

 新世纪高等院校精品教材

GUANGXINXI
ZONGHE
SHIYAN

光信息综合实验

谈恒英 编著

浙江大学出版社

38-33
18

新世纪高等院校精品教材

光信息综合实验

谈恒英 编著

浙江大学出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

光信息综合实验 / 谈恒英编著. —杭州: 浙江大学出版社, 2003. 11

ISBN 7-308-03478-X

I. 光... II. 谈... III. 信息光学—实验—高等学校—教材 IV. O438-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2003) 第 090657 号

责任编辑 邹小宁

出版发行 浙江大学出版社

(杭州浙大路 38 号 邮政编码 310027)

(E-mail: zupress@mail.hz.zj.cn)

(网址: <http://www.zjupress.com>)

排版 浙江大学出版社电脑排版中心

印刷 浙江大学印刷厂

开本 787mm×1092mm 1/16

印张 7.5

字数 192 千

版印次 2003 年 11 月第 1 版 2003 年 11 月第 1 次印刷

印数 0001—2000

书号 ISBN 7-308-03478-X/O · 297

定价 15.00 元

内容简介

本书是针对光电信息专业人才培养要求而设置的综合性光学实验课程教材。全书分为两大部分,第一篇介绍常用装置、器件及基本实验技术;第二篇分光信息记录与技术、光信息调制与技术、光信息处理与技术及光学量精密测量等四大块安排 20 个实验。所设置的实验综合工程光学的理论知识,结合现代光学的发展,采用光、机、电、算等手段,联系工程应用实际。本书可作为大学本科生光电信息专业的实验训练教材,部分实验可用于硕士研究生的现代光学基础实验。本书也可作为相关人员的实验参考书。

前 言

本书是根据新的人才培养目标,为光电信息工程专业所开设的光信息综合实验课程编写的教材。通过本实验课程的系统学习,使学生融会贯通所学知识,深入理解工程光学的基本原理和基本运用;进一步拓宽现代光学的知识面;掌握基本的实验方法、实验技术及工程应用;熟悉常用光学和电子器件的配置、调整、组合等实验技术,并能对结果进行综合分析和评价;提高学生用实验方法综合研究光学问题的能力。

本书的第1篇介绍实验中常用的装置、器件和基本实验技术,作为本课程的基础;第2篇为实验部分,设有光信息记录与技术、光信息调制与技术、光信息处理与技术、和光学量精密测试等四大块共20个实验,包含光学全息记录及技术,电光效应、磁光效应、声光效应及调制技术,光学图像加减、微分、相关、存储、重现等处理及利用光的干涉、偏振、散斑原理的精密测量技术。鉴于当前将计算机技术应用于光学而展开的图像处理技术的发展及可用于实时处理的空间光调制器的应用,书中增加了计算全息及利用液晶光阀的实时图像处理的实验。编写本书的旨在融会经典光学、现代光学及电子学有关知识的基础上,掌握光信息记录、调制、处理和测试的方法和技术,并加以分析和评价,提高学生运用现代光学知识综合研究和实践的能力。

本书的选题注意理论与工程应用的结合,引入了与科技发展相适应的新的知识点,应用光、机、电、算的先进测试和处理手段,并安排若干融设计、制备、测试、应用为一体的具设计性、综合性的实验,以增强学生创新思维和实践能力方面的训练。

本书根据大学光学教学的新要求,注重联系现代光学应用于科技发展的实际需要,由作者长期从事光学教学实践的积累编写而成。书中所列的部分实验是在教学实践中逐步充实和完善起来的。本书适用于大学本科生光电信息知识的综合实验训练,部分实验也可作为硕士研究生的现代光学基础实验。

本书的编写出版得到浙江大学光电信息工程学系刘旭、顾培夫教授的支持,施柏煊教授在本书编写过程中给予了很大的帮助和指导,李晓彤、岑兆丰、毛小兰老师也给予许多帮助,在此一并致谢。

由于作者水平有限,加之编写时间仓促,不足之处,敬请读者批评指正。

编 者

2003年9月于浙江大学玉泉校区

目 录

绪 论	1
0.0.1 实验教学的基本要求	1
0.0.2 实验室注意事项	1
第1篇 常用装置、器件和基本实验技术	3
1.1 常用装置、器件	3
1.1.1 光学防振台	3
1.1.2 光学部件	4
1.1.3 机械部件	7
1.1.4 常用光源	9
1.1.5 常用光电探测器	11
1.1.6 其他电子仪器	12
1.2 基本实验技术	12
1.2.1 激光器性能因素	12
1.2.2 光路调试的基本技术	13
1.2.3 记录介质与处理技术	16
第2篇 光信息综合实验	23
2.1 光信息记录与技术	23
实验一 全息光栅的设计、制备和性能测试	23
实验二 全息透镜的制备及应用	29
实验三 全息光栅空间频率的实时测量	34
实验四 傅里叶变换计算机全息图	37
2.2 光信息调制与技术	41
实验五 磁光调制及材料磁光特性的测试	41
实验六 铌酸锂(LN)晶体的横向电光效应及应用	46
实验七 磷酸二氘钾(KD*P)晶体的纵向电光效应及应用	53
实验八 声光调制与声光偏转	59
2.3 光信息处理与技术	65
实验九 光学图像相加、相减	65
实验十 光学图像微分	68
实验十一 光学图像识别	71

实验十二	黑白胶片记录和彩色像重现·····	73
实验十三	彩色透明图片的存储·····	79
实验十四	液晶光阀用于光学图像实时加、减、微分·····	83
实验十五	液晶光阀实时图像存储、相关处理 ·····	87
实验十六	实时指纹识别·····	91
实验十七	实时傅里叶变换计算全息·····	94
2.4	光学量精密测试·····	98
实验十八	激光平面干涉仪测量光学面形误差·····	98
实验十九	椭圆偏振法测量透明薄膜的光学常数和金属厚膜的复折射率 ·····	100
实验二十	用激光散斑测量微小位移 ·····	109
参考文献·····		112

绪 论

实验是人们认识自然和进行科学研究的重要手段。一个科学设想,需要进行大量的实验研究,才能得以实现。一个创新的理论也必须用实验来验证它的正确性。光学和其他学科一样,也是经过长期的实践,在大量的实验基础上才逐步发展和完善的。光学的发展离不开各种光学实验,现代光学的发展同样离不开基础理论和实验方法。几百年的光学发展史充分证明,光学实验是光学发展的策源地和策动力。

0.0.1 实验教学的基本要求

实验是一门与讲授课程同样重要的独立课程。通过实验,可以学习和掌握基本的实验技能、实验原理和实验方法,训练综合运用各课知识,培养独立思考、分析问题、解决问题的能力,同时培养促进知识创新和拓展的能力。实验教学是人才培养的重要环节,并且实验课程所具有的独特的教学内容、教学方式和教学目的是不能用理论思维能力来代替的。

除了必要的知识介绍外,实验课程分以下三阶段。

(1)预习。这是实验前的课前准备阶段。根据实验目的,学习实验指导书中的实验原理和书本的有关内容,参考指导书中的实验方法,拟出实验方案,列出实验步骤,画好实验数据的记录表格。

(2)实验。首先按照实验方案选取安装与调整仪器及部件,这是实验的关键。实验过程中必须认真观察现象,及时发现问题,解决问题。测试时还需记录原始数据,若有可疑之处须反复测试,发现其规律。

(3)撰写实验报告。撰写实验报告也是一种实验能力和科学总结能力的培养,其内容应包括:

- ①实验题目和实验目的。
- ②实验原理。包括实验的理论根据,必要的公式及必要的原理示意图。
- ③实验装置。包括实验装置布置、测试仪器和测试物。
- ④实验步骤。主要写出实验测试方法、调试过程和发现的现象。特别鼓励捕捉新的实验现象。
- ⑤数据处理。包括实验数据分析、计算、列表。
- ⑥结论和讨论。总结实验已达到的目的,讨论测量误差,并分析观察到的实验现象,得出科学的结论。
- ⑦ 解答思考题。应从实验的观点来回答,不能单纯地从理论上回答。

0.0.2 实验室注意事项

(1)光学仪器大多是精密贵重仪器,取放仪器时,要思想集中、动作轻慢。在没有了解清楚

仪器的使用方法之前,切勿乱拧螺丝、碰动仪器或随意接通电源。

(2)大部分光学元件用玻璃制成,光学面经过精细抛光,使用时要轻拿轻放,勿使元件相互碰撞、挤压,更要避免摔坏。暂时不用的元件,要放回原处,不要随意乱放,以免损坏。

(3)人的手指带有汗渍油脂类分泌物,用手触摸光学表面会污染该光学面,影响其透光性和其他光学性质。因此,任何时候都不能用手去触摸光学表面,只能拿元件的磨砂面。正确的姿势如图 0-1 所示。

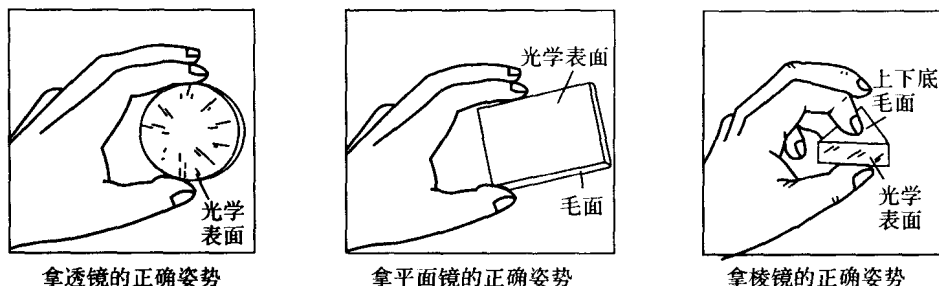


图 0-1 光学元件手持方法

(4)不要对着光学元件和光学系统讲话、打喷嚏和咳嗽,以免涎液溅落镜面造成污痕。

(5)光学面若落有灰尘,应先用干净、柔软的脱脂毛刷轻轻掸除,或用橡皮球吹除。严禁用嘴去吹。一般不能随意擦拭光学表面。必要时可用脱脂棉球蘸上酒精乙醚混合液轻轻擦拭,切忌用布直接擦拭。

(6)光学面上若沾有油污等斑渍时,不要立即动手擦拭。因为很多光学表面镀有特殊的光学薄膜,在擦拭之前,一定要了解清楚情况,然后再在教师或实验室工作人员的指导下,采取相应措施,精心处理。

(7)光学仪器中有很多经过精密加工的部件,如光谱仪和单色仪的狭缝、迈克耳逊干涉仪的蜗轮蜗杆、分光计的读数度盘等,实验时要小心使用,按规律操作,切忌拆卸仪器、乱拧旋钮。

(8)实验中用到许多精密调节件,动作要稳、慢,切勿调整过头,以影响精度。

(9)实验中使用大量的电子仪器,应遵照使用规则调节使用。

(10)实验中使用的激光是强光光源,切莫对着激光观测,以免损伤眼睛。

(11)要讲究清洁卫生、文明礼貌,不得大声喧哗,更不能打闹嬉笑。

(12)实验完毕,要向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。整理好仪器,填写仪器使用卡,经允许后方可离开实验室。

第 1 篇 常用装置、器件和基本实验技术

本篇介绍光信息实验中普遍用到的装置、器件、光源、接收器和基本实验调试技术。熟悉和掌握其结构、原理、特征和调试方法,有利于实验的正常进行和对实验现象进行分析。

1.1 常用装置、器件

光信息实验的一般装置通常由光学防振台、光学部件、机械部件、光源和接收器组成。国内生产的光学实验台和系列实验组合套件一般多采用组合式结构,零部件品种多,通用性强。可以灵活地拼搭全息术、光学信息处理、激光散斑技术等信息光学方面的实验光路,能够满足信息光学实验的要求。

1.1.1 光学防振台

由于信息光学实验的要求较高,实验精度和光信息记录密度大,一般要求形成的条纹的移动量小于 $1/8 \sim 1/4$ 波长间隔,必须保持高度的稳定性。因此,信息光学通常都应在具有优良防振性能的光学防振台上进行。

光学防振台通常由台板、台架和防振装置组成。

台板是供布置光路用的。其尺寸有各种规格,一般宽度为 $0.6 \sim 1.2\text{m}$,长度为 $1 \sim 3\text{m}$ 。用铸铁、磁不锈钢和铝材制成。台板的工作表面称为光学台面,应具有较高的平面度,以便于光路的调整。光学台面有光学平台和光学平板两种。

铁磁不锈钢材料刚性好,但密度大,硬重比小,抗振性差。不锈钢温度膨胀系数小,耐腐蚀,能吸附磁性底座,因此常用于制作光学平台。目前国内厂家生产的光学平台内芯采用蜂窝支撑的结构,其合理的硬重比提供了优良的抗振性能。一般精心加工的铁磁不锈钢台面平面度高,有乌光效果,特别适用于光学实验,不刺激眼睛,能减少杂散光。

铝材的硬重比大,有一定的抗振性,温度传导性好,不良环境中温度形变小,加上重量轻、易搬动、易加工、成本低,且阳极氧化后美观、耐磨,常用于制作光学平板的材料。但刚性差,不能悬空支撑。

光学平台和光学平板上阵列的标准孔距螺纹孔便于固定各种调整架,也可用磁吸装置直接将机械调整架固定在光学台板上,形成稳定的系统装置。

台架用于支承台板,一般连接有防振装置,用于隔绝振源与平台之间的联系。简易的小型防振台通常不必使用台架,可以将台板直接安放在防振装置上。

防振装置是防振台的主要部件。它能够对于外界振动,如人员走动、汽车行驶等引起的干

扰,起到隔除作用;且能迅速消除自身的冲击(如碰撞工作台,触碰光学元件等)和振动干扰则能迅速消除。

衡量防振台性能主要看其固有振动频率。防振台的质量 m 越大,弹性越好,固有频率就越低,与外界干扰频率差别就越大,隔振效果就越好。由于外界干扰的频率一般在 10Hz 以上,因此,防振台的固有振动频率应控制在 10Hz 以下。

防振装置主要由气浮式、防振弹簧等构成。一般高档的防振装置多采用气浮式,甚至装有自动平衡装置;中低档的防振装置多采用乳胶泡沫层垫或防振弹簧。国内新近生产的光学隔振台由光学平台支架代替,台架和防振装置采用优质结构钢制造,高弹性橡胶垫与台面接触。抗振动能力强,刚性好,稳定性特佳。支点用精加工螺纹连接,高度可调,保证台面的水平和垂直。

1.1.2 光学部件

各种光学部件以及支撑这些光学部件的精密机械调节装置的组合,构成光信息实验的各种光路,能够满足实验的各种要求,了解这些光学部件的性能、特点、适合场所,选择合理的部件,是完成实验的重要保证。

1. 平面反射镜

平面反射镜主要用于折转光路,其直径大小应根据所折转的光束直径而定。对用于转折宽光束的反射镜,除了对孔径有一定的要求之外,还有对表面平面度的要求。一般选用一级平晶。另外,为了消除附加反射光的影响,反射镜通常都是在前表面上镀制反射膜。

根据反射镜上镀制的反射膜的类型,通常反射镜分为两类:一类为铝膜反射镜,另一类为介质膜反射镜。铝膜反射镜是真空镀铝后经阳极氧化加固而成,或铝膜外加一层一氧化硅薄膜。其主要优点是反射率几乎与入射角无关,不存在明显色散。缺点是反射率不够高,仅 84% 左右,膜层的机械强度不够高,膜层表面容易损伤,一般只允许用吹气球吹去灰尘,必要时用 1:7 酒精、乙醚混合液轻轻擦拭。

介质反射膜通常是在玻璃基片上交替蒸镀 19~21 层氟化镁和硫化锌膜系或者氧化钛和一氧化硅膜系而制成的。其优点是反射率高,一般可达 99% 以上。缺点是反射率会随光的波长和入射角的改变而改变。垂直入射时反射率最高,随入射角度增大反射率迅速下降。入射角大于 45° 时反射率很快下降为零。

2. 分束镜

分束镜主要是用来将入射光束分成具有一定光强比的两束光,其主要性能参数是分束比,即透射光束强度 T 与反射光束强度 R 的比值,又称透反比。

分束镜通常有两类:固定分束比分束镜和可变分束比分束镜。前者分束比不能调整,可在宽光束中使用;后者分束比可以调整,但一般只用在未经扩束的激光细光束中。可变分束比分束镜又分为阶跃分束镜和连续渐变分束镜两种。

固定分束比分束镜是在玻璃基片上镀制均匀的析光膜而制成的,选用不同的膜系可获得不同的分束比。常见的分束镜的透反比有 1:1, 1:4, 1:7, 1:9, 9:1 等规格。

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,使各区域具有不同的分束比。连续渐变分束镜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,借此连续改变透反比。连续渐变分束镜有条形和圆形两种。条形渐变分束镜(图 1-1)的镜架具有精密平移装置和俯仰微调装置,当分束镜平移时,透反比将随之变化。圆形渐变分束镜(图 1-2)镜架具有精密旋转装置,通过转动分束镜来改变透反比。为了避免多次反射

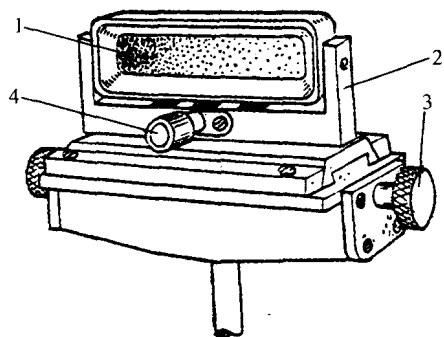


图 1-1 条形渐变分束镜

1—分束镜;2—分束镜架

3—平移手轮;4—俯仰微调手轮

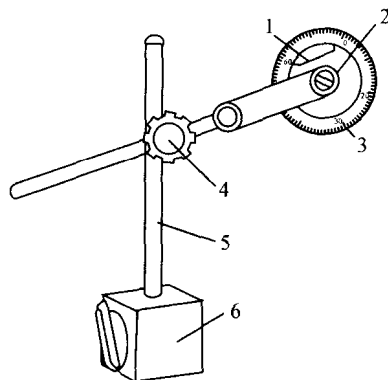


图 1-2 圆形渐变分束镜

1—分束镜;2—旋转装置;3—圆盘

4—紧固旋钮;5—杆架;6—磁性座

光对实验的干扰,一般分束镜的前后表面应有一楔角。

3. 偏振分束镜

在偏振光的光路系统中,一般采用偏振分光原理的分束器实现连续渐变分光。图 1-3 所示是利用渥拉斯顿棱镜的分束镜。这种棱镜常常用来决定光束的两个平面偏振成分的相对强度。因为光在棱镜中不会沿光轴方向行进,也不会发生旋光性,所以,两束光的相对强度总是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第一块晶体光轴之夹角 θ 。当旋转放置于棱镜前的半波片 P_1 时, θ 角随之变化,从而能够实现分束比的连续可调。转动半波片 P_2 ,可使从棱镜出射的两束光的振动方向一致。当严格控制 P_1 的方位和转动精度时,能使改变分束比的过程中两出射光束的方向不变。

图 1-4 所示的偏振分光镜是根据反射和折射原理产生偏振光的一种光学部件。它是在两直角玻璃棱镜之间交替地镀上高、低折射率的膜层,然后胶合成一块立方棱镜。这些膜层起着反射和透射型偏振器的作用。入射自然光垂直于棱镜表面,以 45° 角入射到多层介质膜上,经膜层的反射和折射,反射光与透射光垂直于棱镜表面以分开 90° 方向出射。同样地,在反射光束通路中引入半波片和反射镜,使反射光束平行于透射光束,且有相同的振动方向;如果使入射线偏振光经半波片后射入偏振分光镜,则旋转半波片,同样可以使从分光镜出射的两束光的分束比连续变化。

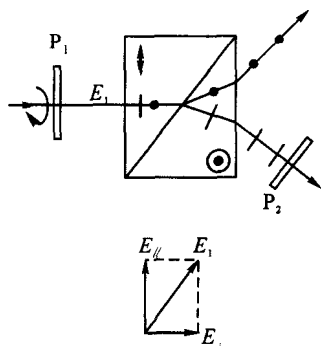


图 1-3 利用偏振分光原理的分束镜

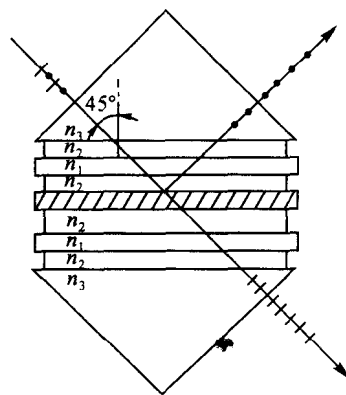


图 1-4 偏振分光镜

4. 波片和偏振片

与偏振有关的实验中,要用到偏振片和波片。普通的偏振片有利用二向色性原理人工制作的 H 偏振片。这种偏振片在整个可见光范围内偏振度可达 98%,但它的透明度低,在最佳波段上自然光入射时最大透射比为 42%,且对各色可见光有选择地吸收。但它的有效孔径几乎达 180°,可做得薄而大,且价廉,是最常用的偏振片。在偏振度和透射比要求高时,采用晶体材料做成的偏振棱镜作为偏振器,一般加工要求高,价格较贵。

波片一般称为相位延迟片,它可以使偏振光的两个互相垂直的线偏振光之间产生一个相对的相位延迟,从而改变光的偏振态。波片是由透明晶体制成的平行平面薄片,其光轴与表面平行。常用的波片有半波片、1/4 波片、全波片等,波片的快轴方向一般在样品上标明。运用时注意其适用的波长。

5. 扩束—准直系统

扩束—准直系统(图 1-5)用于将激光细光束扩展为平行的宽光束。它包括扩束镜、针孔滤波器和准直透镜三部分。扩束镜一般可采用显微物镜,其放大倍率有 10×, 20×, 40×等,根据具体的光路选取;准直透镜应该选用优质透镜,以形成均匀的光波,其焦距由系统要求决定。扩束镜和准直透镜的焦点重合,两者构成逆望远系统。在两透镜的公共焦点上放置针孔滤波器。扩束镜将激光细光束变换为球面波。准直透镜则是把这个球面波变成较大直径的平面波,针孔滤波器用来消除高频噪声,提高光束质量,以获得亮度均匀的宽光束。

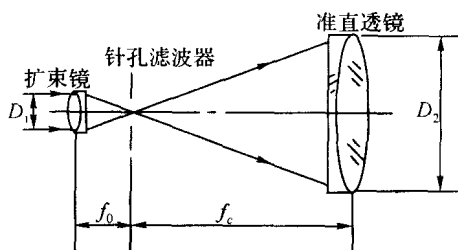


图 1-5 扩束—准直光路

6. 傅里叶变换透镜

傅里叶变换透镜用于光信息处理中对图像进行傅里叶变换。它与一般物镜类似,但由于傅里叶变换的要求,设计傅里叶变换透镜时,需要对两对共轭面(即物方焦平面—像方无穷远,物方无穷远—像方焦平面)同时校正像差。一般只能在一定范围内近似消除像差。

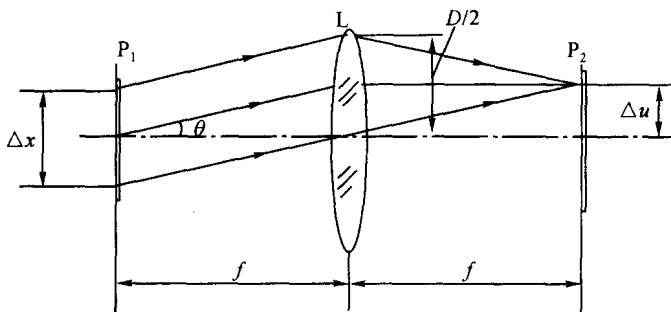


图 1-6 傅里叶变换透镜的视场和最大空间频率值

傅里叶变换透镜的视场取决于镜头的孔径,能得到准确傅里叶变换的最大空间频率取决于透镜的孔径和焦距。由傅里叶光学知识可知,其最大空间频率值(图 1-6)为:

$$u_M = \frac{D}{4\lambda f} \quad (1-1)$$

式中, D 为透镜的孔径, f 为焦距, λ 为光波波长。傅里叶变换透镜一般由多片镜头组合而成。用于单色光变换的镜头由两片透镜组合即可满足要求;用于白光信息处理的傅里叶变换透镜,采用多片透镜的组合,价格较贵。

傅里叶变换透镜可作为一般透镜使用,但在信息光学实验中,若构成 $4f$ 系统时,必须成对使用。

7. 平行平晶

平行平晶主要用于光学平面平整度的检测,或构成剪切干涉仪检测光束的准直度。要求两面对较高的平面度($<\lambda/10$)和平面平行度($<2''$),使用时将其装入镜圈中,装夹到二维镜座上。

8. 滤光片

滤光片用于复色白光图像处理,一般有红、橙、黄、绿、蓝等多种颜色和多种密度的截止滤光片,以及各种密度的中性滤光片。

1.1.3 机械部件

1. 光学镜架

光学镜架是在光路中固定光学器件的一些机械装置。在光信息实验中,由于要求光路中所有光学元件的光轴在一个与台面平行的平面内,因而各光学镜架必须有机械调节机构,以调节各光学元件的空间位置,如沿着光轴平移、水平平移、高度平移、俯仰和绕光轴旋转等。

由于台面上的光路采取积木式拼搭方法,光路一旦调整完毕,则要求各部件之间不能再有偶然的相对运动,因而必须有锁紧装置。锁紧装置通常分磁吸和机械紧固等方式。一般光学镜架要通过这些锁紧装置固定在台面上。

因此,在光信息实验中,一般的光学元件必须安装在二维精密可调的光学镜架中,由支杆连接磁性座,然后固定在平台上。

有各种形态的光学镜架用于固定各种形态的光学元件,同时有一维、二维、多维的光学调整架以配合光路调整的需要。图 1-7 为一些常用机械部件。

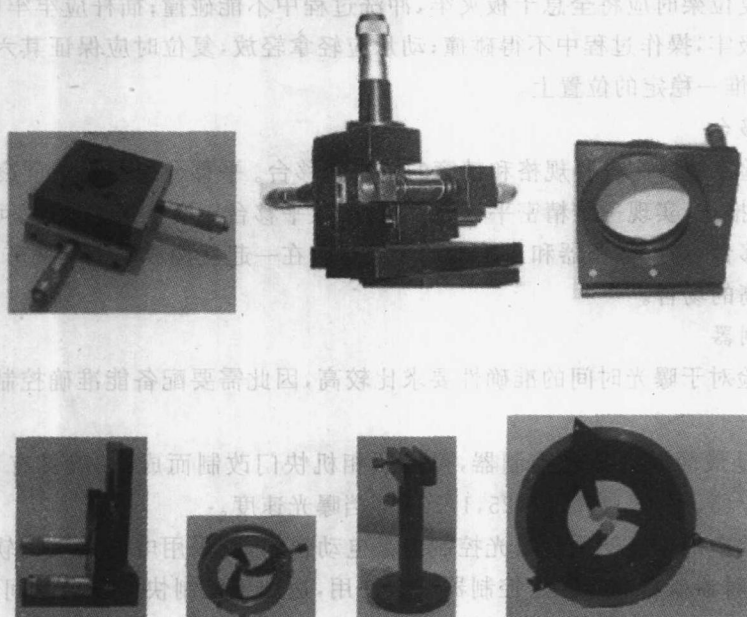


图 1-7 常用镜架和调整架

2. 干板架

光信息实验一般多用全息干板作为记录介质。夹持全息干板的干板架一般分干板架和干板复位架两类。

一般干板架用于干板不需要复位的场合。它是在载物台上铣出一条比干板厚度宽一些的直槽,用螺钉从侧面夹紧插入的干板。为了避免因螺钉夹紧处的应力集中而致使干板破碎,应在干板与螺钉之间放置一块小衬板。对干板架的主要要求是干板夹紧后能与台面垂直。

干板复位架用于全息干板需要精确复位的场合,如全息干涉的实时法,图像识别中的匹配滤波器等实验。

干板复位架主要由动片和定片组成。干板装夹在动片上,曝光后连同动片一起取下进行暗室处理,然后再精确复位。动片与定片之间一般采用六点定位法原理,夹紧力依靠动片的自重,也可附加弹簧压片。图 1-8 所示是一种典型的采用六点定位法原理的复位架。定片通过螺纹固定在插杆上。定片侧面有三个凸起的小平台,动片由于自重及弹簧压片的作用紧靠在三个小平台上,构成三点定位。定片底部斜插有两只圆柱形的定位柱,左边的定位柱与动片的 V 形槽接触,构成两点定位。右边的定位柱与动片的斜槽接触,构成一点定位。因而共有六个定位点,这就完全确定了动片的空间位置。螺钉用于固定全息干板。

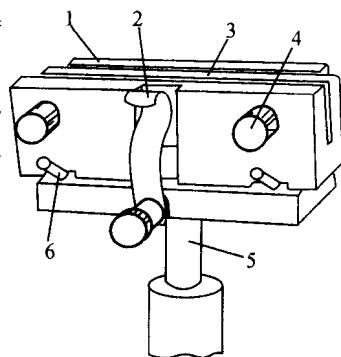


图 1-8 干板复位架

1—定片;2—弹簧压片;3—动片
4—螺钉;5—插杆;6—定位柱

复位架的基本指标是复位精度。采用六点定位法原理的复位架,其复位精度可达 $1\sim 2\mu\text{m}$,可满足一般光信息实验的要求。干板复位架的复位性能可以通过拍摄二次曝光全息图的方法来检查。若再现像上叠加有干涉条纹,则表明存在复位误差,干涉条纹越密表明复位精度越低。

使用干板复位架时应将全息干板夹牢,冲洗过程中不能碰撞;插杆应牢牢固定在插座内,底座应与台面吸牢,操作过程中不得碰撞;动片应轻拿轻放,复位时应保证其六个定点均接触良好,使其处于惟一稳定的位置上。

3. 精密平移台

光信息实验室应备有各种规格和精度的精密平移台。平移台通常采用带滚珠的双 V 形槽导向,千分螺杆推进,实现一维精密平移。将两块读数平移台正交连接成双层,可以实现二维平移。将二维平移台、高度微调器和三维微动转架组合在一起就构成了六维调节架,可用于定位精度要求特别高的场合。

4. 曝光控制器

光信息实验对于曝光时间的准确性要求比较高,因此需要配备能准确控制曝光量的曝光控制器。

机械快门是最简单的曝光控制器,可由照相机快门改制而成,一般具有 B 门及每秒 1, $1/2$, $1/4$, $1/8$, $1/15$, $1/30$, $1/60$, $1/125$, $1/300$ 等档曝光速度。

光信息实验中最普遍使用的曝光控制器是电动快门,它采用电磁铁吸动软挡光片来截断光束,与曝光定时器或自动曝光量控制器配合使用,适用于控制快门开启时间为 0.1s 以上的曝光。精度更高的电动快门其开启时间可达 0.01s,可用于较快速曝光的情况,曝光定时器的定时量程为 $1\sim 99\text{s}$;自动曝光量控制器则在 0.1s $\sim 10\text{min}$ 之内,且有测量激光输出功率和控制曝光两种功能。

1.1.4 常用光源

光信息实验中光信息的处理一般在相干光学处理系统、非相干光学处理系统和白光光信息处理系统中进行。相应系统的光源应采用相干光源、非相干光源和白光光源。同时应明确,在相干光学处理系统中,系统传递和处理的信息是复振幅分布形式的,而在非相干光学系统中,系统所传递和处理的是强度分布形式的信息。

下面介绍光信息实验中常用的几种光源。

1. 白光光源

白光光源一般采用热辐射光源,它是利用物体温度升高到足够高而发光的光源。例如钨丝白炽灯及卤钨灯。

(1)白炽灯。白炽灯属于热辐射光源。它靠电能将灯丝加热到白炽状态而发光。通常选用熔点高、蒸发率低、在可见光范围能量辐射多、机械强度大、易于加工成细丝的金属钨制作灯丝。为了抑制钨丝在高温工作时的蒸发,常在灯泡中充入氩或氮或氩和氮的混合气体,使白炽灯既有较高的发光效率,又有较长的使用寿命。白炽灯是可见光谱辐射源,其发射光谱是连续光谱,为非相干光源,可用作普通照明和白光光源。白炽灯的辐射光谱限于能够透过玻璃的光谱部分,约 $0.4 \sim 3\mu\text{m}$ 的范围。最大光强的辐射谱线决定于灼热体的温度。白炽灯可由交流、直流供电,且价廉。

(2)卤钨灯。它是利用电能使灯丝发热到白炽灯状态而发光的电光源。卤钨灯泡壳内除充入惰性气体外,还放入了卤族元素。在适当的温度条件下,从灯丝蒸发出来的钨原子与卤素原子化合成卤化钨,挥发性的卤化钨气体在高温的灯丝周围发生分解,钨原子沉积在灯丝上,卤素原子又与蒸发出来的钨原子重新化合,卤钨的这种循环过程使灯丝工作温度大为提高。可获得比普通白炽灯更高的发光效率和使用寿命,可用于要求光源亮度较高的场合,一般体积小,光通量稳定,但因工作电流较大,须注意散热,而且价格较贵。

一般卤钨灯灯丝成线状或排丝状或点状,泡壳相应成管形或圆柱形或球形。排丝状灯泡可用作较均匀的面光源,点状灯丝线度小、亮度高,用作点光源较合适。

2. 气体放电灯

利用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。

气体放电灯发光的主要过程是:被外电场加速的电子与气体电子发生非弹性碰撞使气体原子激发,受激态原子返回基态时产生光辐射。

在光学实验中用作单色光源的低压放电光谱灯能在可见光谱区发射出各自较强的主特征光谱线。

下面简要介绍两种常用 GP 型低压放电光谱灯。

(1)低压钠灯。钠灯是钠蒸气放电灯。在高真空条件下将金属钠装入灯内,并充入适量的惰性气体,泡壳由耐钠腐蚀的特种玻璃制成。灯泡通电后,惰性气体电离放电,灯管升温,金属钠汽化产生钠蒸气弧光放电,发出较强的钠黄光。钠是一种难溶金属,因此一般要通电 15min 后钠蒸气才能达到正常的工作气压而稳定发光。

(2)低压汞灯。低压汞灯的玻璃泡壳内充有汞及惰性气体氖或氩,工作过程与低压钠灯相似。低压汞灯通电后也要经过 15min 后才能稳定发出绿白色光,使用时必须注意这一点。

可见区常用的低压汞灯 GP20Hg 和低压钠灯 GP20Na 的主要参量如表 1-1 所列。

表 1-1 低压汞灯、低压钠灯的主要参量

型 号	主谱线波长(nm)	电源电压(V)	工作电流(mA)	工作电压(V)
GP20Hg	404.7	A.C 220	1300	20
	435.8			
	546.1			
	577.0			
	579.1			
GP20Na	589.0	220	1300	20
	589.6			

3. 激光光源

激光器的发光机理是受激发射而发光,不同于普通光源的自发发射而发光。激光器发出的激光束传播时有极强的方向性,即光束的发散角很小,有极好的单色性和相干性;输出功率密度大,即能量高度集中。所以激光光源是一种单色性和方向性都好的强光源,是进行全息照相和光学信息处理的一种十分理想的相干光源。

光学实验中常常用到的激光器有氦氖激光器和半导体激光器。

(1) 氦氖激光器。氦氖激光有较好的单色性、方向性和相干性,又有合适的记录介质,价格便宜,性能稳定,是实验室最常用的理想的相干光源,广泛应用于精密测量、信息光学中。氦氖激光器主要由光学谐振腔、气体放电管(毛细管)、阳极和阴极组成。光学谐振腔的两块多层介质高反射膜片有不同的反射率,一块为 96%,另一块大于 99%。反射率低的一端为激光输出口。氦氖激光器其发射波长为 632.8nm,发散角小于 2mrad。

实验中常用的氦氖激光器有以下几种。

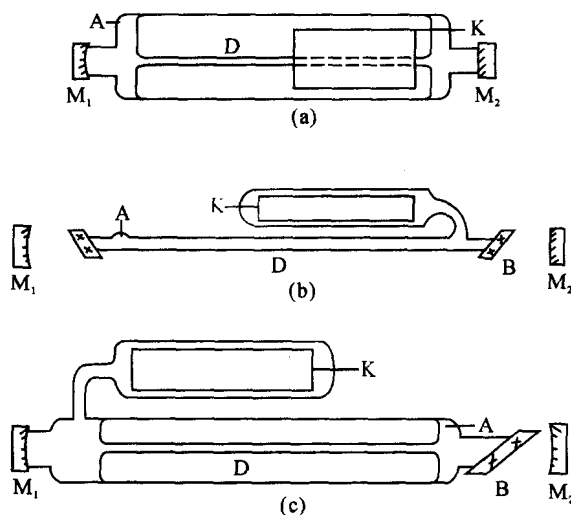


图 1-9 氦氖激光器的典型结构

M_1, M_2 —反射镜;A—阳极;K—阴极;D—毛细管;B—布儒斯特窗

①腔长 200~250mm 的内腔式结构(图 1-9(a))。最佳工作电流为 5mA,多横膜输出时输出功率为 2~3mW,基横膜输出时输出功率为 1.5~2mW。带布儒斯特窗时,出射光是线偏振光。