

器流整流硒

越 字 編

中国工业出版社

硒 整 流 器

越 宇 編

中 国 工 业 出 版 社

磁 整 流 器

趙 宇 編

(根据煤炭工业出版社紙型重印)

*

煤炭工业部书刊編輯室編輯 (北京东长安街煤炭工业部大樓)

中国工业出版社出版 (北京修鐵胡同10号)

北京市书刊出版业营业许可证出字第110号

中国工业出版社第一印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·各地新华书店經售

*

开本 $787 \times 1092^{1/32}$ ·印张 $1^{1/4}$ ·插頁1·字数19,000

1958年10月北京第一版

1963年6月北京新一版·1965年8月北京第三次印刷

印数5,294—14,853·定价(科四)0.15元

*

統一书号: 15165·2549(煤炭-132)

在現代化矿井中，矽整流器得到了广泛的应用。这本小册子对半导体(矽)的整流原理、矽整流器的构成元件及其特性、矽整流器的接线方法、技术特征及其运行和維護等都簡單扼要地作了介紹和說明。

本书可供矿山机电工作人員參考閱讀。

目 錄

一、半导体——硒的整流原理	3
二、硒整流元件	6
三、硒整流元件的电气特性	8
四、硒整流器	14
五、硒整流器的运行和维护	32

一、半導體—— 硒的整流原理

所有固体按其导电能力的不同，可分为导体、半导体及絕緣体三类。导体的电阻很小，主要的有銅、鋁、銀等金屬，其电阻率約在 $10^{-4} \sim 10^{-5}$ 欧姆-公分之間，电阻的大小随温度的升高而增加。半导体包括导电能力較小的金屬，例如，鍺、硒、硅等，其电阻率約在 $10 \sim 10^{10}$ 欧姆-公分之間，而其电阻則随温度的增加而减小。絕緣体玻璃、云母等物体在正常条件下，只能通过极小的电流。其电阻率約为 $10^{10} \sim 10^{18}$ 欧姆-公分。

一切物質都是由微小的顆粒—分子組成。而分子又由更微小的原子組成。每一种元素的原子由帶阳电的原子核和圍繞它运动的帶阴电的电子所組成。原子核外部的全部电子都是离核以一定的距离按一定的速度圍繞着原子核运动。离原子較近的电子因受原子核阳电的作用有較强的結合力，因而不容易离开原子；离原子核較远的电子与原子核的作用力就大大减小，因而就易于脱离原子核。

导电金屬原子的基本特征是位于原子外层軌道的电子与原子核的結合很弱，并且易于脱离原子核。从原子外层脱离掉的电子在物体的晶体点陣內作无規則的运动，此种电子称为传导电子。金屬的导电能力是由传导电子来实现的。导电金屬的传导电子数目很多，所以导电率，即导电的能力很大，而电阻率很小。

絕緣体和半导体与导电金屬不同之点是，它的原子外层的电子与原子核紧密地結合在一起，不容易脱离原子核。在絕緣体和半导体中，如果不含有杂质和不受电离的作用，則导电能力非常微小。

半导体不仅是由脱离原子的少数电子完成导电作用，而且，半导体內失去电子的带阳电原子也完成导电作用。半导体中失去电子的原子并不移动，只是它可以夺取另一个相邻原子的电子。因此，实际效果等于原来失去电子的原子移动了一段距离，而完成导电作用。此种缺少电子的原子称为电子穴，而此种导电作用就称为空穴导电。

純半导体所能产生的电子穴和传导电子是很少的，所以导电能力很弱。此种純半导体在实际中很少应用。通常在半导体內参杂有一定量的杂质，用以改变純半导体的性能。杂质是半导体內导电能力的主要来源。因此，半导体內有杂质存在时，会使半导体的电阻显著地降低。

半导体——硒的整流作用可以按图 1 所示的整流元件示意图来说明。此种整流元件的整流作用在于其电阻随电

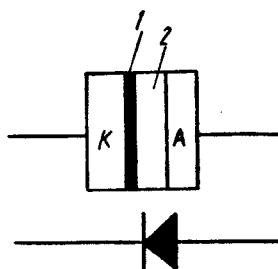


图 1

流的通过方向而急剧变化。当电流是从加于阳极(A)的正电位与加于阴极(K)的负电位所产生时，則整流元件通过的电流称为順向电流，此时，整流元件的电阻很小。反之，当正电位加于阴极(K)与负电位加于阳极(A)时通过整流元件的电

流称为逆向电流，此时整流元件的电阻很大。

图 1 中的硒层 2 具有带正电荷的电子穴。阻挡层 1 的单位体积内的电子穴比硒层 2 的单位体积内的电子穴的数目少得多。因为 1, 2 两层中的单位体积内电子穴不相等，电子穴则开始从硒层 2 向阻挡层 1 移动。于是在两层的交界处产生空间电荷；层 2 为负，层 1 为正。此种空间电荷的电场将阻止电子穴的继续移动，直到停止移动为止。这个过程是在整流元件没接通电源，阻挡层 1 形成时就已发生了。

当在整流元件上加了电压，使阳极 A 为正、阴极 K 为负时，则外加电压的电场将克服空间电荷的电场。这样就使硒层 2 的电子穴继续向阻挡层 1 移动。于是阻挡层 1 的电子穴达到饱和，而且使阻挡层 1 的电阻减小到等于硒层 2 的电阻。这样电流通过整流元件，也就是顺向电流。但是，当整流元件所加电压，阳极为负、阴极为正时，则外加电压的电场将与空间电荷所产生的电场相重合，于是不但阻碍电子穴从硒层 2 向阻挡层 1 移动，而且还会驱使以前移动到阻挡层 1 的电子穴返回硒层 2。因此阻挡层 1 的电阻急剧增加，这样经过整流元件的电流就很小，这就是逆向电流。因此，在整流元件上加上不同方向的电压时，所能通过的电流相差很大。这样，整流元件就可以在电路内完成单向通电——整流的作用。

二、硒整流元件

硒整流元件的构造是这样：在圓形鋼板或鋁板上加有一薄层硒，并在硒层上涂一层由易熔金屬——錫、鎢或鉍組成的合金层。

圓形鋼板或鋁板是压制成的，厚度約在0.8~1.5公厘之間。小功率硒整流元件的圓形鋼板或鋁板的直径为5~10公厘，而較大功率的整流元件的直径达120公厘。

硒整流元件的硒层的加工制做就是在熾热的圓形鋼板或鋁板上涂以晶体硒或者将硒粉熔化在它上面。

由易熔金屬錫、鎢及鉍組成的合金涂在硒层上做为阴极。易熔合金是用噴射器将熔化的合金噴涂在硒层上的。

为了防止易熔合金阴极与圓形鋼板或鋁板阳极之間发生接触短路，則由易熔合金涂成的阴极的直径要比硒层的

直径小一些。这样，硒整流元件的有效整流面积只是易熔合金阴极的接触面积。

硒整流元件的构造如图2所示。在双头絲扣的螺杆11上套有絕緣套筒13，套筒上装有圓形鋼板或鋁板1。为了防止其氧化在圓形板外面有防腐层2。在防腐层2右側的是硒层3及阻挡层4、易熔合金阴极

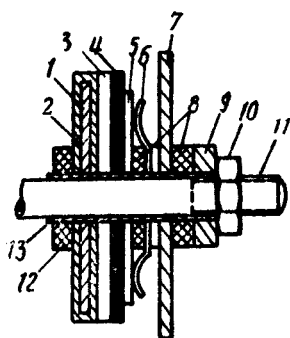


图 2

层5，再次是金屬彈性墊圈6。此种墊圈能达到接触良好而不致损坏易熔合金层。此后再垫以絕緣墊圈8、接綫板7及金屬墊圈9，之后，用螺帽10固定住。

在圓形鋼板或鋁板的左側可以用上述的順序装上需要数量的整流元件，用螺帽固定。

絕緣墊圈8、金屬墊圈9和12以及扩大的接綫板7也起到冷却导电元件的作用。

在晒层的加工过程中，使晒层形成有不同导电性能的两个层。导电性良好的一层和圓形鋼板或鋁板相毗連，这就是整流元件的晒层；导电性不良的一层与易熔合金阴极层相毗連，也就是阻挡层。实际上阻挡层也是很薄的。

在此种整流元件的阳极上加以正电位及阴极上加以負电位时，整流元件就呈現很小的电阻，此时有順向电流通过。

但是当阳极上加負电位及阴极上加正电位时，整流元件就呈現很大的电阻，此时則通过微小的逆向电流。这就是整流元件的单向导电——整流作用。

由装在一起的数个整流元件的組成体称为整流堆。根据功率、电压和电流等参数的不同，在每个整流堆上装有不同装法及不同数量的整流元件。

三、硒整流元件的电气特性

1. 伏安特性

伏安特性是硒整流元件的密度（单位面积通过的电流）与其电压间的关系。

图3是在环境温度为 15°C 时用直流电压作出来的整流元件的伏安特性曲线。图中纵座标的正方向是顺向电流密度，而横座标的正方向是在顺向电流下在整流元件上所发生的电压降；而横座标的负方向是加于整流元件的逆向电压，纵座标负方向是在加于整流元件相应的逆向电压下所产生的逆向电流。

从图3曲线可以看到，顺向电流为 50 毫安/平方公分时，整流元件的电压降为 1.25 伏特。从而可以求出整流元件的单位面积的电阻为 $\frac{1.25}{0.05} = 25$ 欧姆/平方公分。当逆向电压为 17 伏特时，产生的逆向电流为 2 毫安/平方公分，从此可求出整流元件单位面积的逆向电阻为 $\frac{17}{0.002} = 8500$ 欧姆/平方公分。

在顺向电压下，整流元件的电压降越小则整流元件的效率越高；在逆向电压下，逆向电流越小则整流电路的特性就越佳。所以整流元件应具有极小的顺向电阻及极大的逆向电阻。

在正常情况下，每个整流元件的逆向电压不应超过

16~18伏特。从图3可以看出,当逆向电压超过16~18伏特时,则逆向电流成非线性的急剧增加,而损坏整流性能。

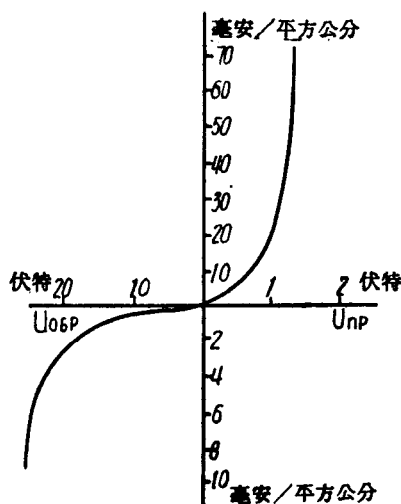


图 3

2. 环境温度对整流特性的影响

硒整流元件的顺向电阻和逆向电阻都与环境温度有很大关系。环境温度由 $t_0^{\circ}\text{C}$ 升到 $t^{\circ}\text{C}$ 时的电阻:

$$r_t = r_0 [1 + \alpha(t - t_0)],$$

式中 α ——整流元件温度系数;

r_0 —— $t_0^{\circ}\text{C}$ 时的电阻。

这里整流元件的温度系数不是一个常数,而是与整流元件通过的电流方向和整流元件的温度有关。

在 $-50^{\circ}\text{C} \sim +50^{\circ}\text{C}$ 范围内，硒整流元件的温度系数可按下式求出：

$$\alpha = \frac{\left(\frac{T}{T_0}\right)^{-\beta}}{t - t_0},$$

式中 T 与 T_0 —— t 与 $t_0^{\circ}\text{C}$ 时的绝对温度的度数；

β ——与整流元件通电方向及电流大小有关的系数。

将 α 值代入 r_t 式，则得

$$r_t = r_0 \left[\left(\frac{T}{T_0} \right)^{-\beta} + 1 \right].$$

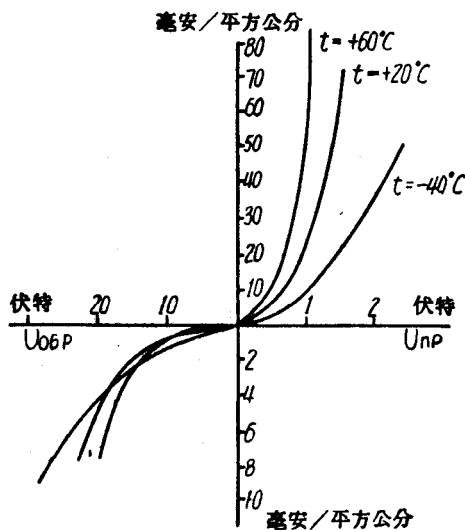


图 4

硒整流元件的电流密度为3~50毫安/平方公分时，順向电流的 β 值可以采用2.3；而逆向电流的 β 值采用10。

在不同的环境温度下，从試驗得到的伏安特性曲线如图4所示。

3. 硒整流元件的額定順向电流和逆向电压

通过整流元件的順向电流不能超过額定值，否則会使整流元件的电压降成非线性的迅速增加，并且使整流元件的温度急剧升高。不同直径的整流元件的額定順向电流如表1所示。

硒整流元件的容許电流

表 1

整流元件直径 (公厘)	有效面积 (平方公分)	每套最多 元件数	每元件容許 的反向电压 (伏特)	容許电流(安培)	
				半波連接	全波回路
7	0.07	60	18	0.003	0.006
18	1.1	24	18	0.04	0.08
25	3.0	32	18	0.07	0.15
35	7.2	32	18	0.15	0.3
45	13	32	18	0.3	0.6
67	28	24	16	0.6	1.2
89	47	24	16	1.2	2.4
100	69	24	16	1.5	3.4
112	85	24	16	2.0	4.0

註：1. 表中所列是在純电阻負荷时的容許电流。

2. 表中所列的容許电流是指元件間距离为其直径的10%时的数值，如元件間距离更大，可以增大容許电流值。

3. 表中所列数值是指在环境温度为+35°C时的数值。

逆向电压增加到一定值时，就能使极間发生击穿，此时加于极間的电压称为击穿电压。整流元件的击穿电压約

为50~80伏特。

从伏安特性曲线可以看出，逆向电压超过18伏时，则逆向电流成非线性的急剧增加，所以对整流元件的逆向电压规定为16~18伏特。

4. 硒整流元件的电容

在整流电路中，从逆向电阻方向看，整流元件相当于一个电阻与电容并联又与电阻串联的电路。等效电路如图5所示。

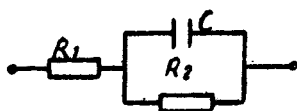


图 5

R_1 —硒层的电阻； R_2 —阻挡层电阻； C —硒层与阴极间电容

从试验得到硒层与阴极间的电容 C 为0.01~0.02 微法/平方公分。

在50赫芝的工频电压下，此电容所造成的容抗比电阻大得多，因此可以认为是纯电阻；但是当整流交流电路的频率高于50赫芝，特别是比50赫芝高出很多时，则容抗将

不能忽略，因为容抗 $X_c = \frac{1}{2\pi f c}$ ，式中 f ——线路频率，

所以频率越高，则容抗 X_c 就越小。这样也就使逆向合成阻抗降低，从而使逆向电流增加。

所以，整流交流电路的频率越高，则整流元件本身的电容影响就越大。

5. 整流元件的損耗与温升

整流元件的損耗就是在它内部变成热能的电功能量。

此种損耗包括两部分：在整流元件通过順向电流产生电压降的損耗能量和逆向电压下产生逆向电流所产生的損耗能量，即損耗能量

$$P = P_{np} + P_{обп},$$

式中 P_{np} ——順向电流通过整流元件的損耗能量；

$P_{обп}$ ——逆向电流通过整流元件的損耗能量。

已知整流器的負載損耗后，可按下式求出整流器的效率：

$$\eta = \frac{J_{\text{вх}} \cdot U_{\text{вх}}}{J_{\text{вх}} \cdot U_{\text{вх}} + P} \times \%.$$

式中 $J_{\text{вх}}$ ——整流电流；

$U_{\text{вх}}$ ——整流电压。

整流元件的温升决定于負載、逆向电压及其冷却条件。

在自然通风的冷却条件下，整流元件的温升可按下面的經驗公式計算：

$$Q = 20 \left(\frac{P}{F} \right)^{0.85},$$

式中 F ——整流元件的散热面积。

6. 整流元件的失效及陈化

整流元件的失效就是逆向电阻降低，甚至与順向电阻