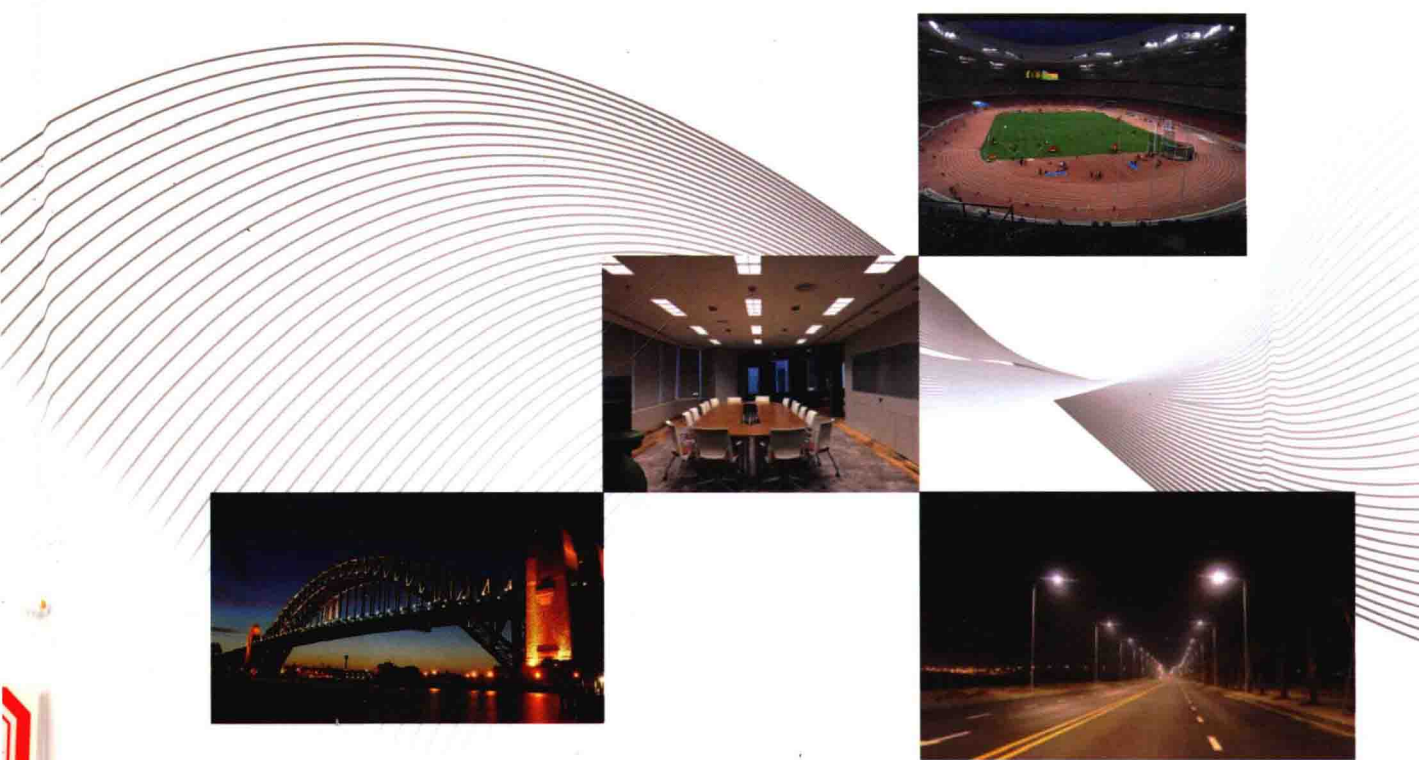


半导体光源（LED, OLED）及照明设计丛书

照明设计

——从传统光源到LED

周太明 等编著



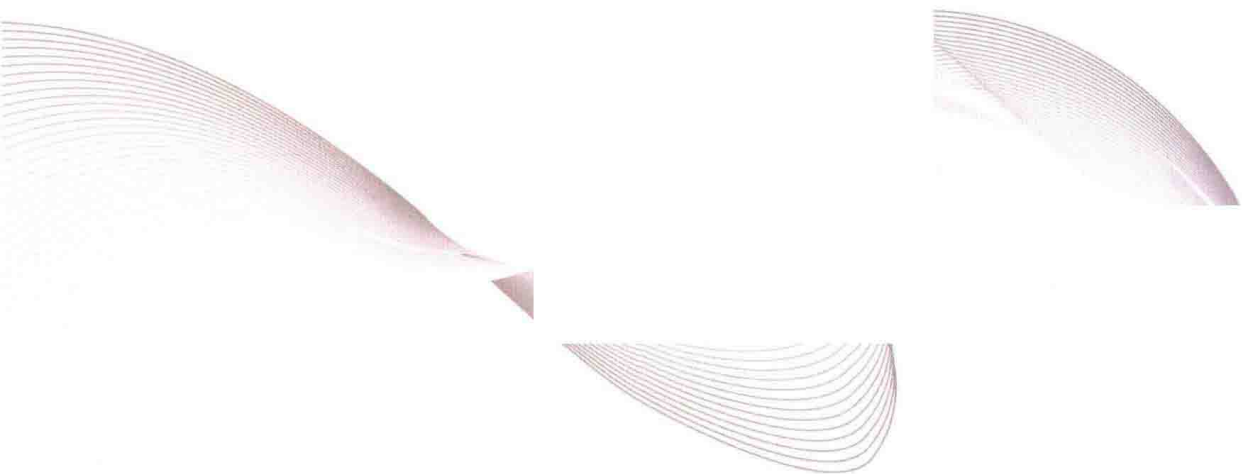
上海高校服务国家重大战略出版工程

半导体光源 (LED,OLED) 及照明设计丛书

照明设计

——从传统光源到LED

周太明 等编著



 复旦大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

照明设计:从传统光源到 LED/周太明等编著. —上海:复旦大学出版社,2015.12
(半导体光源(LED、OLED)及照明设计丛书)
ISBN 978-7-309-12018-9

I. 照… II. 周… III. 照明设计 IV. TU113.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 310020 号

照明设计:从传统光源到 LED

周太明 等 编著

责任编辑/范仁梅

复旦大学出版社有限公司出版发行

上海市国权路 579 号 邮编:200433

网址:fupnet@fudanpress.com <http://www.fudanpress.com>

门市零售:86-21-65642857 团体订购:86-21-65118853

外埠邮购:86-21-65109143

上海丽佳制版印刷有限公司

开本 787×1092 1/16 印张 37.25 字数 839 千

2015 年 12 月第 1 版第 1 次印刷

印数 1—5 100

ISBN 978-7-309-12018-9/T·559

定价:168.00 元

如有印装质量问题,请向复旦大学出版社有限公司发行部调换。

版权所有 侵权必究

内 容 提 要

半导体光源的快速发展引发了照明科技的革命，本书力求反映这场革命对照明设计的影响。书中详细阐述了照明基本概念的现状、各种照明应用的设计要点、光度量和色度量的计算及测量，以及照明控制和照明系统的经济分析。除讲述照明的视觉功能外，还简要介绍了照明的光生物功能；着重论述了LED光源、灯具以及其在室内外功能性照明和装饰性照明中的应用。本书注重理论联系实际，书中包含了不少LED照明应用的案例。本书可作为大学相关专业的教材，也可供从事照明设计和相关工作的工程技术人员、高等院校师生及科研人员参考。

编著人员名单

(按姓氏笔划为序)

许 敏 (光宇)

李福生 (复旦大学)

庄晓波 (时代之光)

辛 凯 (光宇)

陈文成 (欧司朗)

陈育明 (复旦大学)

邹龙生 (亚明)

沈海平 (复旦大学)

杨方勤 (中智城科技)

杨军鹏 (林洋)

汪建平 (艾特照明)

罗长春 (英飞特)

周太明 (复旦大学)

周 详 (林洋)

周 莉 (瑞健光电)

姚梦明 (飞利浦)

黄 峰 (飞利浦)



在上面的合影中,从左至右依次是:陈育明、邹龙生、沈海平、姚梦明、李福生、周详、范仁梅、杨军鹏、周太明、辛凯、黄峰、汪建平、陈文成、庄晓波、王仕银、杨方勤



Preface

Many English language books are available about lighting technology and lighting application. Only very few have been translated into the Chinese language. I am happy that my own 2015 “Road Lighting” book is now being translated in the Chinese language. Fortunately, already for a long time the book “Electric Lighting Design” written by the Chinese professor Tai-Ming Zhou et al of Fudan University has been “the basis for learning lighting” for many students and professionals active in lighting in China. China today has so many universities where lighting application and lighting technology is taught and investigated at an internationally high level. Many Chinese and international companies in China now have impressive research and lighting design facilities. It is therefore appropriate and fortunate that a group of Chinese lighting professionals with different backgrounds have written a very complete new lighting book.

In this era where traditional light sources are rapidly being replaced by LED light sources it is essential, even more than in the past, that lighting designers and professionals who take decisions about lighting have a thorough knowledge about both lighting hardware and lighting application. At this moment indeed we see all over the world impressive, energy saving LED lighting installations of high quality. It is however also true that, again all over the world, we also see disappointingly poor LED lighting installations



which not at all fulfill the high expectations of the customer. Upon inspection of these poor installations it is often the lack of knowledge of the designer that is to blame. Designing good lighting installations with LED light sources is clearly more difficult than it was with conventional light sources. If however one has the right knowledge, the results with LED light sources can be enormously impressive, sustainable and contribute to considerable energy savings.

This book: “Lighting Design — from traditional light sources to LED”, covers lighting hardware in terms of light sources, luminaires and lighting control devices. It describes the way of working and gives advices how to choose the right product for the different applications. As far as applications is concerned this book covers a very wide range of different applications including indoor lighting, road and tunnel lighting, urban nightscape lighting and sports lighting. A new subject that has come up during the recent past years is that of non-visual effects of light that are important for our health. Also this subject is covered in this book as well as the basics of vision.

If indeed we are serious about sustainability in lighting the subject of daylighting is indispensable in a modern book about lighting. Only by smart linking of daylight with artificial light we can design true sustainable lighting installations. It is therefore very good that also the subject daylight is dealt with in this book.

Since slightly more than 10 years I regularly lecture lighting application at Fudan University in Shanghai. The experience with my students there gives me the conviction that this book will be very suitable for them. My experience with lighting designers, engineers and researchers, consultants, decision makers and lamp developers all over the world, gives me the confidence that this book will also be an indispensable tool for this group of persons. I recommend this book full heartedly.

Prof. Wout van Bommel
Fudan University, Shanghai
Nuenen, the Netherlands
Former President CIE





序言 Foreword

照明是科学,也是艺术。通过科学的照明设计,采用高效、绿色的照明产品,创造出舒适、安全、经济的光环境,改善和提升人类的生活质量,体现现代文明与艺术,是照明设计的重要任务。

作为新的高效、生态光源,半导体照明已经确立了在照明产业变革中的主导地位。由于半导体照明具有数字化和可控性的特点,通过智能照明可以实现个性化的按需照明,同时光通讯、光网络的出现还使半导体照明不仅仅在位置服务、可穿戴电子等智能硬件中发挥作用,还将成为智慧城市的重要组成部分。由于光是地球上几乎一切生命存在的前提,基于波段可控选的半导体照明还将在农业、医疗等领域开启更大的发展空间,带给人类一个更加健康舒适的光环境,带来照明方式和灯具形式的变革。所有这些发展进步过程中,照明设计是最为重要的一环。

蔡祖泉教授创立的复旦大学电光源研究所和光源与照明工程系为我国新光源的诞生和照明事业的发展做出了重大的贡献,在国内外学术界和产业界享有盛誉,堪称国内照明界的“黄埔军校”。30年来,复旦大学培养了一批又一批的优秀专业人才,为我国的光源与照明产业的发展起到了重要的推动作用,在照明理论研究、新型光源应用、照明创新设计等研究方向形成了鲜明的特色和优势。

《照明设计——从传统光源到LED》一书,由周太明教授联合了复



旦大学的精英及上海的相关专家编著出版,紧跟科技产业最前沿,是上海高校服务国家重大战略出版工程中的一员。在半导体照明这一战略性新兴产业飞速发展的当下,本书从需求出发,通过设计引领应用、技术的创新,对于进而推动半导体照明产业的升级发展,可谓急产业之需,领行业以行。

如果说培育一个战略性新兴产业需要 20 年,那么我国半导体照明产业才刚刚走到一半。前十年我们解决了这一生态光源性价比优势的问题,后十年我们则要在按需照明、超越照明方面进行研发和布局,特别是要解决满足用户喜爱及个性化需求、体现高附加值的问题,这些都离不开设计。中国正处于工业化的中后期,相信本书不仅可以指导照明产业的发展,而且将渗透到人类生活的方方面面,甚至对我国大力推动的新型工业化、信息化、城镇化、农业现代化都将具深远意义。

吴 玲

国际半导体照明联盟主席

国家半导体照明工程研发及产业联盟秘书长

2015 年 10 月





前言 *Preface*

在本书即将付梓之际,我特别要感谢积极参与编写的青年学者们,正是他们对我的信任和鼓励,才使这部合作撰写的《照明设计》得以问世。

在此之前,我曾经主编过两本照明设计的书,并有幸成为复旦的教材。但时代的迅猛发展以及科学技术的日新月异,使教材内容的同步更新显得特别重要。这部《照明设计》的编纂,就是力求反映学界的最新研究成果,揭示由半导体光源所引发的照明革命。

半导体光源是继白炽灯、荧光灯和高强度放电灯之后的第四代光源。半导体光源光效高、寿命长,更重要的是它可控,能实现亮度和颜色的变化,是实现智能化照明最理想的光源。随着我国经济的快速发展,照明用电显著增加。我国政府从节能减排、保护环境、实现可持续发展的战略高度出发,适时启动了国家半导体照明工程;在有关部委的领导下,半导体光源在我国家居、商店、酒店、办公室、停车库、城市美化、道路和隧道等各种室内外照明中得到了广泛应用。这不仅大量节电,还提高了照明质量,有利于提高工作效率和身心健康;同时还可结合“互联网+”的应用,使照明控制更加智能便捷、照明管理更加高效科学。我们希望本书能反映照明设计随着光源技术不断进步的情况。

本书是集体劳动的结晶。陈文成和陈育明分别撰写了前两章,庄



晓波、邹龙生、周详和罗长春合作完成了第三章,黄峰和杨军鹏负责第四章,辛凯、许敏撰写了第五和第十一章,第六和第十二章由沈海平完成,第七章由李福生和周莉合作撰写,第八、第九和第十章分别由汪建平、杨方勤和姚梦明负责。王仕银在组织协调方面做了不少协助工作。对编著工作,梁荣庆教授一直很关心、支持,并给予了很大指导。

邴树奎、陈燕生、阮军、赵建平、李国宾、陈超中、俞安琪、郝洛西、施晓红、袁樵、林燕丹、李铁楠、王京池、吴春海、颜静仪、杨勇、姜允肃和何铁峰等专家审阅了书稿的有关章节,提出了宝贵的修改建议。对本书出版,光宇、欧普和乐雷等公司给予了鼎力支持,许富贵、熊克苍、丁龙、许斌、李志君、杨兰芳、徐红妹、王晓红、王娟、沈迎九、戴宝林和鲁广洲等给予了很多帮助。范仁梅老师在本书的申报过程中做了很多工作,为审稿和编辑付出了辛勤劳动。李振华老师二审了书稿。在此,表示诚挚的感谢。

衷心感谢国际照明委员会(CIE)前主席 Wout van Bommel 教授、国家半导体照明工程研发及产业联盟(CSA)吴玲秘书长在百忙中为本书作序。

我们要特别感谢上海市教育委员会、上海市新闻出版局将本书列入“2015 年上海高校服务国家重大战略出版工程”,感谢学校和出版社的倾情推荐。

所有编写人员都认识到这是一项光荣而富有意义的任务。希望我们的努力,没有辜负领导的信任和读者的期望。

周太明

2015 年 10 月



目录 Contents

Preface	1
序言	1
前言	1
第一章 照明基础	1
1.1 光度学基础	1
1.1.1 光的定义和特性	1
1.1.2 光度量及单位	3
1.1.3 辐射量和光度量的转换	6
1.2 视觉基础	8
1.2.1 人眼结构和视觉系统	8
1.2.2 光的视觉效应	10
1.2.3 颜色视觉理论	16
1.2.4 光的非视觉生物效应	17
1.3 色度学基础	22
1.3.1 色度系统	23
1.3.2 色温和相关色温	32
1.3.3 显色性	34
1.3.4 LED 的光色一致性	37
1.4 视觉光环境	42
1.4.1 照度和亮度水平	43
1.4.2 眩光及其评价方法	44
1.4.3 频闪及其评价方法	46
1.4.4 阴影与立体感	47

1.4.5 色彩效果	49
------------------	----

第二章 光源	51
---------------------	-----------

2.1 光的产生	51
2.2 热辐射光源	52
2.2.1 白炽灯	52
2.2.2 卤钨灯	55
2.3 气体放电灯	61
2.3.1 低气压放电灯	61
2.3.2 高气压放电灯	68
2.3.3 无极放电灯	87
2.4 固态光源	89
2.4.1 LED 光源	89
2.4.2 有机电致发光	99

第三章 灯具	106
---------------------	------------

3.1 灯具的控光器件	106
3.1.1 材料的反射、折射和透射特性	106
3.1.2 基本形式的反射器	110
3.1.3 基本形式的折射器	114
3.1.4 棱镜板	117
3.1.5 扩散器	117
3.1.6 遮光器	118
3.1.7 光导纤维、导光管和导光板	119
3.2 灯具的分类	122
3.2.1 按防触电等级分类	122
3.2.2 按防粉尘、防固体异物和防水分类	123
3.2.3 按上射/下射光通量分布分类	125
3.2.4 按光束角分类	126
3.3 灯具的种类	127
3.3.1 光源可替换灯具	127
3.3.2 室内照明灯具	130
3.3.3 室外照明灯具	133
3.4 灯具的光度学性能	138
3.4.1 灯具光强的空间分布	138
3.4.2 灯具的其他光度数据、图表	148
3.4.3 灯具光度学报告的主要指标	159
3.5 灯具的电学性能	170

3.5.1	输入功率	170
3.5.2	输入电压范围	170
3.5.3	输入电流	170
3.5.4	输入浪涌电流	170
3.5.5	功率因数	171
3.5.6	电流总谐波畸变率	172
3.5.7	输入浪涌电压	172
3.6	灯具的机械和热学性能	173
3.6.1	灯具的机械性能	173
3.6.2	灯具的热学性能	174
3.7	可互换的 LED 灯具	177
3.7.1	机械接口	178
3.7.2	光学接口	178
3.7.3	电气接口	180
3.7.4	热学接口	181

第四章 照明控制 182

4.1	概述	182
4.1.1	照明控制的作用	182
4.1.2	照明控制的术语	184
4.2	照明控制系统的控制参数和实现方法	184
4.2.1	开关控制的主要方式	185
4.2.2	亮度调节实现方法	185
4.2.3	颜色调节实现方法	186
4.2.4	色温调节实现方法	187
4.3	照明控制的系统架构	187
4.3.1	照明控制的系统架构介绍	187
4.3.2	智能照明控制网络接口	188
4.3.3	主要通信网络接口协议介绍	189
4.4	照明控制的策略	194
4.4.1	可预知时间表控制	194
4.4.2	不可预知时间表控制	194
4.4.3	天然采光的控制	195
4.4.4	亮度平衡的控制	195
4.4.5	维持光通量控制	195
4.4.6	作业调整控制	195
4.4.7	平衡照明日负荷控制	195
4.4.8	艺术效果的控制	196



4.5	照明控制系统功能和设计举例	196
4.5.1	办公照明控制系统	196
4.5.2	道路照明控制系统	198
4.5.3	景观照明控制系统	201
4.5.4	智能家居照明控制系统	203
第五章	照明计算	207
5.1	光通转移理论	207
5.1.1	直接光通转移	207
5.1.2	光的相互反射	211
5.2	平均照度的计算	214
5.2.1	维护系数 K	214
5.2.2	利用系数法求平均照度	215
5.2.3	由概算曲线求平均照度	218
5.3	点照度的计算	220
5.3.1	点光源直射照度的计算	220
5.3.2	线光源直射照度的计算	225
5.3.3	面光源照度的计算	235
5.4	亮度的计算	243
5.4.1	受照面为漫反射面	243
5.4.2	非漫反射面亮度的计算	245
5.5	计算机辅助计算	247
5.5.1	照明软件简介	247
5.5.2	计算机辅助照明计算	248
第六章	天然采光	251
6.1	太阳光、天空光和地面反射光	251
6.1.1	直射阳光	252
6.1.2	天空光的模型	253
6.1.3	地面反射光	256
6.2	天然采光室内照度的计算	257
6.2.1	流明法计算天然采光室内照度	257
6.2.2	采光系数法	268
6.3	天然采光的国家标准	272
6.4	天然采光的实施方法	276
6.4.1	侧窗采光	276
6.4.2	顶部采光	278
6.4.3	导光管采光系统	279

6.4.4	窗玻璃材料	281
6.5	天然采光与人工照明的结合	282
第七章	室内照明	284
7.1	办公室照明	284
7.1.1	办公室照明要素	285
7.1.2	大开间办公室照明	288
7.1.3	个人办公室照明	290
7.1.4	会议室及视频会议室照明	291
7.2	商业及展示照明	292
7.2.1	商业照明要素	292
7.2.2	商业照明方式	293
7.2.3	广告和橱窗展示照明	296
7.3	旅馆照明	298
7.3.1	旅馆照明要素	298
7.3.2	公共区域照明	299
7.3.3	客房区域照明	300
7.3.4	餐厅及娱乐设施照明	300
7.4	教育设施照明	302
7.4.1	教育设施照明要素	302
7.4.2	教室照明	305
7.4.3	图书馆照明	307
7.5	工业照明	309
7.5.1	工业照明要素	309
7.5.2	工业照明系统	311
7.5.3	特殊生产厂房照明	313
7.6	医院照明	314
7.6.1	医院照明要素	315
7.6.2	门诊照明	315
7.6.3	病房区照明	317
7.6.4	手术室照明	319
7.7	居住照明	320
7.7.1	居住照明要素	320
7.7.2	起居室照明	322
7.7.3	卧室照明	323
7.7.4	餐厅及厨房照明	323
7.7.5	盥洗室照明	324
7.8	博物馆、美术馆照明	324