

高等院校光电专业实验系列教材

Optics

光学实验

主 编 刘胜德 钟丽云
副主编 戴峭峰 罗爱平



暨南大学出版社
JINAN UNIVERSITY PRESS

高等院校光电专业实验系列教材

Optics

光学实验

主 编 刘胜德 钟丽云
副主编 戴峭峰 罗爱平



暨南大学出版社
JINAN UNIVERSITY PRESS

中国·广州

图书在版编目 (CIP) 数据

光学实验 / 刘胜德, 钟丽云主编; 戴峭峰, 罗爱平副主编. —广州: 暨南大学出版社, 2017. 7

(高等院校光电专业实验系列教材)

ISBN 978 - 7 - 5668 - 2121 - 8

I. ①光… II. ①刘…②钟…③戴…④罗… III. ①光学—实验—高等学校—教材
IV. ①O43 - 33

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2017) 第 123163 号

光学实验

GUANGXUE SHIYAN

主 编: 刘胜德 钟丽云 副主编: 戴峭峰 罗爱平

.....

出 版 人: 徐义雄

责任编辑: 潘雅琴 崔思远

责任校对: 邓丽藤

责任印制: 汤慧君 周一丹

出版发行: 暨南大学出版社 (510630)

电 话: 总编室 (8620) 85221601

营销部 (8620) 85225284 85228291 85228292 (邮购)

传 真: (8620) 85221583 (办公室) 85223774 (营销部)

网 址: <http://www.jnupress.com>

排 版: 广州良弓广告有限公司

印 刷: 佛山市浩文彩色印刷有限公司

开 本: 787mm × 1092mm 1/16

印 张: 11.75

字 数: 268 千

版 次: 2017 年 7 月第 1 版

印 次: 2017 年 7 月第 1 次

定 价: 35.00 元

(暨大版图书如有印装质量问题, 请与出版社总编室联系调换)

“高等院校光电专业实验系列教材”编委会

主 任：钟丽云

委 员：（以姓氏笔画为序）

韦中超 刘宏展 刘胜德 张 准 罗爱平

郭健平 崔 虎 戴峭峰 魏正军

序

光电信息产业是 21 世纪国家重点支持的战略性产业。为适应光电信息产业发展对人才培养的需求,许多高校都设置了与光电信息产业密切相关的光电信息科学与工程、信息工程、电子信息工程、通信工程、电子科学与技术等本科专业,建立了光电信息实验教学平台,正因如此,对相应实验教材的需求也在不断扩大。

广东省光电信息实验教学示范中心(以下简称“中心”)依托华南师范大学光学国家重点学科和信息光电子科技学院,采用“光电信息学科大类”和“光电子辛勤卓越创新人才”培养模式,旨在培养科学研究型、研发应用型和工程应用型光电信息创新人才。

经过十几年的艰苦创业和稳步发展,中心已经成为一个学科依托厚实、教学理念明确、课程体系完善、仪器设备齐全、实验内容丰富、教学方法有效、教学团队精干、管理机制科学、专业特色突出、创新人才培养效果显著的光电信息创新人才实验能力培养基地,并编写出这套“高等院校光电专业实验系列教材”。

该套光电专业实验系列教材的内容以基础性实验项目为主,将综合性和设计性实验项目融会贯通。教材实验内容层次分明,以满足不同层次学生的实验教学需求;教材实验内容丰富,许多项目设计来自现实中的工程,以满足新兴光电信息产业发展对人才培养的实验教学需求。全套教材共有三个分册,每个分册都包含基础性实验、综合性实验和设计性实验三个部分,供光电信息科学与工程、信息工程、电子信息工程、通信工程、电子科学与技术等专业的本科学生使用,难易程度以及对实验设备的需求与现阶段光电产业的发展相适应。第一分册是《光学实验》,主要围绕工程光学、信息光学、激光原理等课程的基础实验和创新设计等内容编写;第二分册是《光电及电子技术实验》,主要围绕数字电路、模拟电子技术和光电技术等课程的基础实验和光电系统设计等内容编写;第三分册是《光通信与自动控制实验》,主要围绕通信原理、光纤通信、嵌入式系统、计算机网络等课程的基础实验和光通信系统设计等内容编写。

本教材是该套光电专业实验系列教材的第一分册,主要围绕工程光学、信息光学及激光原理等课程的基础性实验、综合性实验和设计性实验内容编写。全书由钟丽云老师统稿,其中工程光学实验部分由罗爱平老师编写,激光原理实验部分由戴峭峰老师编写,其余部分由刘胜德老师编写。

在编写该套实验教材的过程中,我们参考了许多院校相关专业教材的编写经验,同时,教材的编写得到了广东省教育厅和华南师范大学的大力支持,在此一并感谢。另外,本套实验教材来自教学多年的实验讲义,难免存在缺漏和不足之处,敬请使用本套教材的师生批评指正。

“高等院校光电专业实验系列教材”编委会
2017 年春于广州

目 录

序	1
绪 论	1
第 1 章 光学实验的预备知识	3
1.1 光学实验室的注意事项	3
1.2 实验教学的基本装置及器件	6
1.3 实验教学的基本实验技术	15
1.4 记录介质与处理技术	21
第 2 章 工程光学实验	26
2.1 测量透镜组的节点位置及焦距	26
2.2 自组光学显微镜	30
2.3 自组透射式投影仪	33
2.4 光学系统中景深的测量	35
2.5 光学系统中孔径光阑与视场光阑的测量	39
2.6 干涉条纹与衍射条纹光强分布测量	44
2.7 偏振光的产生与检测	48
2.8 刀口法测量光斑尺寸	52
第 3 章 信息光学实验	56
3.1 干涉实验	56
3.2 泰伯效应的观察与应用	60
3.3 傅里叶频谱的观察与分析	65
3.4 卷积定理的演示	68
3.5 低频全息光栅的特性及制作技术	70
3.6 全息透镜的制备及应用	76
3.7 三维全息图的拍摄与再现	81
3.8 一步像面全息图的拍摄与再现	85
3.9 阿贝—波特成像及空间滤波	88
3.10 θ 调制空间假彩色编码	92

第4章 激光原理实验	98
4.1 氦氖激光器谐振腔调节与功率测量实验	98
4.2 共焦球面扫描干涉仪调节实验	103
4.3 氦氖激光纵模正交偏振与模式竞争观测实验	108
4.4 高斯光束参数测量实验	116
4.5 高斯光束变换与测量实验	122
4.6 半内腔式氦氖激光器等效腔长测量实验	129
4.7 激光横模变换与参数测量实验	133
第5章 液晶空间光调制器及其应用研究	139
5.1 液晶空间光调制器的原理及液晶取向测量实验	140
5.2 液晶空间光调制器的振幅调制测量实验	143
5.3 液晶空间光调制器的相位调制测量实验	147
5.4 液晶空间光调制器的相位调制校正实验	151
5.5 微光学元件设计与测量实验	153
5.6 菲涅耳非相干数字全息系统测量实验	160
第6章 数字全息显微技术	164
6.1 数字全息显微技术	165
附 录	
1 数据获取与处理方法规范性要求	173
1.1 国际单位制与我国法定计量单位简介	173
1.2 有效数字	174
2 实验教学常用测量方法	175
2.1 比较法	175
2.2 转换法	175
2.3 模拟法	175
2.4 干涉法	175
2.5 计算机仿真	176
3 实验教学的误差分析及处理	177
3.1 系统误差的来源	177
3.2 系统误差的消除方法	177
3.3 逐差法和最小二乘法	177
参考文献	180

绪 论

光学的发展离不开理论与实验，光学实验是一门与理论课程同样重要的独立课程，是光学发展的策源地和策动力。光学工程是光学在工程技术应用领域的延伸，它应用光学原理和方法，解决、处理光学以及相关技术领域科学研究和生产实践中的工程技术问题。20 世纪中叶，产生了全息术和以傅里叶光学为基础的光学信息处理的理论和技术。特别是 20 世纪 60 年代初，激光器的诞生使光子成为信息和能量的载体。

一、实验教学的基本任务

通过实验，学习与掌握基本的实验技巧、实验原理和实验方法，训练综合运用各科知识的能力，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。实验教学的基本任务是系统地传授科学实验的理论和基础知识、实验技术、实验方法和实验设计思想，在此基础上通过实验训练，培养学生的综合实践能力，以及严肃的科学态度、严格的科学作风、严谨的科学思维习惯和强烈的创新意识。通过综合性实验和设计性实验，开拓学生视野，培养学生设计能力、解决实际问题的能力 and 创新思维能力。

根据实验目的的不同，可以把科学实验分为定性实验、定量实验和结构分析实验；根据实验手段是否直接作用于被研究对象，可以分为直接实验和模拟实验。无论何种实验，实验者都是实验的主体，在实验过程中，我们一定要注意主体意识，积极地投入实验中去，可以与同学们交流，但不允许抄袭实验结果和数据。

二、实验要求

除了必要的理论知识以外，实验课程提出以下要求。

1. 实验过程

实验过程分为三个主要阶段，即准备阶段、实施阶段、总结阶段。各阶段实验要点如下：

(1) 准备阶段。

准备实验也称预习实验。实验前的准备是保证实验顺利进行并取得满意结果的前提。

①掌握相关理论，明确实验目的及意义。认真阅读实验教材，充分理解实验的理论依据和条件，明确实验目的。

②了解实验仪器、设备、材料。了解所用仪器、设备的工作原理，工作条件和操作规范，明确每一种仪器或者设备以什么理论进行设计实验，材料的选用是根据什么理论进行的。了解所做实验选用某种仪器、设备和材料的原因。

③构思实验步骤。进行具体实验操作之前,先构思实验步骤,清楚哪些干扰因素应该设法排除,哪些次要因素需要暂时避开,了解实验过程中的注意事项等。

在上述准备的基础上撰写实验预习报告,包括实验名称、实验目的、实验器材、实验原理(包括原理图)、实验步骤和实验记录表格等。

(2) 实施阶段。

学生进入实验室上课时,必须携带实验教材、实验预习报告及记录本等,经指导老师检查后开始进行实验。实验过程中要注意以下两点:

①实验仪器、设备的安装与调试。实验正式开始之前,首先,要阅读仪器的操作说明书,熟悉所用的仪器、设备等的性能以及正确的操作规范和仪器的正常工作条件。其次,要全面仔细复习实验操作程序。

②实验观察。明确实验目的、测量内容和实验步骤并能正确使用实验仪器之后,开始实验观察。观察时,一定要集中精神,尽量不要受到外界干扰。认真记录实验数据,注意现象的观察和分析。

(3) 总结阶段。

实验结束后,尽快整理实验数据,指导老师认为数据可行并签字之后,再回去整理实验仪器。利用课余时间分析所得的实验数据,可采用统计分析的方法,借助计算机软件等手段对数据之间的因果关系、起源关系、功能关系、结构关系等进行多层次及多角度的思考。最后全面总结并写出一份完整详细的实验报告,目的是培养学生的实验能力和科学总结能力。

2. 实验报告

实验报告的主要目的是反映实验的全过程。通过对实验全部过程的总结,掌握实验报告的撰写方法,学习并掌握绘图制表的方法;分析实验数据,掌握对实验数据分析的途径;从实验现象和数据归纳总结实验结论,不断提高分析问题和解决问题的能力,掌握科学的研究方法。

实验报告内容应包括实验题目、实验目的、实验意义、实验原理、实验装置和器材、实验步骤、实验数据处理、实验结果分析与讨论、思考题解答等。

实验目的包括基本技能训练、理论验证、设计与制作、认知感知等。

实验原理可参考实验指导书以及相关资料,实验步骤要在实验教材的基础上摘出主要部分,必要时给出实验流程图。实验现象的描述一般采用文字、图表、曲线等方式,图题、表题要简明准确,图表必须有自明性,坐标必须规范单位。

实验结果分析与讨论,是实验者运用相关理论知识对所得的实验结果进行分析和解释。当实验结果与预期结果不一致时,不要随意取舍或修改实验数据,应该认真分析出现这种结果的原因,必要时可重复实验,明确问题所在。

第1章 光学实验的预备知识

1.1 光学实验室的注意事项

1.1.1 实验规则

- (1) 应在开放实验时间内进行实验，不得无故缺席或迟到。
- (2) 实验前必须对该实验进行预习，并撰写实验预习报告。
- (3) 进入实验室后，将实验预习报告交给老师，老师提问检查后才可进行实验。
- (4) 进入实验室后，检查自己将要使用的实验仪器是否缺少或损坏。如果发现问题应及时报告老师，更换实验仪器或用其他方法解决。
- (5) 实验前应细心观察仪器，操作时动作要小心，严格遵守各种仪器的使用规则，不得擅自使用不该用的仪器，在激光实验室中要确认仪器的型号。仪器连接好并确认无误后方可接通电源。
- (6) 实验完毕将实验结果交给老师查看，合格后才算完成实验。
- (7) 实验时应保持室内整洁、安静。实验完毕，应将实验仪器、桌椅恢复原状，放置整齐。切勿忘记断开电源。
- (8) 如有仪器损坏，应及时报告实验室工作人员，说明具体情况，方便其处理。

1.1.2 光学实验室的注意事项

- (1) 大多数光学实验仪器是精密贵重仪器，取放仪器时，动作要轻慢，暂时不用的仪器要放回原处。在没有了解清楚实验仪器的使用方法之前，切勿触碰仪器或随意接通电源。
- (2) 大部分光学元件都是用玻璃制成的，光学表面经过精细抛光处理，使用时要轻拿轻放，避免元件相互碰撞、挤压，任何时候都不能用手触摸光学表面，只能触摸磨砂面。
- (3) 不要对着光学元件和光学系统讲话、打喷嚏或咳嗽，以免污染镜面。
- (4) 光学表面若落有尘埃，应该用干净、柔软的脱脂毛刷轻轻掸除，或用橡皮球吹除，严禁用嘴吹。不要随意擦拭光学表面，必要时用脱脂棉球蘸上酒精乙醚混合液轻轻擦拭，严禁用布擦拭。
- (5) 光学表面若蘸上油污等斑渍时，不要立即用手擦拭。因为很多光学表面都镀有特殊的光学薄膜，在擦拭之前，一定要了解清楚光学表面的情况，然后在指导老师的指导下，采取相应的措施处理。
- (6) 光学仪器的调节件比较精密，动作要稳、慢，切勿调节过头，以免影响精度。
- (7) 实验中会使用大量电子仪器，应遵照使用规则调节使用。

1.1.3 使用激光器的注意事项与安全防护

需要在光学实验室做有关激光的实验时，应在老师的指导下进行操作，不可擅自挪动或启动激光装置。要特别注意使用激光器的注意事项和安全防护，了解相关的安全知识。

一、注意事项

(1) 除非得到允许，非实验室人员不得进入激光器正在运作的房间或者激光工作区域。

(2) 不可直视激光束（迎着激光束射入的方向看）和它的反向光束，不允许对激光器件做任何目视准直操作。

(3) 搭建实验平台时，在激光发射口高度会有一个工作平面，在激光工作中勿将头部接近这个工作平面，因为透镜及反射镜组反射、透射的光可能会入眼造成伤害。勿使激光发射口及反射镜上扬，否则易导致向上反射的激光入眼造成伤害。

(4) 有些激光工作时会发射人眼不可见的红外光、紫外光，切勿认为激光器发生故障而用眼睛去检查，在检查激光器时一定要确保激光器处于断电情况下。

(5) 对于人眼不可见的红外激光束，实验者更应了解实验的光路布局，并避免使自己的头部保持在激光束高度所在的水平面内。

(6) 使用激光时，实验人员应除去身上所有带有闪亮表面的物体，如饰物、手表与徽章等，以免反射的光入眼造成伤害。长头发需扎起来，并戴好实验帽。

(7) 禁止在激光路径上放置易燃、易爆物品，以及黑色的纸张、布、皮革等燃点低的物品（激光损伤实验除外）。

(8) 脉冲（调Q、锁模、超快）激光的峰值功率极高，可能会造成实验元件的损坏，使用前应确认实验元件的抗损伤阈值。

(9) 禁止将激光瞄准任何人体、动物、车辆、门窗和天空等，对于由此带来的对目的物的伤害，操作者负有法律责任。

(10) 不得在未停机前或未确认储能元件均已放电完毕的情况下检修激光设备，以免造成电击伤害。

(11) 请注意，某些波段的激光（如波长低于430nm或高于700nm的激光）的视觉强度会明显弱于实际强度。

(12) 使用激光时，应佩戴相应波长的激光防护镜，以保护眼睛不受到激光的伤害。

(13) 实验室应保持通风干燥，以免护目镜蒙上水汽；实验室的光线始终保持明亮，屋子越亮，人的瞳孔会越小，对偏离的光束来说就是靶子更小，对人眼更安全。

(14) 实验结束应断开电源，整理好实验仪器、设备，填好实验仪器使用记录本，经指导老师允许方可离开实验室。

二、安全防护

1. 激光的危害

使用激光可能对人造成的伤害分为以下五类：

(1) 对眼睛的伤害：眼睛严重暴露在激光下会对角膜和视网膜造成伤害，伤害的位置和范围取决于激光的波长和级别。长期接触可能会造成白内障或者视网膜损伤，所以在操作过程中应佩戴合适的激光防护眼镜或者采用其他工程的防护手段。

(2) 对皮肤的伤害：皮肤严重暴露在强的红外波段激光下可能会造成烧伤，而紫外激光可能造成烧伤、皮肤癌以及加速皮肤衰老。

(3) 电学危害：在使用激光的过程中遇到最多的电学危害是电击。高压系统是激光系统中潜在的致命危险。

(4) 化学危害：激光系统中的一些物质，如燃料、准分子等，具有毒性，可能会对人体造成伤害，同时，激光导致的化学反应可能会产生有害的粒子和气体。

(5) 相关的非光束危害：包括低温冷却剂的危害、高能激光噪声危害以及高能激光的电离辐射。

2. 激光安全标准

(1) 一级标准。

不需要任何安全规则。

(2) 二级标准。

①绝对禁止任何人长时间注视激光光源。

②除非基于有益的目的并且照射强度和持续时间不超过允许的上限，否则禁止把激光器对准人的眼睛。

(3) 三级标准。

①不要将激光器对准人的眼睛。

②只允许经验丰富的人操作激光器。

③尽可能使光路封闭。

④在激光的输出端应放置衰减器、起偏器和光学滤波器等，把激光的功率减小到最小的使用水平上。

⑤约束好观看者。

⑥应当使用警示灯或报警器指示激光器的工作状态。当激光（如红外激光）不可见时特别危险。

⑦只在限定的区域操作激光，例如，在一个封闭没有窗户的房间里。此外，应在门上张贴警告标志。

⑧光路要尽可能布置在高于或低于人坐着或站着观察时人眼的高度。激光器应该牢固固定，确保光束只能沿预定的路径传播。

⑨在直射、镜面反射光对人的眼睛造成潜在威胁的情况下，要确保对眼睛进行合理的保护。

⑩应当安装一个钥匙开关，以减少在没有经过同意的情况下人对实验造成的干扰。

⑪移除激光光路附近所有不需要的具有光滑表面的物品。

(4) 四级标准。

①所有三级激光系统中的标准同样适用于四级激光。

②对激光的操作必须在一个局部封闭的范围内，在一个受控的工作场所里。

③对于所有受控区域内的工作人员来说，适当的眼睛保护是必需的。

④如果激光光束的辐射足以造成严重的皮肤伤害或火灾威胁，在激光光束和人、易燃表面之间必须要有保护。

⑤光快门、光偏振片、光滤波器应该仅允许经授权的个人使用。光泵体系中的闪光灯不允许照到任何可视区域。

⑥在可能的情况下，支座应该是漫反射的耐火材料。当进行微焊接或微钻孔的时候，如果有可能从工作区域引发危险的反射光，则应将其安全地包围起来。使用显微镜观察设备时，应该保证反射回来的激光未达到危险线。

1.2 实验教学的基本装置及器件

1.2.1 工作台

光学实验通常是在防震工作台上用光学元件搭建各种实验光路。一般来说，基本装置包括防震工作台和光具座，熟悉并掌握其机构、原理、特性和调试方法，有利于实验的顺利进行以及实验现象和实验结果的正确把握及分析。

一、防震工作台

防震工作台，也称光学防震台。光学实验要求相当高，实验精度和光学信息记录密度大，光学实验通常在具有优良防震性能的工作台上进行。

防震台通常由台板、台架和防震装置三部分组成。台板是用来布置光路的，其尺寸有各种规格，一般用铸铁、磁性不锈钢或大理石制成。台板的工作面称为台面。台面具有较高的平面度，以便于光路的调整，光具座在台面上可采用磁吸、气吸或者加工螺孔阵列用螺钉固定。台架用以支撑台板，并与防震装置相连。防震装置是防震台的核心部件。防震台的固有频率 f_0 可用下式表示：

$$f_0 = 2\pi \sqrt{\frac{K}{m}} \quad (1.1)$$

其中， K 为刚度，表示单位长度变形产生的回复力； m 为防震台的质量。

由式(1.1)可知，防震台的质量 m 越大，弹性越好，则固有频率 f_0 越低，与外界干扰频率差别越大，防震效果越好。

二、光具座

光具座一般由导轨、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

向均可自由地大范围调节。支架用于支持各类光学元件。配件一般包括各类像屏、孔屏等。

光具座操作注意事项：在光具座上进行操作时，需要进行光路的同轴等高调节。在使用时严格按照操作流程进行，严禁用手触摸定位面和光学表面。使用弹性夹持器时不要用力过大，以免损坏弹性元件。

1.2.2 常用光学元件

光学实验中的基本部件（也是核心部件）是光学元件，如透镜、平面反射镜、分束镜、光栅、波片和偏振片等。下面分别介绍它们的结构和光学性能及使用要求。

一、透镜

透镜具有成像作用，可以传递物和像的图像。根据透镜的光学性能，透镜可分为凸透镜和凹透镜两类。凸透镜是中间厚边缘薄的透镜，具有会聚作用；会聚点 F 称为透镜的焦点，透镜中心 O 到焦点 F 的距离称为焦距 f ，如图 1-1 (a) 所示。凹透镜是中间薄边缘厚的透镜，具有发散功能；发散光的延长线与主光轴的交点 F 称为透镜的焦点，透镜中心 O 到焦点 F 的距离称为焦距 f ，如图 1-1 (b) 所示。

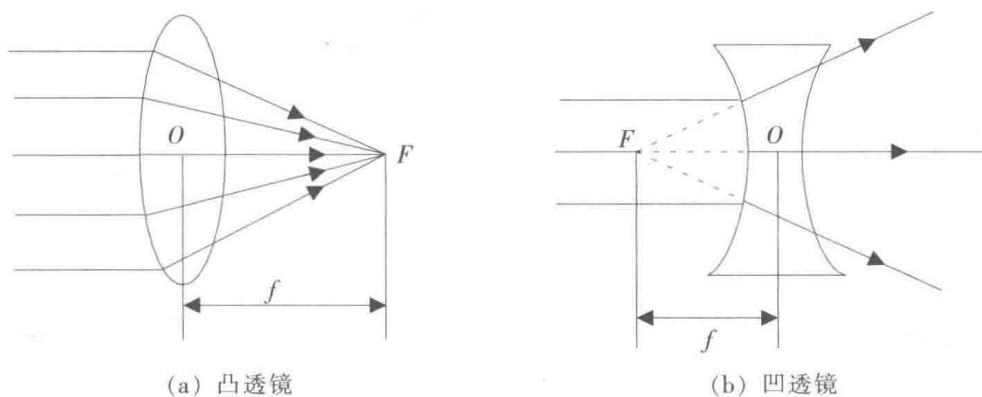


图 1-1 透镜示意图

透镜的厚度远小于其焦距的透镜称为薄透镜。在近轴光线的条件下，薄透镜的成像规律可表示为：

$$\frac{1}{l'} - \frac{1}{l} = \frac{1}{f} \quad (1.2)$$

式中， l 表示物距； l' 表示像距； f 为透镜的焦距，凸透镜的 f 取正值，凹透镜的 f 取负值。

薄透镜的厚度比它的折射球面的曲率半径 r 和焦距 f 小得多，它是用均匀透明的光学材料制成的，每块薄透镜都有一定的大小（用直径 D 来表示），且有一定的焦距。实验中，定义 f/D 为透镜的“ f 数”，即光圈数，也用“ F^* ”来表示。相对孔径的定义是

D/f ，所以 F^* 也是相对孔径的倒数。为了得到较好的成像质量， F^* 应该尽量大一些。此外，在光学系统的设计及调制中还必须尽量满足近轴条件，即 $\sin u \approx u$ ， $\tan u \approx u$ 。

二、平面反射镜

平面反射镜一般用于折转光路，其直径大小根据折转光束的直径而定，如图 1-2 所示。

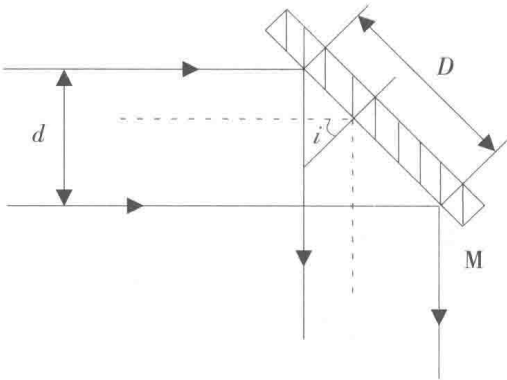


图 1-2 平面反射镜的直径

设光束直径为 d ，光束光轴与反射镜面法线的夹角为 i ，则反射镜的直径 D 为：

$$D = \frac{d}{\cos i} \tag{1.3}$$

用于折转宽光束的反射镜，除了有一定的孔径要求外，还有表面平面度的要求。另外，为了消除附加反射光的影响，反射镜通常是在前表面上镀制反射膜。

三、分束镜

分束镜也称光强分束镜。分束镜主要用于将入射光束分成具有一定光强比的两束光，通常是透射光束和反射光束，其主要性能参数是分束比，即透射光强度和反射光强度的比值，又称透反比。分束镜通常有固定分束比分束镜和可变分束比分束镜两种，前者的分束比不能调整，可以在宽光束中使用；后者分束比可以调整，但只能在未经扩束的激光细光束中使用。

四、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 所示的是利用沃拉斯顿棱镜的分束镜。两光束的相对强度总是正比于入射光束的水平偏振分量和垂直分量的强度，即取决于入射光振动方向与第一块晶体光轴之夹角。当旋转半波片 P_1 时，夹角改变，从而实现分束比连续可调。转动半波片 P_2 可以改变两束光的振动方向，使之一致。

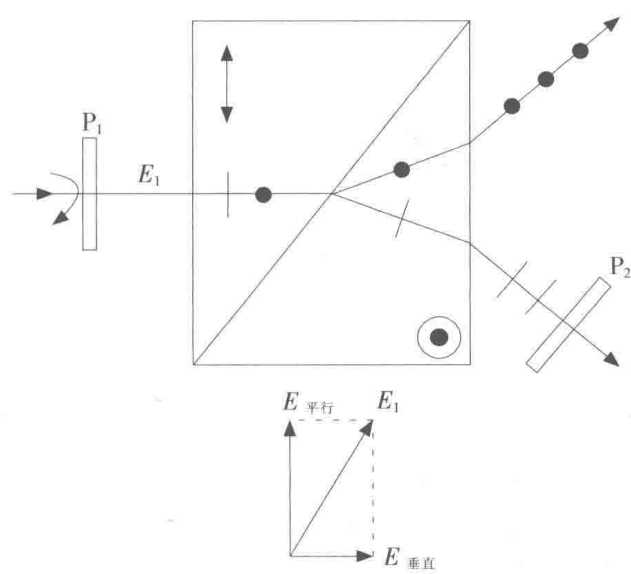


图 1-3 利用偏振分光原理的分束镜

图 1-4 所示的偏振分束镜是能够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，然后胶合而成的一块立方棱镜。这些膜层起着反射和透射偏振器的作用。因此，入射自然光垂直于棱镜表面，以 45° 角入射到多层介质膜上，经过膜层的反射与折射，反射光与透射光垂直于棱镜表面以 90° 方向分开出射。如果使入射线偏振光经半波片后射入偏振分束镜，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。

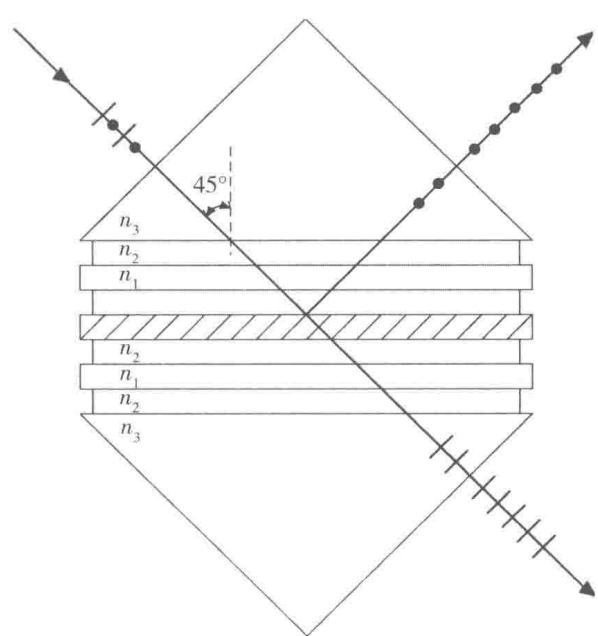


图 1-4 偏振分束镜

五、光栅

这里所叙述的是衍射光栅。光栅是利用多缝衍射原理使光产生色散的光学元件，它是刻有大量平行、等宽、等间距的狭缝（刻痕）的平面或者凹面的玻璃或者金属片，能产生亮度较小、条纹间距较宽的均匀光谱。表征光栅光学性能的参数有光栅常数 d 、角色散率 ψ 、分辨本领 R 、衍射效率 η 。

衍射光栅常用于光波长、位移的高精度测量，在光谱分析、应力分析、信息光学等方面具有广泛的应用。

六、扩束—准直系统

扩束—准直系统可以将激光细光束扩展为平行的宽光束，包括扩束镜、针孔滤波器（也可以不用）和准直透镜三部分。扩束镜主要有两个用途：一是扩展激光束的直径；二是减小激光束的发散角。根据激光原理，一束被扩束的激光光束的发散角和扩束比成反比例变化，也就是说，激光光束束腰越大，则发散角越小；反之，束腰越小，发散角越大。

准直透镜能将扩束镜扩束后发散角越大，束腰半径越小的激光光束变化为半径大、发散角小的准直光束。准直透镜一般焦距长、口径大，具体的选择要根据系统所需要的光束尺寸、激光器发出的光束参数和扩束镜的光学参数来进行。扩束镜的后焦点和准直透镜的前焦点重合，两者构成逆望远系统，如图 1-5 所示。

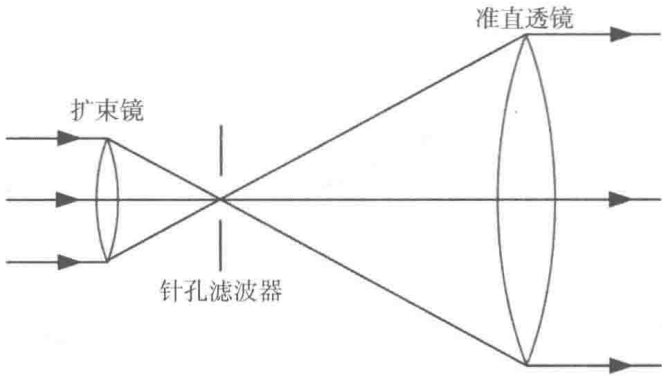


图 1-5 扩束—准直系统

在公共焦点处放置针孔滤波器（又称空间滤波器），用于消除由激光散射和反射引起的杂光干扰，相当于一个低通滤波器，其大小通常由针孔尺寸控制。在扩束—准直系统中，细光束首先通过一个焦距短、放大倍数高的扩束镜扩束，由于光束扩束得很大，故一些小的尘埃或者光学元件缺陷所引起的衍射光，将以同心干涉环的形式在扩展光束不同位置产生大大小小的衍射图样，称为牛眼噪声，其对应于光束的较高空间频率成分。

针孔的尺寸是可以计算的。由于针孔是放在扩束镜的后焦面处的，其孔径应等于后焦面衍射中心的艾里斑直径。根据夫琅禾费圆孔衍射，艾里斑半径为：