

全国电力工人公用类培训教材

应用电子技术基础

水利电力出版社

应用电子技术基础

毕月云 主编

水利电力出版社

内 容 提 要

本书是现行《电力工人技术等级标准》配套教材之一。全书共四章，主要讲述整流器和直流稳压电路、信号与放大、晶闸管技术及其应用和脉冲数字电路基础知识。为便于培训与考核，各章之后均附有复习题。

本书适用于火力发电、水力发电、供用电、火电建设、水电建设、机械修造等7部分20个专业66个工种的初级、中级、高级工人培训考核使用，也适用于非电力系统的城镇、农村、工矿企业的工人培训考核使用。

全国电力工人公用类培训教材

应用电子技术基础

毕月云 主编

*

水利电力出版社出版、发行

（现中国电力出版社）

（北京三里河路6号）

北京市京东印刷厂印刷

*

787×1092毫米 32开本 10.5印张 233千字

1994年12月第一版 1996年1月北京第二次印刷

印数 12111—37150册

ISBN7-120-02283-0/TM·605

定价 10.70元

努力搞好教材建設
為提高電業職工
素質服務

史大楨
丁巳年春

出版者前言

1991年12月能源部颁布的《电力工人技术等级标准》，是按照全国第三次修标工作的统一部署，对原标准进行修订后形成的。它将原八级制改为初、中、高三级制。这是一项重大突破。新标准颁布的文件中明确指出：工人技术等级标准是衡量工人技术水平和工作能力的客观尺度，是对工人进行培训、考核、使用和给予相应待遇的重要依据。

由于颁发了新标准和工人考核条例，所以培训工作必须适应这一改革的要求。为此，本社组织出版了这一套《全国电力工人公用类培训教材》，旨在为全国电力系统广大工人的技术定级、上岗、转岗、晋级及电力职业技能鉴定等的培训、考核工作服务。

在编写这套《全国电力工人公用类培训教材》时，首先对新标准的七大部分各专业的内容进行了逐条摘录和分类归纳，然后取其共性和通用部分，产生了教材目录，再经重点调查研究和广泛征求意见后才着手编写。初稿形成后，又广为征询修改意见，并进行了审稿和统稿。因此，定稿后的公用类培训教材内容，深信是紧扣新标准的实用性教材，它具有按照工人培训的特殊要求和规律建立的教材体系，以及重点突出、层次分明、深入浅出、易教易学、图文并茂等特点。各分册教材中还附有各工种培训、考核范围表。这可以指导工人自学和开展培训、考核时掌握教学和考核的范围。

在编写这套《全国电力工人公用类培训教材》的全过程中，得到了电力工业部领导的关怀和各有关司局的大力支持，

同时也取得了全国电力系统各有关单位和人员的关注、支持和帮助。山西省电力工业局的解一凯、关增荣二位同志也为此做了大量的工作。在此一并表示感谢。

《应用电子技术基础》是《全国电力工人公用类培训教材》之一，它适用于7部分20个专业66个工种的学习。本书由山西大同电力技工学校毕月云主编，张秀娥、龚明义、大同供电公司于衡波参编，大同第二发电厂袁柏青主审。

各单位和广大读者在使用本套教材过程中，如发现不妥之处或有修改意见，请随时函告，以便再版时修改。

水利电力出版社

1994年7月

目 录

史大桢部长题词

出版者前言

第一章 整流器和直流稳压电路	1
第一节 二极管及其整流原理	3
第二节 电阻、电容、电感元件及其应用	29
第三节 硅稳压二极管、晶体管与稳压电路	40
第四节 直流稳压电源的调试	65
第五节 集成稳压电路简介	67
复习题	76
第二章 信号与放大	89
第一节 一个例子	89
第二节 示波器的使用	92
第三节 信号发生器的使用	99
第四节 晶体管交流放大电路	103
第五节 振荡电路	139
第六节 直接耦合放大电路	144
第七节 功率放大电路	153
第八节 集成运算放大电路	164
第九节 场效应晶体管放大电路	171
复习题	182
第三章 晶闸管技术及其应用	196
第一节 晶闸管及其应用	196
第二节 常用可控整流电路	215
复习题	241
第四章 脉冲数字电路基础	246

第一节	概念及分析基础	246
第二节	集成逻辑门电路	260
第三节	集成触发器	270
第四节	基本数字部件	281
第五节	脉冲信号的产生和整形电路	298
复习题		317
附录	全国电力系统各工种培训考核范围表	325
参考文献		328

第一章 整流器和直流稳压电路

电力系统中的许多电气设备需要由直流电源供电。如蓄电池充电、同步发电机励磁、制粉系统及控制回路、信号回路、继电保护装置、自动装置以及通信设备等，而电网供给的却是交流电源，故需将交流电源通过“整流”变为直流电源来满足这类设备的需要。此外，由晶体管和集成电路构成的设备还必须在稳定的直流电压下才能正常工作，而整流器的输出电压极易受电网电压和负载的影响而出现波动，在这种情况下，整流电路的后面需加“稳压电路”，以获得稳定的直流电源。

由图 1-1 可知，把交流电压变成稳定的直流电压的电路由四部分组成：变压、整流、滤波和稳压。各部分的作用是：变压器把输入的交流电压 $\tilde{u}_1$ 变成与负载所需直流电压数值相当的交流电压 $\tilde{u}_2$ ；再经整流电路，将 $\tilde{u}_2$ 变成方向不变、大小变化的脉动的直流电压 u_3 ；再经滤波电路将 u_3 变为较平

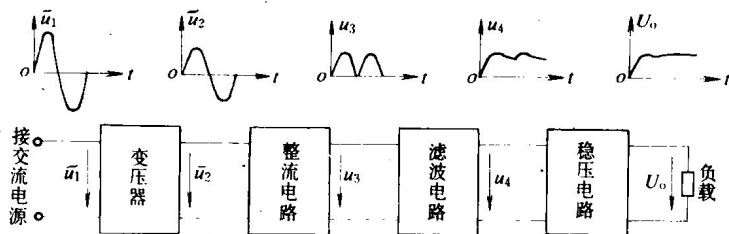


图 1-1 直流稳压电源的电路框图

滑的直流电压 u_d ；最后经稳压电路获得稳定的直流电压 U_o 。整流器一般由前三部分电路构成。

结合图 1-1 来看一个实用的直流稳压电源电路图 1-2。它的输出电压为 9V，输出电流为 100mA。图中 T 是变压器，二极管 VD1~VD4 构成整流电路，电容 C 是滤波电容，晶体管 V1 和 V2、4 个电阻、稳压管 VS 共同构成稳压电路。图 1-3 是图 1-2 电路中各元件的实际接线图。

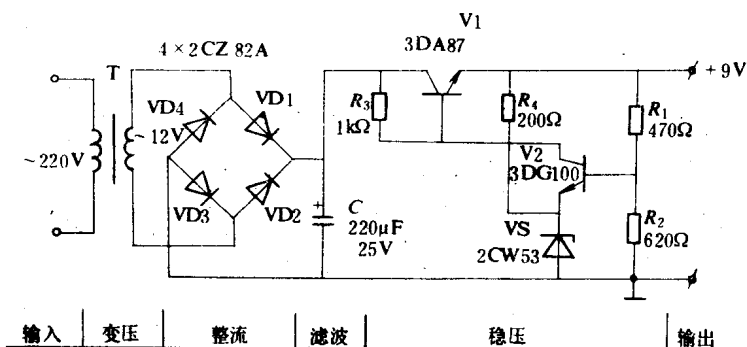


图 1-2 实用的直流稳压电源电路图

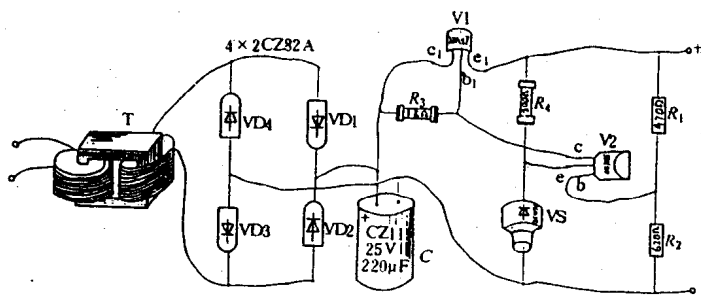


图 1-3 实用直流稳压电源的实际接线图

为什么半导体二极管和稳压管能起整流和稳压作用呢？要回答这个问题，首先必须弄清他们的导电特性。

第一节 二极管及其整流原理

图 1-2 所示电路中仅使用了 4 个 2CZ82A 整流二极管和一个 2CW53 稳压二极管。事实上，二极管的种类很多，其形状、大小和用途也各不相同。图 1-4 示出几种常见二极管的外形。

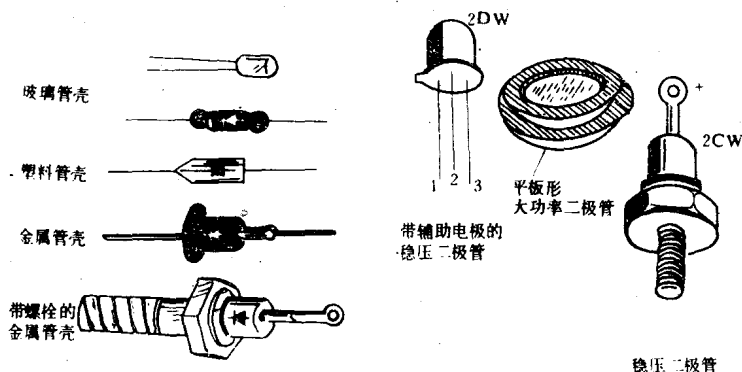


图 1-4 几种常见二极管的外形

一、二极管的导电特性

(一) 二极管的单向导电特性

从图 1-5 可以看出，二极管只允许电流沿某一方向顺利通过，而阻止电流从相反方向通过。这说明二极管具有单向导电特性。为充分反映二极管的导电特性，通常用图 1-5 中所示的符号来表示二极管，箭头所指方向是它的导电方向，箭头顶端为负极或阴极，尾端为正极或阳极。二极管一般有两根引出线（图 1-4 中 2DW 管的第三根引出线是辅助电极），其中一根

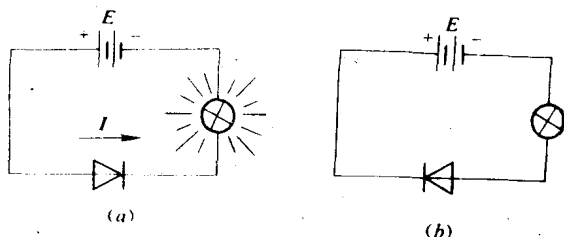


图 1-5 二极管的极性 & 导电方向

(a) 阳极接电源正极时，二极管允许电流通过，灯亮；

(b) 阴极接电源正极时，二极管阻止电流通过，灯不亮

为正极或阳极，另一根为负极或阴极。二极管的单向导电特性可用水流和阀门来比喻，箭头表示水流方向，如图 1-6 所示。

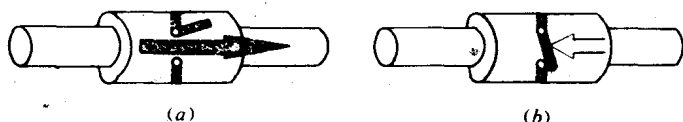


图 1-6 用水流和阀门来比喻电流和二极管

(a) 水流顶开阀门；(b) 水压压紧阀门

使用二极管时，必须注意其极性不能接错，否则电路不能正常工作，甚至烧坏管子和其他元件。目前有些二极管已在管壳上有极性标志。若无标志，可根据二极管的正向电阻小、反向电阻大的单向导电特性，用万用表的欧姆档判断它的极性和好坏。

使用万用表时，必须注意：它的“+”接线柱接表内电池的负极，“-”接线柱接表内电池正极。

如图 1-7 (a) 将万用表置于“ $R \times 100$ ”或“ $R \times 1k$ ”档，把表笔分别搭接在二极管的两个电极上，若测得阻值小（约

为 $100 \sim 1000 \Omega$), 则表明此时所测的为正向电阻, 黑表笔所接的是二极管的阳极, 红表笔所接的是二极管的阴极; 如图 1-7 (b) 所示, 若将表笔对调, 其读数在数百千欧以上, 此时所测的为二极管的反向电阻, 则黑表笔接的是阴极, 红表笔接的是阳极。

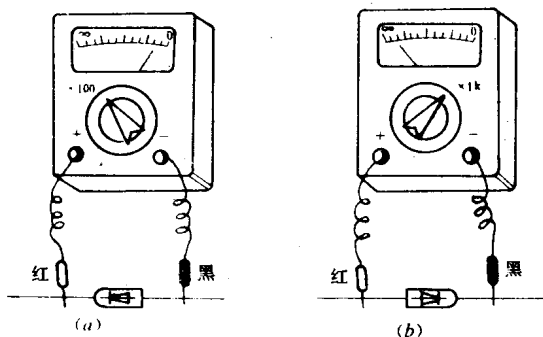


图 1-7 用万用表判断二极管的极性

(a) 测正向电阻; (b) 测反向电阻

若二极管的反向电阻太小, 则说明该管失去了单向导电性; 若反向电阻无穷大, 则说明该管内部已开路; 若反向电阻为零, 则说明该管已被击穿, 不能使用。

需要注意: 判断二极管的极性应使用“ $R \times 100$ ”或“ $R \times 1k$ ”档, 若采用更大的电阻档, 由于表内电池电压高, 会使二极管击穿。

(二) 半导体的导电特性

半导体二极管为什么会表现出单向导电特性呢? 为回答这个问题, 需要对构成它的半导体材料的导电性能作一剖析。

1. 什么是半导体

所谓半导体就是导电能力介于导体与绝缘体之间的一些物质,如硅、锗、硫化镉等。物体的导电性是由物体内可自由移动的带电粒子的多少所决定的,这种能在物体内自由移动的带电粒子叫载流子。物体内部载流子的浓度越大,物体的导电能力越强。像金、银、铜、铁、铝这样的金属导体,其内部含有大量带负电的载流子——自由电子,所以它们极易导电;而像塑料、橡胶、云母、陶瓷这样的绝缘体,其内部几乎没有载流子,所以即使外加很高电压,仍然基本上无电流通过。

2. 半导体的导电特性

纯净的半导体材料在绝对零度(-273°C)时,其内部没有载流子可供导电,此时的半导体与绝缘体非常相似。然而,随着外加条件的改变(如环境温度升高、光照增强、掺杂等),半导体中就会出现载流子,从而具有一定的导电能力。

(1) 热敏特性。通常情况下,纯净的半导体中,存在着两种等量的载流子——带负电的自由电子和带正电的空穴。从图 1-8 的实验可知,随着环境温度的升高,半导体的电阻率

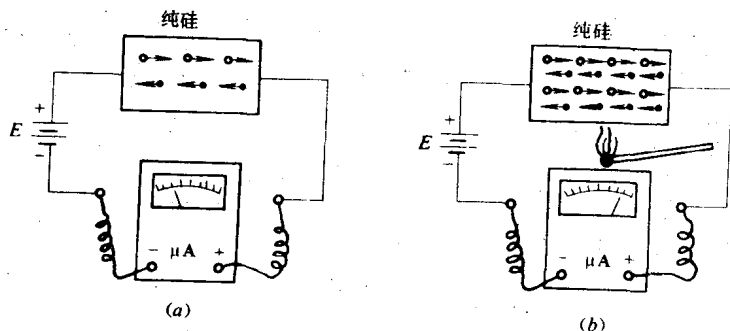


图 1-8 温度对半导体导电性能的影响

(a) 常温下; (b) 加热时

○—带正电的空穴; ●—带负电的自由电子

下降,导电能力增强。这是因为,像硅、锗一类半导体原子的最外层有四个价电子,所以都是四价元素。这类元素中,原子排列整齐的称为单晶体,原子排列不整齐的称为多晶体。单晶硅和单晶锗是目前制造半导体器件最常用的材料。在单晶体中,每个原子最外层的四个价电子与相邻的四个原子的价电子形成四对共价键(如图 1-9 所示),使每个原子和周围相邻的四个原子共有八个价电子,并处于相对稳定状态。这样每个原子中的四个价电子不仅受自身原子核的吸引,而且还受共价键的束缚,所以价电子在没有获得足够能量时,是不易挣脱共价键的束缚而自由运动的。当温度升高时,晶体中的部分价电子就会获得足够能量挣脱共价键的束缚,跑出来成为自由电子,如图 1-10 所示。自由电子在晶体中无规则地运动,留下的空穴因失去电子而带正电。这种带正电的空穴有能力从邻近共价键中夺来价电子以填充空穴,从而留下新的空穴,如此继续下去,犹如带正电的空穴沿着又一不规则的路径移动着。这样,半导体内部就同时出现两种自由移动的载流子——自由电子和空穴。由于热运动产生的电子和空

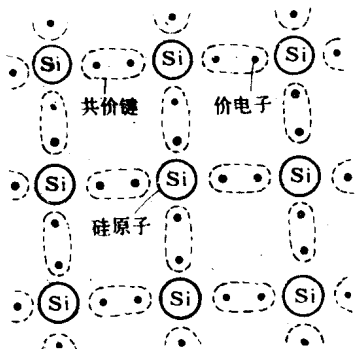


图 1-9 单晶硅原子排列示意图

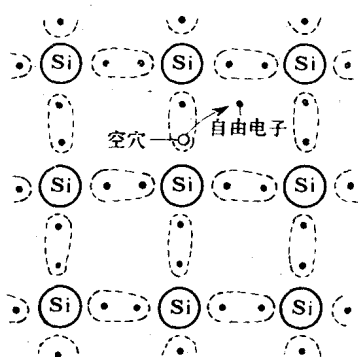


图 1-10 一个价电子从共价键中跑出来

穴总是成对出现，故称“电子-空穴”对。半导体中有了能自由运动的“电子-空穴”对，在外加电压的作用下，它们就会做有规则的定向运动，半导体就导电了。

从实验知道，在室温附近，单晶硅温度每升高 8°C ，载流子的浓度约增加一倍；而单晶锗温度每升高 12°C ，载流子浓度才增加一倍。

综上所述，温度越高，热激发的“电子-空穴”对数目越多，半导体的电阻率越小，导电能力越强。利用热敏特性好的半导体材料，可制成电阻值对温度非常敏感的热敏电阻器。

(2) 掺杂特性。在纯净的半导体中掺入某种合适的微量杂质元素，就能增加半导体中载流子的浓度，从而可以增强半导体的导电能力。

若在纯净半导体材料（如硅）中，掺入少量的三价元素硼，就能大大增加空穴的数目，使空穴浓度大于自由电子浓度，这种半导体叫做空穴型半导体，或简称为 P 型半导体。图

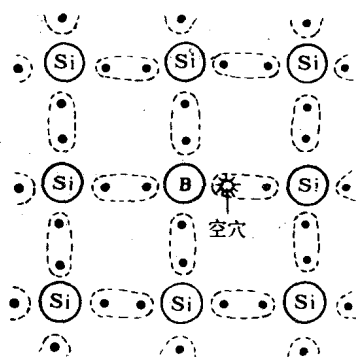


图 1-11 一个硼原子提供一个空穴

1-11 示出把硼原子放入硅原子结构中所出现的情况。硼原子的三个价电子要与相邻的四个硅原子组成共价键，由于缺少一个电子，所以每加入一个硼原子就会出现一个空穴。因此，在 P 型半导体中，除由热激发产生的“电子-空穴”对外，同时还存在着因掺杂产生的大量空穴，即在 P 型半导体中，

空穴是多数载流子，自由电子是少数载流子。

同理，若在纯净半导体（如硅）材料中掺入少量的五价元素磷，就能使自由电子数目大大增加，使自由电子浓度超过空穴浓度，这种半导体叫做电子型半导体，或简称为N型半导体。图 1-12 示出把磷原子掺入硅原子结构中所出现的情况。由以上分析可知，N型半导体中自由电子是多数载流子，空穴是少数载流子。

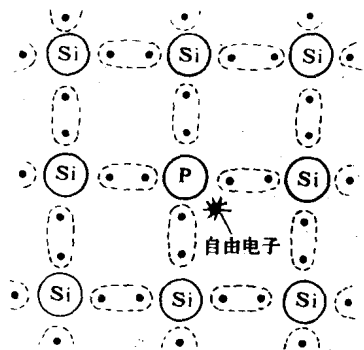


图 1-12 一个磷原子提供一个自由电子

总之，掺杂不仅能提高半导体内载流子的浓度，而且可以通过改变杂质浓度精确地控制自由电子和空穴的相对比例。还应指出：P型半导体和N型半导体均不带电。

(3) 光敏特性。有些半导体材料（如硫化镉）受到光照时，电阻率明显下降，导电能力变得很强；无光照时，又变得像绝缘体一样不导电。利用这一特性可制成各种光敏器件。

(4) 其他敏感特性。有些半导体材料具有压敏、磁敏、湿敏、嗅敏、气敏等特性，还有些半导体材料，它们的上述某些特性还能逆转。例如有的材料通电后，能发生冷热变化，这就是半导体制冷冰箱的原理；有的半导体材料通电后能激发不同亮度、色度的光，这就是半导体激光器的原理。

3. PN结和半导体二极管

(1) PN结的形成。事实上，单一的P型或N型半导体