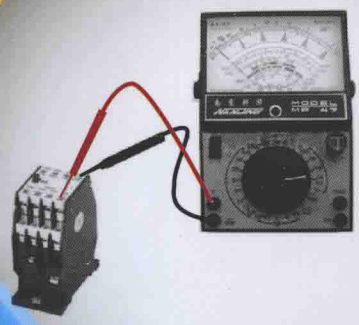
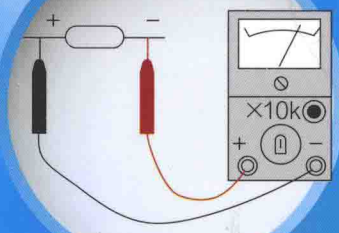
图解电子元器件及其应用电路

周志敏　纪爱华　编

TUJIE DIANZI YUANQIJIAN
JIQI YINGYONG DIANLU





化学工业出版社

图解
电子元器件及其应用电路

周志敏　纪爱华　编

化学工业出版社
·北京·

图书在版编目（CIP）数据

图解电子元器件及其应用电路/周志敏，纪爱华编
. —北京：化学工业出版社，2014.1
ISBN 978-7-122-18831-1

Ⅰ. ①图… Ⅱ. ①周… ②纪… Ⅲ. ①电子元件-图解②电子器件-图解③电路图-图解 Ⅳ. ①TN6-64②TM13-64

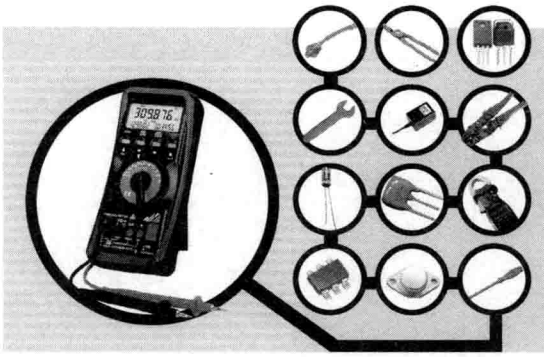
中国版本图书馆 CIP 数据核字（2013）第 256527 号

责任编辑：宋 辉　　文字编辑：杨 帆
责任校对：宋 玮　　装帧设计：王晓宇

出版发行：化学工业出版社（北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011）
印　　装：大厂聚鑫印刷有限责任公司
787mm×1092mm 1/16 印张 16 字数 424 千字 2014 年 3 月北京第 1 版第 1 次印刷

购书咨询：010-64518888（传真：010-64519686） 售后服务：010-64518899
网　　址：http://www.cip.com.cn
凡购买本书，如有缺损质量问题，本社销售中心负责调换。

定　　价：49.00 元
版权所有 违者必究



前 言

FOREWORD

随着我国电器工业和电力电子技术的发展，电子技术在电气设备和电气控制领域中的应用越来越广泛，由电子元器件构成的电子电路，在实现供用电系统自动化和电气控制智能化中处于极其重要的地位。由于电子技术在电气设备和电气控制领域中广泛的应用，提高了电气设备和电气控制系统安全、可靠、经济地运行和自动化水平。电子电路的运行维护和检修水平，将直接影响电气设备和电气控制系统的可靠性、安全性，为此，对企业电工提出了熟练掌握电子技术和电子电路性能的要求，以满足供用电系统自动化和电气控制智能化系统的运行、维护和检修的需要。

为了便于电工掌握电子技术的基础知识和电子电路的识图技能，本书在编写中以电工常用电子实用电路为主线，将电工应掌握的电子基础知识与电子实用电路融为一体，使电工能在识图中掌握电子技术基础知识和电子元器件的性能，并把其应用到电子电路的设计和制作中，以起到互动的作用。读者在学习的同时，可直接把书中的电子电路应用到工作实践中，以此提高电子技术水平和操作技能。书中电子电路的选择在做到有针对性和实用性的同时，也力求简捷，易于设计和制作。本书在保证科学性的同时，注重通俗性。读者可以此为“桥梁”，系统、全面地了解电子电路的基础知识，并将掌握的实用电子电路应用到工程实践中。

本书由周志敏、纪爱华编写，周纪海、刘建秀、顾发娥、纪达安、刘淑芬、纪和平、纪达安、陈爱华等同志为本书编写提供了帮助，本书在资料的收集和技术信息交流上，得到了国内的专业学者和电子元器件制造商的大力支持，使本书具有技术性和实用性等特点，在此表示衷心的感谢。

由于编者水平有限，难免有不当之处，敬请读者批评指正。

编 者

目 录

CONTENTS

第1章 二极管特性及应用电路

1.1 二极管特性及分类 …… 1
1.1.1 P-N结的构成及特性 …… 1
1.1.2 二极管特性及分类 …… 2
1.2 二极管的测量 …… 5
1.2.1 二极管参数测量方法 …… 5
1.2.2 稳压、恒流二极管的测量 …… 6
1.2.3 双向触发二极管的测量 …… 8
1.2.4 单结晶体管及程控单结晶体测量 …… 10
1.2.5 其他类型二极管测量 …… 11
1.3 二极管应用电路 …… 12
1.3.1 二极管整流应用电路 …… 12
1.3.2 稳压二极管应用电路 …… 16
1.3.3 变容二极管应用电路 …… 18
1.3.4 阶跃恢复及开关二极管应用电路 …… 20
1.3.5 恒流二极管应用电路 …… 21
1.3.6 程控单结晶体管（PUT）应用电路 …… 23
1.3.7 肖特基二极管（SBD）应用电路 …… 24
1.3.8 单结晶体管应用电路 …… 27
1.3.9 双向触发二极管应用电路 …… 30

第2章 晶体管结构特性及应用电路

2.1 晶体管特性及测量 …… 31
2.1.1 晶体管的结构及特性 …… 31
2.1.2 晶体管的特性曲线及主要参数 …… 32
2.1.3 晶体管测量方法 …… 33
2.2 晶体管放大电路 …… 38
2.2.1 晶体管放大电路组成及工作原理 …… 38

试读结束：需要全本请在线购买： www.ertongbook.com

2.2.2 晶体管放大电路中的反馈电路 …… 42
2.2.3 晶体管差动放大电路 …… 43
2.2.4 晶体管多级放大电路 …… 45
2.2.5 晶体管功率放大电路 …… 46
2.3 晶体管开关特性及应用电路 …… 49
2.3.1 晶体管的开关特性 …… 49
2.3.2 晶体管开关电路 …… 51
2.3.3 晶体管恒流源及串联型稳压电源电路 …… 57
2.3.4 晶体管射随器及达林顿管应用电路 …… 59
2.3.5 恒流晶体管应用电路 …… 64

第3章 晶闸管应用电路

3.1 晶闸管结构及特性 …… 66
3.1.1 晶闸管的结构及型号 …… 66
3.1.2 晶闸管特性 …… 67
3.1.3 晶闸管技术参数及选择 …… 69
3.1.4 晶闸管的测量方法 …… 72
3.2 晶闸管保护电路 …… 78
3.2.1 晶闸管过流及过压保护电路 …… 78
3.2.2 晶闸管缓冲电路 …… 82
3.3 晶闸管集成触发电路 …… 83
3.3.1 TC782A 集成触发器 …… 83
3.3.2 TC787/TC788 集成触发电路 …… 86
3.3.3 KC04、KC41C 组成的三相集成触发电路 …… 89
3.4 晶闸管应用电路 …… 92
3.4.1 晶闸管可控整流电路 …… 92
3.4.2 晶闸管应用电路实例 …… 95

第4章 光敏器件特性及应用电路

4.1 光敏器件分类及应用电路 …… 102
4.1.1 光敏器件分类 …… 102
4.1.2 光敏器件应用电路 …… 104
4.2 光电耦合器 …… 106
4.2.1 光电耦合器的分类及特性 …… 106
4.2.2 光电耦合器的检测 …… 110
4.3 光电耦合器应用电路 …… 116
4.3.1 光电耦合器在驱动电路中应用 …… 116
4.3.2 光电耦合器在开关电源中应用 …… 117
4.3.3 光电耦合器在检测电路中应用 …… 121
4.3.4 基于光电耦合器构成的控制电路 …… 123
4.3.5 光电耦合器在固体继电器 SSR 中应用 …… 128

第5章 集成电路特性及应用电路

5.1 集成电路分类及检测要点 …… 130
5.1.1 集成电路定义及分类 …… 130
5.1.2 集成电路检测方法及要点 …… 132
5.2 集成运算放大器工作特性及应用电路 …… 133
5.2.1 集成运算放大器的性能和组成 …… 133
5.2.2 集成运放应用电路 …… 134
5.3 CMOS集成电路特性及应用电路 …… 139
5.3.1 CMOS集成电路特性及参数 …… 139
5.3.2 CMOS集成电路的选择及应用要点 …… 141
5.3.3 CMOS应用电路 …… 144
5.4 TL431特性及应用电路 …… 149
5.4.1 TL431特性 …… 149
5.4.2 TL431应用电路 …… 149
5.5 555时基集成电路的应用电路 …… 152
5.5.1 555时基集成电路工作方式 …… 152
5.5.2 555时基集成电路的应用电路 …… 155
5.6 典型集成电路的应用电路 …… 160
5.6.1 信号发生电路 …… 160
5.6.2 IR2110特性及应用电路 …… 162
5.6.3 AD629差动放大器特性及应用电路 …… 167
5.6.4 温度—频率转换及数字编/译码器UM3758-108A电路 …… 168
5.6.5 CD4046锁相环组成及应用电路 …… 170

第6章 电子控制实用电路

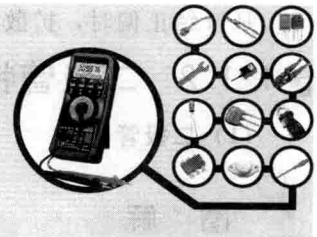
6.1 继电器自动控制及电子遥控电路 …… 175
6.1.1 继电器自动控制电路 …… 175
6.1.2 电子遥控电路 …… 179
6.2 电子开关电路 …… 182
6.2.1 电子自锁互锁开关电路 …… 182
6.2.2 电子触摸式开关电路 …… 184
6.2.3 电子开关应用电路 …… 190
6.3 电子温控及测温电路 …… 196
6.3.1 电子恒温控制及精密温度测温电路 …… 196
6.3.2 人工智能温度控制电路 …… 199
6.4 红外光制电路 …… 201
6.4.1 红外光控及热释电红外光制电路 …… 201
6.4.2 红外遥控电路 …… 203
6.5 灯光控制及电子显示电路 …… 205
6.5.1 光控电子开关电路 …… 205
6.5.2 道路施工光控警示灯控制电路 …… 207

6.5.3 指示及闪光电路 …… 208
6.6 UBA2030T 集成驱动电路 …… 214
6.6.1 UBA2030T 引脚功能、技术参数及特点 …… 214
6.6.2 UBA2030T 应用电路 …… 217

第7章 线性及开关电源实用电路

7.1 线性电源实用电路 …… 220
7.1.1 线性稳压电源实用电路 …… 220
7.1.2 特种电源实用电路 …… 229
7.2 开关电源实用电路 …… 234
7.2.1 单片开关电源实用电路 …… 234
7.2.2 高速通信设备电源实用电路 …… 244

参考文献



第1章 二极管特性及应用电路

1.1 二极管特性及分类

1.1.1 P-N结的构成及特性

(1) P-N结的构成

重点提示

通过现代工艺，在一块本征半导体的一边形成P型半导体，另一边形成N型半导体，于是这两种半导体的交界处就形成了P-N结，它是构成其他半导体器件的基础。

(2) P-N结的单向导电性

P-N结在正向电压作用下，处于导通状态；在反向电压的作用下，处于截止状态，因此P-N结具有单向导电性。它的电流和电压的关系通式为

$$I_D = I_S(e^{\frac{U}{U_T}} - 1) \tag{1-1}$$

式（1-1）被称为伏安特性方程。

(3) P-N结的击穿

P-N结处于反向偏置时，在一定的电压范围内，流过P-N结的电流很小，但电压超过某一数值时，反向电流急剧增加，这种现象称为反向击穿，击穿形式分为两种：雪崩击穿和齐纳击穿。

对于硅材料的P-N结来说，击穿电压大于7V时为雪崩击穿，击穿电压小于4V时为齐纳击穿。在4V与7V之间，雪崩击穿和齐纳击穿都有。反向击穿破坏了P-N结的单向导电性，击穿并不意味着P-N结损坏。

(4) P-N结的电容效应

由于电压的变化将引起电荷的变化，从而出现电容效应，因P-N结内部有电荷的变化，因此它具有电容效应，它的电容效应有势垒电容效应和扩散电容效应。

① 势垒电容是由阻挡层内的空间电荷引起的。

② 扩散电容是P-N结在正向电压的作用下，多数载流子在扩散过程中引起电荷的积累而产生的。

P-N 结正偏时，扩散电容起主要作用，P-N 结反偏时，势垒电容起主要作用。

1.1.2 二极管特性及分类

(1) 二极管特性

图 解

二极管最主要的特性是单向导电性，其伏安特性曲线如图 1-1 所示。

① 正向特性。加在二极管两端的正向电压（P 为正、N 为负）很小时（锗管小于 0.1V，硅管小于 0.5V），二极管不导通处于“死区”状态，当正向电压超过一定数值后，二极管才导通，电压再稍微增大，电流急剧增加（见图 1-1）。不同材料的二极管，起始电压不同，硅管为 0.5～0.7V（图 1-1 中的 *A* 点），锗管为 0.1～0.3V 左右（图 1-1 中的 *A*′点）。

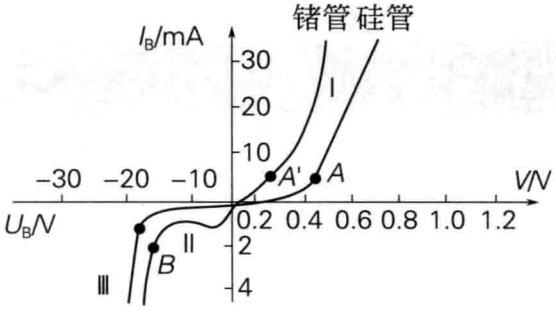


图 1-1 二极管的伏安特性曲线

② 反向特性。二极管两端加上反向电压时，反向电流很小，当反向电压逐渐增加时，反向电流基本保持不变，这时的电流称为反向饱和电流（见图 1-1）。不同材料的二极管，反向电流大小不同，硅管为 1μA 到几十微安，锗管则可高达数百微安，另外，反向电流受温度变化的影响很大，锗管的稳定性比硅管差。

③ 击穿特性。当反向电压增加到某一数值时，反向电流急剧增大，这种现象称为反向击穿（见曲线Ⅲ）。这时的反向电压称为反向击穿电压，不同结构、工艺和材料制成的二极管，其反向击穿电压值差异很大，可由 1V 到几百伏，甚至高达数千伏。

④ 频率特性。由于结电容的存在，当频率高到某一程度时，容抗小到使 P-N 结短路，导致二极管失去单向导电性，不能工作，P-N 结面积越大，结电容也越大，越不能在高频情况下工作。

⑤ 温度特性。二极管对温度很敏感，在室温附近，温度每升高 1℃，正向电压将减小 2～2.5mV，温度每升高 10℃，反向电流约增加一倍。

(2) 二极管的主要参数

二极管的主要参数有：

重点提示

① 正向电流 I_F。在额定功率下，允许通过二极管的电流值。

② 正向电压降 U_F。二极管通过额定正向电流时，在两极间所产生的电压降。

③ 最大整流电流（平均值）I_{OM}。二极管在半波整流连续工作的情况下，允许的最大半波电流的平均值。

④ 反向击穿电压 U_B。二极管反向电流急剧增大到出现击穿现象时的反向电压值。

⑤ 反向峰值电压 U_{RM}。二极管正常工作时所允许的反向电压峰值，通常 U_{RM} 为 U_B 的三分之二或略小一些。

⑥ 反向电流 I_R。在规定的反向电压条件下流过二极管的反向电流值。

⑦ 结电容 C。结电容包括势垒电容和扩散电容，在高频场合下使用时，要求结电容小于某一规定数值。

⑧ 最高工作频率 f_m。二极管具有单向导电性的最高交流信号的频率。

(3) 二极管的分类

根据二极管用途分类如下：

① 检波用二极管。就原理而言，从输入信号中取出调制信号称为信号检波，以整流电流的大小（100mA）作为界线，通常把输出电流小于 100mA 的叫检波。锗材料点接触型二极管的工作频率可达 400MHz，正向压降小，结电容小，检波效率高，频率特性好。类似点接触型检波用的二极管，除用于检波外，还能够用于限幅、削波、调制、混频、开关等电路，也有为调频检波专用的特性一致性好的组合二极管。

② 整流用二极管。就原理而言，从输入交流中得到输出的直流是整流。以整流电流的大小（100mA）作为界线，通常把输出电流大于 100mA 的叫整流。面结型二极管工作频率不高，一般在几万赫兹以下，最高反向电压从 25～3000V，分 A～X 共 22 挡。其分类为硅半导体整流二极管 2CZ 型、硅桥式整流器 QL 型、用于电视机高压硅堆工作频率近 100kHz 的 2CLG 型。

③ 限幅用二极管。大多数二极管都能作为限幅使用，也有和高频齐纳管一样的专用限幅二极管。为了使这些二极管具有特别强的限制尖锐振幅的作用，通常使用硅材料制造的二极管，并可依据限制电压需要，把若干个必要的整流二极管串联起来形成一个整体。

④ 调制用二极管。通常指的是环形调制专用二极管，就是正向特性一致性好的 4 个二极管的组合件。即使其他变容二极管也有调制用途，但它们通常是直接作为调频用。

⑤ 混频用二极管。二极管工作在 500～10000Hz 的频率范围内，多采用肖特基型和点接触型二极管。

⑥ 放大用二极管。用于放大的二极管有依据隧道二极管和体效应二极管的负阻性放大，也有用变容二极管的参量放大。因此，放大用二极管通常是指隧道二极管、体效应二极管和变容二极管。

⑦ 开关用二极管。有在小电流下（10mA）用于逻辑运算和在数百毫安下用于磁芯激励的开关二极管，小电流的开关二极管通常有点接触型和键型二极管，也有在高温下能可靠工作的硅扩散型、台面型和平面型二极管。开关二极管的特长是开关速度快。而肖特基型二极管的开关时间短，因而是理想的开关二极管。肖特基（SBD）硅大电流开关二极管，正向压降小，速度快、效率高。

⑧ 变容二极管。用于自动频率控制（AFC）和调谐用的小功率二极管称变容二极管。通过施加反向电压，使其 P-N 结的静电容量发生变化。因此，被用于自动频率控制、扫描振荡、调频和调谐等电路中。通常是采用硅的扩散型二极管，但也可采用合金扩散型、外延结合型、双重扩散型等特殊制作的二极管，因为这些二极管对于电压而言，其静电容量的变化率特别大。结电容随反向电压 U_R 变化，可取代可变电容，用作调谐回路、振荡电路、锁相环路，常用于电视机高频头的频道转换和调谐电路，多以硅材料制作。

⑨ 频率倍增用二极管。对二极管的频率倍增作用而言，有依靠变容二极管的频率倍增和依靠阶跃（即急变）二极管的频率倍增。频率倍增用的变容二极管称为可变电抗器，可变电抗器虽然和自动频率控制用的变容二极管的工作原理相同，但电抗器的构造却能承受大功率。阶跃二极管又被称为阶跃恢复二极管，从导通切换到关闭时的反向恢复时间 t_{rr} 短，因此，其特点是快速关断的转移时间短。如果对阶跃二极管施加正弦波，那么因 t_t（转移时间）短，所以输出波形急骤地被夹断，故能产生很多高频谐波。

⑩ 稳压二极管。被制作成为硅的扩散型或合金型，是反向击穿特性曲线急骤变化的二

试读结束：需要全本请在线购买： www.ertongbook.com

极管。二极管工作时的端电压（又称齐纳电压）从3V左右到150V，按每隔10%划分成许多等级。在功率方面，也有从200mW～100W以上的产品。硅材料制作的稳压二极管工作在反向击穿状态，动态电阻R_Z很小。稳压二极管一般为2CW型；将两个互补二极管反向串接以减少温度系数则为2DW型。

⑪ PIN型二极管。这是在P区和N区之间夹一层本征半导体（或低浓度杂质的半导体）构造的晶体二极管。PIN中的I是“本征”意义的英文略语。当其工作频率超过100MHz时，由于少数载流子的存储效应和“本征”层中的渡越时间效应，使PIN型二极管失去整流作用而变成阻抗组件，并且，其阻抗值随偏置电压而改变。在零偏置或直流反向偏置时，“本征”区的阻抗很高；在直流正向偏置时，由于载流子注入“本征”区，而使“本征”区呈现出低阻抗状态。因此，可以把PIN二极管作为可变阻抗组件使用，它常被应用于高频开关（即微波开关）、移相、调制、限幅等电路中。

⑫ 雪崩二极管。雪崩二极管在外加电压作用下可以产生高频振荡，产生高频振荡的工作原理是：利用雪崩击穿对晶体注入载流子，因载流子渡越芯片需要一定的时间，所以其电流滞后于电压，出现延迟时间，若适当地控制渡越时间，那么在电流和电压关系上就会出现负阻效应，从而产生高频振荡。它常被应用于微波领域的振荡电路中。

⑬ 江崎二极管。江崎二极管是以隧道效应电流为主要电流分量的晶体二极管，其基底材料是砷化镓和锗，其P型区的N型区是高掺杂的（即高浓度杂质的），隧道电流由这些高掺杂半导体的量子力学效应所产生。江崎二极管为双端子有源器件，其主要参数有峰谷电流比（I_P/I_V），其中，下标“P”代表“峰”；而下标“V”代表“谷”。江崎二极管可以被应用于低噪声高频放大器及高频振荡器中（其工作频率可达毫米波段），也可以被应用于高速开关电路中。

⑭ 快速关断（阶跃恢复）二极管。快速关断二极管在结构上的特点是：在P-N结边界处具有陡峭的杂质分布区，从而形成“自助电场”。由于P-N结在正向偏压下，以少数载流子导电，并在P-N结附近具有电荷存储效应，使其反向电流需要经历一个“存储时间”后才能降至最小值（反向饱和电流值）。阶跃恢复二极管的“自助电场”缩短了存储时间，使反向电流快速截止，并产生丰富的谐波分量。利用这些谐波分量可设计出梳状频谱发生电路，快速关断二极管主要用于脉冲和高次谐波电路中。

⑮ 肖特基二极管。肖特基二极管是具有肖特基特性的“金属半导体结”的二极管，其正向起始电压较低。其金属层可以采用金、钼、镍、钛等材料，半导体材料采用硅或砷化镓，多为N型半导体。这种器件是由多数载流子导电的，所以，其反向饱和电流比少数载流子导电的P-N结大得多。由于肖特基二极管中少数载流子的存储效应甚微，所以其频率响仅受RC时间常数限制，因而，它是高频和快速开关的理想器件，其工作频率可达100GHz。并且，MIS（金属—绝缘体—半导体）肖特基二极管可以用来制作太阳能电池或发光二极管。

⑯ 阻尼二极管。具有较高的反向工作电压和峰值电流，正向压降小。高频高压整流二极管用在电视机行扫描电路中作阻尼和升压整流用。

⑰ 瞬变电压抑制二极管。瞬变电压抑制二极管可对电路进行快速过压保护，分双极型和单极型两种，按峰值功率（500～5000W）和电压（8.2～200V）分类。

⑱ 双基极二极管（单结晶体管）。双基极二极管有两个基极，一个发射极的三端负阻器件，用于张弛振荡电路，定时电压读出电路中，它具有频率易调、温度稳定性好等优点。

⑲ 发光二极管。发光二极管采用磷化镓、磷砷化镓材料制成正向驱动发光。体积小，工作电压低，工作电流小，发光均匀，寿命长，可发红、黄、绿单色光。

1.2　二极管的测量

1.2.1　二极管参数测量方法

(1) 硅锗二极管的简易区分方法

图　解

硅锗二极管通常在管壳上注有标记，如无标记，可用万用表电阻挡测量其正反向电阻来区分硅锗二极管的（一般用 R×100 或×1k 挡），区别硅锗二极管的方法如下：

① 采用万用表测量二极管正向电阻的示意图，如图 1-2（a）所示，测量结果：

硅管：表针指示位置在中间或中间偏右一点。

锗管：表针指示在右端靠近 0Ω 刻度的地方，表明管子正向特性是好的。

如果表针在左端不动，则管子内部已经断路。

② 采用万用表测量二极管反向电阻的示意图，如图 1-2（b）所示，测量结果：

硅管：表针在左端基本不动，极靠近满刻度（∞）位置。

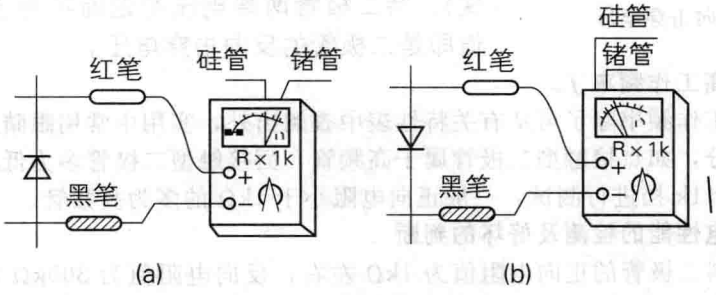


图 1-2　硅锗二极管区别示意图

锗管：表针从左端起动一点，但不应超过满刻度的 1/4，则表明反向特性是好的。

如果表针指在 0 位，则管子内部已短路。

(2) 二极管的正负极的判别

图　解

首先把万用表拨到“欧姆”挡（通常用 R×100 或 R×1k），然后用万用表两表笔分别接到二极管的两个极上去，如图 1-3（a）所示。二极管截止，阻值很大（一般为几百千欧），此时黑表笔接触的是二极管的负极，红表笔接触的是二极管的正极。如图 1-3（b）所示。当表内的电源使二极管处于正向接法时，二极管导通，阻值较小（几十欧到几千欧的范围），此时黑表笔接触的是

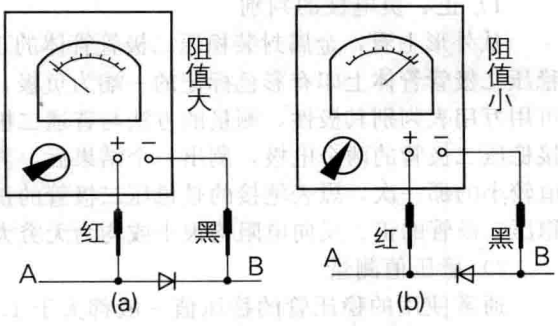


图 1-3　万用表测量二极管的正负极示意图

二极管的正极；红表笔接触的是二极管的负极。

(3) 检测最高反向击穿电压 U_{RM}

对于交流电来说，二极管承受的最高反向工作电压是交流峰值电压。需要指出的是，最高反向工作电压并不是二极管的击穿电压。在一般情况下，二极管的击穿电压要比最高反向工作电压高得多（约高一倍）。

图 解

二极管反向击穿电压（耐压值）可以用晶体管直流参数测试仪测量。其方法是：测量二极管时，应将测试仪的“NPN/PNP”选择键设置为 NPN 状态，再将被测二极管的正极接测试仪的“C”插孔内，负极插入测试表的“e”插孔，然后按下“VBR”键，测试仪即可指示出二极管的反向击穿电压值。

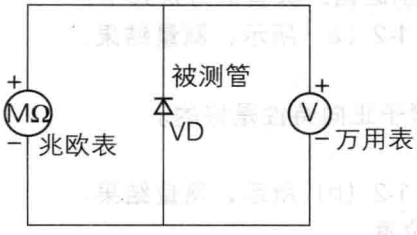


图 1-4 用兆欧表和万用表检测二极管的反向击穿电压

也可用兆欧表和万用表来测量二极管的反向击穿电压、测量时被测二极管的负极与兆欧表的正极相接，将二极管的正极与兆欧表的负极相连，同时用万用表（置于合适的直流电压挡）监测二极管两端的电压，如图 1-4 所示。摇动兆欧表手柄（应由慢逐渐加快），待二极管两端电压稳定而不再上升时，此电压值即是二极管的反向击穿电压。

(4) 检测最高工作频率 f_m

晶体二极管工作频率除了可从有关特性表中查阅出外，实用中常用眼睛观察二极管内部的触丝来加以区分，如点接触型二极管属于高频管，面接触型二极管多为低频管。另外，也可以用万用表 R×1k 挡进行测试，一般正向电阻小于 1kΩ 的多为高频管。

(5) 单向导电性能的检测及好坏的判断

通常，锗材料二极管的正向电阻值为 1kΩ 左右，反向电阻值为 300kΩ 左右。硅材料二极管的正向电阻值为 5kΩ 左右，反向电阻值为∞（无穷大）。正向电阻越小越好，反向电阻越大越好。正、反向电阻值相差越悬殊，说明二极管的单向导电特性越好。

若测得二极管的正、反向电阻值均接近 0 或阻值较小，则说明该二极管内部已击穿短路或漏电损坏。若测得二极管的正、反向电阻值均为无穷大，则说明该二极管已开路损坏。

1.2.2 稳压、恒流二极管的测量

(1) 稳压二极管的测量

1）正、负电极的判别

从外形上看，金属封装稳压二极管管体的正极一端为平面形，负极一端为半圆面形。塑封稳压二极管管体上印有彩色标记的一端为负极，另一端为正极。对标志不清楚的稳压二极管，可用万用表判别其极性，测量的方法与普通二极管相同，即用万用表 R×1k 挡，将两表笔分别接稳压二极管的两个电极，测出一个结果后，再对调两表笔进行测量。在两次测量结果中，阻值较小的那一次，黑表笔接的是稳压二极管的正极，红表笔接的是稳压二极管的负极。若测得稳压二极管的正、反向电阻均很小或均为无穷大，则说明该二极管已击穿或开路损坏。

2）稳压值测量

通常使用的稳压管的稳压值一般都大于 1.5V，而指针表的 R×1k 以下的电阻挡是用表内的 1.5V 电池供电的，这样，用 R×1k 以下的电阻挡测量稳压管就如同测二极管一样，具

有完全的单向导电性。但指针表的R×10k挡是用9V或15V电池供电的，在用R×10k挡测稳压值小于9V或15V的稳压管时，反向阻值就不会是∞，而是有一定阻值，但这个阻值还是要大大高于稳压管的正向阻值的。如此，就可以初步估测出稳压管的好坏。但是，好的稳压管还要有个准确的稳压值，业余条件下估测这个稳压值需要两块万用表。

图　解

① 业余条件下估测。先将一块万用表置于R×10k挡，其黑、红表笔分别接在稳压管的阴极和阳极，这时就模拟出稳压管的实际工作状态，再取另一块表置于电压挡V×10V或V×50V（根据稳压值）上，将红、黑表笔分别搭接到刚才那块万用表的黑、红表笔上，这时测出的电压值就基本上是这个稳压管的稳压值。说“基本上”，是因为第一块表对稳压管的偏置电流相对正常使用时的偏置电流稍小些，所以测出的稳压值会稍偏大一点，但基本相差不大。这种方法只可估测稳压值小于指针表高压电池电压的稳压管。如果稳压管的稳压值太高，就只能用外加电源的方法来测量了（这样看来，在选用指针表时，选用高压电池电压为15V的要比9V的更适用些）。

② 基于外部电源测量稳压二极管的稳压值。采用0～30V连续可调直流电源测量稳压二极管稳压值电路如图1-5（a）所示，对于13V以下的稳压二极管，可将稳压电源的输出电压调至15V，将电源正极串接1只1.5kΩ限流电阻后与被测稳压二极管的负极相连接，电源负极与稳压二极管的正极相接，再用万用表测量稳压二极管两端的电压值，所测的读数即为稳压二极管的稳压值。若稳压二极管的稳压值高于15V，则应将稳压电源调至20V以上。

也可用低于1000V的兆欧表为稳压二极管提供测试电源，参数电路如图1-5（b）所示。其方法是：将兆欧表正端与稳压二极管的负极相接，兆欧表的负端与稳压二极管的正极相接后，按规定匀速摇动兆欧表手柄，同时用万用表监测稳压二极管两端电压值（万用表的电压挡应视稳定电压值的大小而定），待万用表的指示电压指示稳定时，此电压值便是稳压二极管的稳定电压值。若测量稳压二极管的稳压值忽高忽低，则说明该二极管的性不稳定。

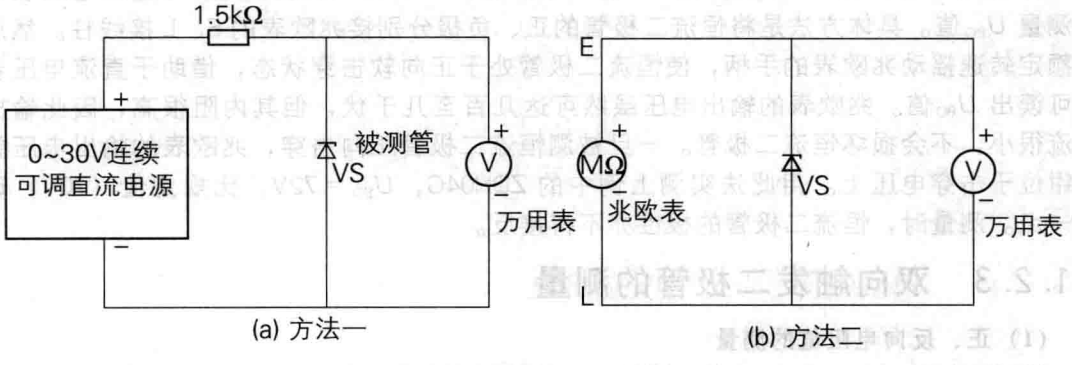


图1-5　稳压管稳压值的测量方法

（2）恒流二极管测量

图　解

检测恒流二极管的电路如图1-6所示，*E*是可调直流电源，向恒流二极管提供工作

电压 U_I，用直流毫安表测量恒定电流 I_H，同时用一块直流电压表监测工作电压 U_I。当 U_I从 U_S 一直上升到 U_{BO}时，I_H应保持恒定。电路中的 R_L为负载电阻。

测量实例：恒流二极管型号为 2DH04C，其标称恒定电流 I_H = 0.4mA，正向击穿电压 U_{BO} = 70V。采用如图 1-6 所示的测试电路，由 HT-1714C 型直流稳压电源代替 E，提供 0～30V 的工作电压。将两块 500 型万用表分别拨到直流 1mA 挡和 2.5V 挡（或 10V、50V 挡），测量 I_H与 U_I值。R_L选用 10kΩ 欧电位器。首先把 R_L调至 0，然后改变 E 值，可测得其特性参数。

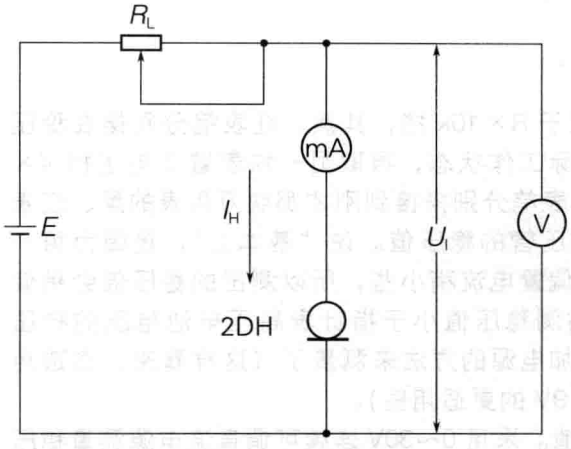


图 1-6 恒流二极管检测电路

从实测数据可以得到，当 $U_I \geqslant 1.5$V 时，恒流二极管进入恒流区，I_H = 0.34～0.36mA，因此该恒流二极管的起始电压 U_S = 1.5V。当 U_I = 1.5～15V 时，I_H恒定不变；当 U_I = 1.5～30V 时，I_H最多只增加 0.02mA，变化率小于 5.9%。然后将 R_L从 0 调至 10kΩ，重复上述试验。在 U_I = 1.5～30V 的范围内，I_H = （0.34±0.03）mA，变化率 $\Delta I_H/I_H$<8.9%。由此证明被测恒流二极管的恒流特性良好，在满足 $R_L \ll Z_H$的条件下，I_H基本不随负载而变化。

注 意

测量恒流二极管时需注意以下事项：

① 测量恒流二极管时极性不得接反，否则起不到恒流作用，并且还容易损坏恒流二极管。

② 由恒流二极管组成电路时，必须使 $R_L \ll Z_H$；否则恒流特性无法保证。

③ 恒流二极管的正向击穿电压 U_{BO}一般为 30～100V，利用兆欧表与直流电压表能够测量 U_{BO}值。具体方法是将恒流二极管的正、负极分别接兆欧表的 E、L 接线柱。然后按额定转速摇动兆欧表的手柄，使恒流二极管处于正向软击穿状态，借助于直流电压表即可读出 U_{BO}值。兆欧表的输出电压虽然可达几百至几千伏，但其内阻很高，因此输出电流很小，不会损坏恒流二极管。一旦被测恒流二极管正向击穿，兆欧表的输出电压就被钳位于击穿电压上。用此法实测上例中的 ZDH04C，U_{BO} = 72V，比规定值（70V）略高一点。测量时，恒流二极管的极性亦不得接反。

1.2.3 双向触发二极管的测量

(1) 正、反向电阻值的测量

用万用表 R×1k 或 R×10k 挡，测量双向触发二极管正、反向电阻值，正常时，其正、反向电阻值均应为无穷大。若测得正、反向电阻值均很小或为 0，则说明该二极管已击穿损坏。

(2) 转折电压测量

图 解

测量双向触发二极管的转折电压有三种方法，如图 1-7 所示：

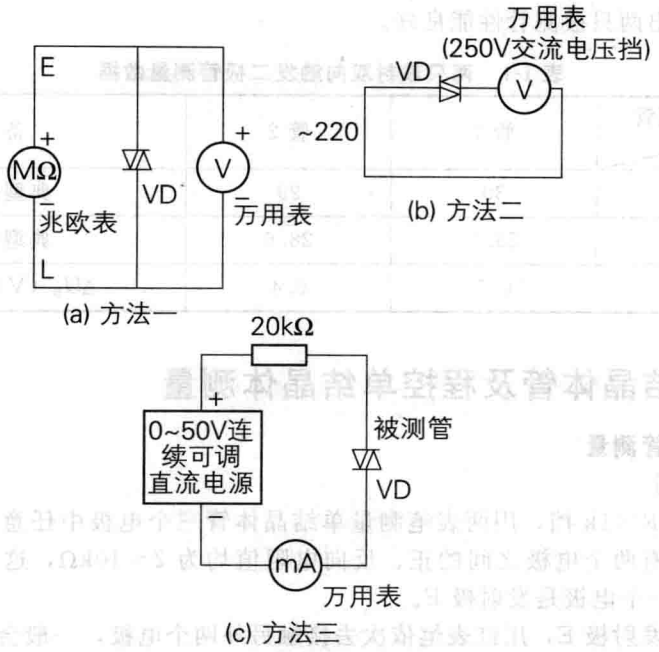


图 1-7　双向触发二极管转折电压的检测

第一种方法：将兆欧表的正极（E）和负极（L）分别接双向触发二极管的两端，用兆欧表提供击穿电压，同时用万用表的直流电压挡测量出电压值，将双向触发二极管的两极对调后再测量一次。比较一下两次测量的电压值的偏差（一般为3～6V）。此偏差值越小，说明此二极管的性能越好。

第二种方法：先用万用表测出市电电压 U，然后将被测双向触发二极管串入万用表的交流电压测量回路后，接入市电电压，读出电压值 U_1，再将双向触发二极管的两极对调连接后并读出电压值 U_2。

若 U_1 与 U_2 的电压值相同，但与 U 的电压值不同，则说明该双向触发二极管的导通性能对称性良好。若 U_1 与 U_2 的电压值相差较大，则说明该双向触发二极管的导通性能不对称；若 U_1、U_2 电压值均与市电 U 相同，则说明该双向触发二极管内部已短路损坏；若 U_1、U_2 的电压值均为0，则说明该双向触发二极管内部已开路损坏。

第三种方法：用0～50V连续可调直流电源，将电源的正极串接1只20kΩ电阻器后与双向触发二极管的一端相接，将电源的负极串接万用表电流挡（将其置于1mA挡）后与双向触发二极管的另一端相接。逐渐增加电源电压，当电流表指针有较明显摆动时（几十微安以上），则说明此双向触发二极管已导通，此时电源的电压值即是双向触发二极管的转折电压。

测量实例1：选择ZC25-3型兆欧表，将500型万用表拨至50VDC挡。被测双向触发二极管为DB3型，其外形与检波二极管相似，管壳呈天蓝色。主要参数是：$U_{BO}=35V$（典型值），峰值脉冲电流 $I_{pk}=5mA$。

首先用R×1kΩ挡测量正、反向电阻均为无穷大。然后按图1-7（a）所示方法分两次测得：$U_{BO}=28.5V$，$U_{BR}=28.0V$。由此算出 $\Delta V_{(B)}=0.5V<2V$。该双向触发二极管的正、反向转折电压较典型值稍低些，但转折电压的对称性很好。

试读结束：需要全本请在线购买： www.ertongbook.com