



中华人民共和国国家标准

GB/T 4023.4—2026

代替 GB/T 20516—2006

半导体分立器件 第 4 部分：微波二极管和晶体管

Discrete semiconductor devices—Part 4: Microwave diodes and transistors

(IEC 60747-4:2017, Semiconductor devices—Discrete devices—
Part 4: Microwave diodes and transistors, MOD)

2026-04-30 发布

2026-11-01 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	VII
引言	IX
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
3.1 微波二极管	1
3.2 晶体管	6
4 变容二极管	10
4.1 概述	10
4.2 基本额定值和特性	10
4.2.1 额定值	10
4.2.2 特性	11
4.3 测试方法	12
4.3.1 总电容 C_t	12
4.3.2 反向电流 I_R	14
4.3.3 反向击穿电压 V_{BR}	14
4.3.4 正向微分电阻 r_F	15
4.3.5 稳态热阻 R_{th}	16
4.3.6 串联电感 L_s	18
4.3.7 品质因素 Q	19
4.3.8 串联电阻 R_s	21
4.3.9 截止频率 f_c	21
5 阶跃二极管	21
5.1 概述	21
5.2 基本额定值和特性	22
5.2.1 额定值	22
5.2.2 特性	22
5.3 测试方法	23
5.3.1 分布电容 C_P 、结电容 C_j 和总电容 C_t	23
5.3.2 反向电流 I_R	23
5.3.3 反向击穿电压 V_{BR}	23
5.3.4 正向电压 V_F	23
5.3.5 正向微分电阻 r_F	25

5.3.6	稳态热阻 R_{th}	25
5.3.7	串联电感 L_s	25
5.3.8	串联电阻 R_s	25
5.3.9	少数载流子寿命 τ	25
5.3.10	阶跃时间 t_{st}	27
6	混频二极管	28
6.1	概述	28
6.2	基本额定值和特性	29
6.2.1	额定值	29
6.2.2	特性	29
6.3	测试方法	30
6.3.1	分布电容 C_p 、结电容 C_j 和总电容 C_t	30
6.3.2	反向电流 I_R	30
6.3.3	反向击穿电压 V_{BR}	30
6.3.4	正向电压 V_F	30
6.3.5	正向微分电阻 r_F	30
6.3.6	动态电阻 R_D	30
6.3.7	串联电感 L_s	30
6.3.8	串联电阻 R_s (混频二极管)	30
6.3.9	噪声系数 NF	31
6.3.10	中频阻抗 Z_{if}	31
6.3.11	电压驻波比 $VSWR$	33
6.3.12	变频损耗 L_c	35
6.3.13	输出噪声比 N_r	37
6.3.14	可承受最大功率 P_m	39
7	检波二极管	40
7.1	概述	40
7.2	基本额定值和特性	40
7.2.1	额定值	40
7.2.2	特性	41
7.3	测试方法	41
7.3.1	分布电容 C_p 、结电容 C_j 和总电容 C_t	41
7.3.2	反向电流 I_R	41
7.3.3	反向击穿电压 V_{BR}	42
7.3.4	正向电压 V_F	42
7.3.5	正向微分电阻 r_F	42
7.3.6	动态电阻 R_D	42

7.3.7	串联电阻 R_s	42
7.3.8	视频电阻 R_v	42
7.3.9	电压灵敏度 S_v	43
7.3.10	电流灵敏度 S_i	44
7.3.11	正切灵敏度 T_{SS}	45
7.3.12	可承受最大功率 P_m	46
8	体效应二极管	46
8.1	概述	46
8.2	基本额定值和特性	46
8.2.1	额定值	46
8.2.2	特性	47
8.3	测试方法	47
8.3.1	低场电阻 R_0	47
8.3.2	阈值电流 I_{th} 、阈值电压 V_{th}	48
8.3.3	脉冲击穿电压 V_{BR}	49
8.3.4	热阻 R_{th} (体效应二极管)	50
8.3.5	微波输出功率 P_o 、频率 f 、效率 η	51
9	PIN 二极管	53
9.1	概述	53
9.2	基本额定值和特性	53
9.2.1	额定值	53
9.2.2	特性	53
9.3	测试方法	54
9.3.1	分布电容 C_p 、结电容 C_j 和总电容 C_t	54
9.3.2	反向电流 I_R	54
9.3.3	反向击穿电压 V_{BR}	54
9.3.4	正向电压 V_F	54
9.3.5	正向微分电阻 r_F	54
9.3.6	稳态热阻 R_{th}	54
9.3.7	瞬态热阻 Z_{th}	54
9.3.8	串联电阻 R_s	56
9.3.9	少数载流子寿命 τ	56
9.3.10	有效少数载流子寿命	56
9.3.11	反向恢复时间 t_{rr}	58
10	噪声二极管	59
10.1	概述	59
10.2	基本额定值和特性	59

10.2.1	额定值	59
10.2.2	特性	60
10.3	测试方法	60
10.3.1	分布电容 C_P 、结电容 C_j 和总电容 C_t	60
10.3.2	反向电流 I_R	61
10.3.3	反向击穿电压 V_{BR}	61
10.3.4	正向电压 V_F	61
10.3.5	正向微分电阻 r_F	61
10.3.6	反向微分电阻 r_R	61
10.3.7	超噪比 ENR	61
11	双极型晶体管	62
11.1	概述	62
11.2	基本额定值和特性	62
11.2.1	概述	62
11.2.2	限值(绝对最大额定值体系)	63
11.3	测试方法	64
11.3.1	概述	64
11.3.2	直流特性	66
11.3.3	射频特性	66
11.4	验证方法	77
11.4.1	负载失配容限(ψ_L)	77
11.4.2	源失配容限(ψ_S)	80
11.4.3	负载失配不损坏(ψ_R)	82
12	场效应晶体管	83
12.1	概述	83
12.2	基本额定值和特性	83
12.2.1	概述	83
12.2.2	限值(绝对最大额定值体系)	84
12.3	测试方法	85
12.3.1	概述	85
12.3.2	直流特性	86
12.3.3	射频特性	92
12.4	验证方法	101
12.4.1	负载失配容限(ψ_L)	101
12.4.2	源失配容限(ψ_S)	101
12.4.3	负载失配不损坏(ψ_R)	101
13	评价和可靠性——特殊要求	101

13.1	电试验条件	101
13.2	接收试验的失效判据和判定失效的特性	101
13.3	可靠性试验的失效判据和判定失效的特性	101
13.4	试验出现差错时的程序	101
附录 A (资料性)	结构编号对照一览表	106
附录 B (资料性)	技术差异及其原因	109

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 GB/T 4023 的第 4 部分。GB/T 4023 已经发布了以下部分：

- 半导体分立器件 第 1 部分：分规范(GB/T 4023.1—2026)；
- 半导体器件 分立器件和集成电路 第 2 部分：整流二极管(GB/T 4023—2015)；
- 半导体分立器件 第 3 部分：信号、开关和调整二极管(GB/T 4023.3—2026)；
- 半导体分立器件 第 4 部分：微波二极管和晶体管(GB/T 4023.4—2026)。

本文件代替 GB/T 20516—2006《半导体器件 分立器件 第 4 部分：微波器件》，与 GB/T 20516—2006 相比，除结构调整和编辑性改动外，主要技术变化如下：

- a) 增加了微波二极管的术语和定义(见 3.1)；删除了“温度”和“其他定义”(见 2006 年版第 VII 篇 2.2.1 和 2.2.5)等术语和定义；增加了“栅-漏击穿电压”(见 3.2.3.3)、“输出功率”(见 3.2.1.1、3.2.1.2)、“功率增益”(3.2.1.3)、“噪声系数”(见 3.2.1.5)、“源反射因子”(见 3.2.1.8)、“频率”(见 3.2.1.10、3.2.1.11、3.2.1.12)、“增益”(见 3.2.1.13、3.2.3.5、3.2.3.6)、“漏极效率”(见 3.2.3.8)、“截距点功率”(见 3.2.1.14、3.2.1.15)、“交调失真”(见 3.2.1.16)、“失配”(见 3.2.1.17、3.2.1.18、3.2.1.19)等术语和定义；
- b) 更改了变容二极管用途(见 4.1, 2006 年版第 II 篇第 1 节 1)，删除了“最大平均正向电流”“最大峰值正向电流”“耗散功率”等额定值(见 2006 年版第 II 篇第 1 节 3.2)，删除了“开关时间”“存储电荷或少数载流子寿命”“渡越时间”等电特性(见 2006 年版第 II 篇第 1 节 3.3)，删除了正向电压、瞬态热阻抗测试方法，删除了“变容二极管的例子”“阻抗转换法”和“等品质因数圆法”(见 2006 年版第 II 篇第 1 节 4.2 和 4.8~4.11)；增加了反向击穿电压、正向微分电阻和截止频率等参数及测试方法(见 4.3.3、4.3.4 和 4.3.9)；增加了电容测试仪器法测总电容(见 4.3.1.3)和 LCR 测试仪法测串联电感(见 4.3.6.2)；
- c) 增加了电容、反向电流等参数及测试方法(见 5.3.1~5.3.8)；删除了阶跃二极管“反向恢复时间”的测试方法(见 2006 年版第 II 篇第 2 节 4.2)；
- d) 增加了混频二极管低频参数测试方法和矢量网络分析仪法测电压驻波比，电压驻波比测试方法中增加失网分析法(见 6.3)，删除了“整流电流”的测试方法(见 2006 年版第 III 篇第 1 节 4.3)；
- e) 增加了检波二极管内容(见第 7 章)；
- f) 增加了体效应二极管“阈值电流”“热阻”及“微波输出功率、频率、效率”的测试方法(见 8.3.2、8.3.4、8.3.5)；
- g) 增加了 PIN 二极管内容(见第 9 章)；
- h) 增加了噪声二极管内容(见第 10 章)；
- i) 删除了雪崩二极管内容(见 2006 年版第 IV 篇)；
- j) 增加了双极型晶体管内容(见第 11 章)；
- k) 增加了场效应晶体管“漏-源短路时的栅极电流”(见 12.3.2.2)、“栅-漏击穿电压”(见 12.3.2.5)、“漏极效率”(见 12.3.3.5)、“S 参数”(见 12.3.3.8)、“特征频率”(见 12.3.3.10)、“电流传输比为 1 的频率”(见 12.3.3.11)、“增益”(见 12.3.3.13、12.3.3.14)、“交调失真”(见 12.3.3.15)、“截距点输入功率”(见 12.3.3.16)的测试方法；增加了“沟道至管壳的热阻”测试方法中方法 2 红外热像仪法(见 12.3.2.6.3)；增加了场效应晶体管的验证方法(见 12.4)。

本文件修改采用 IEC 60747-4:2017《半导体器件 分立器件 第 4 部分:微波二极管和晶体管》。

本文件与 IEC 60747-4:2017 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 A。

本文件与 IEC 60747-4:2017 相比存在较多技术差异,在所涉及的条款的外侧页边空白位置用垂直单线(|)进行了标示。这些技术差异及其原因一览表见附录 B。

本文件做了下列编辑性改动:

- 为与现有标准协调,将标准名称改为《半导体分立器件 第 4 部分:微波二极管和晶体管》;
- 增加了附录 A(资料性)“结构编号对照一览表”;
- 增加了附录 B(资料性)“技术差异及原因”。

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:中国电子科技集团公司第五十五研究所、中国电子技术标准化研究院、中国电子科技集团公司第十三研究所。

本文件主要起草人:李虹、熊威、杨尔刚、施尚、陈九果、汤寅、韩东、景少红、王霄、张秋。

本文件及其所代替文件的历次版本发布情况为:

- 2006 年首次发布为 GB/T 20516—2006;
- 本次为第一次修订,调整为 GB/T 4023 的第 4 部分。

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。GB/T 4023 作为基础标准,旨在规范半导体分立器件的参数体系、测试方法及可靠性评价,拟由九个部分构成。

- 第 1 部分:分规范。目的在于规定半导体分立器件(除光电子器件和分立器件模块外)的质量保证要求。
- 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 3 部分:信号、开关和调整二极管。目的在于规定信号、开关和调整二极管的术语、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 4 部分:微波二极管和晶体管。目的在于规定微波二极管和晶体管的术语、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 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 7 部分:双极型晶体管。目的在于规定双极型晶体管(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 8 部分:场效应晶体管。目的在于规定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 9 部分:绝缘栅双极晶体管(IGBT)。目的在于规定绝缘栅双极晶体管(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 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。

GB/T 4023(所有部分)采取自主制定与采用 IEC 60747 系列中与分立器件相关标准相结合的方式,实现半导体分立器件的参数体系、测试方法和可靠性评价等满足国内半导体分立器件的需求,同时与国际接轨。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。

半导体分立器件

第4部分：微波二极管和晶体管

1 范围

本文件规定了微波二极管和晶体管的术语和定义、基本额定值和特性、测试方法及验证方法等产品特定要求。

本文件适用于以下各类微波二极管和晶体管：

- 变容二极管(用于电调谐、变频器、谐波倍频器、移相等)；
- 阶跃二极管(用于梳状谱发生器、倍频器等)；
- 混频二极管(用于混频器等)；
- 检波二极管(用于检波器等)；
- 体效应二极管(用于振荡器、放大器等)；
- PIN二极管(用于开关、限幅器、移相器、衰减器等)；
- 噪声二极管(用于固态噪声源等)；
- 双极型晶体管(用于放大器、振荡器)；
- 场效应晶体管(用于放大器、振荡器)。

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 4587—2023 半导体器件 分立器件 第7部分：双极型晶体管(IEC 60747-7:2019,MOD)

GB/T 17573—2026 半导体器件 总则(IEC 60747-1:2006,IDT)

IEC 60747-8:2000 半导体器件 分立器件 第8部分：场效应晶体管(Semiconductor devices—Discrete devices—Part 8:Field-effect transistors)

注：GB/T 4586—1994 半导体器件 分立器件 第8部分：场效应晶体管(IEC 60747-8:1984,IDT)

3 术语和定义

GB/T 17573—2026 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1 微波二极管

3.1.1 一般术语

3.1.1.1

正向(微波二极管) **forward direction(microwave diodes)**

直流电流沿微波二极管低阻流动的方向。

3.1.1.2

反向(微波二极管) **reverse direction(microwave diodes)**

直流电流沿微波二极管高阻流动的方向。