



电力电子技术丛书

家用电器与 电力电子技术

叶靖国 编著

机械工业出版社



DIANLI DIANZI JISHU CONGSHU

本书是《电力电子技术丛书》之一。

“电力电子技术”和“家用电器”有非常密切的关系。家用电器装备以电力电子技术后可以大大减轻人们的家务劳动，大大丰富人们的生活色彩。

本书以晶闸管为主，介绍各种实用控制电路，如调光电路，光幻控制电路，调速、定时、遥控电路，各种神妙的开关等，涉及的面极广，有各类灯具、电动器具、电热器具以及家用电源设备、电子灭蝇器、报警器、电子锁等。

本书不仅可供从事家用电器与电力电子技术的各类人员阅读，而且可作为为家用电器配置控制电路的业余爱好者的良师益友。

电力电子技术丛书 家用电器与电力电子技术

叶靖国 编著

★

责任编辑：严蕊琪 版式设计：胡金瑛

封面设计：方芬 责任校对：熊天荣

责任印制：王国光

★

机械工业出版社出版（北京阜成门外百万庄南里一号）

（北京市书刊出版业营业登记证出字第117号）

机械工业出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·新华书店经售

★

开本 $850 \times 1168 \frac{1}{32}$ · 印张 $5 \frac{1}{8}$ · 字数 128 千字

1989年7月北京第一版·1989年7月北京第一次印刷

印数 0,001—5,230 · 定价：4.10 元

★

ISBN 7-111-01258-5 TM · 162

出版者的话

电力电子技术是以晶闸管为主的电力半导体器件及其应用的技术，也是融合“电力”、“电子”和“控制”于一体的技术。由于电力半导体器件具有效率高、控制性能好、体积小、重量轻、使用可靠等优点，它已广泛地应用于电力、冶金、矿山、化工、交通运输、机械、轻工等部门，成为节能最有成效的技术之一。

为了普及与推广电力电子技术，大力促进我国国民经济各部门的发展，在中国电工技术学会电力电子学会组织下，我们决定出版这套《电力电子技术丛书》。

这套丛书包括《电力半导体器件原理》、《电力半导体电路原理》、《电力电子技术与节能》、《直流电动机晶闸管调速系统》、《交流电动机晶闸管调速系统》、《晶闸管斩波器》、《无功补偿与电力电子技术》、《家用电器与电力电子技术》、《晶闸管交流电力控制器》、《电力半导体直流稳定电源》、《不间断供电系统》、《脉冲电镀和脉冲焊电源》等，将陆续出版。

电力电子学会及本丛书编委会对丛书的选题、组稿、审定稿付出了辛勤劳动，还有不少单位对编审稿工作给予了热忱关怀与帮助，在此表示深切的谢意。

机械工业出版社

编委会成员

主任委员 顾廉楚

副主任委员 张明勋 苏文成 张为佑

陈守良 严蕊琪

委员 (按姓氏笔划序)

卞敬明 孙流芳 李佑持 沈来仪

张立 张永生 张铁忠 周胜宗

秦祖荫 徐传骧

前 言

在我国，随着国民经济的发展和人民生活水平的提高，家用电器得到空前的普及与发展，现已应用到衣、食、住、行等各个方面。它不仅能使人们从繁忙的家务劳动中解放出来，而且还可为人们创造更为舒适的生活和工作环境。

对家用电器来说，除要求其安全、可靠、耐用、能自动操作外，还要求能节电。晶闸管在这个领域里能够充分发挥作用。它的主要特征是电路简单、控制效率高，使家用电器实现速度控制（即电机调速）、温度控制（即调温）和灯光控制等。虽然目前使用晶闸管还不太广泛，但随着晶闸管产量的迅速增加，质量的不断提高，价格的不断下降，可以促进晶闸管在家用电器中的广泛应用。为此我们编写了本书。

在编写过程中，陈祖仁马宝璟同志对稿件内容提出了部分素材，王鸿麟老师对初稿进行了仔细审阅和修改，陈守良老师给予了热情关怀，在此一并表示感谢。

由于编写时间仓促，编者水平又有限，书中有不妥和错误之处，请广大读者多提宝贵意见。

编者

目 录

第一章 电力电子技术基础.....	1
第一节 概述.....	1
第二节 常用晶闸管及触发器件.....	2
一、普通晶闸管.....	2
二、双向晶闸管.....	4
三、其它晶闸管.....	5
四、常用晶闸管触发器件.....	9
第三节 常用晶闸管电路.....	16
一、可控整流电路.....	16
二、单相交流调压电路.....	19
三、晶闸管调功器电路.....	20
第二章 调光电路.....	22
第一节 白炽灯调光电路.....	22
一、晶闸管调光器.....	22
二、双向晶闸管调光器.....	26
三、由集成块触发的晶闸管调光电路.....	28
第二节 用晶闸管作特殊开关.....	29
一、渐亮渐暗电灯开关.....	29
二、照明延时开关.....	31
三、自动关灯开关.....	32
四、声控开关.....	36
五、光控开关.....	37
第三节 光幻装置.....	39
一、装饰灯.....	40
二、节日闪光灯.....	41
三、亮灭闪烁灯.....	41
四、交替闪烁器.....	42
五、顺序闪烁灯.....	42
六、音乐控制闪烁灯.....	44

七、音乐彩色变幻灯	46
第四节 日光灯控制电路	48
一、日光灯启辉器	48
二、8 W日光灯节电电路	50
三、高频启辉的日光灯调光器	50
第三章 电动器具的控制电路	52
第一节 电扇的速度控制电路	52
一、晶闸管调速器	52
二、程控单结管触发的调速器	53
三、双向晶闸管调速器	55
第二节 电扇的调速和定时	56
一、电扇自动开关	56
二、电扇调速、定时器	59
三、电扇定时、调压器	60
第三节 模拟自然风的电扇	61
一、简易自然风模拟器	62
二、节电型自然风控制器	63
三、随机自然风模拟器	64
四、无干扰的自然风控制器	65
第四节 电扇中的触摸开关	69
一、控制电扇开和关	69
二、触摸网罩制动电扇	70
三、控制电扇转速	72
第五节 洗衣机控制电路	74
一、速度控制	74
二、洗衣机电子定时控制器	76
第六节 串励电动机的控制电路	79
第七节 电冰箱的控制电路	81
一、电冰箱的基本工作原理	81
二、采用晶闸管的电动机起动电路	83
第四章 电热器具的控制电路	84
第一节 电烤炉的控制电路	84

一、晶闸管控温主回路·····	84
二、晶闸管零压触发电路·····	84
第二节 电磁灶·····	90
一、电磁灶的特点·····	90
二、电磁灶的工作原理·····	91
三、电磁灶用逆变器·····	93
第三节 电子电饭锅·····	96
一、电子电饭锅控制器工作原理·····	96
二、磁钢限温器·····	98
三、微型计算机和晶闸管的接口电路·····	98
第四节 电熨斗的控制电路·····	101
一、电熨斗温度调节电路·····	101
二、电熨斗自动恒温电路·····	102
三、电熨斗过热防止台·····	104
第五节 节电取暖器具的控温电路·····	106
一、用双向晶闸管调温的电热取暖器·····	106
二、遥测传感恒温器·····	108
三、延时恒温器·····	109
第六节 水槽温度调节器·····	111
一、简易水槽温度调节器·····	111
二、水槽温度连续控制器·····	112
第七节 室内空气加热的控制·····	115
第五章 晶闸管在其它家用电器中的应用·····	117
第一节 空气负离子发生器·····	117
第二节 照相控制电路·····	118
一、电子定时器·····	118
二、光控闪光灯·····	120
三、闪光同步器·····	123
第三节 电视机行扫描电路·····	124
第四节 同时适应110V和220V的电源电路·····	128
第五节 家用电源设备·····	129
一、家庭应急照明系统·····	129

二、多路可变直流电源.....	130
三、无极性充电器.....	131
四、晶闸管开关式稳压电源.....	131
五、晶闸管过零触发交流稳压器.....	133
六、晶闸管交流稳压电源.....	134
七、电动玩具电源.....	138
八、用电安全器.....	139
第六节 电子灭火器.....	141
第七节 报警器.....	143
一、火灾报警器.....	143
二、煤气探测器.....	143
三、水满报鸣器.....	144
四、防盗报警器.....	145
第八节 电子锁.....	148

第一章 电力电子技术基础

第一节 概 述

家用电器是指人们日常生活中所用的各种电气器具，它随着近代电子技术的发展，特别是电力电子技术的普及应用，家用电器的质量迅速提高，从而使人们的生活更加丰富多彩。

目前，家用电器已应用到衣、食、住、行等各个方面，它不仅能使人们从繁重的家务劳动中解放出来，而且还可为人们创造更为舒适的生活和工作环境。按用途，家用电器可分为：清洁卫生器具、空气调节器具、采暖器具、厨房器具、冷冻器具和照明器具等。对家用电器来说，除了要求其安全、可靠、耐用、能自动操作外，还要求能节电。电力电子技术的主要特征是控制效率高。众所周知，为了提高效率，主要控制元件必须采用开关工作方式，因为开关导通时，压降很小，几乎不消耗能量；关断时，漏电流很小，也几乎不消耗能量。这种理想的开关就是电力电子器件，如晶闸管等。在家用电器中，电力电子器件可用来实现速度控制（即电机调速）、温度控制（即调温）和灯光控制等。

家用电器中常用的电力电子器件有：普通晶闸管、双向晶闸

表1-1 电力电子器件在家用电器中的应用领域

应 用 领 域	适 用 的 家 用 电 器
转 速 控 制	电风扇、洗衣机、吸尘器、排风机、搅拌机、电动缝纫机、空调机、电动自行车、电动玩具等
温 度 控 制	电熨斗、电吹风、保温瓶、电热被、电热褥、电热炕、电热杯、电烙铁、电灶、电饭煲等
灯 光 控 制	白炽灯、荧光灯、照相闪光灯等
电源开关及自动控制	微波炉、冰箱、定时器、自动开关、触摸开关等

管、硅对称开关、程控单结管等。表1-1列出电力电子器件在家用电器中的应用领域。

第二节 常用晶闸管及触发器件

一、普通晶闸管

1. 普通晶闸管的工作原理和特性

晶闸管过去叫做可控硅，它是由PNPN四层半导体材料构成的，有三个极：阳极A，阴极K，门极G

（也叫控制极），常用符号如图1-1所示。家用电器中常用的小功率晶闸管的外形如图1-2所示。



图1-1 晶闸管常用符号

普通晶闸管可以看成是由PNP型和NPN型两只晶体管互联而成，如图1-3所示。当阳极接电源正极、阴极接电源负极时， J_1 和 J_3 结承受正向电压， J_2 结承受反向电压，因此，晶闸管不能开通。由双晶体管互联电路可知，当晶体管 T_2 的基-射极（即晶闸管的门极-阴极）之间，加入正向偏压 U_g （该电压称为晶闸管门极触发电压）时， T_2 开通，由于 T_2 的集电极电流就是 T_1 的基极电流， T_1 的集电极电流，又是 T_2 的基极电流，所以 T_2 开通后，互联电路内将产生很强的正反馈，从而使两只晶体管（即晶闸管）迅速达到饱和状态。晶闸管开通后， T_1 的集电极电流 I_{C1} 已经达到足够大的数值，即使没有门极电压，晶闸管仍能维持开通状态。但当流过晶闸管的电流小于一定数值或阳极-阴极电压减小到零时，晶闸管会自行关断。

晶闸管的伏安特性曲线如图1-4所示，当阳极接入较低的正向电压时，元件中只有很小的电流，该电流称为正向漏电流，阳极和阴极间具有很大的电阻，晶闸管处于正向阻断状态。当阳极电压上升至 U_{Bo} 时，晶闸管将由阻断状态转为开通状态，因此 U_{Bo} 通常称为正向转折电压。晶闸管开通后，阳极电流主要由负载决定，开通压降约为1V。若减小阳极电压或增大负载电阻，

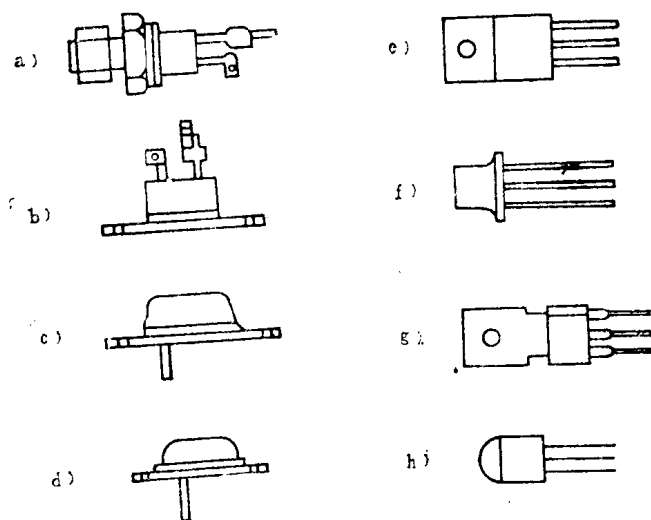


图1-2 小功率晶闸管外形图

a) 柱形(真空密封), 5~30 A b) 扁平形(真空密封), 5~30 A c) 晶体管型, TO-3CAN, 5~20 A d) TO-66CAN, 3~5 A e) 塑封型, TO-66, 3~5 A f) TO-5CAN, 1~2 A g) 塑封型, TO-5, 2~3 A h) 塑封型, TO-92, 0.5~1 A

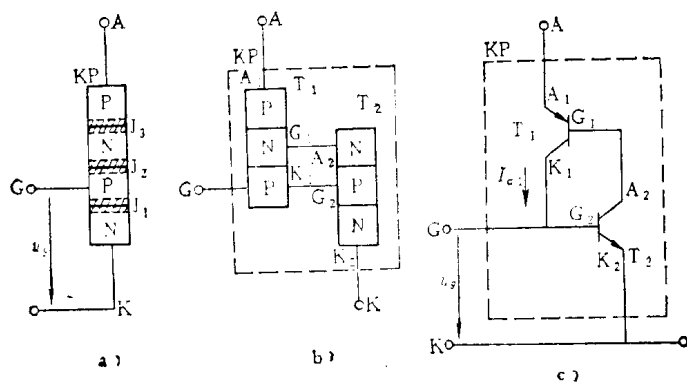


图1-3 普通晶闸管的结构和等效电路

a) 普通晶闸管的结构 b) 和 c) 等效电路

使阳极电流降低到 I_H 以下时, 晶闸管又恢复阻断状态, 因此通常称 I_H 为维持电流。

如果晶闸管门极加有适当的控制电压, 那么正向转折电压将下降, 并且门极电流 I_g 越大, 正向转折电压越低。

当加入反向电压时, 晶闸管的特性和普通二极管的反向特性相似, 参见图1-4。

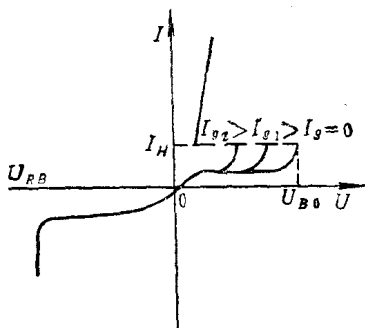


图1-4 晶闸管的伏安特性曲线

2. 晶闸管的参数

晶闸管的参数有几十种, 下面简单介绍主要参数。

(1) 额定电流

在环境温度为 40°C 和规定冷却条件下, 在电阻性负载的单相工频正弦半波电路中, 当开通角不小于 170° , 并且不超过额定结温时, 元件允许通过的最大平均电流为额定通态平均电流, 通常简称为额定电流。

(2) 额定电压

在一定结温下, 并且门极开路时, 正反向伏安特性急剧弯曲点所对应的电压, 称为断态不重复峰值电压。该电压的80%称为断态重复峰值电压, 通常简称为额定电压。

(3) 通态平均电压

在规定环境温度和标准散热条件下, 元件通以额定通态平均电流且结温稳定时, 阳极和阴极间的电压平均值称为通态平均电压, 通常简称为管压降。

(4) 维持电流

室温下且门极开路时, 器件从较大的通态电流降至保持通态所必需的最小电流, 称为维持电流。

二、双向晶闸管

双向晶闸管是由 NPNPN 五层半导体材料制成的。它有三

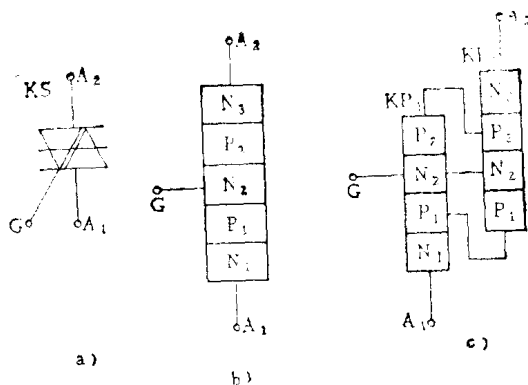


图1-5 双向晶闸管的符号、结构和等效电路

a) 符号 b) 结构 c) 等效电路

个电极：主电极 A_1 、主电极 A_2 和门极 G ，如图 1-5 所示。它可以看作是由两只普通晶闸管 KP_1 ($N_1P_1N_2P_2$) 和 KP_2 ($N_3P_2N_2P_1$) 反向并联而成，如图 1-5 c 所示。门极加入触发电压后，当主电极 A_2 对 A_1 的电压为正值时，电流自 A_2 流入，经过 $N_3P_2N_2P_1$ (即 KP_2)，从 A_1 流出。当主电极 A_2 对 A_1 的电压为负值时，电流自 A_1 流入，经过 $N_1P_1N_2P_2$ (即 KP_1)，从 A_2 流出。当电流减小到零时，双向晶闸管自然关断。

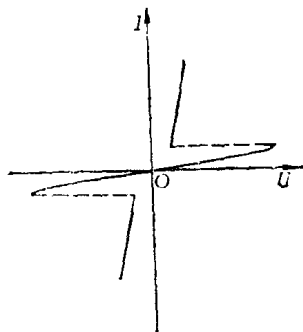


图1-6 双向晶闸管的伏安特性

双向晶闸管的伏安特性如图 1-6 所示。图中 U 为两个主电极 A_1 、 A_2 之间的电压， I 为流过 A_1 与 A_2 的电流，它是一个双向可控元件。

三、其它晶闸管

1. 光控晶闸管 (LASCR)

光控晶闸管的基本工作原理如图 1-7 所示。外加正向电压时，

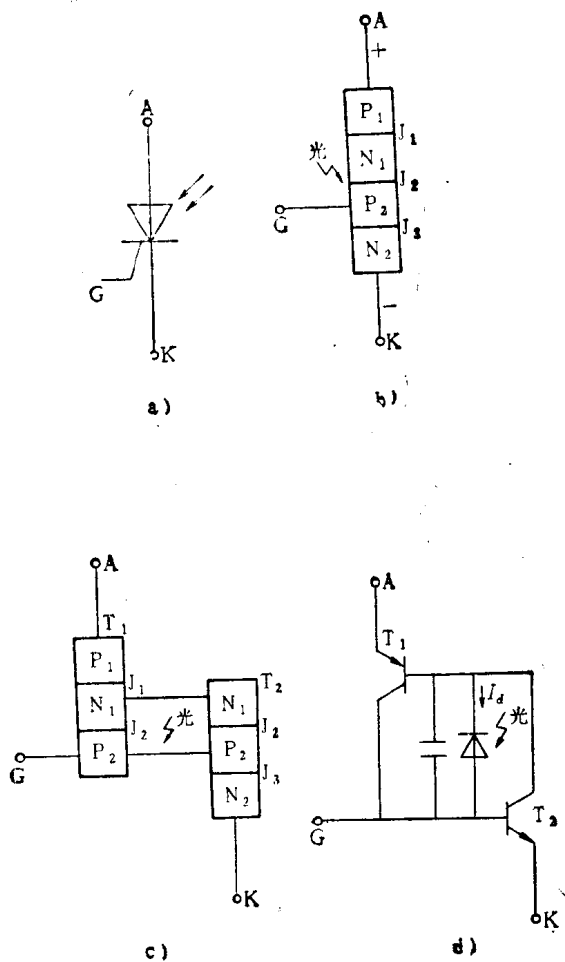


图1-7 光控晶闸管

a) 符号 b) 和 c) 结构原理图 d) 用来说明光电流同结电容影响的等效电路

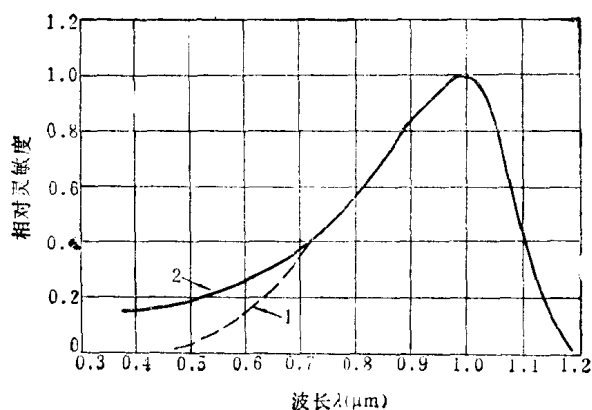


图1-8 光控晶闸管的灵敏度与光源波长的关系
1—仅光窗正射光的情况；2—含有光窗侧面光射入的情况

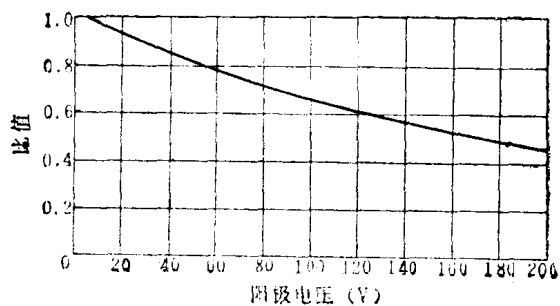


图1-9 光控晶闸管的灵敏度与阳极电压的关系

注：曲线表示任一外加阳极电压时的触发有效辐照对外加阳极电压 6 V 时的触发有效辐照之比。

结 J_1 和 J_2 正向偏置, 如有足够自由电荷存在时就会开通。但是, 由于 J_2 结反向偏置, 阻止了电流流动。然而, 射入光控晶闸管的光将在结 J_2 附近产生电子空穴对, 随之而通过 J_2 。这可由图 1-7 d 的等效电路来说明, 当光增强时, 等效的光敏二极管电流 I_a 将增加, 使等效的两晶体管 T_1 、 T_2 的基极电流增大, 互联电路内将产生很强的正反馈, 从而使光控晶闸管开通。

光控晶闸管的灵敏度和入射光的波长有关, 其关系如图 1-8 所示。由此可以选择波长比较合适的控制光源。

图 1-9 示出光控晶闸管的灵敏度随其阳极电压变化的典型曲线, 当电压高时, 使得触发所需的辐照减小。

2. 反向阻断四端晶闸管 (SCS)

反向阻断四端晶闸管又称为硅可控开关, 缩写为 SCS, 符号见图 1-10 a。它是由具有二个控制门极的 PNPN 四层半导体材料构成的, 它的基本工作原理如图 1-10 b 和 c 所示。由图可知它仅比晶闸管多了一个门极 G_A , 若在 G_A 上加一适当的偏压, 可使门极 G_K 的灵敏度大为提高, 也即可改变元件的动作特性。同时 G_A 门极还可作为一输出端子。

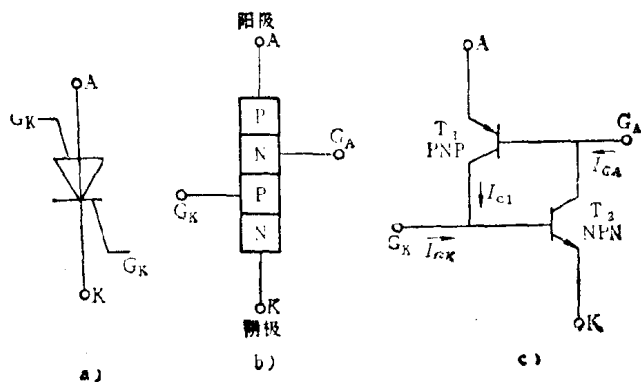


图 1-10 反向阻断四端晶闸管

a) 符号 b) 结构原理图 c) 等效电路