

如何根据现象判断晶闸管烧坏的原因

晶闸管属于硅元件，硅元件的普遍特性是过载能力差，因此在使用过程中经常会发生烧坏晶闸管的现象。

晶闸管烧坏都是由温度过高造成的，而温度是由晶闸管的电特性、热特性、结构特性决定的，因此保证晶闸管在研制、生产过程中的质量应从三方面入手：电特性、热特性、结构特性，而且三者是紧密相连、密不可分的，所以在研制、生产晶闸管时应充分考虑其电应力、热应力、结构应力。烧坏晶闸管的原因很多，总的说来还是三者共同作用下才致使晶闸管烧坏的，某一单独的特性下降很难造成晶闸管烧坏，因此我们在生产过程中可以充分利用这个特点，就是说如果其中的某个应力达不到要求时可以采取提高其他两个应力的办法来弥补。

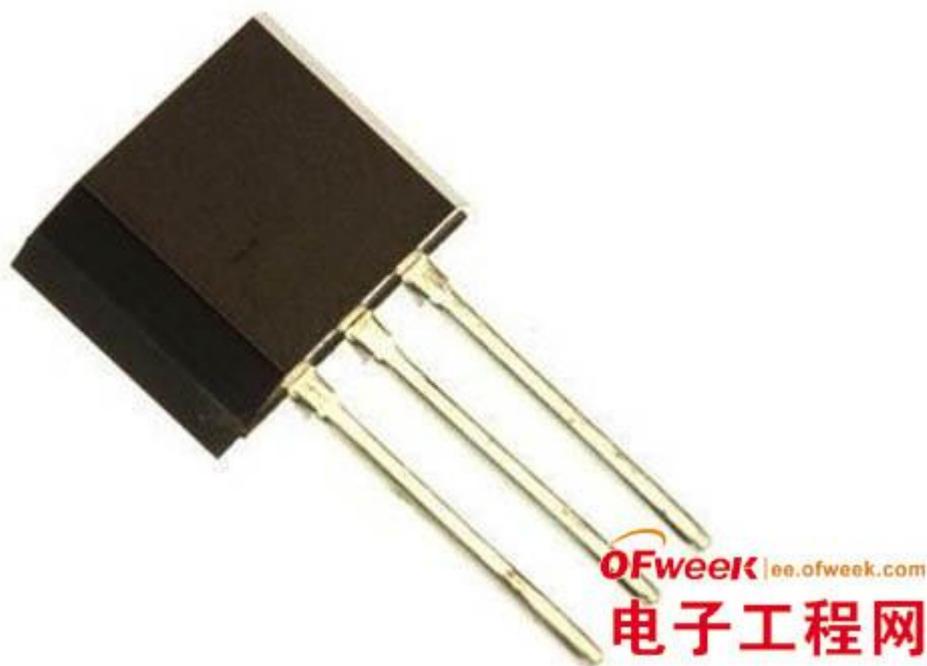


图 1: 晶闸管

从晶闸管的各相参数看，经常发生事故的参数有：电压、电流、 dv/dt 、 di/dt 、漏电、开通时间、关断时间等，甚至有时控制极也可烧坏。由于晶闸管各参数性能的下降或线路问题会造成晶闸管烧坏，从表面看来每个参数所造成晶闸管烧坏的现象是不同的，因此通过解剖烧坏的晶闸管就可以判断是哪个参数造成晶闸管烧坏的。

电压引起晶闸管烧坏现象

一般情况下阴极表面或芯片边缘有一烧坏的小黑点说明是由于电压引起的，由电压引起烧坏晶闸管的原因有两中可能，一是晶闸管电压失效，就是我们常说

的降伏，电压失效分早期失效、中期失效和晚期失效。二是线路问题，线路中产生了过电压，且对晶闸管所采取的保护措施失效。

电流引起晶闸管烧坏现象

电流烧坏晶闸管通常是阴极表面有较大的烧坏痕迹，甚至将芯片、管壳等金属大面积溶化。

di/dt 引起晶闸管烧坏现象

由 di/dt 所引起的烧坏晶闸管的现象较容易判断，一般部是门极或放大门极附近烧成一小黑点。我们知道晶闸管的等效电路是由两只可控硅构成，门极所对应的可控硅做触发用，目的是当触发信号到来时将其放大，然后尽快的将主可控硅导通，然而在短时间内如果电流过大，主可控硅还没有完全导通，大的电流主要通过相当于门极的可控硅流过，而此可控硅的承载电流的能力是很小的，所以造成此可控硅烧坏，表面看就是门极或放大门极附近烧成一小黑点。

dv/dt 引起晶闸管烧坏现象

至于 dv/dt 其本身是不会烧坏晶闸管的，只是高的 dv/dt 会使晶闸管误触发导通，其表面现象跟电流烧坏的现象差不多。

开通时间引起晶闸管烧坏现象

开通时间跟 di/dt 的关系很密切，因此其烧坏晶闸管的现象跟 di/dt 烧坏晶闸管基本类似。

关断时间引起晶闸管烧坏现象

关断时间烧坏晶闸管的现象较难分析，其特点有时象电压烧坏，有时又象电流烧坏，从实践来看象电流烧坏的时候比较多。

以上分析只是从晶闸管表面的损坏程度来判断其到底是由什么参数造成的，但无论什么原因损坏都会在晶闸管上留下痕迹，这种痕迹大多是烧坏的黑色痕迹，而黑色痕迹就是金属熔化的痕迹，就是说烧坏晶闸管的最根本原因是将晶闸管芯片熔化，有的是大面积熔化，有的是小面积熔化。我们知道单晶硅的熔点是 $1450^{\circ}\text{C}\sim 1550^{\circ}\text{C}$ ，只有超过这个温度才有可能熔化，那么这么高的温度是怎么产生的呢？

就晶闸管的各项参数而言即使每相参数都超出标准很多也不会产生如此高的温度，因为温度是由电流、电压、时间三者的乘积决定的，其中某一相超标是不会产生这么高的温度的，所以瞬时产生的高电压、大电流是不会将芯片烧坏的，除非是高电压、大电流、长时间才会如此，但这种情况是不可能出现的，因为晶闸管一经烧毁设备立即就会出现故障，会立即停机，时间不会很长的，因此烧坏

晶闸管芯片的高温决不是电流、电压、时间三者的乘积产生的。那么到底是怎么产生的呢？

其实无论晶闸管的那个参数造成其烧坏，最终的结果都可以归纳为电压击穿，就是说晶闸管烧坏的最终原因都是由电压击穿造成的，其表面的烧坏痕迹也是由电压击穿所引起的，这点我们在晶闸管的应用中也能够证明：在用万用表测试烧坏的晶闸管时发现其阴极、阳极电阻都非常小，说明其内部短路，到目前为止基本没发现有阴极、阳极开路的现象，因为芯片是由不同金属构成的，不同金属的熔点是不一样的，总会有先熔化和后熔化之分，是逐渐熔化。

电压击穿与晶闸管表面烧坏的关系

一般情况下应该是铝垫片或银垫片先熔化，然后才是硅片和钼片，而铝垫片或银垫片也不会小面积熔化，应该是所有有效面积的垫片都会熔化。铝垫片或银垫片熔化后一是有可能产生隔离层使阴极和阳极开路，二是铝垫片或银垫片高温熔化后与硅片的接合部有可能材质发生变化，产生绝缘的物质，造成阴极、阳极开路的现象。那么电压击穿与晶闸管表面烧坏的痕迹（小黑点或大面积熔化）有什么关系呢？

1. 由于晶闸管的电压参数下降或线路产生的过电压超过其额定值造成其绝缘强度相对降低，因此发生启弧放电现象，而弧光的温度是非常高的，远大于芯片各金属的熔点，因此烧毁晶闸管，又由于芯片外圆边缘、芯片阴极-阳极表面之间的绝缘电压强度不是完全一致的，只有在相对绝缘电压较低的那点启弧放电，因此电压击穿表现为在芯片阴极表面或芯片的边缘有一小黑点。

2. 由于晶闸管的电流、 dv/dt 、漏电、关断时间、压降等参数下降或线路的原因造成其芯片温度过高，超过结温，造成硅片内部金属格式发生变化，引起其绝缘电压降低，因此发生启弧放电现象，弧光产生的高温将垫片、硅片、钼片熔化、烧毁，同时也会将外壳与芯片相连的金属熔化。由于芯片温度过高需要较长的时间，是慢慢积累起来的，因此超温的面积是较大的，烧坏的面积也是较大的。

3. 由于 di/dt 、开通时间烧坏的晶闸管虽然也是一小黑点，但烧坏的位置与真正的电压击穿是不同的，其烧坏的机理与上面 2 所述的是一样的，只是由于芯片里面的小可控硅比较小，所以形成的烧毁痕迹亦较小，实际是已经将小可控硅完全烧毁了。

综上所述，无论什么原因烧坏晶闸管，最终都是由于晶闸管绝缘电压相对降低，然后启弧放电，产生高温，使晶闸管芯片金属甚至外壳金属熔化，致使晶闸管短路，损坏。