

功率晶体管安全工作区测试方法

Test methods of safe operating
area for power transistors

1 主题内容与适用范围

本标准规定了功率晶体管的直流、脉冲和安全工作区测试方法及安全工作区的确定方法。本标准是对国家标准 GB 4587《双极型晶体管测试方法》的补充。

本标准适用于功率晶体管安全工作区的测试。

2 安全工作区(直流)

2.1 目的

本试验的目的是为了在稳定的电路中检验由规定的电压、电流及温度所构成的晶体管安全工作区的界限。

2.2 电原理图

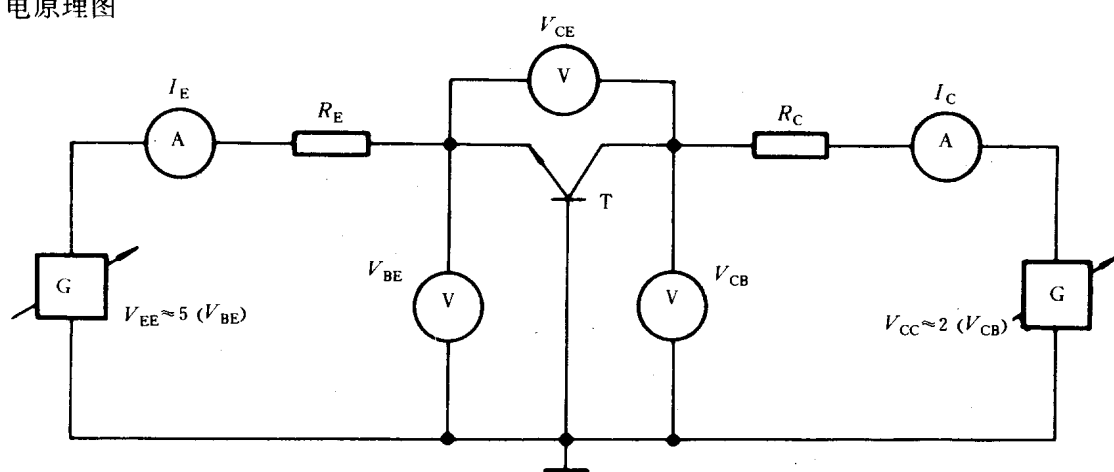


图 1 安全工作区(直流)测试电路

T—被测晶体管

2.3 测试步骤

调整 V_{CC} 和 V_{EE} 来得到规定的 V_{CE} 及 I_C , 晶体管在规定的温度下持续工作到规定的时间。

如果在工作时 I_C 变化超过规定值或测试前后规定的电参数的变化量超过规定值, 则晶体管认为是失效。

2.4 规定条件

2.4.1 最大安全工作区曲线: I_C - V_{CE} 。

2.4.2 环境、管壳或参考点温度 (T_{amb} 、 T_{case} 、 T_{ref})。

2.4.3 V_{CE} 和 I_C 值。

2.4.4 工作时间。

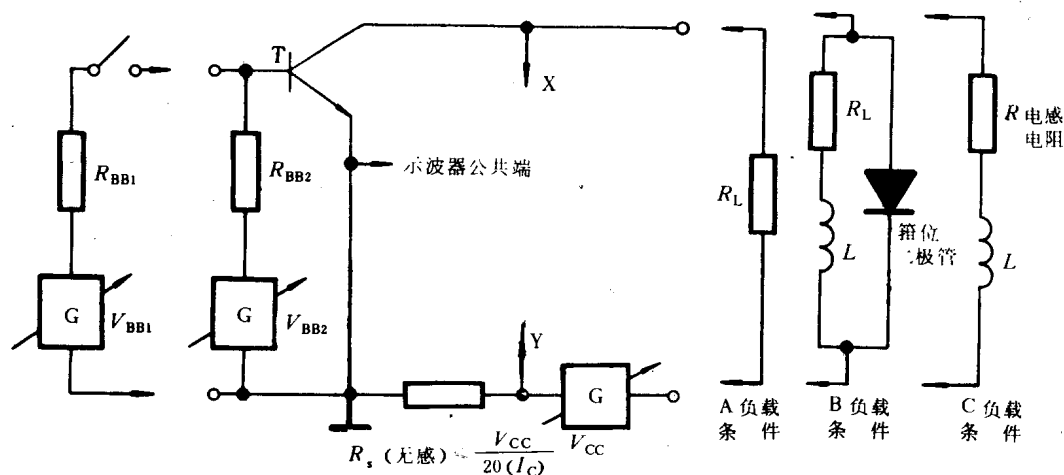


图 3 安全工作区(开关)测试电路

T—被测晶体管

4.3 测试步骤

输出负载电路应符合规定(A、B或C条件)。从低值开始,把 V_{BB2} 和 V_{CC} 调整到规定的电平。把占空比和重复频率调整到规定的条件,增加 V_{BB1} 电压来达到规定的 I_C ;在示波器上观察输出波形(I_C-V_{CE})。

当晶体管断开时(开关),观察在饱和与截止之间的轨迹应是光滑的曲线,振荡或不一致的轨迹为不合格。

4.4 规定条件

4.4.1 最大安全工作区曲线,使用参数坐标如下:

- A 负载条件(电阻负载): I_C-V_{CE} ;
- B 负载条件(箝位感性负载): I_C-V_{CE} ;
- C 负载条件(非箝位感性负载): $I_C-L(R_{BB1}$ 及 R_{BB2} 为函数)。

4.4.2 环境、管壳或参考点温度(T_{amb} , T_{case} , T_{ref})。

4.4.3 输入脉冲和偏置条件:

- 脉冲数或测试持续时间;
- 脉冲宽度 t_w ;
- 脉冲占空比 D ;
- t_r 及 t_f ;
- R_{BB1} 及 V_{BB1} ;
- R_{BB2} 及 V_{BB2} 。

4.4.4 规定的负载和输出偏置条件:

- A 负载条件(电阻负载): R_L 、 I_C 及 V_{CC} 值;
- B 负载条件(箝位感性负载): R_L 、 I_C 及 V_{CC} 值,二极管型号或特性、 L 的电感及直流电阻;
- C 负载条件(非箝位感性负载): I_C 、 V_{CC} 值及电感器 L 的特性包括电感“ Q ”值,直流电阻及响应频率。

4.4.5 试验后测量。

5 功率晶体管安全工作区的确定方法

5.1 概述

在规定的条件下,通过测试直流状态下的集电极最大允许电流 I_{CM} 、热阻 R_{th} 所确定的集电极最大耗散功率 P_{CM} 、直流二次击穿功率线 P_{SB} 及维持电压 $V_{CE0(SUS)}$,在 $\lg I_C$ - $\lg V_{CE}$ 双对数坐标平面上作出功率晶体管的直流安全工作区。

通过测试脉冲状态下的集电极最大允许脉冲电流 I_{CMP} 、瞬态热阻 $Z_{th}(t) = f(t_w)$ (例如单脉冲脉冲宽度 $t_w = 10\text{ ms}$ 、 $t_w = 1\text{ ms}$ ……) 所确定的集电极最大脉冲耗散功率线 $P_{CMP} = f(t_w)$ 、脉冲二次击穿功率线 $P_{SBP} = f(t_w)$ (脉宽为 t_w 的单脉冲或脉冲宽度为 t_w 、占空比 $D \leq 1:16$ 的连续脉冲)、及维持电压 $V_{CEO(SUS)}$ 或 $V_{(BR)CEO}$ 。在 $\lg I_C - \lg V_{CE}$ 双对数坐标平面上作出功率晶体管的脉冲安全工作区。

功率晶体管的直流安全工作区和脉冲安全工作区组成了其安全工作区,如图4所示。

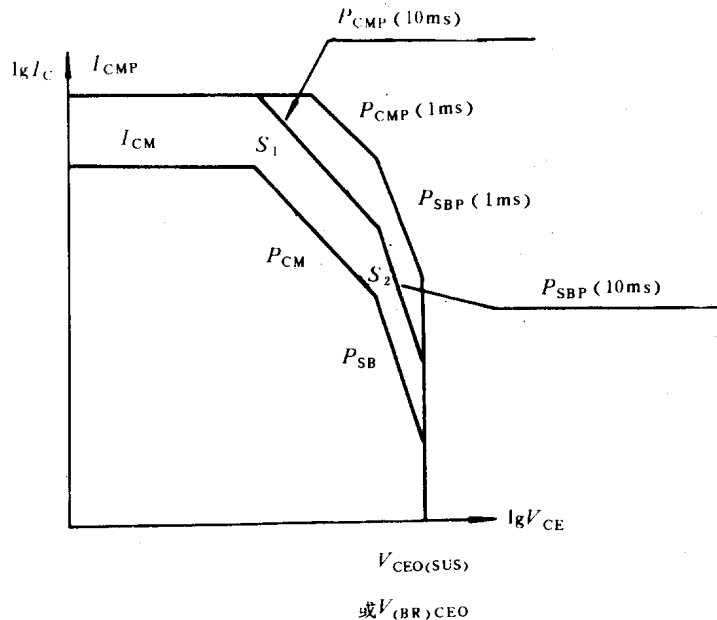


图 4 功率晶体管的安全工作区

5.2 目的

在规定条件下确定功率晶体管的安全工作区。

晶体管集电极最大允许电流 I_{CM} 和集电极最大允许脉冲电流 I_{CMP} 的测试。

在规定条件下测试晶体管的集电极最大允许电流和最大允许脉冲电流。

5.3 电原理图

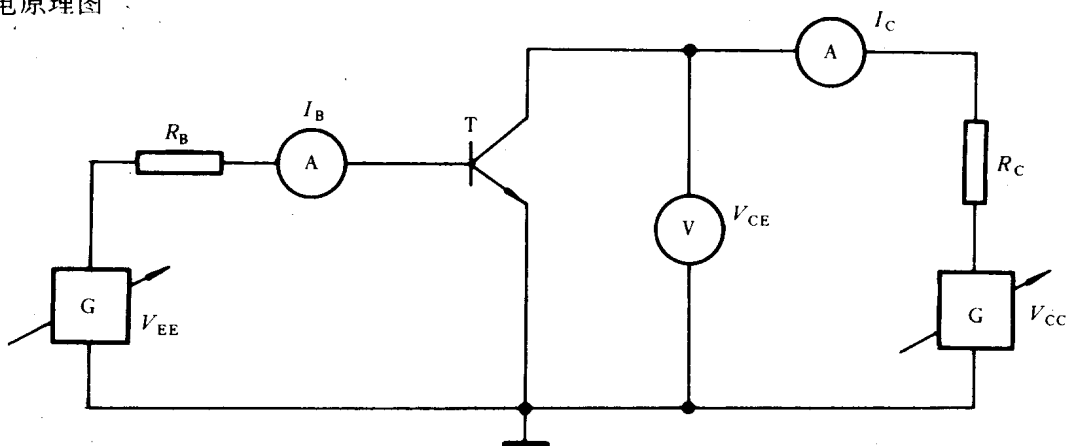


图 5 $I_{CM}(I_{CMP})$ 测试电路

T—被测晶体管; V_{EE} —直流可调电压源(测 I_{CMP} 时为规定脉冲宽度 t_w 及规定占空比 D 的幅度可调的脉冲信号源); V_{CC} —直流可调电压源; R_B —限流电阻; R_C —限流电阻

注: 测 I_{CMP} 时, I_B 和 I_C 直流电流表将改用峰值电流表, V_{CE} 直流电压表将改用峰值电压表。

被测管 T 为功率较大的晶体管时, 应加所规定的散热器后再进行测试。

5.4 测试步骤

调节 V_{CE} 电压到规定值,调节 I_B 达到预定的 I_C 值后(此时应保证直流耗散功率 $P_C \leq P_{CM}$ 或脉冲耗散功率 $P_{CP} \leq P_{CMP}$),维持规定的时间。

然后让被测管在室温下自然恢复一小时后,复测规定的电参数(应在试验后两小时内测试完毕),若上述电参数的变化均未超过规定值,则试验预定的 I_C 值即为 I_{CM} (或 I_{CMP}) 值。

5.5 规定条件

限流电阻 R_B 及 R_C 的阻值;

环境温度、管壳温度或参考点温度(T_{amb} 、 T_{case} 、 T_{ref});

规定的 V_{CE} 电压及额定的 I_C 电流;

规定的测试时间;

规定的脉冲宽度 t_w 及规定的占空比 D ;

测试前后规定进行检测的电参数及其允许的变化量。

5.6 晶体管热阻 R_{th} 及瞬态热阻 Z_{th} 的测试

见国家标准 GB 4587的2.10及A5。

5.7 晶体管直流二次击穿功率 P_{BR} 及脉冲二次击穿功率 P_{SBP} 的测试

见国家标准 GB 4587的A7。

5.8 晶体管维持电压 $V_{CEO(SUS)}$ 或击穿电压 $V_{(BR)CEO}$ 的测试

见国家标准 GB 4587的A6或2.9。

5.9 注意事项

5.9.1 若 P_{CM} 线与 P_{SB} 线交点 S_2 处对应的电压为 V_{CE1} ,则在 V_{CE1} 电压下所测得的热阻 R_{th} 值应不大于 P_{CM} 所对应的热阻规范值。 P_{CMP} 的检测方法与上述相同。

5.9.2 P_{SB} 线及 P_{SBP} 线一般可在 $P_C \leq P_{CM}$ 与 $V_{CEO(SUS)}$ 或 $V_{(BR)CEO}$ 之间规定的两个 V_{CE} 电压点(或 I_C 电流点)测试后用直线联接,并乘以一定的余量系数 K 后构成(在个别情况下,当 P_{SB} 线及 P_{SBP} 线呈折线状时应增加测试点)。

5.9.3 P_{SB} 线的测试和检测可采用直流、脉宽 $t_w = 1$ s 的单脉冲或脉冲宽度 $t_w \geq 100$ ms、占空比 $D = 1:2$ 的连续脉冲。

5.9.4 P_{SB} 线与 P_{SBP} 线上任一点在规定的条件上检测时,均应不发生二次击穿。

5.9.5 当 P_{SB} 线上各点的 P_{SB} 功率在 $V_{CE} \leq V_{CEO(SUS)}$ 范围内均大于 P_{CM} (即 P_{SB} 线与 P_{CM} 线无交点)时,安全工作区上将不出现 P_{SB} 线。 P_{SBP} 线是否在安全工作区上出现则是视其在上述条件下与相应的 P_{CMP} 线有无交点而定。

附加说明:

本标准由北京无线电仪器厂负责起草。