

# 浙江大学实验报告

专业： 电子信息工程

姓名： 邢毅诚

学号： 3190105197

日期： 2020-9-21

地点： 东三-406

课程名称： 电路与电子技术实验    指导老师： 祁才君    成绩：

实验名称： 半导体二极管器件    实验类型： 验证实验    同组学生姓名： 郑冰阳

## 一、 实验目的

- (1) 掌握半导体二极管特性测试
- (2) 学习 MULTISIM 电路仿真软件的使用
- (3) 进一步熟悉电子仪器的使用

## 二、 实验基本内容

### 1. 实验内容

- (1) 用万用表粗略判别二极管好坏
- (2) 采用逐点测量法测量二极管的 VA 特性
- (3) 采用扫描测量法测量二极管的 VA 特性，并双踪观察信号源与二极管两端电压（注意其击穿值）
- (4) 采用扫描测量法测量稳压管的 VA 特性，并双踪观察信号源与二极管两端电压（注意其击穿值）
- (5) 应用 MULTISIM 软件仿真二极管的 VA 特性

### 2. 实验原理

- (1) 用万用表粗略判别二极管好坏

在一定电压内，普通二极管具有正向导通，反向断路的特点。数字万用表电阻档内置有电源，当数字万用表与二极管正接时，二极管处于导通状态，数字万用表会显示二极管位于当前电压下的电阻；当数字万用表与二极管反接时，二极管处于断路状态，数字万用表则会显示超出量程。若数字万用表反接二极管时，数字万用表显示连通且有示数，则此二极管已被击穿；若数字万用表正接二极管时，数字万用表的所有挡位均显示超出量程，则二极管已经断路。

另外，我们还可以通过数字万用表的“二极管”挡位测量二极管导通情况。当数字万用表使用二极管测量挡位与待测元件正向接通时，数字万用表会测量当有 1mA 电流通过二极管时二极管的电压值。通过测量此项数据，我们可以粗略测得二极管的好坏以及大致的导通电压。

## (2) 采用逐点测量法测量二极管的 VA 特性

不同于其他常用的电子元件，二极管的伏安特性曲线较为特殊（如图 1 所示）。采用逐点法测量二极管伏安特性曲线时，按照图 2 进行组装电路。使用此方法测量二极管电阻时，有两种使用方法，一是固定电阻大小，调节输出电压使二极管获得不同分压，二则是固定输出电压大小，调节电位器电阻使得二极管获得不同分压。连接电路并输出电流后，使用两个数字万用表逐点测量二极管的分压与分流即可。

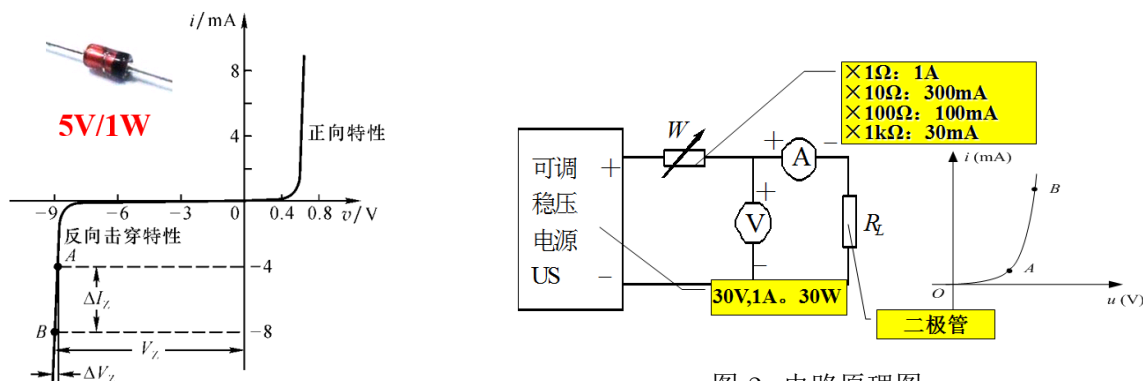


图 1: 二极管伏安特性曲线

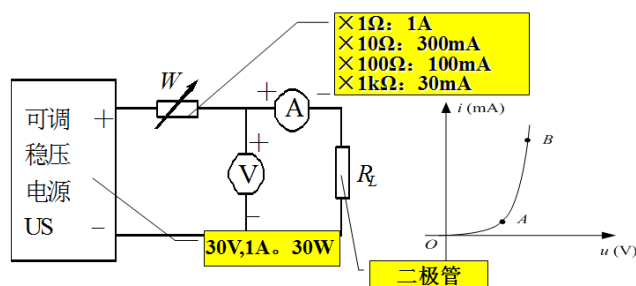


图 2: 电路原理图

同时，为保证二极管不因输出电流过大而被击穿或损坏，我们应设定流过二极管的电流不超过 4mA。同时，为验证二极管的反向伏安特性曲线是否正确，在逐点测量完二极管的正向伏安特性曲线之后，应将电源正负极反接到电路之中。

对于不同测量方法，电位器起到的作用也是不同。对于方法 1，电位计主要起到保护二极管的作用，为此，在选择电阻时，我们应该提前进行粗测量抑或是查阅其二极管伏安特性曲线，以确定其安全电压，进而选择合适的阻值。而对于实验 2，电位器主要起到调节电阻以调节二极管分压的作用。为了防止因电位器电阻最小时导致二极管因电压过大而被击穿，我们应调节直流稳压源的最大输出电压于二极管的安全电压范围内。

## (3) 采用扫描测量法测量二极管的 VA 特性，并双踪观察信号源与二极管两端电压（注意其击穿值）

在测量二极管伏安特性曲线时，也可以采用扫描测量法来进行测量。采用信号源进行交流电的输出，并使示波器的 CH1 和 CH2 频道分别测量二极管的电压和电流。采用扫描测量法时，我们可以按照图 3 来组装电路，CH1 测量二极管的分压/信号源输出电压，CH2 测量通过二极管的电流。在连通路并获波形之后，只需要把采集模式调至 X-Y 挡位，即可获得二极管的伏安特性曲线。

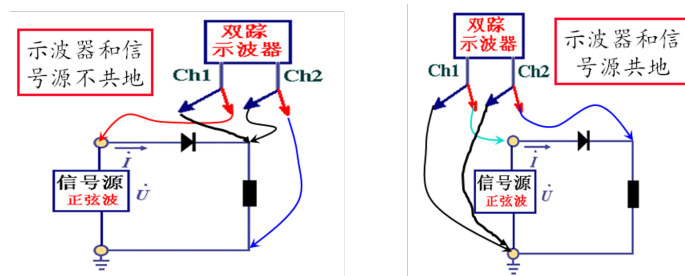


图 3: 扫描测量法测量二极管伏安特性曲线

在使用电路图 1 进行测量时，由于信号发生器与示波器的接地处并不相同，我们应该事先使用数字万用表测量信号发生器负极与“地线”之间的电阻以及示波器负极与“地线”之间的电阻。若测得电阻较大，或者示数超出数字万用表的量程，则我们可以采用此方法进行测量；若测得电阻较小，或者电阻为 0，则示波器与信号发生器的负极电势均为 0，电阻相当于被短接，无法测量流过二极管的电流。

在使用电路图 2 进行测量时，由于 CH1 测量的并不是二极管的电压而是信号源的电压，我们需要进行 CH1-CH2 的操作才可以测得二极管的分压。但同时，示波器的 X-Y 采集模式并不能进行函数加减的操作，因此我们并不能直接获得二极管的伏安特性曲线，需要进行逐点测量亦或是只能获得二极管的近似的伏安特性曲线。

- (4) 采用扫描测量法测量稳压管的 VA 特性，并双踪观察信号源与二极管两端电压（注意其击穿值）
- 采用扫描测量法测量稳压管的 VA 特性曲线与实验（3）中的方法二的电路图完全一致。不同于普通二极管，稳压二极管即使被击穿也不会被损坏，因此我们可以将信号源的峰值调大，观察其被击穿现象。

- (5) 应用 MULTISIM 软件仿真二极管的 VA 特性

MULTISIM 是一个仿真模拟软件，我们可以在 multsim 中模拟各种复杂的电路，并获得相关数据。同时，相比于实体电路，multsim 中模拟的电路还有着一系列的优点，如：在 multsim 中并不需要考虑不同信号源以及示波器的“共地”问题；在 multsim 中模拟电路并不会收到各种其他因素的干扰，因此可以较为准确的观察各电路元件的性质以及特点。

对于本实验，我们在 multsim 中绘制如图 4 所示电路图，并开始模拟即可获得二极管相应的伏安特性曲线。

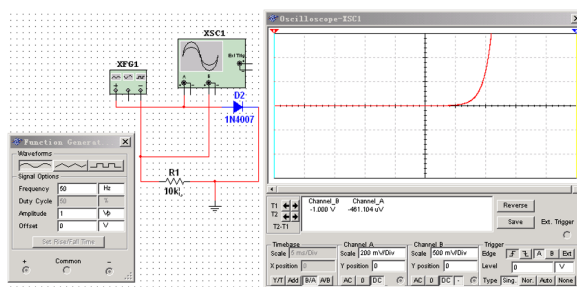


图 4: 使用 multsim 模拟电路图

### 三、 主要仪器设备

- (1) Keysight DSOX1102G 示波器
- (2) RIGOL DG1022U 信号源
- (3) GWINSTEK GPD4303S 稳压源
- (4) 求是 MADCL-1 实验箱
- (5) 优利德 UT890D+ 数字万用表
- (6) 探头线, 导线若干

- (7) 1N4007 二极管, 1N4118 二极管等半导体器件
- (8) 电阻, 电位器若干

#### 四、 操作方法和实验步骤

##### 1. 实验 (1)

- (1) 检查实验仪器是否可以正常使用, 有无缺失, 取出数字万用表并打开数字电子技术实验箱, 分别选择标识为 5.1/1W, 1N4007, 1N4148 的二极管, 以测量其好坏。
- (2) 数字万用表选取 600 $\Omega$  档位, 对标量为 5.1V/1W 的电阻进行测量。测量时先将表笔短接, 再测量电阻 R。测量完毕后, 将表笔反接, 再次测量其电阻。测量完毕后, 将数字万用表档位分别调至 6K, 60K, 6M 以及二极管测量档位, 进行测量。
- (3) 分别选取标识为 1N4007 与 1N4148 的二极管, 重复步骤 2 进行测量。
- (4) 整理实验仪器并记录实验数据。

##### 2. 实验 (2)

- (1) 检查仪器是否可以正常使用, 有无缺失。
- (2) 选取标量为 10K 的电位器, 标识为 1N4007 的二极管, 按照图 2 所示连接电路。连接完毕后, 打开直流稳压源开关。
- (3) 设置直流稳压源的输出最大电流为 4mA。
- (4) 设置直流信号源的输出电压为 1V, 调节电位器的阻值至最大值, 调节测量电流的数字万用表档位至电流档 6mA 档位, 视情况调节测量电压的数字万用表档位至电压档 600mV 和 6V 档位。
- (5) 打开直流稳压源 “output” 按钮, 逐步调节电位器旋钮, 并每隔大致 0.1mV 测量一次二极管的电压与电流, 当电流变化较快时, 视情况缩短其测量间隔, 直至电位器旋钮转至最底部,
- (6) 测量完毕后, 将电位器电阻调节至最大; 调节直流稳压源输出电压为 8V, 调节电位器电阻直至最大电路接近于 4mA。再次进行测量。测量时, 逐步降低直流稳压源的输出电压, 并每隔大致 0.1mV 测量一次二极管的电压与电流, 当电流变化较快时, 视情况缩短其测量间隔, 直至电流接近 4mA 时, 停止读数。
- (7) 整理实验仪器并根据数据绘制二极管的伏安特性曲线。

##### 3. 实验 (3)

- (1) 检查实验仪器是否可用, 有无缺失。检查完毕后, 打开示波器电源。
- (2) 使用数字万用表电阻档位分别测量信号发生器与示波器与地面之间的电阻并进行记录。
- (3) 用探头线将示波器与自身的探头补偿信号连接, 将波形调节稳定。
- (4) 按照图 3 所示分别连接电路, 若在步骤 2 中测量电阻均为 0, 则采用第二个电路图进行测量; 反之, 采用两个方法均可。

- (5) 打开信号发生器电源，选择锯齿波，调节其频率为 1kHz，输出电压为 1V，打开“output”旋钮，以输出信号。
- (6) 调节示波器的采集模式至平均模式，再通过调节电平旋钮、缩放旋钮直至图像稳定。点击 math 函数，对 CH1,CH2 进行“减运算”，并记录其图像。
- (7) 调节示波器的时基模式至 X-Y 模式，调节缩放旋钮直至图像稳定，记录其图像。
- (8) 使用光标，记录 X-Y 模式时开始导通的节点电压。
- (9) 调节信号发生器的频率，电压与波形等参数，并观察示波器在不同采集模式下的情况进行比较，以选择最合适的输出频率，波形以及输出电压峰值。
- (10) 调节示波器的时基模式至正常模式，采用光标对进行“减运算”后的数学函数以及 CH2 进行测量——在同一 x 坐标下，分别记录数学函数以及 CH2 的电压值，在数据处理之后，绘制成图像。
- (11) 整理实验仪器并处理实验数据。

#### 4. 实验（4）

- (1) 检查实验仪器是否可用，有无缺失。检查完毕后，打开示波器电源。
- (2) 使用数字万用表电阻档位分别测量信号发生器与示波器与地面之间的电阻并进行记录。
- (3) 用探头线将示波器与自身的探头补偿信号连接，将波形调节稳定。
- (4) 按照图 3 所示分别连接电路，若在步骤 2 中测量电阻均为 0，则采用第二个电路图进行测量；反之，采用两个方法均可。
- (5) 打开信号发生器电源，选择锯齿波，调节其频率为 1kHz，输出电压为 1V，打开“output”旋钮，以输出信号。
- (6) 调节示波器的采集模式至平均模式，再通过调节电平旋钮、缩放旋钮直至图像稳定。点击 math 函数，对 CH1,CH2 进行“减运算”，并记录其图像。
- (7) 调节示波器的时基模式至 X-Y 模式，调节缩放旋钮直至图像稳定，记录其图像。
- (8) 使用光标，记录 X-Y 模式时开始击穿的节点电压。
- (9) 调节信号发生器的频率，电压与波形等参数，并观察示波器在不同采集模式下的情况进行比较，以选择最合适的输出频率，波形以及输出电压峰值。
- (10) 整理实验仪器并处理实验数据。

### 五、 实验数据记录和处理

#### 1. 实验（1）

- (1) 使用数字万用表，分别使用正接，反接的方法，测量标识为 5.1V/1W 的正接电阻  $R_{01}$ ，反接电阻  $R_{02}$  以及二极管档位的数据，得出如下数据：

测量档位	正接	反接
600( $\Omega$ )	0L	0L
6K( $\Omega$ )	0L	0L
60K( $\Omega$ )	20.53k( $\Omega$ )	0L
6M( $\Omega$ )	0.946M( $\Omega$ )	0L
二极管档位	0.713V	0L

表 1: 5.1V/1W 二极管

- (2) 使用数字万用表，分别使用正接，反接的方法，测量标识为 1N4007 的正接电阻  $R_{01}$ ，反接电阻  $R_{02}$  以及二极管档位的数据，得出如下数据：

测量档位	正接	反接
600( $\Omega$ )	0L	0L
6K( $\Omega$ )	4.121k( $\Omega$ )	0L
60K( $\Omega$ )	10.14k( $\Omega$ )	0L
6M( $\Omega$ )	0.376M( $\Omega$ )	0L
二极管档位	0.577V	0L

表 2: 1N4007 二极管

- (3) 使用数字万用表，分别使用正接，反接的方法，测量标识为 1N4148 的正接电阻  $R_{01}$ ，反接电阻  $R_{02}$  以及二极管档位的数据，得出如下数据：

测量档位	正接	反接
600( $\Omega$ )	0L	0L
6K( $\Omega$ )	4.166K( $\Omega$ )	0L
60K( $\Omega$ )	10.30K( $\Omega$ )	0L
6M( $\Omega$ )	0.389M( $\Omega$ )	0L
二极管档位	0.576V	0L

表 3: 1N4148 二极管

## 2. 实验 (2)

- (1) 连接电路后，将电位器电阻调至最大值，设定最大输出电流为 4mA，输出电压为 1V. 逐步调节电位器旋钮，电压每隔约 0.1V 记录一次数据（由于测量数据较小，并不能做到每一次均准确的调节电压 0.1V），当电流变化较大时，视情况减小测量间隔。电流接近 4mA 时，停止读数。

电压 (V)	0.103	0.202	0.293	0.410	0.495	0.554	0.608
电流 (mA)	0	0	0	0.018	0.104	0.262	0.497
电压 (V)	0.666	0.712	0.757	0.813	0.852	0.872	0.969
电流 (mA)	0.819	1.123	1.439	1.876	2.177	2.312	3.174

表 4: 逐点测量 1N4007 二极管伏安特性曲线——电压固定

根据数据，使用 matlab，绘制得如下图像：

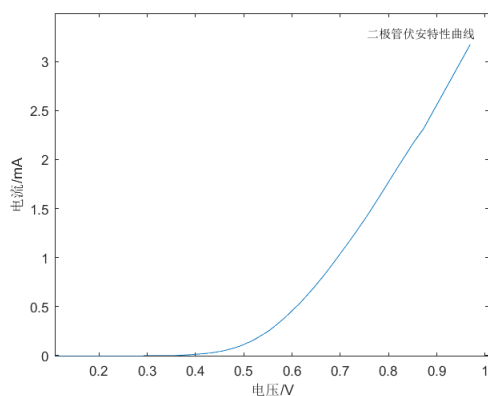


图 5: 逐点测量 1N4007 二极管伏安特性曲线——电压固定

- (2) 将电位器阻值调到最大并调节直流稳压源的电压至 8V；调节电阻使得出现 4mA 左右的正向电流。逐步增大稳压电流源输出的电压。电压每隔约 0.1V 记录一次数据（由于测量数据较小，并不能做到每一次均准确的调节电压 0.1V），当电流变化较大时，视情况减小测量间隔。当电流接近 4mA 时，停止读数。

电压 (V)	0.100	0.200	0.300	0.392	0.505	0.546	0.609
电流 (mA)	0	0	0	0.010	0.124	0.235	0.504
电压 (V)	0.662	0.702	0.743	0.805	0.838	0.856	0.879
电流 (mA)	0.797	1.059	1.342	1.814	2.074	2.218	2.408

表 5: 逐点测量 1N4007 二极管伏安特性曲线——电阻固定

根据数据，使用 matlab，绘制的如下图像：

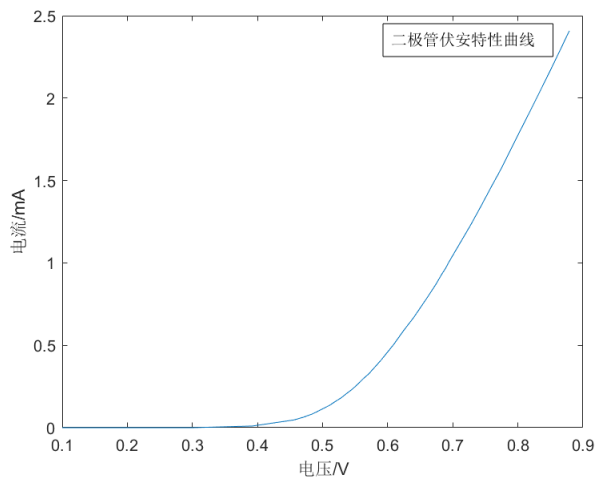


图 6: 逐点测量 1N4007 二极管伏安特性曲线——电阻固定

### 3. 实验（3）

- (1) 使用数字万用表电阻档测量信号发生器以及示波器的正极与地面之间的电阻，测得数据如下表所示：

测量仪器	信号发生器	示波器
测量电阻 ( $\Omega$ )	0	0

- (2) 采取图 3 中的第二张电路图连接电路 (选择电阻为  $1k\Omega$ )，连接完毕后，调节信号发生器输出波形为锯齿波，频率为  $1kHz$ ，峰峰值为  $1V$ ，调节示波器直至图像稳定，使用“math”按钮进行减法运算。获得如下图像：

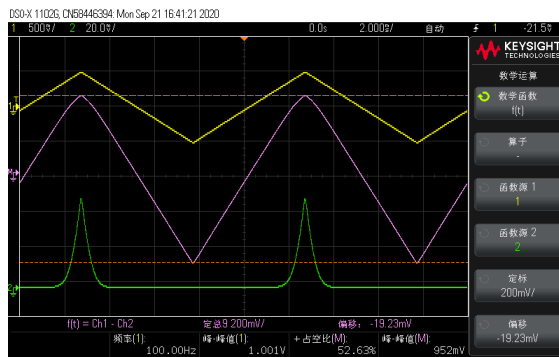


图 7: 扫描法测量二极管伏安特性曲线——光标测量

使用光标进行逐点测量，并记录数据：



CH1(mv)	-400	-293	-218.75	-43.75	87.50
CH2( $\mu V$ )	75	100	100	125	150
CH1(mv)	162.50	190.77	200.00	210.77	231.25
CH2( $\mu V$ )	150	225	325	350	425
CH1(mv)	240.77	250.00	256.25	275.00	290.77
CH2( $\mu V$ )	500	575	725	1100	1275
CH1(mv)	306.25	310.77	331.25	323.27	373.77
CH2( $\mu V$ )	1750	2125	2675	5650	10950

表 6: 扫描法测量二极管伏安特性曲线——光标测量

通过 CH2 测量的数据进行响应变换后，可以得到通过二极管的电流，并使用 matlab 绘制图像得：

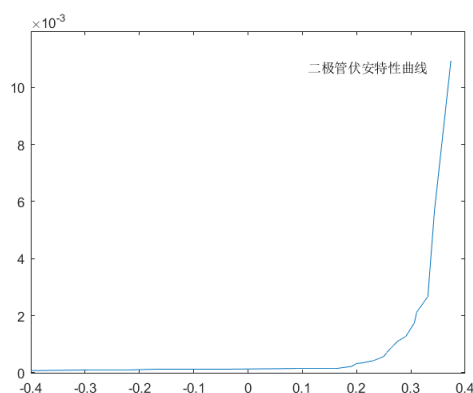


图 8: 扫描法测量二极管伏安特性曲线——光标测量

(3) 调节示波的时基模式至 X-Y 模式，获得二极管的近似伏安特性曲线，如下图：

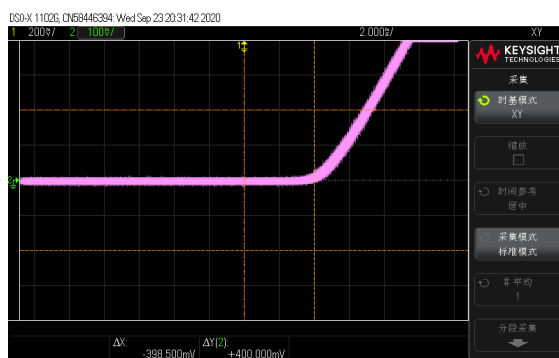


图 9: 扫描法测量二极管伏安特性曲线

(4) 读出电流开始出现较大变化时的电压，得导通电压  $U_{th} = 0.531V$

#### 4. 实验（4）

- (1) 采取图 3 中的第二张电路图连接电路 (选择电阻为  $1k\Omega$ )，连接完毕后，调节信号发生器输出波形为锯齿波，频率为  $1kHz$ ，调节示波器直至图像稳定后，逐步调节其电压，直至稳压二极管出现被击穿等现象，获得如下图像：

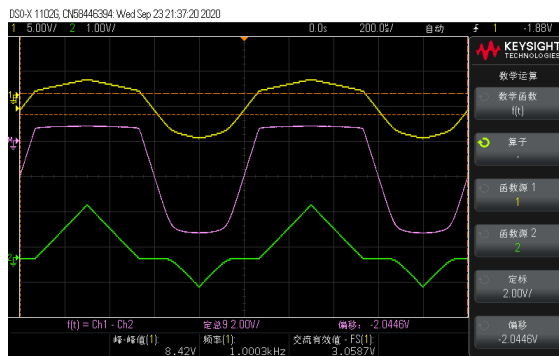


图 10: 扫描法测量稳压二极管波形

- (2) 调节示波的时基模式至 X-Y 模式，获得二极管的近似伏安特性曲线，如下图：

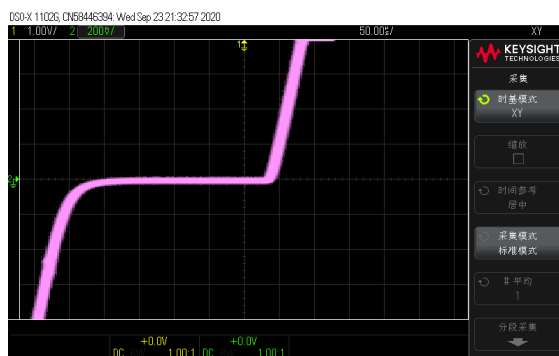


图 11: 扫描法测量稳压二极管伏安特性曲线

- (3) 测量稳压二极管的被击穿电压，导通电压等一系列的特征电压，并进行分析。

## 六、 数据处理与分析

### 1. 实验（1）

- (1) 采用数字万用表电阻档进行正接测量时，对于不同的二极管，数字万用表均有存在示数的档位，说明三个二极管均是完好的。
- (2) 数字万用表使用较小量程的电阻档测量时，大部分情况均为超出量程，这并不能说明二极管已经损坏，也有可能是二极管电阻较大，超出当前档位的量程。
- (3) 采用数字万用表的二极管档位进行测量时，在正接的情况下，若二极管并没有被损坏，则会显示二极管在通过  $1mA$  电流时的分压，此电压与二极管的导通电压大致相同，可以使用此数据来检测测量的其他数据是否准确。

## 2. 实验（2）

通过将固定电阻，改变电压进行测量得到的数据及伏安特性曲线与固定电压，改变电阻进行测量得到的数据及伏安特性曲线进行比较，发现二者的数据以及伏安特性曲线几乎相同，因此我们可以确定我们实验的结果正确。

## 3. 实验（3）

- (1) 在使用扫描法测量二极管伏安特性曲线时，由于不能将进行“减运算”的函数，切换为 X-Y 模式的测量，因此横轴对应的是信号发生器的输出电压而不是二极管的分压，但由于二极管分压较大，因此可以近似认为扫描测量法测得的图像为二极管的伏安特性曲线。
- (2) 使用示波器的内置光标，对函数以及 CH2 进行逐点测量，并一一对应，绘制曲线，发现绘制的二极管的伏安特性曲线与 X—Y 法测得的曲线大致相同，因此可以认定使用扫描测量法测得的图像为二极管的伏安特性曲线。

## 4. 实验（4）

- (1) 在图 11 中，蓝色的曲线为二极管的电压波形，而下方的曲线为二极管的电流波形。通过观察，我们可以发现，随着通过稳压二极管的电流渐渐增大，稳压二极管的电压渐渐趋近于某个数值并保持稳定，因此我们可以合理推断，当通过二极管的电流大于某个数值时，二极管的电压保持一个恒定的数值。
- (2) 同时，当稳压二极管分压为负且数值较大时，不同于普通二极管，稳压二极管会有着电流通过。因此在此时稳压二极管已经被击穿，但同时二极管并没有损坏，因此我们判定稳压二极管是可以被击穿的，且在被击穿后电压会稳定在一个特定的数值。
- (3) 观察稳压二极管在 X-Y 的伏安特性曲线，并不断调整信号发生器的输出电压峰峰值，我们可以确定稳压二极管的被击穿电压，当信号发生器的峰峰值为 9V 时，稳压二极管的伏安特性曲线如下图所示：

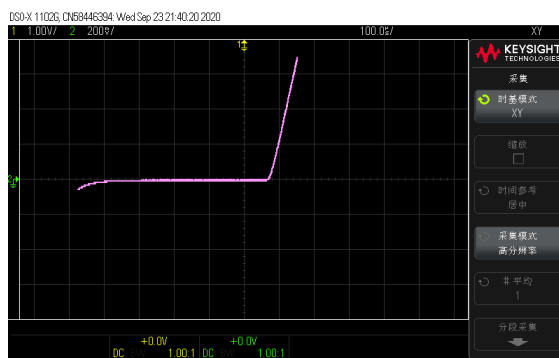


图 12: 稳压二极管开始被击穿

即当电压约为-4.5V 时，稳压二极管便开始被击穿。

## 七、 课堂问题

### 1. 实验 (2)

- (1) 直流电压源值如何定？（注意设定限流值）限流电阻  $W$  的值如何定？

为防止二极管被击穿，设置直流稳压源的限流值为  $4\text{mA}$ ，在进行第一个实验时，将电位器  $W$  电阻转到最小，调节直流稳压源电压使其最大电流接近于  $4\text{mA}$ ，此值便为此次测量设置的电压值。

对于第二个实验，将电位器电阻调至最大，调节信号源的输出电压为  $8\text{V}$ 。调节电位器电阻直至最大电流接近于  $4\text{mA}$ ，之后逐步减小电压进行测量。

- (2) 如何确定各测量点？OA 段、AB 段测量点分配？

OA 段由于二极管尚未被导通，因此电流随电压的变化较小，因此在选取点时，可以较为分散，而由于 AB 段，电流随电压变化较大，因此在选取点时，应较为密集。

在实验时，我们采取 OA 段每  $0.1\text{V}$  取一次数据，AB 段每  $0.05\text{V}$  (间隔也有可能更短) 取一次数据。

### 2. 实验 (3)

- (1) 如何确定合适的电阻  $R$  值？

假设我们选取的信号源输出的峰值为  $U_{max}$ ，二极管的限制电流为  $I_{max}$  ( $4\text{mA}$ )，则取  $R = U_{max}/I_{max}$

- (2) 如何选择信号源扫描电压的波形、幅度和频率？

在实验 (2) 中，通过不断调节相关参数，可以观察各项参数对于图像的影响。

电压对于图像的影响不大，但由于我们选取的电压较大时，可以比较明显的观察二极管的伏安特性曲线以及导通现象，因此设置电压时应尽可能大一些。同时，也要注意不能超过二极管的击穿电压。

频率主要会影响示波器上横轴的显示，频率越小，使用光标测量图像数据越方便；而对于观测 X—Y 特性曲线时，频率应在  $10\text{Hz}$  至  $10\text{KHz}$  之间，当频率过小时，示波器上面并不能呈现完整的曲线 (图 13)；而当频率过大时，示波器上图像稳定性极差，甚至图像会出现不规则的形状 (图 14)。



图 13: 频率过低



图 14: 频率过高

波形我们选取三角波进行测量，原因在于三角波的电压值随时间的变化是线性的，因此每个点都相对稳定，而其他波形则会收到较大的干扰 (如图 15，图 16 所示)。

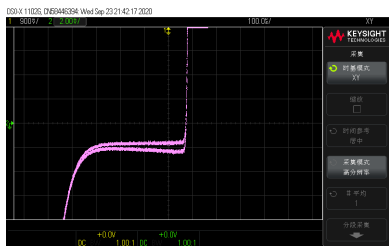


图 15: 正弦波

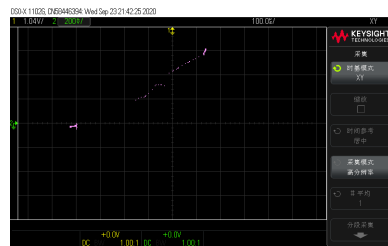


图 16: 方波

- (3) 利用示波器的 XY 观察 VA 特性, CH1 和 CH2 如何接入?  
CH1 测量二极管分压 (总电压), CH2 测量电流 (电阻分压)。
- (4) 用示波器双踪观察信号源电压信号与二极管上电压信号的相互关系, 并说明原因  
信号源上电压与二极管电压信号几乎相同 (测量的为同一变量)。

## 八、思考题

- (1) 二极管特性与稳压二极管特性有什么区别？二极管的正向导通电压在 0.5V 左右，而稳压二极管的正向导通电压在 0.7V 左右；二极管的反向导通电压较大（150 V 以上），而稳压二极管的反向导通电压仅仅在 10V 左右。同时，稳压二极管在被击穿后，仍能正常运行，而二极管被击穿后很有可能会直接报废。同时，稳压二极管在通过其的电流达到一定数值时，其电压几乎不变。
- (2) 二极管的主要参数有哪些？正向压降  $V_F$ ，正向整流电流  $I_F$ ，最大反向耐压  $U_{RM}$ ，反向电流  $I_R$ ，反向恢复时间  $t_{rr}$ ，浪涌电流  $I_{FSM}$ ，击穿电压  $V_{BR}$ ，开启电压  $V_{th}$ ，导通电压  $V_{on}$ ，反向电路  $I_R$ 。
- (3) 稳压管的主要参数有哪些？稳定电压  $V_Z$ ，额定电流  $I_z$ ，动态电阻  $R_z$ ，额定功耗  $P_z$ ，温度系数  $\alpha$ ，反向漏电流  $I_R$ 。
- (4) 如何判定二极管的好坏？可以使用数字万用表的电阻档位或是二极管档位进行粗略的判断。将数字万用表调至电阻档（较大档位）抑或是二极管测量档位，若正接时，数字万用表有示数，而在反接时，数字万用表显示超出量程，则二极管完好；否则，二极管已经被损坏。（也可以通过扫描测量法，逐点测量法等测量方法来测量二极管通断）。
- (5) 如何测量二极管的门限电压？测量二极管的门限电压时，既可以使用万用表直接测量，也可以采用逐点测量法/扫描测量法观察其伏安特性曲线进而测量其门限电压。
- (6) 如何设计实验测量二极管的伏安特性？根据情况，选取合适的测量方法，如：逐点测量法，扫描测量法等，并根据二极管的不同性质，选取不同的输出振幅、频率等等。

## 九、探究性实验内容

- (1) 简要讨论硅基芯片和碳基芯片的区别和现状顾名思义, 硅基芯片指的是以硅 (硅晶片) 为原材料制造而成的芯片, 而碳基芯片则是以碳为原材料制作而成的芯片。如今, 市场上采用的芯片几乎全部为硅基芯片——即以硅晶片为原材料制造而成的芯片, 技术相对而言较为成熟; 而碳

基芯片主要采用石墨烯制造工艺来进行制造，技术还未发展成熟，甚至有许多瓶颈。碳基芯片作为一种新兴芯片，由于其中的石墨烯和碳纳米管在信号传输中有较好的性能，从理论上来讲，碳晶体管的运行效率是硅晶体管的 5 10 倍，而工号方面却只有硅基芯片的十分之一，而硅基芯片工艺正面临着尺寸，材料，技术，器件，系统等一系列物理方面的限制，使得传统硅基芯片的发展速度开始减慢，碳基芯片慢慢兴起。但同时，碳基芯片也面临着碳晶体管无法实现量产，技术障碍多，成本高，成品率低等一系列的问题。

(2) 分析 PCB 板浮地、PCB 板地与迹象连接两种接地各有什么特点？

浮地，即该电路的地与大地无导体连接。

其优点是该电路不受大地电性能的影响。浮地可使功率地（强电地）和信号地（弱电地）之间的隔离电阻很大，所以能阻止共地阻抗电路性耦合产生的电磁干扰。但整个系统与大地绝缘电阻不能小于  $50M\Omega$ 。这种方法具有一定的抗干扰能力，但一旦绝缘下降就会带来干扰。

其缺点是该电路易受寄生电容的影响，而使该电路的地电位变动和增加了对模拟电路的感应干扰。电路上易积累静电从而产生静电干扰，有可能产生危险电压。

PCB 板地与机箱连接应该属于多点基地。该技术在日常的设计中会使用的比较多，在多模块电路设计中使用的更多，这种接地方法可以有效地减少高频干扰问题，但是，也容易产生地环路的设计问题，这设计中要充分考虑到这一点，提高系统设计的稳定性。小型高速 ( $>10MHz$ ) 设备的工作地应与其金属机壳实现多点接地，接地点的间距应小于最高工作频率波长的  $1/20$ ，且金属外壳单点接大地。

## 十、心得与体会

### 1. 对实验的反思以及改进

对于实验 2，实验 3 使用扫描测量法绘制二极管伏安特性曲线时，由于“地”的原因，导致我们的实验并不能获得十分准确的图像，因此我们尝试对此实验方法进行改进：

- (1) 对于方法 2，由于 CH1 所测得的实际电压并不是二极管的分压，而是信号发生器输出的电压。为减小测量电压不准确，而导致绘制的伏安特性曲线不准确干扰。我们只要将分压电阻选取的比较小，便可以较为准确的伏安特性曲线。为选取合适的电阻，我们利用实验（2）中的数据绘制二极管的 UR(电压—电阻) 曲线，如下图所示：

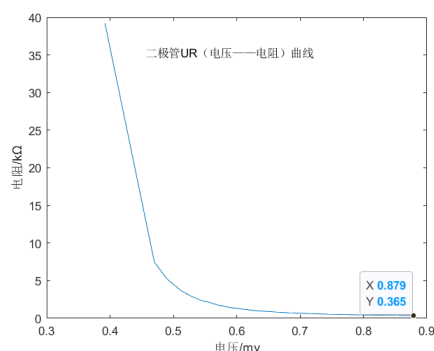


图 17: 二极管 UR(电压—电阻) 曲线

当电压为 0.879V 时，二极管的电阻仍达到  $0.356\text{K}\Omega$ 。且从图中我们可以看出，随着电压的增长，二极管的电阻下降速率渐渐降低。

因此，我们选取电阻为  $10\Omega$  的电阻测量电流时，电阻的分压可以忽略不计。此时，二极管的分压与信号发生器的电压大致相等，重复实验 (3)/实验 (4) 的步骤，我们可以获得如下的波形以及伏安特性曲线 (取实验 (3) 为例)：

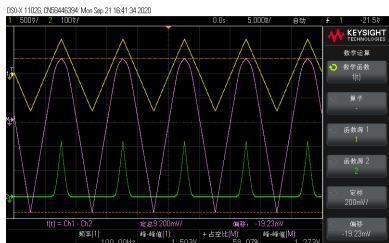


图 18: 波形

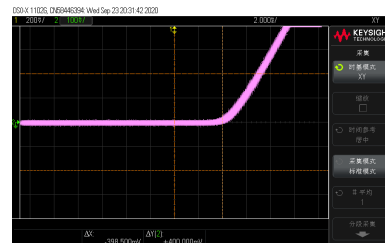


图 19: 伏安特性曲线

与原实验中测得的实验数据大致相同，可以肯定此方法的正确性。

- (2) 另外，我们可以采取双电路的模式来测量二极管的电压，在 multisim 中模拟如下图 20 所示的电路图，示波器中显示如图 21 所示的图像，可以肯定实验的正确性。

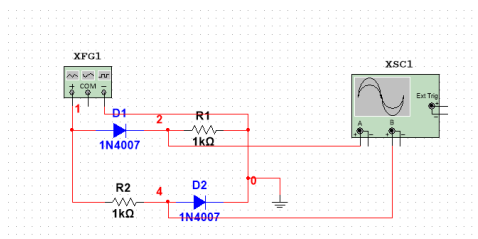


图 20: 电路图

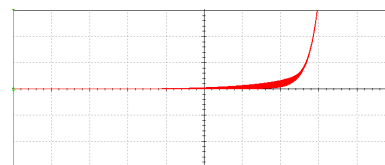


图 21: 示波器：伏安特性曲线

但同时，此方法也有一定的误差，原因在于在实际应用中，两个二极管的数据并不能做到完全相同，在加上示波器并不是完全开路的，因此两个二极管所获得的电压与电流并不一定相等。

## 2. 实验心得

- (1) 在进行实验时，我们发现在进行减函数时，如果缩放按钮调节的过大，则中间会出现“凹陷”的情况 (如下图所示)

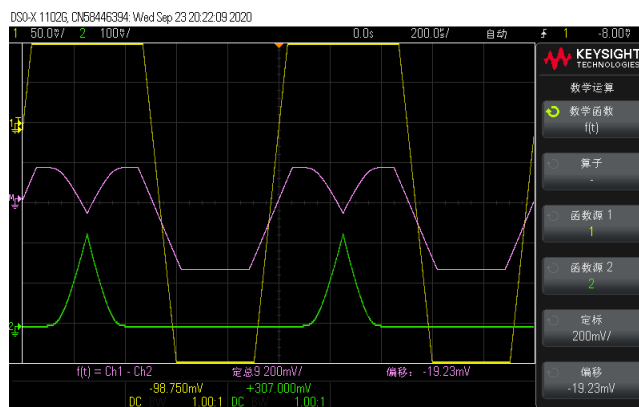


图 22: 数学函数曲线出现“凹陷”的情况

其原因在与数学函数只能对出现在图像内的函数进行加减，而最顶部的图像已经超出示波器的显示范围，因此会出现凹陷的情况。

(2) 在测量二极管伏安特性曲线时, 要注意设置限流, 防止二极管以防止二极管被击穿。

### 3. 实验感想

在本次实验中，我们重点研究了二极管的相关特性，同时，我还了解到了二极管的伏安特性曲线，并掌握了很多有关测量二极管伏安特性曲线的方法。也学会了使用 multisim 制作模拟电路的方法。