

半导体照明技术技能人才培养系列丛书

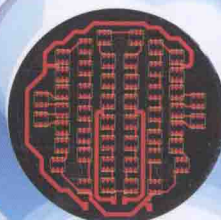
· 中职 ·

LED照明控制

LED ZHAOMING KONGZHI

人力资源和社会保障部职业技能鉴定中心 指导编写
国家半导体照明工程研发及产业联盟 组织编写

王 巍 主编 杜志忠 副主编



化学工业出版社

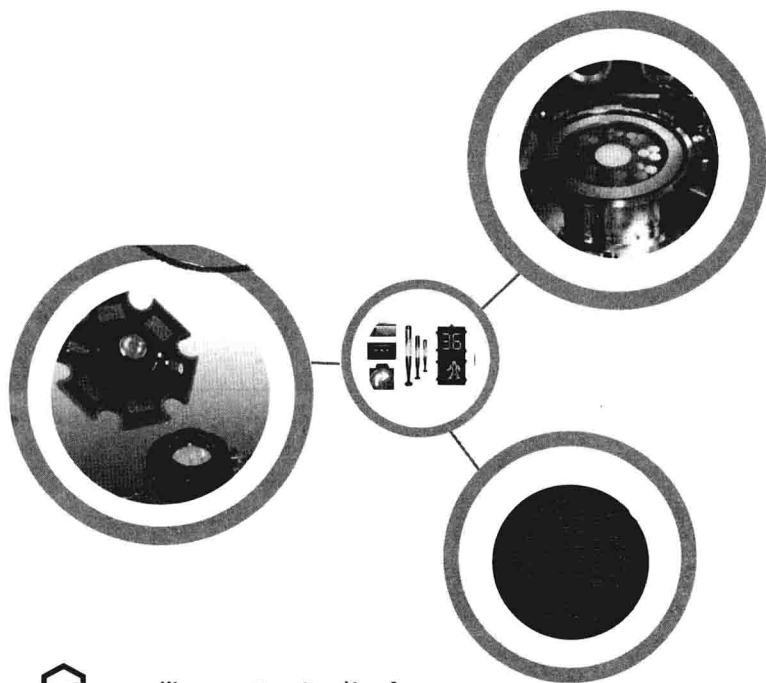
半导体照明技术技能人才培养系列丛书
· 中职 ·

LED照明控制

LED ZHAOMING KONGZHI

人力资源和社会保障部职业技能鉴定中心 指导编写
国家半导体照明工程研发及产业联盟 组织编写

王 巍 主编 杜志忠 副主编



化学工业出版社

· 北 京 ·

本书是国家半导体照明工程研发及产业联盟组织编写的、适用于中等职业学校光电技术应用系列教材之一。全书围绕项目实施展开编写,主要内容包括认知 LED 照明、LED 驱动与调光、LED 照明控制、LED 控制器及照明控制网络和综合实训五个项目。每个项目由若干个任务组成,还包含技能实训,突出技能的学习和工程应用能力的培养。

本书结合 LED 的发展趋势和工程应用实际,深入浅出,题材新颖,图文并茂,简洁明了,有较强的适用性,可作为中等职业学校光电专业、电子技术及相关专业的教材使用,也可供从事 LED 研发、设计、应用的工程技术人员参阅。

图书在版编目(CIP)数据

LED 照明控制 / 王巍主编. —北京: 化学工业出版社, 2014. 12

半导体照明技术技能人才培养系列丛书

ISBN 978-7-122-21952-7

I. ①L… II. ①王… III. ①发光二极管-照明设计
IV. ①TN383.02

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2014) 第 228340 号

责任编辑: 刘丽宏

文字编辑: 孙凤英

责任校对: 王 静

装帧设计: 韩 飞

出版发行: 化学工业出版社 (北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)

印 刷: 北京永鑫印刷有限责任公司

装 订: 三河市宇新装订厂

710mm×1000mm 1/16 印张 13 字数 244 千字 2015 年 1 月北京第 1 版第 1 次印刷

购书咨询: 010-64518888 (传真: 010-64519686) 售后服务: 010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书, 如有缺损质量问题, 本社销售中心负责调换。

定 价: 49.00 元

版权所有 违者必究

《半导体照明技术技能人才培养系列丛书》

指导委员会

指导委员会主任：

艾一平

指导委员会委员：

吴 玲 江风益 李晋闽 范玉钵 方志烈 周太明 张国旗

《半导体照明技术技能人才培养系列丛书》

编委会

编委会主任：

冯亚东 许 远

编 委：（按姓氏笔画排序）

王 巍 王建华 王海波 文尚胜 冯亚东 李小红 许 远
阮 军 杜志忠 杨兰芳 孟治国 林燕丹 周 详 周春生
郭伟玲 姚善良 耿 博 柴广跃 梁 伟 雷利宁

《LED 照明控制》

编委会

主 编：王 巍

副主编：杜志忠

编 委：王 巍 杜志忠 孟治国 王 宁 甘 洵 高艺娟

序 一

半导体照明是目前已知最高光效的人工光源。它是用第三代宽禁带半导体材料制作的光源和显示器件,具有耗电少、寿命长、无汞污染、色彩丰富、可控性强等特点,不仅可以替代白炽灯、荧光灯在照明领域的应用,还可广泛应用于显示、指示、背光、交通、医疗、通讯、农业等领域。

国家半导体照明工程自 2003 年启动以来,经历了从无到有,从小、弱、散、乱到联合发展的历程。“十二五”期间半导体照明产业作为我国重点发展的战略性新兴产业重点领域之一,已经形成了较为完整的产业链,产业规模从 90 亿元跃升至 2576 亿元,年均增长接近 40%,企业超过 5000 家,从业人员 100 多万;我国目前拥有了自主知识产权的 Si 衬底 LED 外延芯片生产技术,掌握了具有国际领先水平的深紫外 LED 器件核心技术,在 LED 大规模应用方面走到了世界前列,目前我国已成为全球半导体照明产业发展中心之一。预计 2020 年半导体照明应用市场占有率将达到 70%,我国产业规模将达到 10000 亿元。

“国以才立,政以才治,业以才兴”。十八大强调,要造就规模宏大、素质优良的人才队伍,进入人才强国和人力资源强国行列。人才是产业发展的关键要素之一,半导体照明产业是一个学科跨度大、技术和应用更新快的行业。“十三五”期间,我国半导体照明产业人力资源需求总量将随着产业的高速成长而大幅增加,能否形成以人才发展推动产业发展、以产业发展带动人才发展的良好格局将直接决定我国半导体照明产业的持续发展。依托国家重大人才培养计划,重大科研和重大工程项目、重点学科和重点科研基地培养具有创新精神的科技领军人才;加强培养科研生产一线高层次专业技术人才和高技能人才;构建半导体照明产业现代职业教育体系、培养半导体照明产业急需的技能型人才就显得尤为重要。

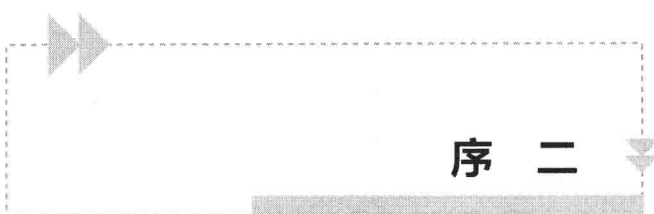
“工欲善其事,必先利其器”,高质量的教材是培养高质量人才的基本保证,也是构建产业现代职业教育体系的重要组成部分。国家半导体照明工程研发及产业联盟在半导体照明产业人力资源开发方面做了很多工作。我很欣喜的

看到联盟在现有工作基础上,立足产业需求,在人社部及教育部等部门的指导下,牵头组织半导体照明领域的专家、学者以及企业界的技术人才共同编写了《半导体照明技术技能人才培养系列丛书》,应该说《丛书》是适时代所需,顺时势所趋。《丛书》的出版发行,将为院校人才培养和企业在职人员培训提供有力的支撑。

在此感谢各位主编及编写团队为提升半导体照明产业人才培养工作倾力尽心的付出,相信通过我们共同的努力,半导体照明产业的明天会更美好。

曹健林

中华人民共和国科学技术部



序 二

近年来，在积极参与国际产业分工和国际竞争的背景下，我国半导体照明产业步入了一个大发展的新时期。作为战略性新兴产业，半导体照明产业的发展，对于我国转变经济发展方式、提升传统产业质量、促进节能减排、实现社会经济可持续和促进就业发展起着越来越重要的作用。

人才蔚起，国运方兴。党的十八大报告指出，要加快确立人才优先发展战略布局，造就规模宏大、素质优良的人才队伍，推动我国由人才大国迈向人才强国。作为新兴的职业领域，半导体照明产业技术创新驱动性强、国际化程度高、资本知识密集等特点决定了人才资源是产业发展的关键资源之一。

没有一流的人才，就没有一流的产品，也不会有一流的企业，更谈不上有一流的产业。半导体照明产业要想体现行业竞争优势，提升并保持产业、企业竞争力，就必须以人才工作为先导，积极做好人才开发工作。

今年5月，国务院下发了《关于加快发展现代职业教育的决定》。《决定》指出，行业组织要履行好发布行业人才需求、推进校企合作、参与指导教育教学、开展质量评价等职责，建立行业人力资源需求预测和就业状况定期发布制度，对行业组织在人才培养中的地位和作用进行了明确。2012年以来，国家半导体照明工程研发及产业联盟充分发挥行业影响力和组织优势、专家优势，积极参加人力资源和社会保障部部级课题《我国技能储备机制的建立与运作研究》的研究工作，与人社部职业技能鉴定中心联合组成课题组对半导体照明产业的技能人才需求规模、需求规格做了详细的研究，提出了半导体照明研发设计类人才专业能力体系、半导体照明产品应用制造类人才职业技能体系，组织出版了《半导体照明产业技能人才开发指南》，为针对性开展半导体照明产业人才培养工作打下了坚实的基础。同时，联盟《半导体照明行业专项职业能力考核规范》的提出，为产业技能人才的培养评价提出了有先导性、针对性的实践框架，初步解决了当前行业技能人才能力评价标准缺乏的现实问题。

在上述工作基础上，国家半导体照明工程研发及产业联盟组织行业专家、学者以及龙头企业负责人共同编写了《半导体照明技术技能人才培养系列丛书》。

《丛书》以课题研究为理论支撑，贯彻产教融合、校企合作的要求，立足现实、兼顾发展，协调推进产业人力资源开发与技术进步，是专业设置与产业需求对接、课程内容与职业标准对接、教学过程与生产过程对接的有益尝试，可作为中职、高职、应用型本科专业教学教材，也可作为行业职业培训教材。

我相信《丛书》的出版发行，将有力促进我国半导体照明产业产、学、研的紧密互动，为院校人才培养和企业在职人员培训提供有力的支撑，进一步加快产业技能型人才培养步伐。同时，也为半导体照明产业人才发展与培养模式提供有益的探索。

中国就业培训技术指导中心
人力资源和社会保障部职业技能鉴定中心

副主任 艾一平
副主任

半导体照明（LED）是全球公认和竞相发展的最具市场前景的战略性新兴产业之一，在照明领域已确立了主导地位，对我国推动节能减排、调整产业结构具有重大意义。半导体照明产业是一个学科跨度大、技术和应用更新快的行业。“十三五”期间，我国半导体照明产业人力资源需求总量将随着产业的高速增长而大幅增加。作为新兴产业，与其他发达国家相比，我国半导体照明产业在研发能力、生产管理水平及人才培养等方面仍存在较大差距。

十八大强调，要造就规模宏大、素质优良的人才队伍，进入人才大国和人力资源强国行列。人才是产业发展的第一推动力，人力资源的质量与水平是一个产业综合实力与竞争力的体现。院校是人才培养的源头，大力推行校企合作、工学结合、顶岗实习的人才培养模式，创新职业教育人才培养模式，根据产业需求优化专业结构，促进职业教育与产业的开放衔接，加强行业指导能力，发挥行业在行业人才规格标准建设等方面的指导作用，构建半导体照明产业现代职业教育体系是半导体照明产业人才培养的重中之重。

国家半导体照明工程研发及产业联盟成立以来一直在积极探索行业人力资源开发工作，以服务产业的发展。在人才培养方面，联盟承担了人社部 CET-TIC 职业培训项目（LED 系列）组织管理工作。在人才培养方面，联盟与相关院校、行业协会、企业共建人才培养基地，帮助院校构建半导体照明专业人才培养方案，在人社部的指导下出版了《半导体照明产业技能人才开发指南》；在人才输送方面，联盟组织半导体照明行业专场招聘会，积极推进校企合作“订单人才培养”项目；在人才评价、鉴定方面，联盟在人社部、科技部的指导下，组织开展半导体照明行业专业技术人员岗位能力认证工作，提升行业从业人员能力、素质。2013 年 7 月，联盟成立了人力资源服务工作委员会，委员会将整合行业、院校、专家资源，助力产业人才发展。

高质量的教材是人才培养的重要保障。鉴于联盟现有的人才工作基础及目

前院校半导体照明专业人才培养滞后于产业发展的现状,在人社部及教育部等部门的指导下,2013年联盟牵头组织半导体照明领域的专家、学者以及企业界的技术人才共同编写了《半导体照明技术技能人才培养系列丛书》,旨在提升院校人才培养质量,提升行业从业人员及拟从事该行业人员的能力与素质,致力于推进我国半导体照明产业的发展。

《丛书》按照半导体照明知识结构体系,根据半导体照明技术工艺特点,采用项目式体例编写。《丛书》分为中职、高职两个系列,共9册。中职系列以半导体照明关键岗位工艺操作为主,高职系列侧重于半导体照明关键岗位技术知识与操作工艺,满足半导体照明相关中、高职院校人才培养及企业生产一线技术人员学习、充电的需要。

《半导体照明技术技能人才培养系列丛书》

中职系列

《LED 封装与测试技术》	雷利宁	主编
《LED 应用技术》	杜志忠	主编
《LED 照明控制》	王巍	主编
《LED 灯具设计与组装》	林燕丹	主编

高职系列

《LED 驱动与智能控制》	孟治国	主编
《LED 封装技术》	梁伟	主编
《电气照明技术》	王海波	主编
《LED 测试技术》	姚善良	主编
《LED 照明设计》	林燕丹	主编

《丛书》中各分册分别由各主编统稿,由方志烈、周春生、李小红等专家进行了审稿。《丛书》的编写得到了人社部、教育部及行业专家等的指导,在此一并感谢。

国际半导体照明联盟	秘书长	吴玲
国家半导体照明工程研发及产业联盟	秘书长	

前言

LED照明控制
LED ZHAOMING KONGZHI

LED 是一种新型半导体固态光源，它可以直接把电能转换为光能，具有环保、节能、安全、寿命长等一系列优点，是 21 世纪新型绿色照明光源。随着新材料、新技术的发展和应用，人们对照明光源的质量和环境的的要求越来越高，LED 的突出性能表现，使其应用广泛，发展前景广阔。

本书属于中等职业学校光电技术应用系列教材，结合 LED 技术发展趋势和应用实际，考虑到作为中等职业学校电类专业相关课程的教学需要，本书按照项目教学法编写。

本书包含 LED 基础、LED 驱动与调光、LED 照明控制、LED 控制器和照明控制网络及综合实训五大部分，重点介绍 LED 的发光原理及特性、LED 驱动技术和调光方法、单片机 LED 控制系统等。本书编写具有以下特点：

第一，融入新的职业教育理念，采用新的课程结构形式，突出技能的学习和工程应用能力的培养。

第二，遵循学生认知规律，突出 LED 技术的应用性，根据中等职业学校的教学实际，设置了技能实训项目，提高了学生的动手能力。

第三，考虑企业的实际岗位需要，充分体现项目模块下的任务驱动、实践导向的课程思想，培养学生综合职业能力。

第四，在编写过程中着重注意引导学生对新知识、新标准的理解和应用，以帮助学生应用所学知识去解决实际的问题。

本书由天津工业大学电气工程与自动化学院王巍任主编，厦门集美职业技术学院杜志忠为副主编。王巍组织了全书的编写工作并编写了项目二，甘洵编写了项目一，孟治国编写了项目三，王宁编写了项目四和项目五的实训三和实训四，高艺娟编写了项目五的实训一和实训二，杜志忠为本书编写提供了宝贵建议，并对全书进行了认真的校对与审查。编写过程中得到国家半导体照明工程研发及产业联盟、天津工业大学和厦门集美职业技术学校等多方支持，在此一并表示感谢。

由于时间仓促、编者水平有限，书中不足之处难免，诚恳期待广大读者及有

关专家给予批评指正，以便修正。如果遇到技术方面的问题，请与作者取得联系，Email: wangweibit@tjpu.edu.cn。

编 者

目 录

LED照明控制
LED ZHAOMING KONGZHI

项目一	认知 LED 照明	1
任务一	LED 基础知识	1
知识点 1:	LED 发光原理	1
知识点 2:	LED 制作工艺	3
知识点 3:	LED 的特性	8
知识点 4:	LED 的产品优势	14
任务二	LED 照明产品与应用前景	15
知识点 1:	LED 照明产品介绍	15
知识点 2:	LED 的应用前景	23
知识点 3:	LED 新技术	24
任务三	LED 照明灯具	28
知识点 1:	LED 照明模组设计	28
知识点 2:	LED 照明灯具	31
思考与提高		34
实训一	LED 参数匹配实验	34
实训二	简易 LED 手电筒制作	36
项目二	LED 驱动与调光	38
任务一	LED 驱动技术	38
知识点 1:	LED 恒流驱动的基本方案	38
知识点 2:	市电供电的降压式 LED 驱动器	41
知识点 3:	LED 驱动电源的设计	49
任务二	LED 调光技术	58
知识点 1:	模拟调光	59

知识点 2: 晶闸管调光	60
知识点 3: PWM 调光	64
任务三 LED 驱动电源测试规范	66
知识点 1: 电气性能测试依据相关标准	66
知识点 2: 可靠性测试依据相关标准	68
知识点 3: 环境适应性测试依据相关标准	70
思考与提高	70
实训一 LM317 驱动电路的制作与测试	71
实训二 PT4115 驱动电路的设计与测试	74

项目三 LED 照明控制 77

任务一 传感器基础知识	77
知识点 1: 传感器及传感技术	77
知识点 2: 常用传感器简介	79
知识点 3: 传感器在 LED 灯具智能控制中的应用	90
任务二 单片机基础知识	92
知识点 1: 单片机的应用	92
知识点 2: 单片机基本电路	93
知识点 3: 系统接口控制原理	95
知识点 4: 单片机软件设计	98
思考与提高	99
实训一 光线感应 LED 灯制作	99
实训二 定时开关的 LED 灯制作	102
实训三 人体感应 LED 灯制作	107

项目四 LED 控制器及照明控制网络 117

任务一 LED 控制器	117
知识点 1: LED 控制器的常用控制规格	117
知识点 2: LED 控制器的种类	118
任务二 数字化照明控制技术	122
知识点 1: 基于微控制器的照明控制的优点	122
知识点 2: 照明专用单片机的设计与应用	123
知识点 3: PSoC 的设计与应用	128
任务三 照明控制网络	131

知识点 1: 常用照明协议和标准	131
知识点 2: 电力线载波通信技术及其应用	134
知识点 3: 照明的无线控制技术	138
知识点 4: LED 大规模控制技术	142
实训一 LED 节日彩灯控制器的设计与实现	145
实训二 RGB LED 调光器的制作与测试	151

项目五 综合实训 158

实训一 红外遥控球泡灯制作	158
项目基础 1: LED 球泡灯	158
项目基础 2: 红外遥控技术	159
项目基础 3: CD4017 简介	162
技能实训 1: LED 球泡灯制作	163
技能实训 2: 红外遥控开关的制作	165
实训二 LED 变色灯设计	167
项目基础 1: 变色的光学原理	168
项目基础 2: LED 变色灯的构成	168
项目基础 3: CD4060 简介	168
技能实训: LED 变色灯制作	170
实训三 多功能 LED 台灯制作	173
项目基础 1: 多功能 LED 台灯的总体设计方案	173
项目基础 2: DS18B20 简介	174
项目基础 3: DS1302 简介	175
技能实训: 多功能 LED 台灯制作	176
实训四 可变色温的筒灯制作	181
项目基础 1: 光源的色温	181
项目基础 2: 色温的调节方案	182
项目基础 3: HS6221 简介	185
技能实训 1: 筒灯的灯板制作	187
技能实训 2: LED 驱动电源制作	188
技能实训 3: 可变色温的筒灯制作	189

参考文献

项目一

认知 LED 照明

任务一 LED 基础知识

发光二极管 (Light-Emitting Diode, 简称 LED) 是一种能够将电能转化为光能的固态半导体器件, 它可以直接把电转化为光。1923 年, 罗塞夫 (O. W. Lossen) 在研究半导体 SiC 时, 发现掺有杂质的 PN 结中有光发射, 后来经过实验研制出了发光二极管, 但当时只是处于实验室研究阶段, 并没有受到外界重视。随着电子工业的快速发展, 在 20 世纪 60 年代, 显示技术得到迅速发展, 人们便研究出了商用 LED。早期的 LED 只能发出低光度的红光, 随着半导体的制作和加工工艺逐步成熟, 之后发展出了其他单色光的产品, 现在能发出的光波段范围已遍及可见光、红外线及紫外线等, 光度也极大地提高了。LED 也由最初阶段的指示灯、显示板等简单应用, 发展应用到了显示器、广告、装饰和照明等领域。



知识点1: LED 发光原理

LED 是半导体二极管的一种, 与普通二极管一样由一个 PN 结组成, 也具有单向导电性。当给发光二极管加上正向电压后, 从 P 区注入 N 区的空穴和由 N 区注入 P 区的电子, 在 PN 结附近数微米内分别与 N 区的电子和 P 区的空穴复合, 产生自发辐射光, 辐射光的强弱与回路电流大小有关, 如图 1-1 所示。不同的半导体材料中, 电子和空穴所处的能量状态不同。当电子和空穴复合时释放出的能量多少不同, 发出的光的波长也不同, 波长范围可遍及从紫外线到红外线的较广范围, 常用的是红光 LED、绿光 LED 或黄光 LED。

众所周知, 可见光光谱的波长范围为 $380\text{nm} \sim 760\text{nm}$, 是人眼可感受到的七种单色光: 红、橙、黄、绿、青、蓝、紫, 如图 1-2 所示。例如红光 LED 发的红光的峰值波长为 565nm 。

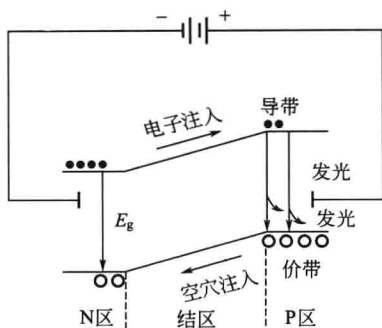


图 1-1 LED 的发光原理示意图

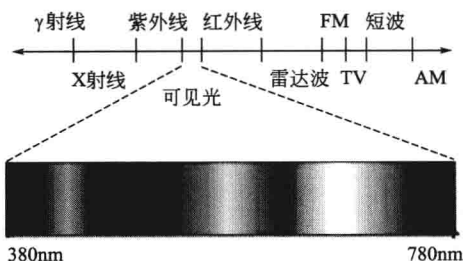


图 1-2 可见光波长范围

在可见光的光谱中是没有白色光的，因为白光不是单色光，它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是由三基色红、绿、蓝合成的。太阳光经过色散系统分光后，光谱图如图 1-3 所示。



图 1-3 太阳光光谱

在常见 LED 照明产品中应用较多的光源是白光 LED，而目前 LED 芯片大多为单色发光材料，如何制造出质量合格的白光 LED 也成为 LED 照明应用的关键技术之一。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：第一种是利用一个单色芯片与荧光粉配合形成白光，即单晶型白光 LED；第二种是多种单色光芯片混合方法，即多晶型白光 LED。这两种方法都能成功制成白光 LED。

单晶型白光 LED，即一只单色的 LED 发光二极管加上相应的荧光粉，就如同日光灯的发光方式一样，采用 LED 发光二极管激发荧光粉发光。通常采用两种激发方式：一种方式是蓝光 LED 激发黄色荧光粉产生白光，另一种方式是紫外线 LED 激发 RGB 三基色荧光粉来产生白光。目前，最常用的单晶型白光 LED 主要采用蓝光芯片激发黄色荧光粉的方式。

多晶型白光 LED，即使用两个或两个以上的互补单色 LED 所发出的单色光混合而形成白光。因为不同色彩的 LED 发光二极管的驱动电压、光输出、温度特性及寿命各不相同，因此使用多晶型 LED 产生白光的方式，比单晶型 LED 产生白光的方式复杂。也因 LED 发光二极管的数量多，使得多芯片型 LED 的成本较高。另外，若采用单晶型，则只要用一种单色 LED 即可，在驱动电路的设计