

# 脉冲氙灯的焊封工艺

王世明

(中国科学院上海光机所)

小口径脉冲氙灯通常使用过渡玻璃封接,但由于过渡玻璃机械强度较低,用于大口径封接时,工艺也很困难。因此,为了适应大口径脉冲氙灯的需要,我们试验了两种石英与金属的焊料封接工艺,现分别简述如下。

## 石英金属化的焊料封接

石英玻璃一般很难与金属实现匹配封接。为了克服这一困难,可以先在石英玻璃上复一层金属膜,使石英玻璃表面金属化。石英玻璃表面金属化的方法与在陶瓷表面制取金属膜的方法相似,可以用真空镀膜或还原金属氧化物等方法。对金属膜的要求是:(1)膜层必须与石英玻璃粘附得非常牢固,这对保证封接件的气密性是一个关键,因此要做到在用焊料进行焊接时膜层不从石英玻璃上剥落;(2)在制取此金属膜时石英玻璃不至于在被加热的温度和时间产生重结晶;(3)金属化层不应与焊料形成合金,破坏其原有特性。

由于焊料和金属的热膨胀系数要比石英的热膨胀系数大得多,因此,这种焊件在冷却时焊料和金属将使石英承受很大的压应力。为了减小这种压应力,焊料层和金属帽都应尽量薄。这样,焊件冷却时的压应力使低屈服点的金属在石英表面产生形变,而不使石英承受过大的压应力。焊接凭借毛细作用使焊料布满整个焊面,金属帽可以车削制成或用无氧铜板铤压成形,形状如图1所示。薄壁铜帽的柔软性和延展性保证焊件冷却时能产生塑性形变,从而减小石英管所承受的压应力。这样就存在石英件与铜帽的配合问题,根据我们的试验,石英件下部的直径 $D_0$ 略小于铜帽上口内径 $d$ 时,石英件上部外直径 $D_1$ 应满足 $D_1 = d + \alpha dt - \delta_1 + \delta_2$ ,其中 $\alpha$ 是铜在焊接温度下的热膨胀系数, $t$ 是焊接温度, $\delta_1$ 是金属化层和焊料层的厚度,约0.1毫米, $\delta_2$ 是不定值,它是焊接时在外力作用下铜帽上口径的形变量,与焊料温度、焊接区长度及焊接口径有关。我们采用银铜焊料时, $d=15$ 毫米,焊区长度为30毫米, $\delta_2 \approx 1$ 毫米的焊接件的质量较好。否则铜帽容易出现皱褶或被胀裂。

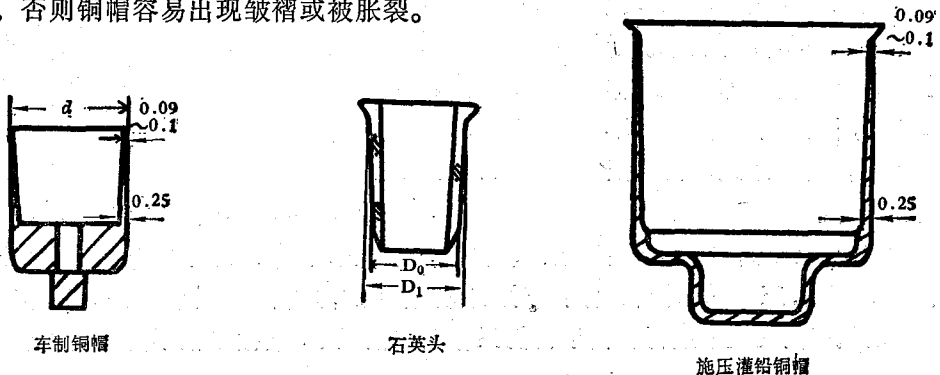


图1 石英头和铜帽

根据石英金属化时对金属膜的要求,我们采用还原三氧化二钼的方法在用 120# 砂磨砂过的石英管外表面制取金属膜。石英件外表面磨砂的目的是为了增加金属膜同石英件的接触面积,增强膜层的牢固度。制取金属膜的具体过程如图 2 所示。用氢氧焰加热钼棒,同时转动钼棒上面的磨砂石英件,此时氧化钼的烟雾在火焰中被喷涂到石英件上,形成黄色的三氧化二钼层。随后将此石英件放入氢气炉中还原烧结,就可以得到一层金属钼层(对口径大于  $\phi 40$  毫米的石英件应反复数次,否则不易得到均匀的钼层)。三氧化二钼的还原烧结时间约需 30 分钟,温度是  $950\sim 980^{\circ}\text{C}$ 。获得钼层的石英件还需分别镀镍、镀铜。

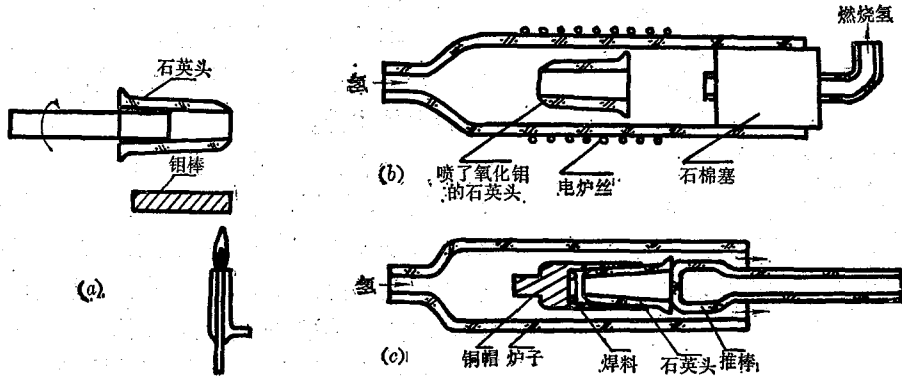


图 2 石英金属化的焊封  
(a) 喷钼 (b) 还原钼 (c) 石棉塞

为防止焊接时金属氧化,焊接要在真空或保护性气体中进行。装置如图 2(e)。当该装置加热焊料熔化时,把金属化的石英件压入铜帽,此时焊料凭借毛细作用布满整个焊接面。这样我们试制成功了  $\phi 15$  毫米较大口径的焊接件,焊接样品如图 3 所示。

对石英金属化的焊接样品,我们用灵敏度为  $10^{-10}$  毛·升/秒的氮质谱检漏仪检漏,查不出漏隙,因此,我们认为焊件的漏气速率小于  $10^{-10}$  毛·升/秒。焊料可以用银铜焊料(银 72:铜 28),也可以用银铅焊料(银 50:铅 50)。用银铜焊料时,焊件使用温度不超过  $400^{\circ}\text{C}$ ,用银铅焊料时,焊件使用温度不得超过  $300^{\circ}\text{C}$ 。

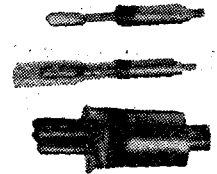


图 3 石英金属化的焊接样品

### 衬砂灌铅的焊封工艺

石英金属化焊料封接有良好的气密性,但工艺很烦琐,而且用硬焊料封接时焊件的耐热震性差;用软焊料封接时,由于焊料温度低,所以铜帽底部的焊料容易被点灯时的冲击波冲到放电区域,沾污管壁。为了克服这些矛盾和进一步加大焊件的口径,我们又试验了“衬砂灌铅焊封”工艺。

由于石英与金属的热膨胀系数不同,随着焊件口径的增大,金属对石英管的压应力也随之增大,而且石英管口径愈大其抗压强度愈低,因此,较大口径的焊件十分容易炸裂。为了减小这种压应力,我们的做法是:金属采用延展性较好的紫铜或无氧铜板碾压成,另一方面焊料采用软金属铅。所以要用软金属铅,除了它能在高温下浸润石英和紫铜产生气密性封接外,还在

于它能用本身的塑性来减弱石英管承受的压应力。我们采用这两项措施后成功地焊成了更大口径的石英管焊件。

具体操作方法是把去油后的铜帽放入 50% 的工业硝酸溶液中浸蚀数秒钟,然后迅速把它置入流动的清水中冲洗干净。并放入 80~100°C 的饱和硼砂溶液中浸泡数秒钟,防止在 700°C

左右的石英管插入铜帽时,铜帽过分氧化而影响焊接。

涂复过硼砂的铜帽装入 120# 石英砂,装砂量为铜帽深度的 2/5。石英砂应从漏斗徐徐倒入,否则石英砂粘附在铜帽的内壁焊接区将造成焊件漏气。随后将它放在炉盘上预热,清除铜帽及石英砂中的水份。

石英管表面的杂质也将影响焊料铅对石英玻璃的浸润,所以,焊接区的石英管必须在 1500~1600°C 的氢氧焰中烧一遍进行清洁处理。烧过的管子温度待降到 600~700°C (管壁杂质亮点呈暗红色)时即可插入预热好的铜帽,并如图 4 所示,由翻边处向焊缝注入 400~500°C 的铅水,铅水灌好后,待其自然冷却。最后,把石英砂倒出,将焊件用超声波进行清洗烘干。

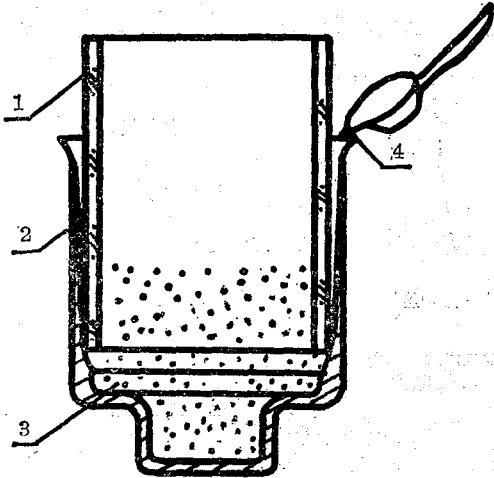


图4 衬砂灌铅

1—石英管; 2—灌铅铜帽; 3—石英砂; 4—倒铅

实践证明,口径为  $\phi 30$  毫米或更大的石英管的焊件,其焊层一般控制在 1 毫米以下,并且焊层厚度随着石英管口径的加大而减小,否则石英管容易被铅层压裂。

衬砂灌铅封接时可能遇到以下几个问题。首先,如铅水从石英管底部流入铜帽,这是因石英管与石英砂接触不够紧密造成的,此现象发生时可及时将石英管插紧,铅水即不再继续流入。当流入量过多时,应停止灌铅。其次是石英管炸裂。焊料层或铜帽上壁太厚时,焊件在焊接区上界面上将石英管压裂。因此经清洁处理后的铜帽上壁应控制在 0.07~0.1 毫米之间,焊层厚度一般控制在 0.7~1 毫米。然而焊件口径愈大,金属对石英管的压应力也愈大,尤其是对更大口径的焊件,还应将焊层上界面造成凹凸不平的形状,以达到分散应力的作用(如图(5)CD 曲线所示)。具体是铅水凝固前撒上一圈石英砂,然后用尖刀沿着管壁将石英砂插入铅水 1.5~2 毫米深。这样焊件就可以不炸裂。

再者,如图 6 所示,焊料铅不能很好地浸润石英和铜帽,造成非气密性焊接。原因是,灌铅时温度过低或石英管高温清洁处理后,(下转第 37 页)

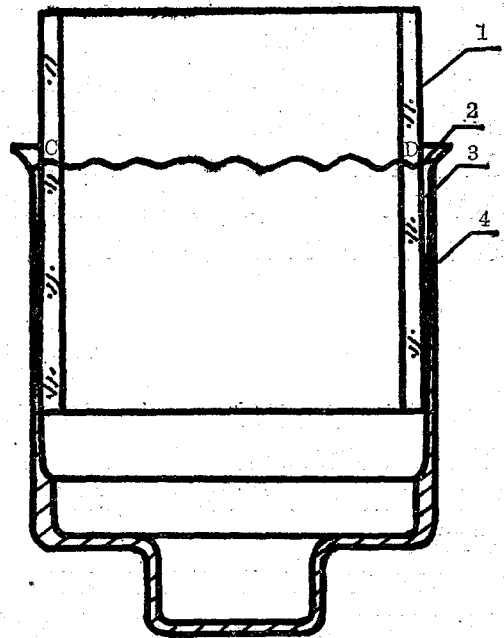


图5 大口径铜帽的灌铅

1—石英管; 2—CD 曲线; 3—铅; 4—铜帽

在我们制作的激光功率为 20~70 瓦的激光器中,使用了上述的两种锗片和其他的近本征的锗片作为窗口,激光器都运转正常。在激光功率较高时,窗片都用水冷却,否则由于吸收而使锗片温度升高,温度升高又使吸收系数变大,这样反复下去会使激光输出功率降低或使输出功率忽大忽小,严重的会使激光功率完全被吸收。

总之,由理论计算、吸收系数的测量结果和制作激光器的实践都表明:CO<sub>2</sub> 激光器的锗窗并不一定需要近本征的高阻锗。一般来说,电阻率大于 6 欧姆·厘米左右的 N 型锗都可以使用,而以 14 欧姆·厘米左右的最好(室温附近使用)。而且低电阻率的锗片热导率也比高阻的稍大。过去大多数单位都使用近本征的高阻锗单晶,这种高阻单晶要求材料很纯,不容易拉制,一般半导体厂也不能生产。而电阻率较低的锗单晶比较容易拉制,一般的半导体材料厂都能拉制。P 型锗单晶一般比 N 型锗单晶吸收大,不宜采用。另外,选择锗单晶时,还要考虑晶体的光学均匀性,同时位错和缺陷要少,因为位错和缺陷都会使吸收系数变大。

### 参 考 资 料

- [1] 黄昆,谢希德,“半导体物理” 北京科学出版社(1959年)。
- [2] T. S. 莫斯,“半导体光学性质” 上海科技出版社(1963年)。
- [3] J. S. 勃莱克莫尔,“半导体统计学” 上海科技出版社(1965年)。
- [4] J. I. Pankove, “Optical Processes in Semiconductors”, p. 75 (1971).
- [5] E. D. Capron, O. L. Brill; *Appl. Opt.*, **3**, 569 (1973)
- [6] P. A. Young, *Appl. Opt.*, **3**, 638 (1971).
- [7] H. Y. Fan *et al*, *Phys. Rev.*, **101**, 566 (1956)
- [8] W. Kaiser *et al*, *Phys. Rev.*, **91**, 1380 (1953).
- [9] H. B. Briggs *et al*, *Phys. Rev.*, **91**, 1342 (1953).
- [10] A. H. Kahn, *Phys. Rev.*, **97**, 1647 (1955).

(上接第 40 页)

石英管冷却的温度过低,因此,控制好石英管的处理温度和灌铅温度就可避免此类现象发生。

用“衬砂灌铅”方法封接的焊件,同样具有良好的气密性,我们用灵敏度为 10<sup>-10</sup> 毛·升/秒的氦质谱检漏仪检漏也查不出漏隙,因此,我们认为其漏气速率可以达到小于 10<sup>-10</sup> 毛·升/秒。焊件的允许工作温度为 280°C,而且由于焊料铅不在放电沟道中,焊料不致沾污管壁而影响灯的寿命。

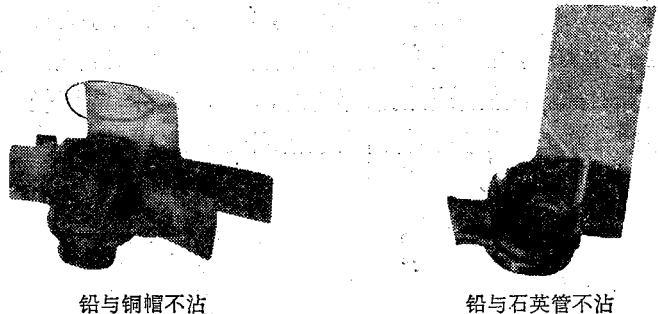


图 6 衬砂灌铅封接的非气密性焊接样品

总结上述两种工艺,衬砂灌铅工艺比较简单,费用也较低,成品率比较高,目前已用于小批试制生产。但是,三氧化二铅和铅蒸气对人体是有害的,必须注意劳动防护。工作时必需戴口罩,并在通风和抽气机下进行。由于我们工作做的很粗糙,数据也很不完全,尚需在实践中不断加以补充。