

激光切割玻璃安瓿机

中国科学院力学研究所四室

在认真学习无产阶级专政理论，促激光应用新技术发展的热潮中，由北京制药三厂、北京制药厂和中国科学院北京力学研究所工人、干部和科技人员组成会战组，坚持开门搞科研的方向，充分发挥社会主义大协作和三结合的优越性，大干快上，自力更生，敢于创新，经过一年的艰苦奋斗，研制成功激光切割医用玻璃安瓿机。

玻璃安瓿历来用砂轮切割，由于玻璃安瓿拉制时，瓶内形成负压，砂轮切割时有大量的玻璃屑及粉尘进入玻璃安瓿内，尽管经过繁杂的清洗，仍然难以完全消除，直接影响到患者的身体健康。此外，砂轮切割玻璃安瓿破损率高达 18%，一般一个中等车间仅此项每年有数十万元的损失。利用激光切割玻璃安瓿，由于是汽化或熔化，不造成玻璃屑及粉尘，产品质量有了根本的改变，而且破损率可降至 5% 以下，有较高的经济价值。目前，切割 20 毫升玻璃安瓿速度为 45 个/分，有待于进一步提高。

一、基本原理

激光切割安瓿机原理参见图 1。采用纵向激励连续输出 CO_2 激光器，输出波长 10.6 微米红外光，放电管长度为 2 米，多模输出功率为 100 瓦。电源供给 40 毫安直流 3 万伏高压电。输出光束经镀金全反射镜反射至镀增透膜的锗透镜聚焦后，焦点处功率密度为 $10^4 \sim 10^5$ 瓦/厘米²，照射到玻璃安瓿上进行切割。切割时辅助吹氧气或压缩空气，以提高效率和避免锗透镜的污染。玻璃安瓿自动传送，切割采用定位销和转盘自行定点，利用真空吸住玻璃安瓿底部

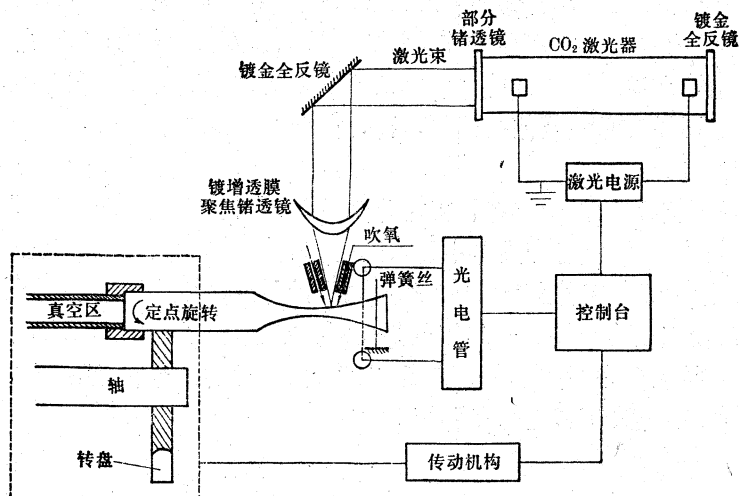


图 1 激光安瓿切割机的原理示意图

并使安瓿自转,以更合理地利用激光功率,切下玻璃安瓿后,由光电管控制给出步进信号,安瓿自动传送,再切割下一个玻璃安瓿,依次连续切割。

二、设 备

1. 激光电源

我们采用的是北京陶然亭高压试验电器厂生产的高压直流电源(60千伏50毫安),全波负高压输出。为了提高输出功率和激光器的稳定性,以保证稳定地切割,故在电源中应加入滤波部分,波纹系数为5%以下。高压部分配有电压和电流测量表头(图2)。

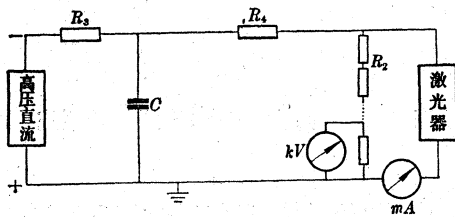


图2 电源方框图

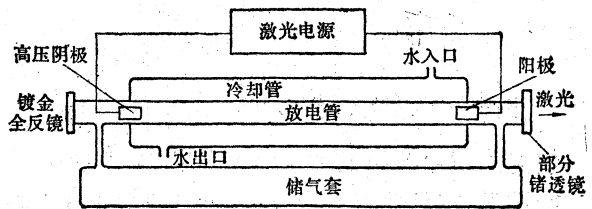


图3 CO₂激光器简图

2. 激光器

CO₂激光器为双层玻璃管结构(图3),内管直径15毫米,充有五种混合气体,即CO₂、N₂、He、H₂、Xe,气压比是1:1.5:6:0.2:0.7,其总气压为15毛左右。振荡管外侧是冷却水管,外接储气套。谐振腔一端为曲率半径10米的全反射镜,另一端由部分反射锗镜耦合输出,调节电流可控制激光的最佳输出功率。

为了防止受周围温度和自行变形的影响,放电管和镜片等承受功率的部件安装在坚固的花岗岩的支架上,并在冷却管外,靠近锗平镜一端加有微调机构,保证对光学调整达到所需要的精度。

3. 激光束聚焦系统

激光束通过镀增透膜的锗透镜(锗透镜需要冷却)聚焦于放在焦点处的玻璃安瓿上。射向玻璃安瓿的能量密度足以使玻璃安瓿局部瞬间温升而熔化(或汽化)。此时吹氧不仅能提高温度,有助于切割,并且还能起保护透镜的作用。

简单的光路系统有三种形式:

(1) 全反射系统:

优点:结构简单、耐用可靠、造价便宜。

缺点:因为是离轴的光路系统,故焦点较大,机械结构位置布局受限制(见图4)。

(2) 透射系统:

优点:因是同轴光路系统,故焦点小,能量密度较高,机械结构位置布局不受限制。

缺点:比较复杂,锗片需要加工,需要镀增透膜并要求一定的透射率,需要冷却等(见图5)。

(3) 抛物面反射系统:

优点:结构简单、耐用可靠、使用方便。

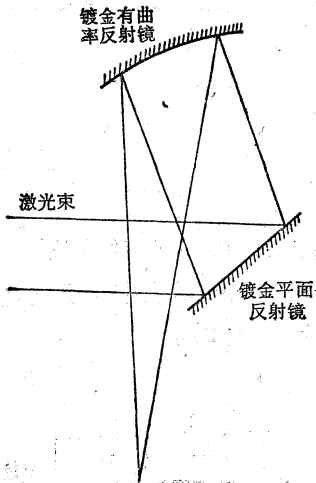


图4 全反射光路系统

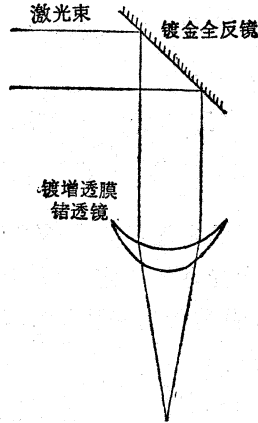


图5 透射光路系统

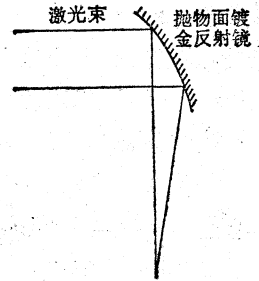


图6 抛物面反射光路系统

缺点：镜片的加工比较困难和复杂(见图6)

经试用，本机选用透镜聚焦，焦距选取 146 毫米，以保证比较小的聚焦斑点，由于瓶子的正规格性大，亦兼顾有适当的焦深。

4. 玻璃安瓿传送机

通过反复摸索，我们采用真空管吸住玻璃安瓿底端，造成局部真空区的办法，适应了玻璃安瓿的不一致性。真空管和玻璃安瓿一起旋转能够做到有效的利用激光能量。回转机构靠准确的分度盘和定位销保证。真空吸住安瓿底端，与弹簧丝形成一个恰当的分力。用十字转轴与螺旋杆解决进料和出料的连续性。利用光电管控制切割玻璃安瓿的时间，玻璃安瓿切掉后，光电管发出一信号，使准确的分度盘再次步进，进行连续切割。

三、讨 论

(1) CO_2 激光器输出功率和电光转换效率高，比较适合特殊材料的热加工。输出波长为 10.6 微米的激光能量几乎全部被玻璃吸收，而且百瓦级 CO_2 激光器的结构简单，经济可靠。

(2) 由于玻璃是硬脆性材料，要得到理想的切割效果，必须考虑多因素作用：激光功率密度、焦距、焦深的选取，瓶子自转速度、吹氧量等，要通过试验合理选用，目前控制功率密度达 $10^4 \sim 10^5$ 瓦/厘米²，焦斑直径 0.8 毫米左右，焦深约 5 毫米左右，20 毫米瓶子自转速度为 3 转/秒左右，氧气量不宜太大。