

问题讨论

对氩离子激光器设计的几点看法

凌一鸣

在“独立自主、自力更生”的方针指引下，我国激光技术正在迅猛发展。在气体激光器方面，已先后试制成氩-氟激光器、二氧化碳激光器、氩离子激光器等各种常见的器件，并正在推广应用。但值得注意的是，器件的研制还远远跟不上我国工农业迅猛发展的需要，这样的矛盾对氩离子激光器来说也是这样的。

目前，氩离子激光器是可见光范围内连续输出功率最大的一种气体激光器。它输出蓝、绿光，和氩-氟激光器相比，实际工作效率不相上下，但它的增益高，单位体积内的输出功率约比氩-氟激光器大两个数量级，而且，在阈值电流以上时，输出功率随电流的平方而增加，因此，此种激光器应有广泛的应用前景。例如，在医疗方面，已试制成氩离子激光眼科治疗仪，效果十分良好。在农业育种方面，据报导^[1]，用此种器件照射种子效果也不错。此外，在全息照相、通信等其他方面，氩激光也将是一种有力的工具。总之，对氩激光的要求日益迫切。但是，目前我国氩离子激光器的价格一般都比较昂贵，而激光管的使用寿命又只有数百小时，而且，制造该种器件的工艺也较复杂，这是一个很大的矛盾，而矛盾的主要方面应该在于方案的设计上。

毛主席说：“分析的方法就是辩证的方法。所谓分析，就是分析事物的矛盾。不熟悉生活，对于所论的矛盾不真正了解，就不可能有中肯的分析。”因此，让我们先来分析一下目前流行的氩激光器结构。

氩离子激光器是一种大电流放电的气体激光器，电流密度高达几百安/厘米²乃至几千安/厘米²，单位长度放电毛细管的耗散功率约有数百瓦，这样大的耗散功率对管子结构的设计和工艺提出了一道难题。早期的全石英结构氩离子激光管因它的寿命极短而基本上不再采用。目前国内实用的氩离子激光管的基本结构几乎就是一种，即外腔分段石墨式氩离子激光管^[2,3]，在国外流行的还有氧化铍陶瓷的氩离子激光管，但由于铍的毒性大，成本高，在大功率情况下又很难找到长而直的氧化铍管，因此分段石墨式结构仍被广泛应用。

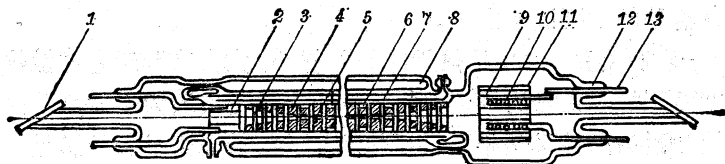


图1 常见的氩离子激光管结构

- 1—布儒斯特窗；2—阳极；3—石英环；4—石墨圆片；5—放电孔；6—回气孔；7—水冷套；8—储气套；9—阴极；10—热子；11—热屏；12—过渡接头；13—电极引线

数百瓦输出功率的外腔分段石墨式氩离子激光管主要包括:三层结构的石英管壳(管芯外套,冷却水套、储气套)、由石英环隔开的分段石墨环、光胶的布氏窗、钨钨阴极等(图1),当然,还有激光电源、磁场线圈、光具座、反射镜等设备。激光电源内又包括低电压大电流的弧放电源、高电压小电流的辉放电源、直流磁场电源、交流灯丝电源、水冷负载及辉弧转换等控制系统。这样的激光器确实是复杂而又昂贵的。我主要想对激光管的结构设计谈一些看法,供大家共同讨论。

1. 石英管壳

采用石英作管壳材料,其主要原因是它能耐高温。然而,激光管工作时,管壳部分真正接触到高温的是石墨管芯外套和阴极部分外套,它仅占整个石英管壳重量的 $1/5 \sim 1/7$,其余部分的温度并不太高。

而且,石英这种材料除了能耐高温的一面外,还有它的渗气性一面。我们知道,目前这种结构的氩离子激光管的寿命之所以这样短,主要是由于在使用过程中管内气压的明显下降,以致使激光管不能工作。为了弥补管内气体的清除,往往采用庞大的储气套或复杂的自动充气系统。因此,石英的耐高温性和渗气性就成为矛盾着的两个对立面,对于工作在低气压的氩离子激光器来说,应该说它的渗气性是矛盾的主要方面,正因为如此,所以就决定了器件的寿命较短。

另外,石英的膨胀系数很小,这是一个难得的优点,也是石英易于加工的有利因素,例如在稳频氩-氟激光管中用石英作外套也正是利用了这一优点。但是,“在一定的条件下,坏的东西可以引出好的结果,好的东西也可以引出坏的结果。”在氩离子激光管中,石英的膨胀系数小却成了一种不利因素,因为氩离子激光器工作在大电流状态,而大电流的引出导体的膨胀系数和石英就相差很大,两者也就不能直接封接,而要特地配制石英-玻璃过渡接头,这对成本的降低和简化加工工艺都是很不利的。能否用其他材料来代替石英管壳呢?有待从事这一工作的同志探讨。

2. 管芯

现有的氩离子激光器的管芯是由分段石墨和石英环构成的,它是用来直接限制放电,以致提高放电电流密度的部分,因此,这里的工作温度是较高的,有人认为石墨是这种结构中引起气体清除的主要根源,因为它的气体清除速率较高。其实,在电真空器件或低气压离子器件中,石墨作为电极材料也早有先例了。事实证明,它并不会引起这些器件真空度的下降,因为尽管是致密的石墨,与其他电极材料相比毕竟还是一种多孔性物质,一般来说是易于吸气也易于放气的,因此,石墨还是比较易于除气的,即使在氩离子激光管中,对氩气的吸收也将是有限的。在一定温度下,它的吸气放气会较快地达到动平衡。而石英环则不然,正如上述所说,它将是造成管内气体清除的主要因素之一。

当然,石墨是一种辐射系数大,导热性能好的材料,大大有利于它的散热。但这只能降低它本身的工作温度而不能降低它周围管壁材料的工作温度,因为通过管壁的耗散功率是一定的。材料的散热性和耐高温性又是相互联系的,那么,能否找到一种能满足氩离子激光管工作温度的耐高温材料来取代石墨呢?

至于石墨加工方便、价格便宜这一优点也就很难说了。石墨质松容易切削,这固然不差,但由于是多孔性物质,在加工时不宜用各种润滑剂,这样的苛刻要求造成加工环境的恶化,这样的加工也就并不容易,要加工成放电所要求的尽量薄的石墨片也就更困难了,因为它质脆易

碎。另外,要求致密性好,硬度大的高纯石墨,价格也就不那么便宜了。无论如何,至今所知,石墨灰仍然是这种结构中造成布氏窗沾污的主要根源之一。

由此可见,用分段石墨作管芯材料也并不最优越。

3. 谐振腔结构

关于氩离子激光器谐振腔,目前似乎只有外腔结构一种形式,而且多半采用光胶来胶合布氏窗片。

光胶当然要比普通的环氧胶复杂一些,因为对窗片和布角管都有一定的光学精度要求,这又会对加工工艺提出较高的要求。目前,在寿命高达数千乃至上万小时的内腔式氩-氦激光器中常用环氧胶来胶合窗片,那末,是否可在氩离子激光器中也改用环氧胶而使工艺简单一些呢。

另外,外腔结构也会对使用带来不便。粗看起来,外腔结构似乎有很多优点,便于更换腔片,并能得到偏振光。但在实际使用过程中,由于氩离子激光器寿命很短,因此并不需要更换镜片,因为反射镜如果使用得当,用了一年多才发现有辐射损伤现象,这比管子本身的寿命要长得多了。

至于说到偏振光,目前在一般的应用中,例如农业育种、眼科治疗、普通的全息照相等,并不需要偏振光。当然,在激光电视、非线性光学研究等方面是需要偏振光的,应该按照不同的要求来设计不同的腔结构。

无论如何,内腔结构具有使用方便、结构简单、效率高等优点,而外腔结构除了使用不便外,还有结构复杂、体积大、成本高、效率低等缺点。当然,是否有可能设计出内腔式氩离子激光器还有待进行大量的试验,但广大用户是希望采用内腔结构的。

4. 阴极

为了满足氩激光在大电流工作的要求,就需要发射能力较大的阴极,因此,多半采用钡钨阴极,因为它的发射电流密度较大,但考虑阴极中毒问题,实际设计用的电流密度并不太大,而它需要压制、烧结等复杂工艺,另外,还需要加热灯丝,结构复杂,加热效率低。如采用钽钨电极,虽发射电流密度稍低一些,但却没有上述其他缺点,因此,能否按一定的工作电流来设计不同的电极,也有探求的必要。

以上虽对氩激光器的设计提出了自己的一些看法,但由于实践经验少,想法也可能比较片面,仅供有关同志参考和讨论。总之,我们希望能设计出一种寿命长、使用方便而又价格低廉的氩离子激光器以供各方面应用,让激光更好地为“工业学大庆”,“农业学大寨”服务,为社会主义建设事业服务。

参 考 资 料

- [1] 《激光》, 1975, 2, No. 1, 45~50.
- [2] 《激光》, 1974, 1, No. 1, 17~20.
- [3] 《激光》, 1975, 2, No. 1, 26~31.