

# 探究光的衍射实验反向衍射条纹的成因<sup>\*</sup>

吕晓媛 李 贝 马 静 张轶炳

(宁夏大学物理电气信息学院 宁夏 银川 750021)

(收稿日期:2016-05-30)

**摘 要:**在光的衍射实验过程中,平行光束经过衍射光栅后,不但在与入射光同方向的观察屏上看到衍射图样,当在与入射光相反方向放一个观察屏时,也能看到类似的衍射现象.通过实验发现,反方向的衍射图像与光栅基片的反射光干涉有关.从实验和理论两方面对这一现象进行了分析论证.

**关键词:**光的衍射 光的反射 对称 光强

## 1 引言

当光源及接收屏与衍射片(或光栅)之间的距离无限远时,这种实验装置为夫琅禾费衍射.从激光光源发出的入射光经过衍射光栅后,发生光栅衍射效应,若在与入射光同方向的光轴上放一个接收屏,接收屏上能够看到明暗相间的条纹.实验过程中发现,若平行光束倾斜入射到光栅上,即入射光方向与光轴之间有一定夹角时,不但在与入射光方向同向的光屏上有衍射图样,在与入射光相反的方向,即与光源同侧的光屏上也会出现衍射图样.本文将通过多组实验探究光栅背面反向衍射条纹形成的原因,并从理论上分析其规律.

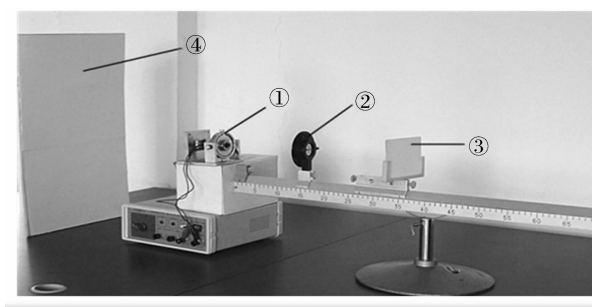
## 2 探究光的衍射实验器材及实验过程

### 2.1 实验器材

本实验应用的是光的干涉、衍射演示器,光源采用氦-氖激光器,激光的波长为  $632.8 \text{ nm}$ .器材包括光具座导轨、支架、激光光源、光具架、衍射片、刀片、小镜片、接收屏.实验装置如图1所示.

由于激光的发散角度很小,可认为是平行光,当狭缝的宽度远远小于衍射屏和狭缝间距时,可以认为屏幕置于无穷远,此时的光路就近似于夫琅禾费

衍射的光路.因此,在接收屏上就会出现夫琅禾费衍射图样.实验装置如图1所示,光屏1接收正向衍射图样,光屏2接收反向衍射图样.



①光源; ②光具架; ③光屏1; ④光屏2

图1 光的衍射实验装置图

### 2.2 实验现象

安装好实验装置,在距离光具架前后两端  $30 \text{ cm}$  处各放一个接收屏.打开激光光源,平行入射,在两个接收屏上都看到衍射图样.为了不让反向衍射图样被光源挡住,我们将光源倾斜一定角度.在光具架上依次放上单缝、双缝及光栅.单缝缝宽  $a = 0.08 \text{ mm}$ ,双缝缝宽为  $0.016 \text{ mm} \leq a \leq 0.02 \text{ mm}$ ,双缝缝间隔为  $b = 0.08 \text{ mm}$ ,光栅常数为  $d = 0.01 \text{ mm}$ ,打开光源,观察到两个光屏上的衍射图样如图2,图3,图4所示.

<sup>\*</sup> 宁夏大学研究生创新项目,项目编号:GIP201602

作者简介:吕晓媛(1991- ),女,在读硕士研究生,主要研究方向为中学物理教育.

指导教师:张轶炳(1964- ),女,硕士,教授,主要研究方向为物理教育.



图2 单缝衍射正、反两个方向接收屏上的图样



图3 双缝干涉正、反两个方向接收屏上的图样



图4 光栅衍射正、反两个方向接收屏上的图样

实验观察发现正反方向两组衍射图样基本相同,单缝衍射中央条纹光强最强,两边分布一些强度较弱的次级最大;双缝及光栅衍射明显看到缺级及被单缝衍射调制的现象.反向接收屏接收到的图像明纹,尤其是中央亮条纹,比正向接收屏接收到的更亮.

### 2.3 实验探究

衍射光栅的种类繁多,大概有百余种,而且其分类准则也各不相同.按照制作方法分类,有刻划光栅、全息光栅、全息-离子束刻蚀衍射光栅、母光栅和复制光栅;按照槽形分类,有正弦光栅、矩形光栅、梯形光栅和锯齿形光栅;按照工作方式分类,有透射光栅和反射光栅.我们实验室用的是透射光栅,光栅看起来就像是在光滑的玻璃基片上形成的明暗相间的等宽等间隔平行条纹,暗纹就是不透光部分,亮纹就是透光部分.

由上面实验可以发现,两组衍射图样基本相同,那么反向接受屏2上的图样也是光的衍射形成,对于出现反向衍射现象的原因有以下两个猜想:(1)反向衍射现象是由于衍射玻璃基片上的反射光形成的;(2)反向衍射现象是由于衍射玻璃基片透光部分的反射光衍射形成的.下面将通过两个探究实验来验证猜想.

#### 2.3.1 探究猜想(1)

**实验1:**在光具架上装入衍射单缝,打开激光光源,经过衍射单缝,使光路与衍射单缝的法线以一定夹角入射,观察两个接收屏上是否有衍射图样.

**实验2:**取两个刀片组成狭缝,安装在光具架上.打开激光光源,经过狭缝,使光路与衍射单缝的

法线以一定夹角入射,将光屏2缓慢前后移动,在衍射片不同距离承接图样,观察两个接收屏上是否有衍射图样.

**实验现象:**实验1中两个光屏均出现衍射图样,实验2中只有正向光屏1上会出现衍射图样,反向光屏2没有承接到衍射图样.

**结论:**反向衍射条纹是光束射向衍射玻璃基片时光路发生平面反射形成,即衍射片的背面反射光形成的<sup>[1]</sup>,而由刀片构成的单狭缝,透光部分即狭缝处不反光,不透光部分即刀片部分发生漫反射,没有形成有规律的平行反射光,所以反向接收屏没有看到衍射图像.

#### 2.3.2 探究猜想(2)

由上面探究实验可知,衍射条纹是由于衍射片背面反射光形成,基于光栅的制作特点,探究衍射现象是衍射片上的哪一部分反射光发生衍射形成的,是光栅的狭缝透光部分形成的,还是缝间的不透光部分形成的,还是二者共同作用产生的.

取一个圆形的小镜片,用小刀在镜片反面镀膜部分刻出两条均匀等宽的透光带,制成一个简易的光栅双缝模型,如图5所示.

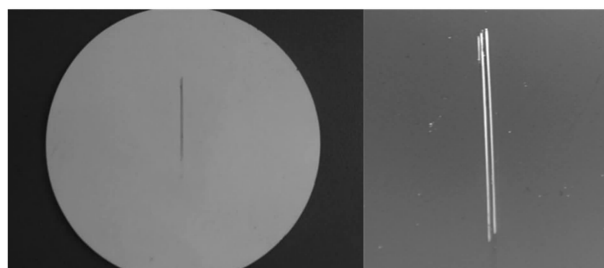


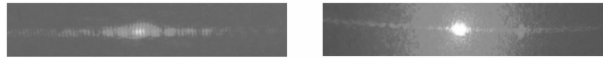
图5 简易光栅模型

**步骤1:**将光栅双缝模型的镀膜面面对光源并安装在光具架上,打开激光光源,使入射光与镜片法线以一定夹角通过双缝,观察两个接收屏上是否有衍射图样.

**步骤2:**将光栅双缝模型的镜面对准光源并安装在光具架上,打开激光光源,使入射光与镜片法线以一定夹角通过双缝,观察两个接收屏上是否有衍射图样.

**实验现象:**观察发现,步骤1中光屏1和光屏2上均出现明显的衍射图样.步骤2中光屏1和光屏2上也均有衍射图样,光屏2上出现的图样中央亮条纹光亮极强,影响对衍射图样中其他极次条纹的观

察,如图6所示.



(a) 镀膜面对光源反向图样 (b) 镜面对光源的反向图样

图6 双缝模型片不同对光源面反方向接收屏上的图样

**结论:**反向衍射条纹是衍射玻璃基片的狭缝透光部分通过反射光的衍射形成.镀膜面朝向光源时,镀膜表面粗糙发生漫反射,对反向干涉条纹没有影响;但当镜面朝向光源时,强烈的光源反射光对反向衍射条纹产生影响,如果激光光源从点光源变为柱光源,在反向光屏上将出现被镜面反射的光源的像,这时不再有衍射图样.

### 2.4 实验结论

由上述实验现象可知,当激光通过由玻璃等透明材料制作的衍射光栅时,会在正反两个方向发生干涉、衍射现象.

## 3 衍射片背面反射光形成衍射图样的原理分析

### 3.1 光栅衍射实验原理

双缝及光栅衍射说的都是被单缝衍射调制的多光束干涉现象,既有主极大,又有很多次极大及缺级现象.

如图7所示,当入射光与光栅表面不垂直时,光栅方程式为

$$d(\sin \theta \pm \sin \theta_0) = j\lambda (j = 0, \pm 1, \pm 2, \dots) \quad (1)$$

式中 $\theta_0$ 为入射光与光轴 $OO'$ 的夹角, $\theta$ 为衍射角, $d = a + b$ ,为光栅常数,其中 $a$ 是光栅缝宽, $b$ 是光栅缝间距.根据惠更斯原理,经过每一狭缝的光波都可以看成是一个次波波源,向各个方向发射光,即对应不同的衍射角 $\theta$ ,由式(1)可知,不同的 $\theta$ 将对应不同的衍射级 $j$ ,因此在光屏上会形成不同级次的明暗相间的衍射条纹.当衍射光和入射光在光栅法线的同

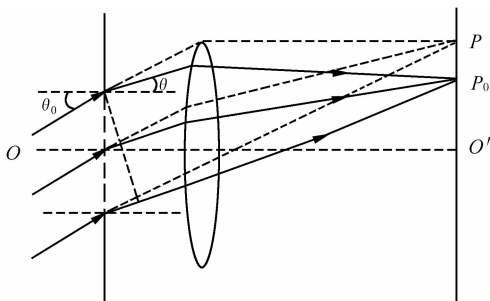


图7 非垂直入射光的衍射光路图

一侧时,式(1)中取加号,否则为减号.当

$$d(\sin \theta - \sin \theta_0) = 0 \quad (2)$$

时,对应零级亮纹,即 $\theta = \theta_0$ 时,对应零级亮纹.当入射光线向上倾斜,零级亮纹在 $O'$ 上方<sup>[2]</sup>.

### 3.2 反向衍射条纹形成原理及特点

入射光经过透明基板制作的光栅时,经过透明狭缝的光一部分发生透射,还有一部分发生反射,入射光的强度等于透射光与反射光强度之和,透射光发生光栅衍射效应,在正向光屏上形成不同级次的衍射条纹;经过每条缝的反射光也会发生类似透射光的衍射效应,在反向光屏上形成不同级次的衍射条纹.这时如同闪耀光栅的形成原理,如图8所示,来自光源不同部分的入射光对应不同的入射角,因此就会在反向接收屏上也看到明暗相间的衍射条纹.这种衍射还叠加了衍射片不透光部分的反射光,因而使得反向条纹有些位置光强很强,产生耀眼的亮斑.

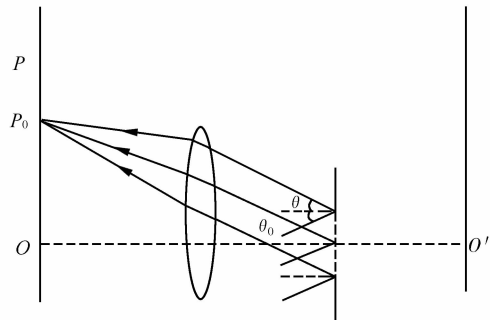


图8 反向衍射光路图

## 4 结束语

光栅衍射实验过程中发现光栅两侧都出现了衍射条纹,而且反向衍射条纹的形状、强弱与正向观察到的衍射条纹极为相似,这与光栅的分波面干涉效应有关系,一列入射光经过光栅以后,不但分为多列满足干涉条件的透射光,形成衍射条纹,也会形成多列满足相干条件的反射光波列,产生多光束干涉,形成干涉条纹.

### 参考文献

- 1 闫亚奇. 关于由衍射片的背面反射光形成的衍射图样的讨论. 物理与工程, 2006, 16(3):95 ~ 96
- 2 姚启钧. 光学教程(第4版). 北京: 高等教育出版社, 2008. 97 ~ 98

# 面向多专业应用型本科大学物理实验的教学改革探索

白 静

(南京工业大学浦江学院 江苏 南京 210000)

(收稿日期:2016-06-05)

**摘 要:**针对应用型本科的办学特点以及大学物理实验教学中存在的重复性、单一性等问题,以南京工业大学浦江学院大学物理实验教学改革为例,对多专业应用型本科大学物理实验的教学改革进行了思考和探究.

**关键词:**多专业 应用型本科 大学物理实验 教学改革

近几年(2014年起)我国教育部改革方向明确指出:全国普通本科高等院校1200所学校中,将有600多所逐步向应用技术型大学转变,转型的大学本科院校正好占高校总数的50%.应用型本科大学的办学特点的关键词是“应用型”,旨在为社会培养和输送大量应用型人才.简言之,是将学生培养为走出校门便能够直接进入社会并为社会服务的技术型人才.因此,我国应用型本科院校的教育对满足经济社会的发展,对高端技术应用型人才的需要以及中国高等教育大众化进程的推进起了积极的促进作用<sup>[1]</sup>.

## 1 大学物理实验课程的重要性及现状

大学物理实验作为一门基础性实验课程,是所有理工科学生进入校园接触的第一门重要的基础实

验课程.旨在培养学生的动手能力和实际操作能力,加强学生对物理理论知识及实验原理的理解,同时也为学生进一步学习其他的专业知识培养较强的思维模式和科学素养.

随着全国高校教育技术的革新和发展,大学物理实验在教学中的漏洞也在逐渐凸显.以南京工业大学浦江学院为例,全校所有工科院系以及部分文科专业在培养方案中都将大学物理实验作为本科一年级学生必修的基础课程.然而经过几年的实验教学发现,我校大学物理实验课程的现状为:实验内容一成不变,没有针对性,大纲制定的实验顺序没有结合学生的专业情况;实验讲义不是结合应用型本科院校学生的学习能力制定;实验室教学管理混乱等等.并且,广泛调研显示,以上提及的不良现状,广泛存在于大多数应用型本科院校中.

## Exploration on the Cause of Reverse Diffraction Fringes in Light Diffraction Experiment

Lv Xiaoyuan Li Bei Ma Jing Zhang Yibing

(School of Physics and Electrical Information, Ningxia University, Ningxia, Yinchuan 750021)

**Abstract:** In the process of light diffraction experiment, when parallel beam through the diffraction gratings, not only could we see the diffraction pattern on the viewing screen which is in the same direction with incident light, but also we could see a similar phenomenon of diffraction when we put a viewing screen in the direction opposite to the incident light. Through the experiment, we found that the opposite direction diffraction pattern has relation to the reflected light interference of the grating substrate. In this paper, we analyze and prove the phenomenon from two aspects of experiment and theory.

**Key words:** light diffraction; light reflection; symmetry; light intensity