

## 大学物理实验报告

实验名称：

声光效应

学院：理学院      专业：应用物理学    班级：应物 1601

学号：20161413      姓名：谢尘竹      电话：18640451671

实验日期： 2019 年 7 月 17 日

第 二十 周 星期 三 第 一 节

实验室房间号：122

实验组号：2

成绩

指导教师

批阅日期

高茜

2019 年 7 月 17 日

1. 实验目的:

- ①.了解声光效应的原理;
- ②.观察超声驻波场中的光衍射现象;
- ③.观察超声驻波场中的像, 测量声波的传播速度;
- ④.测量超声驻波衍射光强、计算衍射效率。

2. 实验器材:

名称	编号	型号	精度
光学导轨			
激光器			650nm/4mW
声光调制器	020A007	GES831519	
光阑			
透镜			
光强分布测量系统	OPT-1A		
观察屏			

3. 实验原理（请用自己的语音简明扼要地叙述，注意原理图需要画出，测试公式需要写明）

当超声波在介质中传播时，将引起介质的弹性应变，该应变随时间和空间作周期性变化，并导致介质的折射率也发生相应变化。当光束通过有超声波的介质后就会产生衍射现象，这就是声光效应。有超声波传播的介质如同一个相位光栅。

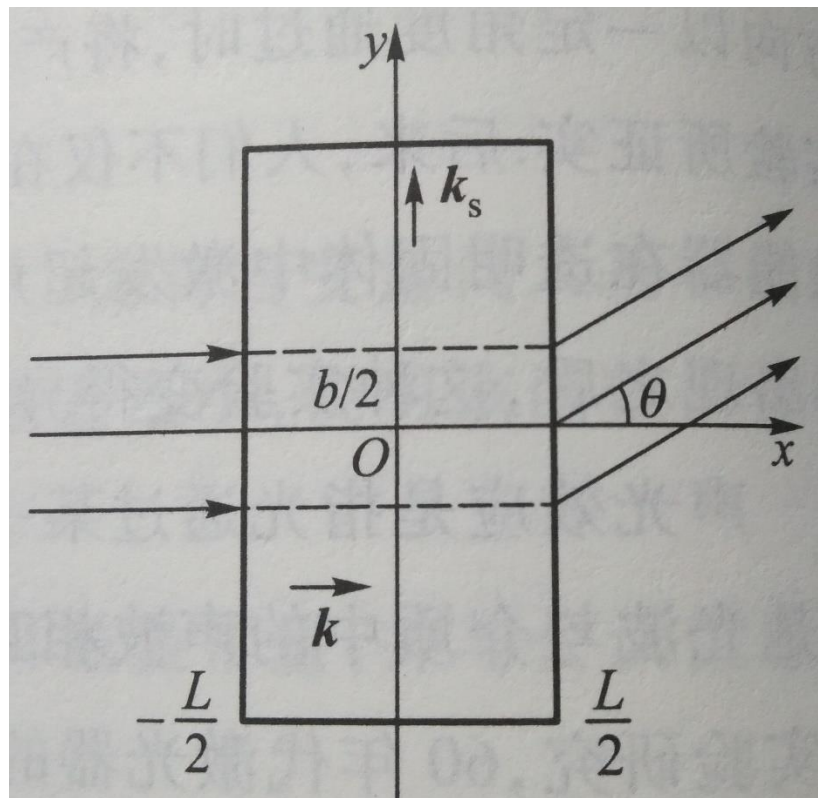


图 18-1 声光衍射

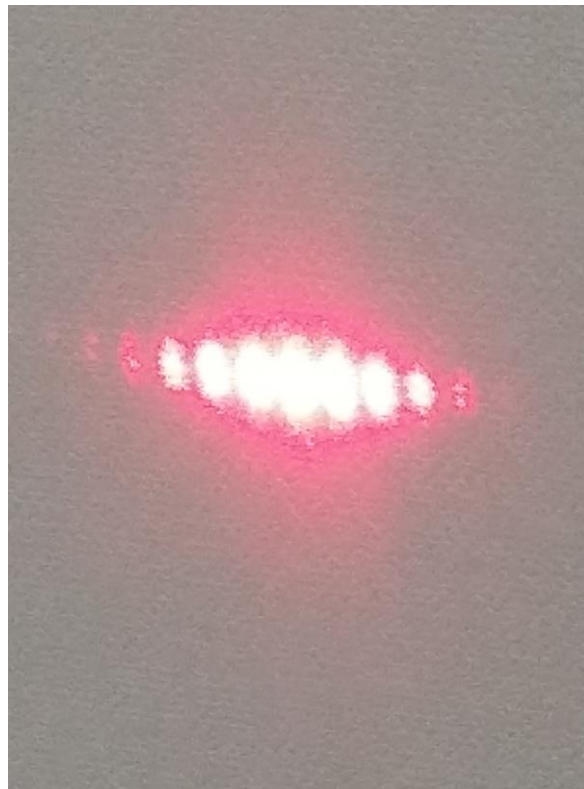
声光效应有正常声光效应和反常声光效应之分。在各向同性介质中，声—光相互作用不导致入射光偏振状态的变

化，产生正常声光效应；在各向异性介质中声—光相互作用可能导致入射光偏振状态的变化，产生反常声光效应。

反常声光效应是制造高性能声光偏转器和可调滤波器的基础。正常声光效应可用拉曼—奈斯的光栅假设作出解释，而反常声光效应不能用光栅假设作出解释。

在非线性光学中,利用参量相互作用理论,可建立起声-光相互作用的统一理论，并且运用动量匹配和失配等概念对正常和反常声光效应都可作出解释。本实验只涉及各向同性介质中的正常声光效应。

第  $m$  级衍射极大的衍射效率 $\eta_m$ ，定义为第  $m$  级衍射光的强度与入射光的强度之比。各衍射光相对于零级条纹成中心对称分布。



#### 4. 实验内容与步骤

在观察和测量之前，先将整个光学系统调至共轴。

##### 1. 观察超声驻波场中的光衍射实验现象

(1). 开启激光电源, 点亮激光器。

(2). 令激光束垂直于声光介质的通光面入射, 观察屏上的亮点, 可观察到 3 个亮点(我们观察到了 7 个), 它们分别由透射光以及声光介质两个通光面反射并进一步经激光器输出镜反射的光线形成, 如图 18-2 所示。当此 3 个光点在观察屏上处于与声传播方向相同的一条直线时, 即可认为入射光已垂直于声传播方向(但如果反射回来的光又进入激光器, 会引起激光器工作不稳定)。

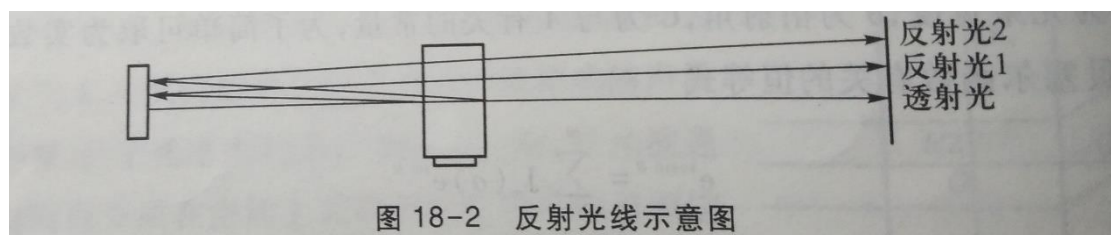


图 18-2 反射光线示意图

(3). 打开电源，开启声光调制器驱动源，观察衍射光斑，同时调节阻抗匹配磁芯，令衍射光最强，观察衍射光斑形状。

(4). 改变声光调制器的方位角，观察不同入射角情况下的衍射光斑。

##### 2. 观察超声驻波场的像，测量声波的传播速度

(1)移开透镜，重复实验步骤 1，令观察屏上的衍射光点最多。

(2)安上透镜，改变透镜与调制器之间的位置，用光阑限定声光调制器前表面入射光斑的尺寸。

(3)当入射光充满通光面时，数出衍射条纹的数目  $N$ ，利用下式计算声光介质中的声速： $v=2df/N$ 。式中  $d$  是光斑直径， $f$  是超声波的频率。本实验中  $d=2.5\text{mm}$ ， $f=10\text{MHz}$ 。

### 3.测量超声驻波的衍射光强和衍射效率

(1).重复实验步骤 1，令观察屏上的衍射光点最多。

(2).移开观察屏，用激光功率计测出入射光强 $I_0$ 。

(3).利用光阑分别让  $0$ ， $\pm 1$ ， $\pm 2$ ， $\pm 3$  级衍射光打到激光功率计的光敏面上，测出各级衍射光的强度 $I_m$ ，衍射效率为 $\eta_m=\frac{I_m}{I_0}$ 。

(4).改变驱动电压，测出对应的衍射效率，作出衍射效率与驱动电压的关系曲线。

## 5. 实验记录（注意：单位、有效数字、列表）

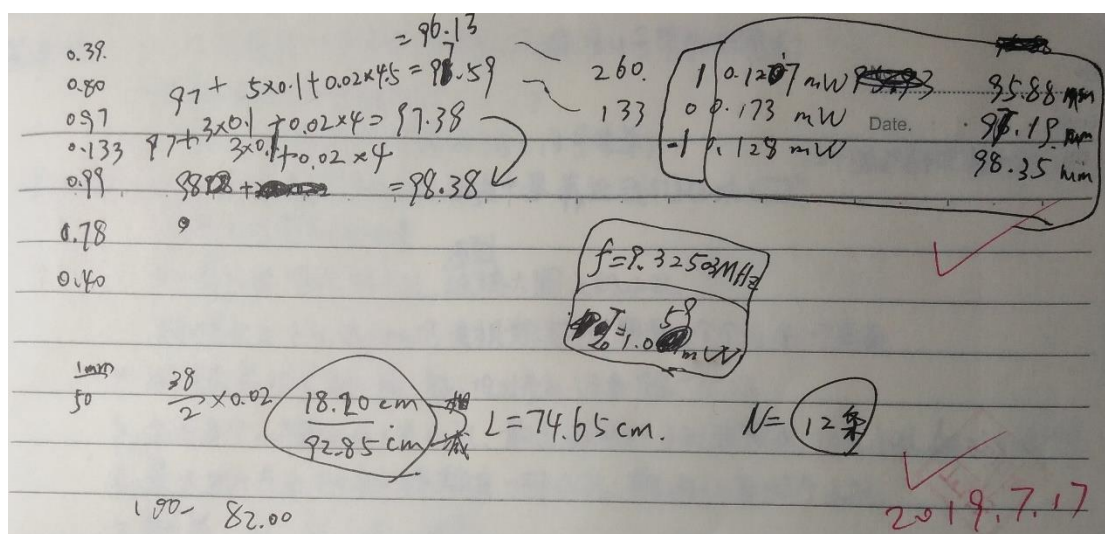
### 一. 经计算后的数据

各级主极大光强度和横向距离数据记录表

$f=9.32503 \text{ MHz}$ ;  $I_0=1.059 \text{ mW}$ ;  $L=74.65 \text{ cm}$ ;  $N=12$  条

衍射级次 $m$	光强度 $I_m/\text{mW}$	横向位置 $x_m/\text{mm}$	横向距离 $\Delta$ $x_m/\text{mm}$	$\sin\theta_m$	$\lambda_{sm}/\mu\text{m}$
-1	0.127	95.88	-1.31	0.001554	418.2974
0	0.173	97.19	0	0	
1	0.128	98.35	1.16	0.001755	370.3704

### 二. 原始数据



## 6. 数据处理及误差分析

### 一.衍射角法测声速

根据  $d \cdot \sin\theta = m \cdot \lambda_{\text{光}}$ ，其中超声波驻波场类似于光栅，其光栅常数  $d = \lambda_{\text{声}}$ ，因此得到  $\lambda_s \cdot \sin\theta = m \cdot \lambda_o$ ，于是  $\lambda_s = \frac{m \cdot \lambda_o}{\sin\theta}$ ；其中  $\lambda_o = 650 \text{ nm}$ ，而  $m$  与  $\sin\theta \approx \theta \approx \tan\theta = \frac{\Delta x_m}{L}$  一一对应，比如：

当  $m=1$  时， $\sin\theta \approx \frac{\Delta x_1}{L} = \frac{1.16}{746.5} = 0.001554$ 。对应的

$$\lambda_s = \frac{1 \times 650 \text{ nm}}{0.001554} = \frac{0.65 \mu\text{m}}{0.001554} = 418.29741 \mu\text{m}。对应的 v_s = \lambda_s f$$

$$= 418.29741 \times 9.32503 = 3900.63590 \text{ m/s};$$

当  $m=-1$  时， $\sin\theta \approx \frac{\Delta x_{-1}}{L} = \frac{-1.31}{746.5} = -0.001755$ 。对应的

$$\lambda_s = \frac{-1 \times 650 \text{ nm}}{-0.001755} = \frac{0.65 \mu\text{m}}{0.001755} = 370.37037 \mu\text{m}。对应的 v_s = \lambda_s f$$

$$= 370.37037 \times 9.32503 = 3453.71481 \text{ m/s}。$$

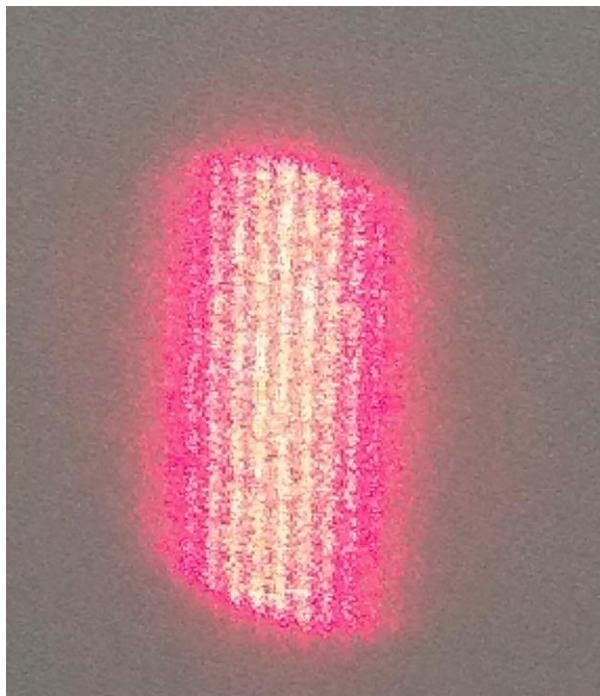
$$v_s = \frac{v_{s,1} + v_{s,-1}}{2} = \frac{3453.71481 + 3900.63590}{2} = 3677.17536 \text{ m/s}。$$

综上，衍射角法测得的声速约为  $3677.17536 \text{ m/s}$ 。



## 二.阴影法求声速

$$\text{根据 } v_s = \frac{2df}{N} = \frac{2 \times 2.5\text{mm} \times 9.32503\text{MHz}}{12} = \frac{2 \times 2500 \times 9.32503}{12} = 3885.42917 \text{ m/s}。$$



## 三.衍射效率计算

$I_0 = 1.059 \text{ mW}$ ，计算得各级次条纹的衍射效率分别为：

衍射级次 m	光强度 $I_m/\text{mW}$	$\eta_m = \frac{I_m}{I_0} \times 100\%$
-1	0.127	12.0%
0	0.173	16.3%
1	0.128	12.1%

## 7. 思考题及实验小结

以下内容为报告保留内容，请勿填写或删除，否则影响实验成绩

上课时间：

上课地点：

任课教师：

报告得分：

教师留言：

操作得分：

教师留言：

预习得分：

预习情况：