



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101162591 B

(45) 授权公告日 2011. 04. 20

(21) 申请号 200710152477. 1

EP 1624451 A1, 2006. 02. 08,

(22) 申请日 2007. 10. 15

EP 1624451 A1, 2006. 02. 08,

(30) 优先权数据

CN 1534629 A, 2004. 10. 06,

06122284. 0 2006. 10. 13 EP

审查员 姚杰

(73) 专利权人 汤姆森特许公司

地址 法国布洛涅

(72) 发明人 沃尔夫冈·霍斯费尔德

(74) 专利代理机构 北京市柳沈律师事务所

11105

代理人 吕晓章

(51) Int. Cl.

G11B 7/0065 (2006. 01)

G11B 7/135 (2006. 01)

(56) 对比文件

CN 1658090 A, 2005. 08. 24,

CN 1159046 A, 1997. 09. 10,

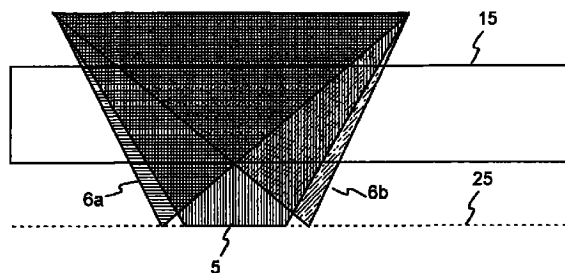
权利要求书 1 页 说明书 5 页 附图 8 页

(54) 发明名称

用于从全息存储介质读取和 / 或向其写入的装置

(57) 摘要

本发明涉及一种用于从全息存储介质 (15) 读取和 / 或向其写入的装置, 更具体地涉及一种用于从具有一个或多个参考光束 (6、6a、6b、6c) 与物光束 (5) 或重建的物光束 (19) 之间的改进的重叠的全息存储介质 (15) 读取和 / 或向其写入的装置。根据本发明, 该装置具有参考光束 (6) 和物光束 (5) 或重建的物光束 (19) 的共孔径排列, 其中, 在全息存储介质 (15) 内部或附近的物光束 (5) 或重建的物光束 (19) 的焦平面 (25) 内, 相对于物光束 (5) 或重建的物光束 (19) 的焦点而移动参考光束 (6) 的焦点。



1. 一种具有参考光束 (6) 和物光束 (5) 或重建的物光束 (19) 的同轴排列的、用于从全息存储介质 (15) 读取和 / 或向其写入的装置, 其中物光束 (5) 或重建的物光束 (19) 与参考光束 (6) 在物镜 (14) 的物平面中部分或完全重叠, 所述装置特征在于: 该装置包括光元件 (17'、17''), 用于在物光束 (5) 或重建的物光束 (19) 的焦平面 (25) 内, 相对于物光束 (5) 或重建的物光束 (19) 的焦点位置移动参考光束 (6) 的焦点位置。

2. 根据权利要求 1 所述的装置, 具有两个或更多参考光束 (6a、6b) 或者环形参考光束 (6c)。

3. 根据权利要求 2 所述的装置, 其中所述光元件 (17'、17'') 是用于生成所述两个或更多参考光束 (6a、6b) 或者环形参考光束 (6c) 的衍射元件 (17') 或折射元件 (17'')。

4. 根据权利要求 3 所述的装置, 其中所述衍射元件 (17') 是线性的或旋转对称的正弦或二元光栅。

5. 根据权利要求 3 所述的装置, 其中所述折射元件 (17'') 是双棱镜或倒双棱镜或者锥体或倒锥体。

6. 根据权利要求 1 至 5 之一所述的装置, 还具有用于阻挡所述参考光束 (6、6a、6b、6c) 的光圈 (22)。

7. 根据权利要求 1 至 5 之一所述的装置, 其特征在于, 其被适配用于从透射型全息存储介质 (15) 读取和 / 或向透射型全息存储介质 (15) 写入。

8. 根据权利要求 1 至 5 之一所述的装置, 其特征在于, 其被适配用于从反射型全息存储介质 (15) 读取和 / 或向反射型全息存储介质 (15) 写入。

9. 根据权利要求 8 所述的装置, 其中所述参考光束 (6、6a、6b、6c) 的直径和所述参考光束相对于物光束 (5) 或重建的物光束 (19) 的倾角使得入射的参考光束 (6、6a、6b、6c) 在全息存储介质 (15) 内与反射的参考光束 (6d) 不重叠。

10. 根据权利要求 1 所述的装置, 其中全息存储介质 (15) 的存储层 (28) 位于稍微偏离所述焦平面 (25) 的菲涅尔区域中。

用于从全息存储介质读取和 / 或向其写入的装置

技术领域

[0001] 本发明涉及一种用于从全息存储介质读取和 / 或向其写入的装置, 更具体地涉及一种用于从全息存储介质读取和 / 或向其写入的装置, 其中所述全息存储介质具有一个或多个参考光束与物光束 (object beam) 或重建的物光束之间的改进的重叠。

背景技术

[0002] 在全息数据存储中, 通过记录由两个相干激光束的叠加产生的干涉图案来存储数字数据, 其中一个光束 (所谓的“物光束”) 由空间光调制器调制, 并且承载要记录的信息。第二光束充当参考光束。干涉图案引起存储材料的特定性质的修改, 所述修改取决于干涉图案的局部亮度 (intensity)。通过利用使用与记录期间相同的条件的参考光束照射全息图, 来执行所记录的全息图的读取。这导致了所记录的物光束的重建。

[0003] 全息数据存储的一个优点是增加了数据容量。与常规光学存储介质相反, 使用全息存储介质的体积 (volume) 来存储信息, 而非仅仅几个层。全息数据存储的另一优点是可以例如通过改变两个光束之间的角度或者通过使用移位复用 (shift multiplexing) 等而在相同体积中存储多个数据。此外, 代替存储单个比特, 将数据存储为数据页。一般地, 数据页由将多个比特编码的明暗图案的矩阵, 即二维二进制阵列或者灰度值阵列组成。除了增大的存储密度以外, 这还允许实现增大的数据速率。数据页由空间光调制器 (SLM) 印制 (imprint) 到物光束上, 并且利用检测器阵列来检测。

[0004] 讨论全息存储系统的目前的两种主要解决方案。在共线系统中, 例如在 EP 1 624 451 中公开的, 将物镜孔径 (aperture) 的分开部分分别用于物光束和参考光束。此系统使用一种移位复用作为复用方法。在离轴 (off-axis) 记录系统中, 例如在 US 6721076 中公开的, 物光束和参考光束不共享相同的光路。在此系统中, 使用角度和多处发生的 (polytopic) 复用。

[0005] 对于这两种解决方案, 全息存储介质中的参考光束和物光束的重叠不是最佳的。这具有获得明显较低的数据密度的结果。

[0006] 在全息数据存储中, 可获得的容量与存储材料的所谓 M 数目 (M#) 密切相关。可将此数目计算为 $M\# = M \cdot \sqrt{\eta}$ 。这里 M 表示可以以给定的衍射效率 η 复用 (multiplex) 的全息图的数目。只有当物光束和参考光束的重叠是最佳的时才可应用此等式。实践中, 所述重叠始终仅仅是部分的。由此必须引入因子 L_{01} 其描述非重叠光束的材料消耗 (material consumption), 从而 $M\# = M \cdot \sqrt{\eta} \cdot L_{01}$ 。对于共线和离轴记录, 因子 L_{01} 约为 2。对于进一步的细节, 参见 Curtis 等人的 “M/# requirements for Holographic Data Storage” (Proceedings of the ODSconference 2006, pp.9—11)。总之, 如果给定特定材料和光学机构 (setup), 全息存储介质中的物光束和参考光束的非最佳重叠降低可获得的容量。

发明内容

[0007] 本发明的一个目的是提出一种用于在向全息存储介质写入的装置中改进物光束和参考光束的重叠的解决方案。

[0008] 根据本发明，通过一种具有参考光束和物光束或重建的物光束的同轴排列的、用于从全息存储介质读取和 / 或向其写入的装置来实现此目的，其中，在全息存储介质内部或附近的物光束或重建的物光束的焦平面 (focal plane) 内，相对于物光束或重建的物光束的焦点而移动参考光束的焦点。参考光束填充 (fill) 与物光束近似相同的孔径 (aperture)，但被聚焦到不同的点或区域，以允许将重建的物光束和参考光束分开。以这一方式，根据本发明的装置具有在全息存储介质内的参考光束和物光束 / 重建的物光束的改进的重叠。此改进的重叠允许增大数据密度。

[0009] 优选地，该装置具有两个或更多参考光束或者环形参考光束。使用两个或更多参考光束或者环形参考光束具有以下优点：特别是当在物光束 / 重建的物光束周围对称地排列参考光束时，实现了进一步改进的重叠。有利地，通过衍射元件或折射元件生成所述两个或更多参考光束或者环形参考光束。当然，也可以使用其它类型的元件，例如反射元件。衍射元件的示例是线性的或者旋转对称的正弦或二元光栅，或者合适的全息元件。衍射元件具有以下优点：除了生成多个参考光束以外，它们还允许影响参考光束的形状。折射元件的示例是双棱镜或倒双棱镜或者锥体 (cone) 或倒锥体。当然，也可以通过多面棱镜来近似所述锥体或倒锥体，即，可由平面多边形来近似曲面。在此情况下，由焦点位于环上的多个参考光束来近似所述环形参考光束。折射元件具有以下优点，即：可以以低成本制造它们。

[0010] 有利地，提供光圈 (aperture) 用于阻挡所述一个或多个参考光束。这样的光圈只使重建的物光束通过，而所述一个或多个参考光束被阻挡。阻挡参考光束确保它们在由检测器阵列进行的数据检测期间不具有任何负面影响。同时，如果需要滤光，则可将该光圈用于对重建的物光束进行滤光。

[0011] 所述装置被适配为从透射型全息存储介质读取和 / 或向其写入，或者从反射型全息存储介质读取和 / 或向其写入。在透射型全息存储介质的情况下，物光束 / 重建的物光束和所述一个或多个参考光束的改进的重叠比对于反射型全息存储介质更容易实现。反射型全息存储介质继而具有以下优点：将多个光学组件用于读取以及写入，即，减少了组件的数目。然而，在这种情况下，选择所述一个或多个参考光束的直径以及它们相对于物光束或重建的物光束的倾角，使得在全息存储介质内，入射的一个或多个参考光束不与反射的参考光束重叠。这通过例如使用半锥形参考光束来实现。否则，在全息存储介质中可能产生共轭全息图。

附图说明

[0012] 为了更好地理解，将在下面的描述中参照附图更详细地解释本发明。应理解：本发明不限于此示例实施例，在不偏离本发明的范围的情况下，也可便利地组合和 / 或修改所详细说明的特征。附图中：

[0013] 图 1 图示在全息存储介质内物光束和参考光束的最佳重叠，

[0014] 图 2 示出通过根据本发明的解决方案实现的物光束和部分参考光束的接近最佳

的重叠，

[0015] 图 3 图示用于阻挡部分参考光束的光圈，

[0016] 图 4 示出在写入操作期间用于从全息存储介质读取和向其写入的透射型装置，

[0017] 图 5 示出在读取操作期间图 4 的装置，

[0018] 图 6 示出被用作部分光束生成元件的两种类型的双棱镜的透视图和侧视图，

[0019] 图 7 图示被用作部分光束生成元件的衍射元件，

[0020] 图 8 示出在参考光束的焦平面内的物光束和部分参考光束的分布，

[0021] 图 9 图示在与由部分参考光束定义的平面垂直的平面中物光束和部分参考光束的重叠，

[0022] 图 10 示出在参考光束的焦平面内的物光束和环型参考光束的分布，

[0023] 图 11 图示被用作部分光束生成元件以获得环型参考光束的两种类型的折射元件，

[0024] 图 12 图示被用作部分光束生成元件以获得环型参考光束的衍射元件，

[0025] 图 13 示出用于从全息存储介质读取和在写入期间向其写入的反射型装置，

[0026] 图 14 示出在读取操作期间图 13 的装置，

[0027] 图 15 图示在反射型介质中物光束和入射的参考光束以及反射的参考光束的重叠，以及

[0028] 图 16 将图 15 的情况与透射型介质中的情况进行比较。

具体实施方式

[0029] 如图 1 所示，显然，如果在透射型全息存储介质 15 内参考光束 6 填充至少与物光束 5 相同的孔径，即，如果它填充至少相同的体积，则实现物光束 5 和参考光束 6 的最佳重叠。然而，此解决方案具有以下缺点：在读出期间，不可以将重建的物光束 19 和参考光束 6 分开。一般地，物光束 5 在亮度上比参考光束 6 弱得多，以允许较大数量的复用的全息图。这使得读出重建的物光束 19 困难得多。由参考光束 6 生成的信号被叠加到重建的物光束 19 的弱得多的信号上。在离轴和共线记录中，由于参考光束 6 和重建的物光束 19 两者在图像平面的位置上以不同的角度传播，因此重建的物光束 19 自动地与基准光束 6 分开。

[0030] 图 2 示意性地示出了根据本发明的、如何通过物光束 5 的焦平面 25 中相对于物光束 5 的焦点移动每个参考光束 6 的焦点或者多个部分参考光束 6a、6b 中的每一个的焦点来实现物光束 5 和部分参考光束 6 的接近最佳的重叠。光束 5、6a、6b 在焦平面 25 中被分开，然而它们在稍微偏离焦平面 25 的区域内仍然很好地重叠。该区域有时被称作“菲涅尔 (Fresnel) 区域”。全息存储介质 15 的可记录的体积优选地位于该区域内。在读出期间，通过在物光束 5 和参考光束 6a、6b 的焦平面处或其附近使用合适的光圈或空间滤光器，可将物光束 5 和参考光束 6a、6b 分开，其中所述光圈或空间滤光器阻挡参考光束 6a、6b。与参考光束 6a、6b 的焦点相反，物光束 5 的焦点不形成小光斑 (spot)，而是形成一区域 (area)。这是由于以下事实：来自 SLM 的物光束 5 不是平面波，而是具有不同传播方向的多个平面波的叠加。这些平面波中的每一个在焦平面 25 的不同位置上具有其焦点。

[0031] 图 3 示出了在读出期间如何通过使用在全息存储介质 15 后面的光圈 22 来阻挡参

考光束 6a、6b 的示例。根据本发明，只在菲涅尔区域中，即，不在聚焦区域 25 的直接相邻处 (direct vicinity) 实现记录，存在物光束 5 和参考光束 6a、6b 的接近完全的重叠。重建的物光束 19 仍然被与参考光束 6a、6b 可靠地分开。

[0032] 在图 4 中示出用于从全息存储介质读取和向其写入的装置的示例机构。与图 1 到图 3 相比，为了简单，只图示光束的主要光线。相干光源 (例如激光二极管 1) 发射光束 2，所述光束 2 由扩束器 (beam expander) 和滤光器装置 3 准直、扩展并滤光。接着，通过分光器 4 将该光束 2 分为两个单独的光束 5、6。第一光束 5 (所谓的“物光束”) 通过光束闸 (beam shutter) 7，并由两个镜子 8、9 导向空间光调制器 (SLM) 10。SLM 10 调制光束 5 以印制二维数据图案。通过一对傅立叶透镜 11、13 和空间滤光器 12 对物光束 5 进行滤光，所述空间滤光器 12 滤除物光束 5 的高频分量。然后，通过物镜 14 将物光束 5 聚焦到全息存储介质 15 (例如全息盘或卡) 中。在第二光束 6 (参考光束) 射 (impinge) 到部分光束生成元件 17 (例如双棱镜或衍射元件) 上之前，它也通过光束闸 16。部分光束生成元件 17 从参考光束 6 生成两个或更多部分参考光束 6a、6b。以这样的方式设计部分光束生成元件 17，使得两个部分参考光束 6a、6b 的焦点位于物光束 5 的聚焦区域附近。部分参考光束 6a、6b 通过光束耦合元件 18 (例如分光器) 而被耦合到物光束 5 的光路中，并且通过物镜 14 而被聚焦到全息存储介质 15 中。在物光束 5 和部分参考光束 6a、6b 的相交处出现干涉图案，其被记录在全息存储介质 15 的光敏层中。

[0033] 如图 5 所示，通过只利用部分参考光束 6a、6b 照射所记录的全息图来从全息存储介质 15 取回所存储的数据。为此，由光束闸 7 阻挡物光束 5。部分参考光束 6a、6b 被全息图结构衍射，并产生原始物光束 5 的副本 (copy)，即重建的物光束 19。此重建的物光束 19 由物镜 20 准直，并且被引导到二维阵列检测器 24 (例如 CCD 阵列) 上。另一对傅立叶透镜 21、23 和另一个空间滤光器 22 阻挡部分参考光束 6a、6b。有利地，空间滤光器 22 也被用于滤除重建的物光束 19 的高频分量。阵列检测器 24 允许重建所记录的数据。

[0034] 当然，在只用于写入的装置中，可以省略读取路径的元件。类似地，在只用于读取的装置中，可以省略物光束 5 的路径的元件。

[0035] 图 6 中示出了作为部分光束生成元件 17 的双棱镜 17” 的几何结构。图 6a) 示出两种不同类型的双棱镜 17” 的三维视图，而在图 6b) 中，图示了双棱镜 17” 的剖面图。如可看到的，双棱镜 17” 将入射的参考光束 6 分为具有不同传播方向的两个参考光束 6a、6b。

[0036] 图 7 中示出了作为部分光束生成元件 17 的衍射元件 17’ 的示例形式。在该图的底部，示出了元件 17’ 的透视图。在此透视图的上面是放大的俯视图和沿着线 $\overline{AA}$ 的表面的剖面图。在此示例中，衍射元件 17’ 是透射衍射光栅。该元件的光束入口表面 30 是平面，而该元件的光束出口表面 31 具有正弦或二元 (binary) (二阶) 表面结构。如果将光栅的深度选为激光波长的大约一半，则大多数入射的光 6 被衍射为相对于光轴以某个角度传播的光线 6a、6b。可通过选择光栅的适当光栅周期来控制所述角度，从而控制焦平面 25 中的光斑的位置。

[0037] 图 8 作为在焦平面 25 上的俯视图而示出了物光束 5 和部分参考光束 6a、6b 的分布。两个参考光束的光斑位于物光束 5 的附近。

[0038] 在上述解决方案中，在由两个部分参考光束 6a、6b 的光轴跨过的平面中实现了改进的重叠。图 9 中图示了垂直于此平面的平面中的重叠。

[0039] 作为进一步的改进，优选地由在焦平面 25 中生成聚焦环 (fbcus ring) 6c 而不是两个光斑的光学元件来替换所述双棱镜或者正弦或二元光栅。这在图 10 中示出。在此情况下，在整个体积内改进了重叠，这是因为在图 2 所示的平面中示出的重叠是对于整个全息图体积实现的。

[0040] 在图 11 中概略地示出了作为部分光束生成元件 17 的两种不同类型的折射光学元件 17” 的三维视图。折射光学元件 17” 具有带有一个平面面和一个锥形面的锥体 (图 11a) 或者倒锥体 (图 11b) 的形状、或者具有使用多边形近似的近似的锥体或者倒锥体的形状。在后一情况下，在焦平面 25 中生成在圆环上排列的多个焦点、而不是焦平面 25 中的聚焦环。

[0041] 图 12 中图示了由具有旋转对称的正弦或二元表面光栅 17’ 构成的衍射光学元件 17’。该功能原理与图 7 的线性正弦或者二元光栅结构的功能原理相同。唯一的区别在于：由于该元件的旋转对称，以这样的方式衍射光束，即：对于所有部分光束、相对于光轴的传播角度都相同。

[0042] 虽然在上面的描述中解释了透射型全息存储系统，但是该思想也适用于反射型全息存储系统。反射型是指只从全息存储介质 15 的一面记录和读取数据。因此，所述光学机构的一些部件 (例如物镜 14) 可被用于记录和读取数据两者。这简化了所述机构，并且使其更紧凑。在图 13 和图 14 中分别示出了在记录和读取期间的反射型全息存储系统的示例机构。在这些图中，使用与图 4 和图 5 中相同的参考标记来指示相同的元件。全息存储介质 15 具有在存储层后面的反射层 27，使得在读取期间，将重建的物光束 19 反射回物镜 14。与透射型系统相比，主要差别在于：入射的参考光束 6a、6b 仅仅照射物镜 14 的孔径的一半或更少，以避免记录共轭的全息图。这优选地由位于生成参考光束 6a、6b 的部分光束生成元件 17 前面的附加光圈 30 控制。选择入射的参考光束的照射孔径，使得不存在入射的参考光束和反射的参考光束的重叠。图 15 中图示了此原理。为了简便，只示出了一个参考光束 6a。有利地，使用多于一个的参考光束来实现物光束 5 和参考光束 6a、6b 的良好重叠。如可看到的，反射层 27 位于全息存储层 28 下面的焦平面中。在该图中，由间隔层 29 将全息存储层 28 与反射层 27 分开。为了比较，图 16 示出了透射型全息存储介质 15 的相同情况。可看到，对于反射型全息存储介质 15，入射的参考光束 6a 和反射的参考光束 6d 必须填充与用于透射型介质 15 的入射的参考光束 6a 的孔径相同的孔径。这优选地通过入射的参考光束 6a 朝向光轴的更大倾斜来实现。选择参考光束 6a、6b 的直径及其倾角，使得例如通过使用半锥参考光束 6a、6b 而入射的参考光束 6a、6b 和反射的参考光束 6d 不重叠。

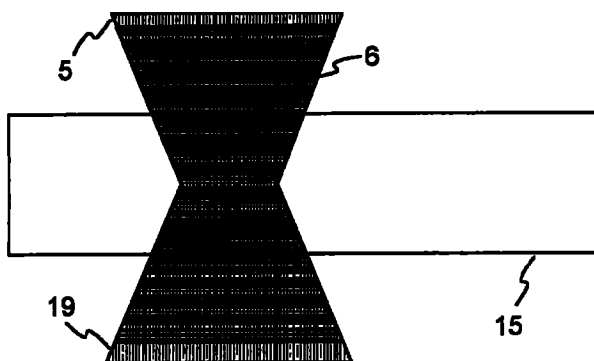


图 1

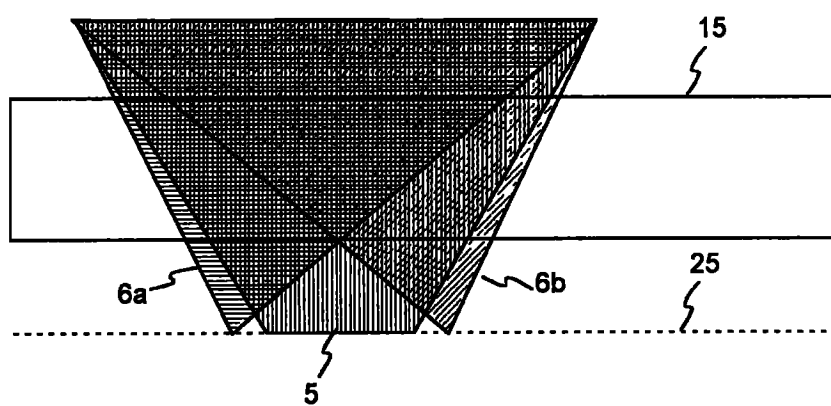


图 2

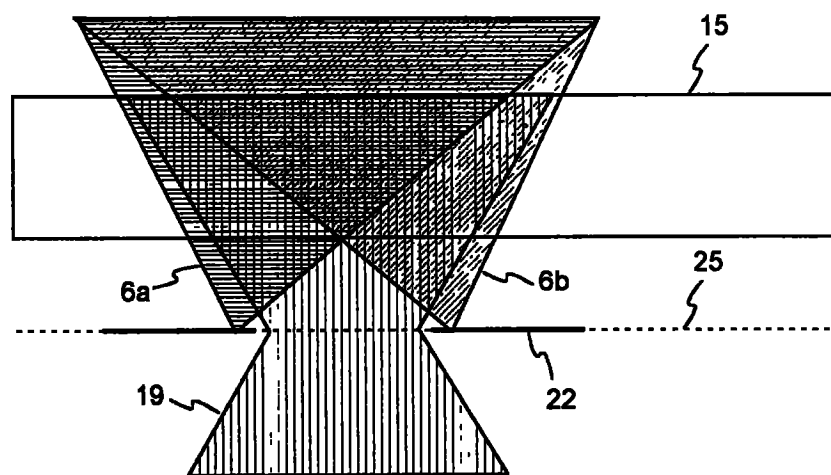


图 3

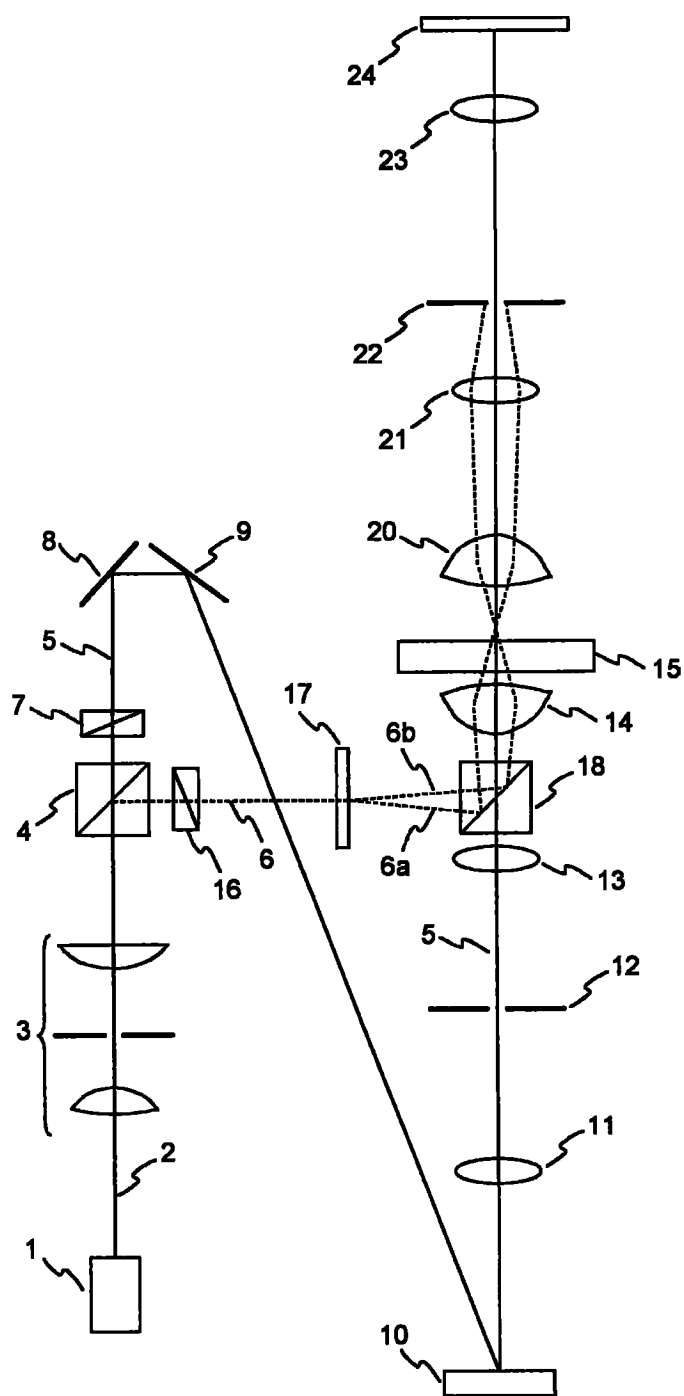


图 4

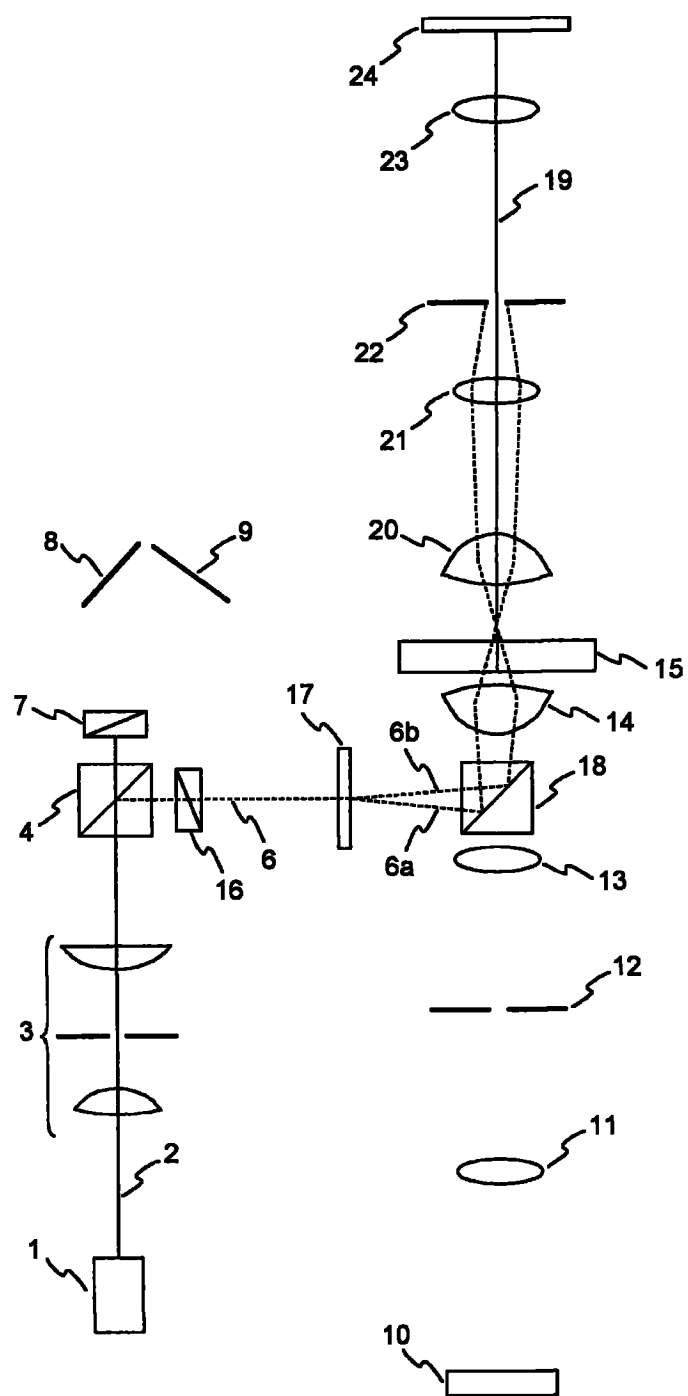


图 5

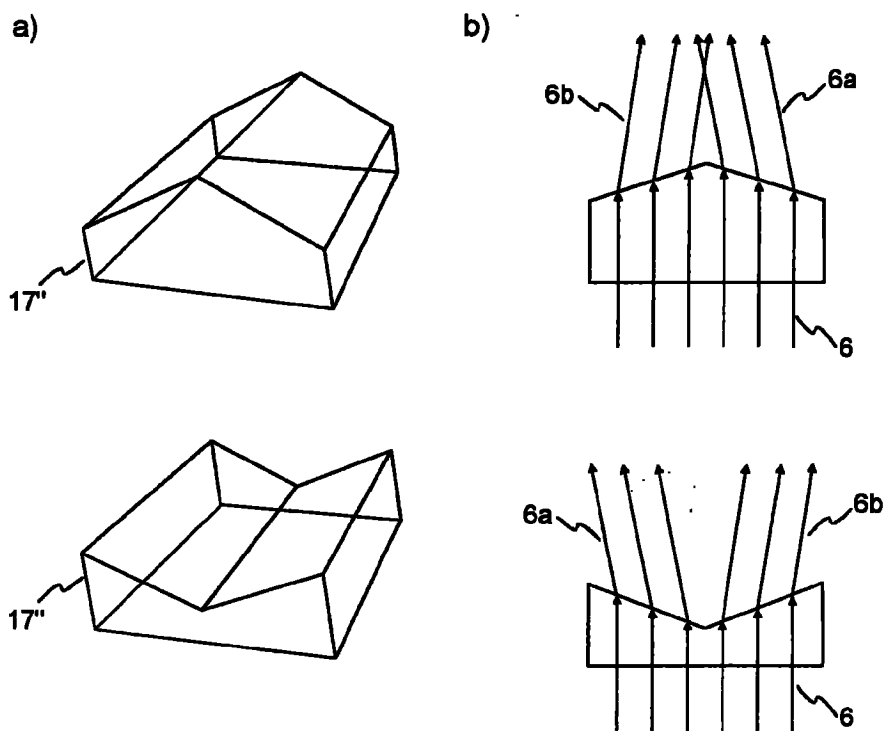


图 6

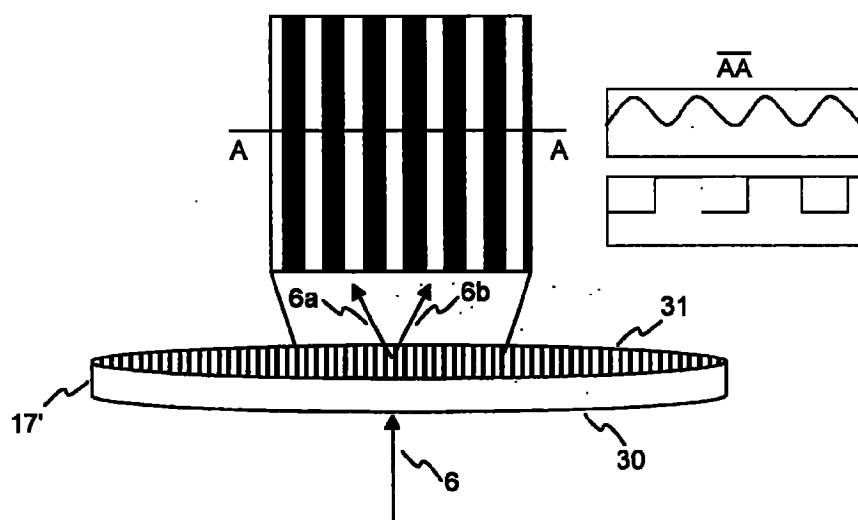


图 7

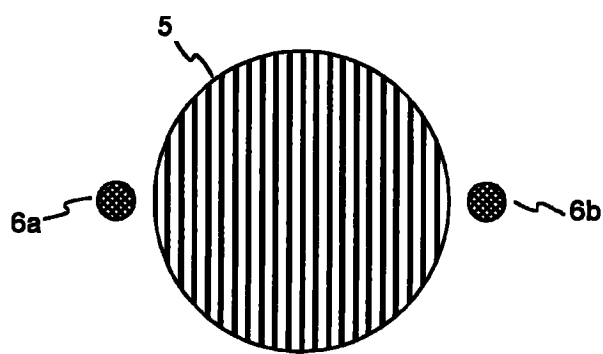


图 8

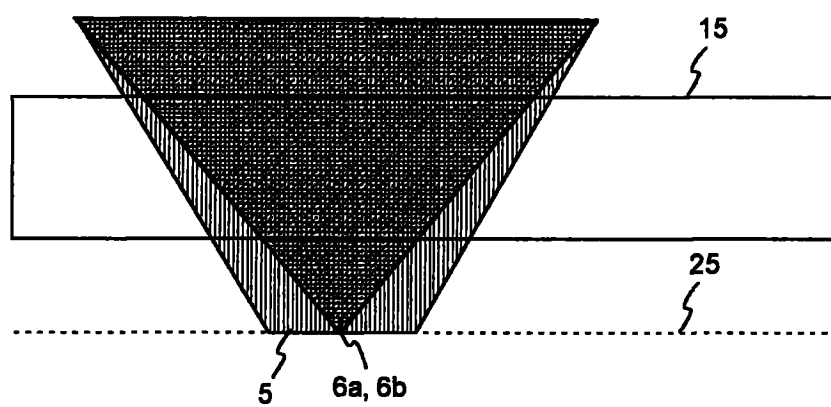


图 9

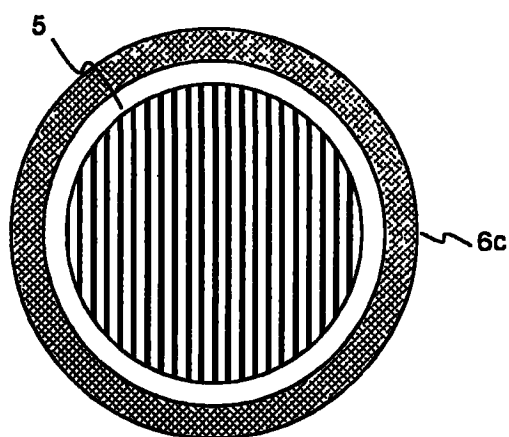


图 10

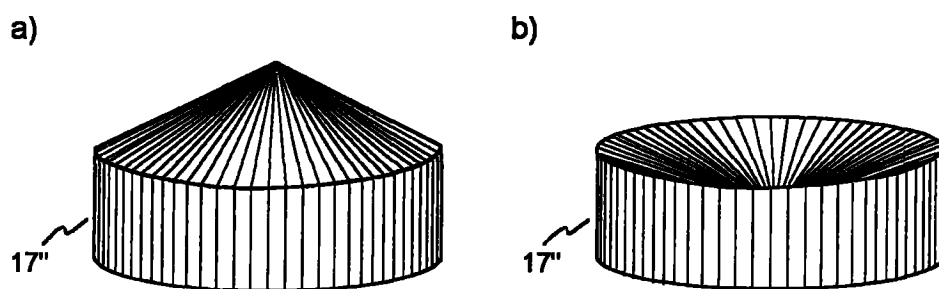


图 11

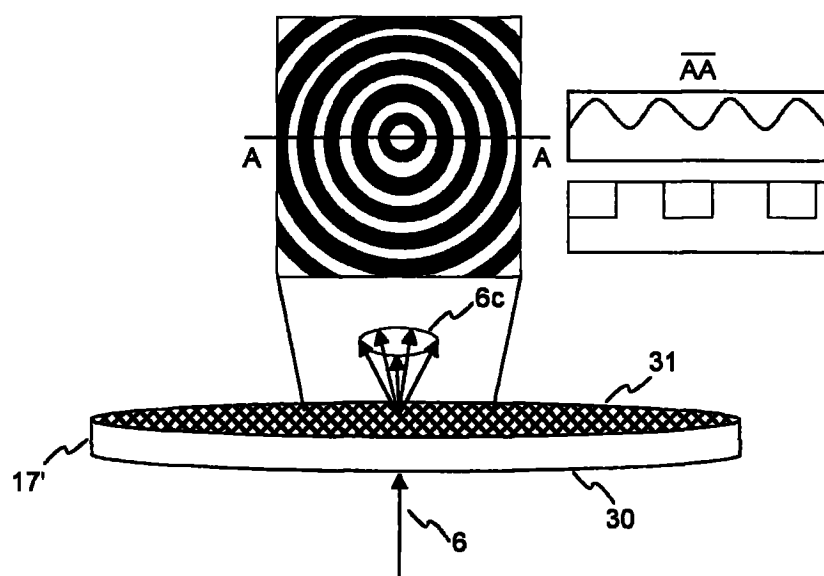


图 12

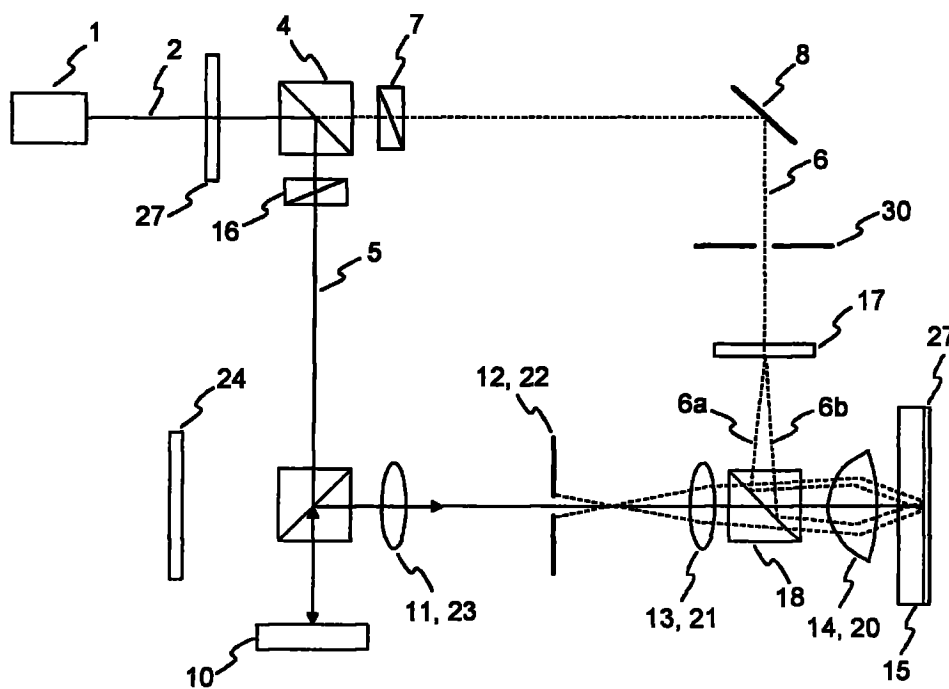


图 13

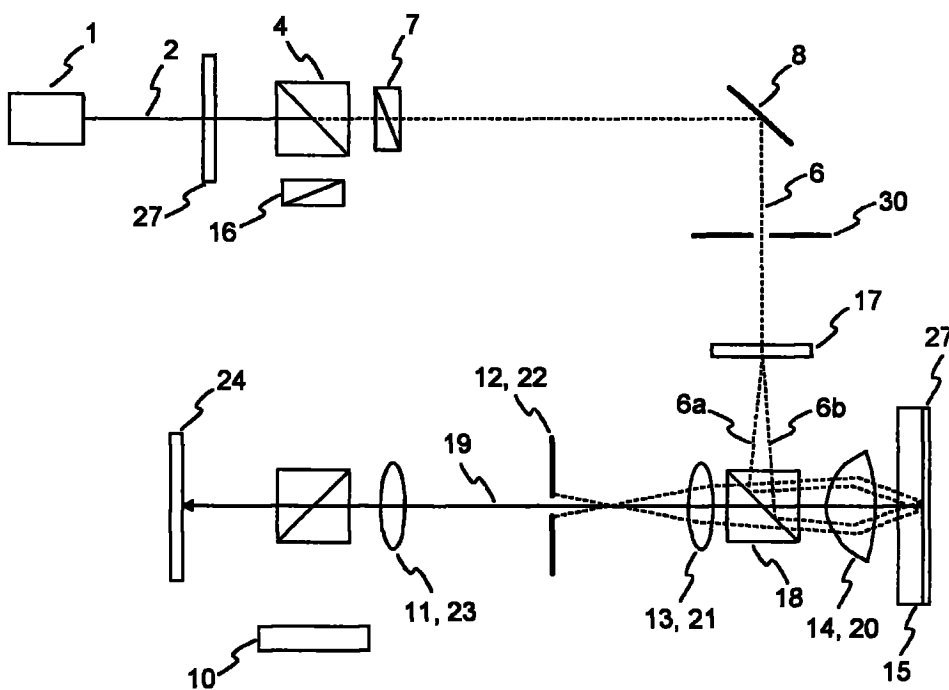


图 14

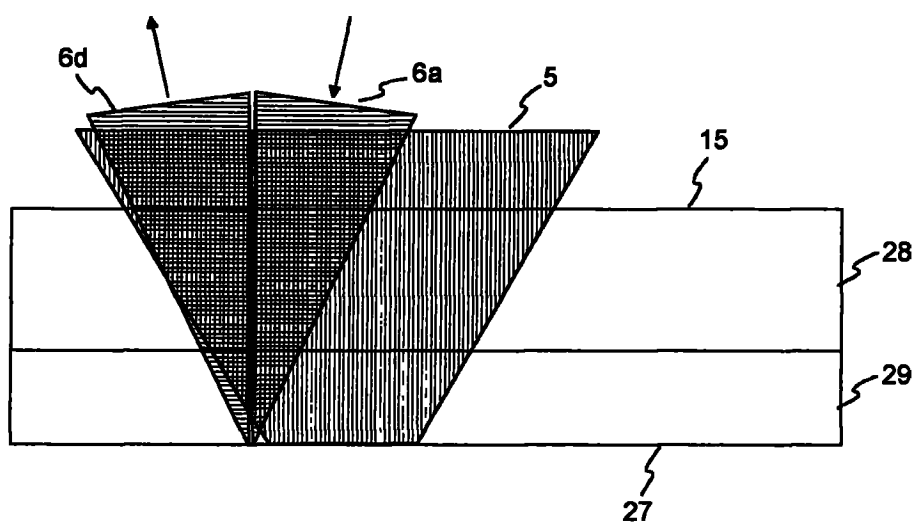


图 15

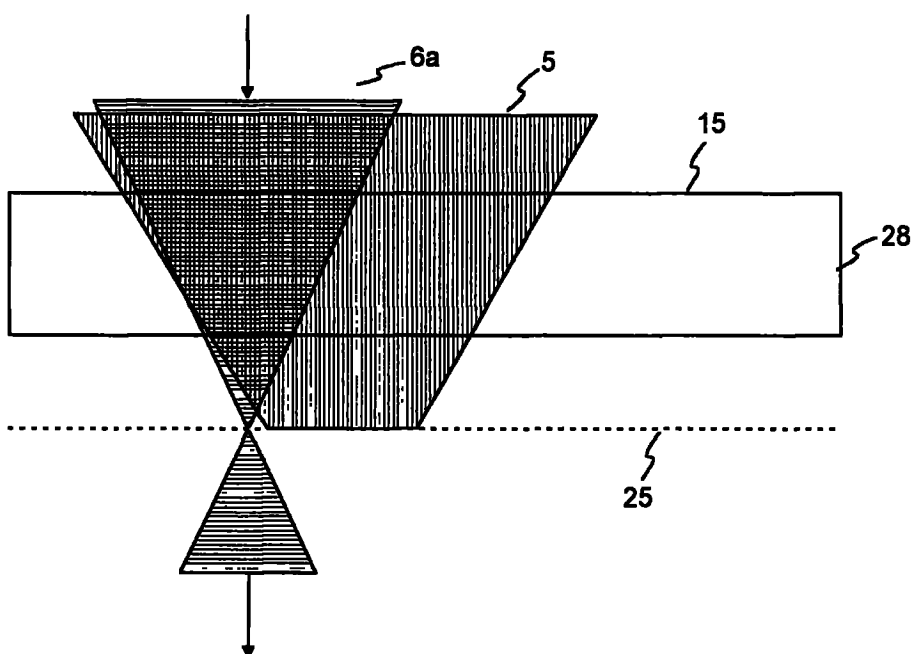


图 16