



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 103346466 B

(45) 授权公告日 2015.09.16

(21) 申请号 201310229312.5

CN 203387044 U, 2014.01.08, 1-10.

(22) 申请日 2013.06.09

US 2007/0195322 A1, 2007.08.23, 全文.

(73) 专利权人 中国电子科技集团公司第十一研究所

审查员 罗文飞

地址 100015 北京市朝阳区酒仙桥路4号

(72) 发明人 毛小洁 秘国江 庞庆生 邹跃

(74) 专利代理机构 工业和信息化部电子专利中心 11010

代理人 罗丹

(51) Int. Cl.

H01S 3/086(2006.01)

H01S 3/115(2006.01)

(56) 对比文件

CN 101697398 A, 2010.04.21, 说明书

[0018]~[0029]段,附图1.

CN 103022886 A, 2013.04.03, 全文.

CN 1545172 A, 2004.11.10, 全文.

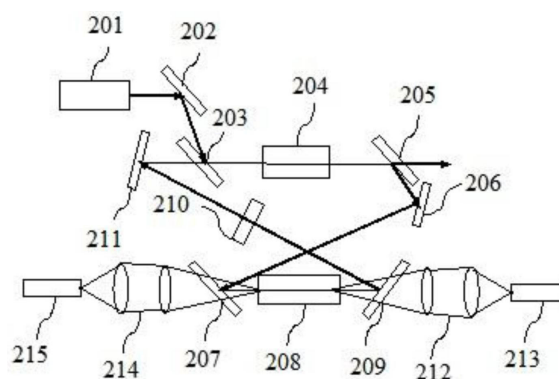
权利要求书2页 说明书6页 附图1页

(54) 发明名称

一种激光再生放大器

(57) 摘要

本发明公开了一种激光再生放大器,包括:全固态皮秒激光锁模振荡器、第一光路调整模块、8字形光路谐振腔、耦合模块和泵浦模块,其中,8字形光路谐振腔中包含平行放置的调Q晶体和增益晶体,泵浦模块发出的泵浦光经过耦合模块耦合进入增益晶体,全固态皮秒激光锁模振荡器发出种子光经过第一光路调整模块进行光路调整后进入8字形谐振腔,在增益晶体中经过多次放大后透过调Q晶体输出。采用本发明的技术方案,可以使再生放大光不会沿种子光传输光路返回,有效解决再生放大光对种子光的影响。



1. 一种激光再生放大器,其特征在于,包括:全固态皮秒激光锁模振荡器、第一光路调整模块、8 字形光路谐振腔、耦合模块和泵浦模块,其中,8 字形光路谐振腔中包含平行放置的调 Q 晶体和增益晶体;

泵浦模块发出的泵浦光经过耦合模块耦合进入增益晶体,全固态皮秒激光锁模振荡器发出种子光经过第一光路调整模块进行光路调整后进入 8 字形谐振腔,在增益晶体中经过多次放大后透过调 Q 晶体输出;

所述 8 字形光路谐振腔,包括:位于 8 字形光路谐振腔顶端依次排列的第一反射模块、第一偏振模块、调 Q 晶体和第二偏振模块,位于 8 字形光路谐振腔底端依次平行排列的第一双色镜模块、增益晶体和第二双色镜模块,以及,位于 8 字形光路谐振腔中部交叉光路上的偏振方向调整模块和第二反射模块;

在种子光为垂直偏振的种子光的情况下:

所述第一偏振模块和第二偏振模块为偏振片或格兰棱镜,其放置的方向为适于反射垂直偏振光、透射水平偏振光;

在再生光的每一个输出周期内,所述调 Q 晶体在种子光透过之后上电,直到增益晶体中的能级反转粒子数达到最大时断电;

进入 8 字形光路谐振腔中的垂直偏振种子光经过第一偏振模块反射后进入未上电的调 Q 晶体,经过调 Q 晶体透射后入射到第二偏振模块,经过第二偏振模块反射的垂直偏振种子光经过第二反射模块反射后到达第一双色镜模块,第一双色镜模块将垂直偏振种子光反射进入增益晶体,经过增益晶体放大后得到的垂直偏振再生光输出到第二双色镜模块,第二双色镜模块将垂直偏振再生光反射后经偏振方向调整模块得到水平偏振再生光,再经第一反射模块反射后透过第一偏振模块进入上电的调 Q 晶体转换成垂直偏振再生光,依前述光路在 8 字形光路谐振腔中进行多次放大,直到增益晶体中的能级反转粒子数达到最大时,经过多次放大的再生光依次透过断电的调 Q 晶体和第二偏振模块输出。

2. 根据权利要求 1 所述的激光再生放大器,其特征在于,所述第一光路调整模块为偏振片或格兰棱镜,在种子光为垂直偏振的种子光的情况下,其放置的方向为适于反射垂直方向偏振光,在种子光为水平偏振的种子光的情况下,其放置的方向为适于反射水平方向偏振光。

3. 根据权利要求 1 所述的激光再生放大器,其特征在于,所述第一光路调整模块为平面反射镜。

4. 根据权利要求 1 所述的激光再生放大器,其特征在于,在种子光为水平偏振的种子光的情况下:

所述第一偏振模块和第二偏振模块为偏振片或格兰棱镜,其放置的方向为适于反射水平偏振光、透射垂直偏振光;

在再生光的每一个输出周期内,所述调 Q 晶体在种子光透过之后上电,直到增益晶体中的能级反转粒子数达到最大时断电;

进入 8 字形光路谐振腔中的水平偏振种子光经过第一偏振模块反射后进入未上电的调 Q 晶体,经过调 Q 晶体透射后入射到第二偏振模块,经过第二偏振模块反射的水平偏振种子光经过第二反射模块反射后到达第一双色镜模块,第一双色镜模块将水平偏振种子光反射进入增益晶体,经过增益晶体放大后得到的水平偏振再生光输出到第二双色镜模块,

第二双色镜模块将水平偏振再生光反射后经偏振方向调整模块得到垂直偏振再生光,再经第一反射模块反射后透过第一偏振模块进入上电的调 Q 晶体转换成水平偏振再生光,依前述光路在 8 字形光路谐振腔中进行多次放大,直到增益晶体中的能级反转粒子数达到最大时,经过多次放大的再生光依次透过断电的调 Q 晶体和第二偏振模块输出。

5. 根据权利要求 1 所述的激光再生放大器,其特征在于,所述全固态皮秒激光锁模振荡器为 Nd:YVO₄锁模皮秒振荡器;

所述耦合模块采用光学耦合系统,其耦合比例为 1:1.5 ~ 1:2;

所述泵浦模块采用端面连续泵浦或者端面脉冲泵浦的方式将泵浦光入射到增益晶体中。

6. 根据权利要求 1 所述的激光再生放大器,其特征在于,所述第一反射模块和第二反射模块为平面反射镜;

所述第一双色镜模块和第二双色镜模块为平凸双色镜,其平面一侧镀有泵浦光增透膜,凸面一侧依次镀有泵浦光增透膜和再生光全反膜;

所述偏振方向调整模块为二分之一波片。

7. 根据权利要求 1 所述的激光再生放大器,其特征在于,所述第一双色镜模块和第二双色镜模块为平面双色镜,其一面镀有泵浦光增透膜,另一面镀有再生光全反膜。

8. 根据权利要求 1 所述的激光再生放大器,其特征在于,所述调 Q 晶体为 BBO 晶体或者 KD*P 晶体,所述增益晶体为 Nd:YAG 晶体。

一种激光再生放大器

技术领域

[0001] 本发明涉及激光放大技术领域,尤其涉及一种激光再生放大器。

背景技术

[0002] 经锁模激光器产生的高重复频率光脉冲具有极窄的脉冲宽度,通常为 $10^{-10} \sim 10^{-15}$ 秒,受到人们广泛的关注,但是其单脉冲能量为纳焦量级,峰值功率较低,大大限制了其在某些领域的应用。

[0003] 为了得到更高峰值功率和更大的单脉冲能量,需要对种子光进行光放大,通常采用的放大方式有单通、多通以及再生放大方式。单通方式只经过增益介质一次,提取的能量较低;多通方式虽然能够多次提取能量,但是不能保证种子光和泵浦光在增益介质内能够有效的模式匹配,提取效率和光束质量都会降低;而再生放大器是一个稳定的谐振腔,能够保证种子光和泵浦光完全共线耦合,提升了放大效率和输出的光束质量。

[0004] 目前行业内常见的激光再生放大器,在种子光导入和再生光导出过程中,采用的法拉第隔离器能起到一定的隔离再生光和种子光的作用,但有一些再生光会返回种子腔,影响了种子光的稳定性。还有的再生放大器采用更严格的隔离措施,种子光导入和再生光导出过程引入两个以上法拉第隔离器,但再生光和种子光仍然在一条光路上,由于再生光单脉冲能量达到 mJ 量级,峰值功率极高,也不能完全保证不会有再生光返回种子腔,而且结构复杂,体积较大。为此,通常的做法是,使种子光和再生光保持一定的小角度,不完全重合。由于再生放大时,种子光在谐振腔内往返几十次后,光路偏离主光路太多,有可能不输出再生光,即使出光,调节难度也非常大。

[0005] 由上述可见,现有的再生放大器的种子光导入方式和再生光导出方式存在再生光返回种子腔,影响种子光锁模稳定性的问题。

发明内容

[0006] 本发明要解决的技术问题是,提供一种激光再生放大器,使得再生光不会沿种子光传输光路返回,有效解决再生光对种子光的影响。

[0007] 本发明采用的技术方案是,所述激光再生放大器,包括:全固态皮秒激光锁模振荡器、第一光路调整模块、8 字形光路谐振腔、耦合模块和泵浦模块,其中,8 字形光路谐振腔中包含平行放置的调 Q 晶体和增益晶体,泵浦模块发出的泵浦光经过耦合模块耦合进入增益晶体,全固态皮秒激光锁模振荡器发出种子光经过第一光路调整模块进行光路调整后进入 8 字形谐振腔,在增益晶体中经过多次放大后透过调 Q 晶体输出。

[0008] 进一步的,作为一种可选的技术方案,所述第一光路调整模块为偏振片或格兰棱镜,在种子光为垂直偏振的种子光的情况下,其放置的方向为适于反射垂直方向偏振光,在种子光为水平偏振的种子光的情况下,其放置的方向为适于反射水平方向偏振光。

[0009] 进一步的,作为一种可选的技术方案,所述第一光路调整模块为平面反射镜。

[0010] 进一步的,所述 8 字形光路谐振腔,包括:位于 8 字形光路谐振腔顶端依次排列的

第一反射模块、第一偏振模块、调 Q 晶体和第二偏振模块,位于 8 字形光路谐振腔底端依次平行排列的第一双色镜模块、增益晶体和第二双色镜模块,以及,位于 8 字形光路谐振腔中部交叉光路上的偏振方向调整模块和第二反射模块。

[0011] 进一步的,在种子光为垂直偏振的种子光的情况下:

[0012] 所述第一偏振模块和第二偏振模块为偏振片或格兰棱镜,其放置的方向为适于反射垂直偏振光、透射水平偏振光;

[0013] 在再生光的每一个输出周期内,所述调 Q 晶体在种子光透过之后上电,直到增益晶体中的能级反转粒子数达到最大时断电;

[0014] 进入 8 字形光路谐振腔中的垂直偏振种子光经过第一偏振模块反射后进入未上电的调 Q 晶体,经过调 Q 晶体透射后入射到第二偏振模块,经过第二偏振模块反射的垂直偏振种子光经过第二反射模块反射后到达第一双色镜模块,第一双色镜模块将垂直偏振种子光反射进入增益晶体,经过增益晶体放大后得到的垂直偏振再生光输出到第二双色镜模块,第二双色镜模块将垂直偏振再生光反射后经偏振方向调整模块得到水平偏振再生光,再经第一反射模块反射后透过第一偏振模块进入上电的调 Q 晶体转换成垂直偏振再生光,依前述光路在 8 字形光路谐振腔中进行多次放大,直到增益晶体中的能级反转粒子数达到最大时,经过多次放大的再生光依次透过断电的调 Q 晶体和第二偏振模块输出。

[0015] 进一步的,在种子光为水平偏振的种子光的情况下:

[0016] 所述第一偏振模块和第二偏振模块为偏振片或格兰棱镜,其放置的方向为适于反射水平偏振光、透射垂直偏振光。

[0017] 在再生光的每一个输出周期内,所述调 Q 晶体在种子光透过之后上电,直到增益晶体中的能级反转粒子数达到最大时断电;

[0018] 进入 8 字形光路谐振腔中的水平偏振种子光经过第一偏振模块反射后进入未上电的调 Q 晶体,经过调 Q 晶体透射后入射到第二偏振模块,经过第二偏振模块反射的水平偏振种子光经过第二反射模块反射后到达第一双色镜模块,第一双色镜模块将水平偏振种子光反射进入增益晶体,经过增益晶体放大后得到的水平偏振再生光输出到第二双色镜模块,第二双色镜模块将水平偏振再生光反射后经偏振方向调整模块得到垂直偏振再生光,再经第一反射模块反射后透过第一偏振模块进入上电的调 Q 晶体转换成水平偏振再生光,依前述光路在 8 字形光路谐振腔中进行多次放大,直到增益晶体中的能级反转粒子数达到最大时,经过多次放大的再生光依次透过断电的调 Q 晶体和第二偏振模块输出。

[0019] 进一步的,所述全固态皮秒激光锁模振荡器为 Nd:YVO₄锁模皮秒振荡器;

[0020] 所述耦合模块采用光学耦合系统,其耦合比例为 1:1.5 ~ 1:2;

[0021] 所述泵浦模块采用端面连续泵浦或者端面脉冲泵浦的方式将泵浦光入射到增益晶体中。

[0022] 进一步的,所述第一反射模块和第二反射模块为平面反射镜;

[0023] 所述第一双色镜模块和第二双色镜模块为平凸双色镜,其平面一侧镀有泵浦光增透膜,凸面一侧依次镀有泵浦光增透膜和再生光全反膜;或者,所述第一双色镜模块和第二双色镜模块为平面双色镜,其一面镀有泵浦光增透膜,另一面镀有再生光全反膜;

[0024] 所述偏振方向调整模块为二分之一波片。

[0025] 进一步的,所述调 Q 晶体为 BBO 晶体或者 KD*P 晶体,所述增益晶体为 Nd:YAG 晶体。

[0026] 采用上述技术方案,本发明所述激光再生放大器至少具有下列优点:

[0027] 1) 再生放大光不会沿种子光传输光路返回,有效解决再生放大光对种子光的影响。

[0028] 2) 当泵浦模块采用端面泵浦的方式将泵浦光入射到增益晶体中时,能够补偿增益晶体的热效应,使环形腔再生放大器对热效应不灵敏。

[0029] 3) 采用平凸双色镜对入射光进行反射,可以减少放大晶体的发热而产生的自聚焦,高效利用泵浦光,输出大能量、高光束质量的再生光。

附图说明

[0030] 图1为本发明第一实施例的激光再生放大器光路结构示意图;

[0031] 图2为本发明应用实例的双端泵浦8字形谐振腔激光再生放大器光路示意图。

具体实施方式

[0032] 为更进一步阐述本发明为达成预定目的所采取的技术手段及功效,以下结合附图及较佳实施例,对本发明进行详细说明如后。

[0033] 本发明第一实施例,一种激光再生放大器,如图1所示,包括:全固态皮秒激光锁模振荡器101、第一光路调整模块102、8字形光路谐振腔、耦合模块(112、114)和泵浦模块(113、115),其中,8字形光路谐振腔中包含平行放置的调Q晶体104和增益晶体108,泵浦模块(113、115)发出的泵浦光经过耦合模块(112、114)耦合进入增益晶体108,全固态皮秒激光锁模振荡器101发出种子光经过第一光路调整模块102进行光路调整后进入8字形谐振腔,在增益晶体108中经过多次放大后透过调Q晶体104输出。

[0034] 全固态皮秒激光锁模振荡器101为Nd:YVO₄锁模皮秒振荡器。

[0035] 第一光路调整模块102为偏振片或格兰棱镜,在种子光为垂直偏振的种子光的情况下,其放置的方向为适于反射垂直方向偏振光,在种子光为水平偏振的种子光的情况下,其放置的方向为适于反射水平方向偏振光;或者,第一光路调整模块102为平面反射镜。

[0036] 8字形光路谐振腔,包括:位于8字形光路谐振腔顶端依次排列的第一反射模块111、第一偏振模块103、调Q晶体104和第二偏振模块105,位于8字形光路谐振腔底端依次平行排列的第一双色镜模块107、增益晶体108和第二双色镜模块109,以及,位于8字形光路谐振腔中部交叉光路上的偏振方向调整模块110和第二反射模块106。

[0037] 第一反射模块111和第二反射模块106为平面反射镜;

[0038] 第一双色镜模块107和第二双色镜模块109为平面双色镜,其一面镀有泵浦光增透膜,另一面镀有再生光全反膜;或者,优选的,第一双色镜模块107和第二双色镜模块109为平凸双色镜,其平面一侧镀有泵浦光增透膜,凸面一侧依次镀有泵浦光增透膜和再生光全反膜。凸面镜在反射时对光线有发散作用,可以减少增益晶体108对激光的自聚焦作用,避免由热对晶体产生的损坏,并保证光束直径不发生太大变化。

[0039] 偏振方向调整模块110为二分之一波片。

[0040] 调Q晶体为BBO晶体或者KD*P晶体,增益晶体108为Nd:YAG晶体。

[0041] 耦合模块(112、114)采用光学耦合系统,其耦合比例为1:1.5~1:2,优选的,其耦合比例为1:2。

[0042] 泵浦模块(113、115)采用半导体激光器,通过端面连续泵浦或者端面脉冲泵浦的方式将泵浦光入射到增益晶体 108 中。

[0043] 本实施例中,种子光可以是垂直偏振的也可以是水平偏振的,下面分两种情况对光路进行说明。

[0044] 1) 在种子光为垂直偏振的种子光的情况下:

[0045] 第一偏振模块 103 和第二偏振模块 105 为偏振片或格兰棱镜,其放置的方向为适于反射垂直偏振光、透射水平偏振光;

[0046] 在再生光的每一个输出周期内,调 Q 晶体 104 在种子光透过之后上电,直到增益晶体 108 中的能级反转粒子数达到最大时断电。在实现时,可以在第一偏振模块 103 的左侧设置激光探测器,一旦激光探测器探测到即将返回调 Q 晶体 104 的再生光,则为调 Q 晶体 104 上电。

[0047] 进入 8 字形光路谐振腔中的垂直偏振种子光经过第一偏振模块 103 反射后进入未上电的调 Q 晶体 104,经过调 Q 晶体 104 透射后入射到第二偏振模块 105,经过第二偏振模块 105 反射的垂直偏振种子光经过第二反射模块 106 反射后到达第一双色镜模块 107,第一双色镜模块 107 将垂直偏振种子光反射进入增益晶体 108,经过增益晶体 108 放大后得到的垂直偏振再生光输出到第二双色镜模块 109,第二双色镜模块 109 将垂直偏振再生光反射后经偏振方向调整模块 110 得到水平偏振再生光,再经第一反射模块 111 反射后透过第一偏振模块 103 进入上电的调 Q 晶体 104 转换成垂直偏振再生光,依前述光路在 8 字形光路谐振腔中进行多次放大,直到依次透过断电的调 Q 晶体和第二偏振模块输出。需要说明的是,调 Q 晶体 104 断电时也即增益晶体 108 中的能级反转粒子数达到最大时,此时,经过多次放大的再生光依次透过断电的调 Q 晶体和第二偏振模块输出。

[0048] 2) 在种子光为水平偏振的种子光的情况下:

[0049] 第一偏振模块 103 和第二偏振模块 105 为偏振片或格兰棱镜,其放置的方向为适于反射水平偏振光、透射垂直偏振光。

[0050] 在再生光的每一个输出周期内,调 Q 晶体 104 在种子光透过之后上电,直到增益晶体 108 中的能级反转粒子数达到最大时断电;

[0051] 进入 8 字形光路谐振腔中的水平偏振种子光经过第一偏振模块 103 反射后进入未上电的调 Q 晶体 104,经过调 Q 晶体 104 透射后入射到第二偏振模块 105,经过第二偏振模块 105 反射的水平偏振种子光经过第二反射模块 106 反射后到达第一双色镜模块 107,第一双色镜模块 107 将水平偏振种子光反射进入增益晶体 108,经过增益晶体 108 放大后得到的水平偏振再生光输出到第二双色镜模块 109,第二双色镜模块 109 将水平偏振再生光反射后经偏振方向调整模块 110 得到垂直偏振再生光,再经第一反射模块 111 反射后透过第一偏振模块 103 进入上电的调 Q 晶体 104 转换成水平偏振再生光,依前述光路在 8 字形光路谐振腔中进行多次放大,直到依次透过断电的调 Q 晶体和第二偏振模块输出。需要说明的是,调 Q 晶体 104 断电时也即增益晶体 108 中的能级反转粒子数达到最大时,此时,经过多次放大的再生光依次透过断电的调 Q 晶体和第二偏振模块输出。

[0052] 下面基于第一实施例介绍一个本发明的应用实例,具体为一种双端泵浦 8 字形谐振腔激光再生放大器,如图 2 所示。该激光再生放大器包括位于主光路的器件以及从光路的器件两部分。

[0053] 第一部分 :位于主光路的器件包括 :

[0054] 全固态皮秒激光锁模振荡器,是 Nd:YV04 锁模皮秒振荡器,用于提供垂直偏振的皮秒脉冲种子光,输出功率为 300mw,波长为 1064nm,重复频率为 91.8MHz,脉冲宽度 10ps,单脉冲能量 3.3nJ ;

[0055] 种子光导入第一偏振片 202,适于反射垂直方向偏振光,经过反射的种子光导入第二偏振片 203,经过反射后入射到 BBO 晶体 204 中。偏振片对激光的处理方式跟偏振片摆放的方向有关,本应用实例采用的是垂直偏振种子光,因此,将偏振片摆放成适于反射垂直方向偏振光,透射水平方向偏振光。

[0056] BBO 晶体 204,控制其上施加的电压,使得当不对该电光 BBO 晶体施加电压时相当于平片,当对该电光 BBO 晶体施加二分之一电压时相当于二分之一波片 ;

[0057] 再生光输出偏振片 205,适于反射垂直方向偏振光,透射水平方向偏振光 ;再生光输出偏振片 205 和第一平面反射镜 206、第一平凸双色镜 207、第二平凸双色镜 209 和第二平面反射镜 211 构成的 8 字形谐振腔 ;

[0058] Nd:YAG 晶体 208,提供增益 ;

[0059] 二分之一波片 210,使水平方向偏振光变为垂直方向偏振光,使垂直方向偏振光变为水平方向偏振光 ;

[0060] 其中,第二偏振片 203 和再生光输出偏振片 205 放置方向相同,所述电光 BBO 晶体 204 加电压时,使其反复经过 Nd:YAG 晶体 208 多次提取能量,当种子光能量达到最大即 Nd:YAG 晶体 208 中的能级反转粒子数达到最大时,对 BBO 晶体 204 退电压将再生光输出。

[0061] 本应用实例中,第一平面反射镜 206 为 45° 反射镜 ;第一平凸双色镜 207 和第二平凸双色镜 209 凸面镀 1064nm 全反膜和 808nm 增透膜,平面镀 808nm 增透膜 ;凸面曲率半径为 1000mm。第一平凸双色镜 207 和第二平凸双色镜 209 放置在 Nd:YAG 晶体 208 的两侧,相距 150mm。

[0062] 本应用实例中,第二平面反射镜 211 为 30° 反射镜 ;第一平凸双色镜 207 和第二平凸双色镜 209 之间放置 Nd:YAG 晶体 208,第二平凸双色镜 209 和第二平面反射镜 211 之间放置二分之一波片 210。

[0063] 本应用实例中, Nd:YAG 晶体 208 直径为 3mm,长度为 50mm。位于第一平凸双色镜 207 和第二平凸双色镜 209 正中间,参杂原子分数为 0.6 ~ 1%,优选的为 0.6%,低的参杂原子分数既可以降低 Nd:YAG 晶体 208 的热透镜焦距,又可以避免自聚焦引起晶体的损坏。

[0064] 本应用实例中,设计的 8 字形光路谐振腔的长度为 1.6m, Nd:YAG 晶体 208 中的再生光模半径为 0.65mm, BBO 晶体 204 位于 8 字形光路谐振腔的光模较大处,可避免 BBO 晶体的损坏。

[0065] 第二部分 :位于从光路的器件包括 :

[0066] 第一泵浦半导体激光器 213 和第二泵浦半导体激光器 215,为 nLIGHT 公司生产的光纤输出、数值孔径 0.22、光纤芯径 600 μ m、最大输出功率为 50W 的半导体激光器。Nd:YAG 晶体 208 的泵浦方式为端面连续泵浦,泵浦电流为 5A ~ 6A。冷却方式采用水冷,温度设置为 21 \pm 0.5℃。

[0067] 本应用实例中,第一泵浦半导体激光器 213 和第二泵浦半导体激光器 215 通过第一泵浦光耦合系统 212 和第二泵浦光耦合系统 214 泵浦 Nd:YAG 晶体 208。第一泵浦光耦合

系统 212 和第二泵浦光耦合系统 214 的耦合比例为 1:2。使泵浦光和再生光达到好的模式匹配,有利于提高抽取效率。

[0068] 利用上述双端泵浦 8 字形谐振腔激光再生放大器进行光放大的光路描述如下:

[0069] 垂直偏振的种子光经过第一偏振片 202 和第二偏振片 203 反射到未加高电压(6000V)的 BBO 晶体 204;

[0070] 穿过 BBO 晶体 204 后入射到再生光输出偏振片 205,并被再生光输出偏振片 205 反射到第一平面反射镜 206,然后经第一平面反射镜 206 反射到第一平凸双色镜 207;

[0071] 第一平凸双色镜 207 反射进入 Nd:YAG 晶体 208,通过 Nd:YAG 晶体 208 后经第二平凸双色镜 209 反射;经第二平凸双色镜 209 反射的种子光通过二分之一波片 210,此时垂直偏振的种子光方向旋转 90° ,变为水平方向的种子光;

[0072] 经第二平面反射镜 211 后穿过第二偏振片 203,此时 BBO 晶体 204 已加二分之一高压 6000V,种子光在第二偏振片 203、第一平面反射镜 206、第一平凸双色镜 207、第二平凸双色镜 209 和第二平面反射镜 211 组成的 8 字形谐振腔中多次振荡,并被放大,直到将 BBO 晶体 204 的二分之一高压 6000V 去掉,放大后的激光穿过再生光输出偏振片 205 输出。

[0073] 本应用实例中,种子光波形稳定,由于不受再生光的影响,可以长时间稳定工作。

[0074] 再生光在重复频率 1000Hz,双端泵浦电流 5A 时输出最大单脉冲能量 2.0mJ 的放大激光。冷却 Nd:YAG 棒 108 的水温在 20.5℃和 21.5℃时,都能稳定输出单脉冲能量 2.0mJ,得益于端面泵浦能够补偿增益晶体的热效应,使 8 字形谐振腔再生放大器对热效应不灵敏。

[0075] 再生光的远场光斑中心圆度较好,大部分能量分布在中心的爱里斑处,呈基横模特性。在 X 方向的光束质量因子为 1.3,在 Y 方向的光束质量因子为 1.6。

[0076] 另外, Nd:YAG 晶体 208 也可以选择脉冲泵浦方式。

[0077] 本发明实施例以及应用实例的激光再生放大器,可以使再生放大光不会沿种子光传输光路返回,有效解决再生放大光对种子光的影响。又能够补偿增益晶体的热效应,使再生放大器对热效应不灵敏,从而能够输出大能量、高光束质量的再生光。

[0078] 应当说明,以上实施例仅用以说明本发明的技术方案而非限制,本领域的普通技术人员应当理解,对本发明的技术方案进行修改或者等同替换,比如使用类似的腔型,以及在类似的腔型中替换增益晶体以及相应的镜片镀膜参数和曲率等参数都不脱离本发明技术方案的精神和范围,其均应涵盖在本发明的权利要求范围当中。

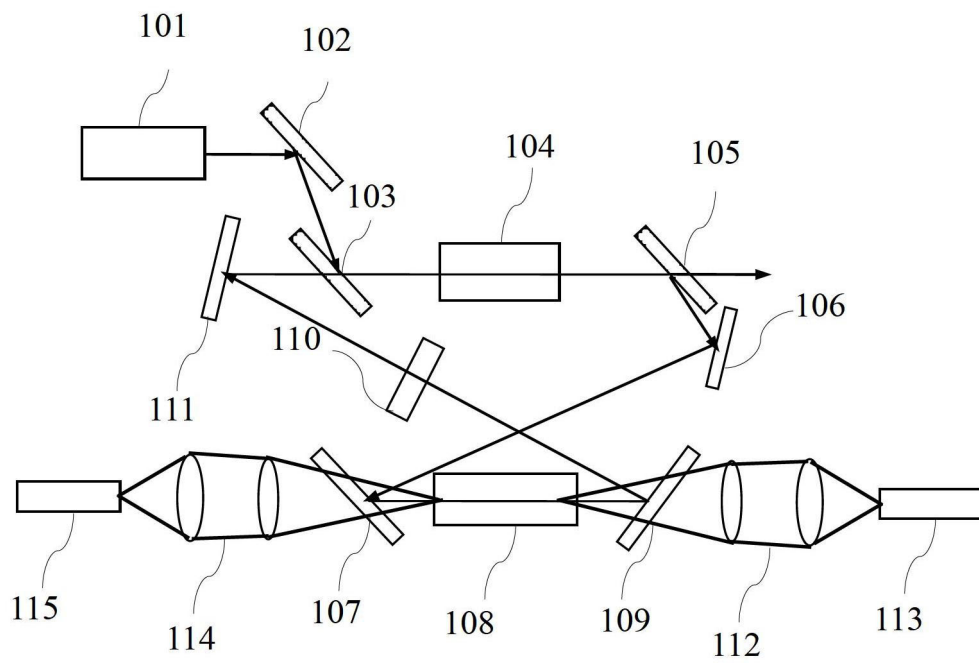


图 1

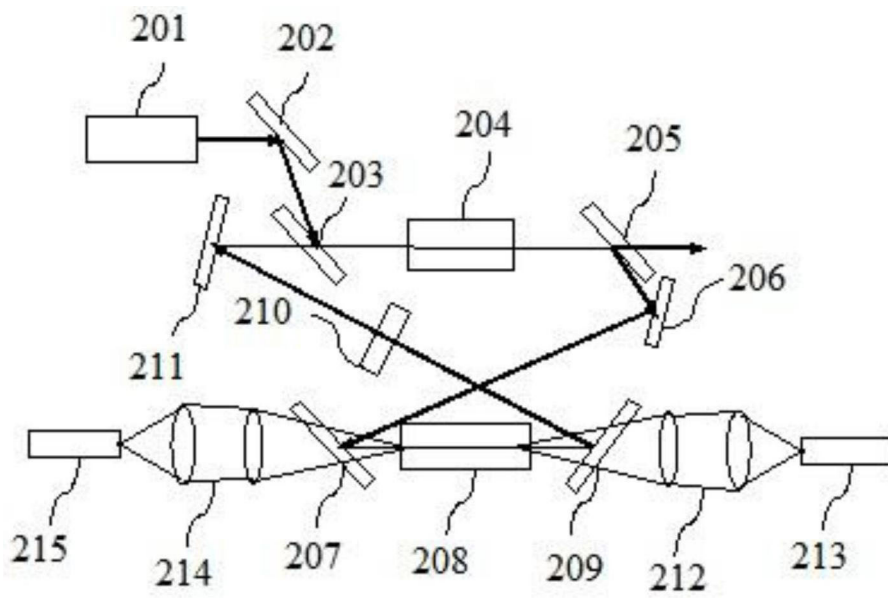


图 2