



半导体的奇妙特性

余姚市职成教中心学校
陈雅萍



◆什么是半导体？

◆半导体有哪些奇妙特性和类型？

导体能够导电



什么是半导体？



绝缘体不能导电

半导体：导电能力介于导体和绝缘体之间的物质

硅 (Si)、锗 (Ge) 等

特性之一——对温度反应灵敏

大多数半导体，当温度升高时，电阻显著减小。

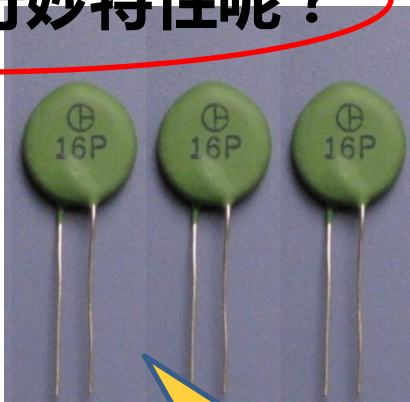
而有些半导体，当温度升高时，电阻显著增大。

半导体有哪些奇妙特性呢？



负温度系数

热敏电阻



正温度系数

半导体对温度反应灵敏的实验：

该实验的器件有：热敏电阻、万用表、电烙铁

首先我们用万用表测一下，该热敏电阻在常温下的阻值，为 $10.42\text{k}\Omega$;

然后用电烙铁给其加热，我们发现，其阻值不断变小，为 $5.52\text{k}\Omega$ 。

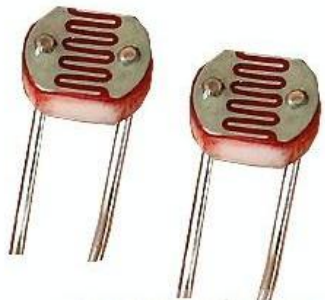
该实验说明，半导体材料对温度反应灵敏。我们还发现，当温度升高时，该热敏电阻的阻值显著减小，说明这是一个具有负温度系数的热敏电阻。

特性之二——对光照反应灵敏

当有光线照射时，有些半导体的导电能力很强；

当无光线照射时，这些半导体的导电能力很弱。

光敏性



光敏电阻



光电二极管



光电三极管

半导体对光照反应灵敏的实验：

该实验的器件有：光敏电阻、万用表、小盒子

首先我们用万用表测一下，正常光照时该热敏电阻的阻值，为 $15.7\text{k}\Omega$ ；

现在慢慢用小盒子挡住光线，我们发现，其阻值不断变大，此时为 $12.83\text{k}\Omega$ 。

该实验说明，半导体材料对光照反应灵敏。我们还发现，该光敏电阻有光照和无光照时的阻值是不一样的。有光照时，阻值小，导电能力强，无光照时，阻值大，导电能力较弱。

特性之三——掺入杂质后会改善其导电性能

本征半导体：完全**纯净**的半导体。

掺杂半导体：在纯净半导体中，掺入适量**杂质**后的半导体。

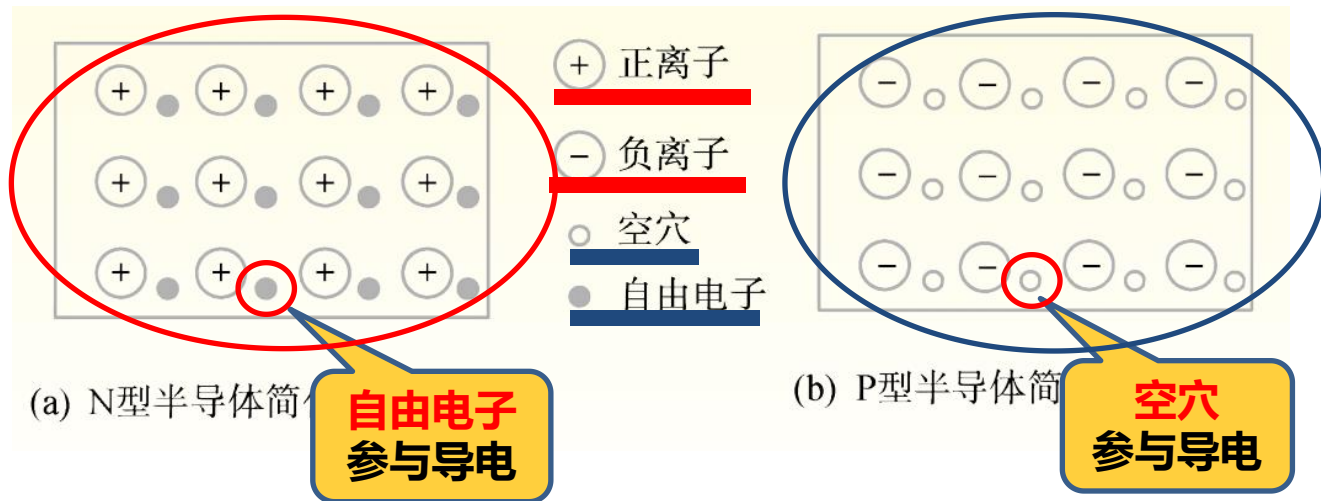
在纯净半导体中，掺入适量杂质后，会使半导体的导电能力显著增强。

掺杂半导体——**N型**半导体 + **P型**半导体

N型半导体：在纯净半导体中掺入五价元素，可形成带负电的自由电子参与导电。

P型半导体：在纯净半导体中掺入三价元素，可形成带正电的空穴参与导电。

掺杂半导体——N型半导体 + P型半导体



几乎所有半导体器件，都是采用掺有一定杂质的半导体制作的！

半导体的奇妙特性

1.热敏性——对温度反应灵敏

大部分半导体随温度升高，电阻减小；
也有些半导体随温度升高，电阻增大。

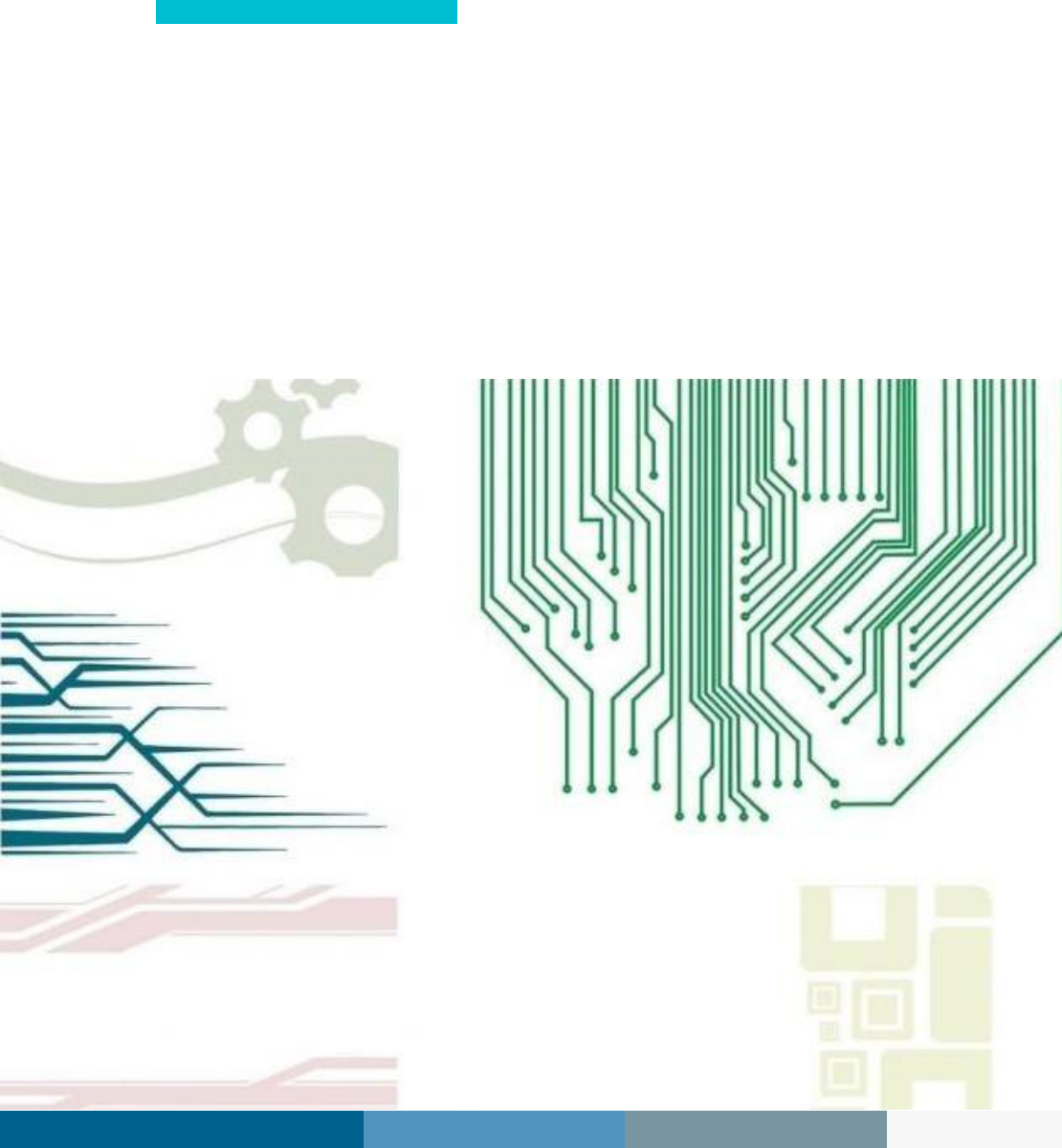
2.光敏性——对光照反应灵敏

有光照和无光照时，电阻会不一样。

3.掺杂性——掺入杂质后会改善其导电性能

N型半导体 + **P型**半导体

（自由电子） （空穴）



二极管的外形、结构与符号

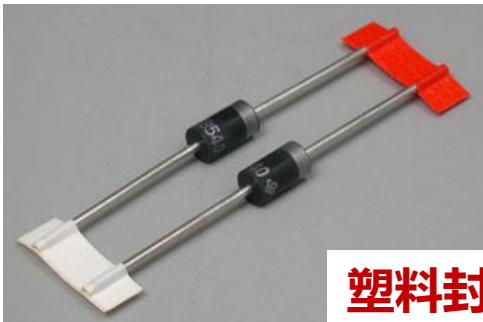
余姚市职成教中心学校
陈雅萍



某手机充电器电路板

二极管是最基本、最简单的半导体器件！

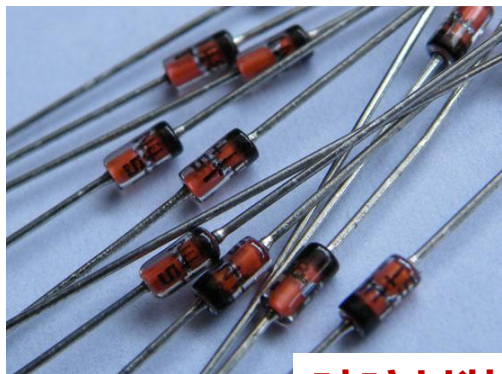
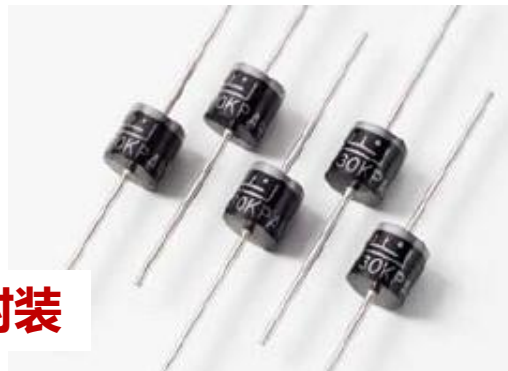
常用普通二极管外形



塑料封装



塑料封装

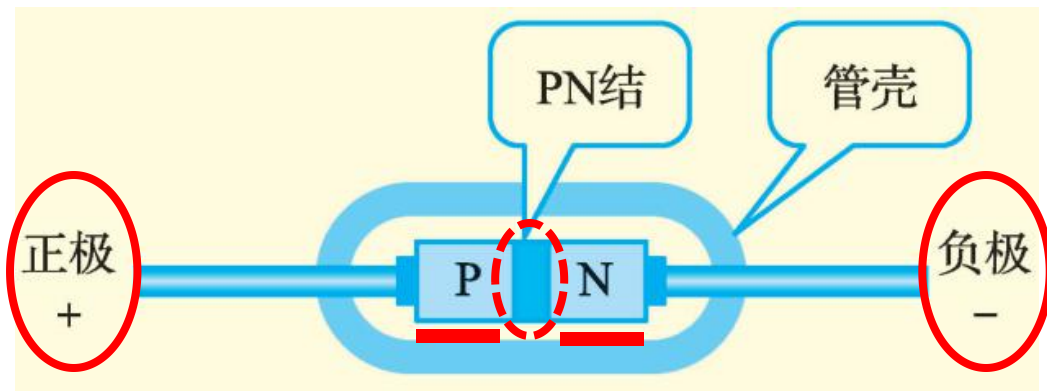


玻璃封装

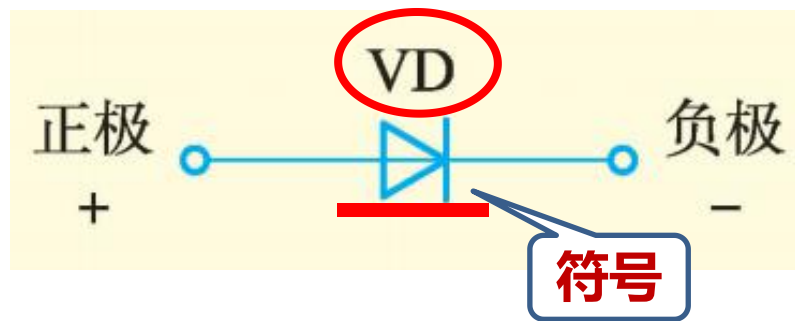


金属封装

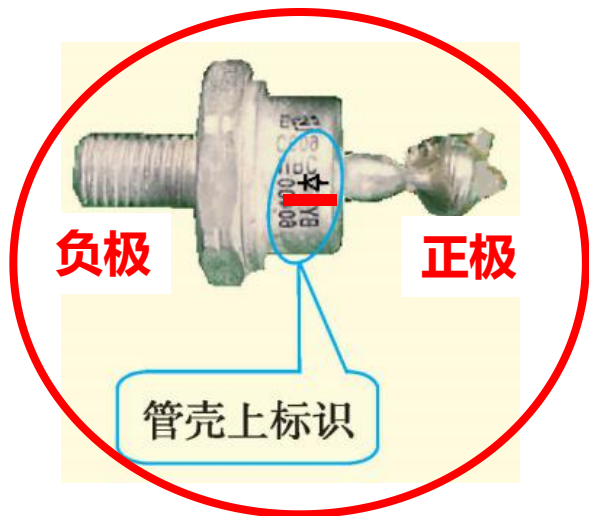
二极管的基本结构



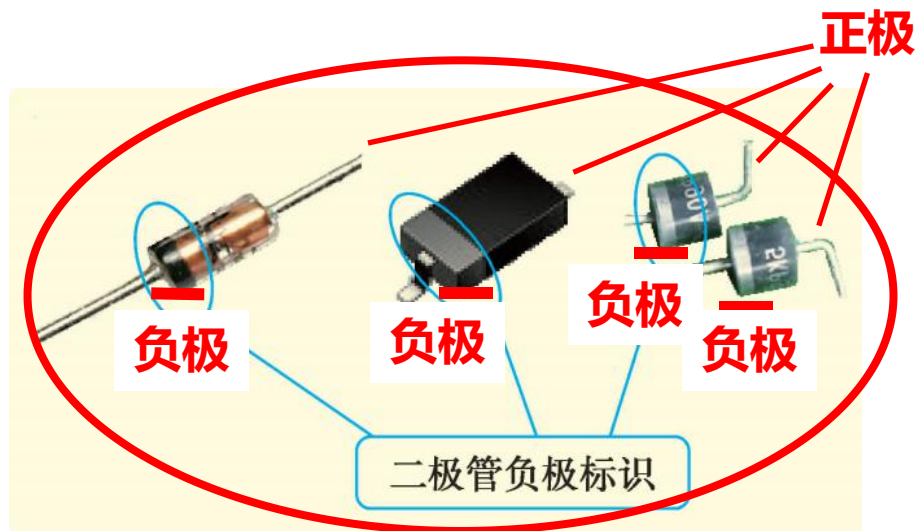
二极管基本结构



二极管极性的标识



体积较大时

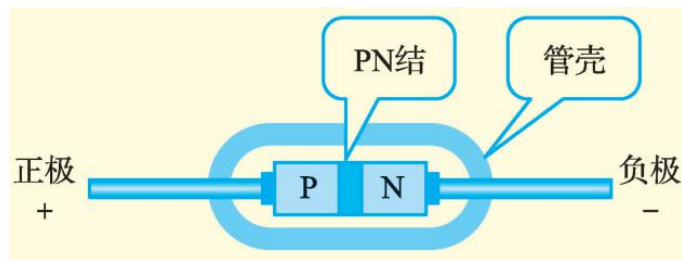


体积较小时

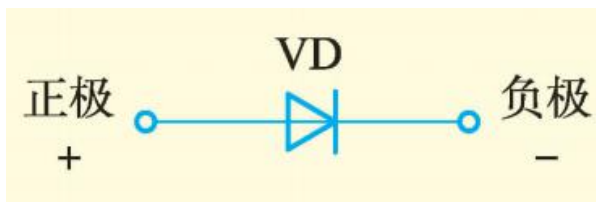
二极管的外形、结构与符号

1. 二极管的基本结构

核心是一个PN结

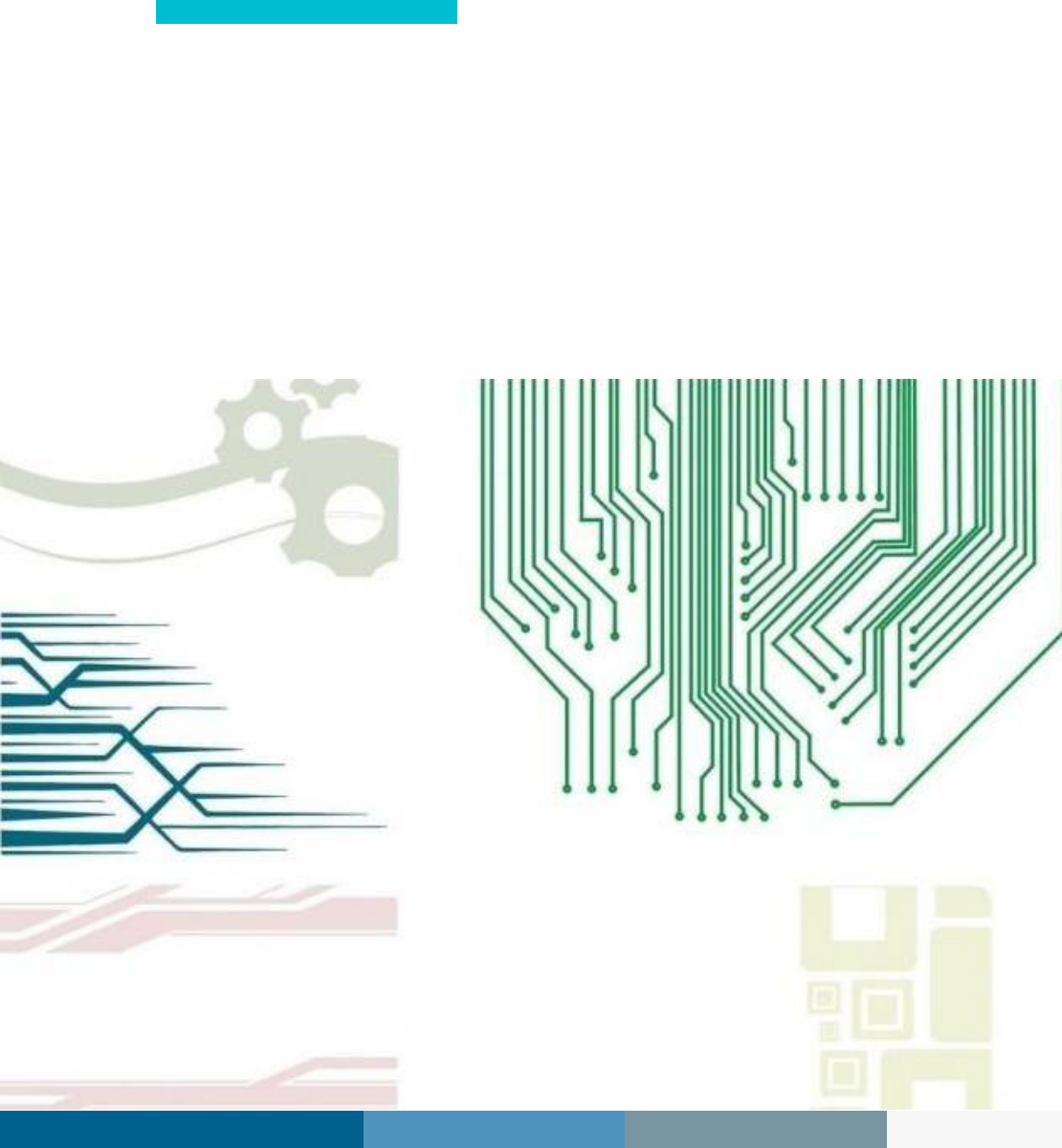


2. 二极管的图形符号



3. 二极管的极性标识

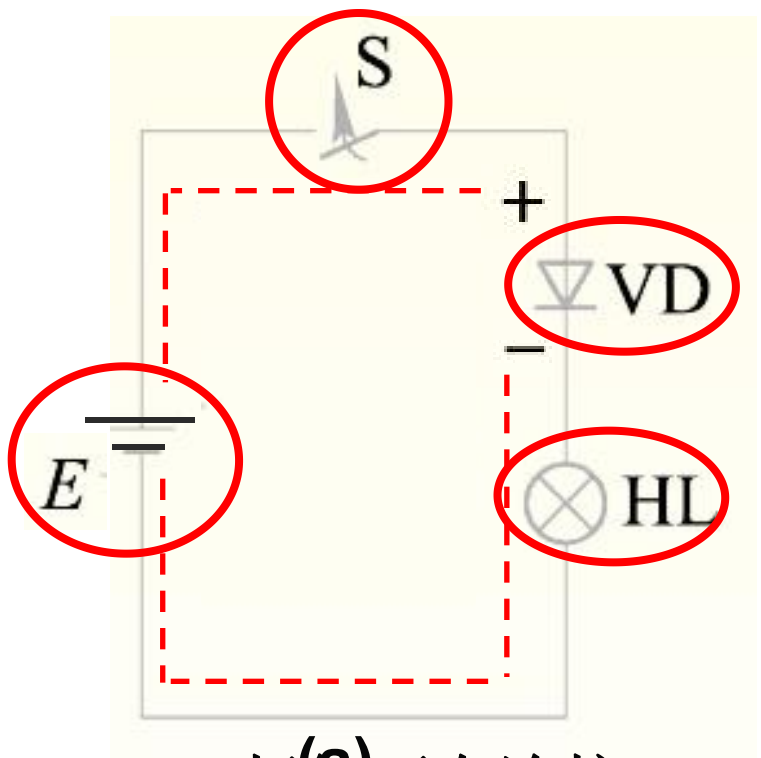
有色环的一端为负极



二极管 的单向导电性

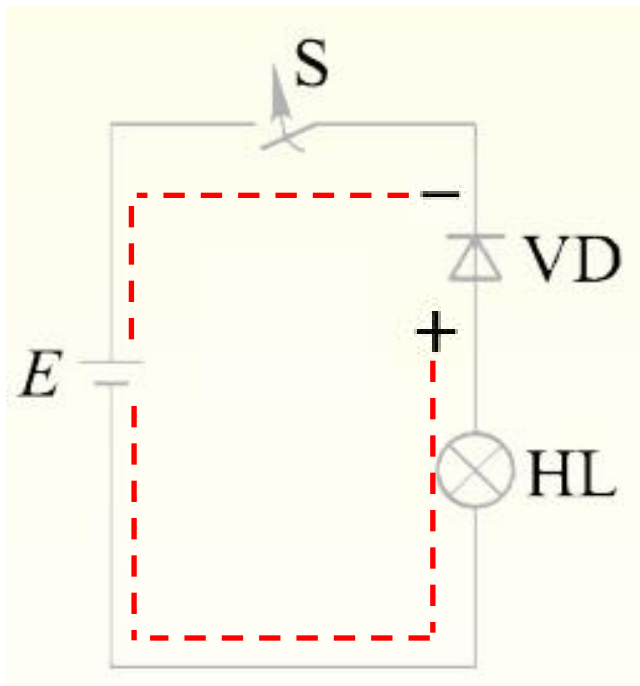
余姚市职成教中心学校
陈雅萍

实验电路1：



(a) 二极管正向连接

实验电路2：



(b) 二极管反向连接

由实验可知：

二极管具有单向导电性！

加正向电压时，二极管导通；
加反向电压时，二极管截止。

二极管的单向导电性

——定性分析

1.加正向电压时，二极管导通

将二极管的正极接电路中的高电位，负极接低电位，称为正向偏置。此时二极管内部呈现较小电阻，有较大电流通过。——正向导通状态

2.加反向电压时，二极管截止

将二极管的正极接电路中的低电位，负极接高电位，称为反向偏置。此时二极管内部呈现较大电阻，几乎没有电流通过。——反向截止状态

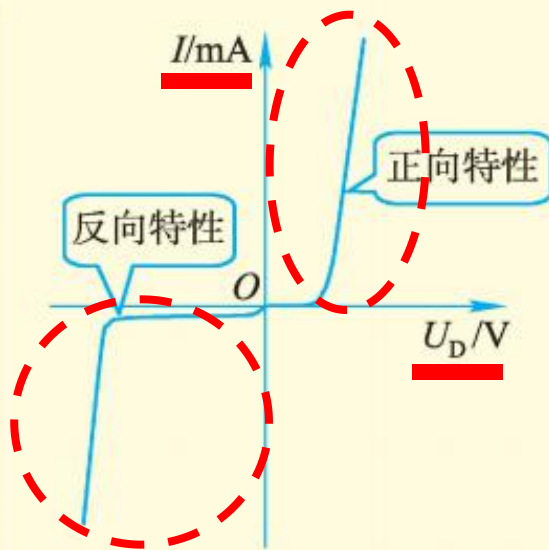
二极管的伏安特性曲线

——加在二极管两端的电压大小与通过二极管的电流之间的关系



二极管

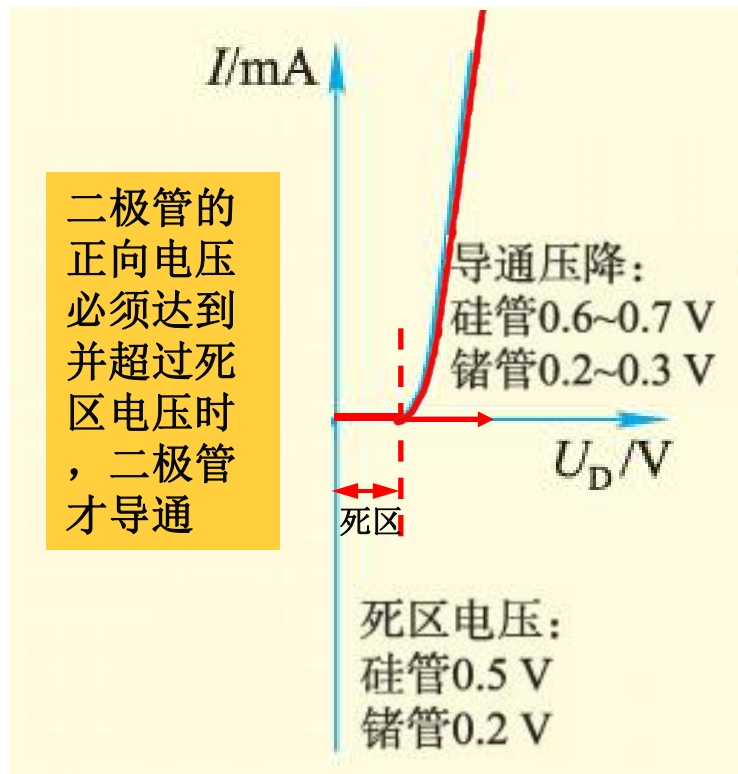
(a) 晶体管特性图示仪 (4814)



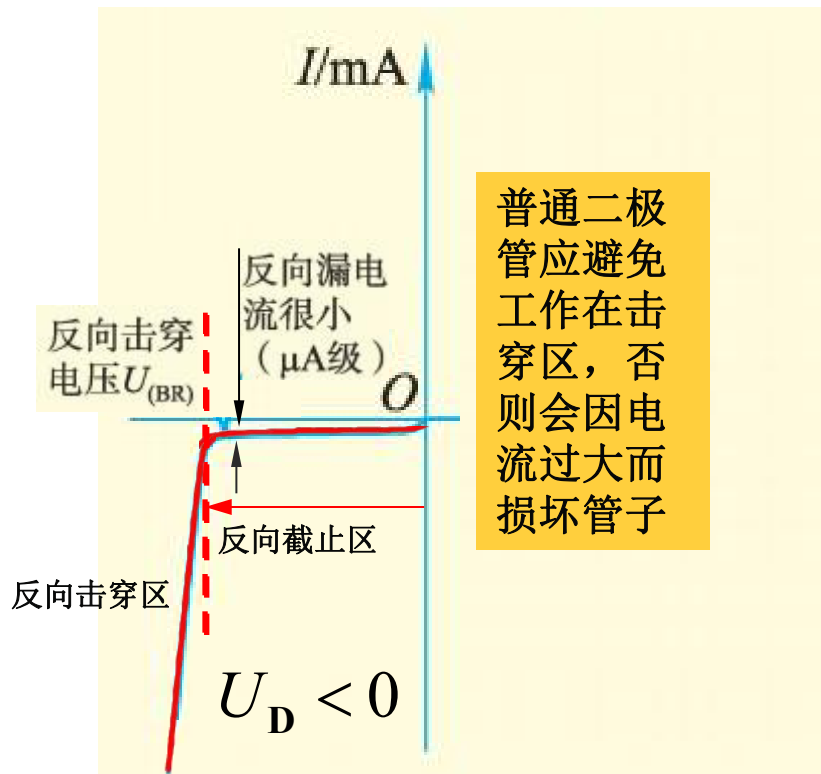
(b) 硅二极管伏安特性曲线

晶体管特性图示仪和二极管伏安特性曲线

二极管伏安特性曲线分析

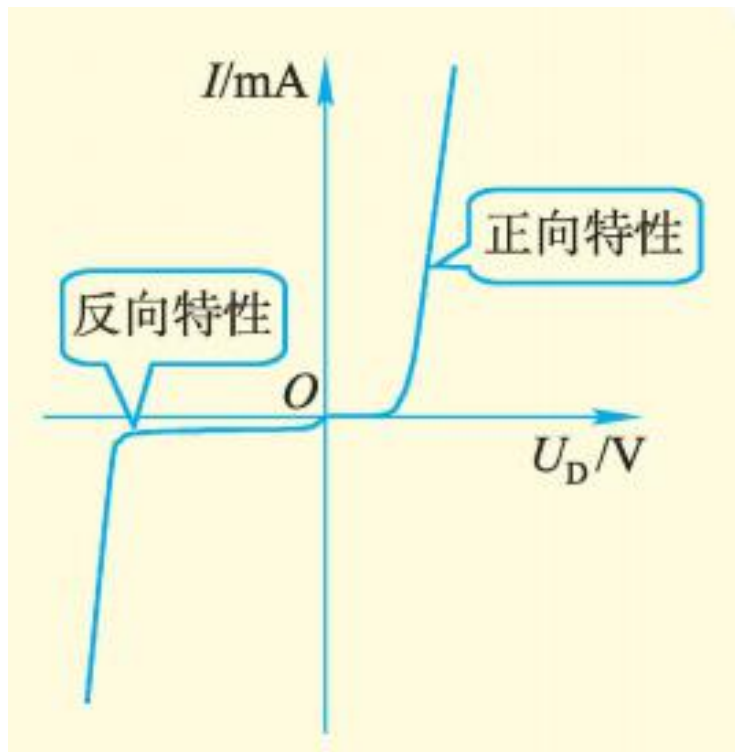


二极管的正向特性



二极管的反向特性

二极管伏安特性曲线分析



从二极管的伏安特性可以看出，二极管的电压与电流变化不呈线性关系，其内阻不是常数，所以二极管属于非线性器件。

二极管的单向导电性

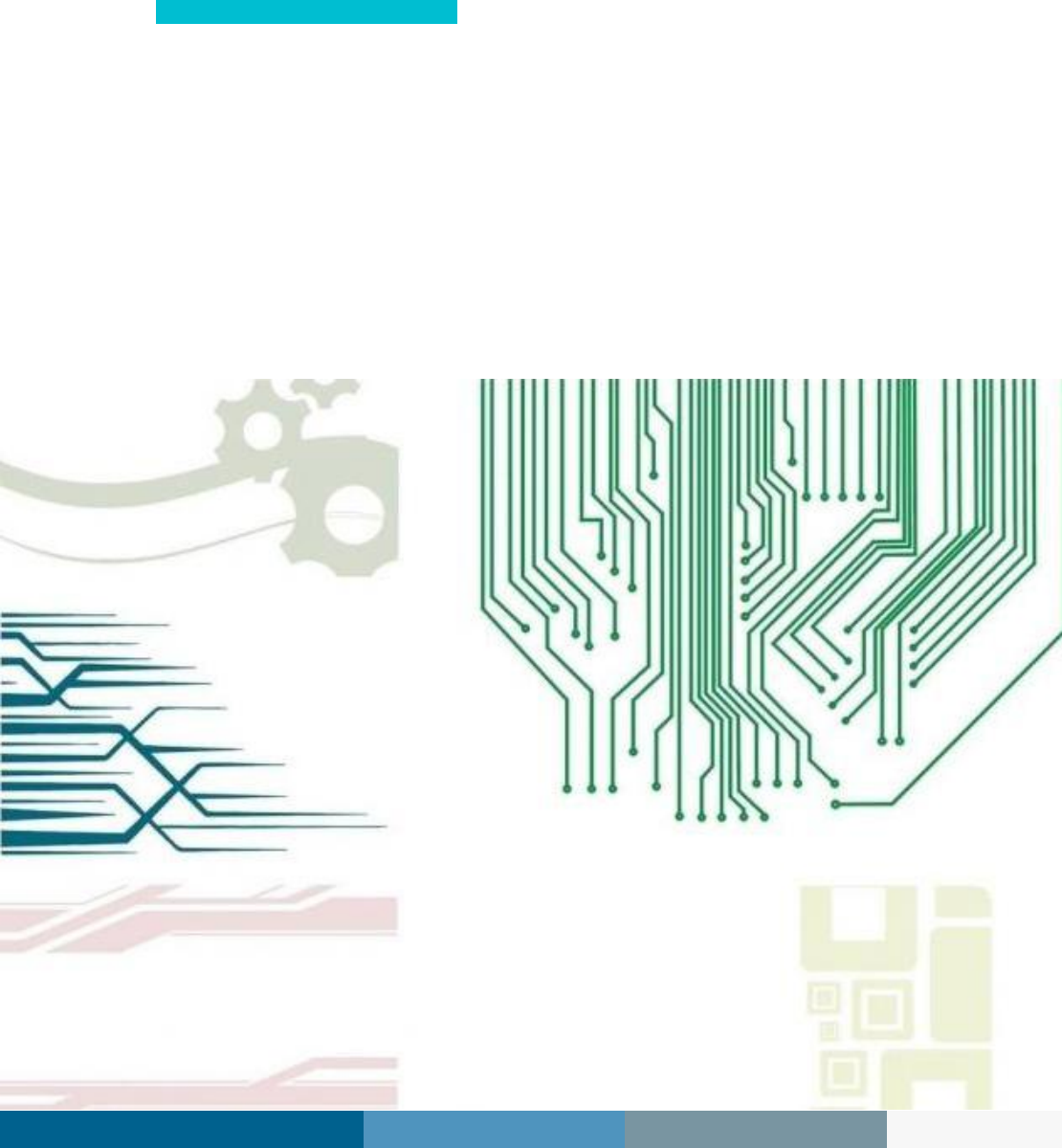
1. 二极管的单向导电性

加**正向**电压，二极管**导通**；加**反向**电压时，二极管**截止**。

2. 二极管的伏安特性曲线

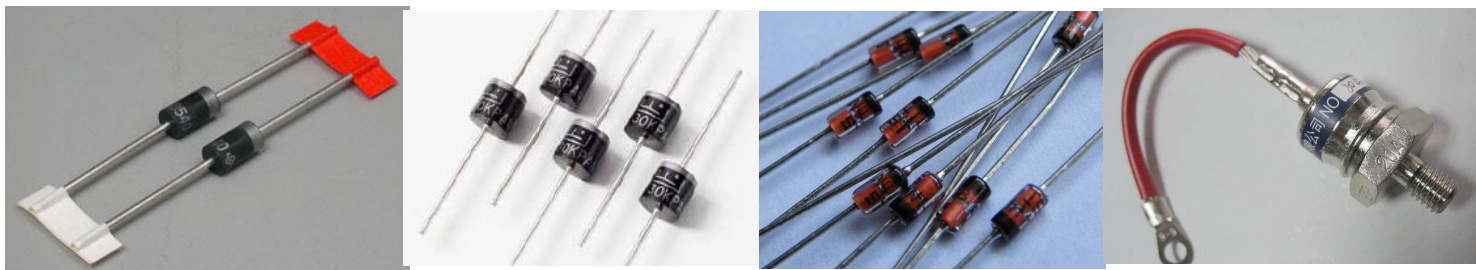
正向特性：	死区电压：	导通压降：
	硅管0.5 V	硅管0.6~0.7 V
	锗管0.2 V	锗管0.2~0.3 V

反向特性：反向截止区+反向击穿区

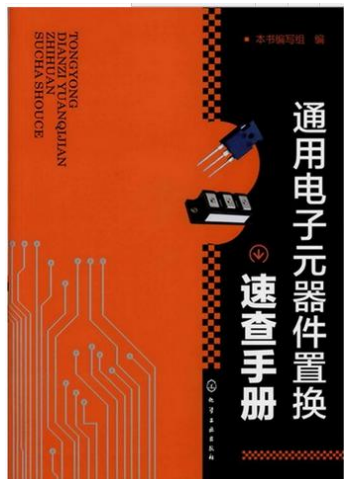


二极管 的使用常识

余姚市职成教中心学校
陈雅萍



二极管的类型非常多，性能不一。

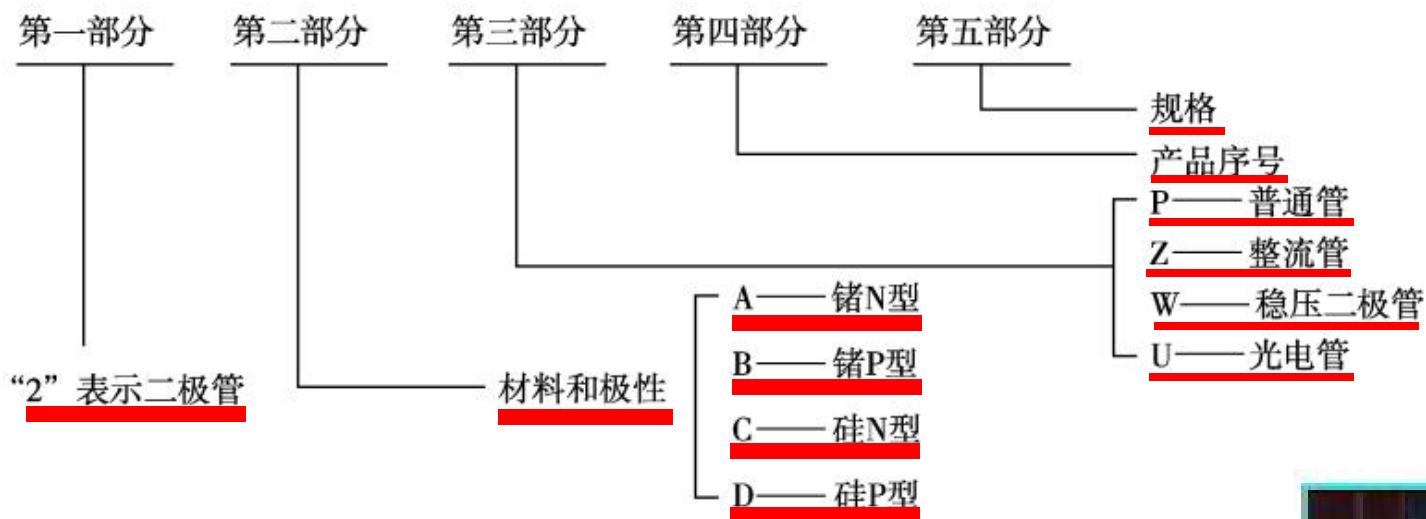


从半导体器件手册可以查找二极管的技术参数和使用资料。

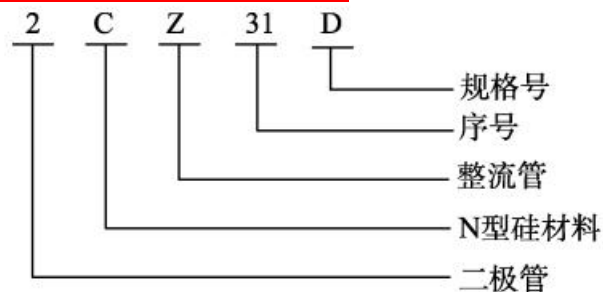


二极管的型号表示

——国产二极管



示例：2CZ31D 表示 N型硅材料整流二极管。



二极管的型号表示

——国外型号二极管

常以“1N”或“1S”开头。如1N4812、1N4001、1S1885等。

N——表示是**美国**电子工业协会注册产品

S——表示是**日本**电子工业协会注册产品

1 N 48 12

EIA (美国电子工业协会) 登记顺序号

EIA 注册标志

PN结的数目 (二极管为1个PN结)



二极管的主要参数

I_{FM} : 最大整流电流。 允许通过的最大正向电流。

U_{RM} : 最高反向工作电压。 也叫耐压。 工作时不能超过此值。

I_R : 反向饱和电流。 反向电流越大，管子的单向导电性越差。

f_M : 最高工作频率。


交流电频率高于此值，二极管不能正常工作。



二极管的检测

——数字式万用表

(1) 极性判别

二极管测量挡 

表笔分别接二极管两个电极

二极管的正向
压降，单位：V

显示1

反向截止

红笔接的是负极
黑笔接的为正极

显示1以下数字

正向导通


红笔接的是正极
黑笔接的为负极



二极管的检测

——数字式万用表

(2) 判别硅管和锗管

二极管测量挡 

红表笔接正极，黑表笔接负极

显示电压为：
0.5~0.7V

硅管

显示电压为：
0.1~0.3V

锗管



二极管的检测

——数字式万用表

(3) 判别好坏

将万用表置于二极管测量挡，如果调换红、黑表笔后，两次显示的均为“1”，或均小于“1”，说明该二极管已损坏！

请问正常情况下的检测结果是怎样的？



二极管的使用常识

1. 二极管的型号表示

如2CZ31D、1N4001等

2. 二极管的主要参数

I_{FM} 、 U_{RM} 、 I_R 、 f_M

3. 二极管的识别与检测 —— 数字式万用表

二极管的极性、类型和质量

指针式万用表如何识别与检测二极管呢？





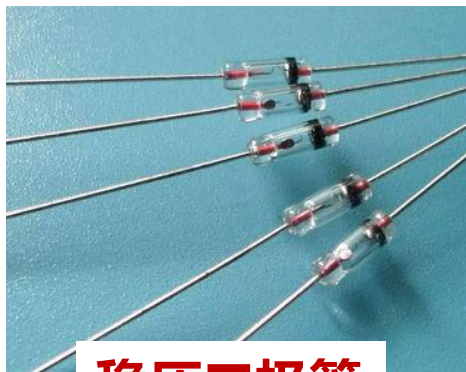
其他类型二极管

余姚市职成教中心学校
陈雅萍

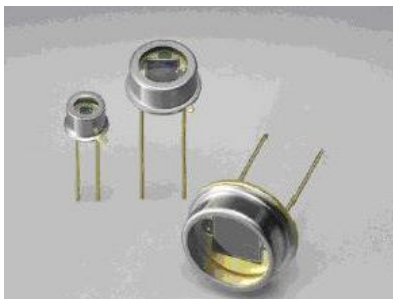
其他类型二极管



发光二极管



稳压二极管



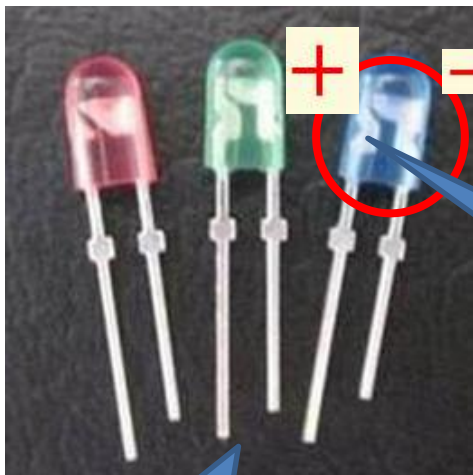
光电二极管



变容二极管

发光二极管

——发光器件

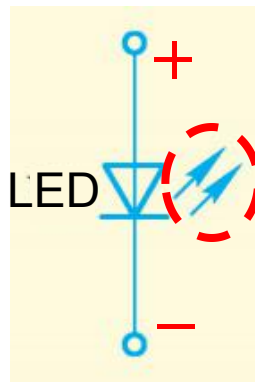


(1) 单向导电性

(2) 正负极性

电极较窄较小
的一端为正极

长引脚为正极
短引脚为负极



也可用数字万
用表的二极管
挡检测，若发
光二极管有**微
亮**，接**红表笔**
的一端为**正极**。

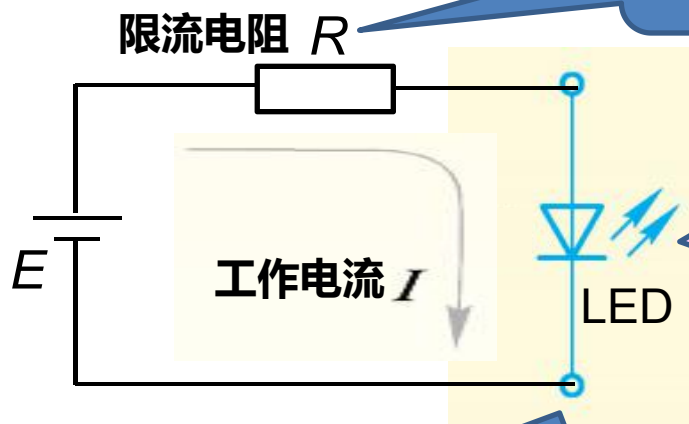
可用指针式万用表判别其正负极性。选择 $R \times 10k$ 挡，
分别测出发光二极管的正、反向电阻，阻值较小的这一次，
接黑表笔的一端为正极，接红表笔的一端为负极。

发光二极管

——发光器件



(3) 工作电流和管压降



R 的值需根据
计算合理选择！

正向电压一般
多为1.5~2.5V

工作电流一般为几
毫安~几十毫安

工作电流和管压降的值可以查找手册！

稳压二极管

——稳压器件

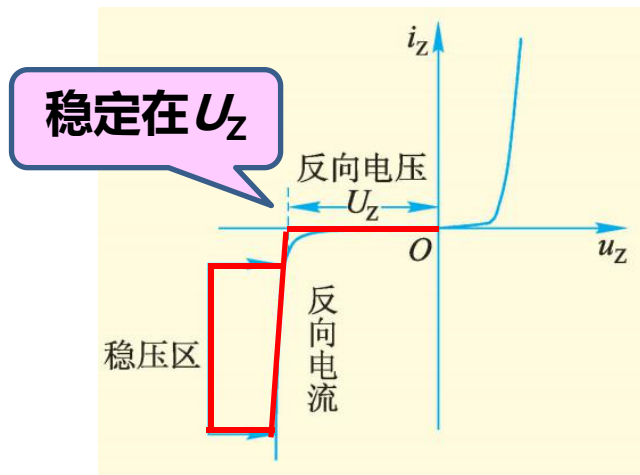


有色环一端
为负极

(1) 正负极性



(2) 工作在反向击穿状态



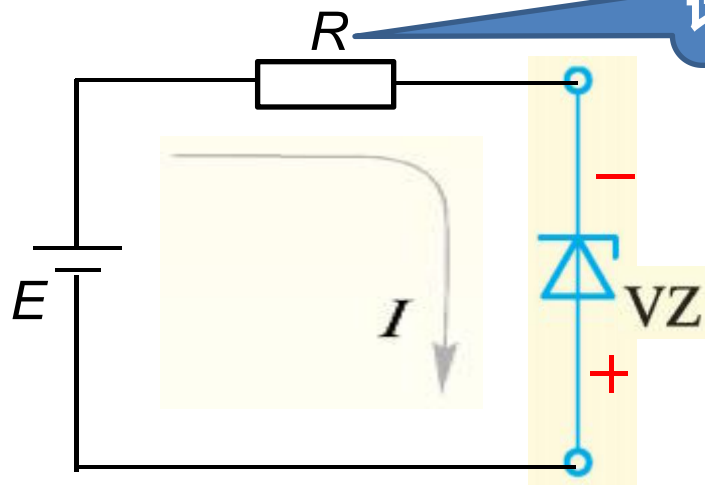
稳压二极管

——稳压器件



有色环一端
为负极

(3) 工作电流和稳定电压



R 的值需根据
计算合理选择！

工作电流和稳定电压的值可以查找手册！

光电二极管

——光敏二极管



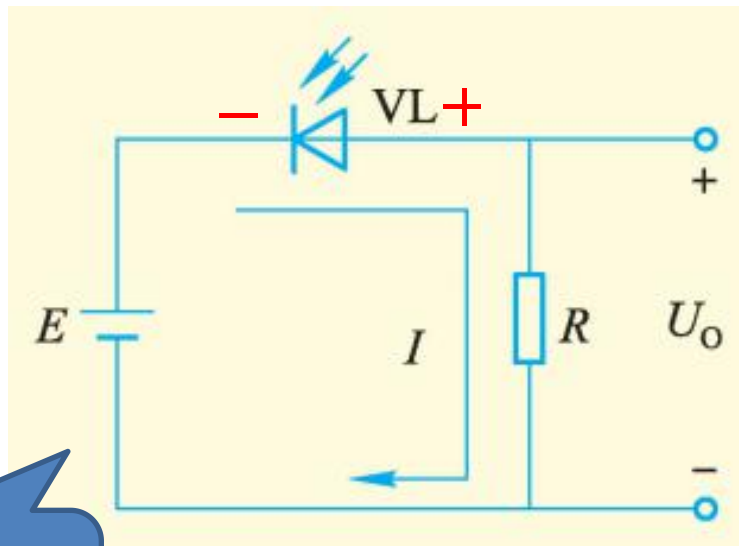
(a) 实物图



(b) 图形符号

光电二极管

是在反向电压
作用下工作的



光信号



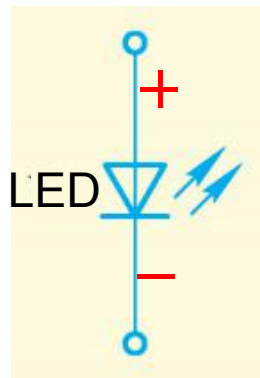
电信号

无光照时，反向电流很微弱；
有光照时，反向电流迅速增大。

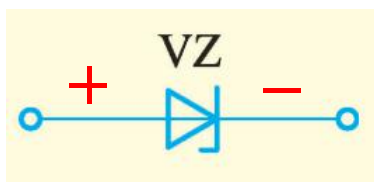
其他类型二极管

- 1. 发光二极管 —— 在正向电压下工作
- 2. 稳压二极管 —— 工作在反向击穿区
- 3. 光电二极管 —— 在反向电压作用下工作

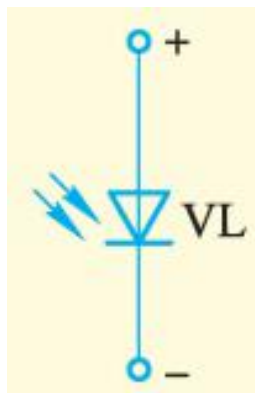
要串一个
限流电阻



发光二极管



稳压二极管



光电二极管



半波整流电路

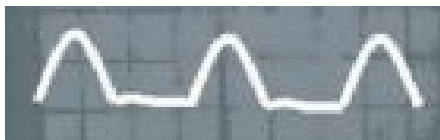
余姚市职成教中心学校
陈雅萍

交流电



整流电路

脉动直流电

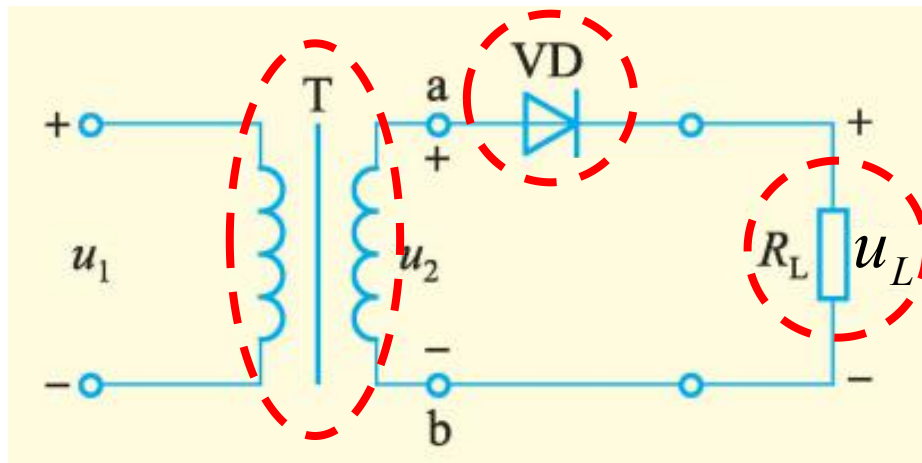


半波整流电路+桥式整流电路

半波整流电路

半波整流电路

——电路组成



1. 电源变压器T

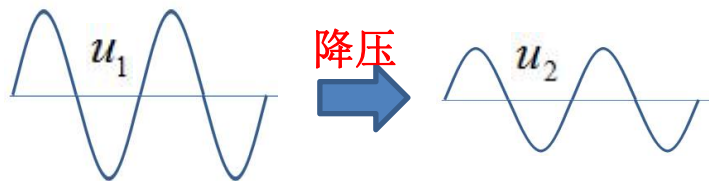
2. 整流二极管VD

3. 直流负载 R_L

半波整流电路原理图

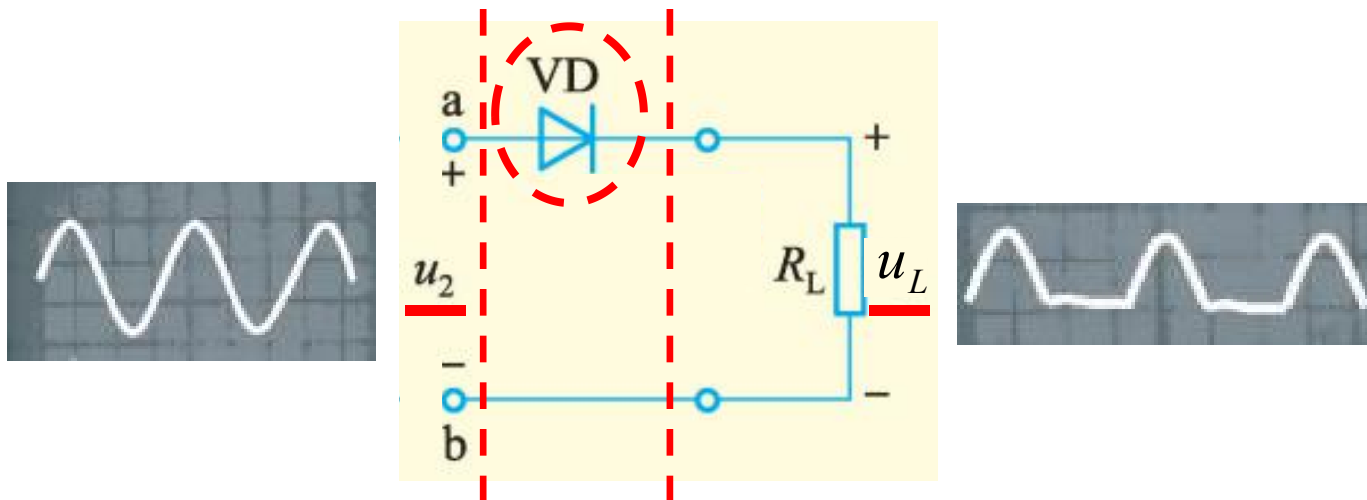
T的作用:

将电网电压 u_1 降压为数值适当的交流电压 u_2



半波整流电路

——电路的作用



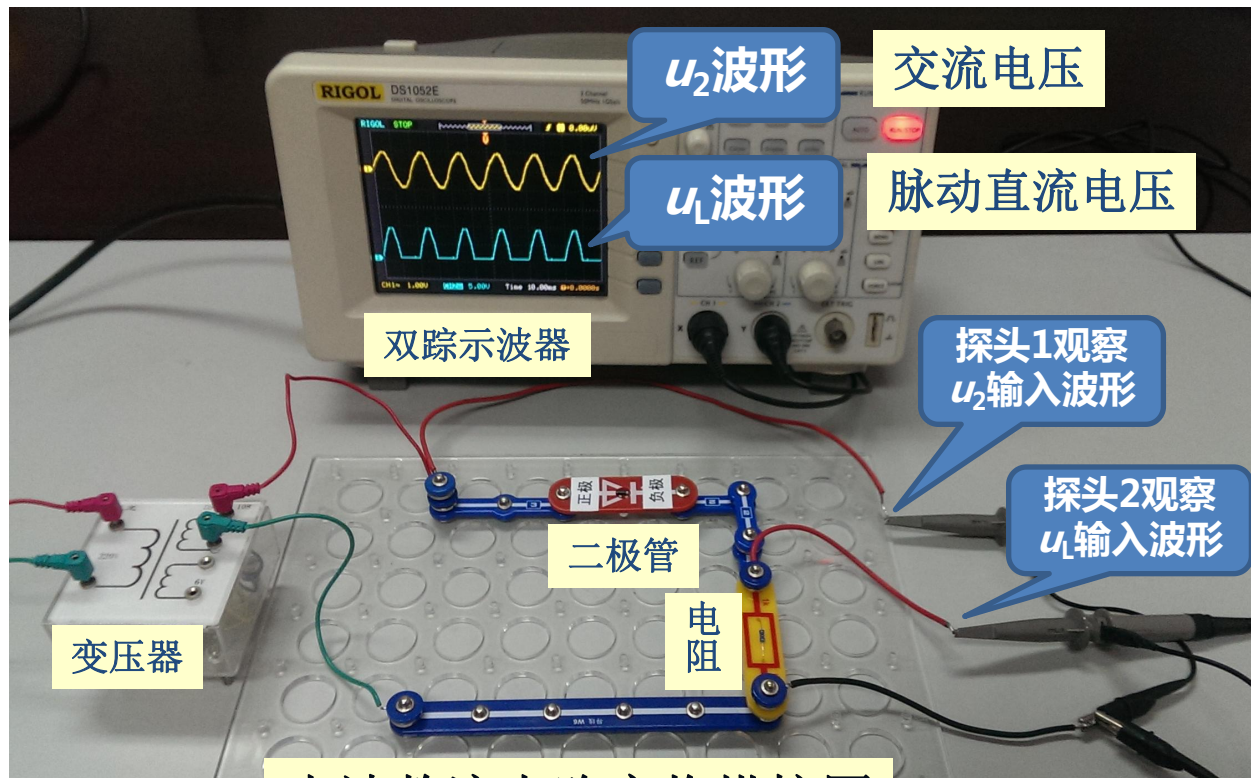
交流电压



脉动直流电压

半波整流电路

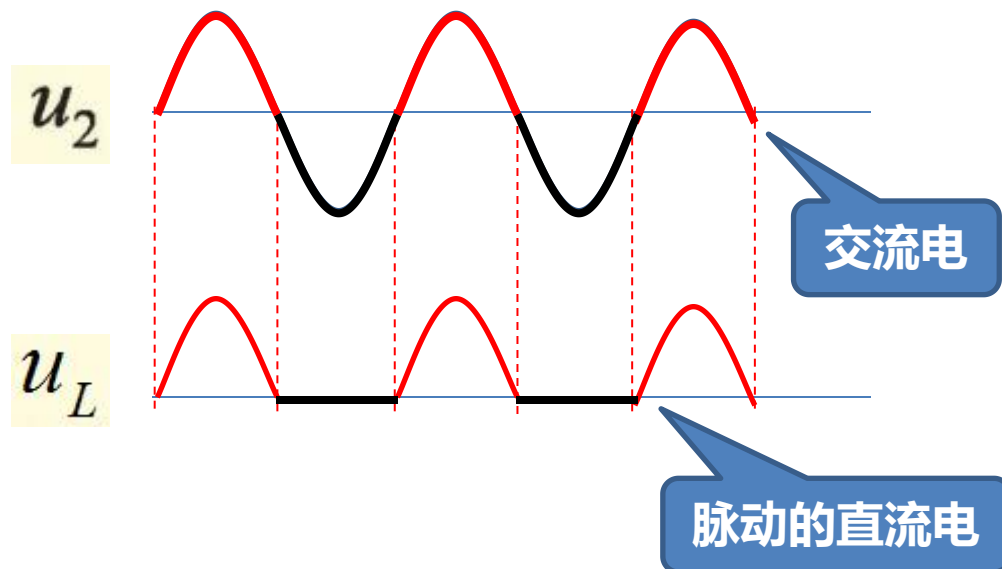
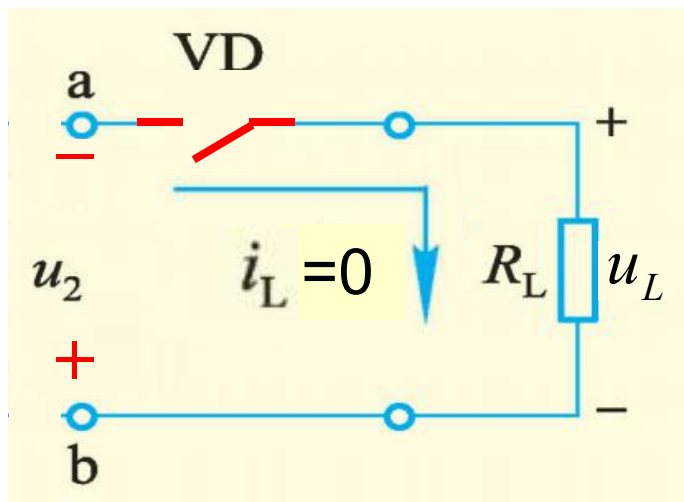
——实验电路



半波整流电路实物搭接图

半波整流电路

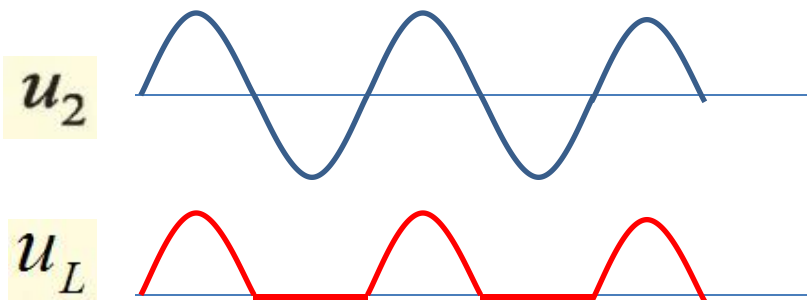
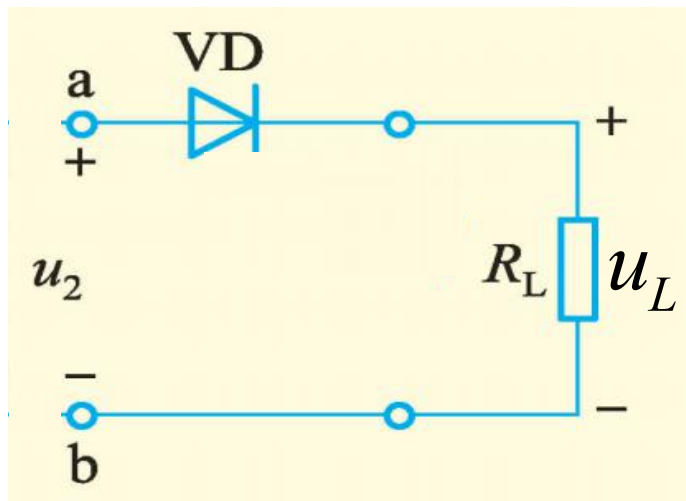
——工作过程



- (1) u_2 为正半周时，二极管 VD 导通，此时 $u_L = u_2$ ；
- (2) u_2 为负半周时，二极管 VD 截止，此时 $u_L = 0$ 。

半波整流电路

——负载上直流电压与电流的估算

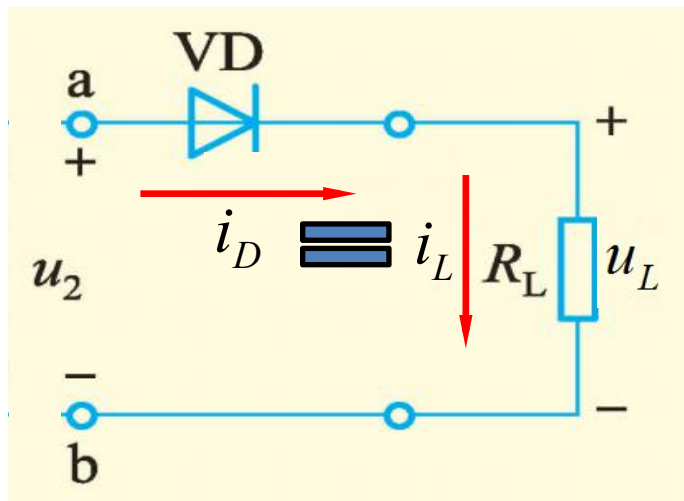


$$U_L = 0.45 U_2$$

$$I_L = \frac{U_L}{R_L} = 0.45 \frac{U_2}{R_L}$$

半波整流电路

整流二极管的选择



I_{FM} : 最大整流电流

U_{RM} : 最高反向工作电压

$$I_{FM} \geq I_D = I_L \quad U_{RM} \geq \sqrt{2}U_2$$

例1: 有一直流负载, 电阻为 $1.5 \text{ k}\Omega$, 要求工作电流为 10 mA , 如果采用半波整流电路, 试求电源变压器的二次电压, 并选择适当的整流二极管。

解: $U_L = R_L I_L = 1.5 \times 10^3 \times 10 \times 10^{-3} \text{ V} = 15 \text{ V}$

由 $U_L = 0.45 U_2$, 变压器二次电压的有效值为

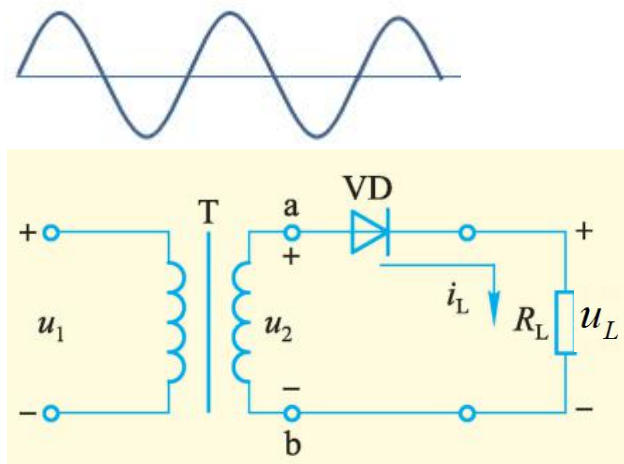
$$U_2 = \frac{U_L}{0.45} = \frac{15}{0.45} \text{ V} \approx 33 \text{ V}$$

二极管承受的最大反向工作电压为 $\sqrt{2}U_2 = 1.41 \times 33 \text{ V} \approx 47 \text{ V}$

$I_{\text{FM}} = 100 \text{ mA}$, $U_{\text{RM}} = 50 \text{ V}$ 2CZ82B 型整流二极管
如 1N4001、1N4002 等

半波整流电路

1. 电路组成与作用



2. 工作过程



3. 负载直流电压与电流的估算

$$U_L = 0.45 U_2 \quad I_L = \frac{U_L}{R_L} = 0.45 \frac{U_2}{R_L}$$

4. 整流二极管的选择

$$I_{FM} \geq I_D = I_L \quad U_{RM} \geq \sqrt{2} U_2$$

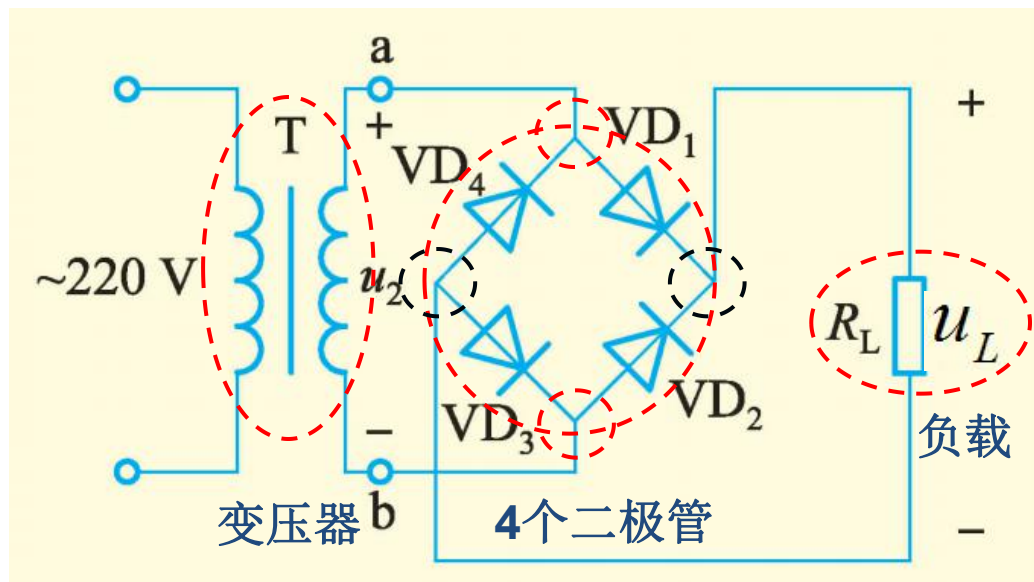


桥式整流电路

余姚市职成教中心学校
陈雅萍

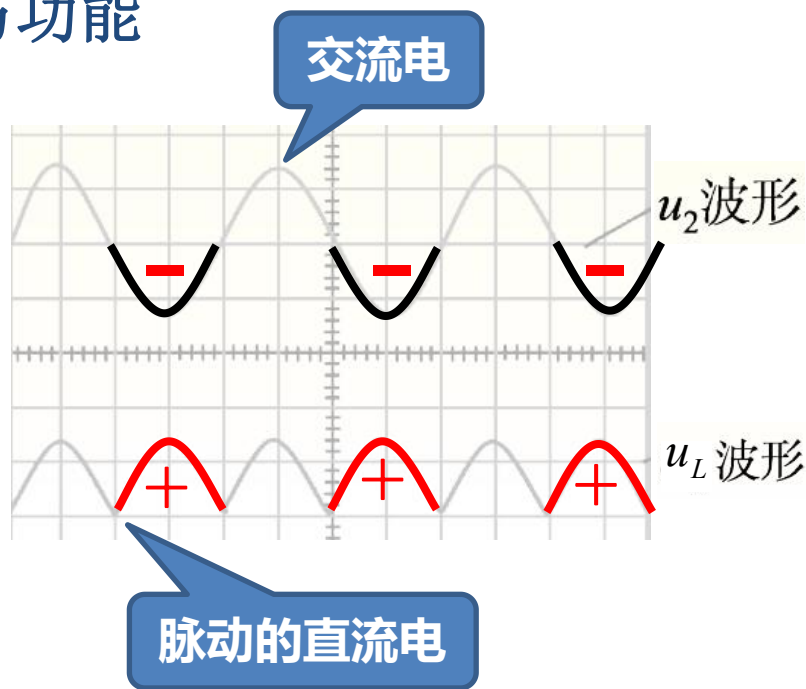
桥式整流电路

——电路组成与功能



桥式整流电路原理图

关键：4个二极管

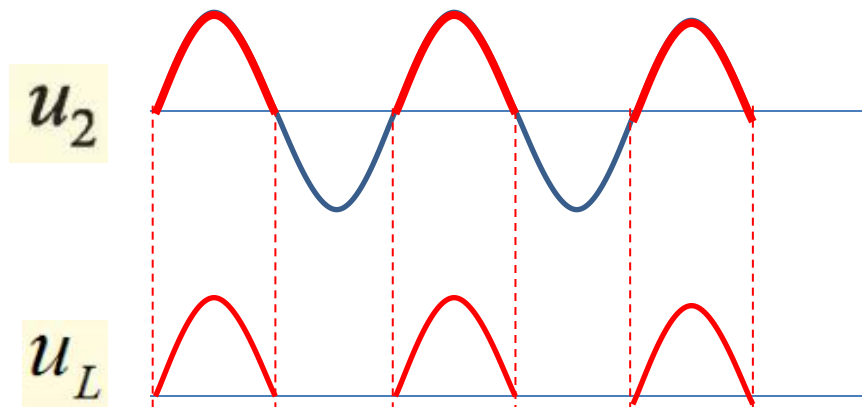
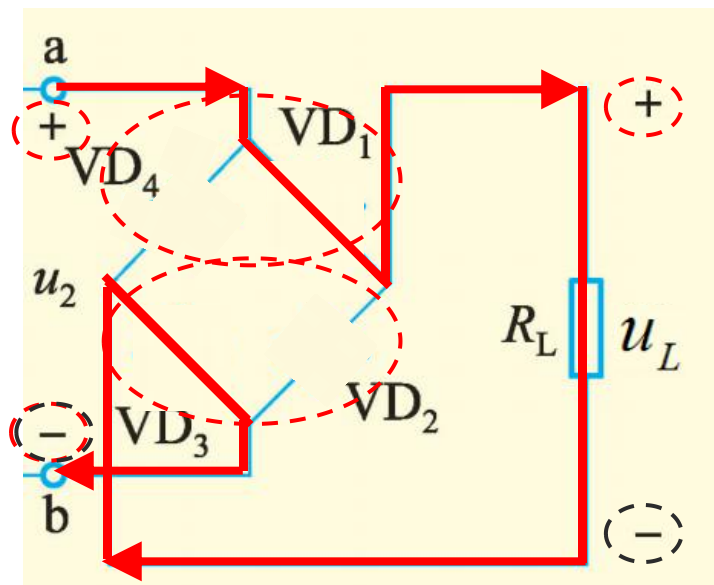


交流电压 \longrightarrow 脉动直流电压

与半波整流相比，提高了电源的利用率！

桥式整流电路

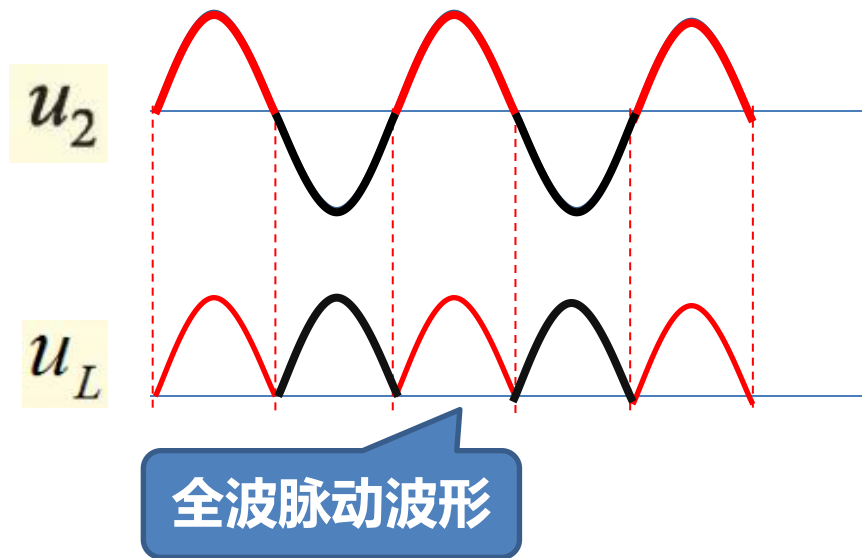
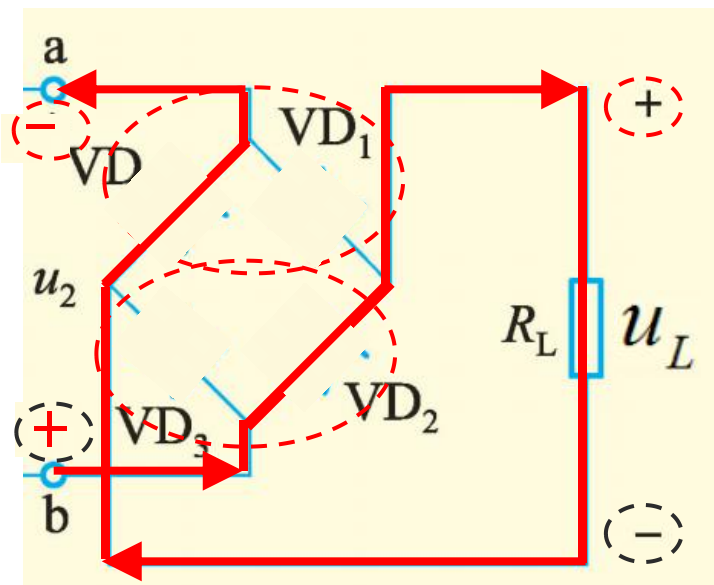
工作过程



(1) u_2 为正半周时, VD_1 、 VD_3 导通, VD_2 、 VD_4 截止, 此时 $u_L = u_2$;

桥式整流电路

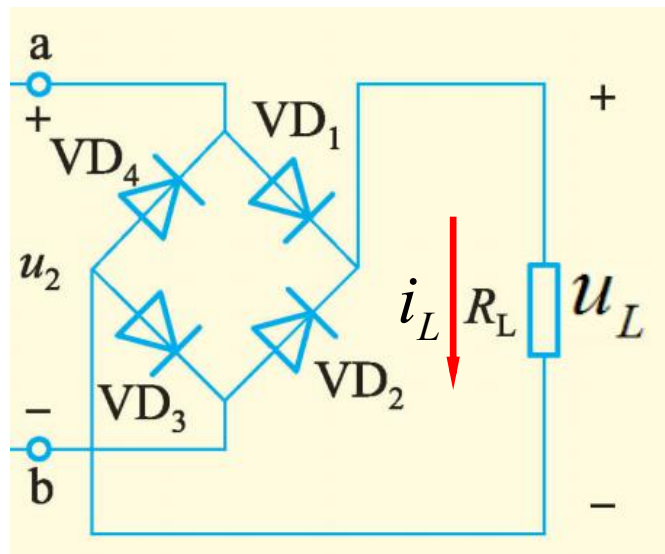
工作过程



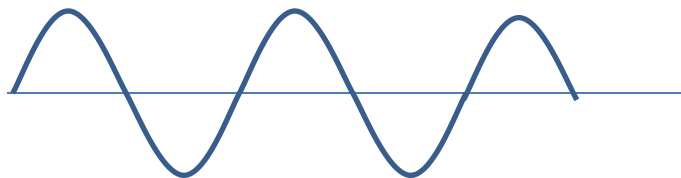
- (1) u_2 为正半周时, VD_1 、 VD_3 导通, VD_2 、 VD_4 截止, 此时 $u_L = u_2$;
- (2) u_2 为负半周时, VD_2 、 VD_4 导通, VD_1 、 VD_3 截止, 此时 $u_L = -u_2$ 。

桥式整流电路

——负载上直流电压与电流的估算



u_2



u_L

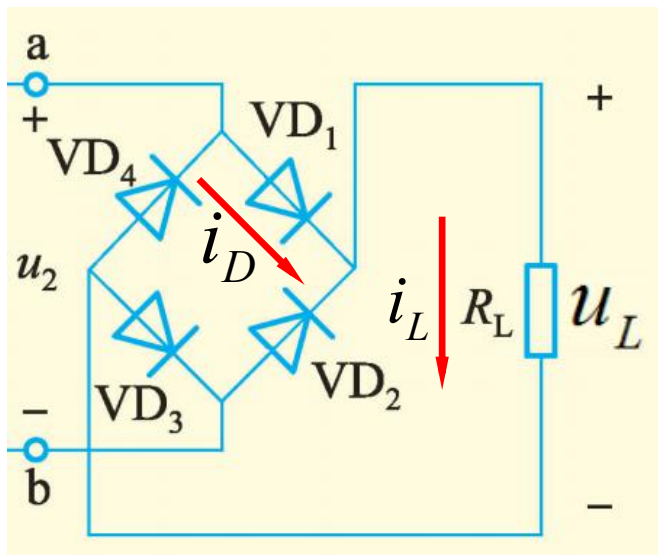


$$U_L = 0.9 U_2$$

$$I_L = \frac{U_L}{R_L} = 0.9 \frac{U_2}{R_L}$$

桥式整流电路

整流二极管的选择



I_{FM} : 最大整流电流

U_{RM} : 最高反向工作电压

$$I_D = I_L / 2$$

$$I_{FM} \geq I_D = I_L / 2 \quad U_{RM} \geq \sqrt{2} U_2$$

例1:有一直流负载需直流电压 6 V, 直流电流 0.4 A, 如果采用单相桥式整流电路, 试求电源变压器的二次电压, 并选择整流二极管的型号。

解: 由 $U_L = 0.9U_2$, 可得变压器二次电压的有效值为

$$U_2 = \frac{U_L}{0.9} = \frac{6}{0.9} \text{ V} \approx 6.7 \text{ V}$$

通过二极管的平均电流

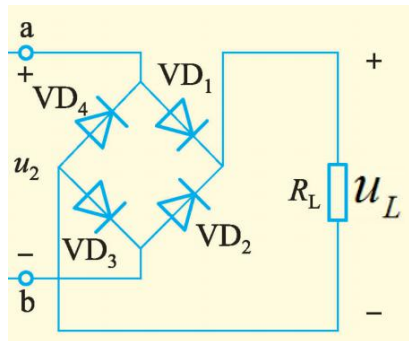
$$I_D = \frac{1}{2}I_L = \frac{1}{2} \times 0.4 \text{ A} = 0.2 \text{ A} = 200 \text{ mA}$$

二极管承受的最高反向工作电压 $\sqrt{2}U_2 = 9.4 \text{ V}$

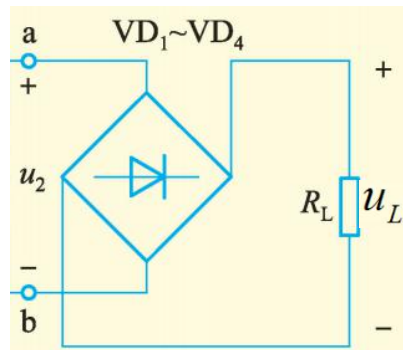
$I_{FM} = 300 \text{ mA}$, $U_{RM} = 10 \text{ V}$ 2CZ56A 型整流二极管
如 1N4001 等

桥式整流电路

1. 电路组成与功能



2. 工作过程



交流电



脉动直流电

3. 负载直流电压与电流的估算

$$U_L = 0.9 U_2 \quad I_L = \frac{U_L}{R_L} = 0.9 \frac{U_2}{R_L}$$

4. 整流二极管的选择

$$I_{FM} \geq I_D = I_L / 2 \quad U_{RM} \geq \sqrt{2} U_2$$