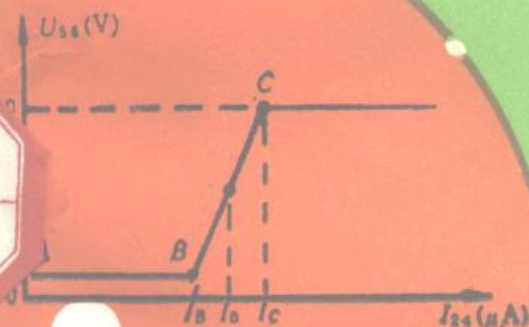


电子文库

11

电子灯具的原理与制作

陈有卿 编 著



科学出版社

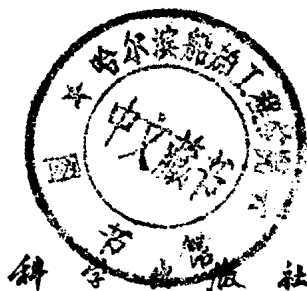
TM923
C 63

363593

电子文库 11

电子灯具的原理与制作

陈有卿 编著



1992

(京) 新登字092号

内 容 简 介

本书较系统地介绍了电子灯具的原理、制作和调试。全书共七章，主要介绍了电子灯具常用的电力电子器件，以及调光灯具、闪烁灯具、触摸灯具、自控灯具、节能灯具和应急灯具等。此外，书中还详细叙述了60多个实用、新颖的电子灯具线路。为方便读者制作，书中对大部分线路都提供了与实物同样大小的印制电路板图。

本书适于电子和灯具爱好者阅读，也可供从事灯具研究的技术人员参考。

2450/16
电子文库 11

电子灯具的原理与制作

陈有卿 编著

责任编辑 徐津津 董安齐

科学出版社 出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码: 100707

北京大兴张各庄印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

*

1992年10月第一版

开本: 787×1092 1/32

1992年10月第一次印刷

印张: 5 3/4

印数: 1—6500

字数: 128 000

ISBN 7-03-003147-4/TN·130

定 价: 2.80元

前 言

随着人民生活水平的日益提高，人们对住宅装饰愈来愈讲究，新潮家具配上豪华灯具，不但给人以富丽堂皇的感觉，而且可使人们在劳累之余有个良好舒适的休息环境。

由于豪华灯具消化吸收了电子技术，因此其不仅局限于款式和造型上的变化，而且在功能上也有所突破。近年来，具有调光、触摸、闪烁和自控等多种功能的电子灯具已层出不穷，不但美化了家庭居室环境，而且在商店橱窗、舞厅及游乐场所等都得到了广泛的应用。为了满足读者对电子灯具制作原理及设计知识的需求，笔者根据多年来的研究和设计工作，撰写了本书，希望它能成为电子百花园中的一颗小草，散发出自己独特的芳香，给您带来一片温馨，这就是作者的最大心愿。

作 者

1991年7月于长沙大学

目 录

第一章 电子灯具常用电力电子器件	(1)
第一节 普通晶闸管	(1)
第二节 双向晶闸管	(5)
第三节 其它新型晶闸管	(10)
第四节 常用晶闸管触发器件	(17)
第二章 调光灯具	(23)
第一节 普通晶闸管白炽灯调光器	(23)
第二节 双向晶闸管白炽灯调光器	(28)
第三节 日光灯调光器	(32)
第三章 闪烁灯具	(38)
第一节 双头闪烁壁灯	(38)
第二节 金鱼缸闪烁灯	(43)
第三节 画屏鸟鸣彩灯	(47)
第四节 音乐彩灯	(52)
第五节 彩色音乐	(59)
第六节 循环流水彩灯	(66)
第七节 声控流水彩灯	(71)
第八节 电子音乐蜡烛灯	(76)
第四章 触摸灯具	(81)
第一节 触摸式灯开关	(81)
第二节 单键触摸式灯开关	(85)
第三节 触摸式延迟灯	(90)

第四节	触摸式五档调光灯·····	(97)
第五节	触摸式无级调光灯·····	(101)
第五章	自控灯具 ·····	(105)
第一节	光控自动照明灯·····	(105)
第二节	光控自动闪烁灯·····	(108)
第三节	光控延迟照明灯·····	(110)
第四节	声控照明灯·····	(113)
第五节	选频式声控照明灯·····	(118)
第六节	声控延迟照明灯·····	(122)
第七节	脚步声控制的楼梯自动照明灯·····	(128)
第八节	夜间开门自动照明灯·····	(131)
第九节	渐亮渐暗照明灯·····	(137)
第十节	自动调光灯·····	(142)
第十一节	无线电遥控调光灯·····	(145)
第六章	节能灯具 ·····	(153)
第一节	楼梯延时节电灯·····	(153)
第二节	白炽灯节电器·····	(157)
第三节	电子节能镇流器·····	(160)
第七章	应急灯具 ·····	(165)
第一节	简易应急照明灯·····	(165)
第二节	应急日光灯·····	(167)
第三节	实用逆变应急电源·····	(172)

第一章 电子灯具常用电力电子器件

电子灯具中常用的电力电子器件有普通晶闸管、双向晶闸管、光控晶闸管、反向阻断四端晶闸管、可关断晶闸管和各种晶闸管半导体触发器件等。现分别介绍如下。

第一节 普通晶闸管

普通晶闸管又称单向可控硅，它是由PNPN四层半导体材料构成的可控电子开关器件，它有3个电极：阳极A、阴极K、门极（也叫控制极）G。电路符号如图1-1所示。

用于灯具的普通晶闸管一般都采用塑封小功率的，图1-2是几种常见的塑封外形。

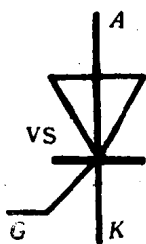


图1-1 普通晶闸管符号

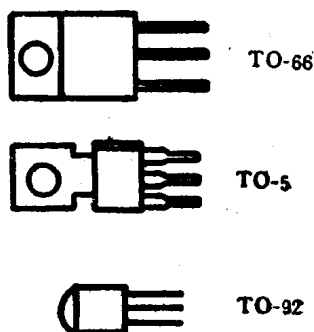


图1-2 普通晶闸管封装形式

普通晶闸管可以看成是由PNP型和NPN型两个晶体三极管互联组成，如图1-3所示。当阳极A接电源正极、阴极K接电源负极时，PN结 J_1 和 J_3 承受正向电压，但 J_2 承受反向

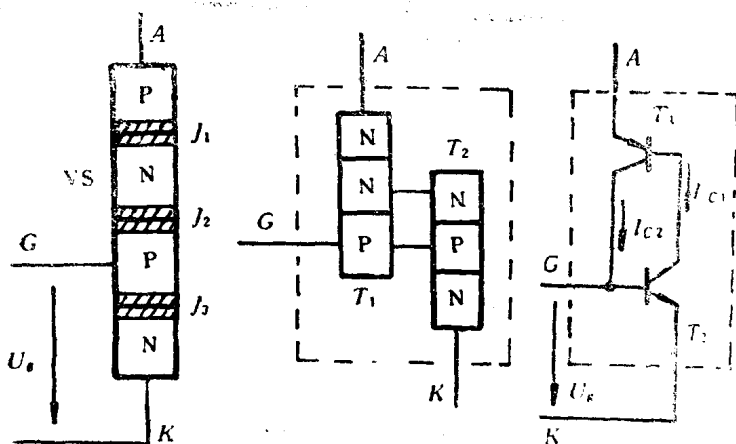


图1-3 普通晶闸管的等效电路

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 （该电压称之为晶闸管门极触发电压）时， T_2 导通，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 导通后，互联电路内就会产生强烈的正反馈，从而使两个晶体管（即晶闸管）迅速达到饱和导通状态。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 U_g ，晶闸管仍能维持开通状态。但是当流过晶闸管的电流小于一定数值时或者阳极-阴极电压减小到零时，晶闸管就会自行关断。

当开关 S 打开时，晶闸管处于阻断状态，电灯不亮，如图1-4 (a) 所示。当合上开关 S ，晶闸管的门-阴极间加上触发电压 U_g ，晶闸管开通，电灯发光，如图1-4 (b) 所示。一旦晶闸管开通后，门极就失去了控制作用，打开 S 后，虽然触发电压 U_g 消失，但晶闸管仍能维持开通状态，电灯依然发光，如图1-4 (c) 所示。如将图中电源 G_2 改换成交流电源，

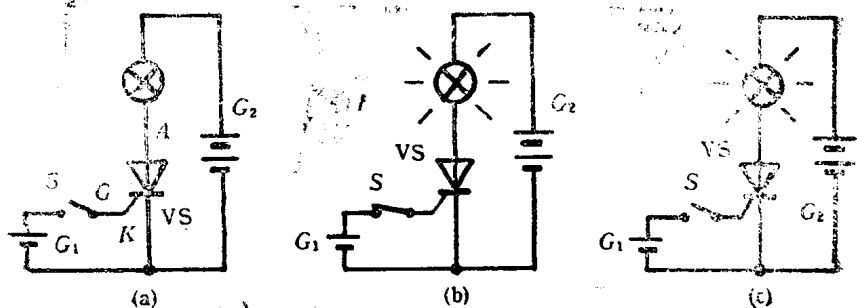


图1-4 晶闸管开通实验

情况就不同了。 S 合上时,晶闸管获得正向触发电压,处于开通状态,这时流过电灯和晶闸管的电流是单向脉动电流,电灯发光;打开 S 后,当交流电过零时,晶闸管就自行关断,电灯熄灭。

晶闸管的伏安特性曲线如图1-5所示,当阳极接入较低的正向电压时,晶闸管中只有很小的电流,该电流称之为正向

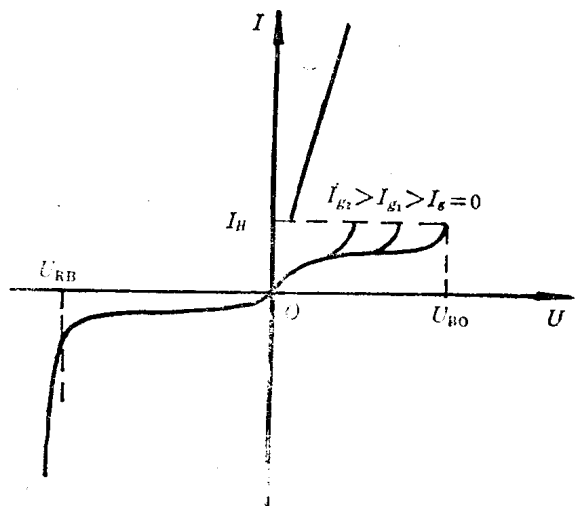


图1-5 伏安特性曲线

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。当阳极电压上升到 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，阳极电流大小主要由负载决定，开通后晶闸管压降约1V左右。如果减小阳极电压或者增大负载电阻，使阳极电流降低到 I_H 以下时，晶闸管就会恢复阻断状态，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 U_g ，那末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。

当加上反向电压时，晶闸管的特性和普通二极管的反向特性相似。

普通晶闸管的参数有几十种，其主要电参数如下：

(1) 额定通态电流 I_T ，俗称“电流”，是指在环境温度为 $+40^{\circ}\text{C}$ 和规定冷却条件下，元件在电阻性负载的单相工频正弦半波、导通角不小于 170° 的电路中，当稳定的额定结温时所允许的最大通态平均电流。在选用普通晶闸管时， I_T 为其在线路中正常工作电流平均值的1.5—2倍，作为安全富裕量。

(2) 断态重复峰值电压 V_{DRM} ，俗称“耐压”，是指门极开路、元件在额定结温时，允许每秒50次且每次持续时间不大于10ms重复加在元件上的正向峰值电压。

(3) 反向重复峰值电压 V_{RRM} ，俗称“反向耐压”，其定义为门极开路、元件在额定结温时，允许重复加在器件上的反向峰值电压。

(4) 额定电压，通常指 V_{DRM} 和 V_{RRM} 中较小的那个数值。额定电压愈高，晶闸管愈不易击穿损坏。

(5) 通态峰值电压 V_{TM} ，俗称“压降”，是指通过正弦半波的额定通态电流和稳定的额定结温时，元件阳极和阴极

间电压降的平均值。从减小损耗和元件发热的观点出发， V_{TM} 应愈小愈好。

(6) 门极触发电流 I_{GT} ，俗称“触发电流”，是指在室温、阳极电压为6V直流电压时，使晶闸管从阻断到完全开通所必须的最小门极直流电流值。 I_{GT} 小些可减小控制电路的负载能力，但 I_{GT} 过小则晶闸管易受干扰误触发。

第二节 双向晶闸管

双向晶闸管亦称双向可控硅，它是由NPNPN五层半导体材料制成。它有三个电极：主电极 A_1 （也称第一阳极）、主电极 A_2 （也称第二阳极）和门极 G （也称控制极），如图1-6所示。由图可见，它可以看作是由两个普通晶闸管 VS_1 （ $N_1P_1N_2P_2$ ）和 VS_2 （ $N_3P_2N_2P_1$ ）反向并联而成。

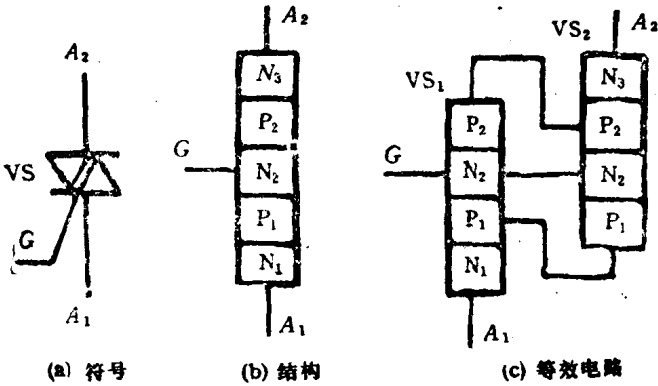


图1-6 双向晶闸管

当门极 G 加入触发电压后，且当主电极 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 VS_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 VS_1)，从 A_2 流出。当电流减小到零时，双向晶闸管就自然关断。

双向晶闸管的伏安特性如图1-7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 、 A_2 的电流，显然它是一个双向可控元件。

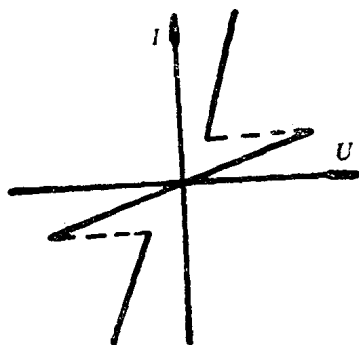


图1-7 双向晶闸管的伏安特性

双向晶闸管与普通晶闸管相比较，在控制性能上既有相同的地方，更有自己的独特之处。图1-8是双向晶闸管和普通晶闸管关断特性的对照图。从图中可以看出，只要门极开路，也就是门极在没有触发信号输入的时候，不论是双向晶闸管，还是普通晶闸管均关断截止，电灯中无电流通过，灯泡不发光。图1-9是双向和普通晶闸管的导通特性的对照图，从图中可以看到，对于普通晶闸管，只有在门极输入正向触发电流，并且在 A 正、 K 负的条件下，晶闸管才开通进入导通状态，负载才有电流，灯泡发光，其它状态均不会开通，电灯不亮。而双向晶闸管，则不论触发电流和主电极间电压极性如何，只要同时存在触发电流和主电极间电压，晶闸管便能开通，电灯发光。实践告诉我们，双向晶闸管主电极上的电压可正可负，门极上的电压也可正可负，它的触发电路相应就十分灵活，我们只需要用少量元器件便可设计出十分实用。

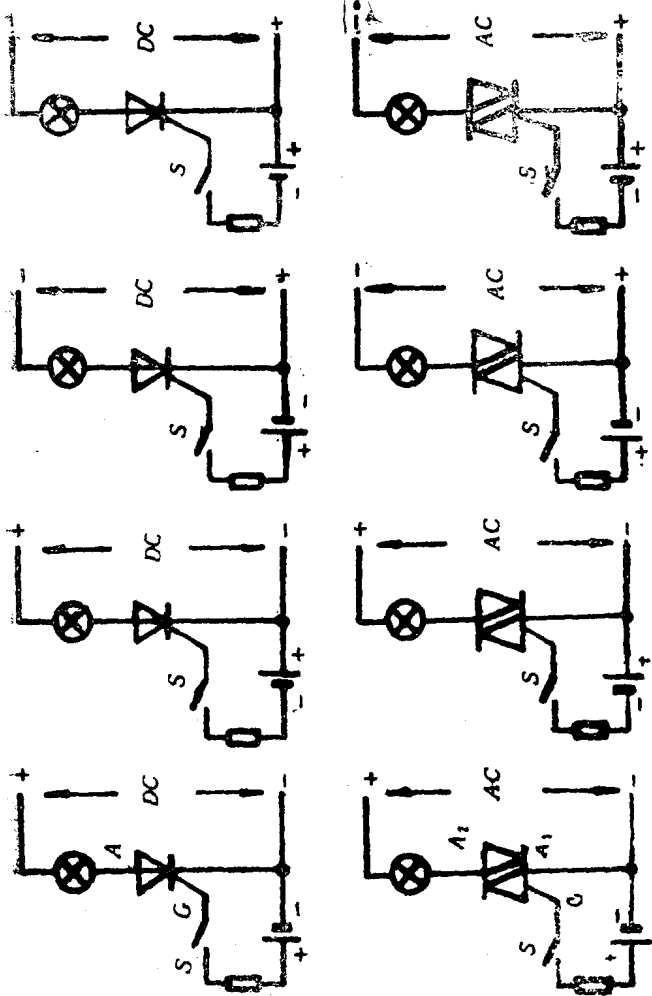


图1-8 关断特征对照图

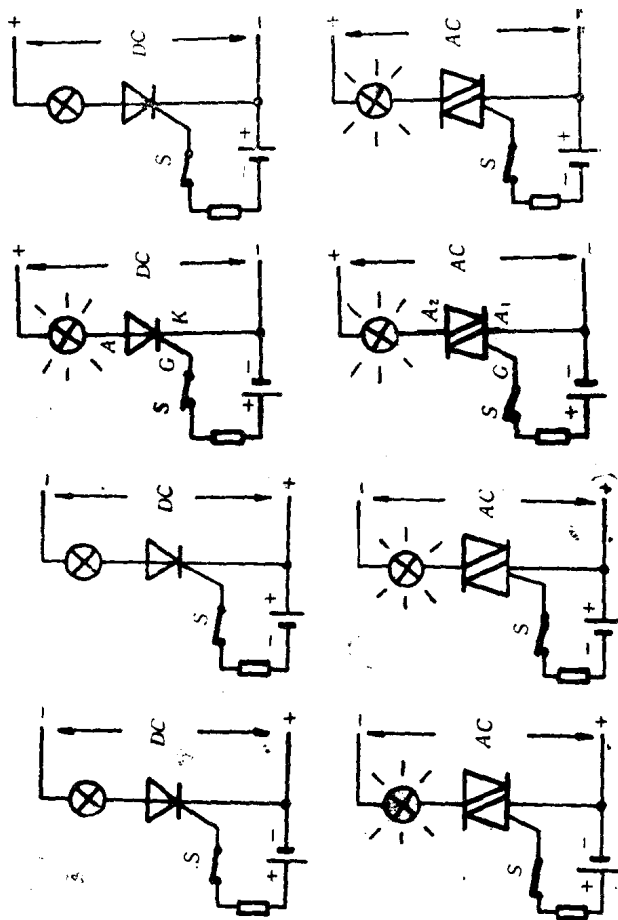


图19 导电特性对照图

的控制电路来。但双向晶闸管也有不足之处，它的触发电流要求比普通单向晶闸管为大，因此触发电路要有一定的功率输出。并且当触发电路发生故障使触发电流下降等现象发生时，双向晶闸管有可能进入单向导通，这对某些负载是很危险的。

双向晶闸管的主要电参数有：额定通态电流 I_T 、通态峰

值压降 V_{TM} 、断态重复峰值电压 V_{DRM} 、断态重复峰值电流 I_{DRM} 、门极触发电流 I_{GT} 及断态电压临界上升率 dV/dt 、浪涌电流 I_{TSM} 等。

(1) 额定通态电流 I_T ，俗称“电流”，是指双向晶闸管在规定的散热条件下，导通角不小于 170° 时，它所允许通过的最大交流正弦电流的有效值。 I_T 决定了双向晶闸管的输出能力。

(2) 通态峰值压降 V_{TM} ，简称“压降”，是指双向晶闸管在通以规定的测试电流时两主电极间的电压降，该测试电流是一个周期为 10ms 的半波脉冲电流，在双向晶闸管上引起的峰值压降即为 V_{TM} ，双向晶闸管能通过两个方向的电流（电流从 $T_1 \rightarrow T_2$ 和从 $T_2 \rightarrow T_1$ ），因此该峰值压降取两个方向峰值压降的最大值。 V_{TM} 表示双向晶闸管的导通能力。

(3) 断态重复峰值电压 V_{DRM} ，俗称“耐压”，是双向晶闸管在截止状态时允许施加在两主电极间的最大工作电压。双向晶闸管在两个电压方向上有不同的 V_{DRM} ，其中的较低者即为 V_{DRM} 的标称值。双向晶闸管的 V_{DRM} 小于实际的击穿电压，一般为击穿电压的 80% 。

(4) 断态重复峰值电流 I_{DRM} ，俗称“漏电流”，是指双向晶闸管在 V_{DRM} 作用下的电流（此时门极开路），单位为 mA 。厂方提供的 I_{DRM} 值有的是在室温下测试的，也有的是在 $110-125^\circ\text{C}$ 结温（即最大允许工作结温）时测试的，两者在数值上可有 10 倍以上的差异，应予以注意。 I_{DRM} 是表示双向晶闸管长期工作可靠性的重要指标。

(5) 门极触发电流 I_{GT} ，简称“触发电流”，是指使双向晶闸管由截止转变为导通时所需要的最小门极输入电流，单位为 mA 。

双向晶闸管在不同的触发工作区有着不同的触发电流。通常 T_2 相对 T_1 为正、 G 相对 T_1 也为正，为双向晶闸管的第I触发工作区； T_2 相对 T_1 为正、 G 相对 T_1 为负，为双向晶闸管的第II触发工作区； T_2 相对 T_1 为负、 G 相对 T_1 为负，为双向晶闸管的第III触发区； T_2 相对 T_1 为负、 G 相对 T_1 为正，为双向晶闸管的第IV触发工作区。一般双向晶闸管在第I触发工作区的门极触发电流最小，而在第IV触发工作区的门极触发电流最大。

双向晶闸管由于一般只工作在I、III触发工作区或II、IV触发工作区，因此人们只注重它在I—III触发工作区的门极触发电流。门极触发电流小的，人们称其触发灵敏度高，反之称其触发灵敏度低。可见，门极触发电流的大小表明双向晶闸管的工作(触发)灵敏度。

(6) 断态电压临界上升率 dV/dt 。一个截止的双向晶闸管在快速上升的电压作用下，会不由自主地由截止转为导通。刚好使双向晶闸管由截止转为导通的外加电压上升率，称为该双向晶闸管的断态电压临界上升率，单位为 $V/\mu s$ 。 dV/dt 表示双向晶闸管对外加电压上升速度的承受能力。

(7) 浪涌电流 I_{TSM} ，是指双向晶闸管在额定结温下允许通过的最大不重复瞬时峰值电流，它表示双向晶闸管承受过载电流的能力，单位为A。

第三节 其它新型晶闸管

一、光控晶闸管

光控晶闸管也称光动作可控硅(LASCR)，是将一PNPN四层半导体材料密封在一个附有光透明窗口的容器里制成。图1-10是光控晶闸管的电路符号以及结构示意图。

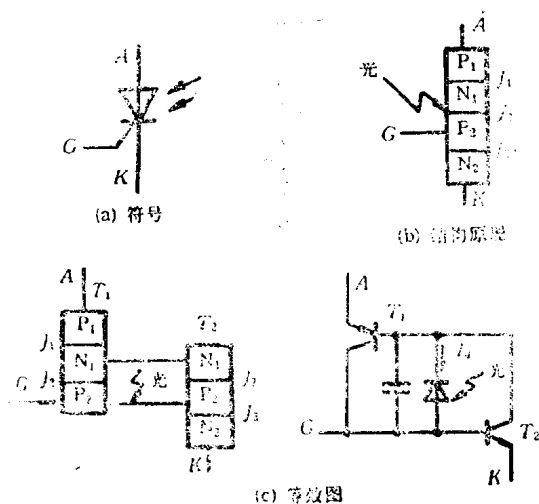


图1-10 光控晶闸管

当A、K加正向电压时，结 J_1 和 J_3 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，一旦有光线射入晶闸管的窗口，光子将在结 J_2 附近产生电子空穴对，随之而通过 J_2 。由图1-10 (c)可见，当光增强时，等效的光敏二极管电流 I_L 将增加，使等效的两晶体管 T_1 、 T_2 的基极电流都增大，互联电路内产生很强的正反馈，从而使光控晶闸管完全进入导通。

光控晶闸管的开通灵敏度和入射光线的波长有关，其关系如图1-11所示。由图可见，光控晶闸管在波长 $1.0\mu\text{m}$ 的光源下工作，其灵敏度为最高。虽然光控晶闸管能受光照而激发导通，但是仍须考虑受光的强度，一般而言，其受光的有效亮度约需有每平方厘米 $0.8\text{--}10\text{mW}$ 的强度才能激发导通。若光照强度太低，不会发生激发作用。

图1-12是光控晶闸管的灵敏度随其阳极电压变化的典型曲线。由图可见，当电压高时，触发所需的光照强度减小。