



面向 21 世纪 课 程 教 材
Textbook Series for 21st Century

大学物理实验

第三册

李志超 轩植华 霍剑青 主编



高 等 教 育 出 版 社
HIGHER EDUCATION PRESS

面向 21 世纪课程教材
Textbook Series for 21st Century

大学物理实验

第三册

李志超 轩植华 霍剑青 主编



高等教育出版社
HIGHER EDUCATION PRESS

图书在版编目(CIP)数据

大学物理实验.第3册/李志超等主编. —北京:高等教育出版社,2001.12
ISBN 7-04-010148-3

I.大... II.李... III.物理学-实验-高等学校-教材 IV.04-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2001)第 062812 号

责任编辑 胡凯飞 封面设计 张楠 责任绘图 郝林
版式设计 马静如 责任校对 胡晓琪 责任印制 杨明

大学物理实验 第三册
李志超 轩植华 霍剑青 主编

出版发行 高等教育出版社

社址 北京市东城区沙滩后街 55 号

邮政编码 100009

电话 010-64054588

传真 010-64014048

网址 <http://www.hep.edu.cn>

<http://www.hep.com.cn>

经销 新华书店北京发行所

印刷 国防工业出版社印刷厂

开本 787×960 1/16

版次 2001 年 12 月第 1 版

印张 17

印次 2001 年 12 月第 1 次印刷

字数 310 000

定价 14.70 元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换.

版权所有 侵权必究

内 容 简 介

本套书是教育部“高等教育面向 21 世纪教学内容和课程体系改革计划”的研究成果,是面向 21 世纪课程教材和教育部理科物理学和天文学教学指导委员会“九五”规划教材.它打破了传统实验课教材的编写模式,建立了一个能促使实验课独立发展的新的教材体系.全套书共分四册,其中第一册适应于理、工、农、医、商等各学科,为各专业的普及课程;第二册适应于理工科各专业;第三册适应于理科各专业;第四册适应于物理类专业.每册的内容都覆盖有力学、热学、电磁学、光学、近代物理等领域的实验,各册书依次逐级提高,适应于不同层次教学的需要.

本套书包含有计算机仿真实验并配有光盘,还涉及了一些科学研究前沿中众所关注的课题.

本第三册共分 2 章,含有 31 个实验,可供高等院校理工科各专业的学生作物理实验的教材,也可供社会读者阅读.

序

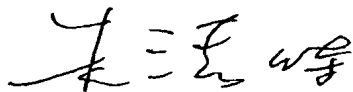
物理学的本质是研究物质的基本结构和运动规律.物理学及其发展是揭示自然奥秘,认识自然规律从而推动人类科学文明历史前进的动力.实验物理和理论物理作为物理学的两大组成,其发展共同形成整个物理学史的前进足迹,二者之间并无伯仲之分,而是相互促进、共同发展.当实验物理中有新的发现、出现新结果时,就会激励和促进理论物理研究出现新的模型、理论,使人类对自然规律的探索向广、深推进.世界最著名奖项之一的诺贝尔物理学奖,今年分别授予俄罗斯和美国的三位科学家,奖励他们在快速晶体管、激光二极管和集成电路芯片方面的研究和发明,为现代信息技术奠定了基础.这充分说明物理学是科学的基础,实验物理是物理学的基础.

对担负着培养面向 21 世纪人才这一艰巨任务的大学教育来说,物理实验教学是关系人才科学素质培养的重要环节,教材是实施教学的基本保证.由霍剑青等人编写的《大学物理实验》是一套创新体系的实验教材,编者都是在教学第一线艰辛就业多年,具有丰富教学经验的教师.新实验体系在中国科技大学经过教学实践考验并几经完善.这套教材既有坚实的实践基础,又适应新世纪对人才科学素质能力培养的需求,是时代发展趋势的必然.

教材新体系结构是,按实验内容的基础普遍性、难易程度与学生知识水平相适应等分为四级实验,对应为四册教材.该体系中引入了计算机虚拟(仿真)实验,这是与将大规模启动的教育手段现代化规划相一致的先行操作.特别在第四册教材中,以科研实践为主题,采用科学研究的方法进行教学实验,缩短了教与学、教学与科研以及教科书与现代科学技术前沿之间的距离,使学生独立进行科学研究的能力得以较多的锻炼和提高.

这套教材适用面相当广泛,有丰富的选择余地和灵活的运用空间.每级实验都包含有大学物理实验的各个知识面,既具有知识系统性又有相对独立性.不仅适用于如中国科技大学等综合性大学,也适用于广大理工科及其他各类大学.

作为面向 21 世纪的实验教材,在新世纪之始将本书奉献给读者也是一大幸事,她饱含着物理实验工作者的智慧、艰辛、奉献与光荣.



2000 年 10 月

编者的话

物理学在人的科学素质培养中具有重要的地位.实验是物理学的基础,物理实验课程曾经为培养 20 世纪的优秀人才作出了卓越的贡献.当我们即将步入 21 世纪时,站在为 21 世纪培养合格科技人才的角度看,当前物理课程的教学内容与课程体系已与跨世纪的新观念、新的思维方法及交叉学科的协调发展不甚适应.物理实验的课程体系、教学内容、教学方法必须改革.中国科学技术大学在几十年物理实验教学实践的基础上,加之这几年的改革探索,积累了一些经验.本套书的编者大都多年从事实验教学并参加了实验教学改革,因此,这套教材是中国科技大学几十年教学经验的总结,更是这几年教学改革经验的总结.编者愿意将此奉献给新世纪的教育事业,希望这套教材的出版能为培养 21 世纪的合格人才发挥作用.

传统的物理实验课程体系是按普通物理(力、热、电、光)和近代物理实验分别安排的封闭体系,学生每学期各完成其中的一门实验,限制了学生跨学科思维能力和创造能力的培养.我们打破旧的实验课程体系,建立实验课程独立发展的新体系,新体系的中心思想是把整个物理实验课程分为四级,每一级实验用一个学期完成.

其中,一级实验主要为基本量的测量、基本实验仪器的使用、基本实验技能的训练和基本测量方法与误差分析等.涉及到力、热、电、光、近代物理的各个知识点,为普及性实验.

二、三级实验逐步增加综合性实验和设计性实验的比例及难度.通过这两级课程的训练,激发学生强烈的学习热情,变学生的被动学习为主动学习,在主动学习中提高他们的思维和创造能力.由目前教师排好实验,准备好仪器,学生来做实验的状态,过渡到学生在教师的指导下,自己设计实验,自己准备仪器完成实验,培养他们的综合思维和创造能力.学生做设计实验时,能从失败与成功中受到更多的训练,整体素质将得到提高.

四级实验以科研实践为主题,组织若干个围绕物理实验的课题,以科学研究的方式进行实验教学以提高学生的科研素质.这样可以缩短教与学、教学与科研、教科书与现代科学技术的距离,学生独立科研的能力将得到较大的锻炼和提高.

在课程安排上,一级实验适用于理、工、农、医、商等各学科,为各专业的普及

课程;二级实验对理工类专业开课;三级实验对理科类学生开课;四级实验是理科物理类专业学生的必修课,理科非物理类各专业的学生可作为选修课,也可作为相关专业研究生的选修课。

本套教材共四册,第一、二、三、四册分别对应一、二、三、四级物理实验。

每册中都包含有比较多的内容,在使用中可结合具体的学时数、实验室条件和特长加以取舍,灵活变通,还可增设内容或提高要求等,这也是本套教材所具有的特点——灵活性和主动性。

本套教材在选择实验内容时注重时代性和先进性。物理实验必须与现代科学技术接轨,才能激发学生的学习积极性与热情,才能使现代科技进步的成果渗透到传统的经典课程内容之中。例如,我们将计算机技术、光纤技术、磁共振技术、核物理技术、X射线技术、软X射线显微技术、光谱技术、真空技术、传感器技术等现代技术寓于学生实验中,其中不少是各领域的科研新成果。

在传统的物理实验教学中,由于实验仪器的复杂、精密和昂贵,往往无法对实验仪器的结构、设计思想、运行机理等进行剖析,不允许学生自行设计实验参数、反复调整、观察实验现象、分析实验结果,并且存在着实验越先进,现代化技术越高,学生收获越少的倾向。大学物理计算机仿真实验以人工智能、自动控制理论对物理实验和仪器建立了内在的模型,实验者可通过运行仿真实验软件,完成实验的各项内容,弥补了上述缺陷。

计算机仿真实验的引进,把物理实验课分成了两个阶段,即仿真实验阶段和真实实验阶段。学生可先通过仿真实验,学习实验的设计思想、实验方法、仪器的设计原理、操作原理与方法,甚至拟定好实验参数、实验计划等,再去完成真实实验。也可以先做真实实验,再做仿真实验,用于对真实实验认识的深化、提高。计算机仿真实验在这几年的教学实践中正发挥着不可替代的重要作用。本套教材配有计算机仿真实验。使用这套教材进行教学,无论对学生或教师都有不同于以往的要求。要求学生积极主动的学习,除阅读要做实验的教材或相关附录参考资料和实验室提供的说明书外,还要结合思考题自行设计具体的实验步骤,完成实验。这套教材给教师以更大的选择余地和自主发挥创造思维的空间,能更好的体现教师在教学中的主导地位。

在本套教材出版之际,感谢几十年来在中国科学技术大学物理实验教学中作出过贡献的所有老师。物理实验课是一门体现集体智慧和劳动结晶的课,是日积月累、逐步完善、发展和升华的结果。此次参加编写教材的大多为在实验教学第一线辛勤耕耘多年,在实验教学方面有较高造诣、深刻理解并积累了丰富实验经验的教师。在主编和编委会的参与指导下,经集体讨论原则方案,以具体分工、个人执笔方式完成书稿。撰写人都署名在各自撰写部分之后。尽管一些老师未能直接参加教材编写,但是这套教材中也有他们多年的劳动和奉献。

本套书在编写过程中得到学校有关领导朱清时、程艺、尹鸿钧、朱滨、程福臻、向守平、吴敏等同志的大力支持,此外程路华、奚玮红、史芸等同志也作了大量的具体事务性工作,在此一并感谢.

由于我们的水平和条件所限,书中难免有不妥或疏漏,欢迎提出建议并指正.

霍剑青 吴泳华

1999年9月30日

目 录

第一章 综合与现代物理实验	1
§ 1.1 传感器技术(二)	1
实验 1.1.1 光电转换器特性的研究	3
实验 1.1.2 电涡流传感器	8
实验 1.1.3 压电传感器	14
§ 1.2 电磁测量	26
实验 1.2.1 周期电信号波形的傅里叶分析	26
实验 1.2.2 用交流梯度磁强计测磁性	33
§ 1.3 光学测量	41
实验 1.3.1 傅里叶光学的空间频谱与空间滤波实验	41
实验 1.3.2 θ 调制法空间假彩色编码及卷积定理的光学模拟	47
实验 1.3.3 激光散斑的测量	53
实验 1.3.4 光纤干涉仪	58
实验 1.3.5 椭圆偏振光法测定介质薄膜的厚度和折射率	64
实验 1.3.6 激光多普勒效应	72
第二章 现代物理技术	77
§ 2.1 光谱技术概述	77
实验 2.1.1 塞曼效应	77
实验 2.1.2 同位素光谱——氘原子光谱	86
实验 2.1.3 拉曼光谱	90
§ 2.2 核技术概述	100
实验 2.2.1 用闪烁谱仪测 γ 射线能谱	101
实验 2.2.2 测量高速运动电子的动量与能量间关系	117
实验 2.2.3 符合法测量放射源活度	120
§ 2.3 磁共振技术概述	125
实验 2.3.1 核磁共振	132
实验 2.3.2 铁磁共振	140
实验 2.3.3 核电四极共振	151
实验 2.3.4 光泵磁共振	158
§ 2.4 X 射线技术概述	166
实验 2.4.1 德拜法	178

实验 2.4.2 劳厄法	189
§ 2.5 电子显微技术概述	197
实验 2.5.1 蒸发镀膜法制备电镜样品	197
实验 2.5.2 透射电子显微镜	200
实验 2.5.3 扫描电子显微镜	205
§ 2.6 低温和真空技术	209
实验 2.6.1 低温的获得与温度的测量	209
实验 2.6.2 低温热容的测量	219
实验 2.6.3 高真空的获得和检漏	230
实验 2.6.4 气体放电等离子体特性的研究	241
实验 2.6.5 四极质谱	250
物理学常量表	260
中华人民共和国法定计量单位	261

第一章 综合与现代物理实验

§ 1.1 传感器技术(二)

在本书第二册传感器技术(一)中已对传感器的定义、基本组成和电阻应变式传感器等作过介绍,鉴于传感器技术在现代科技领域中起着愈来愈重要的作用,因此在本册中将进一步拓宽和加深相关知识。

传感器在科技发展中的重要性表现在以下三个方面:

(1) 传感器的地位与作用

现代科学技术的迅猛发展,使人类社会进入信息时代。而在信息时代中,人们的社会活动将主要依靠对信息资源的开发及获取、传输与处理。传感器位于自动检测与控制系统之首,是感知、获取和检测信息的窗口;传感器处于研究对象与测控系统的接口位置,一切科学研究和生产过程中获取的信息,都要通过它转换为容易传输与处理的电信号。因此,传感器的地位与作用就特别重要。现在人们常常将计算机比喻为人的大脑,传感器则可比喻为人的感觉器官。没有功能正常而完美的感觉器官,就不能迅速而准确地采集与转换欲获取的外界信息,纵有再好的大脑也是无法发挥其功能与作用的。“没有传感器技术就没有现代科学技术”的观点现在已为全世界所公认。科学技术越发达,自动化程度越高,对传感器的依赖性就越大。所以,国内外都将传感器技术列为重点发展的高技术之一,倍受重视。

(2) 传感器技术是信息技术的基础与支柱

20世纪80年代以来,人类社会进入了信息时代,因而信息技术对社会发展、科技进步将起决定作用。现代信息技术的基础是信息采集、信息传输与信息处理,它们就是传感器技术、通信技术和计算机技术。传感器在信息采集系统中处于前端,它的性能如何将直接影响整个系统的工作状态与质量。因此,近十多年来,人们对传感器在信息社会中的重要性又有新的认识与评价。

(3) 传感器已经广泛应用于各个学科领域

各个学科的发展与传感器技术都有密切的关系。例如工业自动化、农业现代化、航天技术、军事工程、机器人技术、资源开发、海洋探测、环境监测、安全保卫、医疗诊断等领域都与传感器有密切的关系。而且传感器技术的发展,会对其他学

科的发展产生相互影响.科学上的每一个发现与进步,都离不开传感器与检测技术的作用.

传感器的种类十分繁多,分类方法也很多.例如,按信号转换效应来分,可分为物理型(利用物理效应)、化学型(利用化学效应)及生物型(利用生物效应、微生物、机体组织等)传感器;按构成原理来分,可分为结构型和物性型两类;按构成传感器敏感元件的材料来分,又可分为半导体传感器、陶瓷传感器、有机材料传感器等等;而在应用中通常按用途来进行分类,如压力传感器、温度传感器、光传感器等等.

现代传感器这个名称具有两个含义:其一,与传统的、常见的传感器(如电阻应变式传感器、电容式传感器、电感式传感器等)相比较而言,它是指最近十年左右研制开发成功的新型传感器;其二,现代传感器是借助于现代先进科学技术研制开发出来的传感器,它是利用了现代科学原理,或者应用了现代新型功能材料,或者采用了现代先进的制造技术.

当前,现代传感器技术的发展方向有以下几个方面:

(1) 发现新现象

利用物理现象、化学反应和生物效应等是各种传感器的基本原理,所以发现新现象与新效应是现代传感器发展的重要基础,其意义极为深远.

(2) 开发新材料

功能材料是发展传感器技术的另一重要基础.现在,由于材料科学的进步,在制造各种材料时,人们可以任意控制它的成分,从而可以设计与制造出各种用于传感器的功能材料.例如控制半导体氧化物的成分,可以制造出各种气体传感器;光导纤维用于传感器是传感器功能材料的一个重大发现;有机材料作为功能材料,正引起国内外科学家的极大关注.

(3) 采用新工艺

传感器的敏感元件性能除了由其功能材料决定外,还与其加工工艺有关.随着半导体、陶瓷等新型材料用于传感器敏感元件,许多现代先进制造技术也引入传感器的制造,例如集成技术、微细加工技术、离子注入技术、薄膜技术等,能制作出性能稳定、可靠性高、体积小、重量轻的敏感元件.

(4) 研究多功能集成传感器

研究多功能集成传感器是传感器发展的一个重要方向,即在一个芯片上集成多种功能敏感元件或同一功能的多个敏感元件.例如日本研制出可检测 Na^+ 、 K^+ 、 H^+ 的多种离子传感器,我国也研制出复合压阻传感器,一个芯片可同时检测压力与温度.

(5) 研究智能式传感器

智能传感器是一种带微型计算机,兼有检测、判断、信息处理等功能的传感

器.与传统传感器相比,它具有很多特点,例如,它可以确定传感器的工作状态,对测量数据进行修正,以减少环境因素如温度变化引起的误差,用软件解决硬件难以解决的问题,完成数据计算与处理工作等等.

(6) 仿生传感器研究

值得注意的一个动向是对仿生传感器的研究,特别是机器人技术向智能化高级机器人的发展.仿生传感器就是模仿人的感觉器官的传感器,即视觉传感器、听觉传感器、嗅觉传感器、味觉传感器、触觉传感器等.目前,只有视觉传感器与触觉传感器解决得比较好,其他几种远不能满足机器人技术发展的需求.也可以说,至今真正能代替人的感觉器官功能的传感器极少.

总之,传感器技术在发展国民经济、推动社会进步方面的作用是非常显著的.传感器和传感技术,即信息拾取技术已成为现代信息技术的三大基础之一,这是与多种现代技术密切相关的尖端技术.因此在教学实验中学习和掌握与其有关的基本知识和实验方法是非常重要的.

本节将介绍光电转换特性的研究、电涡流传感器、压电传感器等三个实验.

参考资料

1. 刘迎春,叶湘滨.现代新型传感器原理与应用.北京:国防工业出版社,1998
2. 吴兴惠,王彩君.传感器与信号处理.北京:电子工业出版社,1998

实验 1.1.1 光电转换器特性的研究

传感器技术中很重要的一类称为光传感器.光传感器通常是指紫外到红外波长范围的传感器,其类型可分为量子探测器和热探测器两类.本实验将介绍常用的量子探测器或称光子探测器,它是利用材料的光电效应制作成的探测器,故也称光电转换器.其主要参数有响应度(灵敏度)、光谱响应范围、响应时间和可探测的最小辐射功率等.

光电转换器件主要是利用光电效应将光信号转换为电信号.自光电效应发现至今,光电转换器件获得了突飞猛进的发展,目前各种光电转换器件已广泛地应用在各行各业.常用的光电效应转换器件有光敏电阻、光电倍增管、光电池、PIN管、CCD等.

光电倍增管是把微弱的输入光转换为电子,并使电子获得倍增的电真空器件.当光信号强度发生变化时,阴极发射的光电子数目相应变化,由于各倍增极的倍增因子基本上保持常数,所以阳极电流亦随光信号的变化而变化,此即光电倍增管的简单工作过程.由此可见,光电倍增管的性能主要由光阴极、倍增极及

极间电压决定.光电阴极受强光照射后,由于发射电子的速率很高,光电阴极内部来不及重新补充电子,因而使光电倍增管的灵敏度下降.如果入射光强度太高,导致器件内电流太大,以至于电阴极和倍增极因发热而分解,就会造成光电倍增管的永久性破坏.因此,使用光电倍增管时,应避免强光直接入射.光电倍增管一般用来测弱光信号.

光电池是把光能直接转换成电能的器件,可作为能源器件使用,如卫星上使用的太阳能电池.它也可作为光电子探测器件.

光电二极管有耗尽层光电二极管和雪崩光电二极管两种.半导体 pn 结区附近称为耗尽层,该层的两侧是相对高的空间电荷区,而耗尽层内通常情况下并不存在电子和空穴.只有当光照射 pn 结时才能使耗尽层内产生载流子(电子-空穴对),载流子被结内电场加速形成光电流.利用该原理制成的光电二极管称为耗尽层光电二极管.耗尽层光电二极管有 pin 型、pn 型、金属-半导体型、异质型等.

雪崩光电二极管是利用二极管在高的反向偏压下发生雪崩效应而制成的光电器件.雪崩光电二极管的倍增效应与外加电压有关.雪崩光电二极管具有 $10^2 \sim 10^3$ 倍的电流增益,因此,它的灵敏度很高,并且响应速度快,常用于超高频的调制光和超短光脉冲的探测.

CCD(Charge Coupled Device)即电荷耦合器件,通过输入面上光电信号逐点的转换、储存和传输,在其输出端产生一时序信号.随着科技的进步,CCD 技术日臻完善,已广泛用于安全防范、电视、工业、通信、远程教育、可视网络电话等领域.

本实验的目的是了解光电效应原理及光电转换器件的工作模式并测量光电转换器件的基本特性.

实验原理

光电转换器件主要是利用物质的光电效应,即当物质在一定频率的光的照射下,释放出光电子的现象.当光照射金属、金属氧化物或半导体材料的表面时,会被这些材料内的电子所吸收,如果光子的能量足够大,吸收光子后的电子可挣脱原子的束缚而逸出材料表面,这种电子称为光电子,这种现象称为光电子发射,又称为外光电效应.有些物质受到光照射时,其内部原子释放电子,但电子仍留在物体内部,使物体的导电性增加,这种现象称为内光电效应.

某些半导体材料在光的照射下,内部电子吸收光子后,挣脱原子的束缚而成为自由电子,使其导电性能增加,电阻率下降,这种半导体器件称为光敏电阻,这种现象称为光电导效应.当光停止辐照后,自由电子又被失去电子的原子所俘获,其电阻率恢复原值.利用光敏电阻的这种特性制成的光控开关在我们的日常

生活中随处可见。

二次电子发射效应:当电子轰击某物体时,如果该电子的动能足够大,被轰击物体将会有新的电子发射出来,该现象称为二次电子发射效应。轰击物体的电子称为一次电子,物体吸收一次电子后激励体内的电子到高能态,这些高能电子的一部分向物体表面运动,到达表面时仍具有足够的能量克服表面势垒而发射出来的电子称为二次电子。

常用的光电转换器件主要有光敏电阻、光电倍增管、光电二极管等。

光电二极管是典型的光电效应探测器,具有量子噪声低、响应快、使用方便等特点,广泛用于激光探测器。图 1.1.1-1 是硅光电二极管的工作原理。外加反偏电压与结内电场方向一致,当 pn 结及其附近被光照射时,就会产生载流子(即电子-空穴对)。结区内的电子-空穴对在势垒区电场的作用下,电子被拉向 n 区,空穴被拉向 p 区而形成光电流。同时势垒区一侧一个扩散长度内的光生载流子先向势垒区扩散,然后在势垒区电场的作用下也参与导电。当入射光强变化时,光生载流子的浓度及通过外回路的光电流也随之发生相应的变化。这种变化在入射光强很大的动态范围内仍能保持线性关系。

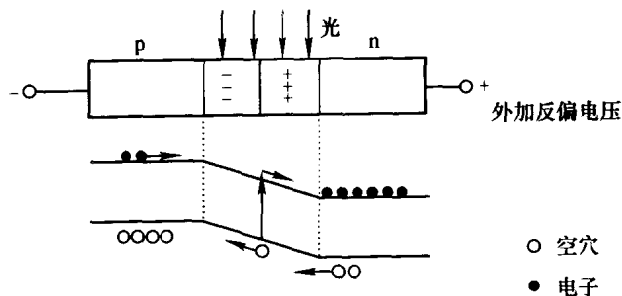


图 1.1.1-1 硅光电二极管工作原理

1. 伏安特性

当没有光照射时,光电二极管相当于普通的二极管。其伏安特性是

$$I = I_0 [\exp(eV/kT) - 1]$$

式中 I 为流过二极管的总电流, I_0 为反向饱和电流, e 为电子电荷, k 为玻耳兹曼常量, T 为工作温度, V 为加在二极管两端的电压。如图 1.1.1-2 所示,对于外加正向电压, I 随 V 指数增长,称为正向电流;当外加电压反向时,在反向击穿电压之内,反向饱和电流基本上是个常数。

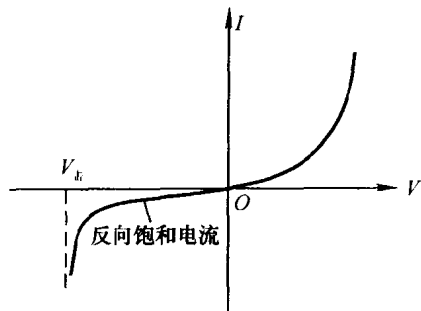


图 1.1.1-2 普通二极管伏安特性曲线

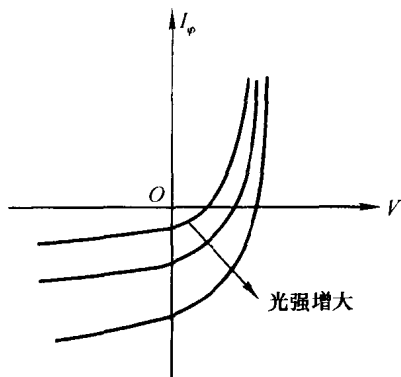


图 1.1.1-3 硅光电二极管的伏安特性

对于硅光电二极管来说,其伏安特性可表示为

$$I_{\varphi} = I_0 \left[\exp\left(\frac{eV}{kT}\right) - 1 \right] + I_P$$

式中 I_{φ} 是流过硅光电二极管的总电流, $I_P = SP$ 是反向光电流, S 是电流灵敏度, P 是入射光功率. 因硅光电二极管是反向偏压工作,故上式可简化为

$$I_{\varphi} = -I_0 - I_P = -(I_0 + I_P)$$

硅光电二极管的伏安特性曲线相当于把普通二极管的伏安曲线向下平移. 其实际伏安曲线如图 1.1.1-3 所示. 在工作反偏压一定的情况下, 从图 1.1.1-3 可以绘出 I_{φ} 与入射光强的关系曲线, 如图 1.1.1-4 所示. 从图中可以看出, 在很大的动态范围内, 它们基本上是线性关系. 因此光电二极管不像光电倍增管那样容易损坏.

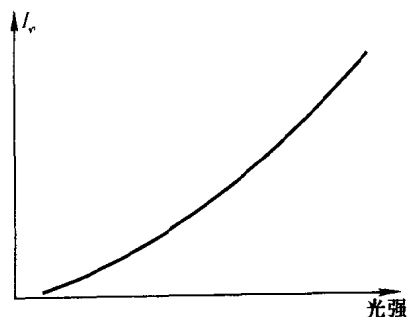


图 1.1.1-4 光电流与入射光强的关系

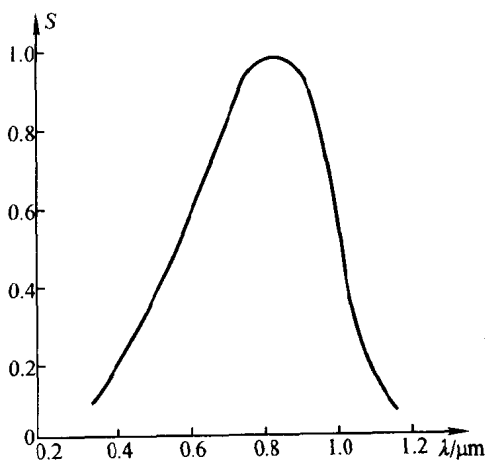


图 1.1.1-5 硅光电二极管的光谱响应曲线

2. 光电二极管的频率响应、峰值响应、时间响应

光电二极管具有频率响应宽、灵敏度高、时间响应快等特点,是一种常用的光电探测器件.光电二极管的光谱响应主要由构成 pn 结的材料决定.图 1.1.1-5 是硅光电二极管的光谱响应曲线.

3. 量子效率

光电探测器吸收光子产生光电子,光电子形成光电流.因此,光电流 I 与每秒入射的光子数,即光功率 P 成正比.根据统计光学理论,光电流与入射光功率的关系为

$$I = \alpha P = \frac{\eta e}{h\nu} P$$

式中 I 为光电流, P 为光功率, $\alpha = \frac{\eta e}{h\nu}$ 是光电转换因子, e 为电子电荷, h 为普朗克常量, ν 为入射光频率, η 为量子效率.从上式可知

$$\eta = \frac{I h \nu}{e P}$$

实验内容

1. 测量光电二极管的频谱曲线、峰值响应频率

如图 1.1.1-6 所示,在暗箱里,强度较高的白光光源通过滤光片后入射到光电二极管上,光电二极管的线路图如图 1.1.1-7 所示.利用示波器或电压表观察、测量不同波长的光(用不同颜色的滤光片获得)照射在 pin 管上所获得的电压.绘出波长-电压及 $\lambda-S$ 图,通过 $\lambda-S$ 曲线向找到峰值响应频率, $\lambda-S$ 曲线向两边延伸,确定截止波长.

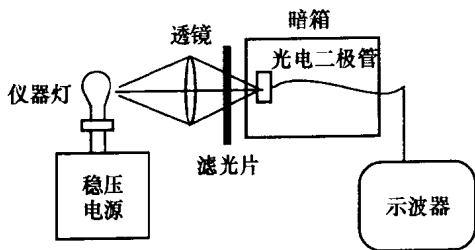


图 1.1.1-6 测量光电二极管频谱曲线装置图

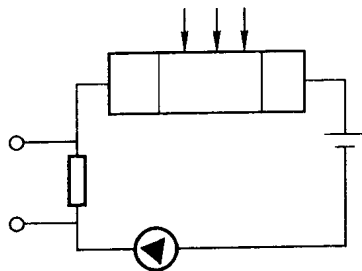


图 1.1.1-7 光电二极管电路图

能量计是一种灵敏度较高的测量激光输出能量的仪器,使用中应注意适当的挡位,以免过高能量损坏仪器.存贮示波器内含微处理器,可将测得的波形经