



高等学校“十二五”规划教材

# 信息光学实验教程

罗 元 胡章芳 郑培超 主 编



哈尔滨工业大学出版社

# 信息光学实验教程

罗 元 胡章芳 郑培超 主 编

哈爾濱工業大學出版社

## 内容提要

本书是信息光学实验指导用书。全书共分为4章;第1章为信息光学实验技术基础,介绍实验基本要求、常用的装置与器件、基本实验技术以及干板处理技术;第2章为基础篇,以信息光学最基本的验证性实验为主,着重基本实验方法的训练;第3章为提高篇,安排的是系列综合性设计实验,着重于巩固知识,训练分析问题、解决问题的能力;第4章为模拟篇,是采用计算机仿真技术进行光信号的电处理,目的是扩大视野、开拓思路,便于进一步理解信息光学是使光学和通信这两个不同的领域在信息学范畴内得到统一的重要概念。

本书可作为光信息相关专业本科生的实验教材,也可作为有关专业的本科生、研究生的参考书。

## 图书在版编目(CIP)数据

信息光学实验教程/罗元主编——哈尔滨:哈尔滨工业大学出版社,2011.10

ISBN 978-7-5603-3369-4

I. ①信… II. ①罗… III. ①信息光学-实验-高等学校-教材 IV. ①0438-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 164771 号

责任编辑 王桂芝 刘 威

出版发行 哈尔滨工业大学出版社

社 址 哈尔滨市南岗区复华四道街 10 号 邮编 150006

传 真 0451-86414749

网 址 <http://hitpress.hit.edu.cn>

印 刷 哈尔滨市石桥印务有限公司

开 本 787mm×1092mm 1/16 印张 10.25 字数 270 千字

版 次 2011 年 10 月第 1 版 2011 年 10 月第 1 次印刷

书 号 ISBN 978-7-5603-3369-4

定 价 25.00 元

---

(如因印装质量问题影响阅读,我社负责调换)

# 前 言

信息光学是近代光学发展中新的学科分支,它是在全息术、光学传递函数和激光的基础上,从传统的、经典的波动光学中脱颖而出的。激光的应用使全息术获得了新的生命,全息术和光学传递函数的进一步发展,加上将数学中的傅里叶变换和通信中的线性系统理论引入光学,使光学和通信这两个不同的领域在信息学范畴内得到了统一,光学研究从“空域”走向“频域”,这为光学信息处理开辟了广阔的应用前景。近年来,信息光学发展很快,理论体系日趋成熟,应用领域日益增多,成为信息科学的重要分支,得到越来越广泛的应用。

本书配合信息光学理论的学习,按照循序渐进的原则,安排了基本技能指导、基础实验和综合设计性实验,并增加了计算机仿真实验的内容,使学生打牢基础、巩固理论、提升能力、开拓思路,切实提高学生基本实验技能及分析解决问题的能力。

本书由重庆邮电大学罗元、胡章芳、郑培超共同编写。毛建伟等研究生也参与了本书的编写工作,同时本书的编写得到重庆邮电大学教务处的大力支持,在此一并表示感谢。

本书可作为高等学校光信息科学与技术、光电信息工程、光学、光电子技术、光学工程等专业本科生的信息光学实验指导教材,也可根据实际情况选择和搭配实验内容。

编 者

2011.7

# 目 录

|                           |    |
|---------------------------|----|
| 第 1 章 信息光学实验技术基础          | 1  |
| 1.1 信息光学实验基本要求            | 1  |
| 1.2 信息光学实验的基本装置及器件        | 2  |
| 1.3 信息光学基本实验技术            | 25 |
| 1.4 干板处理技术                | 31 |
| 第 2 章 基础篇——验证性实验          | 37 |
| 实验一 迈克尔逊干涉实验              | 37 |
| 实验二 马赫-曾德干涉实验             | 39 |
| 实验三 泰伯效应的观察与应用            | 41 |
| 实验四 傅里叶频谱的观察和分析           | 44 |
| 实验五 卷积定理的演示               | 45 |
| 实验六 空间滤波                  | 47 |
| 实验七 低频全息光栅                | 48 |
| 实验八 同轴全息透镜                | 52 |
| 实验九 漫反射物体三维的全息照相          | 56 |
| 实验十 傅里叶变换全息图              | 60 |
| 实验十一 一步彩虹全息图              | 63 |
| 实验十二 匹配滤波相关识别             | 66 |
| 实验十三 用全息法实现光学图像相减         | 70 |
| 实验十四 用双曝光法研究灯泡内气体密度随温度的变化 | 72 |
| 实验十五 用激光散斑照相法测定面内横向微小位移   | 74 |
| 实验十六 $\theta$ 调制空间假彩色编码   | 76 |
| 第 3 章 提高篇——设计性综合实验        | 80 |
| 实验十七 高频全息光栅               | 80 |
| 实验十八 复合光栅                 | 82 |
| 实验十九 全息存储系统设计与实现          | 85 |
| 实验二十 全息阵列透镜的设计与实现         | 87 |
| 实验二十一 散斑法图像相加、相减          | 91 |
| 实验二十二 散斑法图像微分             | 94 |
| 实验二十三 用激光散斑照相法测量物体的形变     | 97 |

---

|                   |                           |            |
|-------------------|---------------------------|------------|
| 实验二十四             | 光栅滤波实现图像的相加、相减·····       | 99         |
| 实验二十五             | 二步彩虹全息图·····              | 102        |
| 实验二十六             | 干涉法进行图像识别·····            | 105        |
| 实验二十七             | 基于联合变换的光学识别·····          | 110        |
| 实验二十八             | 基于 LCLV 的实时联合变换光学识别 ····· | 113        |
| 实验二十九             | 用傅里叶变换全息图做资料存储·····       | 116        |
| <b>第 4 章</b>      | <b>模拟篇——计算机仿真实验·····</b>  | <b>120</b> |
| 实验三十              | 激光光束及其自由传输仿真·····         | 121        |
| 实验三十一             | 平行光束通过透镜聚焦·····           | 124        |
| 实验三十二             | 激光高斯光束通过透镜的聚焦·····        | 128        |
| 实验三十三             | 迈克尔逊干涉仿真实验·····           | 131        |
| 实验三十四             | 光栅衍射·····                 | 134        |
| 实验三十五             | 全息透镜的设计·····              | 135        |
| 实验三十六             | 傅里叶变换与空间滤波·····           | 137        |
| 实验三十七             | 图像的增强·····                | 147        |
| 实验三十八             | 图像的代数运算·····              | 149        |
| 实验三十九             | 图像的识别·····                | 152        |
| <b>参考文献</b> ····· |                           | <b>158</b> |

# 第1章 信息光学实验技术基础

## 1.1 信息光学实验基本要求

### 一、实验教学基本要求

实验是根据研究目的,运用一定的物质手段,通过干预和控制科研对象而观察和探索科研对象有关规律和机制的一种研究方法,是人们认识自然和进行科学研究的重要手段。信息光学的发展离不开基础理论与实验方法,实验是信息光学发展的策源地和策动力。

按照实验的目的不同,可以把科学实验分为定性实验、定量实验和结构分析实验;根据实验手段(仪器、设备工具等)是否直接作用于被研究对象为标准,实验可分为直接实验和模型实验。无论何种类型的实验,它们都由实验者、实验对象和实验手段三个部分构成,其中实验者是实验活动的主体,因此作为每一位参加实验的学生,一定要牢固树立主体意识,积极投入到实验中去,从中学习和掌握基本的实验技能、实验原理和实验方法,训练自己综合运用知识、独立思考、独立分析和解决问题的能力,同时培养自身知识创新和拓展的能力。

除了必要的理论知识学习之外,实验课程通常分为下面三个阶段。

#### 1. 实验的准备阶段

实验的成功或失败,很大程度上取决于实验的准备阶段。在这一阶段,实验者需要进行4项工作,每项工作,都不能离开理论的运用,不能离开逻辑思维活动。

(1)确立实验目的,明确我们为什么而进行实验。

(2)明确指导实验设计的理论。即明确以什么理论来指导实验的设计,启发实验者应采用什么方法并从什么方向上去实现已确立的目的。没有这一步骤,就不能从实验目的过渡到具体的实验设计上去。

(3)着手实验设计。在采取具体实验行动之前,先在思维中以观念形态大致完成这个实验的行动过程,哪些干扰因素应设法排除,哪些次要因素要暂时撇开,这一切都应在实验设计中予以考虑。实验设计的任务,就是为了在实施实验之前,先把这个实验在自己的思维中完成。

(4)实验仪器、设备、材料的准备。明确每一种仪器都是以某种或某些理论为依据而进行设计和制造的,每采用一种仪器,实际上就意味着引进了一些理论。材料的选用也是根据一定的理论进行的。离开了一定的理论和逻辑思维,实验仪器、设备、材料的准备工作就无法进行。

#### 2. 实验的实施阶段

实验的实施阶段就是实验者操作一定的仪器设备使其作用于实验对象,以取得某种实验效应和数据。具体包括实验方案选取、仪器设备的安装与调试、实验现象的观察和数据的

记录,实验过程中要及时发现问题、解决问题。这个阶段的活动是对人们已有认识的检验,也是给人们提供认识的新事实。

### 3. 实验结果的处理阶段

实验结束后,要对实验中获得的数据做进一步的加工、整理,从中提取出科学事实或某种规律性的理论。在分析过程中,要利用统计分析的方法,借助于计算机等手段来从数据之间的因果关系、起源关系、功能关系、结构关系等多角度、多层次地进行处理。实验最后要形成一份详实完整的实验报告,实验报告内容包括实验题目、实验目的、实验原理、实验装置、实验步骤、数据处理、结论和讨论、思考题解答等,目的是培养实验能力和科学总结能力。

## 二、实验室注意事项

(1)光学仪器大多是精密贵重仪器,必须在清楚了解仪器的使用方法之后才能动手使用仪器。取放仪器时,思想要集中,动作要轻慢,暂时不用的仪器要放回原处,不要随意乱放,以免损坏。

(2)光学元件大多数用玻璃制成,光学表面经过精细抛光,因此在任何时候不能用手触摸光学表面,只能拿光学元件的磨砂面。

(3)不要对着光学元件讲话、打喷嚏和咳嗽,以免对镜面造成污痕。

(4)光学表面的清洁应在擦拭之前了解清楚情况,采用适当的方法进行处理,如光学表面落有灰尘,可以用干净柔软的脱脂毛刷轻轻掸除,或者用洗耳球吹除,严谨用嘴直接去吹。如果表面有污渍,可用脱脂棉球蘸酒精乙醚混合液轻轻擦拭,切忌用布直接擦拭,镀膜的光学表面更要小心处理,避免损坏薄膜表面。

(5)光学仪器的调节件比较精密,动作要稳、慢,切勿调整过头。

(6)实验中使用的激光光源是强光光源,要注意激光的防护。

(7)实验室内要讲究清洁卫生、文明礼貌,不得大声喧哗,不能嬉笑打闹。

(8)实验完毕,要向实验指导教师或实验室工作人员报告实验结果和仪器的使用情况,整理好设备仪器,经允许后方可离开实验室。

## 1.2 信息光学实验的基本装置及器件

信息光学实验通常是在防震工作台上用各种光学元件构建光路系统,总体说来,信息光学实验系统由工作台、光源、光学元件、机械元件和记录设备与记录介质5部分组成。熟悉并掌握其结构、原理、特性和调试方法,能够有利于实验的正常进行及对实验现象的正确分析和处理。

### 一、工作台

信息光学的实验通常在防震工作台和光具座上完成。

#### 1. 防震工作台

防震工作台,也称光学隔震平台。在信息光学实验中,不仅需要精确地机械校准,通常还需记录每毫米上千线的干涉条纹,利用高级的光学仪器,甚至有可能研究具有纳米级尺度

的现象。例如,现有的相移光学仪能够测量分辨率大约为 1 nm 的表面粗糙度;在半导体集成电路领域,研制亚微米线宽的元件常常需要对其制造过程实施必要的控制并进行精度优于 50 nm 的测量等。因此,信息光学实验要求高,实验精度和光信息记录密度大,要求工作台具有高度的稳定性。在记录过程中,必须尽力避免工作台面的震动,即使有汽车经过、机器开动、流水、人员走动、抽风机等情况,造成的条纹移动量也应小于 1/4 波长,因此信息光学实验必须在防震工作平台上完成,同时为避免防震工作台的固有振动造成的影响,防震工作台需要进行设计,使之固有振动频率降低到 10 Hz 以下。图 1.1 所示为一防震工作台及其等效图。

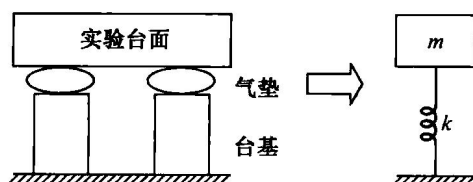


图 1.1 防震工作台及其等效图

设工作台质量为  $m$ , 气垫的弹性模量为  $k$ , 则防震工作台系统的固有频率  $f_0$  可表示为

$$f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{mk}} \quad (1.1)$$

显然  $m$  和  $k$  的乘积越大,  $f_0$  就越小。因此,为了获得固有振动频率低的系统,就要求工作台质量大,可以采用厚重的钢板或沙箱加钢板作防震工作台。为了获得良好的减震效果,可以采用气垫等方式。图 1.2 和图 1.3 所示分别为无气垫型和有气垫型防震工作台。

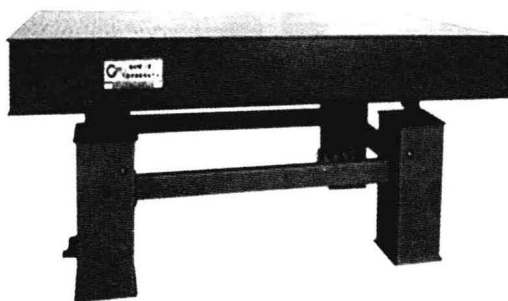


图 1.2 无气垫型防震工作台

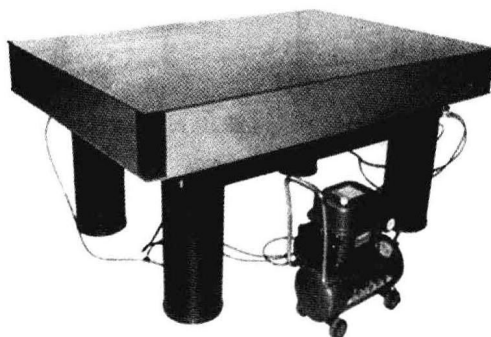


图 1.3 有气垫型防震工作台

防震工作台台面上通常还有阵列的标准孔距螺纹孔,便于固定各类调整装置。

防震工作台性能的优劣对实验成败举足轻重,在进行信息光学实验前应对防震工作台的稳定性进行检测,方法是采用迈克尔逊干涉光路来检测工作台的稳定性能。光路如图1.4所示。系统包括激光器、分束镜BS、两个平面反射镜 $M_1$ 、 $M_2$ 和一个扩束镜L。布置干涉仪时需注意将两路反射光束调准,使其在进入扩束镜之前能完全重合,并使干涉仪的两臂长相等。当干涉仪校准后,在观察屏上就会形成干涉条纹,条纹的变化情况即表示光学平台的稳定性和隔震效果,条纹越稳定,则防震工作台的稳定性越好。

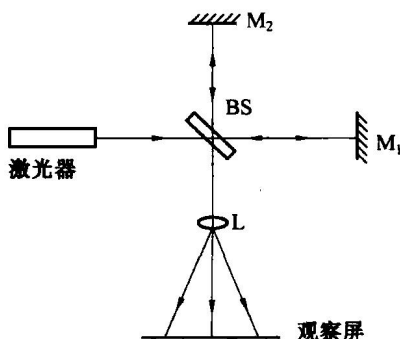


图 1.4 迈克尔逊干涉光路

除了一个有效的隔震系统外,光学元件的安装支座选择也很重要,支座单薄会对气流高度敏感,甚至即使在最好的隔震系统下,它们也会使系统的光程发生变化。通常应选用磁性表座,磁性表座的磁性吸引力可达30 kg,使各光学元件牢牢地固定在防震台上。

## 2. 光具座

光具座一般包括导轨、滑座、各类支架和配件等构成。导轨两侧开有精密燕尾槽,以使滑座能沿导轨平直移动,导轨中央的三角凸棱与燕尾槽平行,便于滑座在导轨上任意位置对准中心;滑座具有紧锁机构,紧固、松开均灵活方便。滑座横向、垂直方向均可自如地大范围调节;各类支架等用于夹持各类光学元件;配件一般包括各类像屏、孔屏等。图1.5所示为光具座。

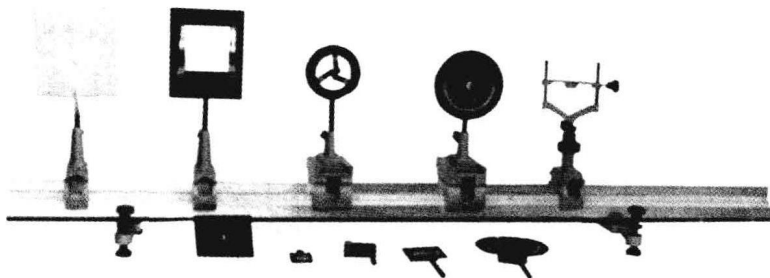


图 1.5 光具座

## 二、光源

信息光学实验离不开光源,光源的正确选择对实验的成败和结果的准确性至关重要。信息光学实验中常用的光源包括:白炽灯、气体放电灯、激光光源,其中激光光源是最常用的。

## 1. 白炽灯

白炽灯是一种热辐射源。常用的白炽灯灯丝通电加热后,呈白炽状态而发光。灯丝常用钨丝,它熔点高、蒸发率低,可在较高的温度下工作从而有较多的可见光能量辐射,机械强度大。普通白炽灯可作白光光源和照明用,交流或直流供电均可。如需更大的亮度时,一般采用卤钨灯。在钨丝灯泡中加入卤素的用处是减慢因钨蒸发而造成灯泡壳的黑化,从而使钨丝能工作在更高的温度,提高发光的强度和效率。图 1.6 所示为一种卤钨灯。



图 1.6 卤钨灯

## 2. 气体放电灯

利用灯内气体在两电极间放电发光的原理制成的灯称为气体放电灯。其基本原理是:管内气体原子与被两电极间电场加速的电子发生非弹性碰撞,使气体原子激发,激发态原子返回基态时,多余的能量以光辐射的形式释放出来。实验室中最常用的气体放电灯是钠灯和汞灯,在可见光谱区,它们各自发出较强的特征光谱线。

### (1) 钠灯

钠灯是蒸气发电灯。灯管内充有金属钠和惰性气体。灯丝通电后,惰性气体电离放电,灯管温度逐渐升高,金属钠气化,然后产生钠蒸气弧光放电,发出较强的钠黄光。钠黄光光谱含有 589.0 nm 和 589.6 nm 两条特征光谱线,实验中常取其平均值 589.3 nm 作为单色光源使用。图 1.7 所示为一种低压钠灯。

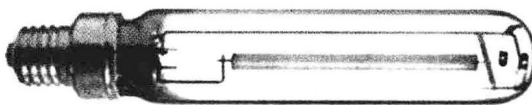


图 1.7 低压钠灯

钠灯具有弧光放电负阻现象。为防止钠光灯发光后电流急剧增加而烧坏灯管,在供电电路中需串入相应的限流器。由于钠是一种难熔金属,一般通电后要十几分钟才能稳定发光。注意:气体放电光源关断后,不能马上重新开启,以免烧断保险丝,并影响灯管寿命。

### (2) 汞灯

灯管内充有汞及惰性气体,工作原理和钠灯相似。汞灯可按其气压的高低,分为低压汞灯、高压汞灯和超高压汞灯。低压汞灯最为常用,其电源电压与管端工作电压分别为 220 V 和 20 V,正常点燃时发出青紫色光,其中主要包括七种可见的单色光,它们的波长分别是 612.35 nm(红)、579.07 nm 和 576.96 nm(黄)、546.07 nm(绿)、491.60 nm(蓝绿)、435.84 nm(蓝紫)、404.66 nm(紫)。汞灯工作时必须串接适当的镇流器,否则会烧断灯丝。

为了保护眼睛,不要直接注视强光源。正常工作的灯泡如遇临时断电或电压有较大波动而熄灭,需等待灯泡逐步冷却,汞蒸气降到适当压强之后才可以重新发光。图 1.8 所示为一种汞灯及其镇流器。

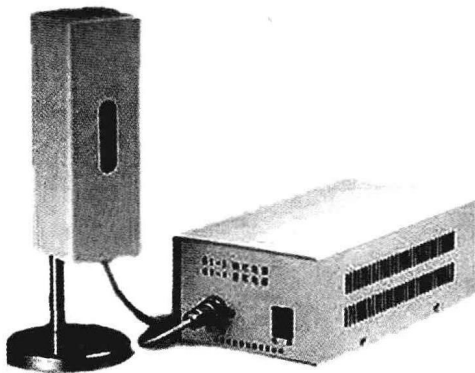


图 1.8 汞灯及其镇流器

### 3. 激光器

激光器是一种单色性好、方向性强、亮度高、相干性好的新型光源。实验室最常用的激光器为氦氖激光器和半导体激光器。氦氖激光器发出的波长为 632.8 nm。激光管内充有按一定配比的氦气和氖气,在管端两极加以直流高压才能激发出光,使用中应注意人身安全。激光器关闭后,也不能马上触及两电极,否则电源内的电容器高压会放电伤人。半导体激光器可以获得几种不同波长的红色或绿色的激光,其中最常见波长为 532 nm。激光束能量集中,不能用眼睛直接观察,以免造成伤害。

由于在信息光学实验中,激光光源最为常用,因此下面对激光光源的一些重要的参数作一简要的介绍。

#### (1) 激光器的模式

激光器的模式有横模和纵模。提到激光器模式时,通常主要是指横模。激光器模式的好坏直接影响到实验的成败和质量。

##### ① 激光器的横模

激光器的横模直接影响空间相干性,在同一个横模中激光束波面的位相差是固定的。通常总是选择单横模输出,其光强分布是高斯型的,可表示为

$$I(r) = I_0 e^{-2r^2/\omega^2} \quad (1.2)$$

式中  $I_0$  为光斑中心的光强,  $r$  为波面上一点与光斑中心的距离,  $\omega$  为高斯光束的光斑半径,定义为在光束横截面内,光强下降到光斑中心光强  $I_0$  的  $\frac{1}{e^2}$  时所对应的圆半径。若基模上叠加了其他的高阶模,将破坏空间的相干性,使干涉条纹对比度下降,甚至模糊不清,从而导致实验失败。检查激光器的横模有多种方法,最简单的是用肉眼直接观察经过扩束的光斑,看其光强分布是否为平滑的高斯型分布。如果是平滑的高斯型分布,则为基模,如图 1.9 所示;如果出现对称的双瓣或多瓣光斑,则为多横模。

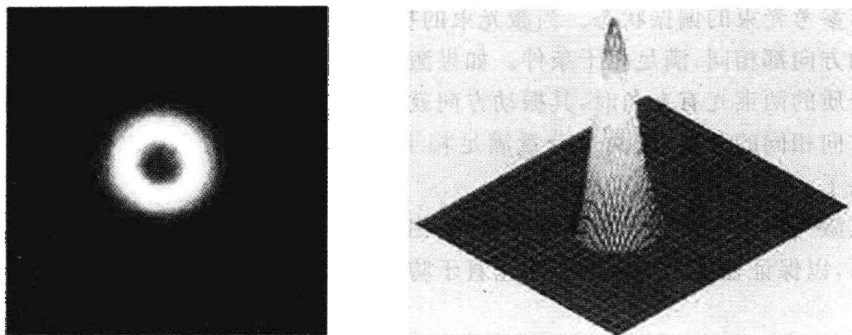


图 1.9 激光器单横模的远场分布和功率分布示意图

## ②激光器的纵模

激光器的纵模影响时间相干性。根据光腔共振条件

$$L = m \frac{\lambda}{2} \quad (1.3)$$

式中  $L$  为腔长,  $m$  是干涉膜。考虑到  $\lambda = c/\nu$ , 则

$$\nu = m \frac{c}{2L} \quad (1.4)$$

$$\Delta \nu = \frac{c}{2L} \quad (1.5)$$

式中,  $\nu$  表示纵模频率, 该式称为频率条件。  $\Delta \nu$  是纵模的频率间距。由于激光束的输出必须同时满足频率条件和振荡阈值条件, 所以激光器输出的纵模个数是有限的。图 1.10 所示的情况有 3 个纵模, 图中  $\delta \nu$  表示单模频宽。

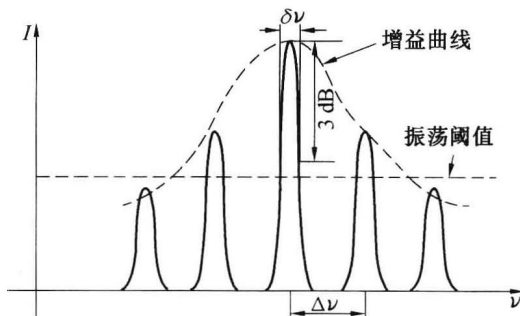


图 1.10 激光器的纵模

对于单纵模的激光输出, 相干长度  $L_c$  由下式确定, 即

$$L_c = \frac{c}{\delta \nu} = \frac{\lambda^2}{\delta \lambda} \quad (1.6)$$

由此可见, 相干长度只与频宽  $\delta \nu$  有关。但单纵模的激光器管很短。通常实验室用的激光器管长都是 1~1.5 m, 在使参考光、物光的光程差为管长的偶数倍附近时便可以记录到高质量的全息图。一般在多纵模情况下使用时, 参考光、物光的光程差应控制在管长的 1/4 左右。

## (2) 激光的偏振方向

两个相互垂直的线偏振光之间不会产生干涉, 所以在进行信息光学实验的时候, 必须考

考虑物光束与参考光束的偏振状态。当激光束的振动方向垂直于防震工作台面时,物光与参考光的振动方向都相同,满足相干条件。如果激光束的振动方向平行于防震工作台面,则当到达记录介质的两束光有夹角时,其振动方向就不再平行了。夹角较小时,两束光还具有较大的振动方向相同的分量,这两个分量满足相干条件;夹角超过了一定值时(大约  $25^\circ$ ),相干性就很差了。

外腔式激光器由于使用了布儒斯特窗,输出的激光束是完全偏振的。布儒斯特窗必须向上或向下,以保证输出光的振动方向垂直于防震工作台面,如图 1.11 所示。图中  $i_B$  为布儒斯特角。

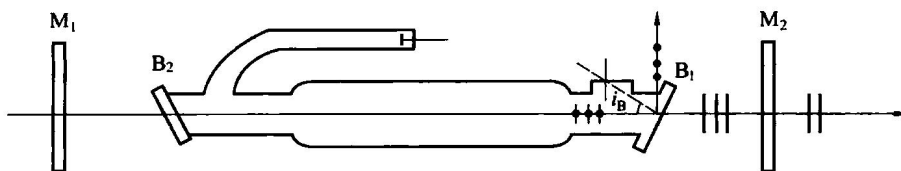


图 1.11 外腔式激光器示意图

内腔式激光器不加布儒斯特窗,光束的偏振方向是随机的,并且相邻的两个纵模的振动方向是相互垂直的,不再存在优势方向。使用时应在激光器的输出处加上一块偏振片,只让垂直于台面振动的光束通过。这样虽然损失了一部分激光功率,但保证了两束光振动方向相同,以满足相干条件。

### (3) 激光器的输出功率

激光器在正常使用过程中输出功率常常会下降,且当激光器点燃后,由于腔内温度升高,谐振腔的腔长会发生变化引起模式的变换,因此激光器点燃后应稳定一段时间(通常为半小时)再使用。如室内防尘条件差,激光器长时间置放,室内尘埃会污染布儒斯特窗和反射镜,也会使激光输出功率下降,这时需要用脱脂棉球蘸上 1:1 的无水乙醇轻轻擦拭窗口,并用吹气球清除反射镜上的灰尘。夏天室内空气潮湿,易使谐振腔的胶合件脱胶,产生漏气,致使激光器的功率大幅度下降。当发现激光器的毛细管颜色发蓝时,便是激光器内的氖气已全部漏掉,故激光器长期不使用时,要定期点燃激光器,以排除室内潮湿环境对激光器的影响。剧烈振动或操作不小心碰动了外腔式激光器的调节螺钉,功率也会下降。这时应在光功率计监测下,通过微调螺钉把功率调到额定值。学生实验使用的激光器通常为功率较小( $2\sim 3\text{ mW}$ )的内腔式氦氖激光器,无需调节谐振腔。

图 1.12 为放置在防震工作台上的氦氖激光器。其他常用激光器的情况,见表 1.1。

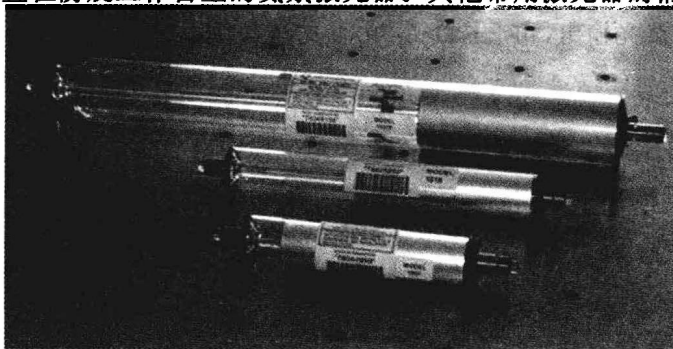


图 1.12 氦氖激光器

表 1.1 常用激光器

| 名 称                     | 类 别                                                         | 波 长                              | 工作方式     | 用 途                                      |
|-------------------------|-------------------------------------------------------------|----------------------------------|----------|------------------------------------------|
| 红宝石激光器                  | 固体激光器                                                       | 694.3 nm                         | 连续<br>脉冲 | 激光测距、激光加工、激光全息、激光医学                      |
| YAG 激光器(掺钕钇铝石榴石激光器)     | 固体激光器                                                       | 532.0 nm<br>(倍频)                 | 连续       | 激光测量、激光加工、激光治疗、激光泵浦、非线性光学                |
| 钕玻璃激光器                  | 固体激光器                                                       | 1 060 nm                         | 脉冲       | 激光加工、激光治疗、激光测量、非线性光学与激光等离子体研究            |
| 氩离子激光器                  | 气体激光器                                                       | 488.0 nm<br>514.5 nm             | 连续       | 激光显示、信息处理、激光泵浦、全息照相以及激光光谱学               |
| 二氧化碳激光器                 | 气体激光器                                                       | 10.6 $\mu\text{m}$               | 连续<br>脉冲 | 激光加工、激光治疗、激光通信、非线性光学、激光光谱学与激光等离子体研究      |
| 氮分子激光器                  | 气体激光器                                                       | 337.1 nm                         | 脉冲       | 激光荧光分析、集成电路制造、激光育种、激光治疗、探测污染、激光泵浦以及非线性光学 |
| 准分子激光器                  | 气体激光器:<br>惰性气体准分子,惰性气体原子与卤素气体原子结合而成的准分子,以及金属原子与卤素原子结合而成的准分子 | 光谱波段的近紫外区和真空紫外区                  | 脉冲       | 激光荧光分析、集成电路制造、激光育种、激光治疗、探测污染、激光泵浦以及非线性光学 |
| 可调谐染料激光器                | 液体激光器                                                       | 较宽光谱范围内(通常可达几十纳米以上)获得单色性较好的可调谐激光 | 连续<br>脉冲 | 激光光谱学、非线性光学、激光显示、信息记录与存储、激光医学、生物学        |
| 双异质结 GaAs/GaAlAs 半导体激光器 | 半导体激光器                                                      | 近红外,可按一定方式在有限的光谱范围内进行调谐          | 连续<br>脉冲 | 光通信、信息存储、处理与显示、激光测距、制导、夜视及激光光谱学          |

### 三、光学元件

#### (1) 光开关与曝光定时器

光开关通常放置于激光器之后,用于控制光路的开启和关闭,与曝光定时器配合,用于准确控制曝光时间。曝光定时器定时范围一般为  $0.1 \sim 99 \text{ s}$  之间,精度为  $\pm 2.5\%$ ,操作简便。光开关与曝光定时器,如图 1.13 所示。

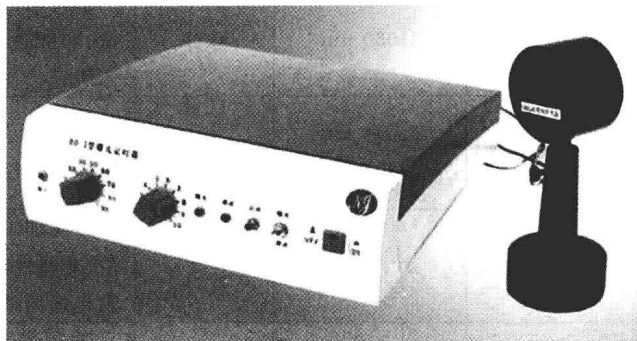


图 1.13 曝光定时器与光开关

#### (2) 光强分束镜

光强分束镜也称分束镜,是将入射光束分成具有一定光强比的透射与反射两束光的光学元件,主要性能参数是分束比,即在工作波长上透射光强度与反射光强度之比,又称透反比。根据分束比,可将分束镜分为固定分束比分束镜和可变分束比分束镜两类。

固定分束比分束镜是在玻璃基片上均匀镀上多层介质膜或金属膜而制成,选择不同的膜系可以获得不同的分束比。常见的分束比规格有  $1:1$ 、 $1:4$ 、 $1:7$ 、 $1:9$ 、 $9:1$  等。由于分束比固定,因此这类分束镜有多种口径的,可用于宽光束分光中。图 1.14 为固定分束比分束镜(不含支架)。

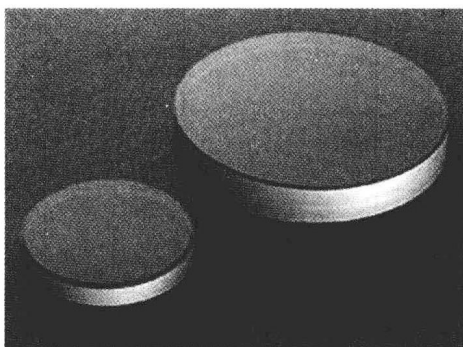
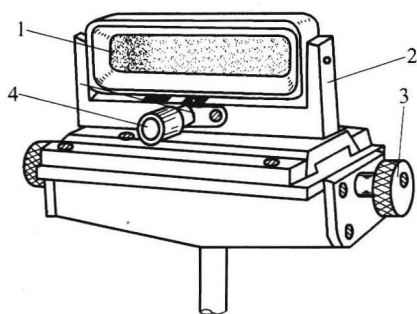


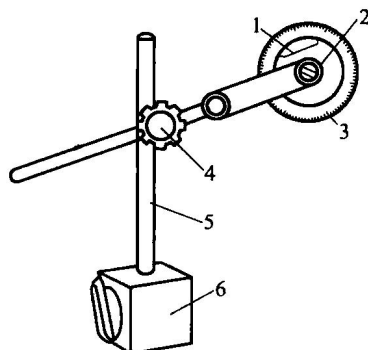
图 1.14 固定分束比分束镜

可变分束比分束镜有阶跃和连续渐变之分。阶跃分束镜是在玻璃基片的不同区域分别镀制不同的膜系,使各区域有不同的分束比;连续渐变分束镜则是在玻璃基片上镀制厚度连续变化的折光膜,由于膜厚连续变化,吸收率也随之连续变化,因此分束比连续改变。连续渐变分束镜有条形和圆形两种,结构如图 1.15 所示。图 1.16 为一个圆形渐变分束镜实物。可变分束比分束镜用于激光细光束的分束中。



(a) 条形渐变分束镜

1—分束镜；2—分束镜架；  
3—平移调节旋钮；4—俯仰调节旋钮



(b) 圆形渐变分束镜

1—分束镜；2—旋转装置；3—圆盘；  
4—紧定旋钮；5—杆架；6—磁性表座

图 1.15 连续渐变分束镜

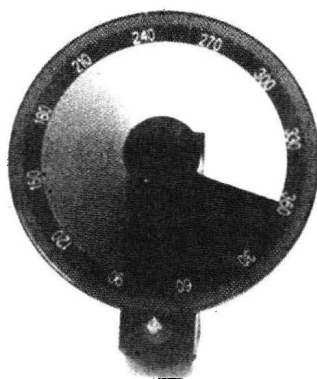


图 1.16 圆形渐变分束镜实物

### (3) 偏振分束镜

在偏振光的光路中,通常采用偏振分光原理的分束器实现连续渐变分光。图 1.17 是利用沃拉斯顿棱镜的分束镜, $P_1$ 、 $P_2$  为两块半波片。两束光的相对强度正比于入射光束的水平偏振分量和垂直偏振分量的强度,即取决于入射光振动方向与半波片  $P_1$  之间的夹角,当半波片  $P_1$  旋转,则夹角改变,从而实现分束比连续可调。转动半波片  $P_2$  可以改变光束 2 的偏振方向,使之与光束偏转方向一致。

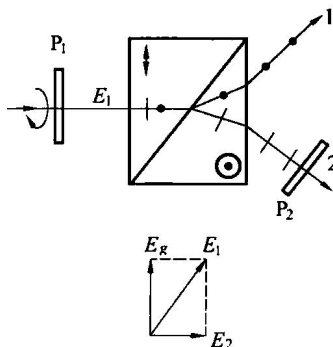


图 1.17 利用偏振分光原理的分束镜