耗是我国乃至全世界各个国家的一项基本国策。在国务院颁布的《国家中长期科学和技术发展规划纲要》里特别提出,我国要坚持节能优先,降低能耗,攻克主要耗能领域的节能关键技术,将高效节能、长寿命的半导体照明产品作为优先发展主题。

1. 寿命长

LED 的发光原理是利用半导体中的正负离子复合而发出光子,不同于灯泡需要在 3 000 °C 以上的高温下操作,也不必像日光灯需使用高电压激发电子束,LED 和一般的电子组件相同,只需要 2~3.6 V 的电压,在常温下就可以正常动作,因此其寿命也比传统光源更长,理论寿命可达 100 000 h 以上(目前国外的产业化产品可达 30 000~50 000 h)。普通白炽灯的寿命约为 1 000 h,荧光灯、金属卤化物灯的寿命不超过 10 000 h,即使是寿命最长的高压钠灯也不过 2 万多小时,因此传统的光源在这方面无法与半导体光源相比。在一些维护和换灯困难的场合,使用 LED 作为光源,可大大降低人工费用。

下面就将 LED 光源和节能灯寿命做个比较:节能灯的寿命一般在 1 800 h,按照每天 6 h 照明计算可工作 300 天。如果按每个节能灯平均 15 元来计算,10 年内至少要换 10 次灯泡,10 000 个节能灯泡在 10 年内要更换 10 万个节能灯泡,总花费约 150 万元。LED 灯泡的寿命按照最保守的时间来计算,10 年内不用更换灯泡,每个灯泡以 5 W 的功率就可取代 15 W 的节能灯泡,每个灯泡价格在 70 元,那么 10 000 个灯泡的价格是 70 万元,在

第1章 高亮度LED照明光源概述

灯泡方面可节省80万元的费用。

2. 功耗低

随着人类文明的进步,人们对照明的要求不再是一味地追求明亮。目前,世界上许多国家都重视照明中的环保问题。照明的能量主要来源于由电能转换的光能,而电能又来自于石化燃料的燃烧。地球上的煤、天然气、石油等石化燃料的储量是有限的,随着人类的不断开采,其储量日益减少,世界能源状况不容乐观。采用节能高效的光源,能达到节省电力的目的。LED的能耗较小,是一种节能光源。LED单管功率为 $0.03\sim 0.06\text{ W}$,采用直流驱动,单管驱动电压为 $1.5\sim 3.5\text{ V}$,电流为 $15\sim 18\text{ mA}$,反应速度快,可在高频操作。同样照明效果的情况下,耗电量是白炽灯泡的八分之一,荧光灯管的二分之一。目前,白光LED的光效已经达到 60 lm/W ,超过了普通白炽灯的水平,而且现在LED的技术发展很快,白炽灯的发光效率是 $8\sim 15\text{ lm/W}$ 左右,普通T-8卤素荧光灯光效可达 40 lm/W ,T-5高效荧光灯可以达到 80 lm/W ,而到2012年,随着关键技术的突破,白光LED的光效有可能达到 $200\sim 300\text{ lm/W}$,大大超过现在所有照明光源的光效,在照明方面有着诱人的应用前景。如果我国室外照明都采用LED半导体光源,那么一年节电就相当于三峡水库一年所发的电。

下面是按一个公园1万只照明灯,分别采用节能灯和LED灯的耗电情况比较:

节能灯: $15\text{ W}\times 6\text{ h}\times 365\text{ 天}=32.85\text{ kW}\cdot\text{h}$

$32.85\text{ kW}\cdot\text{h}\times 0.8\text{ 元}/(\text{kW}\cdot\text{h})\times 1\text{ 万只}=26.28\text{ 万元}$

LED灯: $5\text{ W}\times 6\text{ h}\times 365\text{ 天}=10.95\text{ kW}\cdot\text{h}$

$10.95\text{ kW}\cdot\text{h}\times 0.8\text{ 元}/(\text{kW}\cdot\text{h})\times 1\text{ 万只}=8.76\text{ 万元}$

公园1万只灯每年可节省电费: 17.52万元

3. 真正的绿色照明

现在广泛使用的荧光灯、汞灯等光源中含有危害人体健康的汞,光源的生产过程和废弃的灯管都会造成对环境的污染。白炽灯废弃后不易回收,也会造成浪费或环境污染。LED为全固体发光体,耐震、耐冲击不易破碎,废弃物可回收,没有污染。因此,LED是一种符合绿色照明要求的清洁光源。它的高效舒适、安全经济、有益环境的特点,使它将在绿色照明工程中扮演越来越重要的角色。

4. 启动时间短

白炽灯是热辐射光源,给人的感觉是一点就亮,实际上白炽灯启动后也有约零点几秒的上升时间。气体放电光源从启动至光辐射稳定输出,甚至需要几十秒至几十分的时间,这是由气体放电光源本身的特性决定的,因为多数气体放电灯的工作物质在常温下是液体或固体,启动后需要一个加热气化的过程,才能达到稳定的工作状态。而LED的响应时间只有几十纳秒,因此在一些需要快速响应或高速运动的场合,很适合用LED作为光源。

5. 结构牢固

LED是用环氧封装的半导体发光的固体光源,其结构中不包含玻璃、灯丝等易损