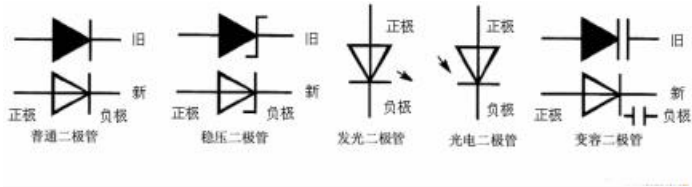


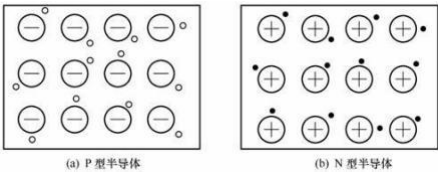
二极管是用**半导体材料**(硅、硒、锗等)制成的一种**电子器件** [1]。二极管有两个电极，正极，又叫**阳极**；负极，又叫**阴极**，给二极管两极间加上正向电压时，二极管导通， 加上反向电压时，二极管截止。 二极管的导通和截止，则相当于开关的接通与断开 [2]。



二极管具有单向导电性能，导通时电流方向是由阳极通过管子流向阴极。

二极管是最早诞生的**半导体器件**之一，其应用非常广泛。特别是在各种**电子电路**中，利用二极管和**电阻**、**电容**、**电感**等元器件进行合理的连接，构成不同功能的电路，可以实现对**交流电整流**、对**调制信号**检波、限幅和**钳位**以及对电源电压的稳压等多种功能 [3]。

无论是在常见的收音机电路还是在其他的家用电器产品或工业控制电路中，都可以找到二极管的踪迹 [3]。



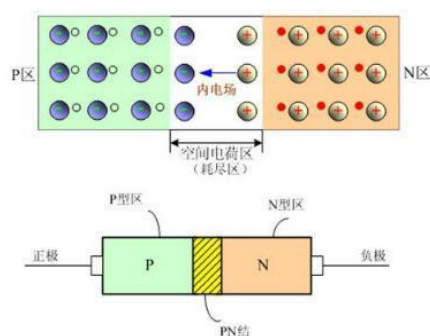
结构组成

二极管就是由一个 **PN 结**加上相应的电极引线及管壳封装而成的。 [4]

采用不同的掺杂工艺，通过扩散作用，将 **P 型半导体**与 **N 型半导体**制作在同一块半导体（通常是硅或锗）基片上，在它们的交界面就形成空间电荷区称为 **PN 结**。 [4]

由 **P 区**引出的电极称为**阳极**，**N 区**引出的电极称为**阴极**。因为 **PN 结**的单向导电性，二极管导通时电流方向是由阳极通过管子内部流向阴极。 [4]

二极管的电路符号如图 1 所示。二极管有两个电极，由 **P 区**引出的电极是**正极**，又叫**阳极**；由 **N 区**引出的电极是**负极**，又叫**阴极**。三角箭头方向表示正向电流的方向，二极管的文字符号用 **VD** 表示。 [4]



工作原理

二极管的主要原理就是利用 PN 结的单向导电性，在 PN 结上加上引线和封装就成了一个二极管。

晶体二极管为一个由 P 型半导体和 N 型半导体形成的 PN 结，在其界面处两侧形成空间电荷层，并建有自建电场。当不存在外加电压时，由于 PN 结两边载流子浓度差引起的扩散电流和自建电场引起的漂移电流相等而处于电平衡状态。 [5]

当外界有正向电压偏置时，外界电场和自建电场的互相抑消作用使载流子的扩散电流增加引起了正向电流。当外界有反向电压偏置时，外界电场和自建电场进一步加强，形成在一定反向电压范围内与反向偏置电压值无关的反向饱和电流。 [5]

当外加的反向电压高到一定程度时，PN 结空间电荷层中的电场强度达到临界值产生载流子的倍增过程，产生大量电子空穴对，产生了数值很大的反向击穿电流，称为二极管的击穿现象。PN 结的反向击穿有齐纳击穿和雪崩击穿之分。 [5]

PN 结形成原理

P 型半导体是在本征半导体（一种完全纯净的、结构完整的半导体晶体）掺入少量三价元素杂质，如硼等。

因硼原子只有三个价电子，它与周围的硅原子形成共价键，因缺少一个电子，在晶体中便产生一个空位，当相邻共价键上的电子获得能量时就有可能填补这个空位，使硼原子成了不能移动的负离子，而原来的硅原子的共价键则因缺少一个电子，形成了空穴，但整个半导体仍呈中性。这种 P 型半导体中以空穴导电为主，空穴为多数载流子，自由电子为少数载流子。 [6]

N 型半导体形成的原理和 P 型原理相似。在本征半导体中掺入五价原子，如磷等。掺入后，它与硅原子形成共价键，产生了自由电子。在 N 型半导体中，电子为多数载流子，空穴为少数载流子。 [6]

因此，在本征半导体的两个不同区域掺入三价和五价杂质元素，便形成了 P 型区和 N 型区，根据 N 型半导体和 P 型半导体的特性，可知在它们的交界处就出现了电子和空穴的浓度差异，电子和空穴都要从浓度高的区域向浓度低的区域扩散，它们的扩散使原来交界处的电中性被破坏。 [6]

PN 结单向导电性

在 PN 结外加正向电压 V，在这个外加电场的作用下，PN 结的平衡状态被打破，P 区中的空穴和 N 区的电子都往 PN 结方向移动，空穴和 PN 结 P 区的负离子中和，电子和 PN 结 N 区的正离子中和，这样就使 PN 结变窄。随着外加电场的增加，扩散运动进一步增强，漂移运动减弱。当外加电压超过门槛电压，PN 结相当于一个阻值很小的电阻，也就是 PN 结导通。 [6]

主要分类

点接触型二极管

点接触型二极管的 PN 结接触面积小，不能通过较大的正向电流和承受较高的反向电压，但它的高频性能好，适宜在高频检波电路和开关电路中使用 [5]。

面接触型二极管

面接触型二极管的 PN 结接触面积大，可以通过较大的电流，也能承受较高的反向电压，适宜在整流电路中使用 [5]。

平面型二极管

平面型二极管在脉冲数字电路中作开关管使用时 PN 结面积小，用于大功率整流时 PN 结面积较大 [5]。

稳压管



稳压管

稳压管是一种特殊的面接触型半导体硅二极管，具有稳定电压的作用。稳压管与普通二极管的主要区别在于，稳压管是工作在 **PN 结** 的反向击穿状态。通过在制造过程中的工艺措施和使用时限制反向电流的大小，能保证稳压管在反向击穿状态下不会因过热而损坏。 [4]

稳压管与一般二极管不一样，它的反向击穿是可逆的，只要不超过稳压管电流的允许值，**PN 结** 就不会过热损坏，当外加反向电压去除后，稳压管恢复原性能，所以稳压管具有良好的重复击穿特性。 [4]

光电二极管

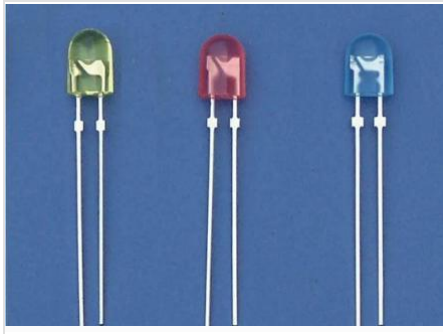


光电二极管

光电二极管又称**光敏二极管**。它的管壳上备有一个玻璃窗口，以便于接受光照。其特点是，当光线照射于它的 **PN 结** 时，可以成对地产生自由电子和空穴，使半导体中少数载流子的浓度提高，在一定的反向偏置电压作用下，使反向电流增加。因此它的反向电流随光照强度的增加而线性增加。 [4]

当无光照时，光电二极管的伏安特性与普通二极管一样。光电二极管作为光控元件可用于各种物体检测、光电控制、自动报警等方面。当制成大面积的光电二极管时，可当作一种能源而称为**光电池**。此时它不需要外加电源，能够直接把**光能**变成**电能**。 [4]

发光二极管



发光二极管

发光二极管是一种将电能直接转换成光能的半导体固体显示器件，简称 LED(Light Emitting Diode)。和普通二极管相似，发光二极管也是由一个 PN 结构成。发光二极管的 PN 结封装在透明塑料壳内，外形有方形、矩形和圆形等。发光二极管的驱动电压低、工作电流小，具有很强的抗[振动](#)和冲击能力、体积小、可靠性高、耗电省和寿命长等优点，广泛用于信号指示等电路中。[4]

在电子技术中常用的数码管，发光二极管的原理与光电二极管相反。当发光二极管正向偏置通过电流时会发出光来，这是由于电子与空穴直接复合时放出能量的结果。它的光谱范围比较窄，其波长由所使用的基本材料而定。[4]

特性参数

用来表示二极管的性能好坏和适用范围的技术指标，称为二极管的参数。不同类型的二极管有不同的特性参数。[4]

伏安特性

二极管具有单向导电性，二极管的伏安特性曲线如图 2 所示 [5]。

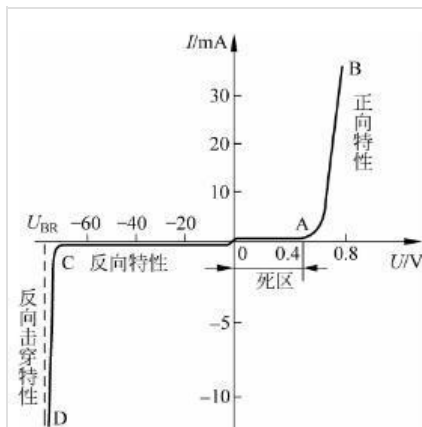


图 2 二极管的伏安特性曲线

在二极管加有正向电压，当电压值较小时，电流极小；当电压超过 0.6V 时，电流开始按指数规律增大，通常称此为二极管的开启电压；当电压达到约 0.7V 时，二极管处于完全导通状态，通常称此电压为二极管的导通电压，用符号 U_D 表示 [4]。

对于锗二极管，开启电压为 0.2V ，导通电压 U_D 约为 0.3V 。在二极管加有反向电压，当电压值较小时，电流极小，其电流值为反向饱和电流 I_S 。当反向电压超过某个值时，电流开始急剧增大，称之为反向击穿，称此电压为二极管的反向击穿电压，用符号 U_{BR} 表示。不同型号的二极管的击穿电压 U_{BR} 值差别很大，从几十伏到几千伏 [4]。

正向特性

外加正向电压时，在正向特性的起始部分，正向电压很小，不足以克服 PN 结内电场的阻挡作用，正向电流几乎为零，这一段称为死区。这个不能使二极管导通的正向电压称为死区电压。 [4]

当正向电压大于死区电压以后，PN 结内电场被克服，二极管正向导通，电流随电压增大而迅速上升。在正常使用的电流范围内，导通时二极管的端电压几乎维持不变，这个电压称为二极管的正向电压。 [4]

当二极管两端的正向电压超过一定数值 V_{th} ，内电场很快被削弱，特性电流迅速增长，二极管正向导通。 V_{th} 叫做门坎电压或阈值电压，硅管约为 0.5V ，锗管约为 0.1V 。硅二极管的正向导通压降约为 $0.6\sim 0.8\text{V}$ ，锗二极管的正向导通压降约为 $0.2\sim 0.3\text{V}$ 。 [4]

反向特性

外加反向电压不超过一定范围时，通过二极管的电流是少数载流子漂移运动所形成反向电流。由于反向电流很小，二极管处于截止状态。这个反向电流又称为反向饱和电流或漏电流，二极管的反向饱和电流受温度影响很大。 [4]

一般硅管的反向电流比锗管小得多，小功率硅管的反向饱和电流在 nA 数量级，小功率锗管在 μA 数量级。温度升高时，半导体受热激发，少数载流子数目增加，反向饱和电流也随之增加。 [4]

击穿特性

外加反向电压超过某一数值时，反向电流会突然增大，这种现象称为电击穿。引起电击穿的临界电压称为二极管反向击穿电压。电击穿时二极管失去单向导电性。如果二极管没有因电击穿而引起过热，则单向导电性不一定会被永久破坏，在撤除外加电压后，其性能仍可恢复，否则二极管就损坏了。因而使用时应避免二极管外加的反向电压过高。 [5]

反向击穿按机理分为齐纳击穿和雪崩击穿两种情况。在高掺杂浓度的情况下，因势垒区宽度很小，反向电压较大时，破坏了势垒区内共价键结构，使价电子脱离共价键束缚，产生电子-空穴对，致使电流急剧增大，这种击穿称为齐纳击穿。如果掺杂浓度较低，势垒区宽度较宽，不容易产生齐纳击穿。 [5]

另一种击穿为**雪崩击穿**。当反向电压增加到较大数值时，外加电场使电子漂移速度加快，从而与共价键中的价电子相碰撞，把价电子撞出共价键，产生新的电子-空穴对。新产生的电子-空穴被电场加速后又撞出其它价电子，载流子雪崩式地增加，致使电流急剧增加，这种击穿称为雪崩击穿。无论哪种击穿，若对其电流不加限制，都可能造成 PN 结永久性损坏。 [5]

反向电流

反向电流是指二极管在常温（25℃）和最高反向电压作用下，流过二极管的反向电流。反向电流越小，管子的单方向导电性能越好。值得注意的是反向电流与温度有着密切的关系，大约温度每升高 10℃，反向电流增大一倍。例如 2AP1 型锗二极管，在 25℃时反向电流若为 250μA，温度升高到 35℃，反向电流将上升到 500μA，依此类推，在 75℃时，它的反向电流已达 8mA，不仅失去了单方向导电特性，还会使管子过热而损坏。又如，2CP10 型硅二极管，25℃时反向电流仅为 5μA，温度升高到 75℃时，反向电流也不过 160μA。故硅二极管比锗二极管在高温下具有较好的稳定性。 [4]

动态电阻

二极管特性曲线**静态工作点**附近电压的变化与相应电流的变化量之比。 [4]

电压温度系数

电压温度系数指温度每升高一摄氏度时的稳定电压的相对变化量。 [4]

最高工作频率

最高工作频率是二极管工作的上限频率。因二极管与 PN 结一样，其结电容由势垒电容组成。所以最高工作频率的值主要取决于 PN 结结电容的大小。若是超过此值。则单向导电性将受影响。 [4]

最大整流电流

最大整流电流是指二极管长期连续工作时，允许通过的最大正向平均电流值，其值与 PN 结面积及外部散热条件等有关。因为电流通过管子时会使管芯发热，温度上升，温度超过容许限度（硅管为 141℃左右，锗管为 90℃左右）时，就会使管芯过热而损坏。所以在规定散热条件下，二极管使用中不要超过二极管最大整流电流值。 [4]

最高反向工作电压

加在二极管两端的反向电压高到一定值时，会将管子击穿，失去单向导电能力。为了保证使用安全，规定了最高反向工作电压值。 [4]

检测方法

小功率晶体二极管

1. 判别正、负电极

(1) 观察外壳上的符号标记。通常在二极管的外壳上标有二极管的符号，带有三角形箭头的一端为正极，另一端是负极。 [7]

(2) 观察外壳上的色点。在点接触二极管的外壳上，通常标有极性色点(白色或红色)。一般标有色点的一端即为正极。还有的二极管上标有色环，带色环的一端则为负极。 [7]

(3) 以阻值较小的一次测量为准，黑表笔所接的一端为正极，红表笔所接的一端则为负极。(d)观察二极管外壳，带有银色带一端为负极。 [7]

2. 检测最高反向击穿电压。对于交流电来说，因为不断变化，因此最高反向工作电压也就是二极管承受的交流峰值电压。 [7]

双向触发二极管

将万用表置于相应的直流电压挡，测试电压由兆欧表提供。 [8]

测试时，摇动兆欧表，万同样的方法测出 V_{BR} 值。最后将 V_{BO} 与 V_{BR} 进行比较，两者的绝对值之差越小，说明被测双向触发二极管的对称性越好。 [8]

瞬态电压抑制二极管

用万用表测量管子的好坏对于单要极型的 TVS，按照测量普通二极管的方法，可测出其正、反向电阻，一般正向电阻为 $4k\Omega$ 左右，反向电阻为无穷大。 [8]

对于双向极型的瞬态电压抑制二极管，任意调换红、黑表笔测量其两引脚间的电阻值均应为无穷大，否则，说明管子性能不良或已经损坏。 [8]

高频变阻二极管

识别正、负极高频变阻二极管与普通二极管在外观上的区别是其色标颜色不同，普通二极管的色标颜色一般为黑色，而高频变阻二极管的色标颜色则为浅色。其极性规律与普通二极管相似，即带绿色环的一端为负极，不带绿色环一端为正极。 [8]

变容二极管

将万用表红、黑表笔怎样对调测量，变容二极管的两引脚间的电阻值均应为无穷大。如果在测量中，发现万用表指针向右有轻微摆动或阻值为零，说明被测变容二极管有漏电故障或已经击穿坏。 [8]

单色发光二极管

在万用表外部附接一节能 1.5V 干电池，将万用表置 $R \times 10$ 或 $R \times 100$ 挡。这种接法就相当于给予万用表串接上了 1.5V 的电压，使检测电压增加至 3V(发光二极管的开启电压为 2V)。检测时，用万用表两表笔轮换接触发光二极管的两管脚。若管子性能良好，必定有一次能正常发光，此时，黑表笔所接的为正极红表笔所接的为负极。 [8]

红外发光二极管

1. 判别红外发光二极管的正、负电极。红外发光二极管有两个引脚，通常长引脚为正极，短引脚为负极。因红外发光二极管呈透明状，所以管壳内的电极清晰可见，内部电极较宽较大的一个为负极，而较窄且小的一个为正极。 [8]

2. 先测量红个发光二极管的正、反向电阻，通常正向电阻应在 30k 左右，反向电阻要在 500k 以上，这样的管子才可正常使用。 [8]

红外接收二极管

1. 识别管脚极性

(1) 从外观上识别。常见的红外接收二极管外观颜色呈黑色。识别引脚时，面对受光窗口，从左至右，分别为正极和负极。另外在红外接收二极管的管体顶端有一个小斜切平面，通常带有此斜切平面一端的引脚为负极，另一端为正极。 [8]

(2) 先用万用表判别普通二极管正、负电极的方法进行检查，即交换红、黑表笔两次测量管子两引脚间的电阻值，正常时，所得阻值应为一大一小。以阻值较小的一次为准，红表笔所接的管脚步为负极，黑表笔所接的管脚为正极。 [8]

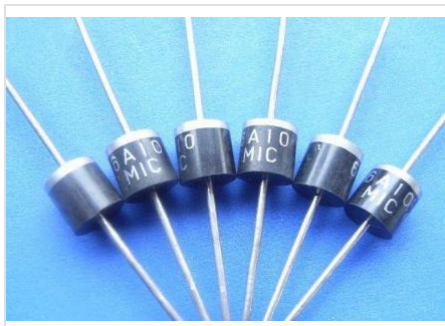
2. 检测性能好坏。用万用表电阻挡测量红外接收二极管正、反向电阻，根据正、反向电阻值的大小，即可初步判定红外接收二极管的好坏。 [8]

激光二极管

按照检测普通二极管正、反向电阻的方法，即可将激光二极管的管脚排列顺序确定。但检测时要注意，由于激光二极管的正向压降比普通二极管要大，所以检测正向电阻时，万用表指针公略微向右偏转而已。 [8]

主要应用

电子电路应用



二极管

几乎在所有的电子电路中，都要用到半导体二极管。半导体二极管在电路中的使用能够起到保护电路，延长电路寿命等作用。半导体二极管的发展，使得集成电路更加优化，在各个领域都起到了积极的作用。二极管在集成电路中的作用很多，维持着集成电路正常工作。下面简要介绍二极管在以下四种电路中的作用。 [6]

（1）开关电路

在数字、集成电路中利用二极管的单向导电性实现电路的导通或断开，这一技术已经得到广泛应用。开关二极管可以很好的保护的电路，防止电路因为短路等问题而被烧坏，也可实现传统开关的功能。开关二极管还有一个特性就是开关的速度很快。这是传统开关所无法比拟的。 [6]

（2）限幅电路

在电子电路中，常用限幅电路对各种信号进行处理。它是用来让信号在预置的电平范围内，有选择地传输一部分信号。大多数二极管都可作为限幅使用，但有些时候需要用到专用限幅二极管，如保护仪表时。 [6]

（3）稳压电路

在稳压电路中通常需要使用齐纳二极管，它是一种利用特殊工艺制造的面结型硅把半导体二极管，这种特殊二极管杂质浓度比较高，空间电荷区内的电荷密度大，容易形成强电场。当齐纳二极管两端反向电压加到某一值，反向电流急增，产生反向击穿。 [6]

（4）变容电路

在变容电路中常用变容二极管来实现电路的自动频率控制、调谐、调频以及扫描振荡等。 [6]

工业产品应用

经过多年来科学家们不懈努力，半导体二极管发光的应用已逐步得到推广，发光二极管广泛应用于各种电子产品的指示灯、光纤通信用光源、各种仪表的指示器以及照明。发光二极管的很多特性是普通发光器件所无法比拟的，主要具有特点有：安全、高效率、环保、寿命长、响应快、体积小、结构牢固。因此，发光二极管是一种符合绿色照明要求的光源。 [6]