

武汉大学物理科学与技术学院

物理实验报告

物理学院 物理专业 2024年4月13日

实验名称	光电探测器特性与测量				
姓名	郑凡	年级	大三	学号	20230202016
成绩					

实验报告内容:

- | | |
|-----------|-------------|
| 一、实验目的 | 五、数据表格 |
| 二、主要实验仪器 | 六、数据处理及结果表达 |
| 三、实验原理 | 七、实验结果分析 |
| 四、实验内容与步骤 | 八、习题 |

一、实验目的

1. 加深对光谱响应概念的理解; 2. 掌握光谱响应的测试方法; 3. 熟悉热释电探测器和硅光电二极管的使用。

二、主要实验仪器

准直镜, 调制盘, 热释电探测器, 硅光电二极管, 光纤光源, 示波器, 调制盘驱动器, 单色仪。

三、实验原理

光谱响应度是光电探测器对单色入射辐射的响应能力。电压光谱响应度 $R_v(\lambda)$ 定义为在波长为 λ 的单位入射辐射功率的照射下, 光电探测器输出的信号电压, 用公式表示, 则为:

$$R_v(\lambda) = \frac{V(\lambda)}{P(\lambda)}$$

而光电探测器在波长为 λ 的单位入射辐射功率的作用下, 其所输出的光电流叫做探测器的电流光谱响应度, 用下式表示:

$$R_i(\lambda) = \frac{I(\lambda)}{P(\lambda)}$$

式中, $P(\lambda)$ 为波长为 λ 时的入射光功率; $V(\lambda)$ 为光电探测器在入射光功率 $P(\lambda)$ 作用下的输出信号电压; $I(\lambda)$ 则为输出用电流表示的输出信号电流。

通常, 测量光电探测器的光谱响应多用单色仪对辐射源的辐射功率进行分光来得到不同波长的单色辐射, 然后测量在各种波长的辐射照射下光电探测器输出的电信号 $V(\lambda)$ 。然而由于实际光源的辐射功率是波长的函数, 因此在相对测量中要确定单色辐射功率 $P(\lambda)$ 需要利用参考探测器(基准探测器)。即使用一个光谱响应度为 $R_f(\lambda)$ 的探测器为基准, 用同一波长的单色辐射分别照射待测探测器和基准探测器。由参考探测器的电信号输出 $V_f(\lambda)$ 可得单色辐射功率 $P(\lambda) = V_f(\lambda)/R_f(\lambda)$, 再通过前面第一个式子计算即可得到待测探测器的光谱响应度。

实验中利用单色仪对钨丝灯光进行分光, 得到单色光功率 $P(\lambda)$, 实验装置如图1所示。如图2的曲线, 可以看到热释电探测器响应度和波长无关, 所以可以用它作为参考探测器, 有:

$$P(\lambda) = \frac{V_f(\lambda)}{R_f K_f}$$

这里 K_f 是热释电探测器前放和主放大倍数的乘积, 即总的放大倍数。在本实验中取 100×300 。

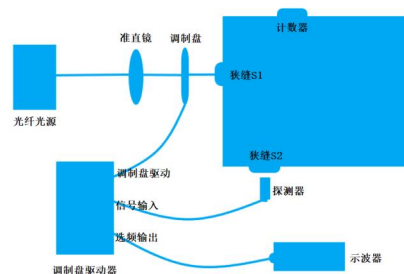


图1: 实验装置图

然后在相同的光功率 $P(\lambda)$ 下, 用硅光电二极管测量相应的单色光, 得到输出电压 $V_b(\lambda)$, 从而得到光电二极管的光谱响应度:

$$R(\lambda) = \frac{V(\lambda)}{P(\lambda)} = \frac{V_b(\lambda)/K_b}{V_f(\lambda)/R_f K_f}$$

这里 K_f 是硅光电二极管测量时总的放大倍数, 本实验中为 150×300 。

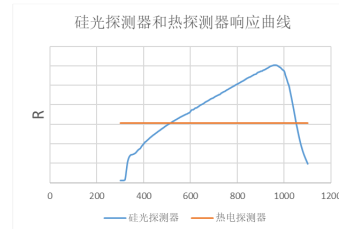


图2: 两种探测器响应曲线

四、实验内容与步骤

- 如图1摆放仪器, 将调制盘接在实验主机的“调制盘驱动”接口, 探测器通过航空插头线接在选频放大器界面“输入”接口, 示波器通过Q9线接在选频放大器界面“选频输出”接口;
- 调节光源方向使其正入射到单色仪的入射口狭缝S1, 根据使用高度调节适当的高度光阑, 先将狭缝S1调节至最大3mm, 然后调节S2狭缝在旋钮1.5左右;
- 调节手轮计数器(缓慢调节), 使显示数值在630nm即06300附近(探测器在这个波段有较高的响应度, 便于后续调节);
- 打开白光光源, 调节光源强度至最大, 调节入缝和出缝的缝宽(调节范围: 0-3mm), 一般入缝和出缝先调整到1mm, 能明显看到红光即可(本实验两个狭缝都调节到2mm比较好);
- 将探测器放置在S2狭缝出口位置, 调整探测器的位置, 使示波器可以测量到25Hz的正弦信号(如果看不到信号, 可尝试调节示波器横坐标幅值, 即频率), 并且信号幅度最高, 可以使用示波器测量功能, 测量信号频率是否为25Hz, 来判断接收是否正确, 只有在这个调制频率附近的值才能记录实验数据。在400-500nm的波段范围内由于探测器响应度比较低, 所以如果信号噪声较大, 可以减小入缝和出缝的缝宽;
- 使用示波器测量功能, 测量信号幅度, 得到电压值, 改变波长(注意缓慢调节), 再次测量, 每间隔50nm测试一组数据;
- 更换探测器, 在上述条件都不变的情况下, 只调整探测器位置, 使响应度达到最高, 按照上面的步骤再进行测量, 记录数据。

五、数据表格

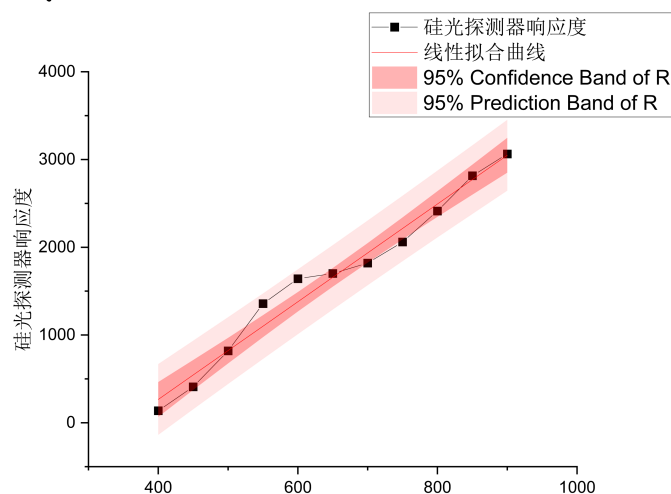
见附表

六、数据处理及结果表达

利用公式 $P(\lambda) = \frac{V_f(\lambda)}{R_f K_f}$, 其中 $K_f = 100 \times 300$, $R_f = 900 \text{ V/W}$. 再代入测得的单色光功率, 利用 $R(\lambda) = \frac{V(\lambda)}{P(\lambda)} = \frac{V_b(\lambda)/K_b}{V_f(\lambda)/R_f K_f}$ 计算硅光探测器响应度如下表:
其中 $K_b = 150 \times 300$

入射光波长 $\lambda(\text{nm})$	热电探测器输出 $U_1(\text{V})$	硅光探测器输出 $U_2(\text{V})$	光谱功率 $P(\mu\text{W})$	硅光探测器响应度 $R(\text{V/W})$
400	0.7	0.16	0.025925926	137.1428571
450	3.4	2.32	0.125925926	409.4117647
500	6.68	9.12	0.247407407	819.1616766
550	11.84	26.8	0.438518519	1358.108108
600	14.84	40.6	0.54962963	1641.509434
650	16.08	45.6	0.595555556	1701.492537
700	16.88	51.2	0.625185185	1819.905213
750	14.56	50	0.539259259	2060.43956
800	9.2	37	0.340740741	2413.043478
850	7.12	33.4	0.263703704	2814.606742
900	3.8	19.4	0.140740741	3063.157895

利用Origin 绘制 $R(\lambda)$ 的图像有:



其中线性拟合得到的 $R^2 = 0.987$, 数据点大致落在 95% 置信带和 95% 预测带上. 证明了硅光探测器响应度曲线在 $400 \sim 900 \text{ nm}$ 大致为线性关系这一事实相吻合.

七. 实验结果分析.

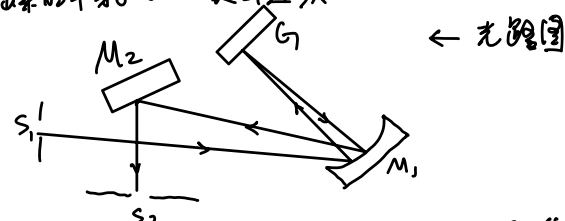
本实验测量了光电探测器的响应度曲线, 并验证了在 $400 \sim 900 \text{ nm}$ 的波长范围内 $R-\lambda$ 大致呈线性关系. 但是在 $400 \sim 600 \text{ nm}$ 由于

响应度不高, 噪声较大, 所以这一段的实验数据采样得到的结果并不好. 除了这几个“坏点”外, 其它实验结果与理论预测符合得很好.

11. 习题

1. 光谱响应度是光探测器对单色入射辐射的响应能力. 定义为 $R(\lambda) \equiv \frac{V(\lambda)}{P(\lambda)}$.

2. 白光照射入狭缝 S_1 上, S_1 处于高抛抛物镜之焦平面上. 光经过 M_1 照射到光栅并衍射回 M_1 . 而反射光经过 M_2 会聚到 S_2 出射狭缝上, 再由光栅衍射, 从 S_2 出来的光便是单色光, 光栅转动时, 出来的单色光波长便会连续变化.



3. 热释电二极管响应度是不变的恒数值, 而硅光电二极管响应度随波长在 $400 \sim 900 \text{ nm}$ 范围内线性增长, 在达到峰值后下降.

教师
评语

指导教师:

年 月 日