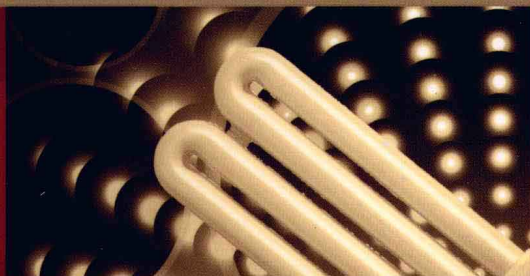




新能源及高效节能应用技术丛书

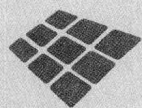
荧光灯 制造实用技术



乔更新 吴志平 编著



人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS



新能源及高效节能应用技术丛书

荧光灯 制造实用技术

乔更新 吴志平 编著

人民邮电出版社
北京

图书在版编目 (C I P) 数据

荧光灯制造实用技术 / 乔更新, 吴志平编著. — 北京: 人民邮电出版社, 2012. 1
(新能源及高效节能应用技术丛书)
ISBN 978-7-115-26927-0

I. ①荧… II. ①乔… ②吴… III. ①荧光灯—制造
IV. ①TM923. 321. 5

中国版本图书馆CIP数据核字(2011)第236877号

内 容 提 要

本书既注重对荧光灯工艺理论的系统分析, 又注意将这些理论用于技术实践, 并重点引入了国内外 20 多年来在工艺理论和技术研究方面取得的一些新成果。本书着重对荧光灯制造过程中的 PEO—Al₂O₃ 黏结剂配制、粉浆配制与调整、涂粉与烤管、喇叭与芯柱制造、封口与排气、装头与老炼等工艺原理, 以及工艺过程、技术难点和质量缺陷作了全面的剖析和阐述, 并对荧光灯在燃点质量方面的问题作了重点探讨。

本书是一本荧光灯制造和工艺研究方面的技术专著, 可作为大专院校电光源专业学生及教师参考用书。

新能源及高效节能应用技术丛书

荧光灯制造实用技术

-
- ◆ 编 著 乔更新 吴志平
责任编辑 毕 颖
 - ◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市崇文区夕照寺街 14 号
邮编 100061 电子邮件 315@ptpress.com.cn
网址 <http://www.ptpress.com.cn>
三河市海波印务有限公司印刷
 - ◆ 开本: 787×1092 1/16
印张: 21.5
字数: 516 千字
印数: 1—3 000 册
- 2012 年 1 月第 1 版
2012 年 1 月河北第 1 次印刷

ISBN 978-7-115-26927-0

定价: 58.00 元

读者服务热线: (010)67129264 印装质量热线: (010)67129223

反盗版热线: (010)67171154

广告经营许可证: 京崇工商广字第 0021 号

前 言

书，真是个好东西，读的书多了，给员工和技术人员讲的课多了，就想把知识和经验像冰糖葫芦一样串起来，让更多的人分享我们甜美的果实。

这本书是从 2004 年开始构思的。由于笔者大部分时间都是作为一线的工程师忙于生产工艺，白天很少有时间动笔或整理思路，直到 2011 年底，本书才得以完稿，所以本书也算是“七年陈酿”吧！

把荧光灯做亮很简单，但要做出精品荧光灯并不容易。于是，人们就想用最新的技术成果来提升自己产品的品质，书便是这些技术成果的传播者。最近 30 年来，有关荧光灯方面的技术专著很少，一线的工程师不愿把自己的经验和技能整理出来，而写书的人又大多是高等学府的研究专家，离生产一线毕竟还有一段距离。人们迫切地需要有人能在科学理论研究与工艺实践之间架起一座桥梁，让先进的工艺理念和生产技术直通生产车间。与此同时，越来越多的技术人员正在走向工艺和研发岗位，这些人的素质需要提高，再加上 LED 灯不断地渗入到传统的荧光灯照明领域，保证荧光灯制造业稳定、快速地发展就成了当务之急，行业发展的需要也成了本书得以出版的要因之一。

本书没有过多地介绍荧光灯发光和设计理论，而是用了极大的篇幅介绍最新的工艺和技术，如涂粉工艺中的黏度与比重配合问题、烤管温度设计问题、中心盘研磨与检测技术等都是第一次阐述。另外，本书还引入了飞利浦软化点概念，同时对过去一些错误的工艺理念进行了纠正，对不完善的理论进行了修正。

本书在撰写与资料收集整理过程中得到了龚建忠、王日升、谢文山等三位工程师给予的许多支持和帮助。在本书成稿之后，金陵光源的黄晓明副总为本书大部分章节的错误之处做了指正，李春玲为本书的图片制作处理付出了辛勤的劳动，乔新华、李保霞、叶丽美、申屠益林、赵露、范杭丽、丁丽阳、马东丽等为本书做了数十万字的文字输入，在此笔者一并表示深深的感谢。

另外，还要感谢程道富老师、张允娥老师、杨来顺高工、**刘国新**厂长、陈大华教授和甘彩英总裁。

本书由乔更新负责撰稿，吴志平负责全面的审核和脱稿前最后的校订。

由于我们的水平有限，书中谬误和不足之处在所难免，敬请读者能提出宝贵的意见和建议。

作者

2011 年 11 月于浙江金陵光源

目 录

第 1 章 荧光灯的放电与发光	1
1.1 光的基本原理	1
1.1.1 光的干涉与衍射	1
1.1.2 偏振光	2
1.1.3 光的双折射	3
1.1.4 光的散射与色散	3
1.1.5 光谱	4
1.1.6 维恩位移与普朗克假设	4
1.1.7 爱因斯坦的光子理论	5
1.2 灯中气体——从绝缘到导电	5
1.2.1 荧光灯工作原理	5
1.2.2 激发与电离	6
1.2.3 亚稳态跃迁与潘宁效应	7
1.2.4 带电粒子的运动与消失	8
1.3 气体放电	8
1.3.1 气体放电的全伏安特性	8
1.3.2 汤生雪崩与二次过程	9
1.3.3 着火电压与巴邢定律	10
1.3.4 辉光放电	10
1.3.5 弧光放电	12
1.3.6 等离子体正柱区	13
1.3.7 电极与电子发射	14
1.3.8 气体放电的负阻特性	16
1.4 汞蒸气压与填充气体	17
1.4.1 汞蒸气压	17
1.4.2 惰性气体的作用	18
1.5 管径与放电管长度	20

荧光灯制造实用技术

1.5.1	管径对放电的影响	20
1.5.2	灯的长度设计	21
1.6	镇流器与启辉器	22
1.6.1	电感镇流器	22
1.6.2	启辉器结构与原理	23
1.6.3	电子镇流器原理	23
1.6.4	集成电路概述	25
第2章	荧光灯产品	26
2.1	双端直管型荧光灯	26
2.1.1	直管灯的综合评价	26
2.1.2	双端直管型荧光灯国家标准	27
2.2	环形与双环形荧光灯	32
2.2.1	环形灯综合评价	32
2.2.2	环形灯的国标与企标	33
2.2.3	双环形灯的企业标准	35
2.3	紧凑型单端节能荧光灯管	36
2.3.1	节能灯综述	36
2.3.2	型号与外观	37
2.3.3	双管类节能灯	38
2.3.4	四管及多管类节能灯	39
2.3.5	2D形单端荧光灯	41
2.3.6	蝴蝶形灯的美学设计	42
2.4	普通照明用自镇流荧光灯	43
2.4.1	型号编写规则	43
2.4.2	灯的一般要求	44
2.4.3	几种U形自镇流荧光灯的外形及特性	45
2.4.4	螺旋型荧光灯	46
第3章	荧光粉	49
3.1	发光学基础	50
3.1.1	结构缺陷与能带	50
3.1.2	发光学定律	52
3.1.3	荧光粉的技术要求	53
3.2	卤磷酸钙荧光粉	56
3.2.1	制灯工艺对荧光粉的要求	57
3.2.2	卤粉的掺杂	57
3.2.3	卤粉的原料	58
3.2.4	高温结晶	59

3.2.5	粉碎与清洗	60
3.2.6	免球磨高效卤粉	61
3.3	三基色荧光粉	62
3.3.1	三基色荧光粉概述	62
3.3.2	铕 (Eu^{3+}) 激活的氧化钇红粉	63
3.3.3	铈、铽 (Ce^{3+} 、 Tb^{3+}) 共激活的绿粉	64
3.3.4	铕 (Eu^{3+}) 激活的蓝粉	66
3.3.5	高显色性灯用荧光粉	68
3.3.6	三基色荧光粉的配比	69
3.3.7	三基色荧光灯的光衰问题	70
3.3.8	三基色荧光灯的成本问题	71
3.3.9	制灯过程中应注意的几个问题	72
第4章	荧光粉涂层技术	74
4.1	曾经的水涂粉	74
4.1.1	水溶性黏结剂概述	74
4.1.2	羧甲基纤维素铵胶液	75
4.2	去离子水工艺简述	76
4.2.1	水的硬度	76
4.2.2	软化水原理	77
4.2.3	离子交换树脂的再生	78
4.3	PEO 胶液的制备	79
4.3.1	PEO 的性质	79
4.3.2	PEO 胶液	80
4.4	纳米氧化铝溶胶的制备	82
4.4.1	纳米氧化铝的作用	82
4.4.2	水溶胶	83
4.4.3	纳米氧化铝	85
4.5	荧光粉浆的配制	87
4.5.1	胶接的基本原理	87
4.5.2	荧光粉的球磨	88
4.5.3	粉浆的配制	89
4.5.4	粉浆中的表面活性剂	91
4.6	荧光粉涂敷	94
4.6.1	玻管清洗	94
4.6.2	水涂粉工艺	95
4.6.3	螺旋灯涂粉技术	104
4.7	擦粉工艺	106
4.8	烤管工艺	106

荧光灯制造实用技术

4.8.1	烤管工艺原理	107
4.8.2	箱式与隧道式烤管机	109
4.8.3	煤气烤管机	110
4.8.4	示温剂	112
4.9	荧光粉涂层的加固	112
4.9.1	玻管内表面的处理	112
4.9.2	加固剂	112
第5章	氧化物阴极的制备	117
5.1	氧化物阴极的制备	117
5.1.1	灯丝材料	117
5.1.2	氧化物阴极材料的性能	118
5.1.3	三元碳酸盐的制备工艺	119
5.1.4	电子粉共晶盐的合成理论	121
5.1.5	电子粉浆的制备	122
5.2	绷丝与电子粉涂覆	123
5.2.1	点焊绷丝	123
5.2.2	电泳涂电子粉	125
5.2.3	压接绷丝与浸涂电子粉	126
5.2.4	电子粉的称量天平	128
5.3	阴极灯丝的设计	130
5.3.1	灯丝电极的设计原则	130
5.3.2	双螺旋灯丝的设计	131
5.3.3	主辅式三螺旋灯丝的设计	132
5.3.4	灯丝的形状	134
5.4	新型阴极的研究	134
5.4.1	无灯丝热阴极	134
5.4.2	双灯丝热阴极	135
5.4.3	陶瓷阴极	136
第6章	喇叭与芯柱制造	137
6.1	排气管和喇叭管	137
6.1.1	排气管	137
6.1.2	喇叭管	138
6.2	喇叭制造技术	138
6.2.1	荧光灯喇叭的技术描述	138
6.2.2	喇叭管加热和扩口	139
6.2.3	SO ₂ 的作用	141
6.2.4	喇叭的淬火	142

6.2.5	喇叭切割技术	143
6.2.6	光焰抛光	144
6.2.7	喇叭的筛选	145
6.2.8	喇叭疵点与炸喇叭	145
6.3	芯柱成型技术	147
6.3.1	加热与熔合	148
6.3.2	压扁	150
6.3.3	吹孔和吹肩	151
6.3.4	冷却	152
6.4	芯柱退火	153
6.4.1	芯柱的热致应力	153
6.4.2	玻璃退火原理	155
6.4.3	芯柱退火工艺	156
6.5	应力仪与应力检测	157
6.5.1	应力仪结构与使用	157
6.5.2	芯柱应力分析	158
6.6	芯柱的慢性漏气	159
6.6.1	杜美丝结构	159
6.6.2	漏气的分类	159
6.6.3	熔封杜美丝问题	160
6.6.4	杜美丝封接工艺的优化	161
6.7	电接导丝工艺	162
6.7.1	焊接原理	162
6.7.2	闪光焊接的过程分析	163
6.7.3	电路元件对焊接质量的影响	164
6.7.4	导丝的质量要求	164
第7章	封口、对接与弯制工艺	165
7.1	封口工艺对材料的要求	165
7.1.1	对膨胀系数的要求	165
7.1.2	对软化温度的要求	165
7.1.3	对喇叭芯柱的要求	166
7.1.4	对外玻管的要求	166
7.2	封口机	166
7.2.1	手工封口机	166
7.2.2	半自动封口机	167
7.2.3	双机联动自动封口机	167
7.2.4	单机全自动线封口机	168
7.3	落料式封口工艺	169

荧光灯制造实用技术

7.3.1	自动封口机的工艺过程	169
7.3.2	封口的质量要求	170
7.3.3	落料式封口的质量缺陷	170
7.3.4	无尾杆封口技术	171
7.4	对接式封口工艺	173
7.4.1	精切与缩口	174
7.4.2	对接式封口机结构	175
7.4.3	工艺过程与调整	176
7.5	过桥对接技术	178
7.5.1	平顶技术	178
7.5.2	手工接桥技术	179
7.5.3	自动接桥技术	181
7.5.4	双环形灯管的对接	182
7.6	紧凑型灯管的弯制技术	183
7.6.1	U形与Π形管的弯制	183
7.6.2	D灯的弯制	185
7.6.3	螺旋灯管的弯制	186
7.7	环形灯的弯制	189
7.7.1	手工与平面自动弯管	190
7.7.2	弯排联合机的工艺与设备	191
7.7.3	常见质量问题及主要措施	194

第8章 真空技术

8.1	真空物理基础	196
8.1.1	真空度	196
8.1.2	气体的运动	197
8.1.3	蒸气	199
8.1.4	气体的吸附和吸收	200
8.2	真空泵	202
8.2.1	真空泵的分类与参数	202
8.2.2	油封机械真空泵	203
8.2.3	罗茨泵	205
8.2.4	扩散泵	206
8.3	真空测量	207
8.3.1	液位式真空计	207
8.3.2	热传导真空计	208
8.3.3	弹性变形真空计	210
8.3.4	高频火花检测器	212
8.4	真空检漏	212

8.4.1	漏气的判断	213
8.4.2	检漏的方法	213
8.5	真空材料与零件	213
8.5.1	结构材料与辅助材料	214
8.5.2	真空阀门	217
第9章	排气工艺	219
9.1	排气机概述	219
9.1.1	手工排气机	219
9.1.2	自动排气机	221
9.1.3	圆排机的工位布局	222
9.2	加温与洗气	222
9.2.1	加温去气	222
9.2.2	洗气技术	224
9.3	阴极分解与激活	226
9.3.1	阴极分解理论	226
9.3.2	中间层的作用	228
9.3.3	激活	230
9.3.4	阴极辉放	230
9.3.5	高压弧放	231
9.3.6	通电规范	232
9.4	注汞、充氩与封离	234
9.4.1	手工注汞	234
9.4.2	圆排机注液汞	235
9.4.3	圆排机注固汞	239
9.4.4	充氩(或氩氮混合气)	242
9.5	中心盘	246
9.5.1	捕集器	246
9.5.2	真空管道	246
9.5.3	中心盘的结构与功能	247
9.5.4	中心盘的安装与维护	248
9.5.5	中心盘的研磨	249
第10章	装头、老炼与打印	251
10.1	装头	251
10.1.1	灯头	251
10.1.2	焊泥	252
10.1.3	烤头工艺	254
10.2	老炼	257

10.2.1	燃点老炼	257
10.2.2	高频老炼	258
10.2.3	在线绝缘测试	259
10.3	打印	259
10.3.1	在线打印	259
10.3.2	移印	261
10.3.3	喷墨打印	263
第 11 章	燃点质量的探讨	265
11.1	黄圈	265
11.1.1	黄圈的理化分析	265
11.1.2	产生黄圈的工艺因素	266
11.2	小面积黄黑色斑	267
11.2.1	工艺过程中的黄黑斑	267
11.2.2	燃点过程中阴极的黄黑斑	269
11.3	玻璃的钠析出	272
11.3.1	钠析出的工艺因素	272
11.3.2	钠析出的解决方法	273
11.4	燃点中的螺旋放电	273
11.4.1	螺旋放电的阴极中毒特征	273
11.4.2	烤管不良引起的放气	274
11.4.3	粉管的吸气与放气	275
11.4.4	汞齐的吸气与放气	275
11.4.5	排气烘烤不良引起的放气	275
11.4.6	产生螺旋放电的工艺评述	276
11.5	燃点中的暗区	276
11.5.1	原始真空度概念的提出	276
11.5.2	暗管的观察	277
11.5.3	假设与分析	279
11.5.4	理论假设的验证	279
11.5.5	暗管的工艺控制	280
11.6	光色的调制与色差	281
11.6.1	制灯工艺对色坐标的影响	281
11.6.2	单色粉调光色	282
11.6.3	光色调整的经验公式	283
11.6.4	色差的控制	284
11.7	荧光灯的寿命问题	285
11.7.1	灯的燃点寿命	285
11.7.2	灯的起跳次数的影响因素	287

第 12 章 光辐射测量技术	289
12.1 灯的光度与色度	289
12.1.1 立体角的概念	289
12.1.2 辐射度量	289
12.1.3 光度学参量	290
12.1.4 光源的颜色与显色性	292
12.1.5 色温与相关色温	293
12.1.6 色容差 (SDCM)	294
12.2 光电探测器	295
12.2.1 光电探测器的种类	295
12.2.2 光电探测器的使用因素	295
12.2.3 光电管和光电倍增管	296
12.2.4 光伏探测器	297
12.2.5 光电导探测器	298
12.3 积分球.....	299
12.3.1 积分球的原理	299
12.3.2 积分球的使用	300
12.3.3 积分球的喷涂工艺	301
12.4 光栅单色仪	303
12.4.1 光栅单色仪原理	304
12.4.2 单色仪的使用问题	305
12.4.3 光谱功率分布的测定	305
12.5 光电参数的高频测量	306
12.5.1 IEC 检测基准系统.....	306
12.5.2 两种等效检测方法	307
第 13 章 紫外线光源与无极灯	309
13.1 紫外线灯管	309
13.1.1 紫外线低压汞灯	309
13.1.2 紫外线荧光灯	311
13.2 冷阴极荧光灯	312
13.2.1 CCFL 的结构	313
13.2.2 CCFL 的材料	314
13.2.3 CCFL 的工作与使用	317
13.3 无极放电灯	319
13.3.1 无极放电的形式	319
13.3.2 无极灯的种类	321
13.3.3 工作频率与电磁干扰	324
13.3.4 外电极荧光灯	325
参考文献	328

第 1 章

荧光灯的放电与发光

1.1 光的基本原理

1.1.1 光的干涉与衍射

1.1.1.1 干涉实验

根据波的理论，如果频率相同的两列机械波沿着几乎相同的方向行进，并且这两列波的相位差不随时间而改变，那么这两个波合成之后，波的能量在某些地方有极大值，同时在另一个地方有极小值，杨氏（Thomas Young）1801 年所作的实验证明光具有波的干涉效应。杨氏根据实验推算出了光的波长这个最重要的物理量。

光在介质中传播时，其相位的变化不仅与光波传播的几何路程和光在真空中的波长有关，而且还与介质的折射率有关。就相位变化而言，光在介质中通过的几何路程为 L ，相当于它在真空中通过的几何路程 nL 。当光在介质中传播时，把折射率 n 和几何路程 L 的乘积称为光程。引入光程这一概念后，就能把单色光在介质中传播路程折合成该单色光在真空中传播的路程。从同一点光源发出的两束相干光，各自通过不同的介质和路程后，在空间某点相遇，它们的光程之差称为光程差。干涉光相互抵消有最小值。图 1-1 所示为杨氏的光干涉实验。

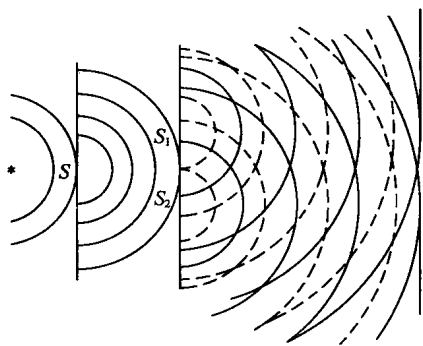


图 1-1 杨氏的光干涉实验

1.1.1.2 光的衍射

衍射是光线绕过单缝边缘这一类障碍物而发生弯曲的现象，在狭缝实验中，如果调节光源或障碍物与屏幕有一定的距离，就会发现影中有明亮的部分，当光遇到并通过障碍物拐角时，就会有一部分光折射成明暗相间的投影扩散开来，这种现象叫做光的衍射，狭缝越小，衍射越大（见图 1-2）。光的干涉和衍射为光的波动说提供了强有力的证据。光的衍射是格里麦耳他（F.M.Grimald, 1618—1663）发现的，其实牛顿也知道，只是解释不了，而惠更斯这个波动说的提出者却不相信光的衍射！菲涅耳（J.A.Fresnel, 1788—1827）最先运用惠更斯

原理解释了光的衍射。

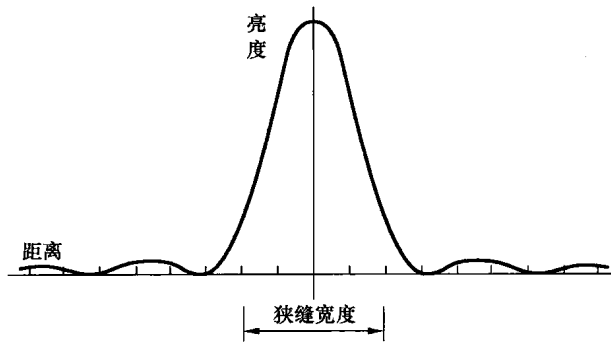


图 1-2 光的衍射

荧光灯光电色参数测量中所用到的光栅单色仪就是根据光的干涉和衍射原理制成的。

1.1.2 偏振光

与杨氏同时代的阿喇果 (D.F.Arago, 1786—1853) 和菲涅耳两人, 让一光束投射到一块冰洲石晶体 (方解石的同分异构体) 上, 这样就产生出两条互相分离的光束, 奇怪的是这两条光束虽然是由同一束光产生的, 却不产生干涉条纹, 而只产生均匀照度, 杨氏由此推断, 光一定是横波, 而且两束光的振动面一定相互垂直, 在相互垂直方向上的两个波扰动不可能产生干涉效应。图 1-3 是非偏振光被两正交偏振片挡住的示意关系。自然光经过某种物质反射、折射或某种吸收后, 可能只保留某一方向的光振动, 这种光振动只在某一固定方向的光叫做偏振光, 偏振光的振动方向与传播方向组成的平面叫做偏振面。一般光源如太阳、荧光灯发出的光在各个方向是均匀的, 但只要光线投射到玻璃、水面等这些具有光泽或光滑表面的非金属上面时, 其反射光和折射光都可能部分偏振。在特定情况下, 反射光有可能成为完全偏振光。通过实验发现, 当入射角与折射角之和等于 90° (相互垂直) 时, 则反射光中只有垂直于入射面的振动, 而平行于入射面的振动变为零。这时的反射光为完全偏振光 (折射光仍为部分偏振光), 这时的入射角称为起偏角。

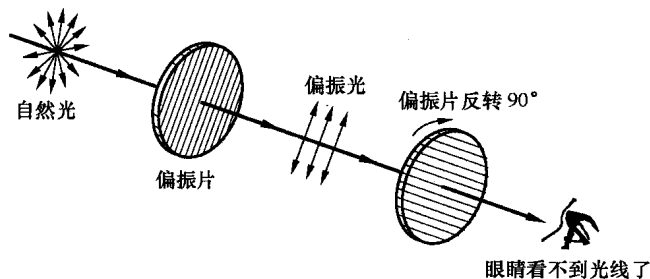


图 1-3 非偏振光被两正交偏振片挡住的示意关系

某些材料只能让光线中某特定方向振动面的光通过而产生偏振光, 这种材料称为起偏器。现在工业上制造的塑料偏振片是先把某种具有长链形分子的物质埋置在柔软的塑料片中, 然后把这种塑料片拉伸, 因而这些长链形分子就相互平行地排列起来, 这样, 只有平行于分子链间隙振动的光才能通过偏振片。如果在偏振光的路径上放置第二个偏振片, 我们就把这个

偏振片叫做检偏器。当两个偏振片的偏振方向互相平行时，透过第二个偏振片有极大值，互相垂直时有极小值。光的偏振理论的创立及偏振片的研制成功为应力检测仪的研制开发提供了理论和物质基础。偏振光理论的学习对于我们理解应力仪的原理有一定的帮助。

1.1.3 光的双折射

我们知道，一束光线在两种各向同性媒质的分界面上发生折射时，在入射面内只有一束折射光，其方向由折射定律决定：

$$\sin i / \sin r = n = \text{恒量} \quad (1-1)$$

式中， i 为入射角， r 为折射角， n 为折射率。对于光学性质随方向而异的一些晶体（如方解石晶体），当光线进入晶体后，一束光线竟然能分解成为两束折射光，其中一束折射光线遵从折射定律，称为寻常光线（或 o 光），另一束折射光线则不遵从折射定律，且随入射光的方向而变化。在一般情况下，这一束折射光不在入射面内，故称为非寻常光（或 e 光）。这种现象叫做双折射现象，如图 1-4 所示。能够产生双折射现象的晶体叫做双折射晶体。寻常光在双折射晶体中传播时，它在各方向的光速是一样的，而非寻常光线的光速却随传播方向的变化而变化。

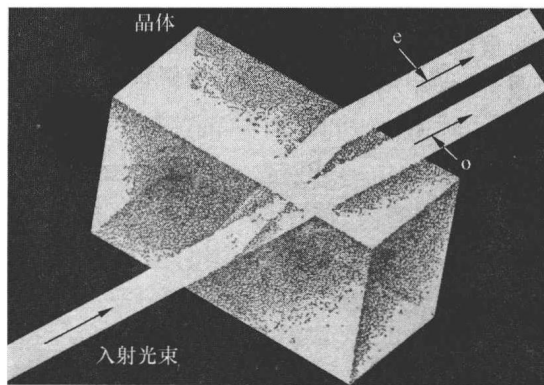


图 1-4 双折射现象

上面我们简单了解了双折射现象，而在某些人为的条件下也可以使一些非金属产生类似的双折射现象。我们知道透明的玻璃或塑料等物质，其光学性质是各向同性的，并不具有双折射性质，但是，若对它们实施某种机械力（压力或张力）或使玻璃冷却不均匀产生永久应力

（张应力或压应力），都可以使这些物质产生双折射现象。这种利用机械力使非晶体产生的双折射现象叫做光弹性效应。

1.1.4 光的散射与色散

1.1.4.1 光的散射

当光通过气体时，我们发现在各个方面上有较多的侧向散射的光，即使入射光是非偏振的，由气体散射出来的侧向散射的光也可以是完全偏振的，或者是部分偏振的，短波散射较大，长波散射较小。在日落时，由于蓝色光散射较强而红光散射较弱，因此，日出日落时的透射光中显得红光较多。来自无云天空中的光至少是部分偏振的。在太阳罗盘中，我们观察被散射太阳光的偏振性以辨别方向。蜜蜂也是如此，它的眼睛就是对偏振光敏感的感光器官。

1.1.4.2 光的色散

当一束白光通过玻璃棱镜时，就会因折射角的不同而被分解，这就是光的色散现象。如图 1-5 所示。当色散的光照射到屏幕上时就会看到从红到紫的光谱。根据折射定律，波长越长，折射角越大，而光谱依波长由大到小的颜色排列为红、橙、黄、绿、青、蓝、紫。运用

光色散的性质，可制成棱镜单色仪，用于光辐射光谱的测量。

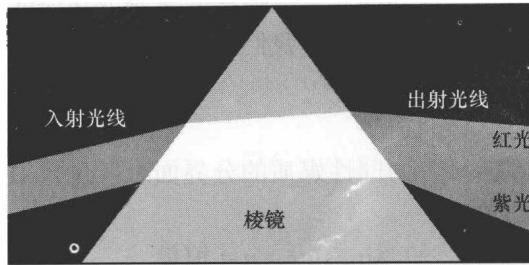


图 1-5 棱镜的色散

1.1.5 光谱

所有的光辐射中，人眼所能看到的波长范围是相当狭窄的，只在 380nm~780nm 之间，而高于 780nm 的为红外线区，低于 380nm 的为紫外线区，这些光线只有通过仪器才能探测到。表 1-1 中所给出的波长只是大致范围，并非严格的界线。现在常用的光波波长的单位是纳米 (nm)，另外也有用埃 (Å)、微米 (μm)、米 (m) 来表示， $1(\text{Å})=10^{-1}\text{nm}=10^{-4}\mu\text{m}=10^{-10}\text{m}$ 。由单一波长组成的光称为单色光，其实，绝对的单色光是不存在的，所有光源产生的光至少要占用很窄的一段波带，只有激光才非常接近于单色光。我们熟知的太阳光具有连续的光谱带，它的光谱波长范围从 290nm 到 1700nm 的辐射在地球上都能被接收到，而在 290nm 以下的紫外线大都被大气层外围的臭氧层吸收，在 1700nm 以上的红外线却被下部的水蒸气及二氧化碳强烈地吸收。

表 1-1 光波的区域划分

波长/nm	≤380	380~420	420~450	450~490	490~560	560~590	590~620	620~680	≥680
颜色	紫外线	紫光	蓝光	青光	绿光	黄光	橙光	红光	红外线

1.1.6 维恩位移与普朗克假设

1893 年，维恩 (W.Wien, 1864—1928) 根据热力学和电磁场学理论导出了黑体在不同温度下，其辐射光谱功率分布波长的峰值与黑体温度的乘积为常数。维恩位移的实验观测是随着温度的升高，物体发光的峰值会向短波方向移动，反之，向长波方向移动。由于热辐射定律 (维恩位移定律) 的发现，他于 1911 年被授予诺贝尔物理学奖。

1900 年 10 月 19 日，德国物理学家普朗克 (M.Plank, 1858—1947) 在柏林物理学会会上发表了黑体辐射公式。根据普朗克的假设：

(1) 原子振子不能有任何的能量，其能量只能为：

$$E = nh\nu \tag{1-2}$$

式中， ν 为振子的频率， h 为普朗克常数， n 为只能取整数的数 (现在叫量子数)。他断言，原子振子的能量是量子化的。

(2) 原子振子不能连续地辐射能量，只能“跳跃式”地辐射“能量子”，振子从一个能态改变到另一个量子能态时发射这些能量子。