



# 中华人民共和国国家标准

GB/T 4587—2023

代替 GB/T 4587—1994

## 半导体器件 分立器件 第7部分：双极型晶体管

Semiconductor devices—Discrete devices—Part 7: Bipolar transistors

(IEC 60747-7:2019, MOD)

2023-09-07 发布

2024-04-01 实施

国家市场监督管理总局  
国家标准化管理委员会 发布

## 目 次

前言 .....	V
引言 .....	VIII
1 范围 .....	1
2 规范性引用文件 .....	1
3 术语和定义 .....	1
4 文字符号 .....	6
4.1 概述 .....	6
4.2 补充下标 .....	6
4.3 文字符号一览表 .....	6
4.3.1 概述 .....	6
4.3.2 电压 .....	7
4.3.3 电流 .....	7
4.3.4 功率 .....	8
4.3.5 电参数 .....	8
4.3.6 频率参数 .....	11
4.3.7 开关参数 .....	12
4.3.8 损耗 .....	13
4.3.9 其他参数 .....	13
4.3.10 配对双极型晶体管 .....	14
4.3.11 电阻偏置晶体管 .....	14
5 基本额定值和特性 .....	14
5.1 概述 .....	14
5.2 小信号晶体管 .....	15
5.2.1 额定值(极限值) .....	15
5.2.2 特性 .....	15
5.3 线性功率晶体管 .....	16
5.3.1 额定值(极限值) .....	16
5.3.2 特性 .....	17
5.4 放大和振荡用高频功率晶体管 .....	18
5.4.1 额定值(极限值) .....	18
5.4.2 特性 .....	18
5.5 开关晶体管 .....	20
5.5.1 额定值(极限值) .....	20

5.5.2	特性	21
5.6	电阻偏置晶体管	24
5.6.1	额定值(极限值)	24
5.6.2	特性	24
6	验证方法及测试方法	25
6.1	概述	25
6.2	额定值(极限值)的验证方法	25
6.2.1	接收判据	25
6.2.2	集电极电流( $I_C$ )	26
6.2.3	峰值集电极电流( $I_{CM}$ )	26
6.2.4	基极电流( $I_B$ )	27
6.2.5	峰值基极电流( $I_{BM}$ )	28
6.2.6	集电极-基极电压( $V_{CBO}$ 、 $V_{CBS}$ 、 $V_{CBR}$ 、 $V_{CBX}$ )	28
6.2.7	集电极-发射极电压( $V_{CEO}$ 、 $V_{CES}$ 、 $V_{CER}$ 、 $V_{CEX}$ )、输出电压( $V_O$ )	29
6.2.8	发射极-基极电压( $V_{EBO}$ )、输入电压( $V_1$ )	30
6.2.9	安全工作区	31
6.2.10	输出电流( $I_O$ )	34
6.2.11	集电极-发射极维持电压	35
6.3	特性的测试方法	36
6.3.1	负载为感性时的开通时间和开通损耗	36
6.3.2	负载为感性时的关断时间和关断损耗	38
6.3.3	集电极-发射极截止电流(直流法)( $I_{CEO}$ 、 $I_{CEX}$ 、 $I_{CES}$ 、 $I_{CER}$ )	39
6.3.4	集电极-基极截止电流(直流法)( $I_{CBO}$ )	40
6.3.5	发射极-基极截止电流(直流法)( $I_{EBO}$ )	40
6.3.6	集电极-发射极饱和电压( $V_{CEsat}$ )	40
6.3.7	基极-发射极饱和电压( $V_{BEsat}$ )	42
6.3.8	基极-发射极电压(直流法)( $V_{BE}$ )	43
6.3.9	电容	44
6.3.10	混合参数(小信号和大信号)	47
6.3.11	热阻	53
6.3.12	负载为阻性时的开关时间	56
6.3.13	高频参数( $f_T$ , y..e, s..)	58
6.3.14	噪声系数( $F$ )	66
6.3.15	配对双极型晶体管的测试方法	72
6.3.16	电阻偏置晶体管的测试方法	74
7	接收和可靠性	78
7.1	一般要求	78

7.2 特殊要求 .....	78
7.2.1 耐久性试验一览表 .....	78
7.2.2 耐久性试验条件 .....	78
7.2.3 可靠性试验中判定接收的特性和接收判据 .....	78
7.3 耐久性和可靠性试验方法 .....	79
7.3.1 高温反偏(HTRB) .....	79
7.3.2 间歇寿命试验 .....	79
7.4 型式试验和例行试验 .....	80
7.4.1 型式试验 .....	80
7.4.2 例行试验 .....	80
附录 A (资料性) 安全工作区的确定 .....	82
附录 B (资料性) 结构编号对照一览表 .....	84

## 前 言

本文件按照 GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第 1 部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

本文件是《半导体器件 分立器件》的第 7 部分，《半导体器件 分立器件》已经发布了以下部分：

- 第 1 部分：总则；
- 第 2 部分：整流二极管；
- 第 2-1 部分：100 A 以下环境或管壳额定整流二极管(包括雪崩整流二极管)空白详细规范；
- 第 2-2 部分：大于 100 A, 环境和管壳额定的整流二极管(包括雪崩整流二极管)空白详细规范；
- 第 3 部分：信号(包括开关)二极管和调整二极管；
- 第 3-1 部分：信号二极管、开关二极管和可控雪崩二极管空白详细规范；
- 第 3-2 部分：信号(包括开关)二极管和调整二极管电压调整二极管 电压基准二极管(不包括温度补偿精确基准二极管)空白详细规范；
- 第 4 部分：微波器件；
- 第 4-1 部分：微波二极管和晶体管 微波场效应晶体管详细规范；
- 第 6 部分：晶闸管；
- 第 6-1 部分：100 A 以下环境或管壳额定反向阻断三极闸流晶体管空白详细规范；
- 第 6-2 部分：100 A 以下环境或管壳额定双向三极闸流晶体管空白详细规范；
- 第 6-3 部分：电流大于 100 A、环境和管壳额定的反向阻断三极晶闸管空白详细规范；
- 第 7 部分：双极型晶体管；
- 第 7-1 部分：高低频放大环境额定的双极型晶体管空白详细规范；
- 第 7-2 部分：低频放大管壳额定的双极型晶体管空白详细规范；
- 第 7-3 部分：开关用双极型晶体管空白详细规范；
- 第 7-4 部分：高频放大管壳额定双极型晶体管空白详细规范；
- 第 8 部分：场效应晶体管；
- 第 8-1 部分：1 GHz、5 W 以下的单栅场效应晶体管空白详细规范；
- 第 8-3 部分：管壳额定开关用场效应晶体管空白详细规范；
- 第 9 部分：绝缘栅双极晶体管(IGBT)；
- 第 10 部分：分立器件和集成电路总规范；
- 第 11 部分：分立器件分规范。

本文件代替 GB/T 4587—1994《半导体分立器件和集成电路 第 7 部分：双极型晶体管》，与 GB/T 4587—1994 相比，除文件结构调整和编辑性改动外，主要技术变化如下。

- a) 范围中明确不包括微波晶体管，并增加了电阻偏置晶体管(见第 1 章)。
- b) 术语和定义：
  - 1) 删除了晶体管类型、通用术语、电路组态、集电极串联电阻、发射极串联电阻、非本征基极电阻、阿莱电压及 S-参数的术语和定义(见 1994 年版的第 II 章中的 1、2、3、4.4、4.5、4.7、4.20、5)；
  - 2) 增加了“特定的功能区”(见 3.1)、“开通时间”和“关断时间”(见 3.3.7.2、3.3.7.3)、“集电极-发射极维持电压”(见 3.3.8)、“开通损耗”和“关断损耗”(见 3.3.9、3.3.10)、“电阻偏置晶体

管”的术语和定义(见 3.2、3.3.15~3.3.21)。

c) 文字符号:

- 1) 删除了电压参数中的“击穿电压”(见 1994 年版的第 II 章 6.4.1)、静态参数中的“固有大信号正向电流传输比”(见 1994 年版的第 II 章 6.4.4.1)、开关参数中的“发射极耗尽层电容、集电极耗尽层电容”(见 1994 年版的第 II 章 6.4.6)及“外电路参数”(见 1994 年版的第 II 章 6.4.8)的文字符号;
- 2) 增加了“开通损耗”“关断损耗”“功率增加效率”及“电阻偏置晶体管”的文字符号(见 4.3.8、4.3.9、4.3.11)。

d) 基本额定值和特性:

- 1) 删除了小信号晶体管的“高频参数”(见 1994 年版的第 III 章第 1 节 3.9、3.11);放大和振荡用高频功率晶体管的“基极与发射极短路时的最高集电极-发射极电压( $V_{CES}$ )、基极开路时的最高集电极-发射极电压( $V_{CEO}$ )和(或)外接电阻为规定值时的最高集电极-发射极电压( $V_{CER}$ )”(见 1994 年版的第 III 章第 3 节 5.3、5.4、5.5);开关晶体管的“计算机辅助电路设计的附加特性”(见 1994 年版的第 III 章第 4 节 3.4);
- 2) 所有类型的晶体管均规定了“热阻”或“热特性”的要求,(见 5.2.2.11、5.3.2.8、5.4.2.11、5.5.2.11、5.6.2.8),小信号晶体管中配对双极型晶体管增加了“集电极电流之比”(见 5.2.2.12),开关晶体管增加了“集电极-发射极维持电压、安全工作区、开关损耗”(见 5.5.1.2.4、5.5.1.4、5.5.2.6、5.5.2.7);
- 3) 增加了“电阻偏置晶体管”(见 5.6)。

e) 测试方法:

- 1) 删除了通用测试方法中“共基极和共发射极  $h$ -参数的表达式的测试方法”(见 1994 年版的第 IV 章第 1 节 9.5)、“二次击穿电流额定值的验证方法”(见 1994 年版的第 IV 章第 1 节 10.3)、“共发射极短路输入阻抗的实部  $R_{e(ch11e)}$ ”(见 1994 年版的第 IV 章第 1 节 13.4),以及“基准测试方法”(见 1994 年版的第 IV 章第 2 节);
- 2) 增加了额定值(极限值)的验证方法;将集电极-基极电压、发射极-基极电压和集电极-发射极维持电压的测试方法调整到额定值的验证方法(见 6.2.6、6.2.7、6.2.8、6.2.11);增加了“电流额定值的验证、反向偏置安全工作区和短路安全工作区的验证”(见 6.2);
- 3) 增加了“负载为感性时的开关时间和开关损耗的测试方法”(见 6.3.1、6.3.2)、“基极-发射极饱和电压”的测试增加了脉冲法(见 6.3.7.2)、“配对双极型晶体管和电阻偏置晶体管的测试方法”(见 6.13.15、6.13.16);
- 4) 基极-发射极电压(直流法)测试电路由“共基极”更改为“共发射极”(见 6.3.8);负载为阻性时的开关时间的信号采样由电压信号更改为电流信号(见 6.3.12)。

f) 混合参数的概述中“采用共集电极组态的  $h_{21c}$  则例外,  $h_{21c}$  是用  $h_{21e}$  计算得到的”更改为“采用共集电极组态则例外,  $h_{21c}$  是用  $h_{21c}$  计算得到的”(见 6.3.10.1, 见 1994 年版的第 IV 章第 2 节 9)。

g) 接收和可靠性:

- 1) 增加了功率开关晶体管和电阻偏置晶体管的耐久性试验后判定接收的判据(见 7.2.3);
- 2) 更改了耐久性试验方法(见 7.3, 见 1994 年版的第 V 章第 1 节 2);
- 3) 增加了型式试验和例行试验(见 7.4)。

本文件修改采用 IEC 60747-7:2019《半导体器件 分立器件 第 7 部分:双极型晶体管》。

本文件与 IEC 60747-7:2019 相比,在结构上有较多调整,两个文件之间的结构编号变化对照一览表见附录 B。

本文件与 IEC 60747-7:2019 相比存在技术差异,在所涉及的条款的外侧页边空白位置用垂直单线

(1)进行了标示,具体技术差异及其原因如下:

- 更改“参考点温度或结晶( $T_a$  或  $T_c$ )”为“环境温度或管壳温度( $T_a$  或  $T_c$ )”,该验证方法与参考点温度无关,与环境温度相关[见 6.2.10d)];
- 更改“对于 PNP 晶体管,要调换图 33 中的集电极电压源( $V_{CC}$ )和电流方向( $I_E, I_M$ )的极性”为“对于 PNP 晶体管,要调换图 33 中的集电极电压源( $V_{CC}$ )和电流方向( $I_H, I_M$ )的极性”,与电路图 33 保持一致[见 6.3.11.3c)];
- 更改“图 34 中两条曲线之间的水平距离  $\Delta V_{EB}$  由随电流逐渐增大而增大趋势”为“随电流逐渐增大而减小趋势”;更改横轴“发射极-基极电压变化量( $\Delta V_{EB}$ )”为“发射极-基极电压( $V_{EB}$ )”(见 6.3.11.3),以与产品变化规律相符合;
- 更改“图 35 中  $\Delta V_{EB}^{(1)}$  小于  $\Delta V_{EB}^{(2)}$ ”为“ $\Delta V_{EB}^{(1)}$  大于  $\Delta V_{EB}^{(2)}$ ”(见 6.3.11.3),以与产品变化规律相符合。

本文件做了下列编辑性改动:

- 增加了术语符号(见 3.2.5、3.2.6、3.3.1~3.3.7、3.3.13~3.3.21);
- 更改第 6 章标题“测试方法”为“验证方法及测试方法”(见第 6 章);
- 更改 6.3 标题“测试方法”为“特性的测试方法”(见 6.3)。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由中华人民共和国工业和信息化部提出。

本文件由全国半导体器件标准化技术委员会(SAC/TC 78)归口。

本文件起草单位:石家庄天林石无二电子有限公司、中国电子科技集团公司第十三研究所、哈尔滨工业大学、捷捷半导体有限公司。

本文件主要起草人:赵玉玲、吕瑞芹、李丽霞、宋凤领、李兴冀、王立康、韩东、张超、杨剑群、张世景、赵山林。

本文件及其所代替文件的历次版本发布情况为:

- 1984 首次发布为 GB 4587—1984;
- 1994 年第一次修订为 GB/T 4587—1994;
- 本次为第二次修订。

## 引 言

半导体分立器件是电子行业的通用基础产品,为电子系统中的最基本单元,其性能与可靠性直接影响工程质量和可靠性。《半导体器件 分立器件》是半导体分立器件的基础标准,对于规范半导体分立器件的参数体系、验证、测试方法及质量考核起着重要作用,拟由 26 个部分构成。

- 第 1 部分:总则。目的在于规定有关适用于各类分立器件标准的一般原则或要求。
- 第 2 部分:整流二极管。目的在于规定整流二极管的术语、文字符号、基本额定值和特性以及测试方法等产品特定要求。
- 第 2-1 部分:100 A 以下环境或管壳额定整流二极管(包括雪崩整流二极管)空白详细规范。目的在于规定 100 A 以下环境或管壳额定整流二极管(包括雪崩整流二极管)详细规范的基本要求。
- 第 2-2 部分:大于 100 A、环境和管壳额定的整流二极管(包括雪崩整流二极管)空白详细规范。目的在于规定 100 A 以上环境和管壳额定的整流二极管(包括雪崩整流二极管)详细规范的基本要求。
- 第 3 部分:信号(包括开关)二极管和调整二极管。目的在于规定信号二极管(包括开关二极管)、电压基准二极管和电压调整二极管、电流调整二极管的术语、文字符号、基本额定值和特性以及测试方法等产品特定要求。
- 第 3-1 部分:信号二极管、开关二极管和可控雪崩二极管空白详细规范。目的在于规定信号二极管、开关二极管和可控雪崩二极管详细规范的基本要求。
- 第 3-2 部分:信号(包括开关)二极管和调整二极管电压调整二极管 电压基准二极管(不包括温度补偿精确基准二极管)空白详细规范。目的在于规定信号(包括开关)二极管和调整二极管电压调整二极管中电压基准二极管(不包括温度补偿精确基准二极管)详细规范的基本要求。
- 第 4 部分:微波器件。目的在于规定微波器件的术语、文字符号、基本额定值和特性以及测试方法等产品特定要求。
- 第 4-1 部分:微波二极管和晶体管 微波场效应晶体管详细规范。目的在于规定微波二极管和晶体管中微波场效应晶体管详细规范的基本要求。
- 第 6 部分:晶闸管。目的在于规定晶闸管的术语、文字符号、基本额定值和特性以及测试方法等产品特定要求。
- 第 6-1 部分:100 A 以下环境或管壳额定反向阻断三极闸流晶体管空白详细规范。目的在于规定 100 A 以下环境或管壳额定反向阻断三极闸流晶体管详细规范的基本要求。
- 第 6-2 部分:100 A 以下环境或管壳额定双向三极闸流晶体管空白详细规范。目的在于规定 100 A 以下环境或管壳额定双向三极闸流晶体管详细规范的基本要求。
- 第 6-3 部分:电流大于 100 A、环境和管壳额定的反向阻断三极晶闸管空白详细规范。目的在于规定电流 100 A 以上环境和管壳额定的反向阻断三极晶闸管详细规范的基本要求。
- 第 7 部分:双极型晶体管。目的在于规定几种类型双极型晶体管(微波晶体管除外)的术语、文字符号、基本额定值和特性以及测试方法等产品特定要求。
- 第 7-1 部分:高低频放大环境额定的双极型晶体管空白详细规范。目的在于规定高低频放大环境额定的双极型晶体管详细规范的基本要求。
- 第 7-2 部分:低频放大管壳额定的双极型晶体管空白详细规范。目的在于规定低频放大管壳



额定的双极型晶体管详细规范的基本要求。

- 第 7-3 部分:开关用双极型晶体管空白详细规范。目的在于规定开关用双极型晶体管详细规范的基本要求。
- 第 7-4 部分:高频放大管壳额定双极型晶体管空白详细规范。目的在于规定高频放大管壳额定双极型晶体管详细规范的基本要求。
- 第 8 部分:场效应晶体管。目的在于规定几种场效应晶体管的术语、文字符号、基本额定值和特性以及测试方法等产品特定要求。
- 第 8-1 部分:1 GHz、5 W 以下的单栅场效应晶体管空白详细规范。目的在于规定 1 GHz、5 W 以下的单栅场效应晶体管详细规范的基本要求。
- 第 8-3 部分:管壳额定开关用场效应晶体管空白详细规范。目的在于规定管壳额定开关用场效应晶体管详细规范的基本要求。
- 第 9 部分:绝缘栅双极晶体管(IGBT)。目的在于规定几种绝缘栅双极晶体管(IGBT)的术语、文字符号、基本额定值和特性以及测试方法等产品特定要求。
- 第 10 部分:分立器件和集成电路总规范。目的在于规定半导体器件质量评定的总程序,规定电特性测试方法、气候和机械试验、耐久性试验的总原则。
- 第 11 部分:分立器件分规范。目的在于规定有关评定半导体分立器件所需的质量评定程序、检验要求、筛选序列、抽样要求、试验和测试方法的内容。
- 第 15 部分:绝缘功率半导体器件。目的在于规定绝缘功率半导体器件的术语、文字符号、基本额定值和特性以及测试方法等产品特定要求。
- 第 17 部分:基本和加强隔离的电磁和电容耦合器。目的在于规定基本和加强隔离的电磁和电容耦合器的术语、文字符号、基本额定值和特性以及测试方法等产品特定要求。

《半导体器件 分立器件》对应采用 IEC 60747 各部分,以保证与国际标准一致,实现半导体分立器件的参数体系、验证方法、测试方法、可靠性评价、质量水平等与国际接轨。通过制定该文件,为半导体分立器件的研制、生产和检验提供依据和重要支撑。

# 半导体器件 分立器件

## 第7部分：双极型晶体管

### 1 范围

本文件给出了下列几种类型双极型晶体管(微波晶体管除外)的有关要求：

- 小信号晶体管(开关和微波用除外)；
- 线性功率晶体管(开关、高频和微波用除外)；
- 放大和振荡用高频功率晶体管；
- 高速开关和电源开关用开关晶体管；
- 电阻偏置晶体管。

### 2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本(包括所有的修改单)适用于本文件。

GB/T 2900.66—2004 电工术语 半导体器件和集成电路(IEC 60050-521:2002, IDT)

IEC 60747-1:2006 半导体器件 第1部分 总则(Semiconductor devices—Part 1:General)

注：GB/T 17573—1998 半导体器件 分立器件和集成电路 第1部分：总则(IEC 60747-1:1983, IDT)

IEC 60747-4:2007 半导体器件 分立器件 第4部分 微波器件(Semiconductor devices—Discrete devices—Part 4: Microwave diodes and transistors)

注：GB/T 20516—2006 半导体器件 分立器件 第4部分：微波器件(IEC 60747-4:2001, IDT)

### 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

#### 3.1 特定的功能区

##### 3.1.1

##### **集电功能区 functional collector region**

该区是收集多数载流子的区域，收集经过基区传输并越过集电结的多数载流子。

注：正常工作模式下，该功能区位于集电区，在反向工作模式下，位于发射区。

##### 3.1.2

##### **发射功能区 functional emitter region**

该区是提供多数载流子的区域，多数载流子越过发射结注入功能基区。

注：正常工作模式下，该功能区位于发射区，在反向工作模式下，位于集电区。

##### 3.1.3

##### **功能基区 functional base region**

该区是控制区，主电流流经该区，该区多数载流子的浓度取决于所施加的基极电流的大小。