



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 103636082 A

(43) 申请公布日 2014. 03. 12

(21) 申请号 201280024351. 5

(22) 申请日 2012. 04. 18

(30) 优先权数据

1153358 2011. 04. 18 FR

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2013. 11. 19

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/FR2012/050850 2012. 04. 18

(87) PCT国际申请的公布数据

W02012/172213 FR 2012. 12. 20

(71) 申请人 巴黎综合理工学院

地址 法国帕莱索

(72) 发明人 丹尼·阿尔巴赫

简·克利斯朵夫·尚特卢

安东尼奥·卢恰内蒂 蒂埃里·诺沃

伯纳德·文森特

(74) 专利代理机构 北京柏杉松知识产权代理事

务所(普通合伙) 11413

代理人 王春伟 刘继富

(51) Int. Cl.

H01S 3/04 (2006. 01)

H01S 3/042 (2006. 01)

H01S 3/06 (2006. 01)

H01S 5/024 (2006. 01)

H01S 3/08 (2006. 01)

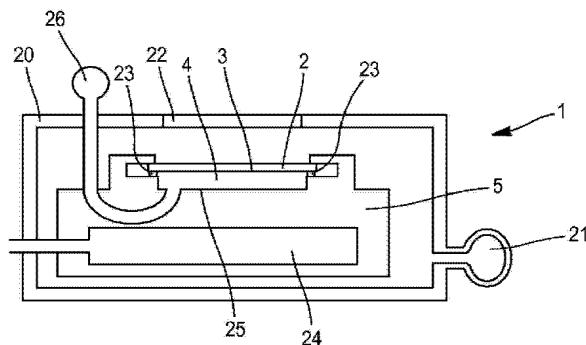
权利要求书2页 说明书15页 附图6页

(54) 发明名称

用于管理光学元件中的热的设备及相关的热管理方法

(57) 摘要

本发明涉及一种用于管理光学元件(2)中的热的设备(1),包括:光学元件(2);参考温度下的材料(5);和直接位于参考温度下的材料(5)和光学元件(2)之间的中间气体层(4),所述中间气体层(4)在其至少一部分厚度上处于由中间气体层(4)的厚度限定的所谓的瞬时扩散状态,使得中间气体层(4)中的气体分子的平均自由程与所述厚度的比值在0.1和10之间。本发明的特征在于中间气体层的厚度在10 μm和5mm之间。本发明还涉及一种在所述设备(1)中实施用于管理光学元件(2)的温度的热管理方法。



1. 一种用于光学元件(2)的热管理的设备(1),包括:
 - 光学元件(2);
 - 参考温度下的材料(5);和
 - 直接位于所述参考温度下的材料(5)和所述光学元件(2)之间的中间气体层(4),其特征在于,所述中间气体层(4)在其至少一部分厚度上处于由所述中间气体层(4)的厚度限定的被称为“瞬态”的扩散状态,使得所述中间气体层(4)中的气体分子的平均自由程与所述厚度的比值在0.1和10之间,并且所述中间气体层的厚度在10 μ m和5mm之间。
2. 根据权利要求1所述的设备(1),其特征在於,所述光学元件(2)包括以下中的至少一种元件:
 - 增益介质;
 - 非线性变频介质;
 - 多折射介质;
 - 起偏振作用的介质;
 - 折光元件;
 - 反射元件;或
 - 半导体介质。
3. 根据权利要求1或2所述的设备(1),其特征在於,所述中间气体层(4)被限制在封闭空间(25)中。
4. 根据权利要求1至3中任一项所述的设备(1),其特征在於,所述参考温度下的材料(5)的温度低于200K,且所述光学元件(2)是由所述参考温度下的材料(5)冷却的固体增益介质。
5. 根据权利要求1至4中任一项所述的设备(1),其特征在於,所述中间气体层(4)的至少90%由氦气组成。
6. 根据权利要求1至5中任一项所述的设备(1),其特征在於所述设备(1)包括以下中的至少一个控制装置(61):
 - 所述中间气体层(4)的厚度的控制装置;
 - 所述中间气体层(4)中的压力的控制装置;
 - 所述参考温度下的材料(5)的温度的控制装置。
7. 根据权利要求6所述的设备(1),其特征在於所述设备(1)包括用于局部地控制所述中间气体层的厚度、所述中间气体层(4)中的压力和/或所述参考温度下的材料(5)的温度的至少一个控制装置(85)。
8. 根据权利要求6或7所述的设备,其特征在於所述设备(1)包括根据所述光学元件(2)的温度的至少一个测量代表而作用于至少一个控制装置(61、85)的反馈装置(62)。
9. 根据权利要求6至8中任一项所述的设备,其特征在於所述设备(1)包括用于改变所述光学元件(2)的使用率的装置(67)。
10. 根据权利要求1至9中任一项所述的设备(1),其特征在於所述光学元件(2)具有覆盖有高反射处理物的面(3),且所述中间气体层(4)与所述面(3)直接接触。
11. 一种热管理方法,用于在根据前述权利要求中任一项所述的设备(1)中使用的光学元件(2)的热管理,其中使用直接位于参考温度下的材料(5)和所述光学元件(2)之间的

中间气体层(4),其特征在于,所述中间气体层(4)在其至少一部分厚度上处于由所述中间气体层(4)的厚度限定的被称为“瞬态”的扩散状态,使得所述中间气体层(4)中的气体分子的平均自由程与所述厚度的比值在 0.1 和 10 之间,并且所述中间气体层的厚度在 $10\ \mu\text{m}$ 和 5mm 之间。

12. 根据权利要求 11 所述的方法,其特征在于,控制以下参数中的至少一个以控制所述光学元件(2)的温度:

- 所述中间气体层(4)中的压力;
- 所述中间气体层(4)的厚度;
- 所述参考温度下的材料(5)的温度。

13. 根据权利要求 11 或 12 所述的方法,其特征在于,根据所述光学元件(2)的使用率控制以下参数中的至少一个:

- 所述中间气体层(4)中的压力;
- 所述中间气体层(4)的厚度;
- 所述参考温度下的材料(5)的温度。

14. 根据权利要求 11 至 13 中任一项所述的热管理方法,其特征在于用于在所述光学元件(2)和所述参考温度下的材料(5)之间通过所述中间气体层(4)实施 $1\text{mW}/\text{cm}^2$ 和 $50\text{W}/\text{cm}^2$ 之间的热传递。

用于管理光学元件中的热的设备及相关的热管理方法

技术领域

- [0001] 本发明涉及一种用于光学元件的热管理的设备。
- [0002] 本发明还涉及一种用于管理光学元件的温度的与所述设备相关的热管理方法。
- [0003] 本发明的领域具体是但不限于用于产生连续光束或光脉冲的固体激光器的冷却的领域。

背景技术

- [0004] 在现有技术中已知一种用于包括通过部分浸入液氮浴中来冷却的增益介质(光学元件)的光学元件的热管理的设备。
- [0005] 该设备的一个缺点是其并不提供任何温度调节的可能性,所述温度仅由液氮的温度来确定。
- [0006] 在现有技术中还已知一种用于包含板形增益介质(光学元件)的光学元件的热管理的设备,所述板形增益介质在传输中起作用,并且在环境温度(大约 300 开氏度(K))下由高速氦气流在任一侧冷却。
- [0007] 该设备的一个缺点是氦气喷射压力可能导致增益介质以及沉积于增益介质和氦气流之间的接触表面上的任何反射处理物的劣化。
- [0008] 该设备的另一个缺点是其机械不稳定性,这是因为气体喷射导致整个设备的振动。
- [0009] 该设备的另一个缺点是它需要沉重的基础结构,特别是在提供用于在高压下循环氦气的系统的情况下。
- [0010] 在现有技术中还已知一种用于光学元件的热管理的设备,其中由保持在所需温度下的铜板形成的冷源被粘到增益介质用于冷却。
- [0011] 该设备的一个缺点是,增益介质和冷源之间的胶层可能吸收部分激光,因此升温,然后导致增益介质以及可能已经沉积于增益介质和胶层之间的接触表面上的任何反射处理物的劣化。
- [0012] 该设备的另一个缺点是,增益介质和冷源之间的胶层可能改变(通过化学或机械作用)增益介质以及可能沉积于增益介质和胶层之间的接触表面上的任何反射处理物。
- [0013] 本发明的一个目的在于提出一种用于光学元件的热管理的设备以及相关的热管理方法,其不具有现有技术的缺点。
- [0014] 具体地,本发明的一个目的在于提出一种用于光学元件的热管理的设备以及相关的热管理方法,使得光学元件以及沉积于所述材料上的任意的处理物不会变差。
- [0015] 本发明的另一个目的在于提出一种用于光学元件的热管理的设备以及相关的热管理方法,其允许调节光学元件的温度。
- [0016] 本发明的另一个目的在于提出一种用于光学元件的热管理的设备以及相关的热管理方法,其实施简单且廉价。
- [0017] 本发明的另一个目的在于提出一种用于光学元件的热管理的设备以及相关的热

管理方法,使得获得高机械稳定性。

[0018] 本发明的另一个目的在于提出一种用于光学元件的热管理的设备以及相关的热管理方法,使得在光学元件和参考温度下的材料之间获得最佳能量传递能力。

[0019] “最佳”指的是“允许将光学元件的温度调节至所需的最佳值”。

发明内容

[0020] 该目的通过用于光学元件的热管理的设备来实现。

[0021] 根据本发明的设备包括:

[0022] - 光学元件;

[0023] - 参考温度下的材料;和

[0024] - 直接位于参考温度下的材料和光学元件之间的中间气体层,所述中间气体层在其至少一部分厚度上处于由中间气体层的厚度限定的被称为“瞬态”的扩散状态,使得中间气体层中气体分子的平均自由程与所述厚度的比值在 0.1 和 10 (包括端点)之间。

[0025] 在下文中,这可以被简称为“瞬态状态”。

[0026] 光学元件被定义为可以改变电磁波的传播方向、振幅、相位、波长或偏振的任何元件以及可以产生电磁波的任何元件。

[0027] 该电磁波的波长可以有利地在 10^{-8}m 和 10^{-3}m 之间。

[0028] 优选地,中间气体层至少在与参考温度下的材料的界面和与光学元件的界面中的最冷的界面处处于瞬态扩散状态。

[0029] 中间气体层可以从所述最冷的界面开始在其至少一部分厚度上沿着朝向另一界面的方向处于瞬态扩散状态。

[0030] 例如该厚度可以在中间气体层总厚度的 80% 和 98% 之间。

[0031] “瞬态”状态表示其中中间气体层中的热交换优选通过气体分子与所述层的容器壁的碰撞而不是通过气体分子彼此之间的碰撞而进行的状态。

[0032] 这些状态被称为瞬态,是因为它们位于以下状态之间:

[0033] - 所谓的“分子”状态,其中中间气体层中的热交换优选通过气体分子彼此之间的碰撞而进行;和

[0034] - 其中中间气体层中的热交换几乎完全(例如超过 90%)通过气体分子与气体层的容器壁的碰撞而进行的状态。

[0035] 在这些瞬态状态下,中间气体层的热导率尤其取决于中间气体层的厚度、其压力和其温度。

[0036] 中间气体层在一侧与参考温度下的材料和在另一侧与光学元件在各自整个的接触表面上分别有利地直接接触。

[0037] 中间气体层的热导率可以限定在光学元件和参考温度下的材料之间穿过中间气体层的热通量。

[0038] 这样,制得特别适应于光学元件的热管理的设备,这是因为中间气体层改变光学元件的温度的能力可以由这些不同的参数来控制。

[0039] 这被称为参考温度下的材料,是因为正是该材料的温度具体地确定与光学介质的热交换是发生在一个方向还是在另一方向。

[0040] 中间气体层不需要特定的流体回路,因为它没有能量移除的目的。它的作用是在光学元件和参考温度下的材料之间传递能量。

[0041] 因此,制得特别易于实施的用于光学元件的热管理的设备。

[0042] 因此,制得机械稳定的用于光学元件的热管理的设备。

[0043] 分子的平均自由程表示粒子在两次碰撞之间行进的平均距离。

[0044] 气体分子的平均自由程 Λ 可以由以下公式定义:

$$[0045] \quad \Lambda = \frac{1}{\sqrt{2}\pi d^2 \left(\frac{P}{k_B T} \right)}$$

[0046] 其中

[0047] p 是以帕斯卡(Pa)表示的压力;

[0048] T 是以开尔文(K)表示的温度;

[0049] k_B 为玻尔兹曼常数;

[0050] d 是以米(m)表示的分子的直径。

[0051] 中间气体层的局部厚度可以定义为:只要满足瞬态状态,该层的厚度可以根据在该层上的位置而变化。

[0052] 特别是对于中间气体层的小的厚度和压力值验证瞬态状态的双不等式。

[0053] 中间气体层的厚度可以在 $10 \mu\text{m}$ 至 5mm 之间。

[0054] 更精确地,中间气体层的厚度可以在 $10 \mu\text{m}$ 和 $1000 \mu\text{m}$ 之间。

[0055] 中间气体层中的压力可以在 1Pa 和 10^5Pa 之间。

[0056] 可以设想,更具体地压力在 500Pa 和 5000Pa 之间,以获得改善的适应性能(小的参数变化于是导致大的中间气体层的热导率变化)。

[0057] 中间层由气体形成,并且可以在低于 10^5Pa 的压力。

[0058] 因此获得用于光学元件的热管理的设备,其保留了光学元件的完整性以及可能沉积在所述元件上的任何处理物的完整性。

[0059] 光学元件可以包括以下中的至少一种元件:

[0060] - 增益介质(特别是常规增益介质或非线性增益介质);

[0061] - 非线性变频介质;

[0062] - 多折射介质(特别是双折射介质);

[0063] - 起偏振作用的介质;

[0064] - 折光元件;

[0065] - 反射元件;或

[0066] - 半导体介质。

[0067] 因此,可以看出光学元件可以具体是光源,例如发光二极管或激光器。

[0068] 在全文中,更具体地增益介质表示光学增益介质。

[0069] 光学元件可以是固体,例如玻璃、晶体、陶瓷、半导体。

[0070] 光学元件还可以是包含在容器中的气体或液体(例如玻壳)。

[0071] 固体增益介质的发射线的光谱宽度取决于固体增益介质的温度。

[0072] 因此,在装有根据本发明的设备的激光系统中,可以获得其发射线宽被精确控制的激光束,其中光学元件是激光系统的固体增益介质。

[0073] 这些元件中的一些可以是加热座,特别是通过它们作用于的光的部分吸收。此外,由于光源的效率不是完美的,他们也升温。

[0074] 根据本发明的设备然后使光学元件冷却。

[0075] 这些元件中的一些必须被加热,以便以最佳状态运行。这可以是以下情况:例如非线性变频介质被加热以满足与窄的热接受相关联的相位调谐。

[0076] 根据本发明的设备由此使得能够加热光学元件。

[0077] 中间气体层可以被限制在封闭空间中。

[0078] 从而避免气体循环对复杂系统的依赖。

[0079] 还可以确保整个中间气体层的良好压力均匀性。

[0080] 封闭空间可以与用于补偿任何泄漏的气体供给相连。

[0081] 事实上,封闭空间通常不完全密封,因此所述气体供给是有用的。

[0082] 还可以提供低水平的循环,其超出补偿任何泄漏所必需的。

[0083] 中间气体层中气体的循环优选为非常少量的。例如中间气体层中的气流为小于中间气体层总体积的 3% 每秒。

[0084] 根据一个特别有利的实施方案,参考温度下的材料的温度低于 200K (开尔文),且光学元件是由参考温度下的材料(通过中间气体层)冷却的固体增益介质。

[0085] 固体增益介质可被冷却至低于环境温度(300K)的温度;其热导率比在环境温度下高。因此,可以制得用于光学元件的非常高效的热管理的设备。

[0086] 在此温度范围内,由固体增益介质形成的光学元件的有效的吸收和发射截面是高的。

[0087] 因此,能增加装有根据本发明的设备的激光系统的能量效率,其中光学元件是激光系统的固体增益介质。

[0088] 因此,能降低在装有根据本发明的设备的激光系统中对光学泵浦照明(闪光灯、激光器、二极管等)的投资,其中光学元件是激光系统的固体增益介质。

[0089] 中间气体层的至少 90% 有利地由氦气组成。

[0090] 氦气是具有非常高热导率的气体。

[0091] 因此,它是良好的导热流体。

[0092] 此外,氦气是很轻的气体。

[0093] 因而限制与中间气体层中的湍流相关联的扰动。

[0094] 因而限制穿过中间气体层的光束上的扰动。

[0095] 中间气体层可以包括任何其他气体,特别是几种气体的混合物。

[0096] 光学元件可以是配置为产生表面能量密度(可以被称为积分能量)等于至少 $10\text{J}/\text{cm}^2$ 的激光束的增益介质。

[0097] 激光发射可以是连续的或脉冲的。

[0098] 在脉冲发射的情况下,脉冲的能量例如可以等于至少 10J。

[0099] 增益介质可以由光学泵浦装置致动。

[0100] 增益介质可以置于与所述增益介质的发射波长共振的腔体内。

- [0101] 增益介质可以用作单通道或多通道的激光放大器。
- [0102] 由于根据本发明的设备具有很好的除热能力,所以它特别适合于冷却用于产生高能光束的增益介质。
- [0103] 根据一个优选的实施方案,根据本发明的设备包括以下中的至少一个控制装置:
- [0104] - 中间气体层的厚度的控制装置;
- [0105] - 中间气体层中的压力的控制装置;
- [0106] - 参考温度下的材料的温度的控制装置。
- [0107] 这些控制装置形成用于调节和改变光学介质的温度的装置。
- [0108] 事实上,中间气体层的热导率可以通过改变以下中的至少一个参数来改变:
- [0109] - 中间气体层的厚度;
- [0110] - 中间气体层中的压力;
- [0111] - 参考温度下的材料的温度(其使得能够改变中间气体层的温度)。
- [0112] 因此,制得用于动态热管理的设备。利用至少一个控制装置,可调节中间气体层在光学元件和指定温度下的材料之间传递能量的能力,所述指定温度定义光学元件的温度。
- [0113] 尤其当光学元件在使用中或者在不同条件下的两次使用之间时,可以发生该变化。
- [0114] 例如,可以希望无论平均发射功率是多大,在装有根据本发明的设备的激光系统中保持增益介质的温度恒定,其中光学元件是增益介质。在脉冲条件下的激光系统中,平均发射功率的变化可以对应于脉冲发射速率或脉冲能量的变化。
- [0115] 特别有利地,根据本发明的所述优选实施方案的设备包括用于局部地控制中间气体层的厚度、中间气体层中的压力和 / 或参考温度下的材料的温度的至少一个控制装置。
- [0116] “局部地”是指控制可以根据在中间气体层所限定的平面中的位置而变化。
- [0117] 因此,制得用于动态热管理的设备,其能适应所述设备使用条件的局部不均匀性。
- [0118] 根据本发明的所述优选实施方案的设备可以包括根据光学元件温度的至少一个测量代表而作用于至少一个控制装置的反馈装置。
- [0119] 光学元件温度的测量代表可以是直接的测量:例如在光学元件的表面处的温度的测量。
- [0120] 光学元件温度的测量代表可以是间接的测量,尤其是以下的测量:
- [0121] - 穿过光学元件或在光学元件上反射的被称为“探针”的光波的相位分布,其中在所述光波已经到达光学元件之前相位分布是已知的;
- [0122] - 光学元件所发出的光波的相位分布;
- [0123] - 传播方向、振幅、相位、波长或偏振被光学元件改变的光波的相位分布;
- [0124] - 当光学元件是增益介质时的增益分布;
- [0125] - 光学元件的物理变形(例如使用传感器元件)。
- [0126] 因此,能优选实时地实现光学元件的温度的闭环控制,以在任何时刻将所述光学元件的温度设定为理想的值。
- [0127] 根据本发明的所述优选实施方案,根据本发明的设备包括用于改变光学元件使用率的装置。
- [0128] 使用率可以包含于连续使用和用于获得单脉冲(单次)的使用之间。

- [0129] 更具体地,使用率可以在 1Hz 和 10Hz 之间。
- [0130] 光学元件的使用率的变化导致其温度的变化。该变化可以通过至少一个控制装置来补偿。
- [0131] 有利地,光学元件具有覆盖有高反射处理物(例如在反射波的波长下反射率为 99.5%以上)的面,且中间气体层与所述面直接接触。
- [0132] 高反射处理物于是考虑形成为光学元件的一部分。
- [0133] 这种布置可以对应于还被称为“主动式反射镜”的盘形激光器,中间气体层位于具有在泵浦和发射激光的波长下反射的处理物的一侧,使得不干扰进入和离开由增益介质组成的光学元件的相关光束。
- [0134] 因此,进行具有上述优点的冷却,使高反射处理物不会受到任何破坏性的应力。
- [0135] 本发明还涉及一种热管理的方法,用于在根据本发明的设备中使用的光学元件的热管理。
- [0136] 根据该方法,使用直接位于参考温度下的材料和光学元件之间的中间气体层,所述中间气体层在其至少一部分的厚度上已知处于由中间气体层的厚度限定的被称为“瞬态”的扩散状态,使得中间气体层中气体分子的平均自由程与所述厚度的比值在 0.1 和 10 (包括端点)之间。
- [0137] 对于根据本发明的设备所提到的技术效果和优点也出现于根据本发明的方法中。
- [0138] 中间气体层中气体分子的平均自由程与中间气体层的厚度的比值可以选择为包含在 0.1 和 10 (包括端点)之间。
- [0139] 有利地,控制以下参数中的至少一个以控制光学元件的温度:
- [0140] - 中间气体层中的压力;
- [0141] - 中间气体层的厚度;
- [0142] - 参考温度下的材料的温度。
- [0143] 该控制可以是局部的,即根据在由中间气体层所限定的平面中的位置。
- [0144] 可以使用反馈来根据光学元件温度的至少一个测量代表作用于至少一个控制参数。
- [0145] 优选地,根据光学元件的使用率控制以下参数中的至少一个:
- [0146] - 中间气体层中的压力;
- [0147] - 中间气体层的厚度;
- [0148] - 参考温度下的材料的温度。
- [0149] 因此,特别地,无论其使用率是多大,光学元件的温度可以保持恒定。
- [0150] 根据本发明的方法可用于在光学元件和参考温度下的材料之间通过中间气体层实施在 $1\text{mW}/\text{cm}^2$ 和 $50\text{W}/\text{cm}^2$ 之间的热传递。
- [0151] 特别地,根据本发明的方法可用于在光学元件和参考温度下的材料之间通过中间气体层实施在 $1\text{W}/\text{cm}^2$ 和 $10\text{W}/\text{cm}^2$ 之间的热传递。
- [0152] 光学元件可以是例如布置用于产生激光束并需要移除由功率密度所限定的在 $1\text{W}/\text{cm}^2$ 和 $10\text{W}/\text{cm}^2$ 之间的热通量的增益介质。

附图说明

- [0153] 通过阅读绝非限制性的实施方案的详细描述以及附图,本发明的其他优点以及特征会变得明显,其中:
- [0154] - 图 1 示意性示出了根据本发明的设备;
- [0155] - 图 2 示出了根据本发明的设备的第一实施方案;
- [0156] - 图 3A 示出了对于本发明的设备的中间气体层的不同厚度和温度,热导率相对于所述层中压力的图;
- [0157] - 图 3B 示出了对于本发明的设备的中间气体层的不同厚度,热导率相对于所述层中温度的图;
- [0158] - 图 4 示出了对于本发明的设备中的中间气体层的不同厚度,光学元件的温度相对于所述层中的压力的图;
- [0159] - 图 5A 示出了对于本发明的设备的中间气体层的不同厚度,热传递相对于所述层中的压力的图;
- [0160] - 图 5B 示出了对于本发明的设备的中间气体层的不同厚度以及对于参考温度下材料的两个温度,热传递相对于所述层中的压力的图;
- [0161] - 图 6 示出了根据本发明的设备的第二实施方案;
- [0162] - 图 7 示出了根据本发明的设备的第三实施方案;和
- [0163] - 图 8 示出了根据本发明的设备的第四实施方案的用途。

具体实施方式

- [0164] 根据本发明的设备的描述也会用于说明根据本发明的方法。
- [0165] 首先,将参照图 1 示意性地描述根据本发明的设备 1。
- [0166] 根据本发明的设备 1 包括需要控制其温度的光学元件 2。
- [0167] 光学元件 2 可由以下形成:
- [0168] - 非线性变频介质,例如 D-KDP (氘化磷酸二氢钾)的晶体或铌酸锂的晶体,例如其可以用于倍频器或增加频率的设备中;
- [0169] - 可用于腔体或激光放大器中的“常规的”增益介质,例如掺杂 Yb (镱)的 YAG (钇铝石榴石)晶体或者例如通过烧结获得的其陶瓷等价物、掺杂玻璃、掺杂的 CaF₂ (萤石)晶体等;
- [0170] - 非线性增益介质,例如 BBO (β -硼酸钡),其可形成:
- [0171] o 有共振腔体、光参数振荡器(OPO);
- [0172] o 光参数放大器(OPA)
- [0173] o 光参数啁啾脉冲放大器(OPCPA)
- [0174] - 起偏振作用的介质,例如铌酸锂晶体,其可用于普克尔斯(Pockels)盒;
- [0175] - 多折射介质,例如 TGG (钽镓石榴石)晶体,其可用于法拉弟(Faraday)旋转器;
- [0176] - 折光元件,例如光学透镜或观察窗;
- [0177] - 反射折射元件,例如光学反射镜;
- [0178] - 半导体元件,例如发光二极管或激光二极管;
- [0179] - 等。
- [0180] 光学元件 2 在接触表面 3 上与中间气体层 4 直接接触。

- [0181] 所示出的接触表面 3 是平面的,但这不是一般情况。可以设想任何形状。
- [0182] 中间层可以由气体例如氦气形成,所述气体的优势在于提供非常好的导热性以及是形成可能扰动穿过中间气体层 4 的光束的小的气氛湍流的轻气体。
- [0183] 中间气体层 4 还可以由任何其他气体或几种气体(氮气、空气等)的混合物形成。
- [0184] 中间气体层 4 在一侧上与光学元件 2 接触,并且在另一侧上与参考温度下的材料 5 接触。
- [0185] 参考温度下的材料 5 可由金属例如铜或由晶体例如金刚石或蓝宝石形成(尤其是在传输中工作的情况下,即当希望使用穿过光学元件 2 然后穿过中间气体层 4 后的光束时)。
- [0186] 参考温度下的材料 5 还可以是液体或者甚至是气体。
- [0187] 中间气体层 4 处于其中热交换优先通过与中间气体层 4 的壁的分子碰撞而进行的瞬态状态。
- [0188] 对于要满足的瞬态状态,遇到壁的概率必须高于遇到其他分子的概率。
- [0189] 对于各厚度的中间气体层 4,在给定的温度下和对于给定的气体组成具有不可超过的最大压力。
- [0190] 对于中间气体层的气体组成,满足使得在中间气体层 4 至少 90% 的厚度中气体分子的平均自由程与所述层的厚度的比值在 0.1 和 10 之间的温度、压力和厚度的条件。
- [0191] 处于其中该比值在 0.1 和 10 之间的瞬态状态的中间气体层可位于与非常热的材料例如光学元件 2 的界面处,但不在非常薄的薄层上。
- [0192] 中间气体层 4 的厚度可以在 10 μm 和 5mm 之间。
- [0193] 中间气体层 4 的气体压力可以在 1Pa 和 10⁵Pa 之间。
- [0194] 在这些瞬态状态下,形成中间气体层 4 的气体的热导率于是根据下式取决于包含该层的空间的温度、压力和几何形状:

[0195]

$$k(T) = f(T, L, p) = k_{\text{体相}}(T) \cdot \left(1 + \frac{8}{3} \cdot \frac{\alpha k_{\text{体相}}(T) \cdot T}{L \cdot p \cdot \sqrt{3 \cdot R \cdot T}} \right)^{-1}$$

- [0196] 其中
- [0197] $k(T)$ 是中间气体层 4 在压力 p 和温度 T 下的热导率;
- [0198] $k_{\text{体相}}(T)$ 是中间气体层 4 在大气压力和温度 T 下的热导率;
- [0199] T 是以 K (开尔文) 计的中间气体层 4 中的温度(与参考温度下的材料 5 的温度相关);
- [0200] p 是以 Pa (帕斯卡) 计的中间气体层 4 中的压力;
- [0201] R 是形成中间气体层 4 的气体的常数;
- [0202] L 是中间气体层 4 的厚度;
- [0203] α 是与所用气体(单原子、双原子等)的性质有关并与该气体和构成光学元件的材料以及参考温度下的材料之间的相互作用有关的热调节因子,对于在图 3A、3B、4、5A 和 5B 中所示的图中的物理情况其固定为 4。
- [0204] 因此,根据本发明的设备 1 是可通过中间气体层 4 来调节的:根据需要在光学元件

2 和材料 5 之间传递的能量的量,对于中间气体层 4 中给定组成的气体, p 、 L 和 T 三个参数对于中间气体层 4 而言是固定的。

[0205] 例如可能希望保持光学元件 2 的温度,为此:

[0206] - 固定 L 和材料 5 的温度,调节 p ,或者

[0207] - 固定 p 和材料 5 的温度,调节 L ,或者

[0208] - 固定 p 和 L ,调节材料 5 的温度。

[0209] 每个参数可表示为与在中间气体层 4 的表面上的位置相对应的 x 和 y 坐标的函数(相对于与中间气体层 4 的厚度的维度 z 中的位置)。

[0210] 现在将参照图 2 描述根据本发明的设备 1 的第一实施方案。

[0211] 根据该实施方案,根据本发明的设备 1 放置于处于真空泵 21 所提供的真空中的外壳 20 中。特别地,由此避免在光学元件 2 相反于中间气体层 4 一侧的面上的任何凝结。

[0212] 仅在希望使光学元件 2 达到低于环境露点的温度的情况下才需要该外壳 20。

[0213] 当光学元件 2 由增益介质形成时,真空窗 22 可以使光束,例如泵浦光束能够进入外壳 20 中。

[0214] 在图 2 所示的实例中,光学元件 2 以反射来工作,其中所有光束穿过真空窗 22。

[0215] 中间气体层 4 的厚度由块体 23 (例如聚四氟乙烯或聚酰亚胺块体)的高度决定。

[0216] 中间气体层 4 由氦气形成并且与氦气供给 26 相连,以补偿形成于光学元件 2、参考温度下的材料 5 和块体 23 之间的封闭空间 25 中的损失。

[0217] 参考温度下的材料 5 由通过与冷却回路(未示出)相连的液氮室 24 维持在 77K 的铜金属形成。

[0218] 因此可以在光学元件 2 中获得大约 160K 数量级的温度。

[0219] 这些低温是有益的,尤其当光学元件 2 为固体增益介质时更是如此。

[0220] 某些固体,例如增益介质的热导率随着它们温度降低而升高。根据本发明的设备 1 于是对冷却光学元件 2 特别有效。

[0221] 在这些温度下,增益介质的有效的吸收和发射截面增加。激光的能量效率由此增加,在泵浦照明例如泵浦二极管上的资本支出可以降低例如到原来的三分之一。

[0222] 增益介质的发射谱线随着温度降低而变细,它们的宽度取决于增益介质的温度:可精确地控制激光发射波长的光谱宽度。

[0223] 如果不希望冷却至低温温度,那么还可以使用液氮室而非液氮室,或任何其他制冷剂,例如 280K 的水。

[0224] 满足使得在中间气体层 4 的至少 95% 厚度中,气体分子的平均自由程与所述层的厚度的比值在 0.1 和 10 之间的温度、压力和厚度的条件。

[0225] 现在将更仔细地研究形成中间气体层 4 的气体的热导率。

[0226] 中间气体层中的温度从与参考温度下的材料 5 的界面至与光学元件 2 的界面可以具有梯度。

[0227] 在图 3A 和 3B 中,假设中间气体层 4 从与参考温度下的材料 5 的界面至与光学元件 2 的界面没有温度梯度。假设温度处处相同:在单元的表面以及气体中。

[0228] 图 3A 示出了当中间气体层 4 由氦气形成时,对于所述层的不同厚度和温度,中间气体层 4 的热导率相对于所述层中的压力的图

- [0229] 横坐标对应于对数刻度上的以帕斯卡计的压力。
- [0230] 纵坐标对应于对数刻度上的以瓦特每米每开尔文计的热导率。
- [0231] 用实线 30_1 、 30_2 、 30_3 绘制的曲线分别表示 160K 下热导率与厚度为 $200\ \mu\text{m}$ 、 $150\ \mu\text{m}$ 和 $100\ \mu\text{m}$ 的中间气体层 4 中的压力的关系。
- [0232] 用虚线 31_1 、 31_2 、 31_3 绘制的曲线分别表示 300K 下热导率与厚度为 $200\ \mu\text{m}$ 、 $150\ \mu\text{m}$ 和 $100\ \mu\text{m}$ 的中间气体层 4 中的压力的关系。
- [0233] 可看出,根据本发明的设备 1 在所有温度下都适用,特别是从“环境”温度(大约 300K)到低温(例如大约 160K,但是根据本发明的设备 1 还可以在甚至更低的温度例如 4K 下使用)。
- [0234] 对于 10^3Pa 至 10^4Pa 范围内的压力和对于用作实例的温度和厚度,在中间气体层 4 至少 80% 的厚度上达到瞬态扩散状态。
- [0235] 可以看出,对于 10^3Pa 至 10^4Pa 范围内的压力,中间气体层 4 的热导率随着压力明显地变化。
- [0236] 可以看出,中间气体层 4 的热导率随着其厚度变化(此处为 $100\ \mu\text{m}$ 和 $200\ \mu\text{m}$ 之间)。
- [0237] 因此,可以通过改变所述中间气体层 4 中的压力来获得理想的热导率。
- [0238] 因此,可以通过改变所述中间气体层 4 的厚度来获得理想的热导率。
- [0239] 该热导率与光学元件 2 和材料 5 之间通过中间气体层 4 可交换的热量有关。
- [0240] 因此它与希望光学元件 2 达到的温度有关。
- [0241] 图 3A 中的图的每个参数(特别是中间气体层 4 的厚度 L 、它的压力 p 和它的温度 T)可以表达为与中间气体层 4 的表面上位置相对应的 x 和 y 坐标的函数。因此不同热导率可以设想为在中间气体层 4 上的位置的函数。
- [0242] 因此它可以根据中间气体层 4 上的位置适应不同条件。
- [0243] 特别地,如果到达光学元件 2 上一处的能量的量根据光学元件 2 上的表面位置而不同,那么可以调节中间气体层 4,使得在整个光学元件依然获得完全均匀的温度。
- [0244] 图 3B 更具体地示出了以下事实:根据本发明的设备 1 可用于一定温度范围,例如从 160K 至被称为“环境”温度的温度(大约 300K)。
- [0245] 横坐标对应于中间气体层 4 中的以 K (开尔文)计的温度。
- [0246] 纵坐标对应于中间气体层 4 的以瓦特每米每开尔文计的热导率。
- [0247] 曲线 33_1 、 33_2 、 33_3 、 33_4 和 33_5 分别表示在 10^4Pa 下,对于 $1000\ \mu\text{m}$ 、 $200\ \mu\text{m}$ 、 $150\ \mu\text{m}$ 、 $100\ \mu\text{m}$ 和 $50\ \mu\text{m}$ 的厚度中间气体层 4 的热导率与其温度的关系。
- [0248] 中间气体层由氦气形成。
- [0249] 对于所示的整个温度和厚度范围内以及 10^4Pa 的压力,在中间气体层 4 至少 80% 的厚度上达到瞬态扩散状态。
- [0250] 可以看出,中间气体层 4 的热导率根据其温度明显地变化,例如在 50K 和 300K 之间变化。
- [0251] 图 4 示出了对于根据本发明的设备 1,对于中间气体层 4 的不同厚度,光学元件 2 中、特别在光学元件 2 和中间气体层 4 之间的接触表面 3 上的温度相对于所述层 4 中压力的曲线。

- [0252] 根据本发明的设备 1 如图 2 中所示,材料 5 维持在 77K。
- [0253] 对于曲线上的所有点,光学元件 2 和中间气体层 4 之间的热通量是 $5\text{W}/\text{cm}^2$ 。
- [0254] 横坐标对应于对数刻度上的以帕斯卡计的压力。
- [0255] 纵坐标对应于以开尔文计的温度。
- [0256] 曲线 40_1 、 40_2 、 40_3 、 40_4 和 40_5 分别表示对于 $100\ \mu\text{m}$ 、 $80\ \mu\text{m}$ 、 $60\ \mu\text{m}$ 、 $40\ \mu\text{m}$ 和 $20\ \mu\text{m}$ 的中间气体层 4 的厚度,接触表面 3 上的温度与所述层中的压力的关系。
- [0257] 中间气体层由氦气形成。
- [0258] 对于 10^3Pa 至 10^4Pa 范围内的压力以及用作实例的厚度,在中间气体层 4 至少 80% 的厚度上达到瞬态扩散状态。
- [0259] 可以看出,在中间气体层 4 中相同的压力下,中间气体层 4 的薄的厚度使得能够达到接触表面 3 上更低的温度。
- [0260] 例如,如果目标是在光学元件 2 中的低温温度(即低于 120K),那么优选大约十微米数量级的厚度。
- [0261] 可以看出,在根据本发明的设备 1 中获得的瞬态状态下,对于中间气体层 4 的给定组成和参考温度下材料 5 的给定温度,为了获得接触表面 3 的理想温度,可以固定中间气体层 4 中的压力并且调节所述层的厚度。还可固定中间气体层 4 的厚度并且调节所述层 4 中的压力。
- [0262] 还可以看出,对于 10^3Pa 和 10^4Pa 之间的压力,光学元件 2 的温度相对于中间气体层 4 中的压力有明显的敏感性。
- [0263] 图 5A 示出了对于中间气体层 4 的不同厚度,光学元件 2 和材料 5 之间穿过中间气体层 4 的热传递相对于所述层 4 中压力的图。
- [0264] 热传递尤其取决于中间气体层和光学元件 2 的热导率。
- [0265] 在根据本发明的设备 1 中获得的瞬态状态的特定情况下计算热传递(参见 Y. Demirel 和 S. C. Saxena 的文章,“Heat transfer through a low-pressure gas enclosure as a thermal insulator: design considerations”, Int. Journ. of Energy Research 20, 327-338 (1996))。
- [0266] 参考温度下的材料 5 维持在 77K。
- [0267] 光学元件 2 为 160K 下的增益介质。
- [0268] 中间气体层的温度从与光学元件 2 的界面处的 160K 到与参考温度下的材料 5 的界面处的 77K 变化。
- [0269] 横坐标对应于对数刻度上的以帕斯卡计的压力。
- [0270] 纵坐标对应于对数刻度上的光学元件 2 和参考温度下的材料 5 之间经过中间气体层 4 的以瓦特每平方厘米计的热通量。
- [0271] 曲线 50_1 、 50_2 和 50_3 分别表示对于 $200\ \mu\text{m}$ 、 $100\ \mu\text{m}$ 和 $50\ \mu\text{m}$ 的中间气体层 4 的厚度,所述热通量与所述层中的压力的关系。
- [0272] 中间气体层由氦气形成。
- [0273] 对于 10^2Pa 至 10^4Pa 范围内的压力以及用作实例的厚度,在中间气体层 4 至少 80% 的厚度上达到瞬态扩散状态。
- [0274] 可以看出,在根据本发明的设备 1 中获得的瞬态状态下,为了获得在光学元件 2 和

参考温度下的材料 5 之间经过中间气体层 4 的给定热传递(对于给定的气体组成)：

[0275] -可固定中间气体层 4 中的压力和温度(特别是与参考温度下的材料 5 的界面处的温度),调节所述层的厚度；

[0276] -可固定中间气体层 4 的厚度和温度(特别是与参考温度下的材料 5 的界面处的温度),调节所述层 4 中的压力。

[0277] 为了光学元件 2 中的理想温度,控制在光学元件 2 和参考温度下的材料 5 之间经过中间气体层 4 的热传递。

[0278] 光学元件 2 所需的冷却或加热越多,热传递必须增加地越多。

[0279] 图 5B 比较了对于中间气体层 4 的不同厚度,在光学元件 2 和参考温度下的材料 5 之间经过中间气体层 4 的热传递与所述层 4 中的压力的关系。

[0280] 光学元件 2 为 293K 即环境温度下的增益介质。

[0281] 曲线 55₁、55₂、55₃ 分别表示对于 200 μm、100 μm 和 50 μm 的中间气体层 4 的厚度以及 280K (即冷水的温度)的参考温度下的材料 5 的温度,光学元件 2 和参考温度下的材料 5 之间经过所述层的热通量与中间气体层 4 中的压力的关系。

[0282] 曲线 56₁、56₂、56₃ 分别表示对于 200 μm、100 μm 和 50 μm 的中间气体层的厚度以及 77K 的参考温度(即液氮温度)下的材料 5 的温度,光学元件 2 和参考温度下的材料 5 之间经过所述层的热通量与中间气体层 4 中的压力的关系。

[0283] 中间气体层由氦气形成。

[0284] 对于分别在大约 10²Pa 至 10⁴Pa 或 10³Pa 至 10⁵Pa 范围内的压力(10²Pa 至 10³Pa, 相应的曲线未在图中示出)以及用作实例的厚度,在中间气体层 4 至少 80% 的厚度上达到瞬态扩散状态。

[0285] 已经表明,尽管根据本发明的设备 1 在环境低温下与在低温温度下一样有效,但是在低温的情况下可获得的最大热传递也是较高的,由此这使得能够更有效地冷却。

[0286] 具体参照图 3A 至图 5B 所示出的适应性能提供了一个优点,特别是当希望改变光学元件 2 的使用率时。

[0287] 例如,光学元件 2 是高功率激光器(传递例如几百焦耳、最多几千焦耳的脉冲)的增益介质。

[0288] 根据本发明的设备 1 提供特别有效的冷却,使这种激光器的发射率能够增加,例如从 1Hz 到 10Hz (例如脉冲持续时间为皮秒或纳秒或飞秒的数量级)。

[0289] 此外,根据本发明的设备 1 的适应性能使得能够在使用中以及在维持增益介质 2 恒温时改变激光器的发射率。

[0290] 根据图 5A 中的曲线 50₃,如果对于 1Hz 的激光器发射率需要 100Pa 的压力(点 51₁),那么为了保持增益介质 2 的温度恒定,对于相同的脉冲应该获得：

[0291] -对于 5Hz 的激光发射率,7×10²Pa 的压力(点 51₂),

[0292] -对于 10Hz 的激光发射率,4×10³Pa 的压力(点 51₃)。

[0293] 图 6 示出了根据本发明的设备 1 的第二实施方案。

[0294] 光学元件 2 是增益介质。

[0295] 例如对于近红外发射,它是以 0.15 原子% (原子百分比) 的浓度掺杂镱的 YAG,。

[0296] 例如对于 12.11×11.44cm² 的表面积,它的尺寸为 2.6cm 的厚度。

- [0297] 中间气体层 4 是充满氦气的封闭空间。
- [0298] 参考温度下的材料 5 为维持在 77K 的铜板。
- [0299] 增益介质 2 由此维持在 160K。
- [0300] 满足使得在中间气体层 4 至少 95% 的厚度中的气体分子的平均自由程的比值在 0.1 和 10 之间的压力和厚度的条件。
- [0301] 接触表面 3 包括在增益介质 2 的发射波长处为高反射率(99.9%)并且沉积在增益介质 2 上的处理物。
- [0302] 整体形成由位于增益介质 2 相反于接触表面 3 的一侧上的至少一个泵浦二极管 65 所泵浦的盘形激光器(以反射操作)。

[0303] 泵浦二极管 65 发射出超高斯泵浦光束 66(超高斯可以由 $f(x) = Ae^{-\left(\frac{x-b}{a}\right)^{n>2}}$ 型函数所定义),其中持续时间为 0.7ms,在 $11.11 \times 10.44\text{cm}^2$ 的面积上的照度等于 $6\text{kW}/\text{cm}^2$ 。

- [0304] 约 4900W 的泵浦光束 66 被增益介质 2 吸收,其中 10% 转化为热能。
- [0305] 中间气体层由此被参数化,使得能够从增益介质 2 中移除 490W。
- [0306] 激光束从与包括高反射处理物的接触表面 3 相反的一侧发射。
- [0307] 该实施方案的一个优点是,所发射的激光束和泵浦光束 66 都不穿过中间气体层 4。因此,中间气层 4 不会产生任何光学扰动。
- [0308] 该实施方案的另一个优点是,高反射处理物不与可通过吸收发射波长的光束(例如 0.1% 的吸收)加热的固体或液体,例如胶接触。因此使反射处理物免受任何损害,特别是通过额外的过热效应。
- [0309] 根据本发明的设备 1 包括用于改变泵浦光束 66 发射率的装置 67。
- [0310] 中间气体层 4 的厚度可以通过压电块 61 改变,所述压电块 61 的厚度可以通过电源 63 改变。

[0311] 因此,盘形激光器可以不同的速率、不同的泵浦功率等使用,同时容易地维持增益介质 2 的稳定温度。

[0312] 由于根据本发明的设备 1 的有效冷却,盘形激光器可用于产生高能脉冲(例如每个脉冲几百焦耳或甚至几千焦耳)。

[0313] 因此,可以消除或限制由以下产生的缺点,例如光学畸变:

[0314] - 由增益介质 2 中的热梯度(特别是增益介质 2 中的热致双折射,或者增益介质 2 中的热透镜)产生的缺点;

[0315] - 由增益介质 2 中的热量分布所产生的机械应力产生的缺点。

[0316] 图 6 还示出反馈装置 62。反馈装置 62 作用于与在接触表面 3(光学元件 2 的一侧)上由传感器 64 测得的温度的直接或间接测量有关的电源 63。

[0317] 图 6 中,传感器 64 对光学元件 2 的温度进行直接测量。然而,可优选间接测量,特别是使用穿过光学元件 2 的光束的相位信息进行间接测量。

[0318] 例如,反馈装置 62 使得能够自动实时地保持接触表面 3(光学元件 2 的一侧)的温度以及更一般地光学元件 2(此处由增益介质形成)的温度恒定。由此维持增益介质 2 的操作条件(相同的机械应力、相同的热透镜、相同的双折射性等)。由此维持相同的发射激光束品质和能量。

[0319] 根据一个未示出的变体,反馈装置作用于真空泵,以根据接触表面 3 上的温度来改变中间气体层中的压力。

[0320] 根据一个未示出的变体,反馈装置作用于至少一个加热电阻,以根据接触表面 3 上的温度来改变参考温度下的材料 5 的温度。

[0321] 根据其他变体,根据本发明的设备 1 用于光纤、或任何类型的传输设备、光学放大器或光学振荡器中。

[0322] 此处已经假设接触表面 3 的一点的温度对应于整个光学元件 2 的温度。

[0323] 在下文会看到,可以考虑光学元件不同点的温度(例如通过上述的相位测量),特别是考虑通过使温度在光学元件 2 的所有点相等来使得温度均匀。

[0324] 图 7 示出了根据本发明的设备 1 的第三实施方案。

[0325] 根据该第三实施方案,根据本发明的设备 1 用于圆柱传输系统(光纤)或圆柱放大器(光棒或光纤)中。

[0326] 从光纤中心开始向外移动,先后遇到如下:

[0327] - 增益介质 2;

[0328] - 接触表面 3;

[0329] - 中间气体层 4(例如氦气);和

[0330] - 参考温度下的材料 5。

[0331] 满足使得在中间气体层 4 的至少 95% 厚度中的气体分子的平均自由程比值在 0.1 和 10 之间的中间气体层 4 的温度、压力和厚度条件。

[0332] 例如,增益介质 2 由泵浦二极管(或闪光灯、或其他激光器)70(这些源中的三个示于图 7,第四个位于根据本发明的设备 1 的后面)进行光学泵浦。

[0333] 因此,增益介质 2 在接触表面 3 上被泵浦源非均匀加热。

[0334] 为了纠正这种非均匀加热并且在整个接触表面 3 上获得均匀的温度,使用根据本发明的设备 1,根据由泵浦二极管产生的热分布施加参考温度下的材料 5 的温度的局部变化。

[0335] 还可以考虑局部地改变中间气体层 4 中的压力和 / 或中间气体层 4 的厚度。

[0336] 例如,通过将参考温度下的材料 5 连接到其周围分布的加热电阻(未示出),可以局部地改变参考温度下的材料 5 的温度。

[0337] 为将光学元件 2 保持在稳定和均匀的温度下而从光学元件 2 移除的热量的空间分布不均匀性的另一个来源可以是在增益介质 2 周围的吸收材料的存在。

[0338] 这种材料被称为“包层”,使得能够吸收增益介质中的放大自发射(ASE)。

[0339] 如图 6 中所示,这种材料在盘形激光器中侧面包围增益介质 2(增益介质 2 的侧表面的附图标记为 68)。

[0340] 图 8 中的曲线呈现为示出它们的趋势,这就是没有说明尺寸的原因。

[0341] 在图 8 中的上图示出了热分布相对于经过延伸接触表面中心的轴线上的位置的曲线 80。

[0342] 延伸接触表面对应于—方面的中间气体层 4 和另一方面的由增益介质 2 形成的组合件和吸收材料之间的接触表面。

[0343] 曲线 80 具有对应于中间气体层 4 和增益介质 2 之间的接触表面的平台 81。

- [0344] 曲线 80 具有对应于增益介质 2 和吸收材料之间的界面的两个台阶 82。
- [0345] 曲线 80 具有对应于中间气体层 4 和吸收介质(包层)之间的接触表面的两个曲线部分 83。
- [0346] 图 8 的下图示出了具有相同的横坐标的使得能够获得在延伸接触表面的每个点都相等的温度的根据本发明的设备 1 的截面图。
- [0347] 为此利用中间气体层 4 的热导率相对于中间气体层 4 厚度的变化性能。
- [0348] 因此,提供中间气体层 4 和参考温度下的材料 5 之间的界面表面 84 与延伸接触表面上的热负荷的分布曲线成比例的曲线。事实上,图 5A 清楚地示出在恒压下,将需要较小厚度的气体层以消除更多的热。
- [0349] 中间气体层 4 和参考温度下的材料 5 之间的界面表面 84 可以是可变形的,并且利用未示出的控制装置控制以形成用于局部地控制中间气体层厚度的控制装置 85。
- [0350] 还可以设想以相同的方式使界面表面 84 适应,以补偿光学元件 2 上的高斯或超高斯形的泵浦光束入射。
- [0351] 当然,本发明并不限于刚刚描述过的实施例,可以在保持在本发明的范围之内对这些实施例进行大量的调整。
- [0352] 特别地,所述原理可以应用到任何设备,特别是任何激光设备中,以及用于所有的能量范围,而与增益介质的形状(板、棒、镶嵌体等)无关。
- [0353] 所述原理可以应用到增益介质以外的光学介质中,如果希望控制其温度的话。
- [0354] 光学元件可以以指定的速率或连续地使用。



图 1

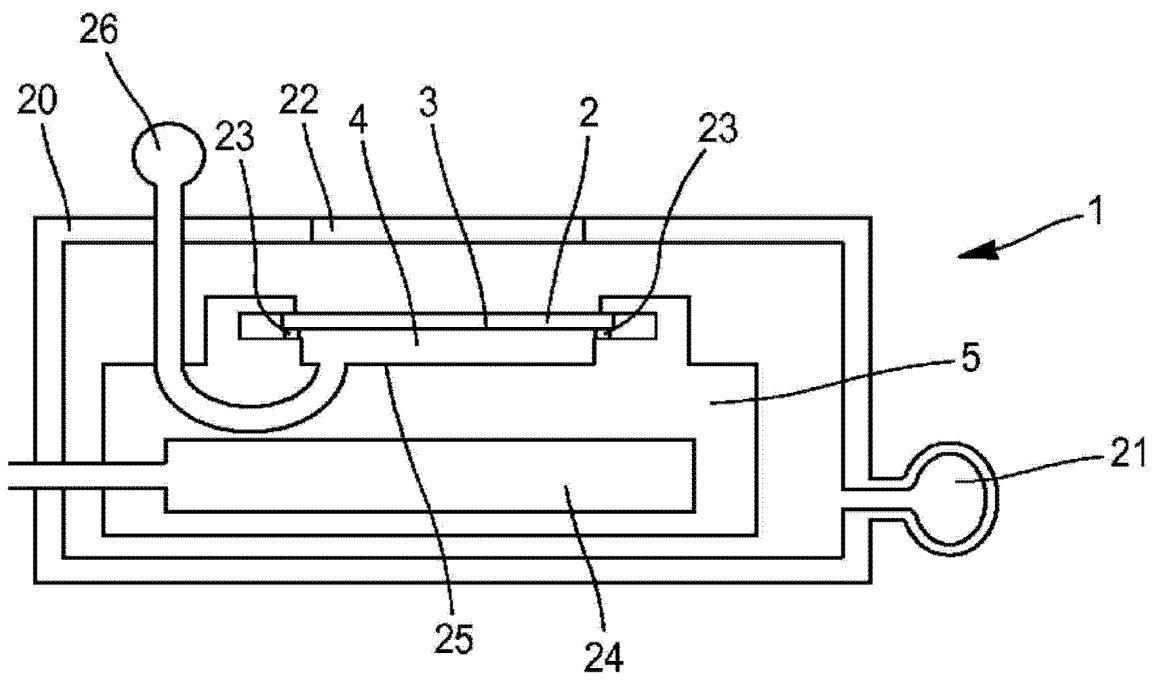


图 2

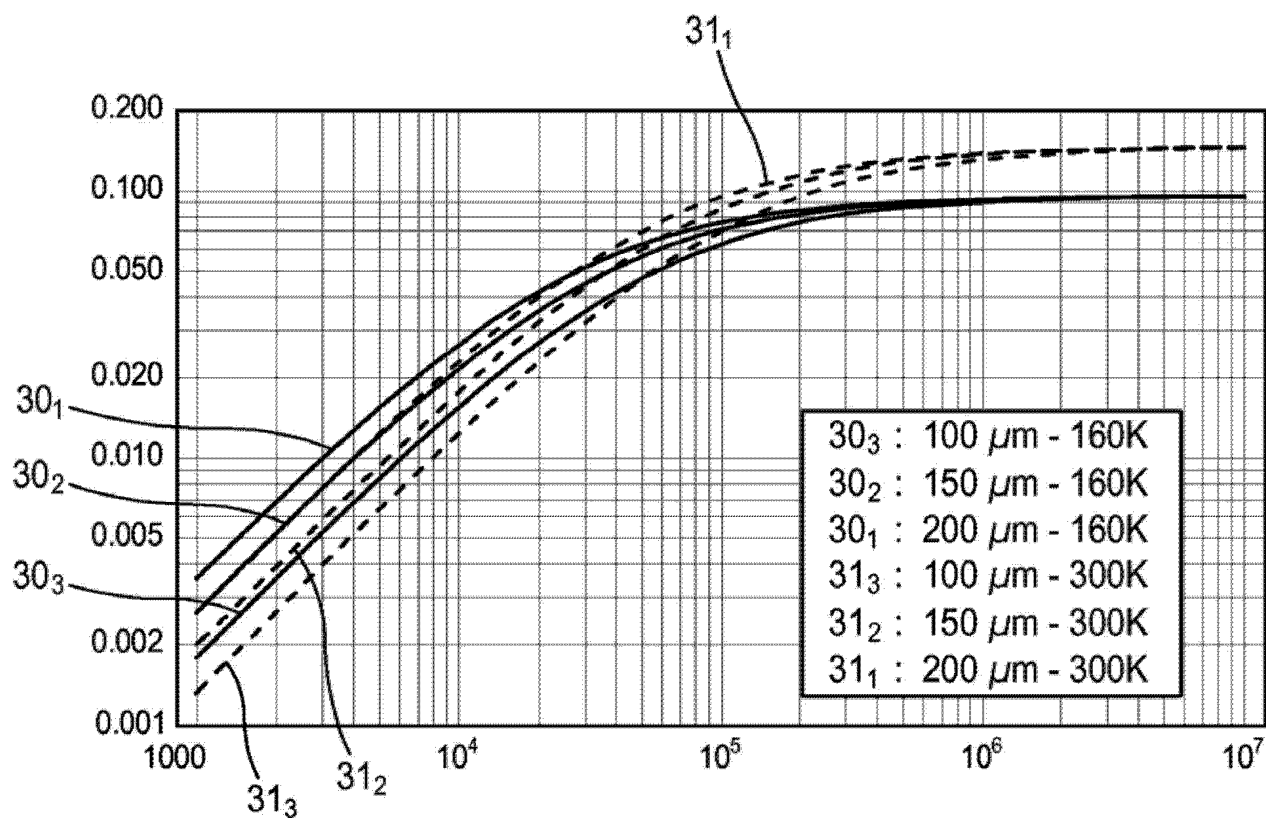


图 3A

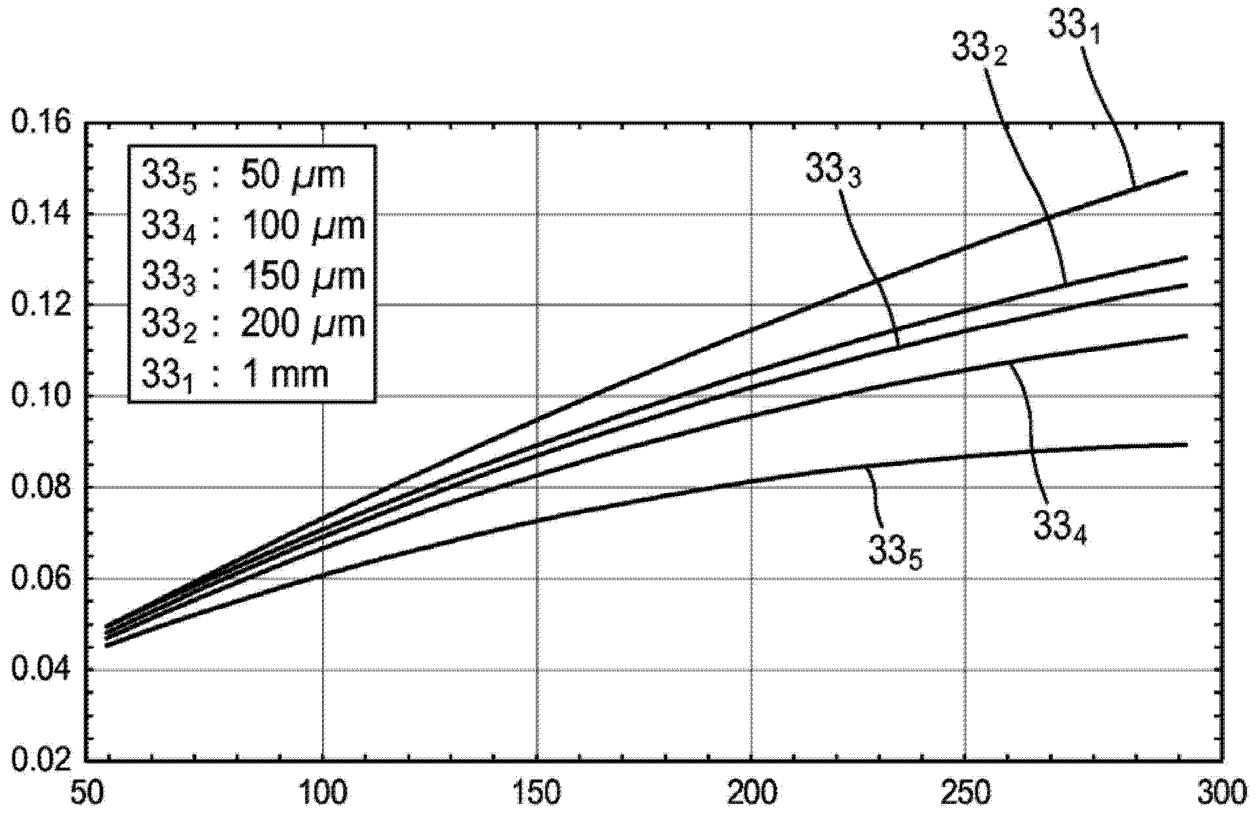


图 3B

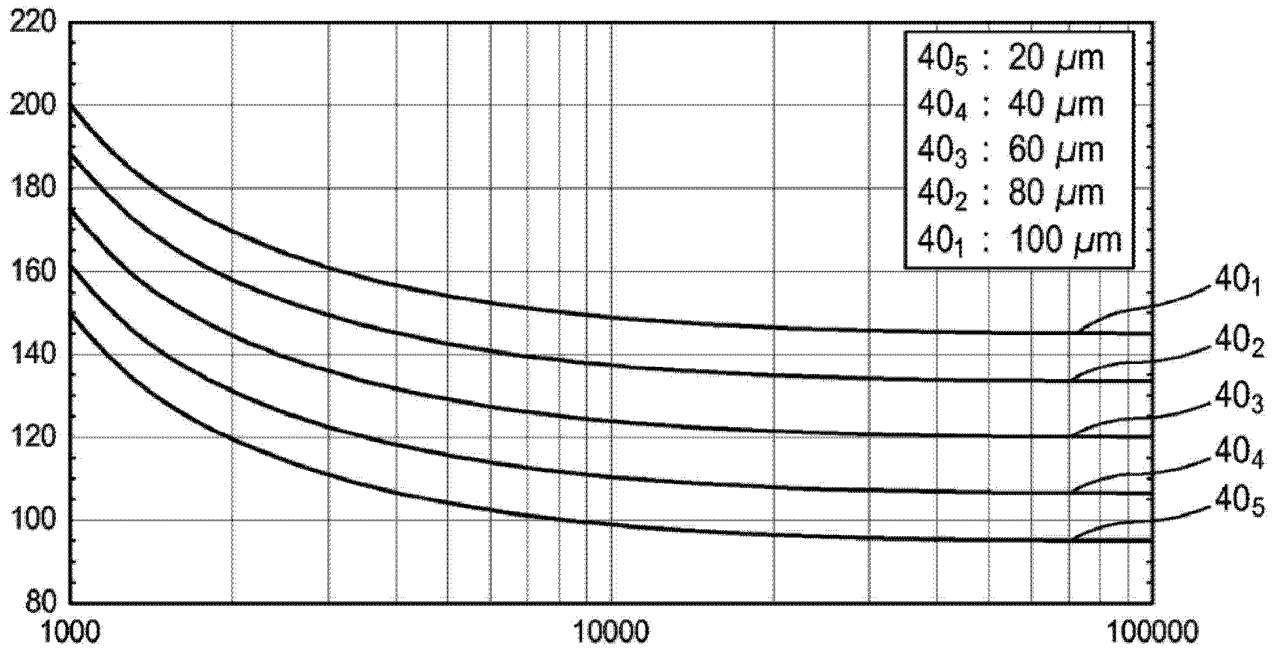


图 4

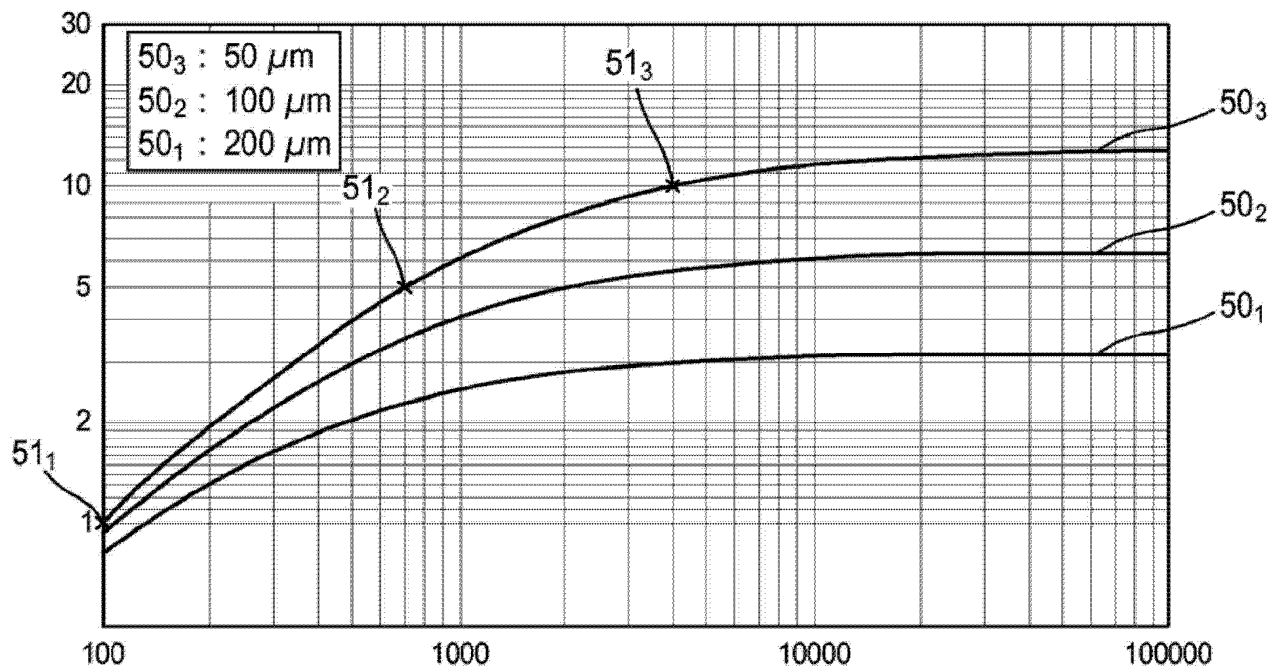


图 5A

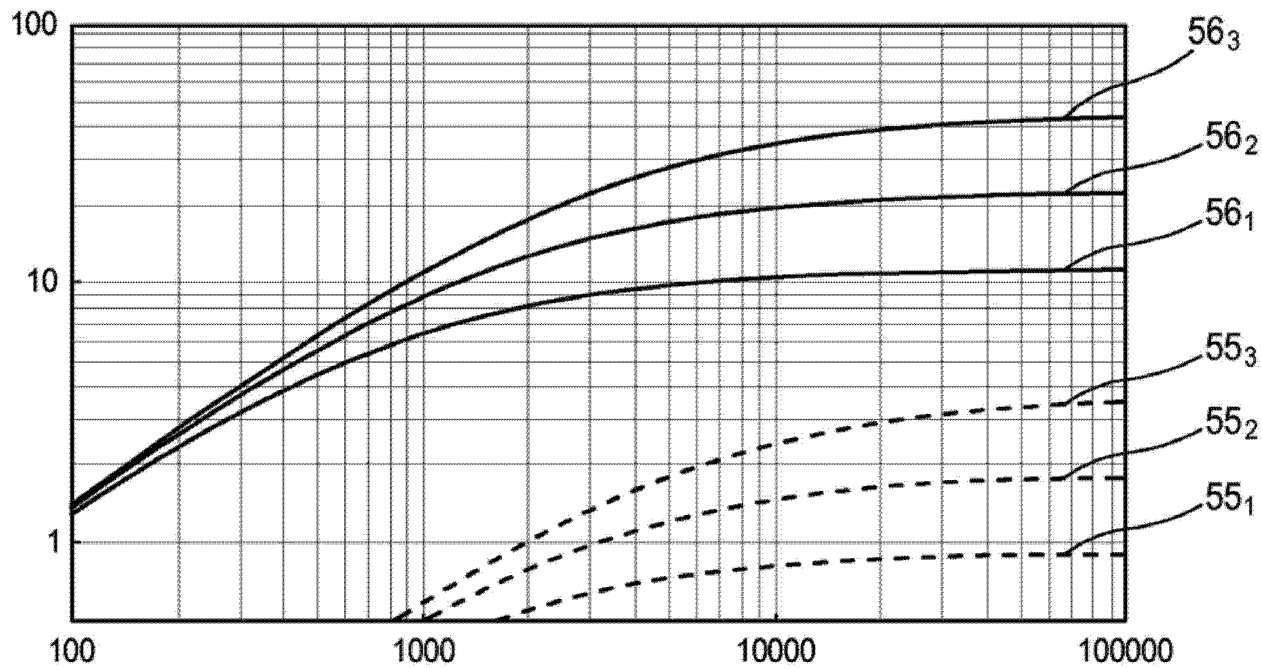


图 5B

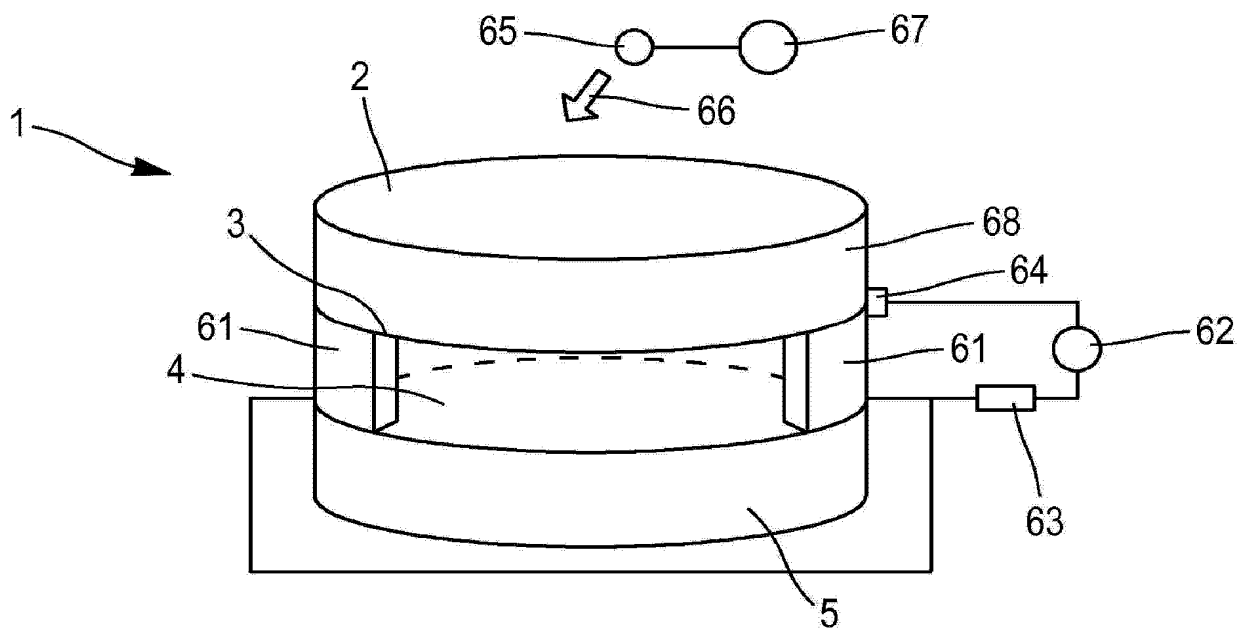


图 6

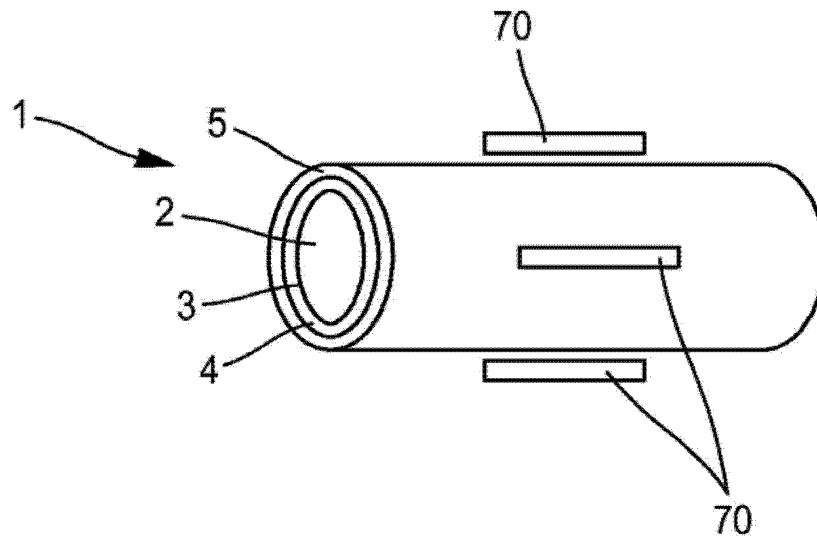


图 7

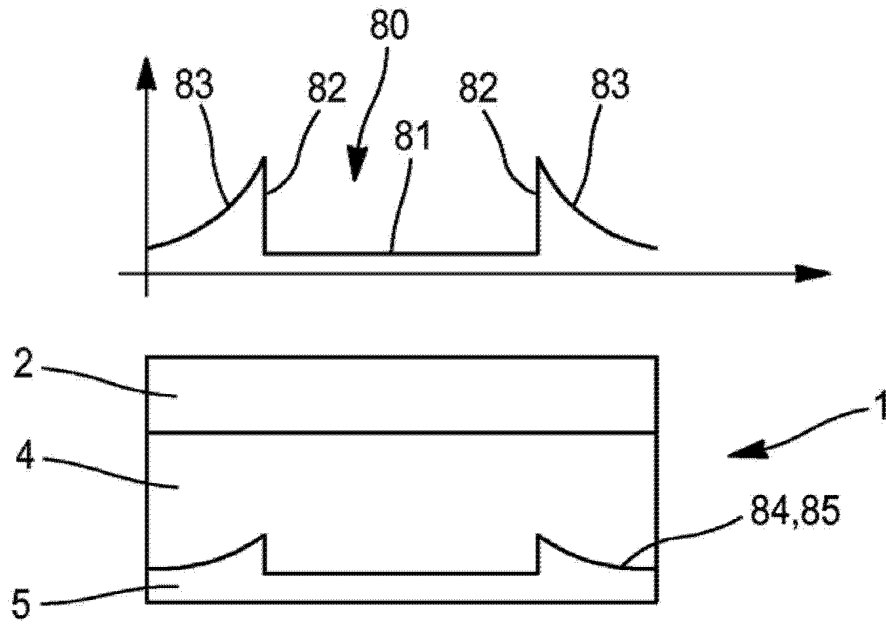


图 8