



大学物理现代技术实验——微波光学实验

刘元彻 PB21020505 21 级物理学院 1 班

2023 年 4 月 17 日

摘要：本篇实验报告是微波光学实验的数据处理。微波光学实验通过微波光学实验装置，利用光电信号转换方法研究了微波的传播衰减、反射特性、折射特性、偏振特性等。

关键词：微波光学；反射定律；折射定律；偏振。

1 传播特性

1.1 接收器电压大小与距离关系

在本实验中，我们初始条件取发射器到中心距离为 28.50cm，接收器到中心距离 31.50cm.

表 1: 接收器电压大小与距离关系

$\Delta X(\text{cm})$	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
V(V)	1.637	1.371	1.545	1.703	1.340	1.390	1.555	1.289	1.297	1.483	1.332
$\Delta X(\text{cm})$	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
V(V)	1.229	1.365	1.295	1.149	1.208	1.252	1.111	1.120	1.198	1.108	1.050
$\Delta X(\text{cm})$	22	23	24	25	26	27	28	29	30		
V(V)	1.104	1.063	0.997	1.008	1.025	0.960	0.947	0.973	0.939		

根据上表可以绘制出图象：

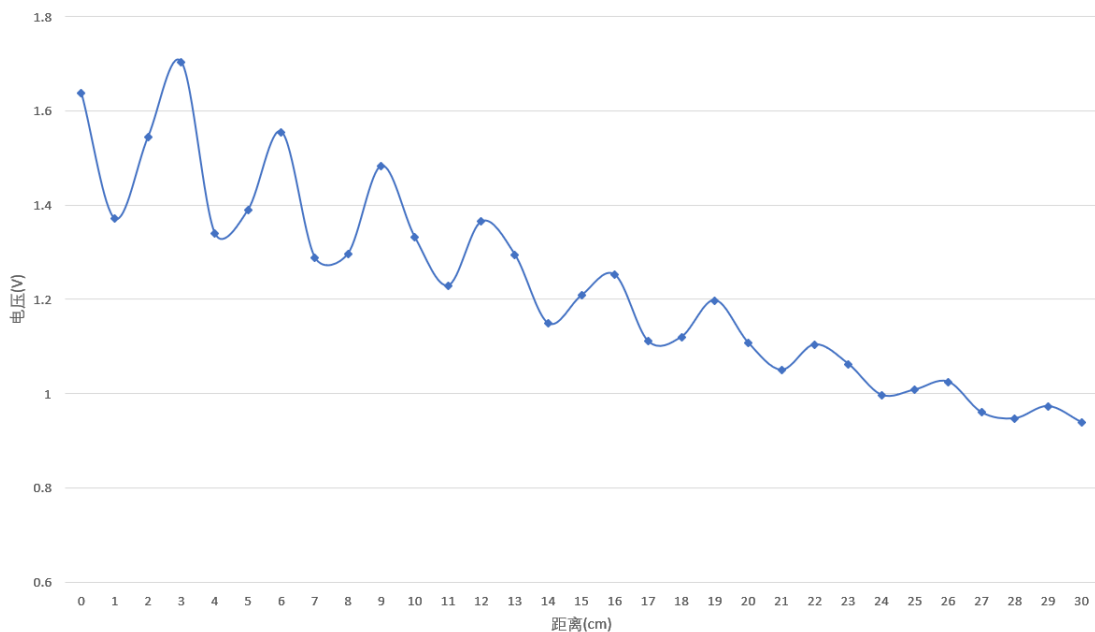


图 1: 接收器电压与距离关系



我们可以看出，电压（光强）呈现一个波动下降的形势。考虑到发射器和接收器间会形成驻波，所以接收器处在驻波的不同位置时，探测到的波动强度不同，这一强度会在波节处达到最小，波腹处达到最大。而微波的传播本身存在衰减，所以随着距离电压（光强）整体会降低。

1.2 接收器电压大小与角度关系

在本实验中，我们初始条件取发射器到中心距离为 28.50cm，接收器到中心距离 41.50cm.

表 2: 接收器电压大小与角度关系

$\theta(^{\circ})$	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
V(V)	1.330	1.289	1.214	1.100	0.930	0.714	0.465	0.224	0.060	0.000

据此，绘制出接收器电压大小与角度关系的示意图：

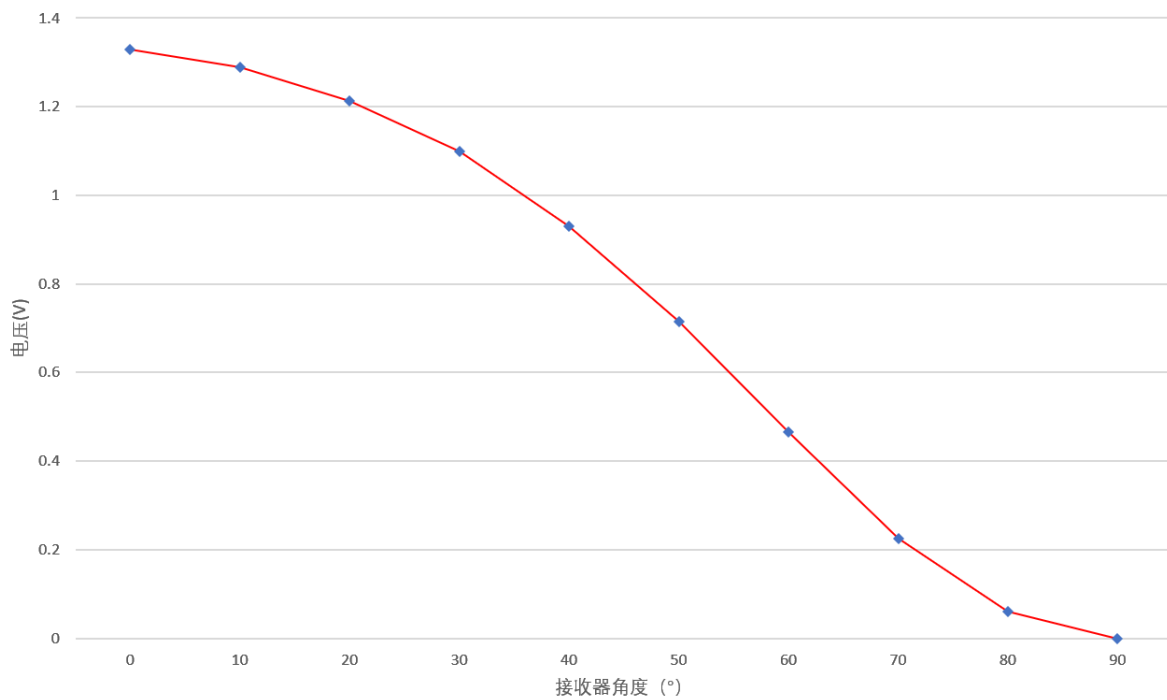


图 2: 接收器电压与角度关系

这个曲线让我们猜测：发射出的微波可能具有线偏振特性，而接收器前有一块儿检偏器，可以按照轴角度滤光。为此，我们作出角度余弦的平方与电压的关系图：

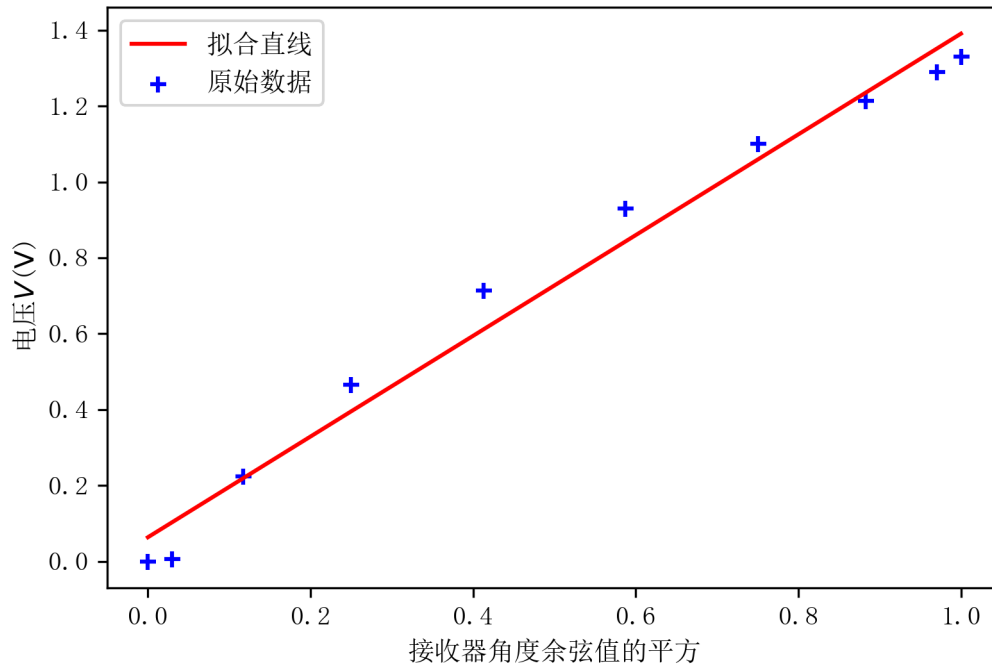


图 3: 接收器电压与角度余弦平方关系

这是一张线性拟合关系图，计算出其相关系数平方 $r^2 = 0.98128$ ，这个数字非常接近 1，可以说明接收器电压与角度余弦平方之间具有线性关系。这正是光学中的马吕斯定律，稍后我们利用微波验证了这条定律对于微波也成立，所以我们的猜想正确。

2 反射定律验证

我们考虑入射角与反射角的关系，测量如下：

表 3: 接收器电流大小与角度关系

入射角 $\theta_i(^{\circ})$	20	30	40	50	60	70
反射角 $\theta_r(^{\circ})$	19.5	28.5	40.2	50.5	59.0	70.0
$\Delta\theta(^{\circ})$	-0.5	-1.5	+0.2	+0.5	-1.0	+0.0

可以看到 $\Delta\theta$ 相对于入射角 θ_i 都是较小的（最大的一个 $\eta = \Delta\theta/\theta_i = 5.0\%$ ）在实验误差范围内可以认为反射定律成立。

3 折射定律验证

本实验中，我们使用顶角为 30° 的直角三棱镜。经过两次折射。测量时角度规定如下：

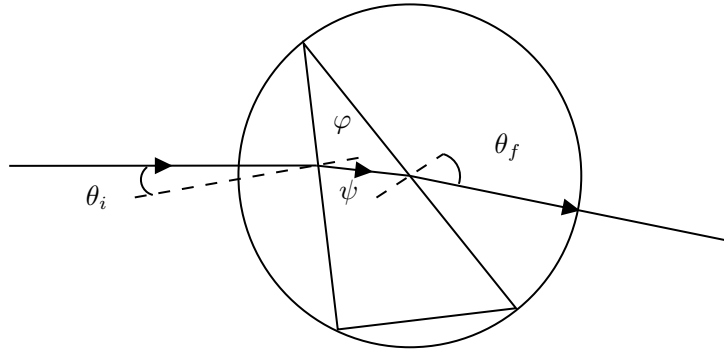


图 4: 角度测量示意图

在这个图中，我们规定入射角 θ_i ，出射角 θ_r 。并设微波在空气中折射率为 1。现在我们进行计算：根据前后两次的折射定律：

$$\begin{aligned} \sin \theta_i &= n \sin \varphi \\ n \sin \psi &= \sin \theta_f \end{aligned}$$

并考虑到几何关系：

$$90^\circ + \varphi + 90^\circ - \psi + 30^\circ = 180^\circ$$

即可得到：

$$\varphi = \arctan\left(\frac{1}{\frac{2 \sin \theta_f}{\sin \theta_i} - \sqrt{3}}\right)$$

然后我们就可以计算出：

$$n = \frac{\sin \theta_i}{\sin \varphi}$$

即为所要求得的介质折射率。

表 4: 入射与出射角关系及折射率计算

入射角 $\theta_i(^{\circ})$	0	10	20
出射角 $\theta_f(^{\circ})$	49.5	62.0	71.5
折射率	1.520	1.475	1.348

可以看到，我们测得的结果是介质的表观折射率会随着入射角度的改变而改变；这是有可能的，因为我们并不知悉三棱镜的内部结构。

4 偏振特性和马吕斯定律

该部分中，我们取发射器和接收器距离中心各 30cm



表 5: 偏振特性实验

接收器转角 °	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
无偏振板的电压 (V)	1.738	1.687	1.583	1.380	1.112	0.797	0.510	0.277	0.069	0.000
栅条与竖直夹 45° 时电压 (V)	0.130	0.182	0.236	0.285	0.325	0.350	0.350	0.324	0.289	0.242
栅条与竖直夹 90° 时电压 (V)	1.248	1.147	0.960	0.756	0.535	0.347	0.208	0.108	0.038	0.000

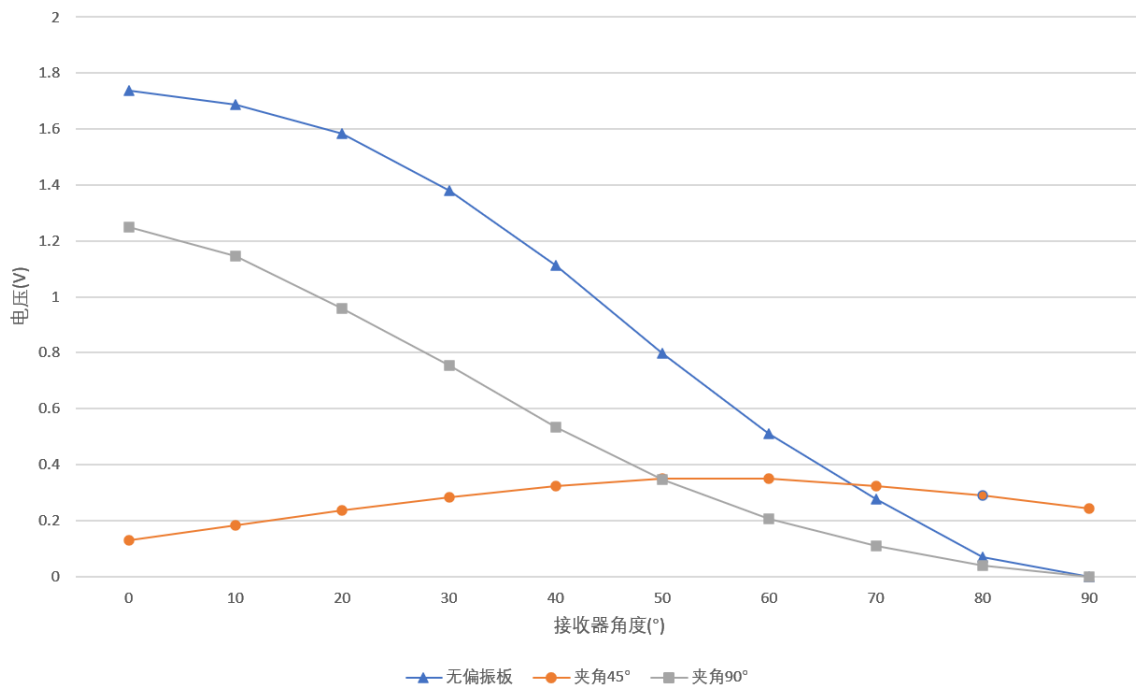


图 5: 偏振下电压与接收器角度关系

事实上，我们在第一部分中已经验证了马吕斯定律关系在微波光学中的存在；无偏振板和偏振板夹 90° 时，图线形状相似。经过验证可以知其同样应满足马吕斯定律（电压和角度余弦值的平方，线性拟合相关系数平方为 $r^2 = 0.99372$ ）。

而夹 45° 时，按照推测，应当在 45° 左右出现一个对称峰，两边各自呈现马吕斯定律的图像趋势；但本实验中峰值有偏移，猜测可能是偏振板或试验台具有一个角度误差。