

然凹面加工困难, 仅能补偿某一特定功率下的热透镜效应, 但补偿的精度高, 特别适用于在一谐振腔中的多棒串接。因为影响激光输出方向性的热透镜效应, 由每个棒的凹面逐级进行补偿, 最后将获得理想的激光输出。

实验证明, 该激光器具有连续和脉冲泵浦的优点, 并较好地补偿了热透镜效应。连续氦灯(型号为 KBF2500 瓦) 可经受连续和脉冲电流的冲击, 从泵浦方式上来说, 是一种新型的激光器。利用普通谐振腔可连续或脉冲输出激光, 半反镜反射率 r 的选取与工作方式有关。对于脉冲激光器, r 应小于 50%, 否则将获得连续激

光输出; 对于连续激光器, r 应选取 60—90%, 不再进行脉冲泵浦。

本文的实验工作完成于西德 Stuttgart 大学 H. Zwicker 教授领导的等离子体研究所, 并得到该所 H. Salzmann, H. Strohwald 和 K. Hirsch 博士的帮助, 以及 Essen 大学 H. F. Döbele 教授的指导, 作者谨表深切感谢。

参 考 文 献

- [1] C. H. Chang (张镇西), K. Hirsch, H. Salzmann, *IEEE J. Quantum Electron.*, QE-16 (1980), 439.
- [2] W. Koechner, *Solid-State Laser Engineering*, Springer, New York, (1976).

一台无油超高真空区熔炉的改装与调试

高 国 儒 (中国科学院物理研究所)

难熔金属由于其吸气性、共生性及熔点高等特点, 很难得到高纯样品。用一般方法(比如粉末冶金法和电弧熔炼法) 要想得到高纯的难熔金属是极其困难的, 但是用等离子熔炼法和电子束熔炼法有可能得到纯度较高的难熔金属材料。为了获得高纯的难熔金属单晶, 我们对一台原来设计和加工都存在很大问题的无油超高真空电子束区熔炉进行了改造: 用钛球升华器代替原有的 Ti-Mo 丝升华器; 抛弃了笨重、复杂、不能用的电子枪, 重新设计加工了一个简单易作的电子枪; 重新设计了一个电子枪升降机构, 解决了原来存在的电子枪作升降运动时产生的卡死问题; 重新设计加工了一个样品架, 解决了样品对中及高温下的脱落问题; 更换了炉壳上的一些部件, 克服了系统严重的漏气现象。

区熔炉的极限真空已调到 3×10^{-10} 托。烘烤期间, 在先后用吸附泵及离子泵对系统进行抽气的情况下, 用电子枪对样品进行多次除气, 使得熔炼直径 10 毫米、长约 200 毫米(实际区熔长度为 110 毫米) 钨棒时的工作真空度达到 10^{-8} 托(最高可达 2×10^{-9} 托)。从 1981 年 11

月中旬到 1982 年 1 月初已成功地区熔出七个直径 10 毫米、长 110 毫米的钨单晶。自己设计的电子枪聚焦很好, 熔区小于 5 毫米, 熔炼出的样品表面光滑平整。

一、真 空 系 统

本设备容积为 320 升, 采用无油超高真空机组抽气。前级为两只外冷式的吸附泵, 吸气剂为 5A 和 13x 分子筛的混合物。用一个吸附泵对系统抽气, 可从大气压抽至 5×10^{-4} 托左右。若用机械泵先抽至 10 托左右, 然后启动吸附泵, 则可达 $1-2 \times 10^{-4}$ 托。采用差动式离子泵, 其相对两个阴极分别采用钛板和钼板, 抽气速率为 400 升/秒, 一般用它把容器抽至 $1-2 \times 10^{-8}$ 托。升华泵原来采用 Ti-Mo 丝升华器, 但由于 Ti-Mo 丝长达 575 毫米, 水平放置, 加热后极易下垂熔断, 有时在除气阶段熔断。现改为钛球升华器, 设计抽速为 10000 升/秒, 实际抽速没有测量过。真空室原有大漏, 经更换部件后大漏消除, 系统的漏气率达到 1.2×10^{-9}

托·升/秒,极限真空达到 3×10^{-10} 托。

二、电子枪

本设备采用自加速型环形电子枪,枪本身为阴极,样品为阳极。原电子枪存在以下问题:(1)原电子枪的电子束采用二次聚焦方法,灯丝并得很大(直径为 171 毫米),需引入第二聚焦电极及冷却系统,使电子枪本身笨重、复杂,而且使用波纹管多,很易漏气。(2)只要电子枪一工作,就必须通水冷却,在其余部分温度较高的情况下,这里成为一个气源,使真空抽不上去。(3)二次聚焦的聚焦条件很苛刻,电子束聚焦极难,这个设备的电子枪的电子束从未很好地聚焦过,原设计的 -15000 伏、400 毫安(束流)的指标从未达到过。为此,我们重新设计了一只电子枪,把样品放在第一焦点上,去掉第二聚焦电极及冷却系统,使枪变得简单易做,枪重由数十斤减为数两,聚焦情况很好。用此电子枪对直径为 10 毫米的铌棒进行区熔时,功率只需 1250 瓦左右,熔区小于 5 毫米,功率超过 1400 瓦时,直径 10 毫米的铌棒即被熔断。该电子枪的功率可达 2000 多瓦。枪的高压从 1 万 5 千伏变为 5 千到 6 千伏,工作时,电源及人身安全可靠得多。

原有的电子枪升降机构的导向轴套放在超高真空系统内,所用材料又与升降轴相同,在大气及低真空条件下,电子枪可以升降,但当系统进入超高真空时则容易卡死。现重新设计了一个升降机构,把轴套放在系统外面,同时轴套和升降轴采用不同的材料做成,结果运转灵活,从未出现卡死现象。

三、烘烤和除气

一般超高真空系统都采用先烘烤后对样品进行除气的办法,亦即在 200—350℃ 下连续烘烤 48 小时,然后启动离子泵和升华泵而获得超高真空,对样品进行除气、表面熔化和区域熔炼。如果我们采用这个程序的话,熔炼样品时

的真空度只能达到 10^{-6} 托,最多能进入 10^{-7} 托。这对于进一步提高样品纯度是不利的。根据实验和文献报道,在较高的真空度下,区域提纯样品的物理过程不再是偏析为主,而是蒸发为主,所以样品的纯度随区熔时的工作真空度的提高而提高。为了获取更高纯度的样品,我们试着对烘烤除气的常规程序进行改革,摸索出一套能使系统在区域熔炼时的真空度达 10^{-8} 托甚至 10^{-9} 托的办法。具体步骤如下:

第一步:离子泵和整个容器在 250—310℃ 下烘烤 24 小时,并在这期间用电子枪加热样品除气两次,也就是在 10^{-4} 托下对样品加热除气两次。由于吸附泵只能维持 10^{-4} 托的真空度,所以样品除气时真空度的进一步提高只能采用其他方法。

第二步:暂停烘烤,拆离子泵烘箱,启动离子泵,等真空度达 10^{-8} 托后对样品加热除气。此时,样品除气时的真空度可达 10^{-5} 托。除气后,待真空度回升到 10^{-8} 托时再除气 1—3 次,除气时的真空度可达 10^{-6} — 10^{-7} 托。

第三步:在用离子泵抽气的情况下,再次对容器进行烘烤。容器温度升到 250℃ 左右时又用电子枪对样品进行除气。最后一次除气功率达到使样品表面熔化的程度。在这种情况下,除气和表面熔化时的真空度可达 10^{-7} 托。

第四步:样品表面熔化后 1—2 小时,停止容器烘烤,拆容器烘箱,待容器冷却至 100℃ 左右注入液氮,启动升华泵,待系统真空度达到 10^{-10} 托以后,区域熔炼样品 2—3 次,区熔时真空度即可达到 10^{-8} 托,甚至 10^{-9} 托(对区熔铌而言)。

四、铌的提纯及铌单晶的生长

铌是一种难熔金属,其熔点高达 2468℃。很多金属及非金属杂质在这样高的温度下蒸发,被泵抽走或蒸镀到容器壁上,从而使样品纯化。真空度越高,这种蒸发作用越显著,因此样品的纯度随着真空度的提高而提高。但铌和钽的性质相近,它们的矿也往往是共生的,因此,

表 1

真空度 (托)	电子枪高压 (千伏)	束流 (毫安)	功率 (瓦)	电子枪移动速度 (毫米/分)	备注
$\sim 6 \times 10^{-4}$	5	145	725	2.2	除气 1 次
$\sim 8 \times 10^{-4}$	4.6	225	1035	4	除气 1 次
$\sim 10^{-3}$	4.5	200	900	4	除气 2 次
$\sim 10^{-4}$	5	220	1100	4	除气 2 次
$\sim 10^{-5}$	5	220	1100	4	除气 1 次
$\sim 10^{-6}$	5	240	1200	4	表面熔化 2 次
$\sim 10^{-7}$	4.9	275	1347	2.86	区熔 1 次
$\sim 5 \times 10^{-8}$	4.9	285	1396	2.2	区熔 1 次
$\sim 2 \times 10^{-9}$	4.9	285	1396	2.2	区熔 1 次

用区域熔炼的办法很难将铌中的钽除去。在我们的情况下,铌在区熔一次后,110毫米长的样品由几颗大晶粒组成,即呈所谓的竹节状结构。区熔 2—3 次后,样品即成单晶。经 X 射线分析表明,单晶的取向为 [110],绝大部分样品偏离轴向很小,一般都在 2° 以下,只有个别样品为 3° 。对直径 10 毫米的铌棒来说,除气功率在 1200 瓦以下,区熔功率在 1250—1400 瓦,超过 1400 瓦样品即熔断。除气时电子枪的移动速

度为 4 毫米/分;区熔时电子枪的移动速度为 2.2 毫米/分。连续熔炼七个样品均获成功。现将第三个样品熔炼情况列于表 1。

中国科学院电子学研究所王秀梅和郑欢泽同志以及钢铁研究总院苏启同志对本工作给予很大的帮助。研究生沈慧贤、北京大学物理系 77 级毕业生李问天,兰州曙光机械厂陈宝凤、任礼秀和李新华等同志参加了设备安装调试的部分工作。还有一些同志对本工作也曾给过帮助。对此本人表示十分感谢。

用可控硅作开关和稳压的电容储能电源

宁兆元 何建军 任兆杏

(中国科学院合肥等离子体物理研究所)

一、引言

以电容器储能放电作脉冲电源是人们在各类物理实验装置中经常采用的方法,因为它具有简单可靠,脉冲上升时间快等优点。在脉冲强流离子源的实验中,用电弧放电形成高密度、大体积、均匀、稳定的等离子体,需要大功率脉冲电源。该电源的参数范围是:输出电流几十—几百安培;输出电压一百—二百伏;脉冲宽度几十—几百毫秒。这样参数的脉冲电源通常在实验室中采用电容器储能放电的方案^[1]。

但是,电容器储能电源运行于大电流,宽脉冲时,要求使用的电容器的数量很大,否则脉冲输出电压随时间明显地下降,这在许多实验中是不希望的。在脉冲强流离子源中,为了在整个脉冲宽度范围内得到小发散角的离子束,要求产生的等离子体密度随时间的变化足够小,也就是要求脉冲弧放电的平顶下降要足够小。否则将导致离子束流发散角变大,引出电极的热负载增加,并容易造成高压击穿。在离子源的电弧放电中,放电电流以及等离子体密度比例于电源电压,因此要求输出电压的平顶段的不稳定度应足够小,一般约 $\pm 2\%$ 。