

紫外线光源 及其应用

石中玉 编著

轻工业出版社

紫外线光源及其应用

石中玉 编著

轻工业出版社

内 容 提 要

本书介绍了各种紫外线光源的发光原理,结构设计考虑和工艺要求。对不同行业里所需要的紫外线光源都做了系统的介绍。对紫外线的基本性质也做了简单阐述。

紫外线光源的应用非常广泛;本书介绍了紫外线在一些领域里的应用情况,如紫外线在不同行业里的应用机理、应用方法和应用效果等。同时,对紫外线的测量原理和方法也做了介绍。

本书可供电光源制造,紫外线应用领域里的科技人员阅读。

紫外线光源及其应用

石中玉 编著

轻工业出版社出版

(北京阜成路8号)

轻工业出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经售

787×1092毫米 $\frac{1}{32}$ 印张:15 $\frac{21}{32}$ 字数:300千字

1984年12月 第一版第一次印刷

印数:1—3,600 定价:2.30元

统一书号:15042·1875

序

光源影响着人类生活、生产的一切方面，它的发展标志着人类文明的发展，可以认为光源是人类文明的象征。从原始社会的“日出而作，日落而息，”发展到钻木取火，点起了松明、油灯、蜡燭……，这些都标志着生产力的解放，人类社会的前进。而电光源的出现则象征着现代文明的开端。光源的发展不仅是社会进步的标志，而且反过来它又促进了社会的进步，它标志着人类对时间的把握更自由了，日、夜的“界线”更小了。光源对人类社会的重要性是怎么样估价也不会过分的。

紫外线光源是生产力发展到更高阶段的产物，可见光波段的辐射已不再能满足人们生产和生活的需要。而科学和生产力的发展使人们有可能掌握这种看不见摸不着的辐射源的生产、检测和研究手段，因此紫外线光源就应运而生，跨进了人类社会，并为人类服务起来。

然而紫外线光源毕竟是一种看不见的光源，它的检测技术比普通光源要困难的多，而寻找好的透紫外材料的工作也极为艰巨，加以紫外线光源的生产技术、工艺要求比普通光源要求更高，这些正是紫外线光源出现得晚的主要原因。

但是，紫外线光源的各种特异性质，使它具有极其广泛的用途，无论是对于工农业生产、科学研究、医药卫生、文化教育、国防建设以及国民经济的其它方面都能发挥极重要的效能，所以当人类一旦掌握了生产紫外线光源的手段之后，紫外线光源立即以迅猛的速度发展起来。

目前国内已生产了一些型号的紫外线光源，但由于生产

的历史较短，积累的经验不够，各厂家的技术水平也不一致，加以紫外线光源的生产本身难度又比较大，所以产品的数量和质量都还不能满足建设的需要。加强交流，改进技术，是当前迫切需要解决的一个问题。

本书作者多年从事于光源的研制工作，积累了丰富的资料和经验，现在他已把多年积累的资料和经验整理成册，即将出版公诸于世，这是一件令人高兴的事。

作者以浅显的语言、严谨的结构、科学地阐述了各种紫外线光源的工作机理、特点、特性结构和主要工艺。书中并给出了他积累的各种资料，他在长期实践中摸索到一些行之有效的工艺程序和某些关键的材料的治疗方法。

《紫外线光源及其应用》这本书取材极其丰富，它不仅以丰富的资料和数据向我们介绍了紫外线光源的生产技术，而且还以相当的篇幅向我们介绍了紫外线光源的测量技术和应用技术。所以这不仅对从事光源生产的工程技术人员是一本有价值的参考书，而且对于有关的科研人员和教学工作者以至对那些需要应用紫外线光源的各个领域的同事们如医务工作者、生物学家、农技师、化学工程师……等都有相当的参考价值。

由于《紫外线光源及其应用》一书着重于物理概念的叙述，避免了繁杂的数学运算。加以用字简炼、浅显易懂、容易为人所接受，所以这不仅可供工程技术人员参考，而且对于生产操作人员也是一本好的教材。对于提高操作工人的业务水平和技术水平有很大价值。

我为作者取得的成就，为本书的出版而感到高兴。

杨正名

1981年12月12日于南京工学院

前 言

自从1802年，物理学家理特(Ritte)发现紫外线到现在已有一百多年的历史了，但是人类制造第一只紫外线灯管还是本世纪卅年代的事情，而真正能付诸实用的新型紫外线光源只是在六十年代后才出现的，因此紫外线光源及其应用技术还是近十几年来才发展起来的。同红外线技术相比较，紫外线技术发展的比较晚，这是因为紫外线光源比红外线源难于获得有关。目前紫外线技术正处于发展时期，它的应用范围也在日渐扩大，例如，光化学领域里的涂料固化，照相制版、晒版、复印、光刻、高分子材料的老化试验、公害处理、同位素分离等都利用了紫外线光源；又如在医学领域里治疗皮肤病（如牛皮癣、白癫风等）、内科病（如软骨病、小儿黄疸病等）、外科病（如各种急性炎症）和神经科疾病等，也都利用了紫外线光源；又如对人体保健照射，使人体强壮结实；在生物学领域里灭菌、微生物诱变育种等方面采用紫外线光源是既方便又经济。在农业畜牧业领域里用紫外线诱杀农田里的害虫，鸡舍畜圈灭菌，对生畜保健照射可以增加生畜的生长率、产蛋率和减少生畜的死亡率。在分析仪器领域里，紫外线的荧光分析是七十年代在我国发展起来的一门新型分析技术，它应用于矿石、油层、药物、食品、纺织品、公安部门、零件探伤等行业里。所以尽管紫外线技术比红外线技术发展的晚，但它发展的极快，并且正处于方兴未艾阶段。

紫外线光源的研制工作在我国发展的也是比较快的，在

十多年以前，做为紫外线光源在我国只有汞灯，然而现在我国既能生产紫外线荧光灯，又能生产紫外线金属卤化物灯，以及其它特种紫外线光源。在紫外线波长200~400毫微米的范围里，我国既能生产短波紫外线光源，又能生产中长波紫外线光源；不管是大功率的高强度紫外光源，还是小功率的分析用紫外光源我国均已能生产制造。

尽管紫外线光源的研制工作有了较大的发展，但仍满足不了各个领域里对紫外线光源的要求，尤其是产品系列化不够，光源配套供应能力弱。

本书是根据作者多年的实际工作经验和参阅了国内外有关资料编写的，在编写过程中尽量少用数学推导，而多运用物理概念。为了使从事于紫外线技术的广大工作者在实际工作中有所帮助，本书例举了许多常用的实验数据和测试曲线，作者力求做到理论和实际相结合。但由于作者水平有限和时间短促，书中错误和不妥之处一定难免，希望读者批评指正。

本书手稿全文经南京工学院杨正明副教授审阅。有关紫外线的生物效应方面的内容经北京医学院王光超教授审阅。有关紫外线的光化学效应方面的内容经科学院感光化学研究所总工程师唐克光审阅。有关紫外线测量方面的内容经国家计量研究院光学室张建镛工程师审阅。本书又得到了北京电光源研究所的耿军、朱筑兴、杨万泉、陈秉济等同志的帮助，在此表示感谢！

作者

目 录

第一章 紫外线的基本性质	1
第一节 紫外线的某些物理性质	3
一、光的本质.....	3
二、紫外线遵守光的反射定律.....	8
三、紫外线遵守光的折射定律和透镜成像原理.....	12
四、紫外线光量子能量的特点.....	15
第二节 紫外线的荧光效应	17
一、斯托克斯定律(光致发光).....	17
二、荧光物质对紫外线的吸收和荧光发射.....	18
三、紫外线荧光效应的量子效率.....	21
四、紫外线荧光效应的能量效率.....	23
第三节 紫外线的生物效应	24
一、紫外线的致黑斑作用.....	25
二、紫外线的保健作用.....	25
三、紫外线的灭菌作用.....	26
四、紫外线的致臭氧作用.....	27
五、紫外线的治疗作用.....	28
第四节 紫外线的光化学效应	29
一、光化学反应的光量子能量.....	30
二、光化学的吸收定律.....	31
三、光化当量定律.....	32
四、紫外线的光化学反应.....	36
第五节 紫外线的光电效应	38

一、紫外线光电效应的特点	38
二、光电效应的类型	40
三、生物体、气体和化学物质的光电效应	41
第二章 紫外线光源	45
第一节 紫外线低压汞灯	47
一、热阴极弧光放电低压汞灯	48
二、冷阴极辉光放电低压汞灯	99
三、白炽灯式的低压汞灯	114
第二节 紫外线高压汞灯	115
一、低功率密度的长弧紫外线高压汞灯	116
二、高功率密度长弧紫外线高压汞灯	132
三、不透明玻壳紫外线高压汞灯	139
四、中等弧长紫外线高压汞灯	142
五、紫外线球形高压汞灯	152
第三节 紫外线金属卤化物灯	161
一、紫外线金属卤化物灯的特点	162
二、紫外线金属卤化物灯的特种工艺	170
三、紫外线金属卤化物灯	196
四、触发器与紫外线金属卤化物灯的点灯线路	208
第四节 氙灯	215
一、长弧氙灯	216
二、短弧氙灯	223
三、脉冲氙灯	229
四、无臭氧氙灯	233
第五节 紫外线荧光灯	236
一、紫外线荧光灯的概述	237
二、诱蚊虫类紫外线荧光灯	243

三、治疗用紫外线荧光灯	251
四、保健用紫外线荧光灯	256
五、对鸡舍家畜灭菌保健用紫外线荧光灯	258
六、分析用紫外线荧光灯——	
蓝黑色透紫外玻璃荧光灯	259
第六节 其它紫外线光源	261
一、空心阴极灯——原子光谱灯	261
二、氙灯	271
三、真空紫外线光源	274
四、无极高频放电紫外线灯——	
无极原子光谱灯	276
第三章 紫外线光源的应用	279
第一节 紫外线在生物效应方面的应用	279
一、紫外线灭菌	279
二、紫外线对人体的保健作用	299
三、紫外线治疗疾病	305
四、紫外线用于微生物诱变育种	309
第二节 紫外线在荧光效应方面的应用	311
一、荧光分析的特点	311
二、无机元素的荧光分析	314
三、有机物质的荧光分析	314
四、人体内维生素和药物的荧光分析	315
五、食品、药物中的微量元素及致癌	
物质的荧光分析	315
六、荧光探伤	316
七、纺织工业中检验不同纤维的混杂	317
八、探矿工业的样品荧光分析——	

荧光探矿	317
九、公安部门的荧光分析	318
十、利用荧光做光源——日光灯	318
十一、荧光舞台特技	319
十二、用紫外线检验显像管涂粉质量	321
十三、紫外线荧光分析仪（荧光分析灯）	321
第三节 紫外线在光化学效应方面的应用	322
一、紫外线光源用于油漆油墨的固化	323
二、紫外线光源用于重氮复印技术	325
三、紫外线光源用于光刻曝光	327
四、紫外线光源用于高分子材料 的老化试验	330
五、紫外线光源用于印刷制版和晒版	335
六、紫外线光源用于有机光化学生产	338
七、紫外线光源用于公害处理	339
八、紫外线光源用于同位素分离	339
九、紫外线光源用于光电解水	341
第四节 紫外线光源在农牧业上的应用	342
一、不同波长的光对植物的影响	342
二、紫外线光源诱杀田间害虫	346
三、紫外线光源用于鸡舍畜圈的灭菌	347
四、紫外线光源用于对牲畜家禽的保 健照射	349
五、紫外线光源用于其他方面	350
第四章 紫外线光源的测量	353
第一节 光谱分析仪器及紫外线光源的 光谱相对能量分布的测量	355

一、光谱分析仪器的分类	355
二、光谱分析仪器的组成部分	364
三、紫外线光源的光谱相对能量分布 的测量	388
第二节 紫外线的辐射照度测量	391
一、用物理方法测量紫外线的辐照度	392
二、用生物方法测量紫外线的辐照度	394
三、用化学方法测定紫外线的照射剂量	397
第三节 紫外线光源绝对辐射功率的测定	398
一、光源的紫外辐射通量的测定	399
二、紫外线光源的光谱绝对能量分布 的测量	403
三、紫外线的辐亮度测量	406
附录	409
附录 I 世界一些大的制灯公司简介	409
一、美国	409
二、英国	411
三、荷兰飞利浦公司 (Philips)	412
四、西德奥斯拉公司 (OSRAM)	413
五、日本	413
六、苏联	414
附录 II 一些主要国家的灯泡产量	415
一、美国	415
二、苏联	417
三、日本	419
四、西德	419
附录 III 电光源型号命名法 (部颁标准)	

BQ349-77)	420
参考文献	426

第一章 紫外线的基本性质

目前一门新兴的科学技术领域——紫外线技术，正深入到国民经济的许多部门，如化工、冶金、探矿、医疗、制药、印刷、食品、纺织、公安部门、电子工业和许多科研部门等均已广泛应用紫外线技术。近十几年来，由于新型紫外线光源的出现，促进了紫外线技术的迅速发展。

1802年德国物理学家里特 (Ritte) 发现一种人眼看不见的光线，它位于可见光谱的紫光区的外侧，称为紫外光，或称紫外线。发现紫外线到现在有一个多世纪的历史了，在这100多年的过程中，由于紫外光源及测试技术的发展，使人们对紫外线的基本性质有了更深入的了解；从物理光学的观点看，可见光和紫外线都是电磁波，它们都具有波动性和粒子性，这是它们的共性；但是，由于紫外线的波长比可见光更短，所以紫外线又具有它自己的许多特点，如紫外线的荧光效应、生物效应和光化学效应等。弄清紫外线的基本性质，对于紫外光源的制造和紫外线技术的应用都是十分必要的。

紫外线的波长位于可见光和伦琴射线之间，一般是指波长在 $400\sim 100^{\circ}$ 毫微米之间的电磁辐射线为紫外线。紫外线实质上是电磁波，表1-1是各种电磁波谱的划分。

表1-1波谱的划分是一般的划分，然而在各个实际应用领域里，各波谱又有它自己的划分方法，例如：关于紫外线

• 真空紫外线的波长可短到10毫微米

表 1-1

各种电磁波的波长划分

无线电波	广播波段	$10^3 \sim 10^1$ 米
	电视波段	$10^2 \sim 1$ 米
	雷达波段	$1 \sim 10^{-2}$ 米
红外线	远红外	$10^3 \sim 10^4$ 毫微米
	中红外	$10^4 \sim 1.5 \times 10^3$ 毫微米
	近红外	1500~800 毫微米
可见光	红光	800~620 毫微米
	橙光	620~590 毫微米
	黄光	590~560 毫微米
	绿光	560~490 毫微米
	青光	490~450 毫微米
	蓝光	450~420 毫微米
	紫光	420~380 毫微米
紫外线	近紫外	400~320 毫微米
	中紫外	320~275 毫微米
	远紫外	275~200 毫微米
	真空紫外	200~10 毫微米
伦琴射线		100~0.01 毫微米
γ -射线		小于 0.01 毫微米

在生物效应方面的波谱划分为四部分，即 A 波紫外线（波长在 400~320 毫微米），它又称为黑斑效应紫外线；B 波紫外线（波长在 320~275 毫微米），它又叫做红斑效应紫外线；C 波紫外线（波长在 275~200 毫微米），它又叫灭菌紫外线，第四部分称为真空紫外线（200~10 毫微米），紫外线在生物

效应方面的波长划分如图1-1所示，它是根据紫外线不同波长的生物性质而划分的。

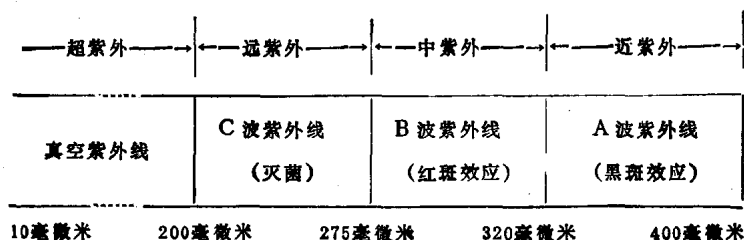


图 1-1 紫外线波长的划分

表1-1和图1-1是不同波长电磁波谱的划分，它们仅仅表示各波长区域的大致范围和相互位置，不可能划分出各区间的严格界限，实际上各区间都是逐步过渡的，而不是截然分开的。

不同波长的电磁波的区别，在无线电波段常用频率(f)来区分它们；而在紫外线波段，则喜欢用波长(λ)来区分，而不用频率。

波长的常用单位有：埃(\AA)、毫微米(nm)、微米(μm)等来表示，在紫外线波段用得最多的是埃(\AA)和毫微米(nm)。它们之间的换算值是：

$$1 \text{\AA} = 10^{-1} \text{nm} = 10^{-4} \mu\text{m} = 10^{-8} \text{cm} = 10^{-10} \text{M}$$

第一节 紫外线的某些物理性质

一、光的本质

光具有波动性，光的干涉、衍射、色散等都是光的波动性质的反映。光波是频率很高的电磁波，光波的超伏振动是电场与磁场的振动，光波的振动和传播图像示如图1-2。由

图可知光波的电矢量和磁矢量是在相互垂直并与光的传播方向垂直的平面内振动的。电矢量和磁矢量的振动周期就是光

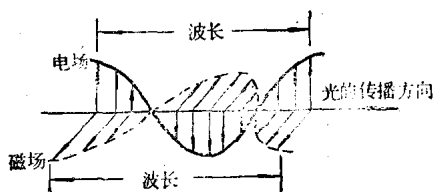


图 1-2 光的波动性示意图

波的振动周期，当然它们的传播速度也就是光波的传播速度，而传播方向则是按右手螺旋从电矢量经 $\pi/2$ 转向磁矢量时姆指所指方向。例如在图1-2中电场在纸面上做正弦振动，而磁场在垂直于纸面的方向做正弦振动，则光的传播方向如图箭头所指示的方向。由于光波是电场和磁场的振动，所以我们把光波也称为电磁波。可见光是波长为800~380毫微米的电磁波。比可见光波长更短的紫外线(380~100毫微米)和伦琴射线(100~0.01毫微米)也是电磁波。电磁波的波长通常用 λ 表示，频率用 ν 表示。不管是哪种波长的光，它们在真空中的传播速度都是相同的，其速度均为 $C = 299792.8 \pm 0.4$ 公里/秒。光作为一种电磁波，它的波长、频率和光速有如下的关系式：

$$\text{即 } C = \lambda \nu \quad (1-1)$$

式中 C ——光波的传播速度 ($C = 299792.8 \pm 0.4$ 公里/秒
 $\approx 3 \times 10^8$ 米/秒)

λ ——光波的波长 (一般用毫微米表示, 1毫微米 =
 10^{-6} 米)

ν ——光波的频率 (每秒振动的次数, 周/秒)