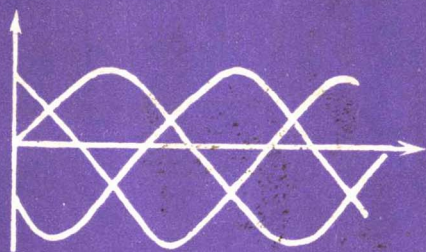


农机修理设备 电源基本知识



吴 承 祜 编 著
农 业 出 版 社



农机修理设备电源基本知识

吴承祜 编著

农业出版社

农机修理设备电源基本知识

吴承枯 编著

农业出版社出版 (北京朝内大街130号)

新华书店北京发行所发行 农业出版社印刷厂印刷

787×1092毫米32开本 7.375印张 152千字

1982年6月第1版 1982年6月北京第1次印刷

印数 1—5,800册

统一书号 15144·630 定价 0.77元

前 言

在农业机械旧件修复工艺中如振动堆焊、金属喷涂、埋弧焊、低温镀铁、等离子弧焊和电解加工等，都需要直流电源。各生产单位使用着有专门工厂生产的设备或自行设计和改装的设备。但往往由于设备的技术状态不符合工艺要求，所以它们不能满足生产的需要，也不能充分发挥设备的作用。

可控硅技术越来越广泛应用于修理的电源设备中，以代替笨重的直流发电机组。所以在新设计和使用的电源设备中均应用了可控硅元件。为了帮助从事农机修理的电气技术人员较全面地掌握电源知识和对电源进行调试和维修的技能，特编写了《农机修理设备电源基本知识》一书。书中简要地叙述了晶体管电路原理和使用知识，变压器和电抗器的设计计算方法，并重点介绍了振动堆焊机电源的电路和各部件的数据，还介绍了当前低温镀铁电源以及等离子弧焊机电源的电路的基本知识。

由于编者水平所限，实践经验不足，书中一定有缺点和错误，希读者批评指正。

编 著 者

1979年7月

目 录

前言

第一章 晶体管整流电路	1
第一节 半导体的导电性能	1
第二节 晶体二极管	5
第三节 单相整流电路	9
第四节 三相整流电路	14
第五节 滤波电路	20
第二章 可控硅及其主电路	25
第一节 可控硅元件	25
第二节 单相可控整流电路	35
第三节 三相可控整流电路	41
第四节 感性负载对整流电路的影响	49
第五节 主电路和可控硅元件的选择	50
第六节 可控硅的串并联与保护	55
第三章 晶体三极管及可控硅触发电路	67
第一节 晶体三极管	67
第二节 阻容移相桥触发电路	78
第三节 单结晶体管触发电路	82
第四节 正弦波移相的晶体管触发电路	94
第五节 锯齿波移相的晶体管触发电路	97
第六节 触发电路板的设计和制作	100
第四章 继电器接触器电路与附加电路	103
第一节 继电器接触器电路	103

第二节	稳压电源电路	109
第三节	反馈电路	117
第五章	整流变压器、同步变压器、电抗器以及磁放 大器的设计	122
第一节	整流变压器的设计	122
第二节	同步变压器的设计	139
第三节	脉冲变压器的绕制	143
第四节	电抗器的设计	144
第五节	磁放大器	154
第六章	可控硅电路的调试步骤和方法	162
第一节	单相可控整流设备的调试	162
第二节	三相可控整流设备的调试	166
第七章	振动堆焊电源设备	171
第一节	振动堆焊电源的基本要求	171
第二节	NU-300 型振动堆焊机	173
第三节	KK-3 型振动堆焊机	190
第四节	现有设备改装为振动堆焊电源	194
第八章	低温电镀电源设备	199
第一节	电源的基本要求	199
第二节	主电路	200
第三节	触发和脉冲分配电路	209
第四节	保护电路及其它电路	216
第九章	等离子弧焊机电源设备	220
第一节	电源设备的基本要求	220
第二节	等离子弧焊机电源	222
第三节	高频振荡器及其它电路	227
参考文献		231

第一章 晶体管整流电路

第一节 半导体的导电性能

一、半导体、p型和n型半导体

大家知道,银、铜、铝等金属是很容易导电的,我们称它们为导体;而胶木、橡胶、塑料、云母和木材等不易导电,称为绝缘体。自然界,除上述导体和绝缘体外,还存在着导电性能介于导体和绝缘体之间的物体,这就是半导体。如锗、硅、硒及大多数金属氧化物和硫化物等都是半导体。

为什么各种物质的导电能力有差别呢?这是因为物质都是由原子组成的,而原子又是由一个带正电的原子核和带负电的电子所组成。电子分层围绕原子核旋转。离原子核远一些的电子受吸引力较小,在外界因素作用下,比较容易挣脱原子核的束缚,而形成自由电子。自由电子在外电场作用下作定向运动而形成电流。如金属导体的自由电子很多,其导电能力就强;绝缘体物质的自由电子很少,其导电能力就很弱。半导体的情况介于两者之间。

一般纯净的半导体(称为本征半导体)材料,如锗、硅等晶体,其原子的最外层有四个电子。这种原子最外层有四个电子的元素称四价元素。这种元素的原子排列整齐时称为

单晶体。在单晶体中，每个原子外层的四个电子与相邻原子的电子互相束缚着，原子便有秩序地排列起来。这时每个原子的最外层都充满八个电子，处于稳定状态（图 1—1），电子不易自由运动，所以导电性能很差。

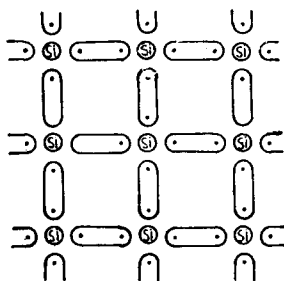


图 1—1 单晶体的结构

由于八个电子是成对地与周围原子所共有，它们所受到的束缚力不象在绝缘体里那样紧。在一定的外加条件下（如在一定温度下的热运动激发下），电子可能挣脱而成为自由电子。电子跑出来剩下的空位称为空穴。若在外界电场作用下，自由电子是带负电荷的粒子，逆电场方向作定向运动，形成电子电流和电子导电。空穴附近的束缚电子在外电场和热能作用下，也会逃离原来的位置而去填充已有的空穴。逃离了电子的地方则出现新的空穴。这就形成了空穴的运动，出现空穴导电。所以，在半导体中，不仅有电子载流子，而且还有空穴载流子。在外加电场作用下，流过半导体中的总电流为电子电流和空穴电流的代数和。由于本征半导体的电子和空穴等载流子的数目不多，其导电能力远比导体的导电能力差。如果在纯净的半导体中掺入少量杂质，就可以使半导体的导电能力急剧地增加。

因为锗与硅为四价元素，如果在锗或硅单晶中掺入少量的五价元素，如磷、砷、锑等，则其中一些锗（或硅）原子

的位置被磷原子所代替。它们排列在晶格中形成多余的电子如图 1—2 所示。这就是电子型半导体，简称 n 型半导体。

如果在锗或硅晶体内掺入少量的三价元素，如铝、硼、镓等，它们排列在晶格中，使晶格中缺少电子形成空穴如图 1—3 所示。这就是空穴型半导体，简称 p 型半导体。

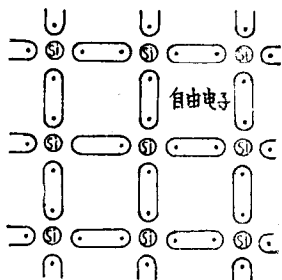


图 1—2 n 型半导体

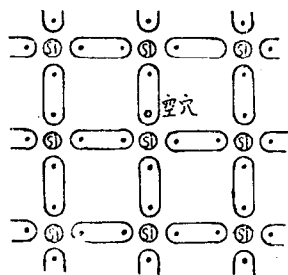


图 1—3 p 型半导体

实际上，由于热运动，半导体中要产生电子-空穴对。在 n 型半导体中，空穴比自由电子少得多，所以电子是多数载流子，而空穴是少数载流子。在 p 型半导体中，自由电子比空穴少得多，所以空穴是多数载流子，电子是少数载流子。

二、p-n 结

如果在同一锗片（或硅片）的两侧，一侧掺入 p 型杂质，成为 p 型半导体，另一侧掺入 n 型杂质，成为 n 型半导体，那么在 p 型和 n 型半导体相交的地方就形成了一个 p-n 结。

由于 p 区的空穴浓度大，n 区的自由电子浓度大，故在交

界处，p区的空穴向n区扩散，n区的自由电子向p区扩散。扩散的结果，使交界处的电子和空穴互相复合。靠n区的一边少了些电子，形成正电荷的积累，使之带正电。而靠p区的一边少了些空穴，形成了负电荷的积累，使之带负电，如图1—4所示。由于在交界附近形成了电场，它将阻止电子和空穴的继续扩散，通常称为阻挡层，也称p-n结。

若在p-n结两端加一电压，它的极性在p区为正，n区为负，如图1—5(a)所示。由于外加电场和阻挡层电场相反，加强了扩散趋向，使已扩散到p区的电子得以继续向电源正极流动，n区的空穴继续向电源负极流动，从而形成电流。电流方向与外加电场方向一致称正向导电方向。当正向电压越高，阻挡层电场被削弱得越厉害，扩散就更容易，正向电流就越大。

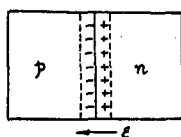


图1—4 p-n结的形成

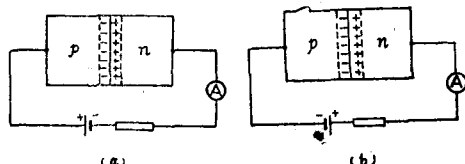


图1—5

E —p-n结电场方向

(a) 加正向电压于p-n结

(b) 加反向电压于p-n结

当外加电压的极在n区为正，p区为负时，由于外加电场和阻挡层电场相同，外加电场增强阻挡层电场作用，使n区中的电子和p区中的空穴不能扩散被电场所阻挡。但p区中的少量电子和n区中的少量空穴在外电场的作用下，形成

很小的反向电流，如图 1—5 (b) 所示。

可见 p-n 结的导电性与外加电压的方向有关，正向连结时 p-n 结的电阻很小，反向连结时 p-n 结的电阻很大。这种性能叫做 p-n 结的单向导电性。

第二节 晶体二极管

晶体二极管是由一个 p-n 结，加上相应的电极引线和管壳做成的。二极管的种类很多，根据结构的不同可分为点接触型和面接触型两种。点接触型的接触面积小，所以不能承受较大的电流，但其 p-n 结的电容小，能在很高频率下工作。面接触型能通过较大的电流，农机修理设备的电源所用的二极管属于面接触型的。

一、晶体二极管的伏安特性和参数

(一) 伏安特性 二极管的单向导电性已如前述。下面我们进一步分析二极管的正向电流多大，受什么限制，有多大电压降，反向可以承受多大电压，有多少反向电流。

利用实验的方法，给二极管加上正向电压，量出其正向管压降与正向电流。然后再加反向电压，反向电流很小。根据实验数据绘出了二极管的伏安特性曲线，如图 1—6 所示。

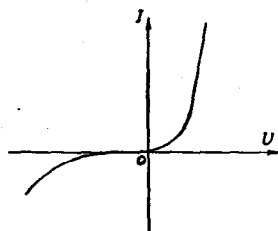


图 1—6 晶体二极管的
伏安特性曲线

硅二极管与锗二极管的特性曲线其不同点是在正向区

域, 锗管大约在 0.2—0.4 伏左右, 电流就开始显著增长了。而硅管则在 0.6—0.8 伏左右, 电流才开始增大。在反向区域, 硅管反向电流约为几微安到几十微安, 而锗管可达几百微安。

分析晶体二极管的伏安特性曲线可得出如下几点结论:

1. 正向特性与最大整流电流 当二极管两端加正向电压, 就产生正向电流。在电压很小的时候, 由于外电场不足克服 p-n 结的自身电场, 所以正向电流很小。当电压较大时, p-n 结的自身电场被削弱, 电阻变小, 正向电流增大。这时二极管两端电压很小。

为了不使二极管过热烧坏, 因而限制了通过二极管的最大整流电流。

2. 反向特性与反向电流 外加反向电压时, 二极管有很小的反向电流通过。当反向电压增加时, 此反向电流几乎不变, 这个电流称反向饱和电流。

反向饱和电流小, 说明二极管反向特性好。

3. 反向击穿特性与最大工作电压 当加在二极管上的反向电压超过一定数值时, 流过二极管的反向电流会突然增加。这种现象称为击穿。发生击穿时的电压称为击穿电压。

所以在使用二极管时要限制反向工作电压不能太高。否则将造成元件的损坏。

(二) 参数 为了不使二极管损坏, 需要我们正确地使用它, 因此, 我们首先要正确地认识二极管的参数。

二极管的主要参数是最大整流电流和最大反向工作电压两个。

1. 最大整流电流 最大整流电流是指在一定温度下，允许长期通过二极管的平均电流的最大值。在选择管子时，应当使它的最大整流电流稍大于电路中的实际工作电流。对于大功率的二极管，为了降低它的温度，提高它的最大整流电流，要在电极上装上散热片。散热片的尺寸有一定的规定。此外，还可以采用风冷、水冷和油冷等方法，以取得较好的散热效果。

2. 最大反向电压 最大反向电压是指加到二极管两端的在长时间内不致引起损坏的反向电压。在选择管子时，应保证管子电路中实际承受的最大反向电压不超过它的允许值。

表 1—1 至表 1—3 示常用整流二极管的特性参数。

表 1—1 2CP 型整流二极管

型 号	最大整流电流 (毫安)	最大反向电压 (伏)	最高工作频率 (千赫)	备 注
2CP1	400	100	3	高温使用时需加40毫米 ² ×1毫米铝板散热片
2CP2	400	200	3	
2CP3	400	300	3	
2CP4	400	400	3	
2CP10	100	25	50	
2CP11	100	50	50	
2CP12	100	100	50	
2CP13	100	150	50	
2CP14	100	200	50	
2CP15	100	250	50	
2CP16	100	300	50	
2CP17	100	350	50	
2CP18	100	400	50	
2CP19	100	500	50	
2CP20	100	600	50	

表 1—2 2CZ11 系列整流二极管

型 号	最大整流电流 (安)	最高反向电压 (伏)	最高反向电压 下的反向电流 (毫安)	备 注
2CZ11A	1	100	<0.5	额定使用 时需加40厘 米 ² ×1毫米 铝散热片
2CZ11B	1	200	<0.5	
2CZ11C	1	300	<0.5	
2CZ11D	1	400	<0.5	
2CZ11E	1	500	<0.5	
2CZ11F	1	600	<0.5	
2CZ11G	1	700	<0.5	
2CZ11H	1	800	<0.5	

表 1—3 2CZ 系列整流二极管

型 号	额定电流平均值 (安)	额定工作电压 (伏)	铝散热器面积 (厘米 ²)	冷却方法
2CZ1	1	30—3500		自 冷 (无散热器)
2CZ5	5	30—3500	100	自 冷
2CZ10	10	30—3500	200	自 冷
2CZ30	30	30—3500	600	自 冷
2CZ50	50	30—3500	600	风 冷 (风速不小于 5米/秒)
2CZ100	100	30—3500	900	
2CZ200	200	30—3500	1200	
2CZ300	300	30—3500		水 冷
2CZ500	500	30—3500		
2CZ800	800	30—3500		
2CZ1000	1000	30—3500		

二极管的其它参数，在半导体管手册上都可查到。

二、晶体二极管的简单测试方法

二极管的正、负极性一般都在外壳上涂有标记。如果管壳上没有符号,可根据二极管的单向导电性,利用万用表的欧姆档来测量。因为二极管正向容易导电,所以电阻小;反向不容易导电,所以电阻大。我们希望这二个电阻值相差越大越好,若两者相差不远,则表明这个二极管性能不好或者已损坏了。

测量时,把万用表拨到电阻 $R \times 100$ 或 $R \times 1K$ 档,用两个测试棒分别正反向测量二极管的两端,如图 1—7 所示。

因为万用表的负端是万用表中电池的正极,而正端是电池的负极,所以,如果测出的电阻小,则与万用表正端相接的一端是二极管的负极,另一端是二极管的正极。如果测出的电阻值大,则与万用表正端相接的一端是二极管的正极,另一端是负极。

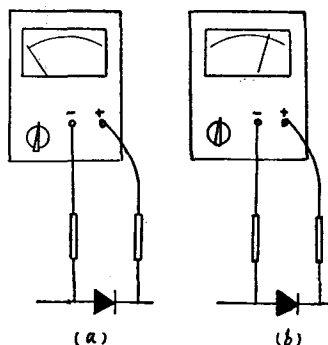


图 1—7 二极管的测试

第三节 单相整流电路

前面已讨论过二极管具有单向导电性,我们利用这个特性组成整流电路。单相整流电路有半波整流、全波整流、桥式整流和倍压整流。倍压整流用于小电流高电压的场合下,所以,我们只讨论前三种电路。

一、单相半波整流电路

路

图1—8示单相半波整流电路。电路是由电源变压器 B ，二极管 D 和负载 R_{fz} 组成。

当变压器接至交流电源后，变压器的副端电压 V_2 在正半周时 a 点为正， b 点为负（即 a 点的电位高于 b 点的电位），二极管 D 受正向电压作用而导通。电源电压 V_2 经二极管 D 加在负载两端。由于二极管上的压降很小，故负载电压 V_{fz} 近似等于电源电压 u_2 ，其波形如图1—9所示。

在 u_2 的负半周， a 点为负， b 点为正，二极管 D 受反向电压而不导通。电路中没有电流，负载上没有电压，而电源电压全部加在二极管上。

我们可以见到，电源电压 u_2 虽然是交变的，但负载上是一个方向不变的半波直流电压。加在负载上的电压的平均值为

$$U_{fz} = 0.45V_2 \quad (1-1)$$

式中： V_2 ——变压器副端电压的有效值。

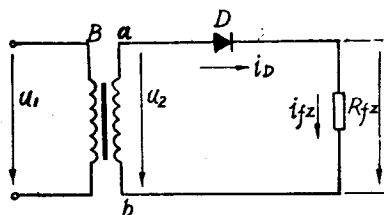


图1—8 单相半波整流电路

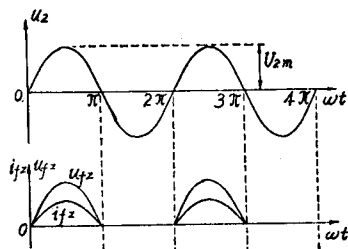


图1—9 单相半波整流电路中电压波形

流过二极管的平均电流 I_D 等于负载的电流

$$I_D = I_{fz} = 0.45 \frac{V_2}{R_{fz}} \quad (1-2)$$

二极管承受的最大反向电压 $U_{反}$ 等于变压器副端电压的最大值，即

$$U_{反} = \sqrt{2} V_2 \quad (1-3)$$

根据以上的计算，可选择二极管、晶体二极管的额定工作电流和额定反向电压应大于计算值。

单相半波虽然电路比较简单，但它只利用了电源电压的半个波，变压器的利用率不高，输出电压低，整流电压脉动大。所以仅在小电流的场合下使用。

二、单相全波整流电路

单相全波整流电路是由两个单相半波整流电路合起来所组成，其电路图如图 1—10 所示。变压器 B 的副线圈有一中心抽头，电压 u_{2a} 和 u_{2b} 大小相等，但方向相反。

当 a 端为正， b 端为负时， D_1 导通， D_2 不导通。这时，

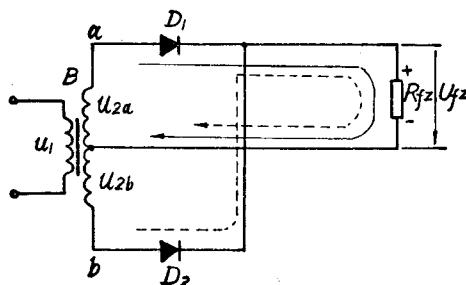


图 1—10 单相全波整流电路