

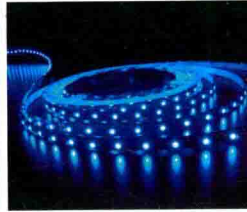
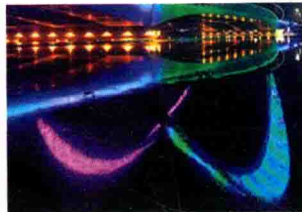


光电信息科学与工程系列教材

光电信息技术实验

GUANGDIAN XINXI JISHU SHIYAN

文尚胜 主编



华南理工大学出版社
SOUTH CHINA UNIVERSITY OF TECHNOLOGY PRESS

光电信息科学与工程系列教材

光电信息技术实验

GUANGDIAN XINXI JISHU SHIYAN

主 编 文尚胜

副主编 谢嘉宁 姚日晖

编 者 陈国杰 王 丹 李 斌 吴为敬

苏志锬 覃东欢 郑奕娜



华南理工大学出版社
SOUTH CHINA UNIVERSITY OF TECHNOLOGY PRESS

· 广州 ·

图书在版编目 (CIP) 数据

光电信息技术实验/文尚胜主编. —广州: 华南理工大学出版社, 2018.9
光电信息科学与工程系列教材
ISBN 978 - 7 - 5623 - 5478 - 9

I. ①光… II. ①文… III. ①光电子技术 - 信息技术 - 实验 - 高等学校 - 教材
IV. ①TN2 - 33

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2018) 第 025602 号

光电信息技术实验

文尚胜 主编 谢嘉宁 姚日晖 副主编

出版人: 卢家明

出版发行: 华南理工大学出版社

(广州五山华南理工大学 17 号楼, 邮编 510640)

<http://www.scutpress.com.cn> E-mail: scutc13@scut.edu.cn

营销部电话: 020 - 87113487 87111048 (传真)

责任编辑: 袁 泽

印刷者: 广州星河印刷有限公司

开 本: 787mm × 1092mm 1/16 印张: 17.5 字数: 437 千

版 次: 2018 年 9 月第 1 版 2018 年 9 月第 1 次印刷

定 价: 55.00 元

版权所有 盗版必究 印装差错 负责调换

前 言

现代光电信息技术是光学技术、光电子技术、微电子技术、信息技术、光信息技术、计算机技术、图像处理技术等相互交叉、相互渗透和相互结合的产物，是多学科综合技术。它研究以光波为信息载体，通过对光波实施控制、调制、传感、转换、存储、处理和显示等技术手段，获取所需要的信息。其研究内容包括光的辐射、传输、探测，光与物质的相互作用，以及光电信息的转换、存储、处理与显示等。光电信息技术是一门实践性很强的学科，不仅要求学生牢固掌握光电信息技术基础知识与基本实验技能，具有很强的动手能力，同时也要求学生具备一定的科学研究素养，掌握科学的实验研究方法。

实验是科学研究中最基础，也是最重要的研究方法。根据科学研究的目的，人为地变革、控制或模拟研究对象，使某些事物（或过程）发生或再现，从而观察和探索科研对象的运行规律和机制。光电信息技术实验课程，旨在通过实验教学来增强学生的实验基本技能，掌握光电信息技术设计、分析方法，从而培养和提高学生分析和解决问题的能力以及创新能力，实现学生科学素养的提升。

本书建立了由绪论和 54 个实验项目组成的课程内容。绪论，系统介绍了光电信息技术实验的目的和意义、实验规程和实验报告的科学写法。54 个实验分为两部分：验证性实验和虚拟仿真实验，涵盖光学实验、显示与驱动技术实验、半导体照明技术实验、太阳能电池技术实验、光电传感技术实验和虚拟仿真实验等六个类别。本书以光电信息技术的理论知识为基础，综合了光、机、电、算等手段，实现了理论与实践教学的结合，可以帮助学生理解和掌握光电信息技术实验的原理、方法和技能。

限于作者水平，书中难免有不妥和错误之处，恳请广大读者批评指正。

编 者

2017 年 12 月

目 录

绪 论	1
0.1 光电信息技术实验的目的和意义	1
0.2 光电信息技术实验规程	1
0.3 实验报告的撰写	2

第一部分 验证性实验

第1章 光学实验	6
实验 1.1 偏振光的产生和检验	6
实验 1.2 晶体双折射实验	11
实验 1.3 衍射光栅分光特性测量	12
实验 1.4 衍射光栅测定光波波长	15
实验 1.5 用透射光栅测定光的波长及光栅角色散率	19
实验 1.6 各种全息光栅的制作	20
实验 1.7 半导体泵浦激光原理	25
实验 1.8 半导体激光器的光学特性测试	29
实验 1.9 波长可调的光纤激光器设计与性能测试	33
实验 1.10 针孔滤波实验	37
实验 1.11 激光的相位测距	38
实验 1.12 激光全息照相	43
第2章 显示与驱动技术实验	49
实验 2.1 液晶光电效应实验	49
实验 2.2 LED 矩阵显示屏驱动软件的设计	56
实验 2.3 LED 矩阵显示屏的灰度显示	60
实验 2.4 DVI 解码前信号测试	61
实验 2.5 Gamma 校正	64
实验 2.6 基于 FPGA 的时序控制信号仿真	68
实验 2.7 OLED 驱动电路与程序设计实验	73
第3章 半导体照明技术实验	85
实验 3.1 LED 光色电热综合测试实验	85
实验 3.2 LED 及配套电器的电磁兼容测试实验	89
实验 3.3 光致发光及荧光粉相对亮度测量	95
实验 3.4 智能照明控制系统实验	99

实验 3.5	大功率白光 LED 恒流驱动电源设计实验	110
实验 3.6	光源色温、发光效率及光强空间分布测量	116
实验 3.7	LED 加速老化测试实验	119
实验 3.8	电压法测量 LED 结温	124
实验 3.9	基于多路温度测试仪测量 LED 球泡灯热阻	127
第 4 章 太阳能电池技术实验		130
实验 4.1	太阳光辐射能的检测	130
实验 4.2	太阳能电池器件性能测试(暗导特性)	133
实验 4.3	太阳能电池器件性能测试(光导特性)	137
实验 4.4	太阳能光伏电池组件的制作与检测	142
实验 4.5	太阳能控制器的接线、结构与原理实验	144
实验 4.6	太阳能光伏发电综合实验	147
第 5 章 光电传感技术实验		162
实验 5.1	光敏电阻伏安特性实验	162
实验 5.2	光敏电阻时间响应特性实验	169
实验 5.3	光敏电阻的变换电路	174
实验 5.4	光电二极管的特性参数及其测量	178
实验 5.5	光电池的偏置电路与特性参数测量实验	184
实验 5.6	光电三极管的特性参数实验	190
实验 5.7	PIN 与雪崩光电二极管实验	196
实验 5.8	PSD 位置传感器实验	201
实验 5.9	光电倍增管特性测试实验	204
实验 5.10	光电耦合器特性测量	211
实验 5.11	光敏元件的特性及电机转速测量	217
实验 5.12	光电探测器灵敏度及线性度研究	220
实验 5.13	调制传递函数的测量和成像系统像质评价	224
实验 5.14	空间滤波与 θ 调制	229
实验 5.15	不规则面积的非接触测量	232

第二部分 虚拟仿真实验

实验 6.1	LED 伏安特性测量	238
实验 6.2	光电传感器的时间响应测量	242
实验 6.3	太阳能电池性能测量	249
实验 6.4	FET 特性测量	254
实验 6.5	LED 照明器件光学模拟仿真	259
附 录 静电与洁净室知识		269

绪 论

0.1 光电信息技术实验的目的和意义

我国著名物理学家冯端提出“实验室是现代大学的心脏”，本科专业实验室是本科实践教学的重要支撑，是培养大学生创新能力的重要场所。光电信息技术实验是促进光电科学技术发展的重要手段。一方面，光电技术基本理论有许多来源于科学实验中获得的重要启示，并通过实验得到验证；另一方面，通过科学实验可以揭示光电现象的内在规律，并发现光电技术理论的不足，从而促进光电技术理论的进一步完善和发展。

光电信息技术是一门实践性很强的学科。实验教学是整个教学活动中的一个重要环节，是理论课教学无法替代的，它在培养学生工程素质和实践能力方面有其特有的作用。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、严格的科学实验规划、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，开阔学生视野，培养学生的光电工程设计能力、解决实际问题的能力和创新思维能力。

本实验课程的教学目标和任务，是通过大量的光电技术验证性、设计性基本实验，使学生加深理解光电信息技术的基本理论，形成科学的实验思想，熟练掌握光电信息技术的基本测试原理、基本实验原理、仪器操作技能，以及对实验数据、实验现象和误差进行科学处理与分析，并能撰写出合格的实验报告；培养和提高学生光电信息技术的设计能力，以及解决光电信息技术中的实际问题的能力和创新能力，为今后运用光电信息技术的方法和手段，解决实际中的光电工程问题打好基础。

0.2 光电信息技术实验规程

为确保实验的顺利进行，保障同学们的人身安全，避免损坏实验仪器，要求同学们必须严格地遵守下列实验规则，听从实验老师的指导，有秩序、有步骤地做好实验。

（一）实验前的预习工作

实验前的准备，是保证实验顺利进行并取得满意结果的重要步骤。

（1）认真阅读实验教材和必要的参考资料，掌握实验的基础知识，理解实验的理论依据。实验指导书后面的附录，可能包括实验设备使用说明书、部件说明书、软件使用说明书等，这些是完成实验的重要参考资料，必须认真阅读。

（2）了解所用实验仪器设备的工作原理、工作条件和操作规范。

（3）明确实验目的，了解实验原理、实验内容、实验方法、实验步骤和注意事项，并估计可能出现的问题。

（4）写出预习报告，包括实验名称、实验目的、实验仪器、实验原理、实验步骤和实验数据记录表格等。

(二) 进入实验室的实验工作

学生进入实验室上课,必须携带实验教材、预习报告及记录本等,仔细听取指导教师的讲解后,才可开始实验。实验过程中应做到以下几点:

(1) 必须保持实验室安静、整洁,不许高声谈笑、乱抛纸屑和随地吐痰。

(2) 在实验开始之前,要充分了解所用仪器、设备的性能,以及正确的操作规程和仪器正常的工作条件(水平、铅直、工作电压、光照等),切勿盲目操作。

(3) 在安装实验装置前,先断开电源和光信号源。实验装置安装完毕应认真检查,确定无误后,再请实验指导老师检查。检查完毕后,方可按要求合上电源,按实验步骤进行实验。严禁擅自更改实验系统或实验电路,如果确需变更,应及时请教指导老师,征得同意后后方可实施。否则,可能会损坏实验仪器或配件,甚至造成安全事故。

(4) 实验时,应集中精力,认真按实验指导老师规定的内容与操作步骤进行实验,不得改变实验步骤和内容,不得改变计划进行实验。

(5) 要爱护实验仪器设备。所有与实验仪器相关的线缆,应该在断电情况下进行连接,严禁带电插拔连接线缆。在实验过程中,如遇到突发事故(跳闸断电等)或者出现异常现象时,应立即切断电源,经指导老师查明故障后,方可继续实验。

(6) 实验时,切勿随意触摸裸露导线,以免触电。当一步实验完成或更换元件,应切断电源后再做下一步实验。在使用高压电源时,应注意高压电容的放电需要一定的时间,要待电容放电结束后才能进行下一步实验。

(7) 读取实验数据时,一般要估读到最小分度的 $1/10$ 或 $1/5$ 。并切实记录好实验原始数据,注意实验现象的观测和分析。

(8) 实验结束时,要将实验装置恢复原状,关掉电源(简称关机),并整理清洁仪器设备与台面,经指导老师同意后,方可离开实验室。

0.3 实验报告的撰写

实验报告是实验工作的全面总结,有助于理解和掌握实验原理和理论。实验结束后,要简明扼要地将实验结果完整并真实地表达出来。

(一) 撰写实验报告的要求

(1) 文理通顺、简明扼要、字迹端正、图标清晰、尊重原始数据、分析合理。

(2) 实验报告应采用格式规范化的书写纸,曲线绘制用坐标纸,曲线必须注明坐标、量纲、比例。

(3) 必须填写好实验日期、班级、组别、学号、姓名及同组者姓名。

(二) 实验报告内容

(1) 实验题目和实验目的。

(2) 实验原理:包括实验的理论根据、必要的公式和必要的原理示意图。

(3) 实验装置和器件:包括实验装置布置、测量仪器和测试样品等。

(4) 实验步骤:主要写实验过程中的测试方法、简要的测试步骤和发现的现象,特别要注意新的实验现象。

(5) 实验数据处理:实验数据必须详细、准确,必须有原始数据。数据记录要求列

成表格，计算过程应写出计算公式、简明的计算过程以及计算结果等。除特殊需要外，实验数据一般都不应存在无效数。合理评价计算结果，估算结果的误差范围。

(6) 实验结论和讨论：要说明本次实验是否达到了实验目的。例如，欲测某物理量，测出结果是多少、误差有多大、有多大使用价值等等。

第一部分 验证性实验

第1章 光学实验

实验 1.1 偏振光的产生和检验

一、实验目的

- (1) 熟悉常用偏振器件的工作原理和使用方法；
- (2) 掌握利用波片获得（或检测）圆偏振光与椭圆偏振光的原理和方法。

二、实验原理

光的电磁理论指出，光波是一种横波。如果光矢量的振动方向在传播过程中保持不变，只是其大小随位相改变，这种光称为线偏振光。如果光在传播过程中，光矢量绕传播方向均匀转动，而其大小不变，则光矢量端点的轨迹是一个圆，这种光称为圆偏振光。如果光矢量的大小和方向在传播过程中都有规律地变化，光矢量端点的轨迹是一个椭圆，称为椭圆偏振光。

普通光源发出的光可以看作是具有一切可能振动方向的许多光波的总和，这些振动同时存在或迅速而无规则地互相替代着，这种光称为自然光。

自然光在传播过程中，如果受到外界的作用，造成在各个振动方向上的强度不等，使某一方向的振动比其它方向占优势，这种光称为部分偏振光。部分偏振光可以看作是由一个线偏振光和一个自然光混合而成，其中线偏振光的强度为 $I_p = I_{\max} - I_{\min}$ ，它在部分偏振光的总强度 ($I_t = I_{\max} + I_{\min}$) 中所占的比率 p 称为偏振度，即

$$p = \frac{I_p}{I_t} = \frac{I_{\max} - I_{\min}}{I_{\max} + I_{\min}} \quad (1.1-1)$$

对于自然光，各方向的强度相等，故 $p = 0$ ；对于线偏振光， $p = 1$ ；其它情况下的 p 值都小于 1。偏振度的数值愈接近 1，光的偏振化程度愈高。

从自然光获得线偏振光的方法，归纳起来有以下四种：

- ①利用反射和折射；
- ②利用二向色性；
- ③利用晶体的双折射；
- ④利用散射。

在本实验中，将着重熟悉前三种方法。

利用线偏振器和 $\frac{1}{4}$ 波片，可组成圆偏振器和椭圆偏振器，用以产生圆偏振光和椭圆偏振光。

线偏振光通过与快轴（或慢轴）夹角为 α 的 $\frac{1}{2}$ 波片后，仍为线偏振光，但光矢量的

方向要向快轴（或慢轴）方向旋转 2α 角。

线偏振器用来从自然光获得线偏振光时，称为起偏器；用来检测线偏振光时，称为检偏器。将垂直于被检光束传播方向放置的检偏器旋转一周，若观察到两次消光现象，则被检光束为线偏振光。

将 $\frac{1}{4}$ 波片与检偏器配合使用，可以检测圆偏振光、自然光、椭圆偏振光与部分偏振光。

例如，让被检光束正入射到 $\frac{1}{4}$ 波片上，将检偏器旋转一周，若出现两次消光现象，说明透过 $\frac{1}{4}$ 波片的是线偏振光，则被检测的入射光为圆偏振光。若旋转检偏器一周无光强变化，则被检测的入射光为自然光。

若旋转检偏器一周，虽有光强变化但无消光现象出现，则被检测的入射光或为椭圆偏振光或为部分偏振光。

区分椭圆偏振光和部分偏振光时，首先不加 $\frac{1}{4}$ 波片，将检偏器旋转一周，确定透射光强的最大位置。然后将 $\frac{1}{4}$ 波片插在被检测光波与检偏器之间，调节波片的快轴（或慢轴）与透射光强最大的方向一致，然后再旋转检偏器一周。若出现两次消光，则被检测的光波为椭圆偏振光；若透过检偏器的光强虽有变化但无消光现象，则被检光波为部分偏振光。

按照下述方法，可以检测椭圆偏振光的旋向。先使检偏器的透光轴方向与被测椭圆偏振光的长轴（或短轴）平行，再在被检测椭圆偏振光与检偏器之间加入一 $\frac{1}{4}$ 波片，并使 $\frac{1}{4}$ 波片的快轴（或慢轴）与被检测椭圆偏振光的长轴（或短轴）一致。然后将检偏器向着光强减小并达到消光的方向旋转，该旋转方向即为被检测椭圆偏振光的旋向。

三、实验仪器和装置

人造偏振片、波片、玻璃片堆、白炽灯、钠光灯、汞灯、He-Ne 激光器、光电转换器、分光计、偏光显微镜、光具座等。

四、实验内容及步骤

1. 布鲁斯特定律及应用

由反射和折射产生线偏振光，如图 1.1-1a 所示，一束平行自然光投射到两种不同介质（如空气和玻璃）的分界面上，若入射角 θ_i 满足条件

$$\tan \theta_i = n \quad (1.1-2)$$

则反射光中只有 s 分量，这个结果称为布鲁斯特定律。式 (1.1-2) 称为布鲁斯特公式，式中的入射角 θ_i 表示为 θ_B ，称为布鲁斯特角。

从式 (1.1-2) 可看出，利用布鲁斯特定律，不仅可以获得线偏振光，还可以用来

测定介质的折射率。如图 1.1-1b 所示, 将起偏器套在分光计平行光管的物镜上, 检偏器套在自准直望远镜的物镜上, 检测器采用光电池。偏振器的透光轴方向已事先确定, 指示偏振器透光轴方向的分度盘最小格值为 1° 。

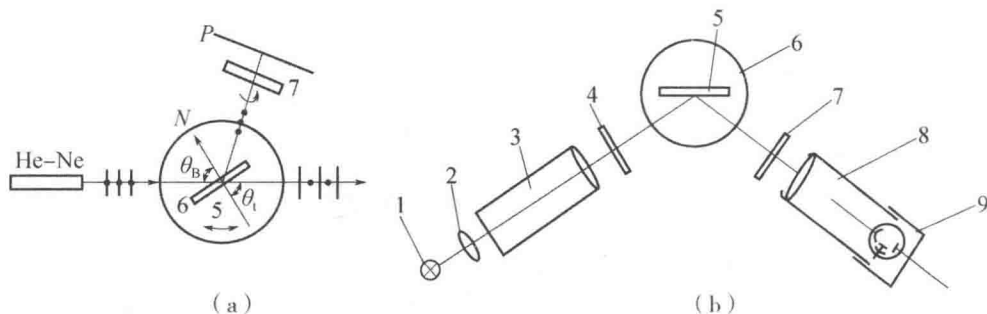


图 1.1-1 应用布鲁斯特定律获得偏振光的实验装置

1—光源; 2—会聚透镜; 3—平行光管; 4—起偏器; 5—待测样品; 6—分光计平台; 7—检偏器; 8—在物镜焦面上装有狭缝的望远镜; 9—光电池

1) 观察起偏现象, 测量介质折射率

将待测介质放在分光计平台上, 使由平行光管射出的光以 θ_i 角入射到待测介质的表面上, 调节起偏器使其透光轴平行于入射面。调节检偏器透光方向也与入射面平行。不改变 θ_i , 同时旋转望远镜, 直到 $\theta_i = \theta_B$, 光电池的输出为零时为止。这表示 R_p 已为零, 满足布鲁斯特定律。由式 (1.1-2) 可计算出被测介质的折射率 n 。

2) 利用反射光光矢量和入射面法线的夹角 ψ_r 与入射角 θ_i 的关系曲线确定 θ_B

从反射率 R_s 、 R_p 随入射角 θ_i 变化的曲线看出: 在布鲁斯特角 θ_B 附近, P 分量的光强很小, 并随入射角缓慢变化, 因此, 利用光强变化直接测量 θ_B 误差很大。正如下面分析指出的那样, 若改用 $\psi_r - \theta_i$ 曲线来确定 θ_B 则可提高测量精度。

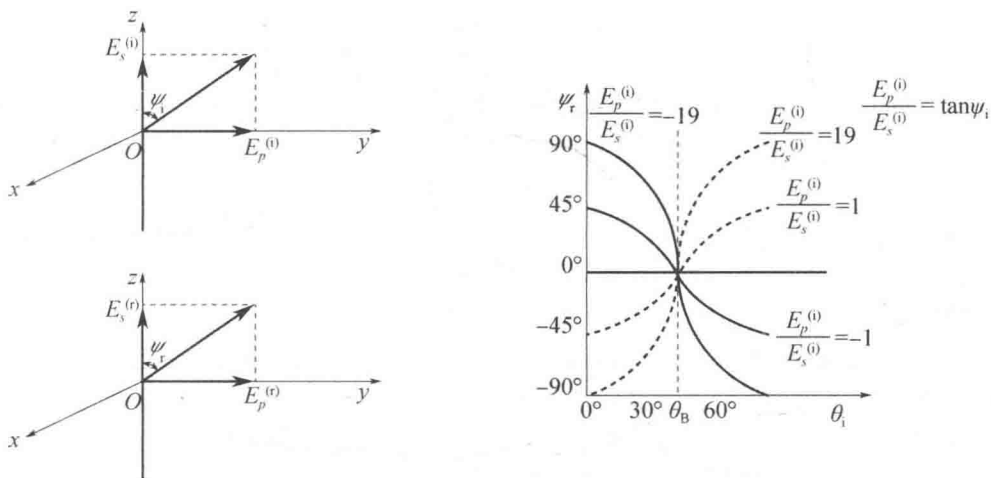
由菲涅耳公式知道, 线偏振光经介质界面反射后仍为线偏振光, 但振动面要发生旋转。设入射、反射线偏振光光矢量方向与入射面法线的夹角分别为 ψ_i 和 ψ_r , 如图 1.1-2a 所示, 则

$$\tan \psi_r = \frac{E_p^{(r)}}{E_s^{(r)}} = \frac{r_p E_p^{(i)}}{r_s E_s^{(i)}} = -\frac{\cos(\theta_i + \theta_t)}{\cos(\theta_i - \theta_t)} \tan \psi_i \quad (1.1-3)$$

图 1.1-2b 画出了以 $\tan \psi_i$ 为参变量, θ_i 为自变量的 $\psi_r - \theta_i$ 曲线。

$\psi_r - \theta_i$ 曲线有以下特点:

- (1) 当 $\theta_i = \theta_B$ 时, $\psi_r = 0$, 因而 $r_p = 0$, 满足布鲁斯特定律。
- (2) 入射角 θ_i 由 θ_B 的一侧变到另一侧时, ψ_i 改变符号, 表明在 θ_B 的两侧, 反射光有 π 位相突变。
- (3) $\frac{E_p^{(i)}}{E_s^{(i)}}$ 越大, 在 θ_B 附近, ψ_r 随 θ_i 的变化也越大。因此, 用 $\frac{E_p^{(i)}}{E_s^{(i)}}$ 较大的入射光波来确定 θ_B , 灵敏度最高。



(a) xy 为入射面, z 为入射角的法线 (b) 以 $\tan\psi_i$ 为参变量的 $\psi_r - \theta_i$ 曲线

图 1.1-2 ψ_r 定义及 $\psi_r - \theta_i$ 曲线

实验时, 旋转起偏器, 使起偏器透光轴与入射面法线方向之间的夹角 ψ_r 在 $80^\circ \sim 87^\circ$ 之间, 记下所取的 ψ_i 值。对不同的入射角 θ_i , 旋转检偏器, 使其透光轴分别平行和垂直于入射面法线方向, 测出相应的 R_s 和 R_p 值, 利用

$$\psi_r = \tan^{-1} \left(\sqrt{\frac{R_p}{R_s}} \tan\psi_i \right) \quad (1.1-4)$$

计算 ψ_r , 作出 $\psi_r \sim \theta_i$ 曲线。该曲线与横坐标轴的交点就是所求的 θ_B 值。将 θ_B 代入式 (1.1-2) 求出 n 值, 并用前一方法求出的 n 值进行比较。

3) 用玻璃片堆获得线偏振光

利用布鲁斯特定律, 当入射角 $\theta_i = \theta_B$ 时, 从两介质的分界面上获得的反射光, 尽管是完全线偏振光, 但光强很小。如图 1.1-3 所示, 让自然光通过由 N 片薄玻璃片组成的玻璃片堆, 当 $\theta_i = \theta_B$ 时, 反射光与透射光都是偏振度很高而强度又接近相等的线偏振光。若不考虑玻璃片堆的吸收及在同一分界面上的多次反射, 则光矢量垂直于入射面分量的透射率约为

$$T_s = (1 - R_s)^{2N} \quad (1.1-5)$$

式中, R_s 是在 $\theta_i = \theta_B$ 时, 垂直分量在一个分界面上反射一次的反射率。

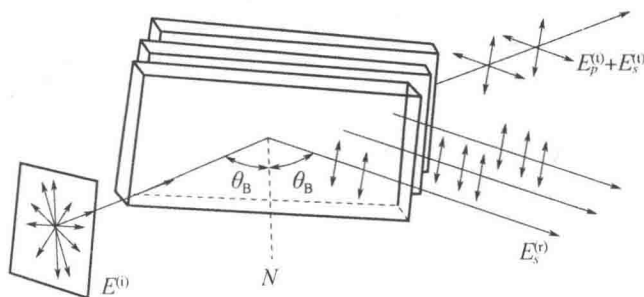


图 1.1-3 玻璃片堆的反射与透射

将 $N=5, 10, 15$ 的玻璃片堆依次放到分光计的载物平台上。取去平行光管物镜前的起偏器,使自然光以 $\theta_i = \theta_B$ 入射到玻璃片堆的表面上,如图 1.1-3 所示,调节望远镜以使透射光束处于正入射状况,旋转检偏器一周,记录所测量的最大光强 $I_{\max}$ 和最小光强 $I_{\min}$,代入式 (1.1-1) 求出透射光的偏振度 p 。透射光强的最小值 $I_{\min}$ 实为透射光的 $I_s^{(1)}$,测出入射光中 s 分量的 $I_s^{(i)}$,得到 $T_s = \frac{I_s^{(1)}}{I_s^{(i)}}$,将实测的 T_s 与由式 (1.1-5) 给出的 T_s 进行比较,讨论并将分析结果写入实验报告。

2. 波片及其作用 (以下实验在光具座上完成)

1) $\frac{1}{2}$ 波片 ($\lambda_0 = 589.3\text{nm}$) 对线偏振光的作用

根据所学知识,自己设计一个实验,验证 $\frac{1}{2}$ 波片对线偏振光的作用,要求写出主要实验仪器及实验步骤,并按步骤完成实验。自己设计实验数据表格,记录实验数据并分析实验结果。

2) 椭圆偏振光的产生与检测

(1) 将起偏器 P_1 、检偏器 P_2 的透光轴调至正交。在 P_1 与 P_2 之间插入 $\frac{1}{4}$ 波片 ($\lambda_0 = 589.3\text{nm}$),使其旋转 360° ,用以校正波片主轴方位,观察消光现象的次数,并解释之。

(2) 依次调节 $\frac{1}{4}$ 波片的快轴方向与 P_1 的透光轴方向之间的夹角 $\alpha = 15^\circ, 30^\circ, 45^\circ, 60^\circ, 75^\circ, 90^\circ$,将 P_2 旋转一周,观察透过 P_2 的光强变化。确定相应的偏振态,理论分析其旋向并用实验证明之。实验结果填入下表并画出椭圆示意图。

$\frac{1}{4}$ 波片转动角度	检偏器转动一周 透射光强变化情况	透射光的偏振态
15°		
30°		
45°		
60°		
75°		
90°		

(3) 给定两个波片,只知道一个是 $\frac{1}{2}$ 波片,另一个是 $\frac{1}{4}$ 波片,外形完全一样,因标记脱落无法辨认,试设计一实验方法将它们区别开,画出示意图并说明工作原理。

五、思考题

(1) 利用布鲁斯特定律测量介质的折射率时,对光源的照明方式有什么要求?为什么?

(2) 何谓波片?如何确定波片的快轴(或慢轴)方向?

实验 1.2 晶体双折射实验

一、实验目的

了解方解石的双折射现象。

二、实验原理

原子（离子或分子）呈空间周期性排列的固体称为晶体。某些天然晶体，如方解石、石英等，呈规则的多面体外形。这种整体上保持空间有序结构的晶体称为单晶体。一般单晶体具有空间各向异性。方解石和石英是两种常用的光学晶体。方解石又名冰洲石，其化学成分是碳酸钙（ CaCO_3 ）。

让一束光由空气射到某些各向异性的晶体表面，一般情况下，在晶体内将产生两束折射光，这种现象称为双折射。

将一块方解石晶体放在一张字母表上，则可以通过它看到每个字母的双像。

同一束入射光在双折射晶体内所产生的两束折射光中，其中一束光遵从折射定律，而另一束光一般情况下并不遵从折射定律，即其折射线一般不在入射面内，并且当两种介质一定时， $\sin i_1 / \sin i_2$ 随入射角的改变而变化。遵从折射定律的光称为寻常光，简称 o 光，不遵从折射定律的光称为非寻常光，简称 e 光。让一束自然光正入射方解石晶体的某一表面，可以发现 o 光沿原入射方向在方解石内传播，而 e 光一般会偏离原入射方向；而且 e 光的传播方向不仅取决于入射光的方向，还与晶体的取向有关。以入射线为轴旋转方解石，则在屏幕上看到 e 光的光线绕 o 光的光线旋转。

利用检偏器来观察，可发现 o 光和 e 光都是线偏振光，但是它们的光矢量的振动方向各不相同。o 光光矢量的振动方向垂直于 o 光主平面，e 光光矢量的振动方向则在 e 光的主平面内。

三、实验仪器

激光器、方解石晶体、放大镜、投影屏、支架、底座、偏振片。

四、实验内容及步骤

(1) 将方解石晶体固定在可转动支架上，打开激光器，让一束激光射向方解石晶体时，在方解石后方的投影屏上出现两个激光斑。

(2) 转动支架，其中一个激光斑会旋转，并且强度会变化。

(3) 利用偏振片检测激光通过方解石后的两束光的偏振状态，确定 o 光和 e 光偏振方向的关系。

五、注意事项

(1) 不能用手触摸方解石晶体。

(2) 要小心，不要打碎方解石晶体。