

3CTS20硅双向可控元件 使用说明书

(试用草案)

上海整流器厂合编
整流器研究所

第一机械工业部
整流器研究所

一九七〇年三月

毛主席语录

领导我们事业的核心力量是中国共产党。指导我们思想的理论基础是马克思列宁主义。

中国人民有志气、有能力。一定要在不远的将来，赶上和超过世界先进水平。

一个正确的认识，往往需要经过由物质到精神，由精神到物质，即由实践到认识，由认识到实践这样多次的反复，才能够完成。这就是马克思主义的认识论，就是辩证唯物论的认识论。

前 言

在无产阶级文化大革命取得了全面胜利的凯歌声中，近两年才在世界上出现的硅双向可控元件，由我们两个单位协作制成了。这是遵循伟大领袖毛主席“抓革命、促生产”的伟失指示所取得的成果；是打破旧框框，实行科研与生产相结合的革命化措施所取得的初步成绩。是毛泽东思想的伟大胜利。

硅双向可控元件是一种新型半导体功率元件。又叫硅对称开关。因为它具有对称的 $NPNPN$ 五层半导体结构及三个电极，所以也称为硅五层三极管。主要用在交流大电流无触点开关及交流电流相位的连续控制，调光，点焊，温度调节，稳压及电机转速、换向的调节，等等上。

硅双向可控元件是在可控元件的基础上发展起来的。它同可控元件一样，开通机构都是由于具有高阻抗的反偏压 $P-N$ 结的反转。但由于结构及工艺设计方面的改进，在起可控元件的作用的同时，还具有以下特点：

1、伏安特性两方向对称，在触发作用（过电压或加控制极电压或加一定 dV/dt ）下，两方向皆可以导通而由高阻抗关断状态变为低阻抗导通态，因而可以双向导电。

2、控制极电流方向可正可负，不受元件上电压方向限制，因而对主回路交直流电流进行控制时，不仅可以用直流也可以用交流信号。

由其特点可知，就犹如可控元件可代替两只晶体管那样，在交流控制回路中，双向可控元件可代替两只反方向并联为

可控元件，而且其控制迴路要简单得多。实际上，在此情况下，一只双向可控元件起了几只元件（包括两只可控元件）的作用（见附图（一）线路）。可以说双向可控元件是功率元件向组合元件发展的一个重大进展。

由于双向可控元件是个新事物，各方面对它的应用与研究还刚开始，典型电路报导较少。在此说明书中只介绍一些原理性电路。

目 录

§ 1. 型号命名及符号标志	1
§ 2. 伏安特性曲线及主要参数意义	1
§ 3. 使用条件	3
§ 4. 3CT520的主要参数	
标准及外形尺寸	3
§ 5. 使用说明	5
§ 6. 应用线路举例	11

§ 1. 型号命名及符号标志

1. 型号 3CTS

其意义依次为：

3 表示是三端半导体元件

C 表示元件管蕊采用N型硅为原始材料

TS 表示双向可控元件

2. 符号



A 阳极端，接散热器端；

C 阴极端，引线端；

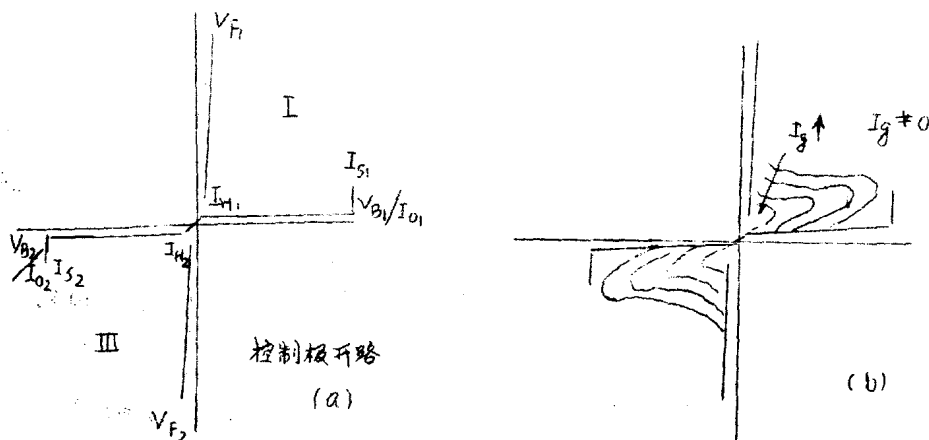
G 控制极端。

因为双向可控为特性及管蕊结构皆是对称的，区分阳极与阴极的意义在于便于正确加控制信号。为使用方便，沿用可控元件习惯称呼。

§ 2. 伏安特性曲线及主要参数意义

2. 伏安特性

双向可控元件的伏安特性如图(1)所示



图(1) 典型双向可控元件 V—I 特性。(a) 未加控制信号 (b) 加控制信号。

2. 参数意义

(1) 转折电压：在额定结温，控制极断路条件下，元件在外加电压作用下由高阻关态转变为低阻导通态时，所加电压的峰值。以 V_{B1} 、 V_{B2} 表示。

(2) 转折电流：在额定结温控制极断路条件下，在外电压作用下，由高阻关态即将转变为低阻导通态时的电流峰值。以 I_{S1} 、 I_{S2} 表示。

(3) 漏电流：在额定结温及转折电压 V_B 下，电流开始急剧增加时的值。以 I_{01} 、 I_{02} 表示。在“数”特性时 I_0 常和 I_S 为同一值。

(4) 维持电流：室温控制极断路。元件处于导通状态下，断后要继续保持导通态所必须的最小导通电流为直流值。以 I_{H1} 、 I_{H2} 表示。

(5) 额定电流：在最高环境温度标准散热条件下，元件所允许通过的工频 50 周流通角为 $165^\circ - 180^\circ$ 的正弦电流有效值。以 I_A 表示。

(6) 导通压降：室温标准散热器，通以数值为额定电流数值一半的直流电流时，元件上的电压降。以 V_{F1} 、 V_{F2} 表示。

(7) 控制极最小触发电压与控制极最小触发电流：

室温，元件所加电压为 6 伏时，由高阻关态，转变为低阻导通态所须加予控制极阴极回路的最小电压与电流。以 V_g 与 I_g 表示。按控制方式分为四种：

V_{g1+} 、 I_{g1+} ：阴极相对阳极加负电压，控制极相对阴极加正电压时，控制极的电压与电流值。

V_{g1-} 、 I_{g1-} ：阴极相对阳极加负电压，控制极相对阴极加负电压时，控制极的电压与电流值。

V_{gIII+} 、 I_{gIII+} ：阴极相对阳极加正电压，控制极相对阴极加正电压时，控制极的电压与电流值。

V_{gIII-} 、 I_{gIII-} ：阴极相对阳极加正电压，控制极相对阴极加负电压时，控制极的电压与电流值。

(8) 控制极不触发电压与控制极不触发电流：在额定结温下，元件上所加电压小于转折电压100伏时，使元件仍保持高阻抗状态，所允许加的最大控制极电压与电流。以 V_{GNT} 与 I_{GNT} 表示。

(9) 温升：在最高环境温度与规定散热条件下，元件通以额定电流，热稳定后，结片的温度与环境温度的温度差。以 T_R 表示。

(10) 额定结温：元件能正常工作的最高结片温度。在此情况下，元件性能保持稳定，可以正常工作。

§3. 使用条件

3CT520 硅双向可控元件在下列条件下能可靠地工作：

1. 环境温度不高于 $+40^{\circ}\text{C}$ ，不低于 -25°C ；
2. 环境相对湿度不大于 85%；
3. 无爆炸危险、无腐蚀性气氛和无损坏绝缘性能等因素的环境；
4. 有防雨设备与没有充满水蒸汽的环境中。

§4. 3CT520 的主要参数标准及外形尺寸

1. 3CT520 主要参数标准
- 转折电压 V_{B1} 、 V_{B2} 伏(峰值) 300, 400, 500 及 600.

$$\Delta V_B = |V_{B1} - V_{B2}| \quad \text{伏(峰值)} < 100$$

维持电流 I_{H1}, I_{H2}	毫安 (峰值)	< 60
额定电流 I_A	安 (有效值)	20
导通压降 (直流 10A) V_{F1}, V_{F2}	伏 (直流值)	< 2.0
控制极可触发电压 V_g	伏	< 3.0
控制极可触发电流 I_g	毫安	< 100
额定结温 T	$^{\circ}C$	100
极限结温	$^{\circ}C$	140
温升 T_R		< 60
冷却方式		自然冷却

2. 3CT520 元件锁定时需经过下列型式试验, 並需符

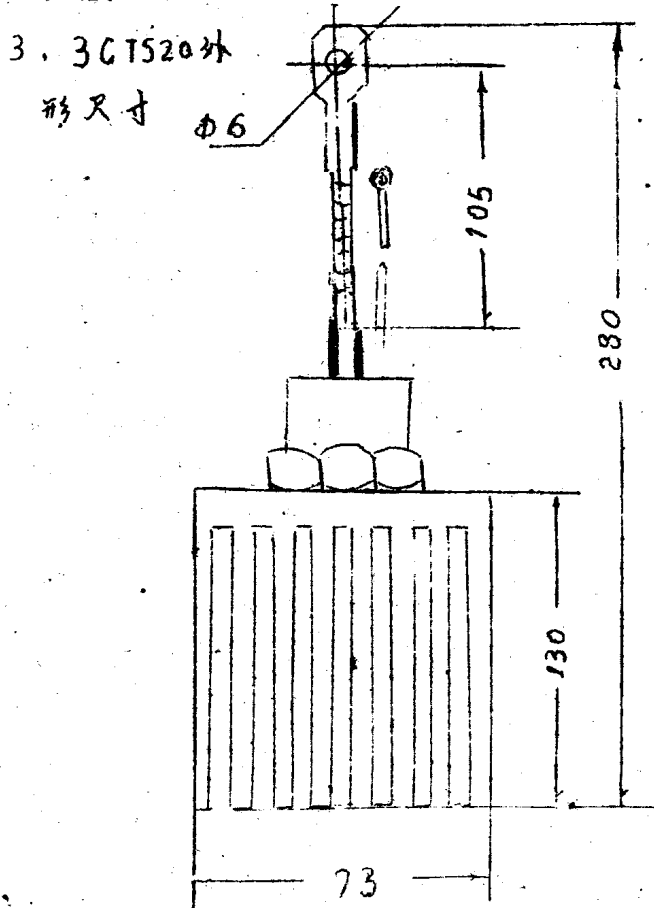
合如下合格标准:

- (1) 高温存放 $100^{\circ}C$ 200 小时
- (2) 低温存放 $-25^{\circ}C$ 24 小时
- (3) 潮湿试验 在温度 $40^{\circ}C$, 相对湿度 95~98%。
72 小时
- (4) 振动试验 频率 $40 \sim 80^{1/3}/秒$, 加速度 $10 \sim 12g$;
垂直与水平方向各半小时。
- (5) 冲击试验 冲击加速度 $30g$, 频率 $20 \sim 30$ 次/分,
垂直与水平各 1000 次。
- (6) 离心试验 离心加速度 $150g$ 15 分钟。
- (7) 冷热循环试验 额定结温 $100^{\circ}C$, 恒温 90 分钟后在
一分钟内投入 $-25^{\circ}C$ 再恒温 90 分钟。
如此循环三次 (试验时带散热器)。

(8) 交替寿命试验 通以额定电流 20A, 使结温升至额定结温 $100^{\circ}C$, 断掉电流并加转折电压, 待元件冷却到 $40^{\circ}C$

后再通以额定电流。如此反复1000次。

(9) 过载 通以工频额定电流的3倍电流值(60A)一个周波(全波)。



散热器螺孔 M12

散热面积 1200 cm^2

图2 3CT520 外形尺寸

§5 试用说明

2. 由于在硅双向可控元件制造中, 采用了短路发射结构, 并通过适当的选用硅单晶原材料, 可使元件转折电压的

发生是由于P-N结为体内雪崩击穿所造成的。因而：

(1) 正反两个方向的转折电压相等，在室温下一般相差不超过10~20伏。且转折电压(V_B)数值在一定范围(如300V~700V)内，可按要求在工艺方面进行有效的控制。

(2) 随着温度升高一般在100°C~120°C前，元件的转折电压 V_B 不但下降反而可有几十伏范围增高。

(3) 由于在整个P-N结体内结面发生雪崩击穿，从而不致因局部过热使元件热损坏，故可使元件连续长时间处于转折电压情况下(但此时易受其他影响而成导通态)。

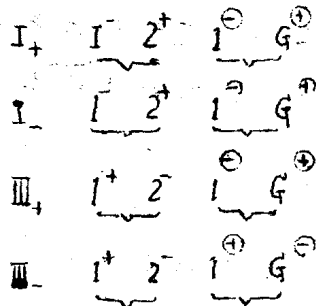
2. 由于短路发射结结构的采用以及转折击穿的雪崩性质，所以双向可控元件不要过电压保护电路(在限流条件下)。相反，本身可作其它元件(如整流器，可控元件)的过电压保护元件。在过电压作用下，双向可控元件不过误导通一次而已。只要考虑负载线路的过压保护问题就行了。按可控元件规定，闭锁电压PFV(为允许连续加在可控元件正向为正弦半波最大电压的峰值)，比转折电压 V_B 要低100伏。双向可控元件的PFV与 V_B 一致，而且选用工作点时，双向可控元件电压安全系数可大大减小，有效使用电压可大为增加。如可控元件使用电压往往为阻断电压的 $\frac{1}{2}$ ，例如若转折电压为1000伏的可控元件，一般运用电压仅为450伏。而转折电压为500伏的双向可控元件，可很安全地使用在400伏，不出现问题。

3. 同可控元件一样，需对双向可控元件进行过电流保护。可以根据使用要求及经济合理方面考虑来选用快速熔断器、交流熔断器与电流继电器，电抗器等，或它们的组合以

进行过电流保护。图(3)为双向可控元件，快速熔断器、交流熔断器与电流继电器的组合的过电流保护协调曲线，在过载时间超过 t_1 时，只要过电流值大于 I_0 ，过电流继电器就可使开关断开，达到保护作用。而过载时间小于 t_1 时，由快速熔断器保护。组合的保护曲线用粗线表示。

4. 关于控制极触发特性的一些问题。

① 如前所述双向可控元件两个方向皆可导通控制极电流两个方向皆可控制，因而有

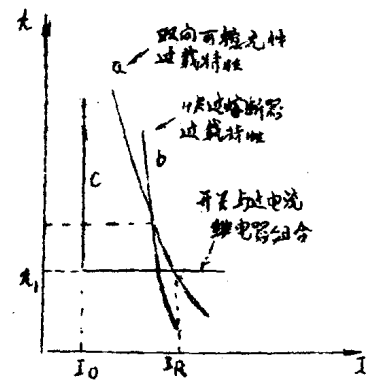


(1 表示阴极端，2 表示阳极端，+ - ⊕ ⊖ 表示电位) 四种控制方式：

按控制性能区分双向可控元件也可分成二方式元件，三方式元件及四方式元件，并不是所有应用都需用4个控制方式的元件，应用时应根据使用要求及元件控制特性进行合理触发线路设计。

② 控制极触发方式有直流、单相工频及脉冲三种

控制极直流触发用在 I_+ 、 III_+ 或 I_- 、 III_- 二种工作方式，控制极交流触发用在 I_+ 、 III_- 或 I_- 、 III_+ 。此两种控制都能用作无触点开关。特点是控制线路极简单。



图(3) 双向可控过电流保护装置保护特性。

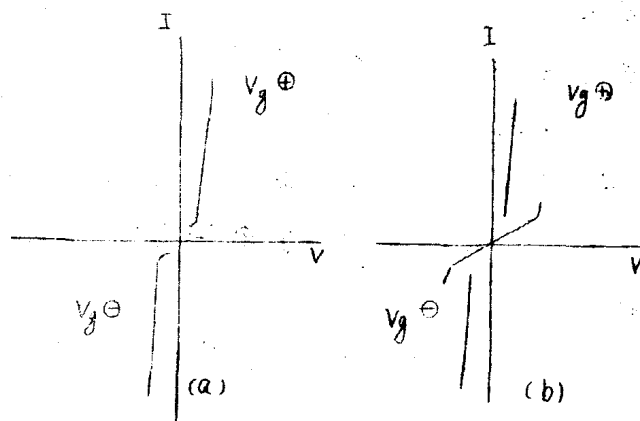
控制极脉冲触发，在 I_+ III_+ ； I_+ III_- ； I_- III_+ ， I_- III_- ，皆可用。用作无触开关外且可作主电路电流的连续变化，在自动控制方面应用极广，控制极脉冲触发可用单结晶体管，尖弧管晶体管（参考 § 6）

③ I_- ， III_+ 方向加控制电流导通后，由于导通过程的不同，伏安特性曲线与 I_+ III_- 时有些不同（图（4））似为一个“小丘”，但对合格品的“小丘”电压一般小于 3~4 伏，电流 < 200 毫安，在外加电压大于 12 伏，主回路电流几十安培情况下，对使用没有影响。

部分元件比“小丘”可能 10 伏以上，这种元件使用时外加电压必须足够高及负载阻抗适当小，否则 I_- III_+ 方向不能打开（图（5））

④ 元件可标的触发电流值为室温值，在温度升高时触发电流将下降，温度降低时，触发电流将增加。

⑤ 在控制极触发直流应用时同可控元件一样，双向可



图(4) a. I_+ III_- 控制极导通后特性

b. I_- III_+ 控制极导通后特性

控元件导通后不能
能用控制极关断，
但用在交流电路时，
控制电流撤消后，
当正弦电流回到零
电位附近小于维持
电流 I_H 时即自行关
断。维持电流 I_H
值随温度升高而下
降，温度下降而升
高。元件参数所列均为室温值。

5. 导通压降问题。

双向可控元件导通后，其每一方向伏安特性可近似为

$$V = V_0 + 2R$$

若设两方向 V_0 、 R 相等，则可推导得元件本身耗散功率为，

$$\bar{P} = I^2 R + \frac{1}{1.11} I V_0$$

I —— 为有效电流值，

6. 双向可控元

件代替 2 只反方向并
联的可控元件其图如
下：

$3CT_1$ ， $3CT_2$ 上半
波电流合组成 $3CTS$
全波电流，它们的

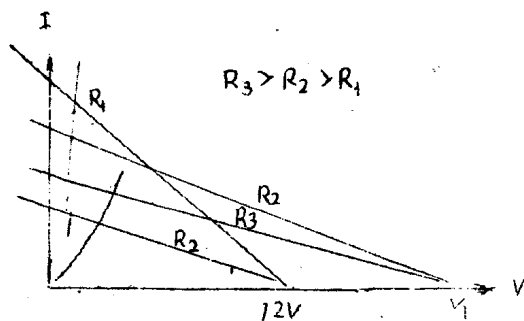
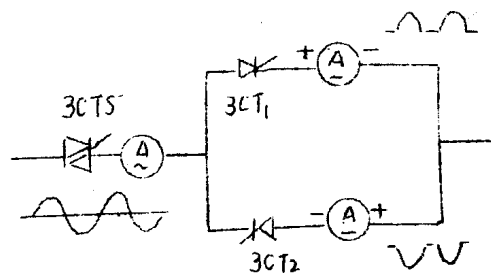
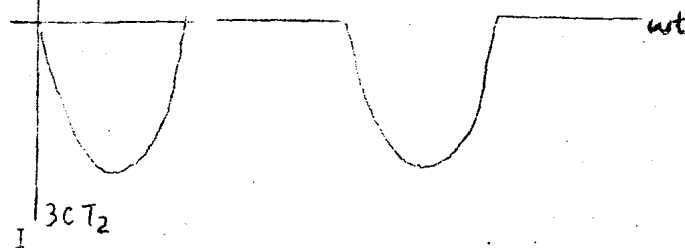
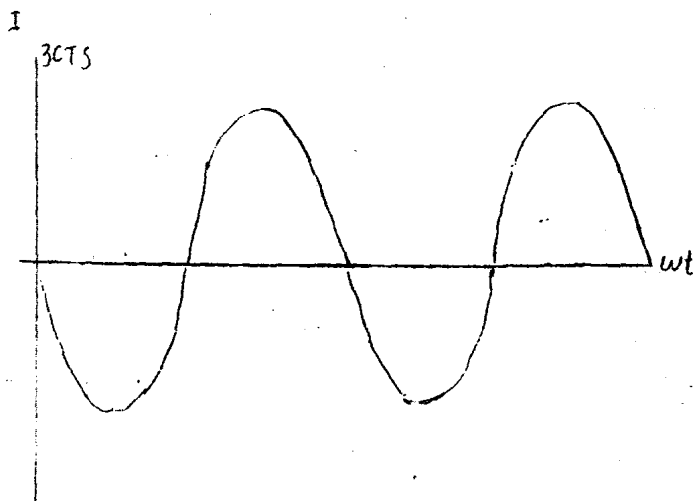


图 (5) 在 I、IV 方式使用时的
负载曲线。若主回路阻抗
太大或电压太低则不能导
通。





峰值相同。但可控电流额定值以平均值标志

$$I_{\text{平均}} = \frac{I_{\text{峰}}}{\pi}$$

双向可控元件电流额定值以有效值标志

$$I_{\text{有效}} = \frac{\sqrt{2}}{2} I_{\text{峰}}$$

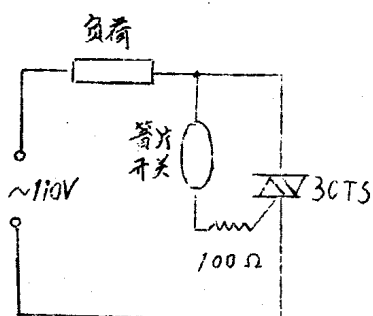
被代替之二个可控元件其额定值为

$$I_{\text{平}} = \frac{2}{\pi\sqrt{2}} I_{\text{有效}} \approx 0.451 I_{\text{有效}}$$

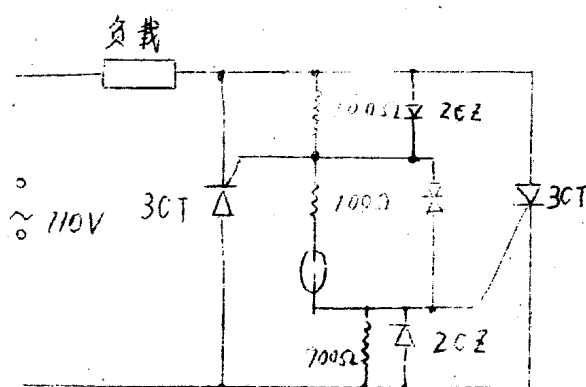
在额定值为 20 安培（有效值）双向可控元件，可代替 2 只额定值为 9 安培（平均值）的可控元件。粗略地可认为一只 20 A 双向可控可代 2 只 10 安容量的可控元件。

7. 由于元件的合金结构是多块的这一特点，因而双向可控元件抵抗温度突变能力较差，这是目前元件尚待解决的弱点，因此在温度变化的条件下使用时须带散热器。

§ 6 应用线路举例：



(a)



(b)

图 1 交流无触点开关 (a) 用双向可控元件 (b) 用可控元件 (a) 较 (b) 少 6 个元件。

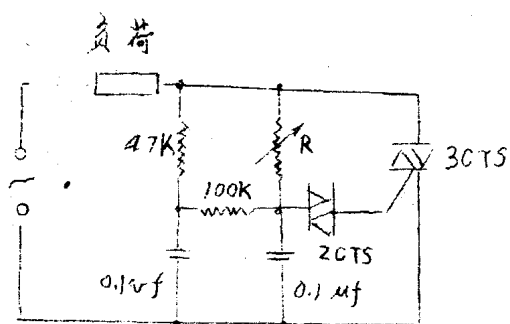


图2 交流采用晶弧管触发
移相控制

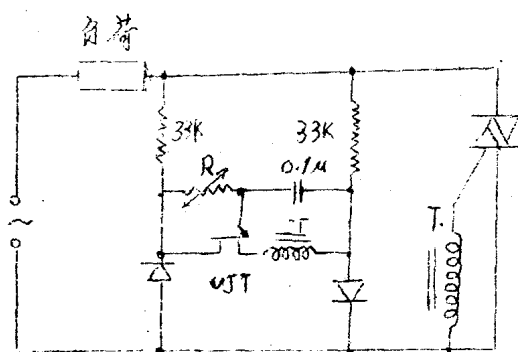


图3 采用单结管的移相控制
若R用晶体管代替则可
以进行自动控制。