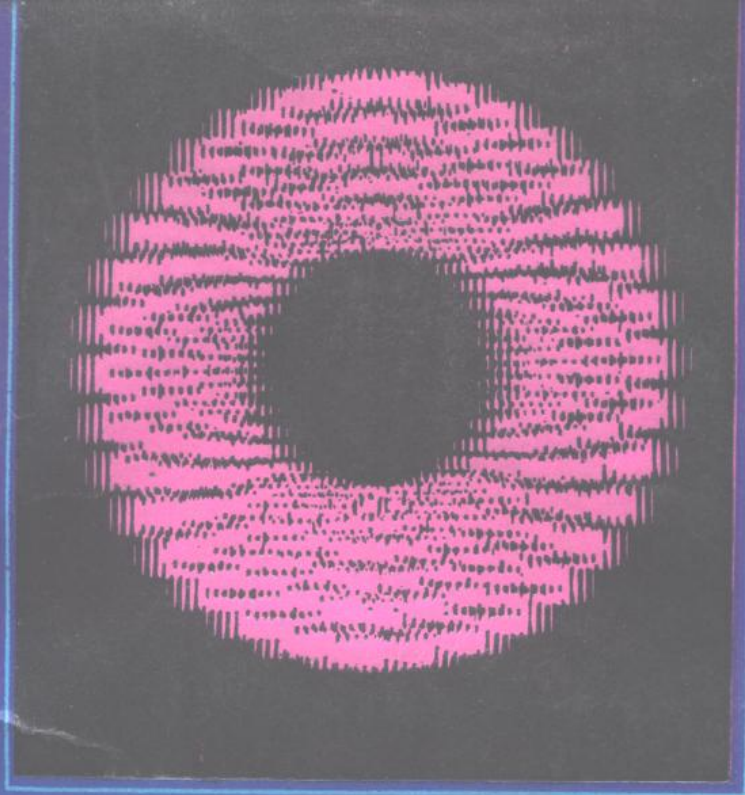




电光源原理概论

丁有生 郑继雨编

上海科学技术文献出版社

电光源原理概论

丁有生 郑继雨 编

上海科学技术文献出版社

(沪)新登字301号

电光源原理概论

丁有生 郑继雨 编

*

上海科学技术文献出版社出版发行

(上海市武康路2号 邮政编码200031)

全国新华书店经销

上海科技文献出版社昆山联营厂印刷

开本 850×1168 1/32 印张 15.25 字数 423,500

1994年4月第1版 1994年4月第1次印刷

印数: 1—4,500

ISBN 7-5439-0371-7/T·303

定价: 12.80元

《科技新书目》309-279

内 容 提 要

本书共分 16 章,较全面地阐述了电光源器件的发光机理和结构特性,对热辐射光源、气体放电光源、特种电光源等作了详细介绍。

本书富于实用性,可作电光源生产厂高(中)级工岗位培训、技术等级培训和电光源专业中专(技校)的教材,亦可供从事电光源工作的工程技术人员及管理人员参考。

本书为上海科学技术文献出版社 1992 年出版的《电光源制造工艺》的配套教材。

建设农村
培养人才

廖晓

1991.6.27

本书编写组名单

顾问 刘 彬 蒋礼达
组长 徐永鑫 成志行
编者 丁有生 郑继雨

本书审稿名单

复旦大学 蔡祖泉教授 陈大华副教授
轻工部电光源材料研究所 戴彤学高级工程师
杭州灯泡厂 卢养武高级工程师
南京灯泡厂 邱庆仪工程师 李荫煊工程师
宝鸡灯泡厂 张 岚工程师
上海亚明灯泡厂 夏师华讲师
上海机械工业学校 甄嘉新讲师
上海轻工业局教育处 朱高荣调研员 金长娣工程师 张士正工
程师
上海轻工教育研究会 杨 逸秘书长
上海电光源公司 刘 彬总工程师 王国兴经济师 俞尧根技师
上海光耀电影照相器材厂 胡国器高级工程师
上海电光源材料总厂 鲁自逸高级工程师
上海特种灯泡厂 王一芬高级工程师 蒋礼达工程师
上海灯泡三厂 王觉生总工程师 顾宝兴工程师
上海玻璃公司教育中心 陈鑫华讲师 钱瑾英讲师
永生制笔服务有限公司 夏士杰讲师
上海造纸公司 吕家廉讲师

前 言

为适应我国照明电器工业飞速发展的形势，满足电光源专业中等教育和工厂高、中级技工培训教材的迫切需要，我们将十多年交流使用的本专业课程讲义经反复修改后，编写了这本教材，并采纳本行业专家们的建议将本教材定名为《电光源原理概论》。

在人类照明历史上，至今已经历了三个发展阶段，即采用日光、月光的天然照明阶段；使用篝火、油灯、蜡烛和煤气灯的火光照明阶段；以及发展到今天的利用电能的电气照明阶段。本教材阐述的是将电能转换成光能的各种各样电光源器件的发光机理和结构特性。

就其发光机理和结构特点而言，各种电光源器件可归纳为以下几类：

一、热辐射光源

1. 白炽灯

2. 卤钨灯

二、气体放电光源

1. 低气压放电灯

例如：(1) 低压水银荧光灯；(2) 低压钠灯；(3) 低压高频无极放电灯。

2. 高气压放电灯

例如：(1) 高压汞灯；(2) 高压钠灯；(3) 金属卤化物灯；(4) 脉冲氙灯。

3. 超高气压放电灯

例如：(1) 超高压汞灯；(2) 超高压氙灯。

三、特种电光源

例如：(1) 激光光源；(2) 场致发光光源；(3) 半导体光源；

(4) 化学光源。

本课程是电光源专业的一门主要专业课。其主要任务一方面是研究辐射体内部的微观过程和宏观基本性质,亦即各类光源的发光机理和光电特性;另一方面也介绍一些光源技术中的新工艺、新发展,并在实验和实习的直观感性认识的基础上,达到全面了解,基本熟悉现代各类电光源特性之目的。这对于学生在今后的工作实践中创造出高效率、长寿命、低成本的各类新光源提供了坚实的理论基础。

本书第1章至第8章及第15章、第16章由丁有生编写,第9章至第14章由郑继雨编写,习题和试题由丁有生、郑继雨共同汇编。

本书在编写出版过程中得到河北轻工业学校、湖北省沙市轻工业学校和上海电光源公司及有关同志的大力支持和帮助,上海机械工业学校甄嘉新老师也对本书的出版给予了热情帮助,在此一并表示谢意。

由于编者水平所限,书中错误和不妥之处,敬请读者批评指正。

编 者

1993年6月

目 录

第1章 光源的基本特性	1
§ 1-1 光源的辐射特性	2
§ 1-1-1 辐射能量、辐射通量、辐射强度	2
§ 1-1-2 辐射出度、辐射亮度	4
§ 1-1-3 光谱辐射量(辐射量的光谱密度)	6
§ 1-2 光源的照明特性	7
§ 1-2-1 人眼的视觉	7
§ 1-2-2 光度量及其单位	10
§ 1-2-3 发光效率	17
§ 1-2-4 光源的色表和显色性	18
§ 1-3 光源的电气特性和寿命	22
§ 1-3-1 光源的电气特性	22
§ 1-3-2 灯的寿命	24
习题	26
第2章 热辐射	28
§ 2-1 基尔霍夫定律与绝对黑体	29
§ 2-1-1 普雷伏定则	29
§ 2-1-2 基尔霍夫定律	30
§ 2-1-3 绝对黑体	31
§ 2-2 黑体辐射	32
§ 2-3 实际物体的辐射	35
§ 2-4 辐射体的发光效率	38
习题.....	40
第3章 真空白炽灯	41
§ 3-1 白炽灯概述	41
§ 3-1-1 白炽灯的历史	41

§3-1-2 白炽灯的结构	42
§ 3-2 白炽辐射体(灯丝)	44
§3-2-1 灯丝材料与形状	44
§3-2-2 钨的主要性质	46
§ 3-3 真空白炽灯的光效与寿命	49
§3-3-1 真空白炽灯中的能量平衡	49
§3-3-2 真空中白炽钨丝的蒸发与寿命	50
§ 3-4 真空中的螺旋灯丝	52
§ 3-5 灯内杂质气体的影响	54
§ 3-6 导丝和支架对白炽灯丝的冷却作用	57
习题	59
第 4 章 充气白炽灯	60
§ 4-1 充气灯中的朗缪尔层模型	60
§ 4-2 充气灯中的气体热损耗	63
§ 4-3 充气灯中钨的蒸发	65
§4-3-1 钨原子的扩散损失	65
§4-3-2 与真空中钨蒸发相比较	67
§ 4-4 充气灯的光效与寿命	68
习题	70
第 5 章 卤钨白炽灯	71
§ 5-1 卤钨循环基本原理	71
§5-1-1 卤素与钨反应的基本形式	71
§5-1-2 卤钨循环机理	74
§ 5-2 卤钨循环剂	80
§5-2-1 卤钨循环剂分类	80
§5-2-2 卤素与卤化氢循环剂	81
§5-2-3 卤甲烷类循环剂	83
§5-2-4 其它类循环剂简介	86
§ 5-3 卤钨灯的设计特点	87
§5-3-1 卤钨灯的充气	87
§5-3-2 卤钨灯泡壳和结构	89

习题	92
第6章 白炽灯灯丝设计	93
§ 6-1 白炽灯的能量平衡	93
§ 6-2 灯丝设计的统一公式	96
§ 6-2-1 芯线系数与螺距系数的选取	96
§ 6-2-2 统一公式的导出	97
§ 6-2-3 灯丝设计的一般步骤	101
§ 6-2-4 灯丝设计的比参数公式	103
§ 6-3 白炽灯丝设计的经验公式	105
§ 6-4 白炽灯丝的外推法计算	107
习题	112
第7章 白炽灯的特性及应用	113
§ 7-1 白炽灯的类别及性能	113
§ 7-1-1 白炽灯的分类	113
§ 7-1-2 白炽灯的特性参数	118
§ 7-1-3 白炽灯的运用特性	119
§ 7-2 汽车用的白炽灯	124
§ 7-2-1 汽车前灯	124
§ 7-2-2 辅助灯泡	127
§ 7-2-3 仪表灯	127
§ 7-3 白炽光源的改进与发展	132
习题	140
第8章 气体放电光源基础	141
§ 8-1 电子发射	141
§ 8-2 原子的辐射光谱	145
§ 8-2-1 原子结构与原子能级	145
§ 8-2-2 原子光谱的规律性	150
§ 8-2-3 多电子原子的光谱	153
§ 8-3 气体放电过程及类型	156
§ 8-3-1 气体放电中的基本过程	156
§ 8-3-2 气体放电类型	160

§8-3-3 低气压放电正柱特性·····	161
§8-3-4 高气压放电正柱特性·····	162
§8-4 气体放电的辐射发光·····	163
§8-4-1 不同工作气压、电流密度下的气体放电的发光·····	163
§8-4-2 产生共振辐射的有利条件·····	164
§8-4-3 发光物质的选择·····	166
§8-5 气体放电灯在电路中的工作·····	167
§8-5-1 放电灯的启动·····	167
§8-5-2 气体放电灯的稳定工作·····	171
习题·····	176
第9章 低压汞灯 ·····	178
§9-1 低压汞蒸气放电·····	178
§9-2 惰性气体的作用及其选择·····	184
§9-3 管径、管长及电流密度对 η_{2537} 的影响·····	186
§9-4 紫外线低压汞灯·····	188
§9-4-1 热阴极弧光放电低压汞灯·····	188
§9-4-2 冷阴极辉光放电低压汞灯·····	189
习题·····	195
第10章 低压水银荧光灯 ·····	196
§10-1 低压水银荧光灯的结构与工作原理·····	196
§10-2 荧光灯用电极·····	201
§10-2-1 低气压放电对热阴极的要求·····	201
§10-2-2 阴极的结构和特点·····	201
§10-2-3 阴极灯丝的设计·····	202
§10-2-4 氧化物阴极的发射机理·····	203
§10-2-5 电子粉的配制·····	205
§10-2-6 电子粉的涂敷·····	206
§10-2-7 阴极的分解与激活·····	208
§10-3 荧光粉·····	209
§10-4 荧光灯的特性与应用·····	216
§10-4-1 特性·····	216

§10-4-2 应用	221
§ 10-5 大功率和小功率荧光灯	222
§10-5-1 大功率荧光灯	222
§10-5-2 小功率荧光灯	227
§ 10-6 异形荧光灯	227
§10-6-1 环形荧光灯	227
§10-6-2 U形荧光灯	229
§10-6-3 H形荧光灯	229
§10-6-4 缝隙式荧光灯	230
§10-6-5 泡状荧光灯	231
§10-6-6 3W 经济荧光灯	234
§ 10-7 防止汞污染的几种荧光灯	235
§10-7-1 金属镍管释汞器	236
§10-7-2 用氧化汞代替液汞	237
§10-7-3 汞齐荧光灯	237
§10-7-4 无汞荧光灯	239
习题	244

第 11 章 高压汞灯.....246

§ 11-1 高压汞蒸气放电和高压汞灯的结构	246
§11-1-1 高压汞蒸气放电的特点	246
§11-1-2 高压汞灯的结构	249
§ 11-2 高压汞灯的光效	253
§11-2-1 单位弧长热损耗功率的推导	253
§11-2-2 高压汞灯的辐射效率	255
§11-2-3 高压汞灯的光效	256
§ 11-3 高压汞灯的设计	257
§11-3-1 汞的蒸气压	257
§11-3-2 确定灯的电参数	259
§11-3-3 选定灯的管壁负载	259
§11-3-4 汞量 M 的计算	260
§ 11-4 高压汞灯的电极	261
§ 11-5 高压汞灯的启动和寿命	264

§ 11-6 高压汞灯的光色和使用	270
习题	276
第 12 章 超高压汞灯	277
§ 12-1 超高压汞蒸气放电	277
§ 12-2 超高压汞灯的结构和设计	282
§ 12-2-1 结构	282
§ 12-2-2 超高压汞灯的设计	284
§ 12-3 超高压汞灯的启动	290
习题	295
第 13 章 低压钠灯	297
§ 13-1 钠的性质与低压钠蒸气放电	297
§ 13-1-1 钠的性质	297
§ 13-1-2 低压钠蒸气放电	298
§ 13-2 低压钠灯的光效	302
§ 13-3 低压钠灯的结构和设计	306
§ 13-3-1 低压钠灯的结构	306
§ 13-3-2 低压钠灯的设计	311
§ 13-4 低压钠灯的特性和应用	317
§ 13-4-1 启动特性	317
§ 13-4-2 工作特性	321
§ 13-4-3 灯的应用	322
习题	324
第 14 章 高压钠灯	325
§ 14-1 高压钠蒸气放电	325
§ 14-1-1 高压钠蒸气放电与高压汞蒸气放电的相同点与不同点	325
§ 14-1-2 高压钠灯的优点和应用	327
§ 14-1-3 高压钠灯研究成功较晚的原因	327
§ 14-2 高压钠灯的结构和种类	328
§ 14-2-1 高压钠灯的结构	328
§ 14-2-2 高压钠灯的种类	331

§ 14-3 高压钠灯的光效与显色性	334
§ 14-4 高压钠灯的充气与充汞	338
§14-4-1 充气	338
§14-4-2 充汞	341
§ 14-5 高压钠灯的封接问题	344
§14-5-1 封接材料	345
§14-5-2 封接结构和机理	347
§14-5-3 封接中的质量问题	348
§ 14-6 高压钠灯的设计要点	349
§14-6-1 试验法	350
§14-6-2 计算机设计程序	350
§ 14-7 高压钠灯的特性和使用	352
§14-7-1 启动特性	352
§14-7-2 启动方式	353
§14-7-3 工作特性	357
习题	361
第 15 章 金属卤化物灯	362
§ 15-1 金属卤化物灯的基本原理	362
§ 15-2 金属卤化物灯的种类和特性	365
§ 15-3 汞在金属卤化物灯中的作用	370
§ 15-4 钠-铊-铟灯	373
§15-4-1 钠(Na)-铊(Tl)-铟(In)灯光效高的原因	373
§15-4-2 灯的形状	374
§15-4-3 Na-Tl-In 灯的光谱特点	376
§15-4-4 灯的使用及存在的问题	379
§ 15-5 稀土金属卤化物灯	382
§15-5-1 稀土金属卤化物灯的特点	382
§15-5-2 电弧的收缩问题	392
§15-5-3 灯的形状及添加剂的选择	394
§15-5-4 灯对电源电压的要求	397
§ 15-6 超高压铟灯和分子发光灯	400

§15-6-1 超高压钠灯	400
§15-6-2 分子发光灯	403
§15-7 特殊用途的金属卤化物灯	403
§15-8 金属卤化物灯的特殊问题	415
§15-8-1 电极问题	415
§15-8-2 启动问题	417
§15-8-3 重复着火问题	418
§15-8-4 电解问题	421
§15-8-5 金属的损失问题	421
§15-8-6 金属卤化物的制备和填充	422
§15-9 小功率金属卤化物灯介绍	424
§15-9-1 小功率金属卤化物灯的特性	424
§15-9-2 小功率金属卤化物灯的设计要点	424
§15-9-3 小功率金属卤化物灯的展望	428
习题	430
第16章 氙灯	432
§16-1 高压氙气放电的一般特性	432
§16-1-1 低气压氙气放电的情况	432
§16-1-2 高压氙气放电的特点	432
§16-1-3 氙灯的分类	436
§16-2 长弧氙灯	436
§16-2-1 长弧氙灯的结构与设计	436
§16-2-2 长弧氙灯的性能与用途	440
§16-3 短弧氙灯	443
§16-3-1 短弧氙灯的结构和电弧的稳定问题	443
§16-3-2 短弧氙灯的光电特性	445
§16-3-3 短弧氙灯的设计	449
§16-3-4 水冷电极大功率短弧氙灯	452
§16-3-5 短弧氙灯的规格和应用	454
§16-4 脉冲氙灯	457
习题	464
参考文献	465

第1章 光源的基本特性

我们几乎天天跟光打交道，但对光的本质认识却是逐步形成的。

光是一种电磁波，若把各种形式的电磁辐射按波长的次序排列，可以列成电磁波谱，最短的如宇宙射线，其波长只有 10^{-14} — 10^{-18}m ，最长的如交流电，其波长可达 10^8m ，如图1-1所示。从图

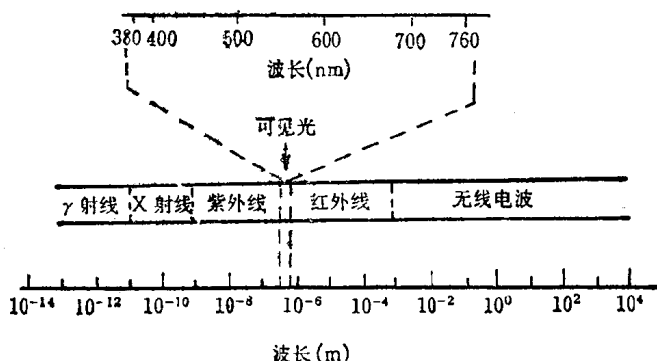


图 1-1 电磁波谱

中可看出，光在电磁波中只占很小一部分，它的波长区间约从几个nm($1\text{nm} = 10^{-9}\text{m}$)到1mm左右。这些光并不是都能看得见的，人眼所能看见的只是其中的一部分，我们把这一部分称为可见光。而在不可见光中，把波长比紫光短的光称为紫外线，比红光长的光叫做红外线。表1-1列出紫外、可见和红外光区的大致的波长范围。波长小于200nm的光之所以称为真空紫外，是因为这部分光在空气中很快被吸收，因此，只能在真空中传播。

现在常用的光波波长单位是 μm 、nm和 $\text{\AA}$ (埃)，它们之间的关系是： $1\mu\text{m} = 10^3\text{nm} = 10^4\text{\AA}$ 。

1107093

• • •