

# 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：2022-05-25

地点：教二-125

课程名称：电力电子器件及其集成电路

指导老师：盛况，郭清

成绩：

实验名称：功率场效应晶体管特性与驱动电路研究

实验类型：验证实验

同组学生姓名：王斌浩

## 一、实验目的

- (1) 熟悉功率 MOSFET 主要参数的测量方法；
- (2) 掌握功率 MOSFET 对驱动电路的要求；
- (3) 掌握一个实用驱动电路的工作原理与调试方法；
- (4) 对功率 MOSFET 主要参数、开关特性、使用方法进行分析。

## 二、实验内容

### 1. 功率 MOSFET 静态特性及主要参数测试

- (1) 开启阈值电压  $V_{GS(th)}$  测试
- (2) 跨导  $g_m$  测试
- (3) 导通电阻  $R_{DS}$  测试
- (4) 转移特性  $I_D = f(V_{GS})$  测试

### 2. 功率 MOSFET 动态特性测试

- (1) 电阻负载时，功率 MOSFET 开关特性测试；
- (2) 栅源极电容充放电电流测试。

## 三、实验设备及仪器

- (1) MPE-I 电力电子探究性实验平台；
- (2) NMCL-07D 功率器件特性与驱动电路；
- (3) NMCL-50 数字直流表；
- (4) 示波器；
- (5) 数字式万用表。

## 四、实验操作与实验数据

### 1. 功率 MOSFET 静态特性及主要参数测试

#### 1. 开启阈值电压 $V_{GS(th)}$ 测试

按照实验要求连接电路，将主回路电位器 RP 左旋到底，合上主回路的开关 S，逐步将电位器 RP 向右旋转，边旋转边监视毫安表的读数，记录对应的  $V_{GS}$  和电流  $I_D$ ，具体数据如下：

Vgs/V	Id/mA	Vgs/V	Id/mA
2.8	0.22	3.23	9.02
2.89	0.55	3.32	16.08
2.92	0.7	3.57	62.8
2.96	1	3.9	229
2.98	1.31	4.02	339
3.03	1.93	4.31	567
3.1	3.37	5.37	580
3.15	4.78	6.8	580

表 1: 静态特性实验数据

完成数据记录后，断开主回路开关 S，并将主回路电位器 RP 左旋到底。

#### 2. 跨导 $g_m$ 测试

功率 MOSFET 器件以跨导  $g_m$  表示其增益，跨导的定义为漏极电流的小变化与相应的栅源电压小变化量之比，即  $g_m = \frac{\Delta I_D}{\Delta V_{GS}}$ ，具体数据如下表所示：

Vgs/V	Id/mA	$\Delta V_{gs}/V$	$\Delta I_D/mA$	$g_m$
2.8	0.22	0.33	0.09	3.67
2.89	0.55	0.15	0.03	5.00
2.92	0.7	0.3	0.04	7.50
2.96	1	0.31	0.02	15.50
2.98	1.31	0.62	0.05	12.40
3.03	1.93	1.44	0.07	20.57
3.1	3.37	1.41	0.05	28.20
3.15	4.78	4.24	0.08	53.00
3.23	9.02	7.06	0.09	78.44
3.32	16.08	46.72	0.25	186.88
3.57	62.8	166.2	0.33	503.64
3.9	229	110	0.12	916.67
4.02	339	228	0.29	786.21
4.31	567	13	1.06	12.26
5.37	580	-580	-5.37	108.01

表 2: 跨导计算数据

绘制  $g_m$ - $V_{GS}$  关系曲线为:

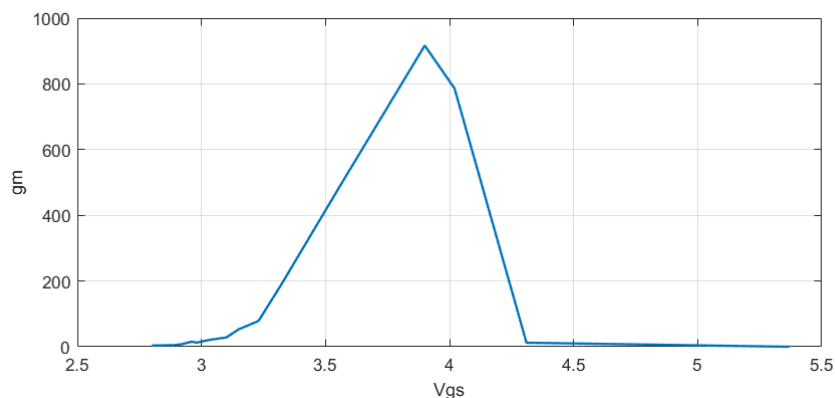


图 1:  $g_m$ - $V_{GS}$  关系曲线

### 3. 转移特性 $I_D = f(V_{GS})$ 测试

栅源电压  $V_{GS}$  与漏极电流  $I_D$  的关系曲线称为转移特性，根据测量数值，绘出转移特性，该曲线表示功率 MOSFET 的放大能力特性，如下图所示：

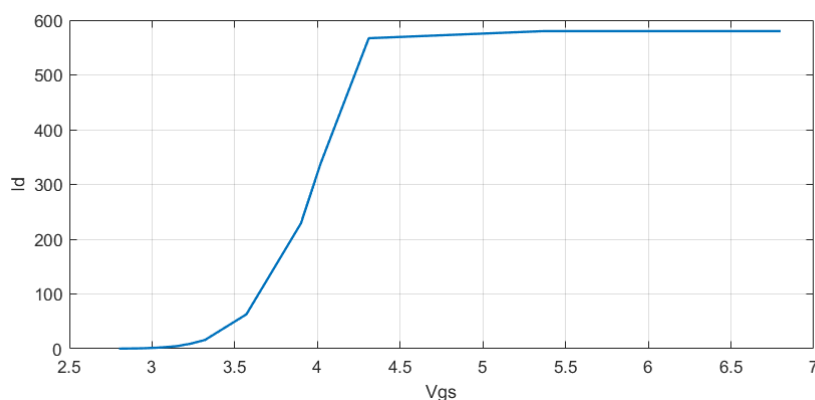


图 2: 转移特性曲线

### 4. 导通电阻 $R_{DS}$ 测试

导通电阻定义为  $R_{DS} = V_{DS}/I_D$ ，更改接线，在线性区改变  $V_{GS}$ ，测量多组数值，数据如下表所示：

$V_{GS}/V$	4.52	5.47	6.59	7.51	8.57	9.54	10.52	11.51
$V_{DS}/V$	0.605	0.498	0.481	0.476	0.469	0.467	0.464	0.463
$I_D/A$	0.564	0.559	0.559	0.558	0.556	0.555	0.555	0.554
$R_{D}/\Omega$	1.072695	0.890877	0.860465	0.853047	0.843525	0.841441	0.836036	0.83574

表 3: 导通电阻测试数据

计算得到导通电阻的平均值为  $0.87923\Omega$ 。

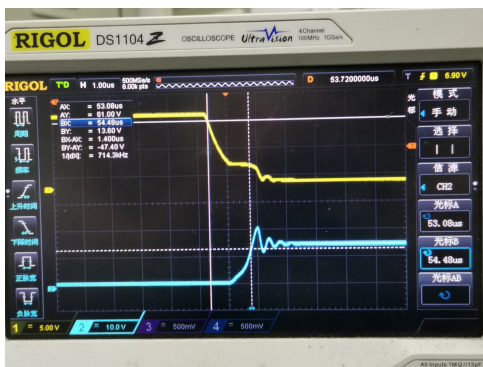


图 3: 开通时间



图 4: 关断时间

## 2. 功率 MOSFET 动态特性测试

### 1. 电阻负载时，功率 MOSFET 开关特性测试

在完成接线后，闭合 PMW 波形发生器单元的开关 S1(该单元上的 S2 处于断)，闭合 MOSFET 单元的开关 S1,S2，闭合主回路开关 S，用示波器观察  $V_{GS}$ 、 $V_{DS}$  的波形，如下图所示：

记录得到开通时间  $t_{on} = 380ns$ ，关断时间  $t_{off} = 54.48\mu s$ ，其中，开通时间和关断时间的具体示意图如下图所示：

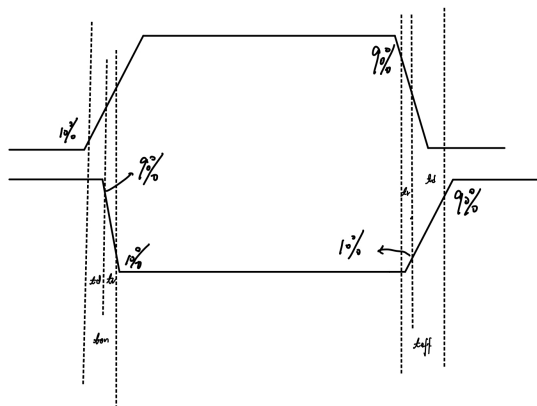


图 5: 开通与关断时间测量

### 2. 栅极电容充放电电流测试

连接线路，采用  $R_6(200\Omega)$  作为栅极电阻，用示波器观察并记录  $R_6$  两端波形，如下图所示：

图 6:  $R_6$  两端波形

记录得到波形最大值为 7.80V，最小值为 -12.2V，由栅极电阻为  $200\Omega$ ，我们可以知道，充电电流峰值为  $\frac{7.8V}{200\Omega} = 39mA$ ，放电电流峰值为  $\frac{12.2V}{200\Omega} = 61mA$ 。

绘制其波形图如下图所示：

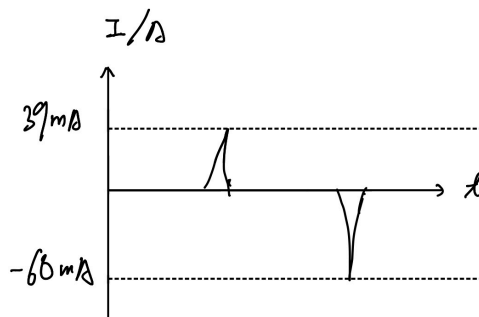


图 7: 充放电示意图

## 五、心得与体会

在本次实验中，我们进行了功率场效应晶体管特性与其驱动电路研究的相关实验。通过这次实验，我了解到了一些对器件测试的基本方法以及基本原理，总体而言，收获颇多。