

河北省高校重点学科建设项目资助

近代物理综合应用与设计

编著 摇张志东摇魏怀鹏

主审 摇展摇永摇

 天津大学出版社
TIANJIN UNIVERSITY PRESS

《近代物理综合应用与设计》编委会

主任 :展摇永

副主任 :张志东摇魏怀鹏

主审 :展摇永

副主审 :张摇勇摇魏纪鹏

编委 : (以姓氏笔画为序)

马摇磊摇王摇彤摇王文纪摇王永学摇王有柱摇牛丽静摇叶文江摇史晓丽摇任树喜
安摇莉摇朱晓光摇刘摇娜摇刘摇斌摇刘金伟摇邢红玉摇李摇佳摇李晓会摇吴建海
张摇岩摇张摇勇摇张志东摇陈宏图摇房正纪摇赵晓安摇展摇永摇贾肖婵摇淮俊霞
瞿摇浩摇魏纪鹏摇魏怀鹏

内 容 简 介

本书根据“高等工业学校物理实验课程教学基本要求”、普通高等学校理科“近代物理实验课程教学大纲”编写而成,立意新颖,内容具有时代感,突出综合性、应用性、设计性以及物理量的测量。内容包括:全息技术、激光与光纤传输通信技术、微波技术、电学、热学、力学测量及应用设计、光学信息处理技术及应用设计、传感器技术综合应用与设计及计算机模拟仿真技术。书后附录有主要物理量测量的常用仪器量具、技术参数、原理及特点等简介。

本书可作为普通理工科大学物理专业的教材以及非物理专业的大学物理和近代物理提高性课程的教学参考书,也可供研究生及其他相关的教学、科研和技术人员选用、参考。

图书在版编目(CIP)数据

近代物理综合应用与设计 张志东 魏怀鹏编著

—天津:天津大学出版社,2005

Ⅰ.张…Ⅱ.魏…Ⅲ.物理学—原

Ⅰ.近代物理 Ⅱ.张 Ⅲ.魏 Ⅳ.物理学—原
教材 Ⅴ.张 Ⅵ.魏

中国版本图书馆CIP数据核字(2005)第 190000 号

出版发行 天津大学出版社

出 版 人 杨 欢

地 址 天津市卫津路 90 号天津大学内(邮编:
300072)

电 话 发行部 022-27403871 邮购部 022-27403872

网 址 增 刊 022-27403871

短信网址 发送“天大”至 9500

印 刷 河北省迁安万隆印刷有限责任公司

经 销 全国各地新华书店

开 本 16 开 印 张 10

印 张 张 愿

字 数 10 万

版 次 2005 年 8 月 第 1 版

印 次 2005 年 8 月 第 1 次

印 数 10 万

定 价 16.00 元

前 摇 摇 言

《近代物理综合应用与设计》一书得到了河北省高校重点学科建设项目的资助,并根据“高等工业学校物理实验课程教学基本要求”、普通高等学校理科“近代物理实验课程教学大纲”编写而成。本书立意新颖,突出综合性、应用性、设计性、创新性以及物理量的测量;选材以一些著名的经典实验和在近代物理实验技术中有广泛应用价值的实验为主,并努力利用多媒体技术,使本书具有时代感、新颖性、立体性等特色。

本书努力遵循河北工业大学“工学并举”的办学理念,系统体现“授人以渔”的教学思想,力图把“实验技能”、“理论思维”和“科学计算”三大现代科学素质的训练有机地结合起来。首先,选择那些具有综合性、应用性、设计性、创新性的内容,并能反映在研究目标前提下的开放和动态发展过程,能够承载“渔”之方法的知识体系。其次,力求能够较系统地归纳物理学科的普通研究方法,将知识结构体系的学习,作为这些方法成功应用的典型事例,阐述研究方法在建立学科知识结构体系过程中的重要作用,为培养学生形成研究该学科的方法体系而努力。另外,强调学习与探索过程的相互渗透,把比较新颖、涉及知识面较广的内容和传感技术、计算机应用技术等恰当地结合起来,充分体现了现代科学技术成就具有多学科交叉和相互渗透的特点。在教材中留出一定探索与设计、研究空间,让学生感知、体验人类认知的真实过程,形成其“学科意识”。同时,强调教材与科技发展的前沿相结合,用科技发展的最新观念与成果去阐释、佐证、更新传统教学内容之内涵,随时掌握时代技术发展的脉搏,了解现代检测技术,开阔眼界,拓展知识面,让科研进课堂、进教材,增强知识面的深度和广度,引领学生逐步进入学科前沿,明了所学之所用,激发求知与探索的兴趣。

本书在吸收兄弟院校经验的基础上,进行了多次修订补充,力图能够适应现代高等教育发展的需要,适应 21 世纪高等院校教材发展的趋势。本书内容涵盖微波技术、光学与激光技术、全息技术、电子学与热力学技术、计算机模拟仿真技术等诸多方面。书后附录有主要物理量测量的常用仪器量具、技术参数、原理及特点等的简介。

与同类书比较,本书具有以下特点:

(一)在选题上,突出综合性、应用性、设计性和时代性的内容特色。尽可能地用最新科技前沿成果去组织传统教学内容,并列出了大量相关科技文献。在培养应用近代物理知识、开拓创新思维、解决实际问题能力的同时,了解物理学及相关科技前沿的发展动态。

(二)在实验手段上,力求多采用新技术。把电子技术与计算机技术引入实验教学中,采用这些新的技术手段,实现数据自动采集,快速处理实验结果,有的还可控制实验过程。这样不仅提高了实验的精度和效率,而且为学生应用计算机解决实际问题提供了一个锻炼平台。

(三)在理论与实践相结合方面,将科研和教学研究成果转化为实验项目,自行设计、研究制作实验题目及其仪器设备,是本书的又一个显著特色。学生利用我们自己设计、研究、亲手制作的仪器设备,进行科学实验,这本身对学生就是一个最好的鼓励创新、动手动脑、综合应用、设计、开放的教学范例。将最新的科技发展观念与成果应用到教学内涵中,对于引领学生步入学科前沿,知所学之所用,激发求知与探索兴趣,具有十分现实的科学意义。

(源在教与学方面,具有立体化和相互渗透的特色)设计性与研究性课题、创新性实验设计、计算机技术的物理测量应用及其数据采集、处理方法等系列措施和项目,力图贯彻“工学并举”的办学理念和“授人以渔”的教学思想,强调在“干”中“学”,加强对实际科研活动的体验,冲破对科学的神秘感和敬畏感,达到学以致用目的。

本书配备有多媒体光盘,并正在筹建网上教学平台,采用多媒体、立体化的教学方式,更增强了其综合性、开放性,使教与学有更大的选择余地和发挥空间,更适应不同层次的需要。

教学实践表明,该书不仅能使学生掌握如何应用实验方法,观察物理现象,研究物理规律,更能够让学生了解近代实验技术在许多科学研究领域与工程实践中的广泛应用,它有助于开阔学生视野,培养学习兴趣和实践动手能力,有助于培养理论联系实际、刻苦好学的钻研精神。

张志东、魏怀鹏和展永负责本书的整体选材、内容设计与编排,初稿的编著和通稿由张志东和魏怀鹏负责完成。

参加本书部分编写工作的(顺序不分先后)还有:李晓会(空气折射率),王永学(微波技术),张勇(激光),贾肖婵(光学平台综合实验),史晓丽(交流电桥、交流谐振),陈宏图、王有柱(光学、电学),邢红玉、叶文江(光学、传感器技术),李佳(电学),魏纪鹏(光的干涉),淮俊霞、吴建海、王有柱、瞿浩、刘斌(摄影及暗室技术等),王彤(计算机仿真),安莉(全息技术、热学),房正纪、任树喜、杨双强、马磊、张岩、王文纪、牛丽静、刘娜(计算机仿真模拟、光学信息处理技术及应用设计、录入整理、制表、绘图等),安莉对本书的整理、校对做了大量的工作。

本书的编著,是在多年来各位同仁团结协作、努力工作基础上的总结,同时还参阅了兄弟院校的有关教材,并且在编写过程中,得到物理实验中心各位同仁和杨国琛教授、何文辰教授、赵晓安教授等的支持与帮助。在此我们一并表示衷心的感谢。

我们相信,本书对今后物理实验教学的改革能起到重要的推动作用,并在实践中得到充实和完善。由于编者的知识水平和教学经验有限,加之时间仓促,书中难免有不足之处,望读者批评指正,以便再版时加以完善。

编者

二〇一〇年 元月

序 摇摇言

21世纪是中华民族复兴的时期,肩负着这一空前历史重任的人民,必须具有与之相适应的素质。这就对我们的高等教育提出了新的任务和要求。特别是在教育部提倡教学要大力鼓励创新性的背景下,编著《近代物理综合应用与设计》这样一本提高性的书籍,其重要性自不待言。本书主要作者,长期在高校的教学岗位上辛勤耕耘,积累了丰富的理论与实验经验,特别是近些年来教学改革经验,其中许多内容是作者经验的总结。本书就是这些老师们长期耕耘的成果。

本书有以下特点:

一、在内容上,既注重基础实验的系统、全面介绍,同时又重视科学的发展、技术的进步对近代物理实验的影响。选材广泛,不仅选编了一些历史上著名的经典实验,而且也编入了不少有广泛应用价值并具有时代感的“近代物理实验”。

二、在编排上,突出综合性、实用性、设计性,并着重物理量测量的方法。结合作者的实际教学与科学研究实际,在书中讲述了一些具有一定的创新和特色的实例。这些不仅有利于培养学生掌握和灵活应用物理基本知识、基本概念以及更好地理解相关科技前沿发展动态,而且有利于激发学生积极开拓创新思维,提高解决实际问题的能力。同时把电子技术与计算机应用技术、计算机数据实时采集与处理等,尽可能多地引入到实验教学中,增加了实验的可视性,进一步提高了实验效率。

三、在教学上,注重理论与实践相结合,贯彻“工学并举”方针,体现出既重视基本实验技能训练,又重视综合实验能力、实验创新能力的培养。因此,增加了不少综合应用实验及设计实验,同时辅以多媒体技术,并给学生留有自行设计、自己钻研制作的空间,有利于激发学生的求知欲与探索研究的兴趣。

本书是近年来高等学校近代物理提高性课程的一本好书,可作为本科生以及研究生的提高性课程的教材,同时,也可作为相关专业人员的参考书。

杨国琛

2007年 猿月

目 录

第 1 章 全息技术	(1)
1.1 像全息图与一步彩虹全息图	(1)
1.2 全息光学元件的设计与制作	(7)
1.3 全息光栅的设计制作	(17)
第 2 章 激光与光纤传输通信技术	(21)
2.1 氦氛激光器放电特性、输出功率和效率特性的测量	(21)
2.2 半导体激光器电学、光学特性参数的测量	(27)
2.3 设计利用激光器测距离	(37)
2.4 光纤传输技术	(37)
第 3 章 微波技术	(41)
3.1 微波技术及其光特性研究	(41)
第 4 章 电学、热学、力学测量及应用设计	(47)
4.1 控制电路原理及其应用设计	(47)
4.2 交流电路的谐振现象	(57)
4.3 交流电桥原理及测量实验	(67)
4.4 非平衡电桥的原理和应用	(77)
4.5 气体比热容比的测定	(87)
4.6 落球法测定液体变温黏滞系数	(97)
4.7 固体金属线膨胀系数测量	(107)
4.8 动态悬丝法测定金属材料杨氏模量	(117)
4.9 气垫导轨的应用及设计	(127)
4.10 机械波波长的测量	(137)
4.11 非线性电路的混沌现象研究	(147)
第 5 章 光学信息处理技术及应用设计	(157)
5.1 设计用迈克尔孙干涉原理测量空气折射率	(157)
5.2 设计组装显微镜、望远镜、幻灯机及放大倍数的测量	(167)
5.3 设计组装显微镜	(177)
5.4 设计组装望远镜	(187)
5.5 设计组装透射式幻灯机(投影系统)	(197)
5.6 光学平台多项综合应用实验与设计	(207)
5.7 两次成像法测凸透镜焦距	(217)
5.8 透镜节点的测定	(227)
5.9 双棱镜法则测激光波长	(237)

摇摇缘缘原摇摇设计牛顿环实验	(苑源)
摇摇缘缘缘摇摇偏振状态实验	(苑源)
摇摇缘缘五摇摇阿贝成像原理和空间滤波	(苑缘)
摇摇缘缘五摇摇 θ 调制和颜色合成	(苑苑)
摇摇缘缘愿摇摇菲涅耳双棱镜干涉	(苑苑)
摇摇缘缘怨摇摇杨氏双缝干涉	(苑愿)
摇摇缘缘元摇摇劳埃德镜干涉	(苑愿)
摇摇缘缘元摇摇夫琅禾费圆孔衍射	(苑愿)
摇摇缘缘元摇摇菲涅耳单缝衍射	(苑愿)
摇摇缘缘元摇摇光栅衍射	(苑愿)
摇摇缘缘原摇摇光速测量	(苑愿)
摇摇缘缘缘摇摇摄影及暗室技术	(愿源)
摇摇缘缘缘缘摇摇黑白照片的拍摄	(愿源)
摇摇缘缘缘缘摇摇黑白照片的冲洗、印制与放大	(愿缘)
摇摇缘缘缘缘摇摇反射式全息摄影(白光再现全息)设计实验	(愿源)
第 远章摇摇传感器应用与设计	(怨苑)
摇摇远缘摇摇气敏结温度传感器测温设计	(怨苑)
摇摇远缘圆摇摇热敏电阻应用设计实验	(怨愿)
摇摇远缘缘摇摇压力传感器特性及应用设计	(怨愿)
摇摇远缘原摇摇光电传感器的特性及应用设计	(员园圆)
摇摇远缘原摇摇光电传感器应用设计	(员园圆)
摇摇远缘缘摇摇光电传感器应用设计(反射型)测转速实验设计	(员园圆)
摇摇远缘缘摇摇光纤位移传感器的动态测速设计	(员园缘)
第 苑章摇摇计算机模拟仿真技术	(员园缘)
摇摇苑缘摇摇计算机模拟仿真技术	(员园缘)
摇摇苑缘圆摇摇计算机数值模拟与数据处理实验	(员园苑)
附摇摇录	(员园愿)
摇摇附表一摇摇长度测量	(员园愿)
摇摇附表二摇摇时间和频率测量	(员园苑)
摇摇附表三摇摇质量测量	(员园苑)
摇摇附表四摇摇直流电流测量	(员园员)
摇摇附表五摇摇直流电压测量	(员园圆)
摇摇附表六摇摇直流磁感应强度的测量方法简介	(员园缘)
摇摇附表七摇摇常用光源	(员园源)
摇摇附表八摇摇液体的表面张力系数	(员园缘)
摇摇附表九摇摇常用光源的谱线波长 λ	(员园远)
摇摇附表十摇摇液体黏滞系数 η	(员园远)

摇附表十一摇部分固体和液体的比热容	(页码)
摇附表十二摇常见物质的密度	(页码)
摇附表十三摇海平面上不同纬度处的重力加速度	(页码)
摇附表十四摇基本单位、辅助单位和某些导出单位	(页码)
摇附表十五摇某些金属和合金的电阻率及温度系数	(页码)
摇附表十六摇在 國益时部分金属的杨氏模量	(页码)
参考文献	(页码)

第 1 章 全息技术

像面全息图与一步彩虹全息图

一、目的要求

(1) 掌握透镜成像记录像全息图的原理,并制作一张像全息图,用白光再现观察其再现像

(2) 掌握制作一步彩虹全息图的原理和方法,并制作一张一步彩虹全息图

二、仪器装置

氦氖激光器(功率在 10mW 左右),扩束镜,成像透镜,分束镜,观察屏,干板架,电子快门,待拍摄物体,载物台,全息干板

三、实验原理

彩虹全息是一种白光透射全息图,它是由美国麻省理工学院教授本顿(Benton)于 1969 年首先提出的,后经美国宾夕法尼亚州立大学著名的美籍华人教授、光学专家杨振寰的进一步研究,有了很大发展。制作彩虹全息图的方法有两种,一种是本顿最初提出的二步法彩虹全息;另一种是杨振寰后来提出的一步法彩虹全息。目前,彩虹全息技术已日益实用化,有商品在欧美市场出售。此外,彩虹全息技术可以用来产生真彩色的全息像,永久性地保持彩色底片。

本实验将进行一步彩虹全息图的制作。一步彩虹全息图在本质上是一种像面全息图,是像全息与狭缝技术相结合的产物。为此,先对像面全息图作一简介。

按图 1-1 所示光路拍摄的全息图即为像面全息图。它与普通全息图的不同之处是利用物体的像(而不是物体本身)与参考光发生干涉来记录全息图,再现像的位置就在全息图平面附近,可以用白光再现。

一步彩虹全息图与像面全息图在制作时的主要差别是,前者要在记录光路中适当的位置插入一个狭缝,当再现物体的像时,狭缝的像也被再现出来。如果用白光照射,当眼睛在狭缝像的位置观察时,可以看到物体相应于狭缝色彩(由红到蓝,可以由眼睛或全息图的移动而全部看到)的彩色像,故名彩虹全息图。

图 1-2 即为一步法制作彩虹全息图的光路,狭缝位于物体和成像透镜之间,既可置于透镜焦点之内,也可置于透镜焦点之外。前一种情况使狭缝与狭缝像在透镜的同一侧,后一种情况使狭缝像在透镜的另一侧。考虑到人眼的习惯,一般以保留物体的横向视差为好。

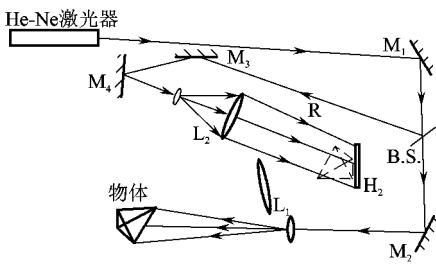


图 员圆圆 照相拍摄全息图光路

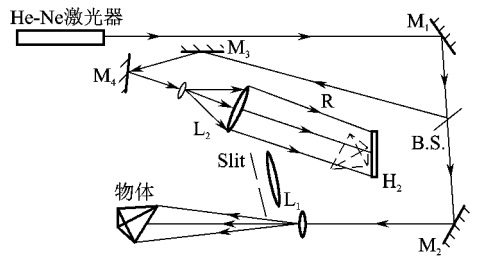


图 员圆圆 一步法制作彩虹全息图的光路

再现时只需以原参考光方向照明,即可在全息图与观察者之间形成狭缝的像;透过狭缝像,即可观察到物像在全息图附近,其前后位置由记录时物像与全息图的位置摆放决定。

当照明光与记录光的波长相等时,再现像点与物点位置重合;若用白光照明,由于白光波长连续变化,每一波长都在不同的位置形成自己的再现像及狭缝像。因人眼的瞳孔大小有限,在一个固定方向只能看到一个准单色的彩色像。随着眼睛的移动,便能看到彩虹色的像。

若狭缝窄,观察距离远比参考光倾角大,则彩色像的单色性好;不过缝太窄时,将降低像的亮度,并引起像的模糊。所以,综合考虑各项指标,一般实验时取缝宽 $\lambda \sim 2\lambda$ 。

四、实验内容及步骤

(员)按图 员圆圆 制作一张像全息图。注意使物光和参考光尽量等光程。物光和参考光的平均夹角在 $30^\circ \sim 45^\circ$ 之间。夹角过大过小均不利于记录。

(圆)在制作像全息图的基础上,按图 员圆圆 制作一张彩虹全息图。布置光路时,因保留物体的横向视差,需要狭缝竖直放置,故要将被拍摄物体卧放。如果狭缝横放,则参考光需要从干板的下方或上方引入,光路布置不便。用毛玻璃确定物体实像的位置,调整物距以获得适当的物像大小,并调整物的方向,获得良好的物像。在像后约 25cm 处放置干板架。

(猿)在物和成像透镜之间,靠近物的方向加入狭缝,在干板架后面用毛玻璃找狭缝的像,调整狭缝,使狭缝的像到干板架的距离约 25cm (人眼的明视距离处,以方便对物像的观测),然后通过狭缝的像观察物的像是否完整。若物的像左右不全,可以加大狭缝宽度,但不要超过 1mm 。若物的像仍不全,则只有更换小一点的物体(或更换成像透镜,或改变物距和像距,或者改变狭缝的位置)。

(源)调节分束镜,使参考光与物光的强度之比在干板平面处约为 $1:10$ 。注意参考光相对物像的入射方向,最好从底部向顶部,因为在使用共轭光观察时,人们习惯于灯光从顶部向下方照明,否则最终观察到的物像是倒放的。

(缘)两张全息图拍摄好后,用白炽灯照明全息图,选择适当的观察角度,即可观察到记录的像全息和彩虹全息像。

五、探索与研究

(一)一步彩虹全息图记录时狭缝位置的确定

狭缝位置的确定固然可以通过用毛玻璃进行观察确定,但更好的方法是计算。计算的依据是狭缝像距物像的距离约 25cm ,由此确定像距,从而推算出狭缝与透镜间的物距。如果透镜

的焦距已经超过 $2f$, 则可直接在透镜后(透镜与物像之间)距物像 f 处加入狭缝

(二) 成像透镜对一步彩虹记录的影响

一步彩虹中, 成像透镜的存在, 对成像有两个重要影响: ①透镜的口径, 将限制狭缝像的长度, 即限制物体的视角; ②透镜的焦距, 将改变(主要是压缩)物像沿光轴的三维度, 因此物像在观察时有所失真, 甚至可能因为像散的原因而更失真, 因此透镜需要采用消像差透镜

圆 全息光学元件的设计与制作

所谓全息光学元件(简称)是指采用全息照相方法(包括计算全息法)制作的, 可以完成准直、聚焦、成像、分束、光束偏转和光束扫描等功能的元件。在完成上述功能时, 它不是基于光的反射和折射规律(几何光学), 而是基于光的干涉和衍射原理(物理光学), 所以全息光学元件又称为衍射元件

常用的全息光学元件包括全息透镜、全息光栅和全息空间滤波器等。本实验仅介绍全息透镜的制作原理、方法、特点和用途等

全息透镜又分为同轴全息透镜、离轴全息透镜和反射全息透镜。由于全息透镜类似于菲涅耳波带片, 所以全息透镜又叫全息波带片。和普通透镜相比, 全息透镜具有质量轻、造价低、相对孔径大、易于制作和批量复制, 以及在同一张全息片上可具有多功能(如聚焦、分束、滤波和多重记录)等优点, 因而在许多领域已获得了应用

一、目的要求

(1) 掌握几种全息透镜的制作原理和制作方法, 并制作出几种全息透镜进行观察

(2) 通过对全息透镜成像的认识, 帮助理解普通三维物体的全息照片再现原物的立体像的机理

二、仪器装置

氦氖激光器, 扩束镜, 分束镜, 反射镜, 准直镜, 干板架, 观察白屏, 电子快门, 全息干板

三、实验原理

图 1 所示为全息透镜的制作原理。点光源 S 发出发散的球面波, 而 M 则是一个会聚球面波的交点, 两光波相干; 在两束光相重叠的干涉场内, 放置一种全息记录介质, 通过曝光和显影、定影等处理, 就可以制成全息透镜

图 2(a)、(b) 是全息透镜的光栅结构。如果记录介质表面中心的法线与 S 、 M 两点连线相重合, 则是同轴全息透镜, 如图 2(a) 所示; 否则便是离轴全息透镜, 如图 2(b) 所示。全息透镜的特性可以用它的透射系数来表征

图 3 代表同轴全息透镜的成像光波分布。图中 P 是轴上物点, P_1 是正一级衍射像(正透镜的作用), P_2 是负一级衍射像(负透镜的作用)。图 4 是轴外物点成像的情况

下面采用几何分析方法, 利用透镜的透射系数来讨论全息透镜的三个作用

由于全息透镜是衍射光学元件, 自物点 P 发出的球面波通过各透明带时将发生衍射, 形

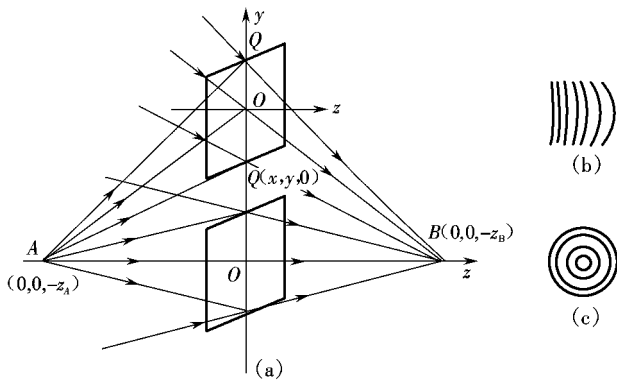


图 1 薄全息透镜的记录及其光栅结构

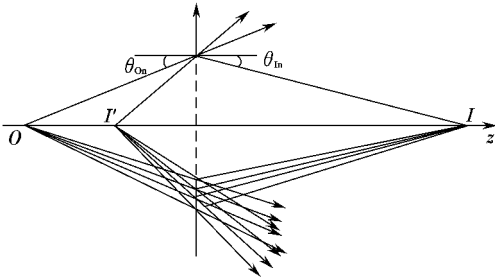


图 2 同轴全息透镜轴上物点的成像

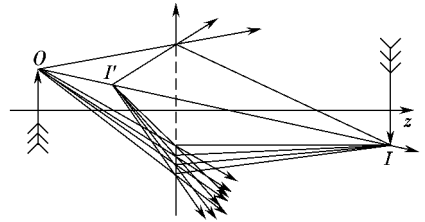


图 3 同轴全息透镜轴外物点成像

成像点的光满足光栅方程：

$$d \sin \theta_{out} = z_A \sin \theta_{in} \quad (1)$$

式中 θ_{in} 为入射角 θ_{out} 为衍射方向与法线的夹角 d 为光栅间距 因为这里的光栅不是等间距的 所以用脚标 n 表示自中心向外数起的序号 m 表示衍射级次

普通薄透镜的透射系数为

$$T_L = \exp\left[-i\frac{\pi}{\lambda f} (x^2 + y^2)\right] \quad (2)$$

式中 f 为焦距 $f > 0$ 是正透镜 $f < 0$ 是负透镜 λ 是物光波长 ρ 是透镜的径向坐标

全息透镜的透射系数为

$$T_H = \exp\left[-i\frac{\pi}{\lambda_0} (x^2 + y^2)\right] \exp\left[-i\frac{\pi}{\lambda} (x^2 + y^2)\right] \quad (3)$$

把上式同式(2)比较 很容易看出 一个正弦型同轴全息透镜的作用相当于一个平板玻璃、一个正透镜和一个负透镜的作用

全息透镜有与普通透镜相似的一面 即能聚焦、成像 其焦距为

$$f = \frac{\lambda_0}{\mu(\lambda_0 - \lambda)} \quad (4)$$

式中 μ 为 λ_0 是记录时使用的波长的光 λ 是成像时物光的波长 可见 全息透镜的焦距与所使用的光波长有关 若 $\lambda = \lambda_0$ (成像和记录使用同一波长的光) 则焦距变为无穷大

摇摇香越 扎扎
扎原扎

(员圆缘)

相应的物像关系为

摇摇员员员
扎扎扎

(员圆远)

式中 z_1 为像距 z_2 为物距

全息透镜还有一些与普通透镜不同的特点,除前面提到的三种作用同时并存外,衍射还可能出高级次,因而有多重焦距、多重像。由于全息透镜的焦距与所使用的光波长有关,因而有明显的色散现象存在。

这些特点也可由实验观察到。让日光通过全息透镜,即可观察到不同颜色的光的焦点不同,出现多重焦距。透过全息透镜观看一个发光的白炽灯,会看到灯丝的多重像。

四、实验内容及方法

(一)透射型同轴全息透镜的实验光路

尽管在实验原理中介绍的是用两个球面光波的相干来制作全息透镜(这样制作的全息透镜具有焦距短、数值孔径大的优点),但根据全息记录的原理,用一束平面光波和一束球面光波的相干来制作全息透镜也是一样的。

图 1 是制作同轴全息透镜的一种光路,图中 M_1 、 M_2 是分束镜, A_1 、 A_2 是反射镜, L_1 是透镜, S 点相当于一个点光源(也可直接使用针孔滤波器或扩束镜), A 处放置观察屏或全息干板。其实验步骤如下:

(1)调整 M_1 、 M_2 、 A_1 、 A_2 及 L_1 ,使平行光束的中心线与球面光线的中心线重合,并使两光束的光程基本相等。在 A 面处两束光的强度相差不多。此时,在 A 屏上将可看到同心圆状的干涉条纹,中部条纹稀疏,边缘条纹密细。

(2)记录和处理底片,其过程与普通全息照相相同。

(3)观察实验结果。

将制得的同轴全息透镜放回原位,挡去球面波,只让平行光照射在全息透镜上,此时,全息透镜将会把球面波再现出来。

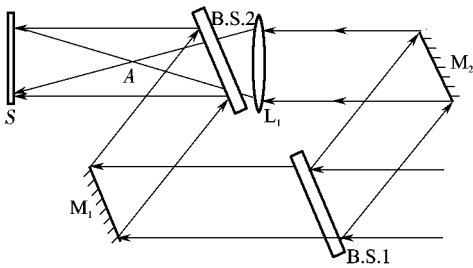


图 1 透射型同轴全息透镜拍摄的一种光路

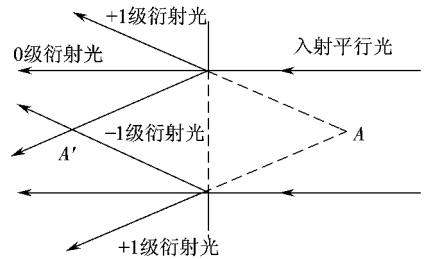


图 2 透射型同轴全息透镜的再现结果

在全息透镜的后面观察,除了能看到入射平行光透过来的零级分量外,还能看到由虚光源 A' “发射”出来的发散光,如图 2 所示,这是一级衍射分量。平行光通过同轴全息透镜后能得到一个发散的球面波,这就相当于一个普通凹面镜的作用,其焦距即为 A' 点到全息透镜

之间的距离援也就是制作过程中 ,点源 粤和全息干板之间的距离援

当用一个屏在全息透镜后方前后移动时 ,还能找到一个光束的会聚点 ,这是负一级衍射 ,它到全息透镜的距离与 粤到全息透镜的距离相等援平行光通过全息透镜后能得到一个会聚光束 ,这与一个凸透镜的作用相当援

(二)透射型离轴全息透镜的实验光路

如图 员圆圆所示 ,移动反射镜 酝_源 使之偏离球面波的中心线 ,移动反射镜 酝_圆 使平行光束经 酝_圆 沿倾斜方向射向屏 杂这样 ,从 粤点发出的球面波的光轴 粤兑与平面波的光轴 阅兑之间 ,便形成一定夹角(注意在调整中仍要保持两光束等光程 ,杂面上等强度)援在此情形下 ,干板上记录的便是一个离轴全息透镜援

把制得的离轴全息透镜放回原位 ,挡住球面波 ,只用平行光照射 ,同样可以再现球面波援

将离轴全息透镜反转 员圆圆放置 ,即用共轭平行光照射 ,则在它的后面得到一个会聚的球面波援由于离轴全息透镜的成像是离轴的 ,所以可以认为它相当于一个棱镜和一个透镜的组合援前者使光偏转 ,后者使光成像援

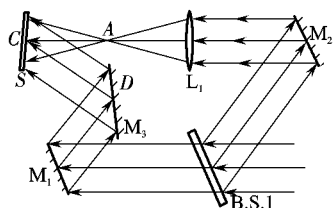


图 员圆圆 透射型离轴全息透镜拍摄的一种光路

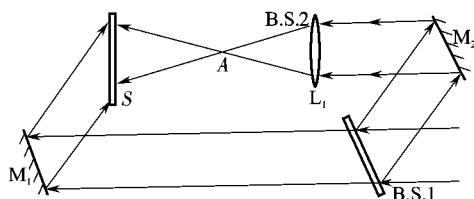


图 员圆圆 反射型全息透镜拍摄的一种光路

(三)反射型全息透镜的实验光路

如图 员圆圆所示 ,使平面波与球面波分别从干板的两侧透射(仍需等光程、等光强) ,这种情况下制得的全息透镜便是反射型全息透镜援

在这种情形中 ,干涉场的条纹更密(因两束光传播方向的夹角更大) ,而且有沿乳胶厚度方向的条纹(两光束接近相向传播) ,所以 ,反射型全息透镜可以看作是点光源的全息图 ,并且是一种体积全息图 ,因而再现时对光波长有较强的选择性 ,而且用红光(远红光灯)制作的全息图 ,由于处理后乳胶的收缩 ,不再完全适合于红光 ,而向短波方向移动援此时用白光再现时出现黄绿光援

此外 ,用反射全息透镜成像时 ,物和像都在透镜的同一侧援

五、探索与研究

同轴全息透镜和离轴全息透镜是点源全息图援这种点源全息图可以帮助我们更容易地理解普通三维物体的全息照片为什么能显示物体的立体像援因为普通物体可以看作是由许许多多的发光点组成 ,每个点发出一个球面波 ,它们分别与平面波相干 ,形成各自的同心圆形的干涉条纹援普通三维物体的全息图实质上是许许多多的同心圆形条纹结构的复杂组合援当挡住物光(或移去物体本身) ,用平行光照射时 ,则再现出组成物体的各发光点的像 ,其空间位置仍在原处援因此 ,整个再现像便是立体的了 ,像原物一样援用非平行光照射时 ,像略有发散或缩小援普通三维全息图 ,参考光虽然不一定用平行光 ,但道理是一样的援

远

圆猿 摇 全息光栅的设计制作

一、目的要求

了解全息光栅原理 学习全息光栅的设计制作方法援

二、仪器装置

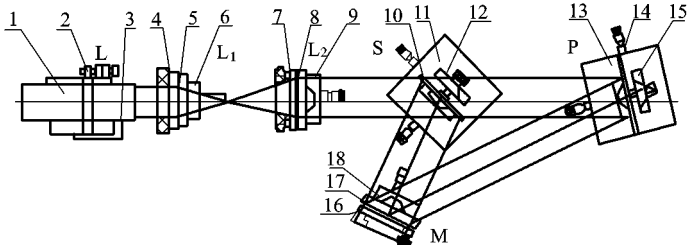


图 圆猿 摇 全息光栅拍摄光路

员—匀 圆 激光器 圆—圆—光栅转台 猿—一维调整(杂在 原 圆) 源—载轴旋转座(杂在 原 圆)
 缘—扩束镜 远—(杂在 原 圆) 摇远—一维调整(杂在 原 圆) 摇苑—二维调整(杂在 原 圆) 摇愿—准
 直镜 圆—(杂在 原 圆) 摇怨—三维底座(杂在 原 圆) 摇员—半透半反镜(分光镜) 杂在 原 圆)
 员—二维底座(杂在 原 圆) 摇员—干板架(杂在 原 圆) 摇员—二维底座(杂在 原 圆) 摇员—全息干版 孕
 摇员—干板架(杂在 原 圆) 摇员—二维调整架(杂在 原 圆) 摇员—平面反射镜 圆—摇员—三维
 底座(杂在 原 圆)

三、实验内容及方法

- (员)用 圆 圆 组成扩束系统 ,使之出射较大口径的一束平行光援
- (圆)根据光栅常数求出角的大小援
- (猿)根据求出的角 ,按图调好光路援
- (源)对全息干板进行曝光 圆~猿 分钟然后显影约 缘 分钟 吹干援
- (缘)在显微镜下 ,观察干涉条纹援

第 四 章 激 光 与 光 纤 传 输 通 信 技 术

四 氦 氖 激 光 器 放 电 特 性、 输 出 功 率 和 效 率 特 性 的 测 量

氦氖激光器是具有连续输出特性的气体激光器。它的输出功率通常只有几毫瓦，最大也不过百毫瓦，但由于它的光束质量很好，光束发散角很小，一般能达到衍射极限，相干长度是气体激光器中最长的，另外由于器件结构简单、操作方便、造价低廉、输出光束又是可见光，使氦氖激光器在精密计量、准直、导航、全息照相、通信、激光医学等方面得到了极其广泛的应用。氦氖激光器是放电激励的气体激光器的典型代表。

一、目的要求

(1) 测量激光管的伏安特性曲线、输出功率与电流关系曲线、电光转换效率 η 与电流的关系 η 曲线。

(2) 了解激光器的放电特性：负阻效应、起辉电压，学会确定激光器的最佳工作点。

二、仪器装置

氦氖激光管，直流高压电源，高压直流电压表，激光功率计。

三、实验原理

(一) 氦氖激光器的三种结构形式

如图 4-1 所示，图中 (a) 为内腔式，两块反射镜直接贴在放电管两端。

图中 (b) 是外腔式，组成共振腔的两块反射镜与放电管完全分离，反射镜安装在专门设计的调整支架上，放电管两端用布儒斯特窗口以布儒斯特角密封。

图中 (c) 是半外腔式，它的放电管一端直接贴反射镜，另一块反射镜与放电管分离，输出光束也是线偏振光，其性能介于 (a) 和 (b) 两者之间。

(二) 工作原理

氦氖激光器的组成包括：共振腔、工作物质和放电电源。氦氖激光器中充有氦氖混合气体，这是激光的工作物质。当氦氖激光器的电极上加上几千伏的直流高压后，管内就产生辉光放电，对工作物质进行激励从而引起受激辐射，经共振腔进行光放大以后，即产生激光输出，其工作原理如图 4-2 所示。

图 4-3 所示为氦氖激光器的伏安特性曲线。当电流 I 不同时，输出功率 P 也不同，激光器的