



中华人民共和国国家标准

GB/T 17007—1997

绝缘栅双极型晶体管测试方法

Measuring methods for insulated-gate
bipolar transistor



1997-10-05 发布



C9809920

1998-08-01 实施

国家技术监督局 发布

中 华 人 民 共 和 国
国 家 标 准
绝缘栅双极型晶体管测试方法
GB/T 17007—1997

*

中国标准出版社出版
北京复兴门外三里河北街16号
邮政编码:100045
电 话:68522112
中国标准出版社秦皇岛印刷厂印刷
新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售
版权专有 不得翻印

*

开本 880×1230 1/16 印张 1¼ 字数 31 千字
1998年2月第一版 1998年2月第一次印刷
印数 1—1 000

*

书号: 155066·1-14564 定价 12.00 元

*

标 目 329—37

GB/T 17007—1997

前 言

本标准是参考 IEC 有关文件和工业发达国家标准,并通过必需的试验验证制订产生的。这些测试方法的实施将用来保证绝缘栅双极型晶体管的主要参数在贸易和技术交流中有统一的量度和方法。

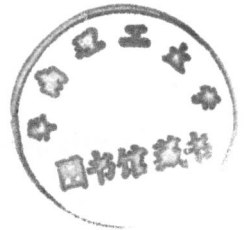
标准的第 2 章是对测试的一般要求。这部分内容将使测试工作者使用本标准时感到完整、方便。

本标准由中华人民共和国机械工业部提出。

本标准由全国半导体器件标准化技术委员会归口。

本标准由西安电力电子技术研究所、西安电力整流器厂起草。

本标准主要起草人:苗宏、白长生、邓奎。



1 范围

本标准适用于 N 沟道绝缘栅双极型晶体管(IGBT,以下简称器件)的电、热特性测量和额定值检验。

P 沟道绝缘栅双极型晶体管的测试方法,只要进行适当的极性变换和考虑象限特性,也可参照使用。

2 试验的一般要求

2.1 本标准所有电、热参数测试方法,在无特别说明时,均系指对单个器件的测量或试验。测量准确度与电源阻抗、电路参数、仪表、负载和电路类型等因素有关。应正确考虑和选择这些电路条件。

2.2 试验电源和仪表

2.2.1 交流电源频率 (50 ± 1) Hz,波形为正弦波,谐波含量不超过 10%。

2.2.2 电路中的直流电源和脉冲电源的性能指标应满足测量准确度要求。

2.2.3 测试电路中的电源应根据具体情况采用箝位措施,以保护被测试器件在通断、调整和测量时不至由于瞬态过压、过流而引起损坏。

2.2.4 电路中的各类测量仪器仪表性能指标应确保测量准确度要求。

2.3 环境条件

2.3.1 环境大气条件

a) 基准测试大气条件,温度 (25 ± 1) °C、相对湿度 48%~52%、气压 $(86 \sim 106)$ kPa;

b) 常规测试大气条件,温度 15°C~35°C、相对湿度 45%~75%、气压 $(86 \sim 106)$ kPa。

当相对湿度和大气压对被测参数没有可观影响时,大气条件可仅以温度为准。当室温偏离 25°C 较远、而温度对被测参数又有明显影响时,应按 25°C 对测量结果进行修正。

2.3.2 在无特别说明时,高温测试是指在 T_{m-3} °C 温度下进行, T_m 为额定最高工作结温;低温测试是指在额定最低结温(允许误差为 0°C~+3°C)进行。

2.4 除另有规定或在脉冲条件下完成测试外,所有电气试验均应在热平衡条件下进行。热平衡条件是指:如果把从施加功率到进行测量之间的时间增加一倍,测量结果的变化不大于规定误差,则认为达到了热平衡。

2.5 任何静电产生的电压都可能使绝缘栅双极型晶体管永久损坏。因此,测量和试验时要采取适当措施。

3 电特性的测定

3.1 栅极-发射极阈值电压($V_{GE(th)}$)

3.1.1 目的

在规定条件下，测量栅极-发射极阈值电压 $V_{GE(th)}$ 。

3.1.2 原理电路

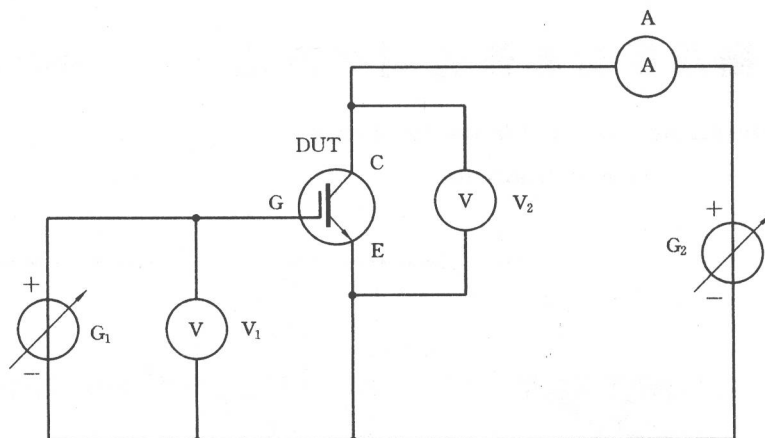


图 1

3.1.3 电路说明和要求

G_1 、 G_2 : 可调直流电压源;

V_1 、 V_2 : 直流电压表;

A: 直流电流表。

DUT: 被测器件(下同)

3.1.4 测量程序

调节电压源 G_2 至规定的集电极-发射极电压; 调节电压源 G_1 , 从零开始逐渐增加栅极-发射极间的电压。当电流表 A 显示出规定的集电极电流值时, 电压表 V_1 的显示值即为被测器件的栅极-发射极阈值电压。

3.1.5 规定条件

- a) 管壳或环境温度;
- b) 集电极-发射极电压;
- c) 集电极电流。

3.2 栅极-发射极漏电流 (I_{GES})

3.2.1 目的

在规定条件下, 测量器件在集电极-发射极短路条件下栅极-发射极漏电流。

3.2.2 原理电路

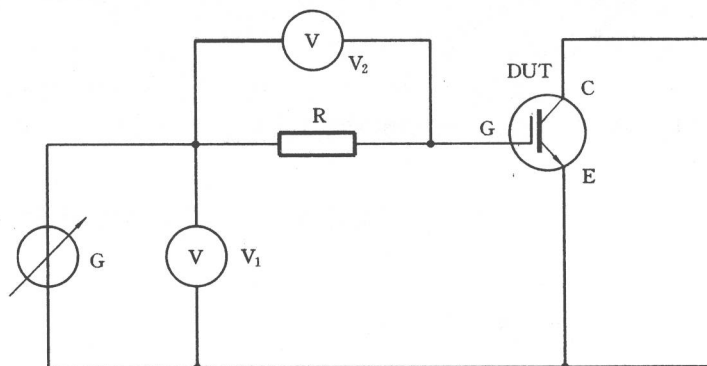


图 2

3.2.3 电路说明和要求

G: 可调直流电压源;

V_1 、 V_2 :直流电压表;

R:测量电阻器。

电阻 R 的值应小于 $V_{GE}/(100I_{GESmax})$; V_2 应有较高的灵敏度且其输入阻抗大于 $100R$ 。这时栅极-发射极漏电流为: $I_{GES}=V/R$

本测量可用正的或负的栅极-发射极电压实施。

3.2.4 测量程序

调节电压源 G,使栅极-发射极电压 V_1 到规定值。从 V_2 读出 V_2 ,则栅极-发射极漏电流为 V_2/R 。

3.2.5 规定条件

- a) 管壳或环境温度;
- b) 栅极-发射极电压。

3.3 集电极-发射极截止电流 (I_{CES})

3.3.1 目的

在规定条件下,测量器件的栅极-发射极短路时集电极-发射极截止电流。

3.3.2 原理电路

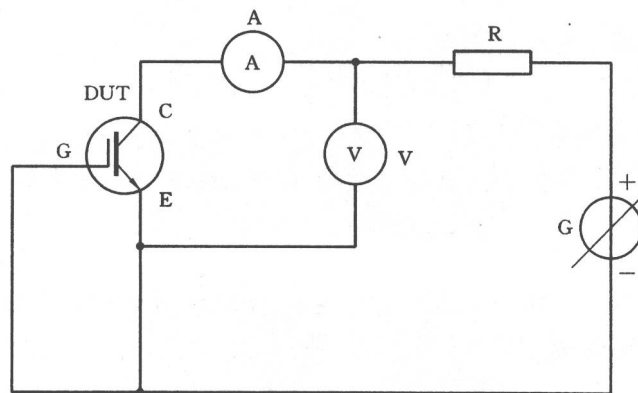


图 3

3.3.3 电路要求和说明

- G:可调直流电压源;
- V:高阻抗直流电压表;
- A:直流电流表;
- R:限流电阻器。

3.3.4 测量程序

调节电压源 G,从零开始逐渐增加集电极-发射极间的电压到电压表 V 显示出规定的值,从电流表 A 读出集电极-发射极截止电流 I_{CES} 。

3.3.5 规定条件

- a) 管壳或环境温度;
- b) 集电极-发射极电压。

3.4 集电极-发射极饱和电压 $V_{CE(sat)}$

3.4.1 脉冲法

3.4.1.1 目的

在规定条件下,用脉冲法测量器件的集电极-发射极饱和电压。

3.4.1.2 原理电路

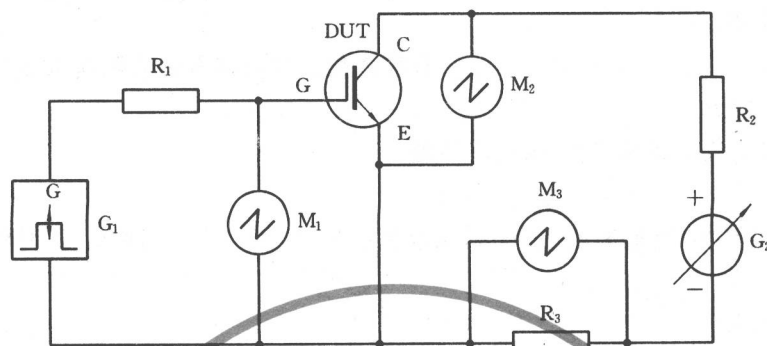


图 4

3.4.1.3 电路说明和要求

- G_1 : 栅极可调脉冲电压源;
- G_2 : 可调直流电压源;
- M_1 : 测量栅极-发射极峰值电压示波器;
- M_2 : 指示被测器件导通期间电压的示波器;
- M_3 、 R_3 : 集电极电流测量示波器和取样电阻器;
- R_1 : 栅极回路电阻器, 阻止振荡;
- R_2 : 集电极负载电阻器。

3.4.1.4 测试程序

调节栅极脉冲电压源 G_1 , 使 M_1 电压指示为规定值。调节集电极电流为规定值, 这时, 从示波器 M_2 稳定波形平坦部分读出集电极-发射极饱和电压值(图 5)。

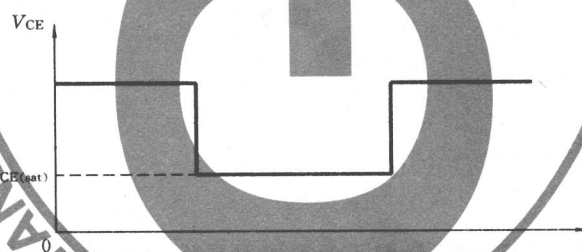


图 5

3.4.1.5 规定条件

- a) 管壳或环境温度;
- b) 栅极-发射极峰值电压;
- c) 集电极峰值电流;
- d) 栅极脉冲宽度和占空比。

3.4.2 直流法

3.4.2.1 目的

在规定条件下, 用直流法测量集电极-发射极饱和电压。

3.4.2.2 原理电路

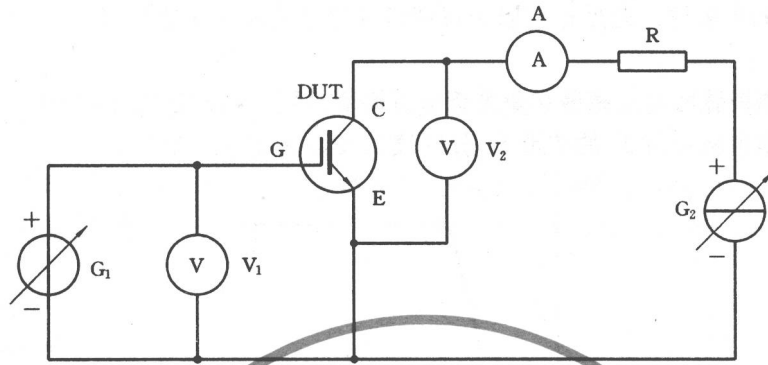


图 6

3.4.2.3 电路说明和要求

- G_1 : 可调直流电压源;
- G_2 : 可调直流电流源;
- V_1, V_2 : 直流电压表;
- A: 直流电流表;
- R: 集电极负载电阻器。

3.4.2.4 测量程序

调节电压源 G_1 , 使器件栅极-发射极间的电压达到规定值。调节电流源 G_2 , 使器件集电极电流到规定值。这时电压表 V_2 的读数即为所测的集电极-发射极饱和电压。

3.4.2.5 规定条件

- a) 管壳或环境温度;
- b) 栅极-发射极电压;
- c) 集电极电流。

3.5 开通时间 (t_{on})、开通延迟时间 ($t_{d(on)}$)、上升时间 (t_r)

3.5.1 目的

在规定条件和阻性负载下, 测量器件的开通时间 t_{on} 、开通延迟时间 $t_{d(on)}$ 、上升时间 t_r 。

3.5.2 原理电路

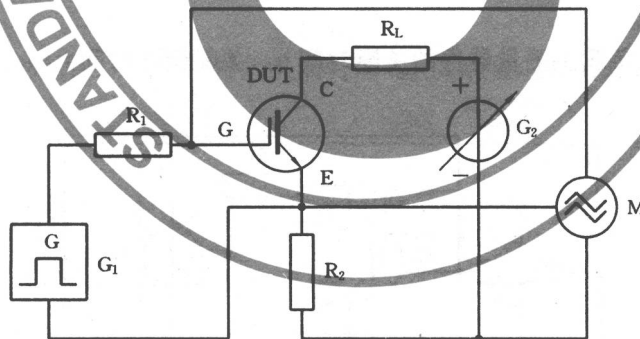


图 7

3.5.3 电路说明和要求

- G_1 : 低内阻矩形脉冲发生器;
 - G_2 : 可调直流电压源;
 - R_1 : 栅极无感电阻器;
 - R_L : 负载无感电阻器;
 - M: 双踪示波器。
- 电路中, G_1 输出脉冲的上升时间应小于 $0.1R_1C_{ies}$ (C_{ies} 为被测器件的输入电容);

R_2 是测量电流的电阻器。此处也可以采用任何其他合适的电流指示器。

3.5.4 测量程序

调节 G_1 、 G_2 使栅极脉冲电压幅值和集电极电流幅值分别达到规定值,从双踪示波器 M 显示的栅极-发射极电压 V_{GE} 和集电极电流 I_C 的波形上,分别读出 $t_{d(on)}$ 、 t_r 和 t_{on} (图 8)。

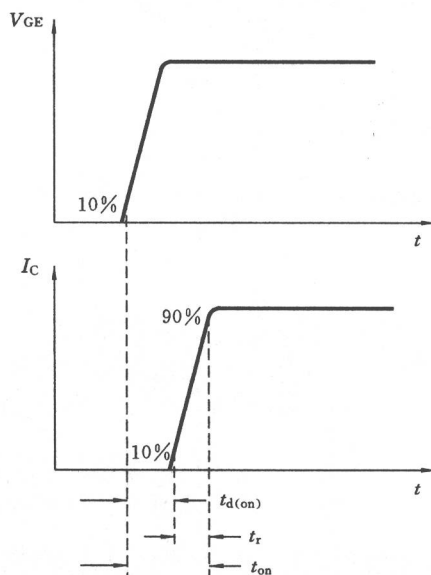


图 8

3.5.5 规定条件

- 管壳或环境温度;
- 集电极-发射极电压;
- 集电极峰值电流;
- 栅极电阻器 R_1 的值;
- 输入脉冲波形:幅值、持续时间、上升时间、重复频率。

3.6 关断时间 (t_{off})、关断延迟时间 ($t_{d(off)}$)、下降时间 (t_f)

3.6.1 阻性负载时的测量

3.6.1.1 目的

在规定条件下和阻性负载下测量器件的关断时间 t_{off} 、关断延迟时间 $t_{d(off)}$ 、下降时间 t_f 。

3.6.1.2 原理电路

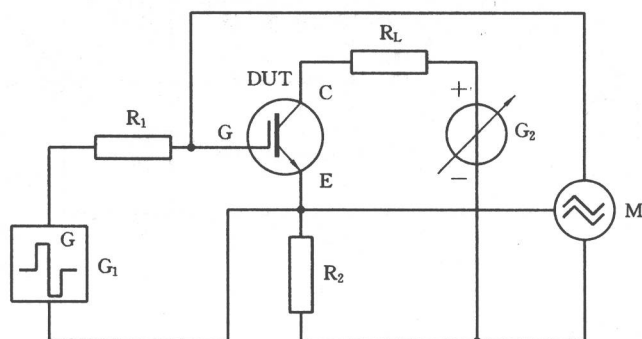


图 9

3.6.1.3 电路说明及要求

- G_1 : 低内阻矩形脉冲发生器;
- G_2 : 可调直流电压源;
- R_1 : 栅极无感电阻器;

R_L : 负载无感电阻器;

M : 双踪示波器。

R_2 是测量电流的电阻器。此处也可以采用任何其他合适的电流指示器。

3.6.1.4 测量程序

施加规定的栅极电压 V_{GE1} , 逐渐增加集电极电源 G_2 的电压, 使集电极峰值电流 I_{CM} 达到规定值。然后施加反向栅极电压 V_{GE2} , 根据图 10 所示波形, 在双踪示波器上读出 $t_{d(off)}$, t_f 和 t_{off} 。

3.6.1.5 规定条件

- a) 管壳或环境温度;
- b) 集电极-发射极电压;
- c) 集电极峰值电流;
- d) 栅极电阻器 R_1 的值;
- e) 栅极输入脉冲波形: 幅值、持续时间、上升时间、下降时间、重复频率。

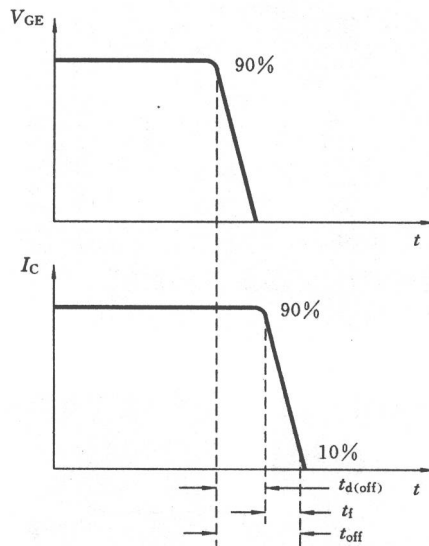


图 10

3.6.2 感性负载时的测量

3.6.2.1 目的

在规定条件和感性负载条件下, 测量器件的关断时间 t_{off} 、关断延迟时间 $t_{d(off)}$ 、下降时间 t_f 。

3.6.2.2 原理电路

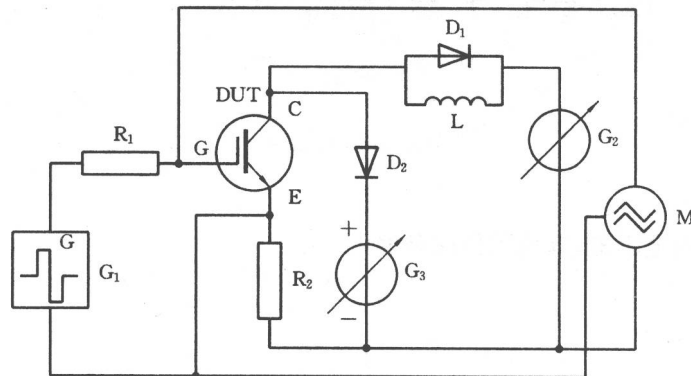


图 11

3.6.2.3 电路说明和要求

G_1 : 低内阻矩形脉冲发生器;

G_2 : 可调直流电压源;

- G₃: 箝位电路可调直流电压源;
- D₁: 电感泄放二极管;
- D₂: 箝位电路二极管;
- L: 负载电感器;
- R₁: 栅极电阻器;
- R₂: 电流测量电阻器;
- M: 双踪示波器。

3.6.2.4 测量程序

把箝位电压源 G₃ 设定到规定值。施加规定的栅极-发射极电压 V_{GE1}, 逐渐增加集电极电源 G₂ 的电压, 使集电极峰值电流 I_{CM} 达到规定值。然后施加反向栅极-发射极电压 V_{GE2}, 根据图 10 所示波形, 在双踪示波器中读出感性负载时的 t_{d(off)}、t_f、t_{off}。

3.6.2.5 规定条件

- a) 管壳或环境温度;
 - b) 负载电感器 L 的值;
 - c) 箝位电压;
 - d) 集电极峰值电流;
 - e) 栅极电阻器 R₁ 的值;
 - f) 栅极输入脉冲波形: 幅值、持续时间、上升时间、下降时间、重复频率。
- 当集电极峰值电流达到规定值时, 栅极电压开始转换极性。

3.7 输入电容 C_{ies}

3.7.1 目的

在规定条件下, 测量器件的输入电容 C_{ies}。

3.7.2 原理电路

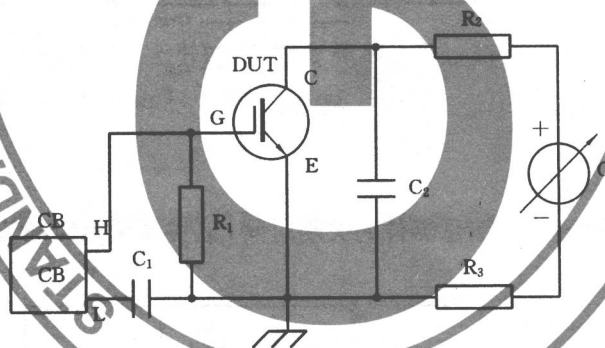


图 12

3.7.3 电路说明和要求

- CB: 电容测量仪;
- G: 直流可调电压源;
- R₁、R₂、R₃: 直流偏置电阻器, 其电阻值应足够大;
- C₁: 隔直电容;
- C₂: 交流短路电容。

3.7.4 测量程序

把 G 的电压和测试频率设定为规定值, 在电容测量仪 CB 读出电容测量值 C_x, 则输入电容 C_{ies} 可由下式算出:

$$C_{ies} = \left(\frac{1}{C_x} - \frac{1}{C_1} \right)^{-1} \dots\dots\dots (1)$$

式中： C_{ies} ——输入电容；
 C_x ——电容测量仪的读数。

3.7.5 规定条件

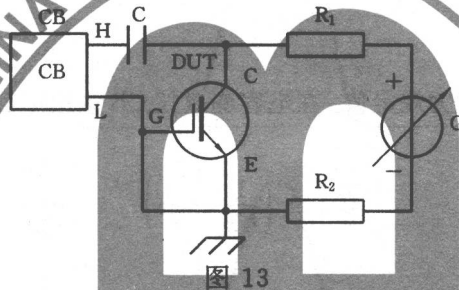
- a) 管壳或环境温度；
- b) 栅极-发射极电压；
- c) 集电极-发射极电压；
- d) 测试频率。

3.8 输出电容 C_{oes}

3.8.1 目的

在规定条件下，测量器件的输出电容 C_{oes} 。

3.8.2 原理电路



3.8.3 电路说明和要求

- CB: 电容测量仪；
- G: 可调直流电压源；
- R_1 、 R_2 : 直流偏置电阻器，其电阻值应充分大；
- C: 隔直电容。

3.8.4 测量程序

把 G 的电压和测试频率设定为规定值，在电容测量仪 CB 读出电容测量值 C_x 。则输出电容 C_{oes} 可由下式算出：

$$C_{oes} = \left(\frac{1}{C_x} - \frac{1}{C} \right)^{-1} \dots\dots\dots (2)$$

式中： C_{oes} ——输出电容；
 C_x ——电容测量仪的读数

3.8.5 规定条件

- a) 管壳或环境温度；
- b) 集电极-发射极电压；
- c) 测量频率。

3.9 反向传输电容 C_{res}

3.9.1 目的

在规定条件下，测量器件的反向传输电容 C_{res} 。

3.9.2 原理电路

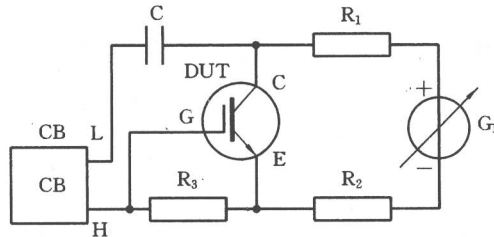


图 14

3.9.3 电路说明和要求

- CB: 电容测量仪;
- G: 可调直流电压源;
- R_1 、 R_2 、 R_3 : 直流偏置电阻器, 其电阻值应充分大;
- C: 隔直电容。

3.9.4 测量程序

把 G 的电压和测量频率设定为规定值。在电容测量仪 CB 读出电容测量值 C_x , 则反向传输电容 C_{res} 可由下式算出:

$$C_{res} = \left(\frac{1}{C_x} - \frac{1}{C} \right)^{-1} \dots\dots\dots (3)$$

式中: C_{res} —— 反向传输电容;
 C_x —— 电容测量仪的读数。

3.9.5 规定条件

- a) 管壳和环境温度;
- b) 栅极电位;
- c) 集电极-发射极电压;
- d) 测试频率。

3.10 关断耗散能量 E_{off} 和关断耗散功率 P_{off}

3.10.1 目的

在感性负载下, 确定器件单脉冲关断耗散能量 E_{off} 和关断耗散功率 P_{off} 。

3.10.2 原理电路

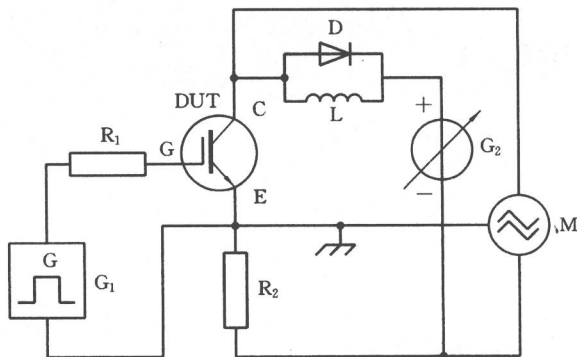


图 15

3.10.3 电路说明和要求

- G_1 : 低内阻矩形脉冲发生器。输出脉冲的上升时间应小于 $0.1R_1C_{ies}$ (C_{ies} 是被测器件输入电容)。
- G_2 : 可调直流电压源;
- D: 箝位二极管;
- L: 负载电感器;

R_1 : 栅极电阻器;

R_2 : 电流测量电阻器, 此处也可以采用任何其他合适的电流指示器;

M: 双踪示波器。

实际布线时, 应使线路的寄生电感达到最小。

3.10.4 测量程序

调节 G_2 和 G_1 使集电极-发射极电源电压 V_{CCE} 和输入脉冲幅值 V_{GGM} 为规定值。双踪示波器 M 上显示出集电极电流 I_C 、集电极-发射极电压 V_{CE} 的波形, 如图 16 所示。

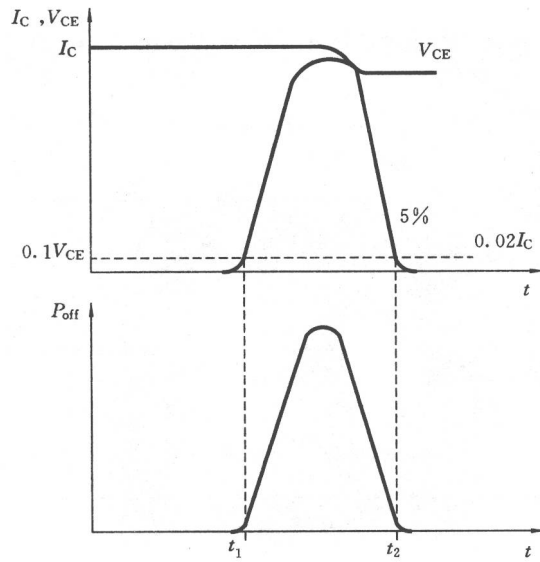


图 16

则单脉冲关断耗散能量为 i_C 与 v_{CE} 乘积对时间的积分:

$$E_{off} = \int_{t_1}^{t_2} i_C \cdot v_{CE} dt \quad \dots\dots\dots (4)$$

式中: E_{off} ——单脉冲关断耗散能量;

i_C ——集电极电流瞬时值;

v_{CE} ——集电极发射极电压瞬时值;

t_1 —— v_{CE} 等于 $0.1V_{CE}$ 的时刻;

t_2 —— i_C 等于 $0.02I_C$ 的时刻。

任一重复频率下的关断耗散功率等于该频率与 E_{off} 之乘积:

$$P_{off} = f \cdot E_{off} \quad \dots\dots\dots (5)$$

式中: P_{off} ——关断耗散功率;

E_{off} ——单脉冲关断耗散能量;

f ——脉冲重复频率。

3.10.5 规定条件

- a) 管壳或环境温度;
- b) 集电极-发射极电源电压 V_{CCE} ;
- c) 负载电感器 L 的值;
- d) 栅极电阻器 R_1 的值;
- e) 输入脉冲波形: 幅值、上升时间、下降时间、持续时间;
- f) 脉冲重复频率;
- g) 积分时间 $t_2 - t_1$ 。

4 热特性测量

4.1 基准点和管壳温度

器件的基准点就是其管壳上一规定点。从基准点测量得到的温度称为管壳温度。基准点具体位置和测量孔的直径、深度在产品详细规范中给出。

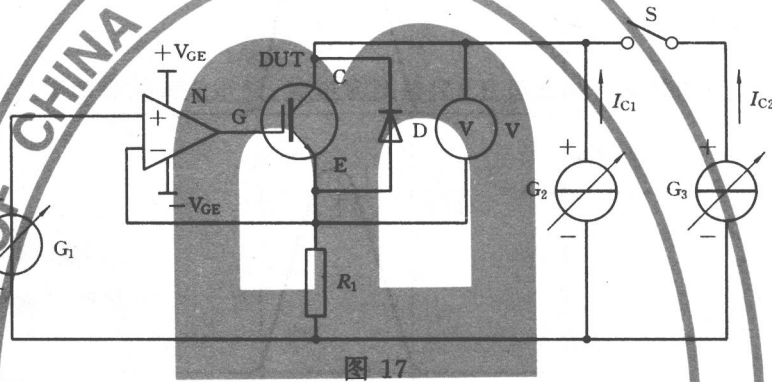
4.2 结-管壳热阻(R_{jc})和结-管壳瞬态热阻抗($Z_{jc}(t)$)

4.2.1 方法一

4.2.1.1 目的

用器件小电流条件下的集电极-发射极电压 V_{CE} 作热敏参数,测量其结-管壳热阻 R_{jc} 和结-管壳瞬态热阻抗 $Z_{jc}(t)$ 。

4.2.1.2 原理电路



4.2.1.3 电路说明和要求

N: 运算放大器, 提供栅极-发射极电压;

G₁: 基准电压源, 固定 N 提供的栅极-发射极电压;

G₂: 可调直流电流源, 提供较小的连续直流集电极电流 I_{C1} , 该电流足以把集电极-发射极电压升高到饱和值以上;

G₃: 可调直流电流源, 在电子功率开关 S 闭合后, 提供一叠加于 I_{C1} 上的较大集电极电流 I_{C2} ;

S: 电子功率开关, S 断开后, 被测器件又返回 I_{C1} 导通状态;

D: 并联二极管;

V: 直流电压表;

R₁: 电流测量电阻器。监测流过被测器件的电流, 此电流由运算放大器和被测器件的栅极调节(被测器件处于线性工作状态)。

4.2.1.4 测量程序

测量分为三步进行:

a) 在较小测量电流 I_{C1} 时确定集电极-发射极电压的温度系数 C_T 。

将被测器件放入烘箱或惰性流体中, 依次加热至温度 T_1 和 T_2 ($T_2 > T_1$)。在热平衡条件下, 在温度 T_1 时测量器件集电极-发射极电压 V_{CE1} ; 在较高温度 T_2 时测量集电极-发射极电压 V_{CE2} 。则温度系数 C_T :

$$C_T = (V_{CE1} - V_{CE2}) / (T_2 - T_1) (V/^\circ C) \dots\dots\dots (6)$$

图 18 为在较小测量电流 I_{C1} 时, 集电极-发射极电压 V_{CE} 对管壳温度 T_C 变化的曲线。

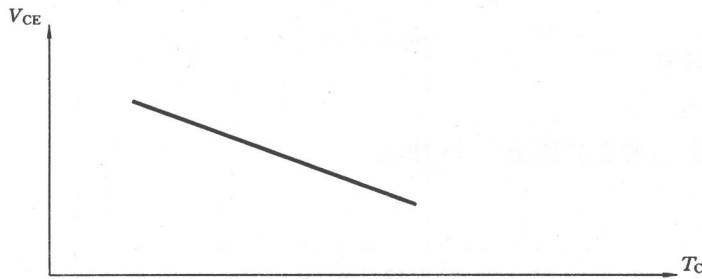


图 18

b) 用器件对其内部耗散功率阶跃变化的响应测量其结-管壳热阻 R_{jc} 。

将被测器件固定在适当的散热体上。测量管壳温度 T_{c1} 。在该温度下,测量较小电流 I_{c1} 产生的集电极-发射极电压 V_{CE3} 。接通电子功率开关 S,在 I_{c1} 上叠加较大的集电极电流 I_{c2} 。达到热平衡后,测量集电极-发射极电压 V_{CE4} 。且保持管壳温度 $T_c = T_{c2} = \text{常数}$ 。然后切断 I_{c2} ,立即测量在 I_{c1} 时的集电极-发射极电压 V_{CE5} ,则此瞬时器件的等效结温 T_{vj} 和热阻 R_{jc} 为:

$$T_{vj} = T_c + (V_{CE3} - V_{CE5})/C_T \quad \dots\dots\dots (7)$$

$$R_{jc} = (T_{vj} - T_{c2})/(V_{CE4} \cdot I_{c2}) \quad \dots\dots\dots (8)$$

c) 测量结-管壳瞬态热阻抗 $Z_{jc}(t)$

用上述测量结-管壳热阻的方法,在器件流过 I_{c2} 且达到热平衡后,测量集电极-发射极电压 V_{CE4} 和管壳温度 T_{c2} 。然后用 S 切断 I_{c2} ,紧接着测量在 I_{c1} 条件下集电极-发射极电压 V_{CE} 不同时刻的值 $V_{CE5}(t)$ 和相对应的管壳温度 $T_c(t)$,按下式逐点计算出各 $Z_{jc}(t)$ 的值。

$$T_{vj}(t) = T_{c1} + [V_{CE3} - V_{CE5}(t)]/C_T \quad \dots\dots\dots (9)$$

$$Z_{jc}(t) = \{[T_{vj}(0) - T_c(0)] - [T_{vj}(t) - T_c(t)]\}/(V_{CE4} \cdot I_{c2}) \quad \dots\dots\dots (10)$$

式中: $T_{vj}(0)$ 、 $T_c(0)$ 为热平衡建立后,切断 I_{c2} 后第一个时刻测得的结温和管壳温度。

4.2.1.5 规定条件

- a) 测量电流 I_{c1} 的值;
- b) 集电极电流 I_{c2} 的值。

4.2.2 方法二

4.2.2.1 目的

用器件栅极-发射极阈值电压 ($V_{GE(th)}$)作热敏参数测量其结-管壳热阻 R_{jc} 和结-管壳瞬态热阻抗 $Z_{jc}(t)$ 。

4.2.2.2 原理电路

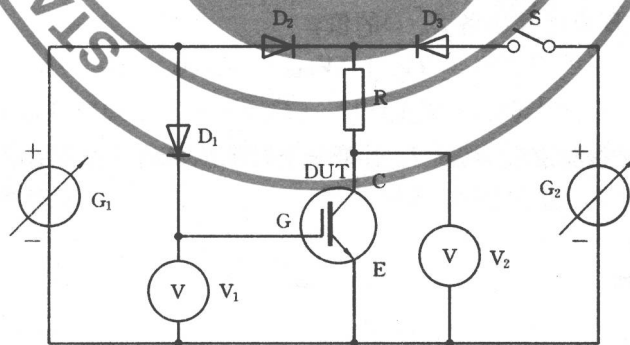


图 19

4.2.2.3 电路说明和要求

- G_1 : 可调直流电流源。提供较小的连续直流集电极电流 I_{c1} ,输出电压足以达到被测器件的 $V_{GE(th)}$;
- G_2 : 可调直流电流源,在电子功率开关 S 闭合后,提供一叠加于 I_{c1} 上的与器件额定集电极电流相当的较大集电极电流 I_{c2} ;

- S: 电子功率开关;
- D₁、D₂、D₃: 隔离二极管;
- V₁、V₂: 直流电压表;
- R: 电流测量电阻器, 监测流过被测器件的电流。

4.2.2.4 测量程序

测量分为三步进行:

a) 在较小测量电流 I_{C1} 时确定集电极-发射极阈值电压的温度系数 C_T (I_{C1} 要足够小, 不致引起被测器件产生附加结温升, 又能保证 V_{GE} 达到 $V_{GE(th)}$)。

将被测器件放入烘箱或惰性流体中, 依次加热至温度 T_1 和 T_2 ($T_2 > T_1$)。在热平衡条件下, 从电压表 V_1 读出相应的栅极-发射极电压 V_{GE1} 和 V_{GE2} , 则温度系数 C_T :

$$C_T = (V_{GE1} - V_{GE2}) / (T_2 - T_1) \text{ (V/°C)} \dots\dots\dots (11)$$

图 20 为在较小测量电流 I_{C1} 时, 栅极-发射极电压 V_{GE} 对壳温变化的曲线示意图。

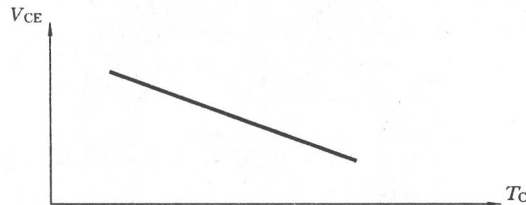


图 20

注: 为了测量准确, 可在多个温差下测量多个温度系数 C_{Tn} , 求其平均值。

b) 用器件对内部耗散功率阶跃变化的响应测量其结-管壳热阻 R_{jc} 。

将被测器件固定在适当的散热体上。测量管壳温度 T_{C1} 。在该温度下, 测量较小电流 I_{C1} 下的栅极-发射极电压 V_{GE3} 。接通电子功率开关 S, 调节 G_2 , 在 I_{C1} 上叠加接近器件额定集电极电流 I_{C2} 。达到热平衡后, 测量集电极-发射极电压 V_{CE} 。且保持管壳温度 $T_c = T_{C2} = \text{常数}$ 。然后切断 I_{C2} , 立即测量在同一 I_{C1} 时的栅极-发射极电压 V_{GE4} , 则此瞬时器件的等效结温 T_{vj} 和热阻 R_{jc} 为:

$$T_{vj} = T_{C1} + (V_{GE3} - V_{GE4}) / C_T \dots\dots\dots (12)$$

$$R_{jc} = (T_{vj} - T_{C2}) / (V_{CE} \cdot I_{C2}) \dots\dots\dots (13)$$

c) 测量结-管壳瞬态热阻抗 $Z_{jc}(t)$

用上述测量结-管壳热阻的方法, 在器件流过 I_{C2} 且达到热平衡后, 测量集电极-发射极电压 V_{CE} 和管壳温度 T_{C2} 。然后用 S 切断 I_{C2} , 紧接着测量在 I_{C1} 条件下栅极-发射极电压不同时刻的值 $V_{GE4}(t)$ 和相对应的管壳温度 $T_c(t)$, 按下式逐点计算出各 $Z_{jc}(t)$ 的值。

$$T_{vj}(t) = T_{C1} + [V_{GE3} - V_{GE4}(t)] / C_T \dots\dots\dots (14)$$

$$Z_{jc}(t) = \{ [T_{vj}(0) - T_c(0)] - [T_{vj}(t) - T_c(t)] \} / (V_{CE} \cdot I_{C2}) \dots\dots\dots (15)$$

式中: $T_{vj}(0)$ 、 $T_c(0)$ 为热平衡建立后, 切断 I_{C2} 后第一个时刻测得的结温和管壳温度。

4.2.2.5 规定条件

- a) 测量电流 I_{C1} 的值;
- b) 集电极电流 I_{C2} 的值。

5 额定值验证

5.1 栅极-发射极短路时集电极-发射极电压 V_{CES}

5.1.1 目的

在规定条件下, 检验器件在栅极-发射极短路时的集电极-发射极电压 V_{CES} 。

5.1.2 原理电路