

实验十五 非线性元件伏安特性的测量

满足欧姆定律 $U = RI$ 的电阻, 若加在其两端的电压 U 与通过电阻的电流 I 成线性关系, 这种电阻叫线性电阻. 但是很多器件的电压与电流不满足线性关系, 这种电阻叫非线性电阻. 非线性元件的阻值用微分电阻表示, 定义为

$$R = \frac{dU}{dI} \quad (1)$$

它表示电压随电流的变化率, 又叫动态电阻或特性电阻. 这个定义是电阻的普遍定义.

非线性电阻伏安特性总是与一定的物理过程相联系, 如发热、发光、能级跃迁等. 江崎玲於奈等人因研究与隧道二极管负电阻有关的隧穿现象而获得 1973 年的诺贝尔物理学奖.

【实验目的】

1. 学习测量非线性元件的伏安特性, 针对所给各种非线性元件的特点, 选择一定的实验方法, 选用配套的实验仪器, 测绘出它们的伏安特性曲线;
2. 学习从实验曲线获取有关信息的方法.

【实验原理】

要测量各非线性元件的伏安特性曲线, 一定要了解各非线性元件的特性, 才能选择正确的实验方法, 合适的监测电路, 得出正确的实验结论. 常用的非线性元件有: 检波二极管、整流二极管、稳压二极管和发光二极管, 这些二极管都具有单向导电作用, 但工作方式方法是不一样的, 整个伏安特性曲线如图 1 所示.

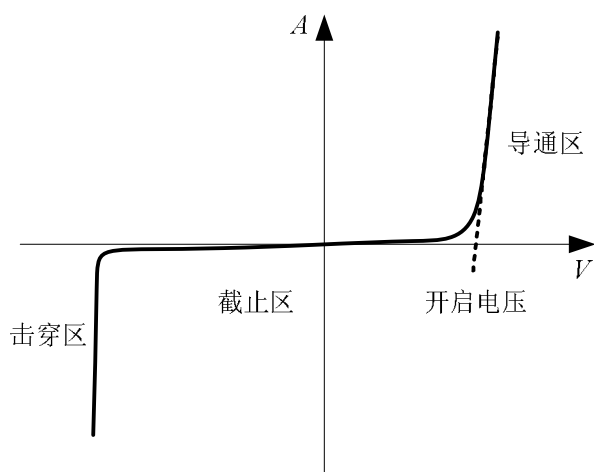


图 1 二极管的伏安特性曲线

1. 检波和整流二极管

检波二极管和整流二极管都工作在 1、4 象限。第 1 象限区又称为正向工作区。当所加的电压较低时，流通的电流很小，继续增加电压时，电流急剧上升。这个转折点对应的电压称为二极管的开启电压，它与所用的半导体材料的禁带宽度有关。在常温下，一般为 0.2~0.7V。第 4 象限区又称为反向工作区，其特点是加一个相当高的电压时，电流会突然增大，导致损坏，这种现象称为击穿。检波二极管和整流二极管工作范围不能超过击穿区。

检波二极管的 PN 结是针形接触，其特点是工作电流小，工作频率范围的宽，但反向耐压低。整流二极管的 PN 结是面形接触，其特点是工作电流大，工作频率低，反向耐压可达上千压。它们的共同特点是要求反向工作时流过的电流越小越好。

2. 稳压二极管

稳压二极管工作在第 4 象限。而且工作在击穿区。其特点是反向工作电压加到一定值时，电流突然增大，在此基础上再加大电压时，电流的变化非常剧烈，这时稳压二极管承受的功率急剧增大，若不加限流措施，PN 结极易烧毁。

3. 发光二极管

发光二极管由半导体发光材料制成，工作在第 1 象限。要发的光的波长与材料的禁带宽度 E 对应。根据量子力学原理 $E = eV = h\nu$ 可知，对于可见光，开启电压 V 约在 2~3V。当加在发光二极管两端的电压小于开启电压时，发光二极管不会发光，也没有电流流过。电压一旦超过开启电压，电流急剧上升，二极管处于导通状态并发光，此时电流与电压呈线性关系，直线与电压坐标的交点可以认为是开启电压。

【实验仪器】

1. 非线性元件：检波二极管，整流二极管和发光二极管（5 种颜色）。
2. 电源与仪表：直流稳压电源（0~20 V）、直流恒流电源（0 ~ 2 mA, 0 ~ 20 mA），数字万用表（2 只）

【实验内容】

1. 检波和整流二极管（选一种二极管）

（1）检波二极管

正向伏安特性：测量电路见图 2，最大正向电流 $I \leq 20 \text{ mA}$ ，二极管两端电压 $V \leq 1.2 \text{ V}$ ，实验点不少于 20 个。

反向伏安特性：测量电路见图 3，反向电压 $V \leq 20 \text{ V}$ ，实验点不少于 10 个。

（2）整流二极管

正向伏安特性：测量电路见图 2，最大正向电流 $I \leq 20 \text{ mA}$ ，二极管两端电压 $V \leq 1 \text{ V}$ ，实验点不少于 20 个。

反向伏安特性：测量电路见图 3，反向电压 $V \leq 20 \text{ V}$ ，实验点不少于 10 个。

2. 稳压二极管

测量稳压二极管的反向伏安特性曲线。测量电路见图 3，稳压二极管的最大反向电流小于 30 mA，工作电压约为 5 V 左右。实验点不得少于 20 个。并解释稳压管的工作原理，给出工作电压。测量是注意电流不能超过 30 mA。

3. 发光二极管

正向伏安特性：测量电路见图 4，此时采用恒流源。根据伏安特性曲线和实验中的观察（红外除外）找到的开启电压，并根据公式

$$eU = h \frac{c}{\lambda} \quad (3)$$

计算 4 个发光二极管发出光的波长。其中 h 为普朗克常数， c 为光速， λ 为光的波长。发光二极管最大正向电流 $I \leq 20 \text{ mA}$ ，二极管两端电压 $V \leq 3 \text{ V}$ ，实验点不少于 15 个。

数据表格自拟。

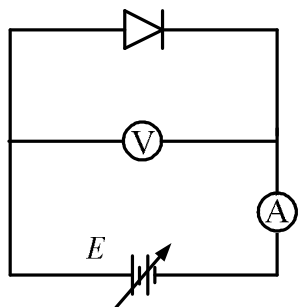


图 2

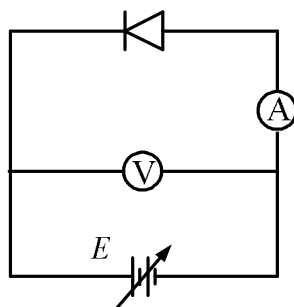


图 3

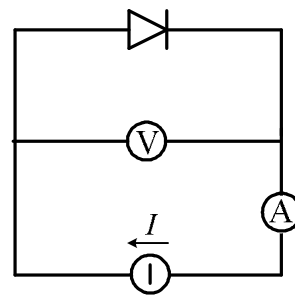


图 4

【注意事项】

1. 实验开始时要检查所配置的器件数目以及是否正常，二极管可用万用表的二极管档检查，正向导通，反向截止。
2. 接线时，开关要处于关的状态。测量时，电压和电流一定从零开始，由小到大增加！实验点应均匀分布在实验曲线上。
3. 整个测量过程中，要保证电流表的量程不变。
4. 实验后对每一元件进行检查。

【思考题】

试总结各非线性元件的伏安特性。