



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 102064458 A

(43) 申请公布日 2011. 05. 18

(21) 申请号 200910216214. 1

(22) 申请日 2009. 11. 13

(71) 申请人 四川大学

地址 610065 四川省成都市一环路南一段
24 号

(72) 发明人 刘静伦 李育德 陈梅 李继陶

(51) Int. Cl.

H01S 3/083 (2006. 01)

H01S 3/22 (2006. 01)

H01S 3/06 (2006. 01)

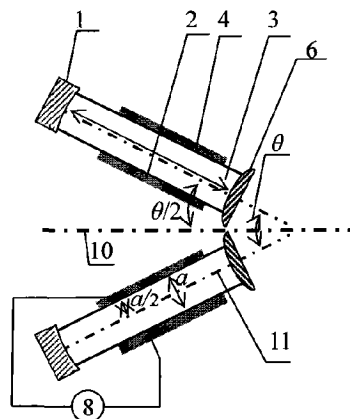
权利要求书 1 页 说明书 4 页 附图 1 页

(54) 发明名称

中空圆台谐振腔气体激光器

(57) 摘要

本发明中空圆台谐振腔气体激光器, 属光学和光学工程领域, 构建和提供一种产生特殊空间分布形状激光光束的气体激光器。该激光器输出的光束随着传输距离的增加, 从空心光束演化为实心光束, 再演化为空心光束。本发明由于采用圆环部分反射输出镜, 光束的腰斑位置位于腔外, 有效的降低了输出镜的需要承受的功率密度, 即使是高功率情况, 对输出镜的材质选取也容易实现, 且样品位置距离输出镜足够远并能有效利用光束的最大功率密度分布位置。由于该发明直接通过激光器在腔外实现和束, 容易实现高功率输出。本发明可以实现中小功率激光以及高功率激光。本发明实现的激光光束可以用于生物医学、科学研究以及对材料的特殊处理等方面。



1. 一种气体激光器,用于输出特殊形状的光束,其特征在于谐振腔为中空圆台形状,增益介质为中空圆台形状。

2. 按照权利要求 1 所述的激光器,其谐振腔为中空圆台谐振腔,其特征在于,在中空圆台形放电管的底部贴旋转对称凹面圆环形全反射镜(1),在圆台形放电管的顶部贴旋转对称凸面圆环部分反射镜(6)作输出镜用,激光器沿中心对称轴(10)的任一纵剖面内谐振腔对光线簇构成两个彼此独立的、相对于激光器中心对称轴(10)轴对称的凹凸腔(子腔),为稳定腔,两凹凸腔自己的腔轴(11)与激光器中心对称轴相交于点 O,两子腔输出光束的腰斑位置可以与交点 O 重合,也可以不重合,此时镜(1)的纵剖面为凹面全反镜,镜(6)的纵剖面为凸面部分反射镜,且输出面端为直线。

3. 一种中空圆台谐振腔气体激光器装置,包括玻璃或石英放电管(3),旋转对称凹面圆环形全反射镜(1),旋转对称凸面圆环部分反射镜(6),内电极(2),外电极(4),储气管(9),风机(7),水冷套(5),射频电源(8),镜(1)与放电管(3)底部连接,镜(6)与放电管(3)的顶部连接,内电极(2)紧贴于放电管(3)内侧壁,外电极(4)与放电管(3)外侧壁紧贴,射频电源及匹配网络(8)与内电极(2),外电极(4)连接,储气管(5)与放电管(3)连接并环绕放电管(3),水冷套(5)与放电管(3)外壁连接,风机(7)与放电管(3)连接,其特征在于放电管(3)是一个中空圆台形放电管,其内外壁均是一个圆台形管,由两个圆台形管之间的中空圆台形夹层空间构成放电区,它的底部和顶端分别由镜(3)和镜(6)真空性封贴,使中空圆台形夹层空间能抽高真空,在高真空条件下将氦氖混合气或二氧化碳,氮,氩混合气充入放电管。

中空圆台谐振腔气体激光器

[0001] 技术领域 本发明涉及光学和光学工程领域,主要是由中空圆台谐振腔来获得一种特殊形状的激光光束的气体激光的方法及装置。

[0002] 背景技术 激光光束的空间形状通常有实心光束和空心光束之分。它们在各自的应用领域发挥重要作用。空心光束的实现可以通过实心光束变换获得。气体激光光束质量好,方向性稳定。专利 ZL2007100483280 构建和提供了一种可直接产生中空激光光束的气体激光器。该发明简单可行。不过,该发明的激光器的输出光束的腰斑恰好位于输出镜位置,要想获得大功率的激光,对输出镜材质的选取以及冷却处理,必须重点考虑。并且由于该激光器输出光束的腰斑位于输出镜位置,此处功率密度分布最大,在使用过程中,由于样品放置与输出镜镜面必须保持一定的距离以保证输出镜不会被溅射污染,因此该激光器输出功率密度分布最大的地方不能的有效利用。第三就是该激光器的输出光束需要经过聚焦才可以获得包括极小尺寸在内的各种尺寸的中空激光光束。

[0003] 发明内容 本发明针对专利 ZL2007100483280 发明的更具有普适性的的方法及装置,目的在于构建和提供一种产生特殊空间形状激光光束的气体激光器,该激光器输出的光束随着传输距离的增加,从空心光束演化为实心光束,再演化为空心光束。通过合理设置谐振腔,两台该激光器的输出光束还可以实现空鼓形状激光区域。本发明不但继承了 ZL2007100483280 直接产生中空光束以及气体激光光束质量好,方向性稳定的优点,而且克服了它的输出光束从输出镜位置开始发散的缺点。本发明由于采用旋转对称圆环部分反射输出镜,且光束的腰斑位于腔外,有效的降低了输出镜的需要承受的功率密度,即使是高功率情况,对输出镜的材质的选取也容易实现,且输出光束的最小光束半径位置距离输出镜足够远,使实验样品能有效利用光束的最大功率密度分布位置且不会溅污输出镜片。由于该发明直接通过激光器在腔外实现和束,容易实现高功率输出。发明可以实现中小功率激光以及高功率激光,该发明实现的激光光束可以用于生物医学、科学研究以及对材料的特殊处理等方面。

[0004] 本发明的目的是由以下措施实现的:中空圆台气体激光器的装置按激光工作物质分为氦氖激光器或二氧化碳激光器,采用易于在异形放电区实现辉光放电的射频放电方式,激光器的特征在于其谐振腔是中空圆台形谐振腔,谐振腔的底部为旋转对称凹面圆环全反镜,顶部为旋转对称凸面圆环部分反射输出镜,用两顶角相等的中空圆台形状材料嵌套形成的中空圆台夹层为激光介质区域,该凹镜面以及凸镜面关于圆台形状介质区的中心轴线旋转对称,谐振腔沿激光介质区的中心对称轴线的纵剖面内的传输光线簇构成凹凸稳定腔,称为中空圆台形谐振腔的子腔,该子腔的腔轴和激光介质区的中心对称轴线相交,子腔输出光束的腰斑位置根据需要可以设置在输出镜距离子腔的对称轴线与激光介质区的中心对称轴线的交点之间、也可以与该交点重合或之外。因此,这种构建方法提供的激光器与同样放电区长度的一般气体激光器相比具有增益区体积和输出功率大很多(数量级的增加)的优点,由于输出光束的腰斑位于输出镜外,在同样输出功率情况下,本发明的输出镜比专利 ZL2007100483280 的输出镜单位面积需要承受的功率小很多(数量级的减小),并且由于输出光束的腰斑位于输出镜外,有利于样品有效利用光束最大功率密度分布位置,

比专利 ZL2007100483280(输出光束的腰斑位于输出镜上)更具有实用性。故可做成体积较小而输出较高的激光器装置。且子腔的腰斑位置可以根据需要合理设置,从而实现光束的空间分布出现空心光束到实心光束再到空心光束的演化。本发明的输出光束小功率情形可以用于激光生物医学研究(实现光扳手、光镊、光针灸等)、微电子以及激光教学实验等方面,大功率氦氖激光可以用于光动力学医疗,大功率二氧化碳激光可以用于材料的特殊处理。

[0005] 氦氖激光器,放电管采用玻璃或石英管。二氧化碳激光器,其激光波长范围从 9.2 到 10.8 微米,放电管采用玻璃或石英管或其它绝缘材料,大型的二氧化碳激光器采用射频放电激励方式或预电离激励方式,工作方式是连续的,采用风机驱动工作气体兼水冷散热方式,当对射频电源进行调制而进行脉冲放电时,工作方式则是脉冲的。

[0006] 附图说明图 1、2、3 是中空圆台型气体激光器装置结构立体图、装置的剖面图、中空圆台形激光器沿轴纵剖面内关于腔镜的示意图。

[0007] 在附图 1-3 中,1 是旋转对称凹面圆环形全反射镜,2 是内电极,3 是中空圆台形放电管,4 是外电极,5 是水冷套,6 是旋转对称凸面圆环部分反射镜,7 是风机,8 是射频电源及匹配网络,9 是储气管,1 是相对于 10 旋转对称的凹面镜,剖面内该镜的上、下部分之曲率中心分别位于 O_{11} 、 O_{12} ,曲率半径为 r_1 ,6 是相对于轴 10 旋转对称的凸面镜,剖面内该镜的上、下部分之曲率中心分别位于 O_{21} 、 O_{22} ,曲率半径为 r_2 ,1 是镜 1 和镜 6 之间的距离,即放电管的长度。当用于氦氖激光器时,附图 1-2 中,5 和 7 是不需要的,故用于该激光器时,5 和 7 被取消。图 2 中 10 为圆台形气体激光介质区的对称轴线,与图 3 中的 10 一致,11 为圆台形气体介质区的中心圆锥面与纵剖面的交线,也是该纵剖面内光线簇的轴线及谐振腔在该剖面区的子腔腔轴,上、下子腔输出光束的腰斑位置分别位于 O_{01} 、 O_{02} ,轴 10 与轴 11 的交点为 0。 O_{01} 、 O_{02} 可以设计为位于镜 6 和交点 0 之间,也可以都与 0 点重合。 θ 为中心圆锥面的顶角, a 为气体介质区的径向宽度,1 为介质区的长度。当放电管 3 被抽成高真空后充入气体激光介质,通过电极 2 和 4 的射频放电来激励介质,沿如图 2 所示任一剖面之轴线 11 传输的自发辐射感应的受激辐射受到放大,并在该剖面受到反射镜 1 和 6 的反复反射并建立振荡,输出由镜 6 的透射给出,当气体介质需冷却时则由 5 和 7 执行,当气体介质不需要冷却时,则不设 5 和 7,此时 5 和 7 与放电管 3 的连通管道是被真空密封性阻塞的,储气管 9 可使激光器有更多工作物质而延长使用寿命。

[0008] 具体实施方式下面结合附图和具体实施方式对本发明做详细描述。

[0009] 本发明的旋转对称凹面圆环形全反射镜 1 采用圆形光学玻璃或石英块作基底,对 He-Ne 激光器和 CO_2 激光器适用,采用致密性很好的硬度较高的圆铜块作基底,这对很高输出的 CO_2 激光器是适用的,采用孔切割装置将其中间的部分按环形镜内缘尺寸要求切割下来,但中间这部分应和环形块胶合在一起以便于磨制加工。研磨镜面的磨具采用低碳钢材料由数控机床按设计加工,由于镜面不具备单一曲率中心,故磨具也不具备单一曲率中心,故设计和加工较困难一些,但是它的曲面具有严格的旋转轴对称特性,因此磨具的加工不存在较大困难。磨具加工好后,对镜的研磨过程仍应保持严格的旋转轴对称要求,镜面研磨抛光后再将胶合在中心的一块取下,即可得到旋转对称曲面反射镜,经严格清洗并镀全反射膜后方可用于本发明器件上。本发明的凸面圆环部分反射镜 6,研磨过程与镜 1 的研磨过程一致,不同之处在于镜 6 是凸面作为部分反射镜反射面镀部分反射膜,与凸面相对的另一

面从迎着中心对称轴线的方向看是锥形,该锥形的母线与剖面的凹凸腔的腔轴垂直。镜6基底的材质,对于氦氖激光器可选用玻璃,对于二氧化碳激光,根据功率要求可选用锗片或硒化锌等。

[0010] 本发明的中空圆台形放电管3,对氦氖激光器则采用玻璃或石英熔化的液体注入处于一定温度的石墨模具内再逐渐冷却后制得。中空圆台形放电管由内外两层圆台形玻璃或石英管构成,故石墨模具应为两套。石墨强度较好,故能上车床较为精确地按设计加工,精度可达0.1毫米。当模具较长时,则可用几块石墨料分段加工后再组装,模具内外层均可采用一定的辅助夹具。模具在使用后若精度不够,则应修复或更换新的模具。本发明的中空圆台形放电管,对CO₂激光器则采用铝、铜或薄的不锈钢材料制作,内外两中空圆台形金属管则直接用作两放电电极。

[0011] 在本发明的激光器组装过程中,本发明的中空圆台形放电管3的内外两个圆台面的支撑和固定是通过采用专门支架来实现的。当为氦氖激光器时,两玻璃或石英圆台面的底部和顶部均是研磨的,底部圆环镜1的纵剖面为凹面,过该凹面的中点的直径平行于圆台母线,顶部圆环镜6的纵剖面反射面部分为凸面,过该凸面的中点的直径平行于圆台母线。镜1的背面研磨为平面,当镜1和中空圆台放电管胶合时,镜1的背面平面垂直于中空圆台放电管的对称轴线10。镜6的背面研磨为锥面。该锥面的纵剖面为直线垂直于中空圆台放电管的母线。选择一个两面彼此平行且平面度较高的玻璃或石英圆环,圆环的内缘半径比内圆台面底部的内缘半径略小,外缘半径比外圆台面底部的外缘半径略大。将此圆环置于一个不高的金属支架的较平的顶部,再将内外缘尺寸与圆台形管底部尺寸相配而略可松动的镜1置于该环上,将较轻的电极置于内层圆台形玻璃或石英管的内部,再将内圆台形管的底部置于该圆环上并位于轴对称曲面镜内缘之内,再将外层圆台面底部置于该圆环上并套在镜1的外缘,由于元件的加工确保了精度,故在光学校准仪器的适当监测和通过辅助手段对各元件适当调整后即可达到要求,然后再用真空密封胶将镜1、内外圆台管和圆环粘在一起,顶部的镜6则在事先已和轴线一致的校准光束监测下进行安装和胶合。再将外电极装上。该激光器可在该支架立式工作,从顶部输出,其优点是装配方便,光学元件受力很小。也可在装配完毕后横放或倒立式工作,但是在横放或倒立前应应对支架作一定处理,使其对内外层圆台形管有一定强度的辅助支撑,使其横放或倒立后内外层圆台管及电极的重力几乎均由支架支持,此时激光输出镜从横向或从下面输出。当为二氧化碳激光器时,由于内外层圆台形管为金属管且同时作为电极,故管的强度很高,其支撑问题容易解决,装配前的准备和装配过程与氦氖激光器的基本相同,值得注意的是在于两电极之间的绝缘问题,当用玻璃或石英基底轴对称曲面镜时,若镀介质膜则不存在问题,若镀金属膜,则应在两圆锥底部与全反射镜连接之间有绝缘层,不过射频电源的电压都是较低的。

[0012] 激光器组装好后,将放电管及连接部分均抽成高真空。对氦氖激光器当真空度达 $10^{-6} \times 133.3\text{Pa}$ 时,按Ne : He = 1 : 8的比例,充入混合气压强为 $0.8 \times 133.3\text{Pa}$,半反射镜对0.6328微米波长光波的反射率为98%,全反射镜反射率为99.8%以上,对其施以射频放电,即可获得输出。对二氧化碳激光器,当真空度达 $10^{-3} \times 133.3\text{Pa}$ 时,按CO₂ : N₂ : He = 1 : 1.5 : 7.5,总压为 $10 \times 133.3\text{Pa}$,半反射镜对10.6微米波长光波反射率为80%,全反射镜反射率为99%以上,对其施以射频放电,即可获得输出。

[0013] 实施例放电管3采用300毫米长的中空台形玻璃管,内外层圆台形管间间距a =

4 毫米,圆台的顶角为 2.29 度(0.04 弧度),全反射镜 1 为旋转对称凹面圆环形镜,内外缘半径分别为:16 毫米、20 毫米,剖面凹面的曲率半径为 1100 毫米,输出镜 6 为旋转对称凸面圆环形部分输出镜,内外缘半径分别为:10 毫米、14 毫米,剖面凸面的曲率半径为 900 毫米,剖面凹凸腔构成稳定腔,镜 6 输出的光束波长 632.8 纳米,环形光束环宽 0.66 毫米,环形光束暗中心半径 11.67 毫米,环形光束外环半径 12.33 毫米,距离输出镜 600 毫米远的环形光束环宽 0.53 毫米,环形光束暗中心半径 1.73 毫米,环形光束外环半径 2.26 毫米。

[0014] 中空圆台形谐振腔气体激光器,包括旋转对称凹面圆环形全反射镜,中空圆台形放电管,旋转对称凸面圆环部分反射镜,内电极,外电极,储气管,风机,射频电源及匹配网络,水冷套,参照图 1 至图 2,旋转对称凹面圆环形全反射镜 1 与中空圆台形放电管 3 的底部连接,凸面圆环部分反射镜 6 与放电管 3 的顶部连接,内电极 2 与放电管 3 内侧紧贴或由内层壁直接为内电极(当为金属材料时)外电极 4 与放电管外侧紧贴或由外层壁直接为外电极(当为金属材料时),储气管 9 与放电管相连接并环绕放电管,水冷套 5 环绕放电管,风机 7 通过储气管与放电管连接,射频电源及匹配网络 8 与内电极 2 和外电极 4 连接。其特征在于放电管 3 是一个中空圆台形放电管,其内外壁是圆台形管,由两圆台形管之间的圆台形夹层空间构成放电区,它的底部和顶端分别由全反射镜 1 和部分反射镜 6 真空性封贴,使中空圆台形夹层空间能抽高真空,在高真空条件下将氦氖混合气或二氧化碳、氮、氩混合气充入放电管 3,其特征还在于谐振腔是一个中空圆台形谐振腔,它由安装于中空圆台形放电管底部的旋转对称凹面圆环形全反射镜 1 和一个安装于放电管顶部的旋转对称凸面圆环部分反射镜 6 组成,全反射镜 1 的对称轴、部分反射镜 6 的对称轴与放电管 3 的轴线重合,在激光器沿放电管轴线的任一剖面内,全反镜 1 以及部分反射镜 6 都分别有两个曲率中心对称分布于放电管轴线两侧,谐振腔对剖面内光线簇构成两凹凸腔子腔,设计为稳定腔,该子腔输出光束的腰斑位于腔外。

[0015] 本发明与现有产生空心激光光束技术相比,具有如下特点:

[0016] 1,本发明产生的光束随传输距离的增加空心光束演化为实心光束,再演化为空心光束。

[0017] 2,本发明采用气体激光器,光束质量好,方向性稳定。

[0018] 3,本发明提出中空圆台型谐振腔直接产生中空激光光束,其中空激光光束的获得重复性好。

[0019] 4,本发明波长范围宽,适宜多种需要。

[0020] 本发明与现有专利 ZL2007100483280 相比,具有如下特点:

[0021] 1,本发明采用的谐振腔沿对称轴线的剖面为凹凸稳定腔(子腔),该子腔输出光束的腰斑位于腔外,对于同样高功率情况,输出镜需要承受的功率密度分布降低很多(数量级降低)。

[0022] 2,本发明输出光束的最小光束半径位置距离输出镜位置足够远,使实验样品能有效利用光束的最大功率密度分布位置且不会溅污输出镜片。

[0023] 3,本发明通过激光器在腔外直接实现和束,容易实现高功率输出。

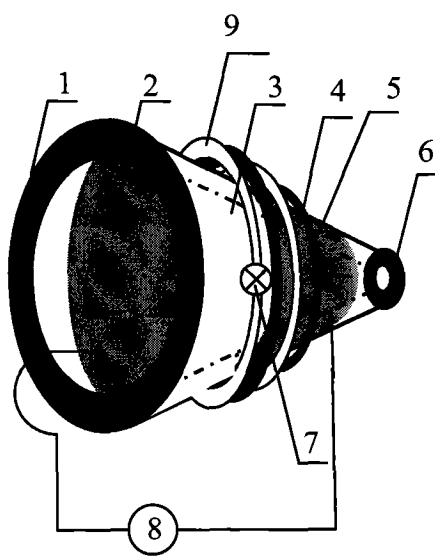


图 1

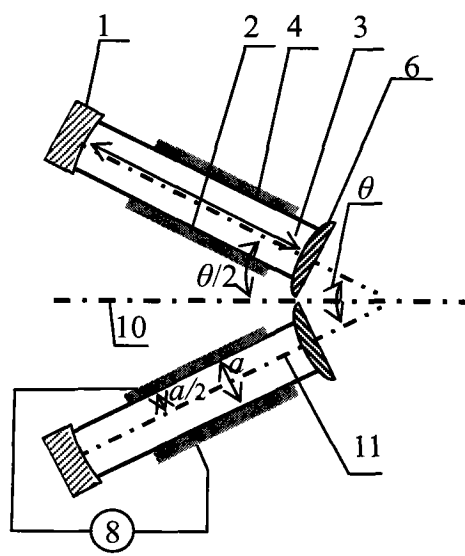


图 2

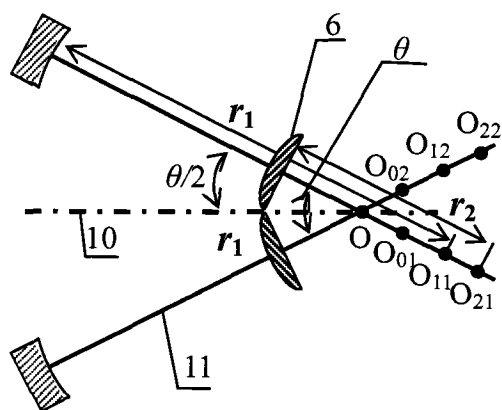


图 3