



船舶工匠系列
国家级高技能人才培训基地推荐教材

船舶电子技术

■ 主编 刘 轩



 哈尔滨工程大学出版社
Harbin Engineering University Press

船舶工匠系列

国家级高技能人才培训基地推荐教材

船舶电子技术

主 编 刘 轩
副主编 李 敏

内 容 简 介

本教材共分7个工作任务28个实训项目,包括整流电路的装接、晶体管放大电路装接与调试、稳压电路装接调试、RC振荡电路装接调试、晶闸管可控整流电路装接调试、常用数字电路和船舶电子技术模拟考核电路装接调试。每个工作任务又以多个实训项目的形式展开,主要包括认识电路、元器件的检测与识别、电路的装接与调试、电路常见故障的分析与排除等实训项目,帮助学生“先会后懂,分步实施”。教材中的内容通俗易懂,图文并茂,起点低,可操作性强。

本书既可作为中等职业学校船舶机械装置安装与维修(船舶电气)专业教材,也可供相关人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

船舶电子技术/刘轩主编. —哈尔滨:哈尔滨工程大学出版社,2019.1

ISBN 978 - 7 - 5661 - 2149 - 3

I. ①船… II. ①刘… III. ①船用电气设备—中等专业学校—教材 IV. ①U665

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2018)第 283243 号

选题策划 薛 力
责任编辑 张忠远 张如意
封面设计 博鑫设计

出版发行 哈尔滨工程大学出版社
社 址 哈尔滨市南岗区南通大街 145 号
邮政编码 150001
发行电话 0451 - 82519328
传 真 0451 - 82519699
经 销 新华书店
印 刷 哈尔滨市石桥印务有限公司
开 本 787 mm × 1 092 mm 1/16
印 张 11.25
字 数 290 千字
版 次 2019 年 1 月第 1 版
印 次 2019 年 1 月第 1 次印刷
定 价 33.00 元
<http://www.hrbeupress.com>
E-mail:heupress@hrbeu.edu.cn

前 言

本书根据中等职业教育的培养目标,以培养技能型人才为出发点,围绕中职教学需求,参照上海市中等职业学校船舶机械装置安装与维修(船舶电气)专业教学标准,结合船舶电子技术课程标准,遵循实用、够用的原则,经过教学实践、总结后编写而成。

本书最大的特点是采用项目教学法,即以“实训项目”为核心,重构理论知识和实践知识,让学生在真实的情境中边学边做,在过程中感知、体验和领悟相关知识,从而提高学习兴趣,掌握相关的操作技能和专业知识,充分体现“理实一体”的教学思想。

通过本课程的训练,学生可达到船舶电工职业资格鉴定四级的相关要求。

本书由刘轩担任主编,李敏担任副主编。另外,阎夏在本书的编写过程中提出了大量宝贵的意见,在此表示衷心的感谢。

由于编写时间仓促,编者水平有限,书中难免存在错误和不妥之处,恳请读者批评指正。

编 者

2018年2月

目 录

任务一 整流电路的装接	1
项目一 半导体二极管识别	1
项目二 半导体二极管检测	13
项目三 单相半波、桥式整流滤波电路装接	20
项目四 单相半波、桥式整流滤波电路调试	30
项目五 单相半波、桥式整流滤波电路故障排除	43
任务二 晶体管放大电路装接与调试	47
项目一 半导体三极管识别	47
项目二 半导体三极管检测	53
项目三 单级和多级晶体管放大电路装接	61
项目四 单级和多级晶体管放大电路调试	73
项目五 单级和多级晶体管放大电路故障排除	83
任务三 稳压电路装接调试	88
项目一 稳压二极管识别	88
项目二 稳压二极管检测	90
项目三 典型稳压电路装接	92
项目四 典型稳压电路调试	100
项目五 典型稳压电路故障排除	106
任务四 RC 振荡电路装接调试	110
项目一 常用振荡电路识别	110
项目二 RC 振荡电路装接	116
项目三 RC 振荡电路调试	121
项目四 RC 振荡电路故障排除	125
任务五 晶闸管可控整流电路装接调试	127
项目一 晶闸管、单结晶体管识别	127
项目二 晶闸管、单结晶体管检测	133
项目三 晶闸管调光电路装接	135
项目四 晶闸管调光电路调试	139
项目五 晶闸管调光电路故障排除	146

任务六 常用数字电路	150
项目一 门电路识别	150
项目二 触发器识别	157
任务七 船舶电子技术模拟考核电路装接调试	163
项目一 水位报警器电路装接调试	163
项目二 救护车报警电路装接调试	168
参考文献	174

任务一 整流电路的装接

项目一 半导体二极管识别

【任务描述】

通过本任务,了解半导体的基础知识,理解 PN 结的单向导电性,掌握各类二极管的电气符号,能通过符号和外部标志快速识别各类二极管的型号和管脚。

【培养目标】

1. 能说出常用半导体的类型及特点。
2. 能理解 PN 结的单向导电性。
3. 能根据二极管的外形正确说出半导体二极管的种类。
4. 能根据符号及外部标志识别半导体二极管的材料及型号。
5. 能根据符号的外形识别二极管的管脚。
6. 能根据需要选择不同类型的二极管。

【知识准备】

一、半导体的基本概念

1. 什么是半导体

物质按导电能力强弱的不同可以分为导体、半导体和绝缘体三大类。半导体的导电能力介于导体和绝缘体之间。

导体——铁、铝、铜等金属元素等低价元素,其最外层电子在外电场作用下很容易产生定向移动,形成电流。

绝缘体——惰性气体、橡胶等,其原子的最外层电子受原子核的束缚力很强,只有在外电场强到一定程度时才可能导电。

半导体——硅(Si)、锗(Ge),均为四价元素,它们原子的最外层电子受原子核的束缚力介于导体与绝缘体之间,如图 1-1 和图 1-2 所示。

用半导体材料制成的半导体器件是 20 世纪中叶发展起来的新型电子器件。由于它具有体积小、质量轻、工作可靠、使用寿命长、耗电量小等优点,因而在电子技术中得到了广泛应用。目前,半导体器件原材料多为硅和锗。由于硅和锗是按原子规则排列的单晶体,因此用半导体材料制成的半导体管通常也称晶体管。



图 1-1 硅原子



图 1-2 锗原子

2. 半导体的导电特性

半导体的导电特性是由其原子结构决定的。不含任何杂质且结构稳定的半导体为本征半导体。本征半导体中存在稳定的共价键结构。

在绝对温度 $T=0\text{ K}$ 时,所有的价电子都被共价键紧紧束缚,不能成为自由电子,因此本征半导体的导电能力很弱,接近绝缘体,如图 1-3 所示。

当半导体的温度升高后,由于随机热振动导致共价键被打破,而产生自由电子-空穴对,这一现象称为本征激发,也称热激发,如图 1-4 所示。

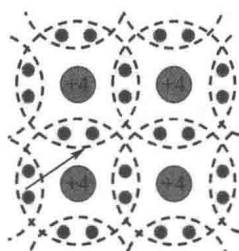


图 1-3 共价键结构

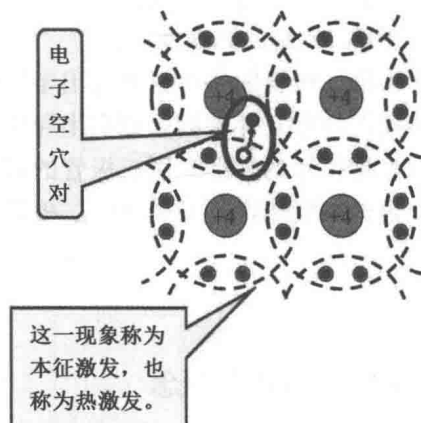


图 1-4 本征激发

由于本征激发,半导体内部会出现大量的自由电子-空穴对。与本征激发相反,自由电子遇到空穴并填补空穴,从而使两者同时消失的现象称为复合。在一定温度下,本征激发与复合两者产生的电子-空穴对数目相等,达到动态平衡。在本征半导体中,自由电子和空穴总是成对出现,所以在任何时候,本征半导体中的自由电子和空穴数总是相等的。

如图 1-5 所示,半导体中存在两种能承载电流的载流子:一种叫作自由电子,带负电荷,形成电子流;另一种叫作空穴,带正电荷,形成空穴流。本征半导体中产生电流的根本原因:共价键中空穴的出现。空穴越多,载流子数目就越多,形成的电流就越大。

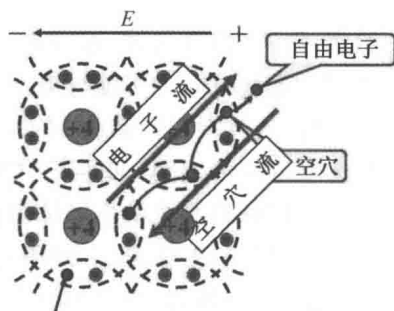


图 1-5 半导体的载流子

本征半导体的导电性取决于外加能量:温度变化,导电性变化;光照变化,导电性变化。半导体的导电特性及应用见表 1-1。

表 1-1 半导体的导电特性及应用

半导体的导电特性	特性	应用
热敏特性	大多数半导体对温度都比较敏感,导电能力随温度的升高而增强,电阻减小	利用半导体的热敏特性可以制成各种热敏元件,实现温控
光敏特性	许多半导体在受阳光照射后,导电能力会增强,电阻减小	利用光敏特性可以制成各种光电元件或器件,实现光控
掺杂特性	在纯净的半导体中掺入微量的某种杂质元素,导电能力会增强很多,电阻急剧减小	二极管、三极管都是利用掺杂特性制成的

3. 杂质半导体

尽管本征半导体中有两种载流子,但是在外加电场时,带负电的自由电子和带正电的空穴均参与导电,且运动方向相反。由于载流子数目很少,故导电性很差。在纯净的半导体中掺入微量的某种杂质元素,导电能力会增强很多。利用半导体的掺杂特性,可制成 N 型半导体和 P 型半导体两种杂质半导体。

(1) N 型半导体

N 型半导体主要靠多数载流子导电,掺入杂质越多,多子浓度越高,导电性越强,实现导电性可控,如图 1-6 所示。

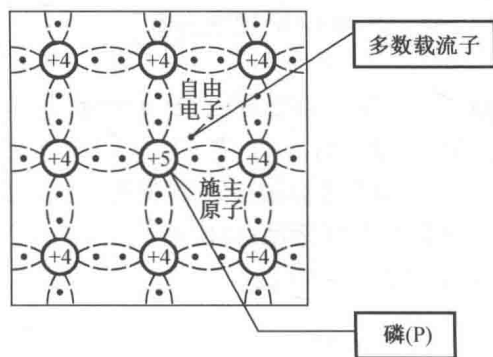


图 1-6 N 型半导体

(2) P 型半导体

P 型半导体主要靠空穴导电,掺入杂质越多,空穴浓度越高,导电性越强,如图 1-7 所示。

半导体中的正负电荷数是相等的,其作用相互抵消,因此对外保持电中性。

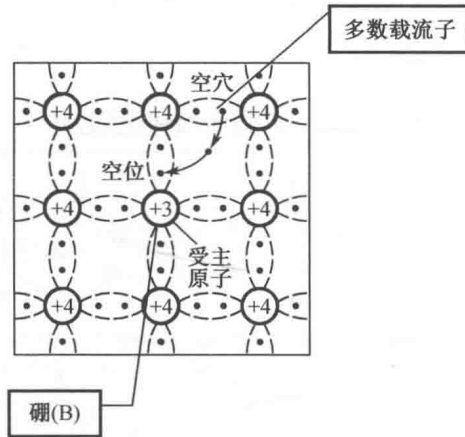


图 1-7 P 型半导体

4. PN 结及其单向导电性

(1) PN 结的形成

物质因浓度差而产生的运动称为扩散运动。气体、液体、固体均有之,如图 1-8 所示。

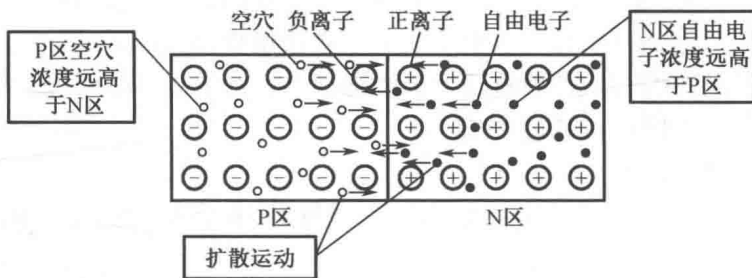


图 1-8 扩散运动

扩散运动使靠近接触面 P 区的空穴浓度降低、靠近接触面 N 区的自由电子浓度降低,产生内电场,不利于扩散运动的继续进行。

由于扩散运动使 P 区与 N 区的交界面缺少多数载流子,形成内电场,从而阻止扩散运动的进行。内电场使空穴从 N 区向 P 区运动,自由电子从 P 区向 N 区运动。由于内电场作用而产生的运动称为漂移运动,如图 1-9 所示。

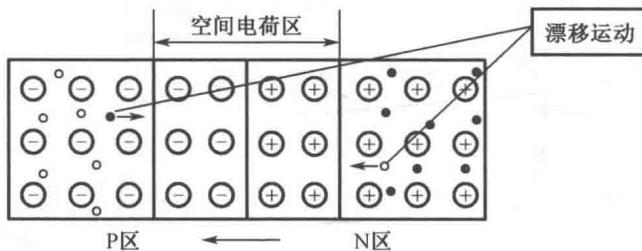


图 1-9 漂移运动

参与扩散运动和漂移运动的载流子数目相同,达到动态平衡,就形成了PN结。

随着扩散运动的进行,在界面N区的一侧,随着电子向P区的扩散,杂质变成正离子;在界面P区的一侧,随着空穴向N区的扩散,杂质变成负离子。所以在N型和P型半导体界面的N型区一侧会形成正离子薄层;在P型区一侧会形成负离子薄层,如图1-10所示。

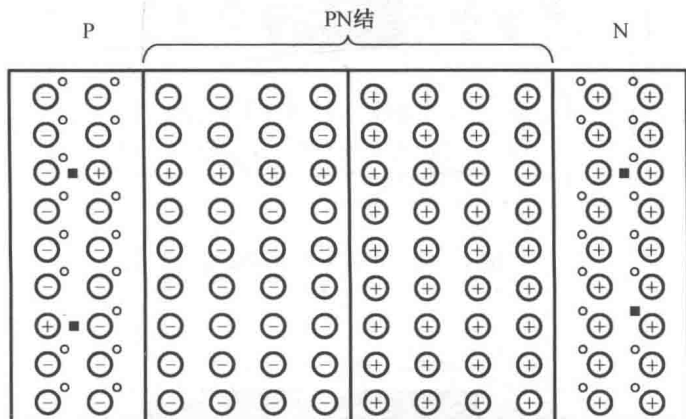


图1-10 PN结离子层的形成

在半导体中还存在少子,内电场的电场力会对少子产生作用,促使少数载流子产生漂移运动,如图1-11所示。

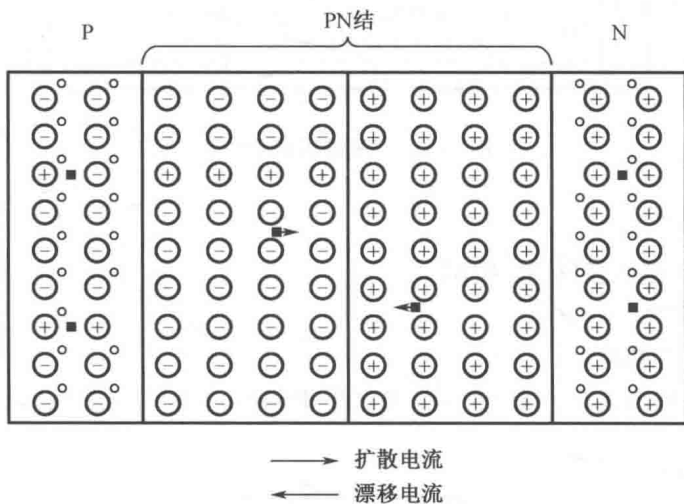


图1-11 少数载流子的漂移运动

(2)PN结的单向导电性

①PN结加正向电压导通——耗尽层变窄,扩散运动加剧,由于外电源的作用,形成扩散电流,PN结处于导通状态,如图1-12所示。

②PN结加反向电压截止——耗尽层变宽,阻止扩散运动,有利于漂移运动,形成漂移电流。由于电流很小,可近似认为其截止,如图1-13所示。

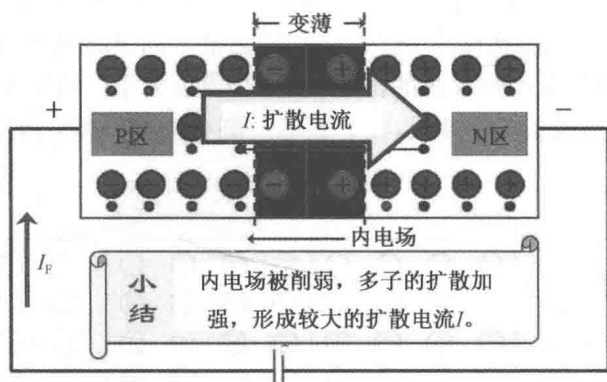


图 1-12 PN 结的导通状态

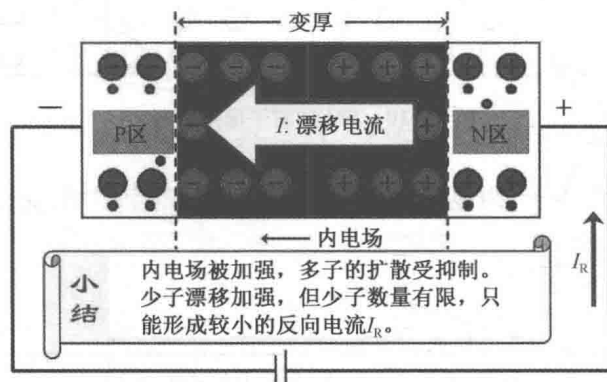


图 1-13 PN 结的截止状态

二、半导体二极管的基本知识

1. 半导体二极管结构

半导体二极管的本质是一个 PN 结。P 区引出阳极, N 区引出阴极, 如图 1-14 所示。

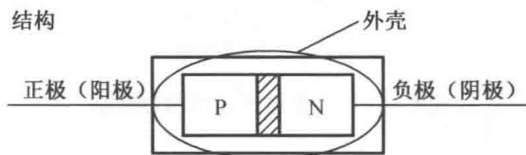


图 1-14 半导体二极管的结构

2. 半导体二极管电气符号

半导体二极管的电气符号是 \triangleright 。

3. 半导体二极管伏安特性

二极管的主要特性是单向导电性(导通: $V_P > V_N$, 截止: $V_P < V_N$)。

二极管是非线性元件,伏安特性 $I=f(U)$,如图 1-15 所示。

(1) 正向特性

死区:正向电压 < 开启电压(硅管约 0.5 V,锗管约 0.1 V),二极管不导通;

导通区:正向电压 > 开启电压,二极管正向导通(导通电压:硅管 0.6 ~ 0.8 V,锗管 0.1 ~ 0.3 V)。

二极管导通后,其正向电流随正向电压的增大而迅速增大,正向电压变化不大,但正向电流变化较大。

(2) 反向特性

反向截止区:在反向电压的一定范围内,反向电流(反向饱和电流)极小,二极管反向截止。

反向电流:硅管小于 $0.1 \mu\text{A}$,锗管几十微安。

(3) 反向击穿特性

反向击穿区:当反向电压达到一定数值(反向击穿电压 U_{BR})后,反向电流突然增大,二极管电击穿;若不加限流措施,继续增大反向电压,二极管将热击穿。

电击穿的二极管还能恢复,利用其反向电流变化较大但反向电压变化很小的特点,可制作稳压管;热击穿的二极管已永久性损坏。

(4) 温度对特性的影响

如图 1-16 所示,随着温度的上升,导通电压及击穿电压减小,反向电流增大,故二极管的正向特性左移,反向特性下移。

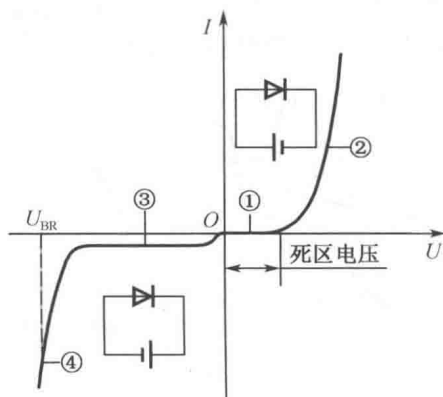


图 1-15 二极管的伏安特性

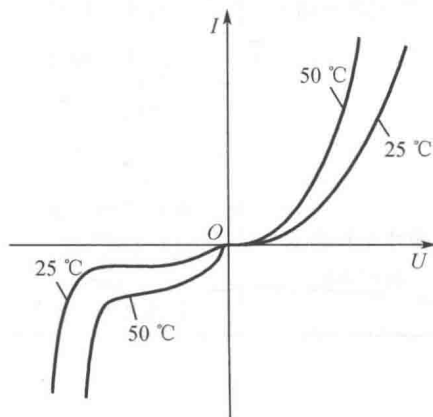


图 1-16 二极管的温度特性

4. 半导体二极管主要参数

(1) 最大整流电流 I_F

二极管长期工作所允许的最大正向平均电流。超过该值,二极管会因过热而损坏。

(2) 最高反向工作电压 U_{RM}

二极管长期工作所允许的最高反向电压(约 $0.5U_{\text{BR}}$)。超过该值,二极管会反向击穿。

(3) 反向电流 I_R

二极管未被击穿时的反向电流值。 I_R 越小,二极管的单向导电性越好。 I_R 对温度很敏感,温度升高,则 I_R 迅速增大,故使用二极管时应注意环境温度不要太高。

(4) 最高工作频率 f_M

二极管长期工作所允许的最高信号频率。该值由 PN 结的结间电容大小决定 ($X_C = 1/2\pi fC$), 若 f 过大, X_C 太小, 则二极管反偏时的等效阻抗变小, 反向电流变大, 使得二极管的单向导电性变差。

【任务演示】

一、识别二极管的种类

二极管的种类有很多, 详见表 1-2。

表 1-2 二极管的分类

分类方法	种类	说明
按材料不同	硅二极管	硅材料二极管, 常用
	锗二极管	锗材料二极管
按用途不同	普通二极管	常用二极管
	整流二极管	主要用于整流
	稳压二极管	常用于直流电源
	开关二极管	专门用于开关的二极管, 常用于数字电路
	发光二极管	能发出可见光, 常用于指示信号
	光电二极管	对光有敏感作用的二极管
	变容二极管	常用于高频电路
按外壳封装的材料不同	玻璃封装二极管	检波二极管一般采用这种封装
	塑料封装二极管	大部分二极管都采用这种封装
	金属封装二极管	大功率整流二极管一般采用这种封装

二、识别二极管的管脚

1. 整流二极管的管脚识别

整流二极管的电气符号如图 1-17 所示, 元件实物如图 1-18 所示。



图 1-17 整流二极管的电气符号

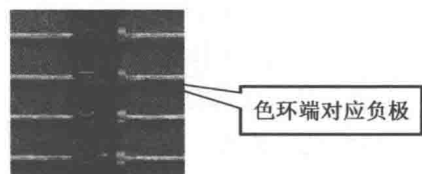


图 1-18 整流二极管元件实物

2. 发光二极管的管脚识别

发光二极管的电气符号如图 1-19 所示,元件实物如图 1-20 所示。

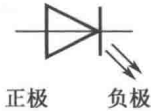


图 1-19 发光二极管的电气符号

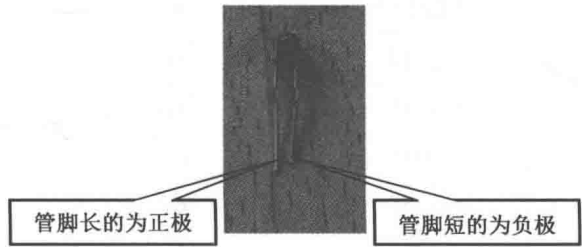


图 1-20 发光二极管元件实物

3. 根据二极管的标识说出二极管的材料、型号

按“GB T4023—1997 半导体分立器件和集成电路国家标准”规定,二极管的型号命名由五部分组成。型号组成部分及其含义见表 1-3,常见普通二极管的主要参数表、硅稳压管的参数、发光二极管的型号命名方法见表 1-4 至表 1-6。

表 1-3 二极管的型号组成部分及其含义

第一部分	第二部分		第三部分		第四部分(数字)	第五部分(拼音)	
电极数	材料和极性		类型		序号	规格号 (表示反向峰值电压的挡次)	
2	二极管	符号	意义	符号			意义
		A	N 型锗材料	P			普通管
		B	P 型锗材料	Z			整流管
		C	N 型硅材料	W			稳压管
		D	P 型硅材料	U			光电管
				K			开关管
				C			参量管
				L			整流管
				S			隧道管

示例如下:

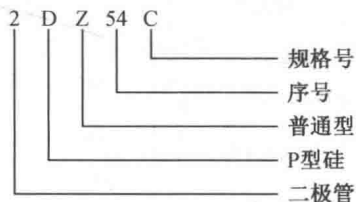
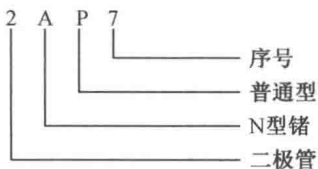


表 1-4 常见普通二极管的主要参数表

型号		最高反向工作电压/V	额定正向工作电流/A	最大浪涌电流/A
国内	2CP1A	50	0.5	—
	2CZ11A	100	1	—
	2CZ12B	200	3	—
	2CZ13C	300	5	—
IN 系列	IN4001	50	1	30
	IN4004	400	1	30
	IN4006	600	1	30
	IN4007	700	1	30
常用开关	2AK1	60	0.45	—
	2CK74	30	0.1	—
	IN4148	100	0.2	1
	IN4150	50	0.2	1

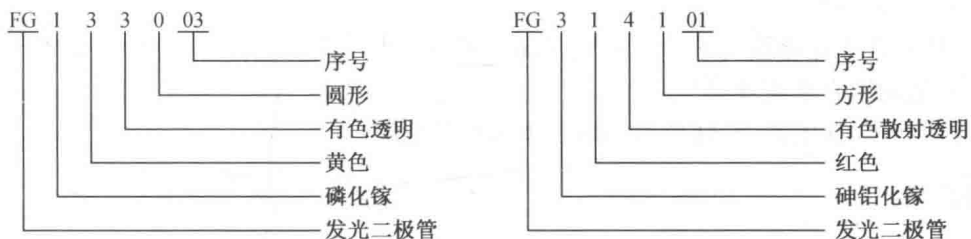
表 1-5 硅稳压管的参数

型号	参数					
	稳定电压 U_z/V	稳定电流 I_z/mA	最大稳定电流 I_{zM}/mA	最大功耗 P_{zM}/W	动态电阻 R_z/Ω	温度系数 $C_{TV}/\text{℃}^{-1}$
2CW52	3.2~4.5	10	55	0.25	<70	-0.08%
2CW57	8.5~9.5	5	26	0.25	<20	+0.08%
2DW230	5.8~6.6	10	30	<0.20	<25	0.005 %

表 1-6 发光二极管的型号命名方法

第一部分	第二部分	第三部分	第四部分	第五部分	第六部分				
FG 表示 发光二极管	材料	发光颜色		封装形式		外形			
		1	磷化镓	1	红	1	无色透明	0	圆形
				2	橙	2	无色散射	1	方形
				3	黄	3	有色透明	2	符号形
	4			绿	4	釉色散射透明	3	三角形	
	2	磷砷化镓	5	蓝		4	长方形		
			6	复色		5	组合形		
	3	砷铝化镓				6	特殊形		
							产品序号		

示例如下：



4. 根据二极管的外形和型号确认二极管的管脚

(1) 管体上用二极管的符号标出

符号的正负极与引脚一致,如图 1-21 所示。

(2) 管体用色环标出

有色环的一端表示二极管的负极,如图 1-22 所示。

(3) 发光二极管

小正大负,长正短负,如图 1-23 所示。

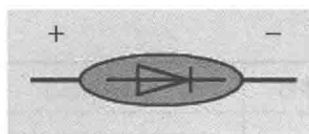


图 1-21 管体标识

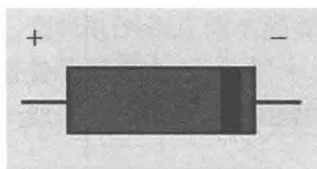


图 1-22 色环标识



图 1-23 发光二极管

(4) 塑料封装(扁平)

塑料封装如图 1-24 所示。

5. 识别几种常见二极管,说明其用途

(1) 整流二极管

工作在正偏状态,正向导通,反向截止。

应用:利用其单向导电性,组成各种整流电路,将交流电转换成直流电。常见的有半波整流电路和桥式整流电路。

(2) 发光二极管

外加正偏电压,工作在正偏状态,它是一种能将电能直接转换为光能的光发射器件,可作为冷光源。使用不同材料可产生不同颜色的光,常用的有红、橙、黄、绿,现在还有白、蓝、紫;红光二极管的导通电压约 1.2 V。

应用:指示灯(如电源插座)、数码管(七段式显示、矩阵式显示)。

(3) 光敏二极管

外加反偏电压,工作在反偏状态,随着光照强度的增强,反向电流也加大;当光电流大于几十微安时,光电流与照度呈线性增加。



图 1-24 塑料封装