



# 中华人民共和国国家标准

GB/T 20516—2006/IEC 60747-4:2001

## 半导体器件 分立器件 第4部分：微波器件

Semiconductor devices—Discrete devices—  
Part 4: Microwave devices

(IEC 60747-4:2001, IDT)



2006-10-10 发布

2007-02-01 实施



中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局  
中国国家标准化管理委员会

发布

中 华 人 民 共 和 国  
国 家 标 准

半导体器件 分立器件

第 4 部分:微波器件

GB/T 20516—2006/IEC 60747-4:2001

\*

中国标准出版社出版发行  
北京复兴门外三里河北街 16 号

邮政编码:100045

网址 [www.spc.net.cn](http://www.spc.net.cn)

电话:68523946 68517548

中国标准出版社秦皇岛印刷厂印刷

各地新华书店经销

\*

开本 880×1230 1/16 印张 4.5 字数 144 千字

2007 年 2 月第一版 2007 年 2 月第一次印刷

\*

书号: 155066 • 1-27667 定价 29.00 元

如有印装差错 由本社发行中心调换

版权专有 侵权必究

举报电话:(010)68533533



GB/T 20516-2006

## 前 言

本标准是半导体器件 分立器件系列国家标准之一。下面列出本系列已出版的国家标准,以及代替的国家标准:

- GB/T 4589.1—2004 半导体器件 分立器件和集成电路总规范(IEC 60747-10:1991,IDT,代替 GB/T 4589.1—1989)
- GB/T 12560—1999 半导体器件 分立器件分规范(idt IEC 60747-11:1985,代替 GB/T 12560—1990)
- GB/T 17573—1998 半导体器件 分立器件和集成电路 第1部分:总则(idt IEC 60747-1:1983)
- GB/T 4023—1997 半导体器件 分立器件和集成电路 第2部分:整流二极管(eqv IEC 60747-2:1983)
- GB/T 6571—1995 半导体器件 分立器件 第3部分:信号(包括开关)和调整二极管(idt IEC 60747-3:1985)
- GB/T 20516—2006 半导体器件 分立器件 第4部分:微波器件(idt IEC 60747-4:2001)
- GB/T 15291—1994 半导体器件 第6部分:晶闸管(eqv IEC 60747-6:1991)
- GB/T 4587—1994 半导体器件 分立器件和集成电路 第7部分:双极型晶体管(eqv IEC 60747-7:1988,代替 GB/T 4587—1984 和 GB/T 6801—1986)
- GB/T 6217—1998 半导体器件 分立器件 第7部分:双极型晶体管 第一篇 高低频放大环境额定的双极型晶体管空白详细规范(eqv IEC 60747-7-1:1989,代替 GB/T 6217—1986)
- GB/T 7577—1996 低频放大管壳额定的双极型晶体管空白详细规范(eqv IEC 60747-7-2:1989,代替 GB/T 7577—1987)
- GB/T 6218—1996 开关用双极型晶体管空白详细规范(eqv IEC 60747-7-3:1991,代替 GB/T 6216—1986)
- GB/T 7576—1998 半导体器件 分立器件 第7部分:双极型晶体管 第四篇 高频放大管壳额定双极型晶体管空白详细规范(eqv IEC 60747-7-4:1991,代替 GB/T 7576—1987)
- GB/T 4586—1994 半导体器件 分立器件 第8部分:场效应晶体管(eqv IEC 60747-8:1984,代替 GB/T 4586—1984)
- GB/T 6219—1998 半导体器件 分立器件 第8部分:场效应晶体管 第一篇 1 GHz、5 W以下单栅场效应晶体管空白详细规范(eqv IEC 60747-8-1:1987,代替 GB/T 6219—1986)
- GB/T 15449—1995 管壳额定开关用场效应晶体管空白详细规范(eqv IEC 60747-8-3:1995)

本标准等同采用国际标准 IEC 60747-4:2001《半导体器件 分立器件 第4部分:微波器件》1.2版(英文版)。

本标准等同翻译 IEC 60747-4:2001(英文版)。

由于 IEC 60747-4 存在印刷错误和疏漏,本标准在采用该国际标准时进行了编辑性修改,并在本标准附录 NA 中给出了这些编辑性修改的一览表,以供参考。

本标准的附录 NA 为资料性附录。

本标准由中华人民共和国信息产业部提出。

本标准由全国半导体器件标准化技术委员会归口。

本标准起草单位:中国电子科技集团公司第五十五研究所。

本标准主要起草人:黄玉英、金毓铨。

目次

前言 ..... III

第 I 篇 总则

1 引言 ..... 1

2 范围 ..... 1

3 文字符号 ..... 1

第 II 篇 变容二极管、阶跃二极管和快速开关肖特基二极管

第 1 节 变容二极管

1 概述 ..... 1

2 术语和文字符号 ..... 2

3 基本额定值和特性 ..... 2

4 测试方法 ..... 4

第 2 节 阶跃二极管和肖特基二极管

1 概述 ..... 21

2 术语和文字符号 ..... 21

3 基本额定值和特性 ..... 22

4 测试方法 ..... 23

第 III 篇 混频二极管和检波二极管

第 1 节 雷达用混频二极管

1 概述 ..... 28

2 术语和文字符号 ..... 29

3 基本额定值和特性 ..... 29

4 测试方法 ..... 30

第 2 节 通信用混频二极管

1 概述 ..... 42

2 术语和文字符号 ..... 42

3 基本额定值和特性 ..... 42

4 测试方法 ..... 43

第 3 节 检波二极管

(在考虑中)

第Ⅳ篇 雪崩二极管

第1节 雪崩二极管放大器

|            |    |
|------------|----|
| 1 概述       | 44 |
| 2 术语和文字符号  | 44 |
| 3 基本额定值和特性 | 46 |

第2节 雪崩二极管振荡器

(在考虑中)

第Ⅴ篇 体效应二极管

|            |    |
|------------|----|
| 1 概述       | 48 |
| 2 术语和文字符号  | 48 |
| 3 基本额定值和特性 | 48 |
| 4 测试方法     | 48 |

第Ⅵ篇 双极型晶体管

(在考虑中)

第Ⅶ篇 场效应晶体管

|            |    |
|------------|----|
| 1 概述       | 51 |
| 2 术语和文字符号  | 51 |
| 3 基本额定值和特性 | 53 |
| 4 测试方法     | 54 |

第Ⅷ篇 评价和可靠性——特殊要求

|                      |    |
|----------------------|----|
| 1 电试验条件              | 65 |
| 2 接收试验的判定失效的特性和失效判据  | 65 |
| 3 可靠性试验的判定失效的特性和失效判据 | 65 |
| 4 试验出现差错时的程序         | 65 |

|     |    |
|-----|----|
| 表 1 | 66 |
|-----|----|

|     |    |
|-----|----|
| 表 2 | 67 |
|-----|----|

|                                                 |    |
|-------------------------------------------------|----|
| 附录 NA(资料性附录) 本标准对 IEC 60747-4:2001 所作的编辑性修改及其原因 | 68 |
|-------------------------------------------------|----|

## 半导体器件 分立器件

### 第4部分:微波器件

#### 第I篇 总则

##### 1 引言

本标准通常需要与 GB/T 17573—1998 一起使用,在 GB/T 17573—1998 中可找到关于以下各方面的基础资料:

- 术语;
- 文字符号;
- 基本额定值和特性;
- 测试方法;
- 接收和可靠性。

本标准各章的编排顺序符合 GB/T 17573—1998 第Ⅲ篇 2.1 的规定。

##### 2 范围

本标准给出了以下门类分立器件的标准:

- 变容二极管、阶跃二极管和快速开关肖特基二极管(用于调谐、上变频器或谐波倍频器、开关、限幅器、移相器、参量放大器等)
- 混频二极管和检波二极管
- 雪崩二极管(用于谐波发生器、放大器等)
- 体效应二极管(用于振荡器、放大器等)
- 双极型晶体管(用于放大器、振荡器等)
- 场效应晶体管(用于放大器、振荡器等)

##### 3 文字符号

通常,在术语的标题中加进了文字符号。当一个术语有几个不同的文字符号时,只给出最通用的。

#### 第Ⅱ篇 变容二极管、阶跃二极管和快速开关肖特基二极管

##### 第1节 变容二极管

##### 1 概述

本节内容适用于利用变容效应的二极管,但不包括阶跃二极管。这类二极管有四种用途:调谐、谐波倍频、开关(包括限幅)、参量放大。

这类器件按其用途定义如下:

###### 电调二极管

用于改变调谐电路频率的二极管。

这种二极管通常用比其使用频率高得多的谐振频率来表征其特性,且具有已知的电容—电压关系。

谐波倍频二极管

这种二极管在工作频率下应具有非线性电容—电压关系,且截止频率与工作频率的比值较高。

开关(包括限幅)二极管

这种二极管表现出可从高阻状态快速转换到低阻状态(反之也一样)的特性,可用于调制或控制微波系统的功率电平。

参量放大二极管

这种二极管用来处理小信号,通常用于低噪声放大器中。

2 术语和文字符号

见 3.3。

3 基本额定值和特性

3.1 概述

3.1.1 额定条件

变容二极管可按环境额定条件或管壳额定条件,或适用时按两者来规定。

在 3.2 中列出的额定值应在下列温度下给出:

——器件环境额定条件

环境温度 25℃ 和从 GB/T 17573—1998 给出的一览表中选取一个较高的温度。

——器件管壳额定条件

基准点温度 25℃ 和从 GB/T 17573—1998 给出的一览表中选取另一个基准点温度。

3.1.2 应用类型

各类二极管应规定的基本额定值和特性在下表中用符号“+”表示。

——1 类:电调应用;

——2 类:谐波倍频应用;

——3 类:开关(包括限幅)应用;

——4 类:参量放大应用。

3.2 额定值(极限值)

下列额定值应予以规定。

3.2.1 温度

——工作温度范围;

——贮存温度范围。

3.2.2 电压和电流

——最大峰值反向电压;

——最大平均正向电流(适用时);

——最大峰值正向电流(适用时)。

3.2.3 耗散功率

在整个工作温度范围内和规定条件下的最大耗散功率。

3.3 电特性

除非另有规定,下列特性应在 25℃ 下给出(见图 1)。

3.3.1 分布电容( $C_p$ )

在规定条件下的典型值。

| 分 类 |   |   |   |
|-----|---|---|---|
| 1   | 2 | 3 | 4 |
| +   | + | + | + |
| +   | + | + | + |
| +   | + | + | + |
| +   | + | + | + |
| +   | + | + | + |
| +   | + | + | + |

3.3.2 串联电感( $L_s$ )

在规定条件下的典型值和(适用时的)最大值。

3.3.3 总电容( $C_{tot}$ )

- a) 在规定偏压(见注 1)和规定频率下的最小和最大值;
- b) 表示总电容与偏压之间关系的典型曲线。

3.3.4 结电容( $C_j$ )

在规定偏压(见注 1 和注 2)下的最小和最大值。当  $C_p$  与  $C_{tot}$  的值为相同数量级时,可给出  $C_j$  的典型值。

3.3.5 有效品质因数( $Q$ )

在规定偏置条件(见注 3)下,在两个或多个规定频率点处的最小值。

3.3.6 截止频率

在规定条件(见注 3 和注 4)下的最小值。

3.3.7 串联电阻( $r_s$ )

在规定条件(见注 3)下的最大值和(或)典型值。

3.3.8 反向电流

在规定反向电压下的最大值。

3.3.9 热阻

结到环境或结到规定基准点之间的最大值。

3.3.10 开关时间

在规定条件下的典型值。

3.3.11 存储电荷或少数载流子寿命

在规定条件下(包括偏置)存储电荷的典型值,或在规定条件下少数载流子寿命的典型值。

3.3.12 渡越时间

在规定条件下以及规定的测量电路中的典型值。

| 分 类 |   |   |   |
|-----|---|---|---|
| 1   | 2 | 3 | 4 |
| +   | + | + | + |
| +   | + | + | + |
| +   | + | + | + |
| +   | + | + | + |
| +   |   |   |   |
|     | + | + | + |
| +   | + | + | + |
| +   | + | + | + |
|     |   | + |   |
|     | + | + |   |
|     | + |   |   |

注 1: 对第 1、2 和 3 类型器件,规定的偏置电压应为 -6 V;对第 4 类型器件,规定的偏置电压应为 0 V。

注 2: 结电容与偏置电压之间的关系应采用典型曲线或数学公式来表示。数学公式应如下:

$$C_j = K(V + \phi)^\gamma$$

式中:

$V$ ——施加的反向电压;

$K$ ——常数;

$\phi$ ——常数;

$\gamma$ ——常数。

制造商应规定  $K$ 、 $\phi$  及  $\gamma$  的典型值。

注 3: 对第 1 类型器件,如果未规定  $Q$  值和串联电阻,则应规定截止频率。

注 4: 截止频率  $f_c$  定义为:

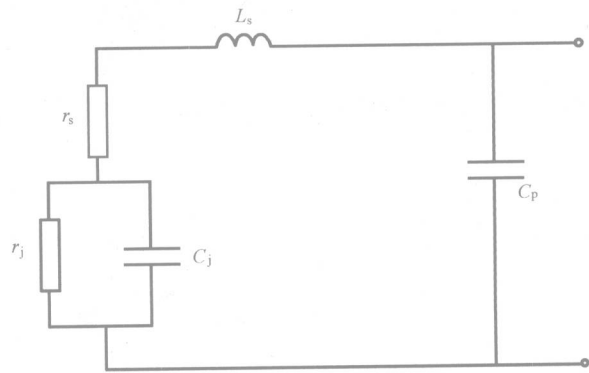
$$f_c = \frac{1}{2\pi r_s C_j}$$

式中:

$r_s$ ——串联电阻;

$C_j$ ——规定偏压下的结电容。

$r_s$  由图 1 所示的等效电路确定,其值与测试方法及偏置电压有关。



- $C_j$ ——结电容；
- $r_s$ ——串联电阻；
- $r_j$ ——低频结电阻。通常， $r_j$  很大可以忽略不计；
- $C_p$ ——分布电容；
- $L_s$ ——串联电感。

图 1 等效电路

3.4 应用数据

作谐波倍频应用时，应规定倍频效率。

4 测试方法

4.1 反向电流( $I_R$ )

4.1.1 目的

测量规定反向电压下二极管的反向电流。

4.1.2 电路图

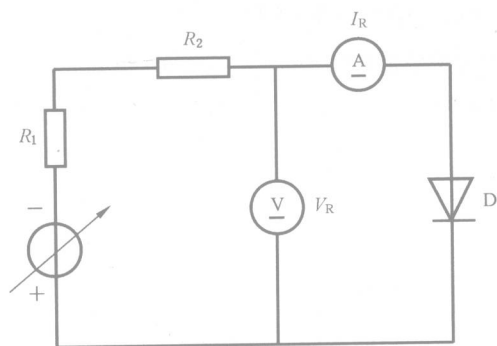


图 2 反向电流测试电路

4.1.3 电路说明和要求

- D——被测二极管；
- $R_1$ ——已校准电阻(仅用于脉冲测量)；
- $R_2$ ——保护电阻。

如果需要脉冲法测量，可用脉冲电压发生器代替可调电压源，用峰值读数仪代替电压表，并用一跨接在电阻器  $R_1$  两端的峰值电压表代替电流表。

4.1.4 测试步骤

将温度调整到规定值。  
调节可调电压源使二极管两端的反向电压  $V_R$  达到规定值。  
从电流表上读取反向电流值  $I_R$ 。

4.1.5 规定条件

- 环境、管壳或基准点温度 ( $T_{amb}$ 、 $T_{case}$ 、 $T_{ref}$ )；
- 反向电压 ( $V_R$ )；
- 脉冲宽度和占空比 (适用时)。

4.2 正向电压 ( $V_F$ )

4.2.1 目的

测量规定条件下二极管两端的正向电压。

4.2.2 电路图

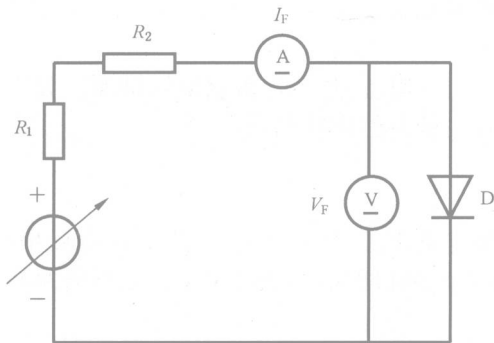


图 3 正向电压测试电路

4.2.3 电路说明和要求

- D——被测二极管；
- $R_1$ ——已校准电阻 (仅用于脉冲测量)；
- $R_2$ ——高阻值电阻。

如果需要脉冲法测量,可用脉冲电压发生器代替可调电压源,用峰值读数仪代替电压表,并用一跨接在电阻器  $R_1$  两端的峰值电压表代替电流表。

4.2.4 测试步骤

将温度调整到规定值。  
调节可调电压源使正向电流  $I_F$  达到规定值。  
从电压表上读取正向电压值  $V_F$ 。

4.2.5 规定条件

- 环境或管壳温度 ( $T_{amb}$ 、 $T_{case}$ )；
- 正向电流 ( $I_F$ )；
- 脉冲宽度和占空比 (适用时)。

4.3 总电容 ( $C_{tot}$ )

总电容 ( $C_{tot} = C_i + C_p$ ) 的测量应在足够低的频率 (低于微波频率) 下进行,这样可以忽略引线电感的影响。在这种条件下,总电容的测量值与频率无关。

采用下面规定的方法测量在规定偏置下的总电容。

4.3.1 目的

测量规定条件下二极管的总电容。

4.3.2 电路图

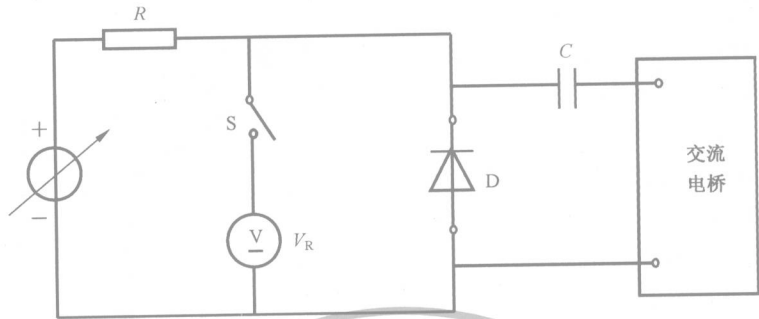


图 4 总电容测试电路

4.3.3 电路说明和要求

- D——被测二极管。
- 电阻器  $R$  的导纳应低于被测二极管的导纳。
- 电容器  $C$  应能承受二极管的反向偏置电压，并在测试频率下呈现短路。

4.3.4 注意事项

电桥应能承受二极管的反向偏置电压，且不影响测试的精度。如果被测电容量很小，安装条件将会影响测试结果的精度，因此，应对安装条件加以规定。

4.3.5 测试步骤

- 将温度调整到规定值。
- 将二极管两端的电压调到规定值  $V_R$ 。然后将电压表  $V$  从电路中断开，用交流电桥测量被测二极管的电容量，总电容为装有二极管时测得的电容值减去不装二极管时测得的电容值。

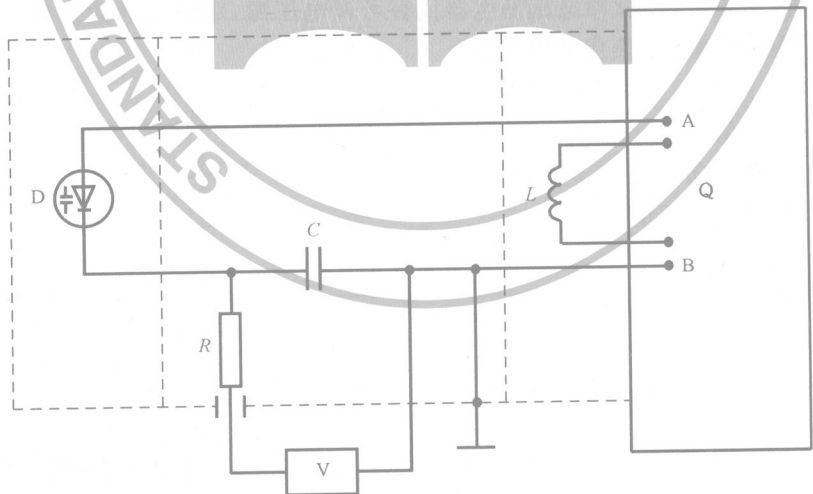
4.3.6 规定条件

- 环境或管壳温度 ( $T_{amb}$ 、 $T_{case}$ )；
- 反向电压 ( $V_R$ )；
- 测试频率 (如果不是 1 MHz)；
- 二极管的安装条件 (必要时)。

注：按上述方法在多个偏置点进行测试可以得到总电容随偏压的变化规律。

4.4 有效品质因数 ( $Q$ )

变容二极管的有效品质因数  $Q$  可用  $Q$  表或阻抗电桥测量 (见图 5)。



- D——被测二极管；
- V——电压源；
- Q—— $Q$  表。

图 5 品质因数测试电路

说明：

- a) 在测试频率下电压源的阻抗应高于电容  $C$  的容抗；这可由采用串联电阻  $R$  的方式得到；
- b)  $C$  是去耦电容，在测试频率下呈低阻抗；
- c) 选取电感  $L$  使其与串联电容器在测试频率下产生谐振；
- d)  $Q$  表 A 点至 B 点之间呈低电阻。

$Q$  表的基本电路由一个输出阻抗可以忽略的信号发生器组成，该信号发生器激励与高精度可变电容相串联的高  $Q$  值电感。通过调节可变电容至谐振可以测量该电路在规定的频率下的  $Q$  值。

$Q$  值由电容两端的电压与信号发生器产生的电压之比求得。为了测试变容二极管的  $Q$  值，应将二极管与  $Q$  表中的可变电容相并联。应使用隔直流元件，以便将规定的偏压施加到被测二极管，而且在整个测量过程中应使偏置电路与  $Q$  表保持连接。

测得 4 个量，即：电路中未接入二极管时电路的  $Q$  值  $Q_1$ ，可变电容的电容量  $C_1$ ；电路中接入二极管在相同的谐振频率下电路的  $Q$  值  $Q_2$ ，可变电容的电容量  $C_2$ 。

然后用公式求得二极管的  $Q$  值：

$$Q = \left( \frac{Q_1 Q_2}{Q_1 - Q_2} \right) \left( \frac{C_1 - C_2}{C_1} \right)$$

注意事项：

- a) 在测试频率下二极管自身电感的感抗与电容的容抗相比可以忽略；
- b) 施加在变容二极管上的信号幅度应比较小，以使因非线性电容特性而产生的偏差较小，测试结果应与信号电平无关。

注：

$$Q = \frac{1}{2\pi f C_j r_s} = \frac{f_c}{f}$$

由于变容二极管的  $C_p \leq C_j$ ，在本节中  $C_{tot}$  和  $C_j$  可交换使用。

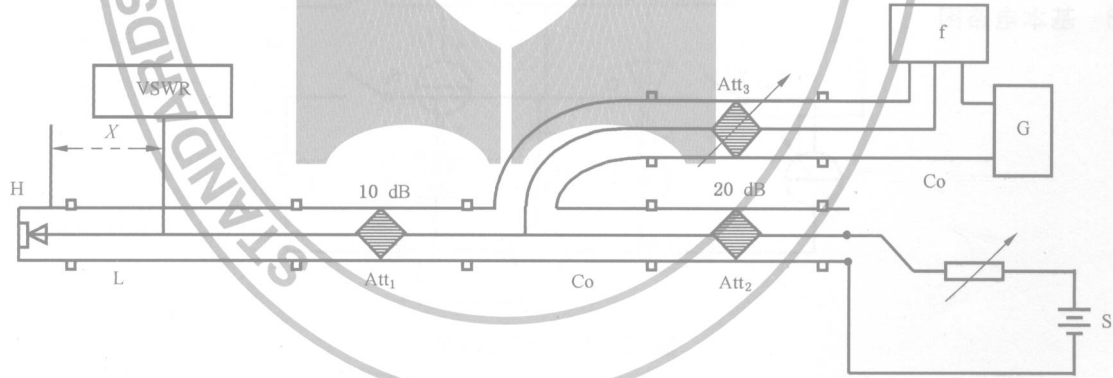
4.5 串联电阻( $r_s$ )

串联电阻  $r_s$  的有效值可由 4.4 给出的公式中  $C_j$  和  $f$  的值计算求得。

4.6 串联电感( $L_s$ )

在测试频率范围内分布电容  $C_p$  的影响相对于二极管的端阻抗应可以忽略。

被测二极管装在图 6 所示的测量装置中并放在同轴开槽测量线内导体的顶部。



- VSWR——电压驻波比指示器；  
X——距离；  
H——二极管座；  
L——开槽测量线；  
Att——衰减器；  
Co——耦合器；  
G——微波信号源；  
S——偏置电源；  
f——频率计。

图 6 串联电感测试电路

测试步骤如下：

首先确定在某一正向偏置电压(总电容与该偏置电压的变化无关)下测得的驻波电压为最小时的位置  $X_m$ 。该偏置电压应足够高,以使电压的增长不会影响测试结果。(正向电流大约为 5 mA 时可满足该条件。)

其次,测量线的阻抗不能有任何突变,把一个金属块放在测试装置中的二极管处,以使参考面短路,该参考面的位置由二极管的制造厂确定并应加以规定。在这种情况下,找出驻波电压最小时最接近  $X_m$  且大于  $X_m$  的位置  $X_s$ 。

由下式得到二极管的电抗：

$$X = Z_0 \tan \frac{2\pi(X_s - X_m)}{\lambda}$$

式中：

$Z_0$ ——同轴线的特性阻抗；

$\lambda$ ——测试频率的波长。

串联电感  $L_s$  可由下式求得：

$$L_s = \frac{X}{2\pi f}$$

注：某些结构的器件不能用这种测试方法得到正确的结果。在这种情况下,制造商应给出电感的值。

#### 4.7 热阻( $R_{th}$ )

##### 4.7.1 目的

测量被测器件结到基准点(最好定在管壳上)之间的热阻。

##### 4.7.2 测试原理

在两个不同耗散功率  $P_1$  和  $P_2$ ,以及使两次结温相同的冷却条件下测量器件的基准点温度  $T_1$  和  $T_2$ 。用在基准电流下的正向电压验证两次结温是否相同。

$$R_{th} = \frac{T_1 - T_2}{P_2 - P_1}$$

##### 4.7.3 基本电路图

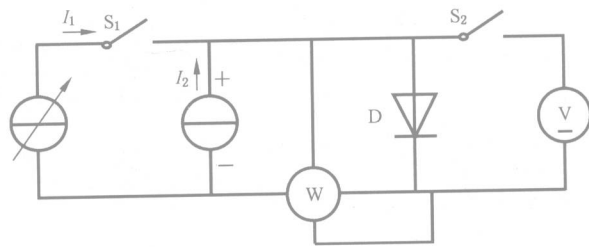


图 7 热阻测试电路

##### 4.7.4 电路说明和要求

D——被测二极管；

$I_1$ ——在结中产生耗散功率  $P$  的负载电流,可以是直流电流,也可以是交流电流；

$I_2$ ——在负载电流  $I_1$  周期性切断的短时间内监测用的基准直流电流；

W——指示负载电流  $I_1$  在结中产生的耗散功率  $P$  的功率计；对于交流法, W 测量的是被测器件的平均耗散功率；

$S_1$ ——周期性切断负载电流  $I_1$  的电子开关；对于交流法,  $S_1$  不一定使用；

$S_2$ ——负载电流  $I_1$  切断时闭合的电子开关；

V——零示法电压表。

4.7.5 注意事项

从负载电流  $I_1$  转换到基准电流  $I_2$  时,由于器件过剩载流子的存在而出现瞬态电压。如果被测器件的管壳包含铁磁性材料,则会产生附加的瞬态电压。在这些瞬态效应消失之前,不应闭合开关  $S_2$ 。

注: 4.7.4 中的负载电流  $I_1$  可以为零,这样耗散功率  $P_1$  也为零,有效结温等于基准点温度。

4.7.6 测试步骤

将被测器件夹紧在保持某一固定温度的散热器上,把热偶固定在基准点上,以测量被测器件的温度。测试按以下两步进行:

- a) 把散热器保持在一个较高的温度上,施加一个小的负载电流  $I_1$ ,在结中产生耗散功率  $P_1$ 。达到热平衡后,调节零点法电压表  $V$  至零点平衡状态。  
记录基准点温度  $T_1$ 。
- b) 把散热器保持在一个较低的温度上,增大负载电流  $I_1$  直到耗散功率  $P_2$  使结温上升到与步骤 a) 相同的温度。这可由零点法电压表  $V$  的零点平衡来显示。  
记录管壳的基准点温度  $T_2$ 。  
热阻  $R_{th}$  可由下式计算:

$$R_{th} = \frac{T_1 - T_2}{P_2 - P_1}$$

4.8 瞬态热阻抗( $Z_{th}$ )

4.8.1 目的

测量被测器件结到基准点(最好定在管壳上)之间的瞬态热阻抗。

4.8.2 测试原理

对器件施加加热电流并待其达到热平衡后,记录器件中耗散的功率。然后切断加热电流,以时间为函数记录基准电流下的正向电压和基准点温度。

然后,用在相同基准电流下得到的校准曲线计算随时间而变化的有效结温。

4.8.3 基本电路图

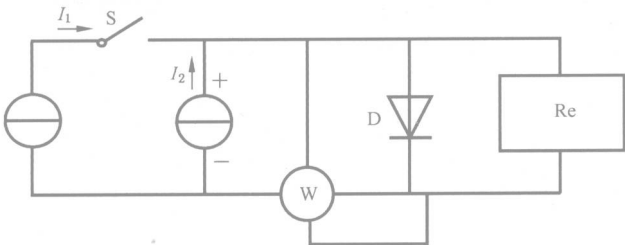


图 8 瞬态热阻抗测试电路

4.8.4 电路说明和要求

- D——被测二极管;
- $I_1$ ——在结中产生耗散功率  $P$  的负载电流;
- $I_2$ ——基准直流电流;
- S——切断负载电流  $I_1$  的开关;
- W——指示负载电流  $I_1$  在结中产生的耗散功率  $P$  的功率计;
- Re——记录装置(例如示波器),用于记录由电流  $I_2$  产生的正向电压随时间的变化。

4.8.5 测试步骤

- a) 通过测量由基准电流  $I_2$  产生的正向电压与由外部加热(例如用油槽)改变器件温度而产生的等效结温之间的函数关系,绘制出校准曲线;
- b) 将被测器件夹紧在保持某一固定温度的散热器上,把热偶固定在基准点上,以测量被测器件

- 的基准点温度  $T_c$ 。施加负载电流  $I_1$  使被测器件产生耗散功率  $P$  直到达到热平衡为止；
- c) 断开开关  $S$ ，切断加热电流  $I_1$ 。用记录设备  $Re$  记录由基准电流  $I_2$  产生的正向电压与冷却时间之间的函数关系。记录该期间的基准点温度；
- d) 用校准曲线将记录的正向电压曲线转换成等效结温  $T_{vj}$ ，则瞬态热阻抗  $Z_{th}$  可由下式计算：

$$Z_{th} = \frac{[T_{vj}(0) - T_c(0)] - [T_{vj}(t) - T_c(t)]}{P}$$

式中：

$T_{vj}(0)$  和  $T_c(0)$ ——开关  $S$  断开时  $t=0$  时刻的温度；

$T_{vj}(t)$  和  $T_c(t)$ —— $t$  时刻的温度。

#### 4.9 变容管的例子

下面推荐的两种测试方法适用于特定工作条件和结构类型的被测二极管。

关于二极管品质因数的测量，建议在提供  $Q$  值时应说明获得该值所采用的特定的测试方法。这是必须的，因为对给定的二极管采用两种规定方法测试可能会得到不同的  $Q$  值。

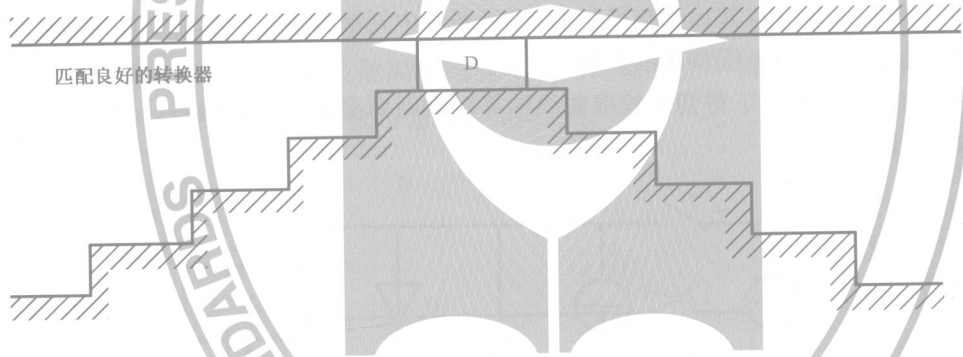
##### 4.9.1 传输线测量法

这种方法适用于评价可能作多种应用的微波二极管的主要性能，尤其是那些未封装的或者封装并联电容的容抗大于在串联谐振频率下二极管串联电阻的二极管。

###### 4.9.1.1 原理

观察由二极管并联接入而产生的对任一非辐射传输系统的传输性能的影响。

把二极管并联在传输线上以使因安装产生的电抗最小；例如，使用波导传输系统，按图 9 所示安装二极管。



D——被测二极管。

图 9 波导安装

测量在串联谐振频率下二极管产生的传输损耗以计算二极管等效电路元件，也可确定电容与偏压的关系。

安装的二极管等效电路如图 10 所示。

接近串联谐振时，封装电容 ( $C_p$ ) 的影响忽略不计，可以省略。

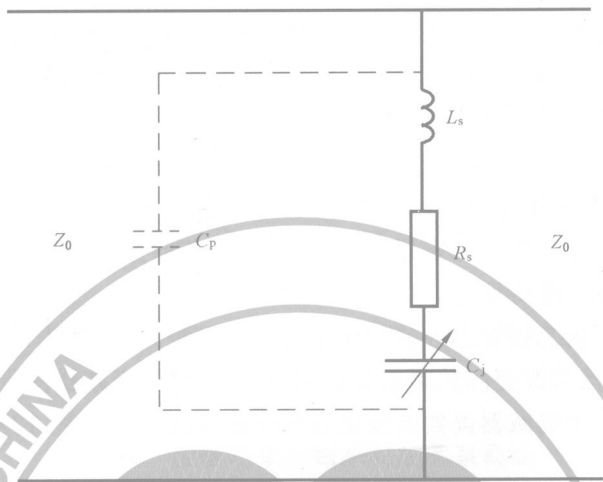
分四步测试，即：

- a) 零偏时在串联谐振频率下的传输损耗；
- b) 传输特性的带宽；
- c) 串联谐振频率；
- d) 串联谐振频率随偏压的变化。

确定四个未知量：

- a) 串联电阻 ( $R_s$ )；
- b) 结电容 ( $C_j$ )；

- c) 串联电感( $L_s$ )；
- d) 结电容随被测偏压的变化。



图中：  
 $Z_0$ ——传输线特征阻抗；  
 $C_p$ ——封装电容；  
 $L_s$ ——串联电感；  
 $R_s$ ——串联电阻；  
 $C_j$ ——结电容。

图 10 二极管的等效电路

4.9.1.2 电路图

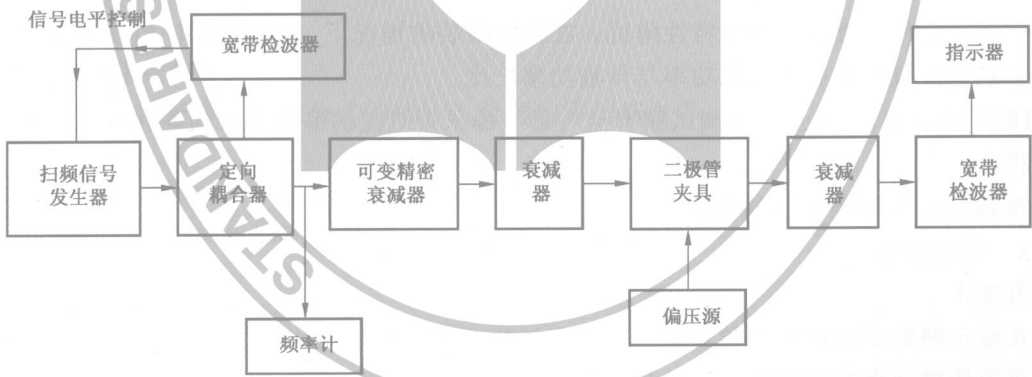


图 11 传输损耗测试电路

4.9.1.3 电路说明和要求

应采用良好的微波传输线工程技术安装试验设备。应检查定向耦合器、频率计、衰减器和检波器等所有单元，以保证在所要求的频率和功率试验条件范围内完全匹配和工作。

系统单元应有足够的带宽以保证在测试频带内由测试引入的变化和误差可忽略不计。

射频信号发生器应能在标称的二极管小信号工作电平下稳定工作。

二极管夹具应与规定的安装要求相符合。

典型的结构由一个渐变的装置组成，在其一个面上装有能够施加偏置的扼流套。渐变装置通常是保证二极管性能测试所必须的部件。这样可以避免采用电感性顶杆安装二极管带来的麻烦(见图 9)。

4.9.1.4 测试步骤

把二极管装入与传输系统相连接的规定的夹具内,如图 11 所示。

4.9.1.4.1 串联谐振频率

使二极管工作在要求的偏压下并记录所指示的传输功率可以得到串联谐振频率。测试频率在二极管谐振频率前后适当的频率范围内扫描。串联谐振频率为最小射频传输功率点所对应的频率。在扫描期间二极管的射频入射功率应保持稳定。

4.9.1.4.2 传输损耗  $T$

记录二极管零偏压(或其他规定电压)谐振时的传输信号电平。然后,从夹具上取下二极管。调节精密衰减器使传输信号电平与初始记录值相同,则衰减器调节的变化量即为谐振时的传输损耗。测试期间二极管的射频入射功率应保持稳定。

测量在串联谐振频率下由二极管引入的传输损耗的另一种方法是:先记录测试频率远离谐振频率时匹配检波器的入射功率,然后改变测试频率至谐振值,调节精密衰减器使所指示的功率回到测试频率远离谐振频率时的功率值。由衰减器读数的变化得到传输系数( $T$ )(见图 12)。

4.9.1.4.3 串联电阻

如果选取的测试频率等于公式(1)给出的串联谐振频率:

$$f_s = \frac{1}{2\pi \sqrt{L_s C_j}} \dots\dots\dots (1)$$

式中:

$L_s$ ——串联电感;  
 $C_j$ ——规定偏压下的 PN 结电容。

可按 4.9.1.4.2 测量传输损耗,有效串联电阻由公式(2)得出:

$$R_s = \frac{Z_0}{2 \sqrt{T} - 1} \dots\dots\dots (2)$$

式中:

$Z_0$ ——损耗元件附近的传输线特性阻抗。在波导安装的情况下,应使用功率-电压关系式;  
 $T$ ——被测二极管的有用入射功率与传输功率之比。  
 $R_s$  随偏压的变化,可通过调节测试频率至与每一偏压相对应的串联谐振频率并测量每种情况下的传输系数得出。

也可得到有效  $Q$  值随偏压的变化。

4.9.1.4.4 有效  $Q$  值

a) 方法 1

在给定偏置下的有效  $Q$  值可通过改变测试频率至串联谐振频率的两个边带频率的值来得到,读取传输功率为串联谐振频率点功率的两倍的两个频率点(如图 12 所示)。如果这两个频率是  $f_1$  和  $f_2$ ,则:

$$Q = \frac{f_s}{|f_1 - f_2|}$$

另外,由于

$$C_j \sim \frac{1}{f_s^2}$$

根据公式(1),由  $1/f_s^2$  对偏压的曲线可作出  $K C_j$  与偏压的对应曲线, $K$  为常数。

如果将频率调至零偏压时的串联谐振频率,可以获得达到两倍传输功率的正向偏压( $V_1$ )和反向偏压( $V_2$ )。