

## 光敏器件动态参数的研究

硅光电二极管 SiD 及硫化镉光敏电阻 CdS 是常用的两种光敏器件，在大学物理实验中都可以见到这两种器件的应用，也有对这两种器件特性进行测量的物理实验，但一般只是进行静态参数测量，不涉及对器件的动态参数即时间响应的测量。但在某些应用中需要对迅速变化的光强（比如光电门）进行测量，如何正确选择光敏器件以及正确配置测量电路的参数就变得非常重要了，其中涉及到多种因素，一般要通过实验来确定。因此我们设计了测量光敏器件时间响应的实验，可以作为学生研究性实验的课题。

### 【实验目的】

1. 学习对器件动态参数的测量；
2. 了解不同光电探测器的时间响应；
3. 学习利用 Labview 进行动态测量以及相关的数据处理。

### 【实验原理】

#### 1. 硅光电二极管和硫化镉光敏电阻<sup>[1]</sup>

硅光电二极管 SiD 是结型光敏器件，光电效应发生在结区内。在测量光强时可以工作在两种模式下：一种是光伏模式，其特点是器件两端偏置电压为零，在光照条件下产生电压。在保持偏置电压为零的条件下，输出的光电流与入射光强成正比。另一种是光电导模式，在器件两端施加反向偏置电压，在光照为零时其电阻近似无穷大，在光照条件下其电阻减小，负载  $R_L$  上的电压降与入射光强成正比，即由于  $R_L$  上压降引起的偏置电压的变化并不影响线性，但会影响到结电容。因为其工作在反向偏压条件下，PN 结中的耗尽层增宽，结电容变小，因此有更快的响应时间。

为了能取得更好的性能，在结构上还可采用 PIN 的形式，这里 I 是指未掺杂的本征半导体层，其形成了耗尽层，它有较大的耗尽层宽度，因此结电容较小。反向偏置时有更快的时间响应。

对于 SiD，在测量快变化的光信号时毫无例外地都是采用光电导的工作模式。在这种模式下 SiD 信号的上升及下降时间与电路的时间常数  $RC$  有很大的关系，这里  $R$  是二极管的串联电阻  $R_S$  与负载电阻  $R_L$  之和， $C$  是结电容与杂散电容之和。因为响应时间和具体的器件及电路参数有关，所以响应时间都要通过实验确定。

硫化镉光敏电阻 CdS 是单一材料构成的半导体光敏器件，入射的光子能量用来激发价带上的电子跃到导带上，因此入射光增加了附加的自由电子，从而降低了器件的电阻。它常被用在测量精度要求不高的场合。但因为价格便宜，坚固耐用，灵敏度高。

所以很多地方都可见到它的应用。

当入射光瞬时照到 CdS 上时，其响应有一定的延迟，在设计涉及光强变化的测量时这是一个重要的考虑因素。影响 CdS 的时间响应的因素很多，入射光强度、照射的历史、温度等都会影响响应时间。而且上升时间和下降时间并不相同，甚至差异很大。通常 CdS 的响应时间要比 SiD 大很多，一般在 ms 数量级。与 SiD 另一个明显不同的是响应时间对负载电阻的变化不敏感，利用这一特点，可以接入高阻值的负载电阻从而获得高的探测灵敏度而并不明显降低响应时间。

### 【实验仪器】

1. 光电器件：

SiD 的大小一种是  $3 \times 3 \text{ mm}^2$ ，另一种为  $10 \times 10 \text{ mm}^2$ 。CdS 大小一种是  $\Phi 8 \text{ mm}$ ，另一种是  $\Phi 12 \text{ mm}$ 。

2. 信号源、USB 数据采集卡、光源

3. 其它

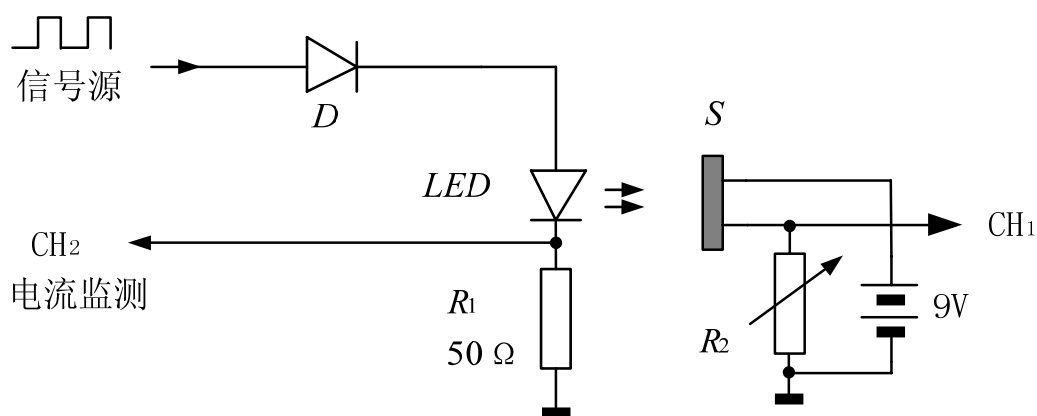
串联电阻  $R_1 = 50 \ \Omega$ ；

负载电阻  $R_2 = 100 \ \Omega$  (2 个)、 $200 \ \Omega$  (2 个)、 $1 \text{ k}\Omega$  (2 个)、 $2 \text{ k}\Omega$  (2 个)

大负载电阻  $R_2 = 10 \text{ k}\Omega$  (2 个)、 $20 \text{ k}\Omega$  (2 个)、 $50 \text{ k}\Omega$  (1 个)

快恢复二极管

### 【实验内容】



图一：实验装置图

实验接线如图 1 所示。整个实验装置由信号发生器、数据采集器和若干元器件插件组成，在通用的 Leybold 插件板上操作，整个实验是开放式的。探测器为市场上购买的，SiD<sup>[2]</sup>和 CdS 各有两种不同型号，主要区别在尺寸上，SiD 的大小一种是  $3 \times 3 \text{ mm}^2$ ，另一种为  $10 \times 10 \text{ mm}^2$ 。CdS 大小一种是  $\Phi 8 \text{ mm}$ ，另一种是  $\Phi 12 \text{ mm}$ 。

光源使用 1 W 的大功率红色 LED, 其时间响应大于 100 kHz, 用信号发生器的功率输出端驱动, 信号发生器的频率和输出电压都可调, 串联电阻  $R_1$  即作为 LED 的电流取样电阻也兼做防止电流过大的限流电阻。为了防止反向电压损坏 LED, 用快恢复二极管 D 阻断反向电压。数据采集器我们采用高速 A/D 卡。光敏器件 S 的负载电阻为  $R_2$ 。器件的偏置电压取 9 V。这是因为 SiD 的反向耐压不是很高。对 SiD 来说, 必须是反向连接即 SiD 负极接电源的正端, 对 CdS 则无此要求。具体测量内容如下:

1. 小面积的 SiD 在不同负载  $R_2$  下(100 $\Omega$ 、200 $\Omega$ )的输出特性(光的开关频率为 1 kHz),
2. 大面积的 SiD 在不同负载  $R_2$  下的输出特性 (光的开关频率为 1 kHz)
3. 小面积的 CdS 在负载  $R_2$  很大变化下的输出特性 (光的开关频率为 20 Hz)
4. 大面积的 CdS 在负载  $R_2$  很大变化下的输出特性 (光的开关频率为 20 Hz)
5. 小面积的 CdS 在弱照射及大负载  $R_2$  时的输出特性 (光的开关频率为 10 Hz)

请注意: 信号源的输出电压与负载电阻的匹配。

#### 【注意事项】

1. 对 SiD 来说, 必须是反向连接即 SiD 负极接电源的正端。
2. 接线时注意地线与示波器共地。
3. 由于数据采集卡采样速度的限制, 光的开关频率不要大于 1 kHz。

#### 【注意事项】

1. 请总结各光电器件在不同条件下的输出特性。
2. 你认为做完该实验有收获吗? 如没有请给出意见和建议。

#### 【参考文献】

- [1] W. Budde. 光辐射实用探测器. 北京: 机械工业出版社, 1988
- [2] OSRAM. Silicon PIN Photodiode datasheet, 2001
- [3] Tek. WSTRO User Manual

#### 【附件】

数据处理说明

1. 在 Lebview 界面保存数据;
2. 打开 Excel→数据→倒入外部数据→文件类型(选择所有文件)→选择需要导入的文件→选择分隔符号→分隔符号选用逗号;
3. 利用 Origin 作图即可。