



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101416114 B

(45) 授权公告日 2011. 03. 02

(21) 申请号 200780011934. 3
 (22) 申请日 2007. 04. 04
 (30) 优先权数据
 102006015609. 9 2006. 04. 04 DE
 (85) PCT申请进入国家阶段日
 2008. 09. 28
 (86) PCT申请的申请数据
 PCT/EP2007/053328 2007. 04. 04
 (87) PCT申请的公布数据
 W02007/116000 DE 2007. 10. 18
 (73) 专利权人 特萨斯克里伯斯有限公司
 地址 德国海德尔堡
 (72) 发明人 S·内特 R·托曼
 (74) 专利代理机构 北京市金杜律师事务所
 11256

代理人 王茂华

(51) Int. Cl.
G03F 7/20 (2006. 01)
G03H 1/08 (2006. 01)
 (56) 对比文件
 US 2005/0219502 A1, 2005. 10. 06, 说明书第
 52-54、61、63 段, 附图 1.
 CN 1385759 A, 2002. 12. 18, 全文.
 WO 03/016977 A2, 2003. 02. 27, 全文.
 US 6177980 B1, 2001. 01. 23, 全文.

审查员 高洁

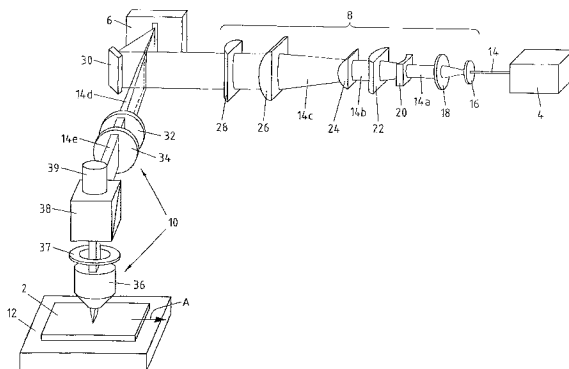
权利要求书 4 页 说明书 19 页 附图 8 页

(54) 发明名称

用于微构造存储介质的设备和方法以及包括微构造区域的存储介质

(57) 摘要

本发明涉及一种用于微构造存储介质 (2) 的设备, 该设备包括用于根据电磁辐射来产生至少部分相干光束的辐射源 (4)、具有多个单独可切换调制器单元的调制器 (6)、用于照射调制器 (6) 的光束形成光学单元 (8)、用于缩减由调制器 (6) 辐射的光束的缩减光学单元 (10) 和用于相对于缩减光学单元来转移存储介质 (2) 的传送台 (12)。本发明的目的在于解决由于微构造的写入和单独衍射光学单元 (DOE)、特别是具有高速度和高写入能量的由计算机生成的全息图所引起的技术问题。可以实现所述目的是因为缩减光学单元 (10) 被配置有受限的衍射并且所述单元 (10) 产生相对于单独调制器单元的表面至少为 25 的表面缩减。本发明也涉及一种用于控制所述设备的方法和一种由此描述的存储介质。



1. 一种用于微构造存储介质 (2) 的设备, 包括:
 - 用于生成电磁辐射的至少部分相干光束的辐射源 (4),
 - 具有多个单独可切换调制器单元的调制器 (6),
 - 用于照射所述调制器 (6) 的光束成形光学单元 (8),
 - 用于缩减由所述调制器 (6) 发射的光束的缩减光学单元 (10),
 - 用于将相位调制转换成强度调制的装置, 以及
 - 用于相对于所述缩减光学单元 (10) 来移动所述存储介质 (2) 的传送设备 (12),其特征在于:
 - 以限制衍射的方式形成所述缩减光学单元 (10), 以及
 - 所述缩减光学单元 (10) 产生相对于所述单独可切换调制器单元的面积至少面积缩减因子为 25 的面积缩减。
2. 如权利要求 1 所述的设备, 其特征在于:
所述用于将相位调制转换成强度调制的装置为空间频率滤波器。
3. 如权利要求 1 所述的设备, 其特征在于:
所述缩减光学单元的面积缩减因子在 25 与 1000 之间。
4. 如权利要求 3 所述的设备, 其特征在于:
所述缩减光学单元的面积缩减因子在 50 与 1000 之间。
5. 如权利要求 4 所述的设备, 其特征在于:
所述缩减光学单元的面积缩减因子是 250。
6. 如权利要求 1 至 5 中任一权利要求所述的设备, 其特征在于:
所述缩减光学单元 (10) 将各调制器单元所衍射的辐射强度缩减到直径小于 $10\ \mu\text{m}$ 的大小。
7. 如权利要求 6 所述的设备, 其特征在于:
所述缩减光学单元 (10) 将各调制器单元所衍射的辐射强度缩减到直径小于 $1\ \mu\text{m}$ 的大小。
8. 如权利要求 1 至 5 中任一权利要求所述的设备, 其特征在于:
所述辐射源 (4) 形成为激光器。
9. 如权利要求 8 所述的设备, 其特征在于:
所述辐射源 (4) 形成为脉冲式激光器。
10. 如权利要求 8 所述的设备, 其特征在于:
所述激光器 (4) 生成单模激光束。
11. 如权利要求 8 所述的设备, 其特征在于:
所述激光器 (4) 生成具有部分相干的多模激光束。
12. 如权利要求 1 至 5 中任一权利要求所述的设备, 其特征在于:
所述调制器 (6) 是包括分别可切换调制器单元的单线式光调制器。
13. 如权利要求 1 至 5 中任一权利要求所述的设备, 其特征在于:
所述调制器 (6) 是包括分别可切换调制器单元的二维光调制器。
14. 如权利要求 1 至 5 中任一权利要求所述的设备, 其特征在于:
以限制衍射的方式形成所述光束成形光学单元 (8)。

15. 如权利要求 1 至 5 中任一权利要求所述的设备,其特征在于:
所述光束成形光学单元 (8) 根据由所述辐射源 (4) 生成的光束分布状态来生成与所述调制器 (6) 的面积适配的光束分布状态。
16. 如权利要求 15 所述的设备,其特征在于:
所述光束成形光学单元 (8) 具有鲍威尔透镜 (24)。
17. 如权利要求 1 至 5 中任一权利要求所述的设备,其特征在于:
所述缩减光学单元 (10) 具有显微镜物镜 (36)。
18. 如权利要求 1 至 5 中任一权利要求所述的设备,其特征在于:
所述缩减光学单元 (10) 具有焦距和 / 或数值孔径不同的至少两个物镜。
19. 如权利要求 1 至 5 中任一权利要求所述的设备,其特征在于:
所述装置为在傅立叶平面 (37) 中的或者附近的空间频率滤波器,所述空间频率滤波器与所述缩减光学单元 (10) 组合。
20. 如权利要求 1 至 5 中任一权利要求所述的设备,其特征在于:
所述传送设备形成为传送台 (12) 可调节。
21. 如权利要求 20 所述的设备,其特征在于:
所述传送设备形成为传送台 (12) 在一个轴上可调节。
22. 如权利要求 20 所述的设备,其特征在于:
所述传送设备形成为传送台 (12) 在两个轴上可调节。
23. 如权利要求 1 至 5 中任一权利要求所述的设备,其特征在于:
所述传送设备 (12) 在所述缩减光学单元 (10) 的方向上移动所述存储介质 (2)。
24. 如权利要求 1 至 5 中任一权利要求所述的设备,其特征在于:
在所述缩减光学单元的上游的光束路径中提供用于在所述存储介质上移位所缩减的强度图案的目的的可移动光学单元 (38)。
25. 如权利要求 1 至 5 中任一权利要求所述的设备,其特征在于:
提供用于监视微构造或者用于监视相对于预定或者已经写入的微构造或者标记的预定取向或者对准的相机系统 (40)。
26. 如权利要求 1 至 5 中任一权利要求所述的设备,其特征在于:
提供用于与所述存储介质 (2) 和所述缩减光学单元 (10) 的距离适配的自动聚焦系统 (42)。
27. 如权利要求 1 至 5 中任一权利要求所述的设备,其特征在于:
- 提供控制器,
- 所述控制器使所述辐射源 (4)、所述调制器 (6) 和所述传送设备 (12) 同步。
28. 一种用于控制如权利要求 1 至 27 中任一权利要求所述的用于微构造存储介质的设备的方法,
- 其中,在所述传送设备的移动过程中,在到达所述存储器介质中将要写入的新构造的位置之前预定持续时间 ΔT 生成主触发 T_0 ,
- 其中驱动所述辐射源以便在瞬间 $T_0 + \Delta T$ 生成辐射脉冲,
- 其中在到达所述瞬间 $T_0 + \Delta T$ 之前,根据将要写入的信息来设置所述调制器,以及
- 其中所述辐射源在所述瞬间 $T_0 + \Delta T$ 生成其强度分布根据所述调制器的设置来变化的

辐射脉冲。

29. 根据权利要求 28 所述的方法，

其中所述传送台连续地移动，以及其中在各情况下通过将所述传送台移动预定距离来生成所述主触发 T_0 。

30. 一种用于控制如权利要求 1 至 27 中任一权利要求所述的用于微构造存储介质的设备的方法，

- 其中在写入方向上向所述存储介质写入第一构造轨道，
- 其中以与先前构造轨道平行的方式向所述存储介质写入至少第二构造轨道，以及
- 其中在与先前构造轨道的写入方向相反的方向上写入至少所述第二构造轨道。

31. 根据权利要求 30 所述的方法，

- 其中借助检测设备来检测所述第一构造轨道的边缘，以及

- 其中所述传送设备相对于所述写入方向横向地移动，从而以与所述第一构造轨道的边缘直接邻接的方式写入所述第二构造轨道。

32. 根据权利要求 31 所述的方法，

- 其中所述检测设备为相机系统。

33. 一种存储介质，借助如权利要求 1 至 27 中任一权利要求所述的设备得以微构造，

- 包括光学可变层，
- 其中在预定区域中微构造所述层，

其特征在于：

- 所述微构造的区域的尺度至少在一个方向上至少为 10mm。

34. 如权利要求 33 所述的存储介质，其特征在于：

所述尺度至少为 50mm。

35. 如权利要求 33 或者 34 所述的存储介质，其特征在于：

以具有长度对应于条带的宽度的倍数的所述条带的形式写入所述微构造的区域。

36. 如权利要求 35 所述的存储介质，其特征在于：

所述长度对应于所述宽度的至少五倍。

37. 如权利要求 36 所述的存储介质，其特征在于：

所述长度对应于所述宽度的十倍。

38. 如权利要求 33 或者 34 所述的存储介质，其特征在于：

所述微构造的区域具有至少两个不同信息内容。

39. 如权利要求 33 或者 34 所述的存储介质，其特征在于：

包括在所述存储介质中的至少一个信息内容是由计算机生成的全息图、点阵全息图、微图像、微脚本或者编码结构。

40. 一种用于控制如权利要求 1 至 27 中任一权利要求所述的用于微构造存储介质的设备的方法，

- 其中逐线在写入方向上向所述存储介质写入构造轨道，
- 其中利用预定最大强度来形成单独像素，以及
- 其中利用小于所述最大强度的强度来形成以相邻方式将要写入的至少两个像素。

41. 如权利要求 40 所述的方法，

其中在彼此相邻将要写入的至少三个像素情况下,利用比用于形成两个外部像素的强度小的强度来形成至少一个中央像素。

42. 如权利要求 41 所述的方法,

其中用于形成所述两个外部像素的强度小于所述最大强度。

43. 如权利要求 40 至 42 中任一权利要求所述的方法,

其中考虑在曝光线中布置的像素以便确定强度。

44. 如权利要求 40 至 42 中任一权利要求所述的方法,

其中考虑在曝光线中写入的像素和在先前写入的曝光线中写入的像素以便确定强度。

45. 如权利要求 44 所述的方法,

其中对于在曝光线中以相邻方式将要写入的像素比对于在后续曝光线中相邻布置的像素相对于所述最大强度较大程度地减少强度。

46. 一种用于控制如权利要求 1 至 27 中任一权利要求所述的用于微构造存储介质的设备的方法,

- 其中逐线在写入方向上向所述存储介质写入构造轨道,以及

- 其中仅在各情况下在各曝光轨道中利用预定最大强度来形成彼此以一定距离布置的单独像素。

47. 如权利要求 46 所述的方法,

其中彼此有一定距离地形成彼此相邻形成的曝光线的单独像素。

48. 如权利要求 46 或者 47 所述的方法,

其中所述曝光线的取向关于所述存储介质相对于所述写入设备的写入方向倾斜。

用于微构造存储介质的设备和方法以及包括微构造区域的存储介质

技术领域

[0001] 本发明涉及一种用于微构造存储介质的设备和方法以及一种包括微构造区域的存储介质。本发明还涉及一种用于自动聚焦用于微构造存储介质的写入设备的成像光学单元的设备和方法。本发明还涉及一种用于在存储介质上产生微构造的新颖写入策略。

背景技术

[0002] 在引言中提到的该类微构造是现有技术中已知的并且包括用来更改存储介质的表面或一层或者多层的光学性质的多个点和/或线。在这一情况下可以利用反射率、透射率、吸收率、散射行为中的变化、反射光的相位改变或者所有这些效果的组合。在这一情况下,空间分辨率可以是小于 $10\mu\text{m}$ 下至小于 $1\mu\text{m}$ 的点或者线尺度。这一类微构造用于存储信息;特别是可以由此产生由计算机生成的全息图、微图像或者微脚本。

[0003] 由计算机生成的全息图包括在利用优选相干光束进行照射的情况下造成重建全息图中编码的信息项的一层或者多层点阵或者点分布。在这一情况下,可以将点分布计算为幅度全息图、相位全息图或者菲涅耳型开诺全息照片或者傅立叶全息图。为了产生由计算机生成的全息图,先计算后者而随后借助于能量逐点引入通过适当写入设备将后者写入到存储介质。在这一情况下出现的点阵分辨率如已经讨论的那样可以落在下至小于 $1\mu\text{m}$ 的范围内。因而,可以在局限空间中写入高分辨率的全息图,只有通过光束的照射和衍射图案的重建才可以读出这些全息图的信息。在这一情况下,全息图的大小可以在少数 mm^2 与多个 cm^2 之间。

[0004] 由计算机生成的全息图的主要优点在于可以低成本单独计算各全息图。因而,可以串联生成例如包括连续编号或者产生参数的全息图。这一类全息图因此可以特别地用作安全特征或者用于在信用卡、入场券等的封装上的产品跟踪的后勤。借助适当读出设备,可以读出全息图的安全特征并且可以用简单方式检查安全特征的真实性和个体性。

[0005] 上述由计算机生成的全息图可以与直接可见的信息项(微脚本、微图像)组合。此外,利用在引言中提到的微构造,也可以与由计算机生成的全息图独立地写入上述微图像和微脚本本身。也可以将点分布产生为点阵全息图,其中在各情况下将单独的小面积部分产生为点阵全息图的不同衍射结构。此外,也有可能利用微构造来产生衍射光学单元(DOE)本身。

[0006] 当下文描述借助光束来写入或者读出时,一般是指在可见光波长范围中的激光束。然而,本发明不限于可见光的应用。在原理上,本发明可以与广泛波长范围中的电磁辐射一起应用。

[0007] 现有技术还公开了用于写入由计算机生成的全息图的多个写入设备,这些写入设备在平面型存储介质中写入全息图的光学结构。举例而言,在这一方面参照文献W002/079881、W002/079883、W002/084404、W002/084405和W003/012549。这些写入设备使用接连地扫描点阵的各单独点的激光束并且将或者不将光能量引入到存储介质中。

[0008] 类似地已知多个读取设备,这些读取设备适合于通过借助光束和适当光学单元照射全息图区域,以使得重建构造可见或者借助记录装置可以以电子方式表示和可评估。举例而言,在本文中参照文献 DE10137832、W002/084588 和 W02005/111913。

[0009] 对照而言,EP1094352A2 公开了一种用于利用包括串联布置的多个激光二极管的光源来生成图像的光学写入设备。所述光源所发射的光借助光学单元从硅光机引导到光栅光阀 (GLV) 上,借助该硅光机针对 GLV 的各点发生衍射。GLV 也可以称为线式光调制器。由于渐进式曝光而逐线产生图像。借助写入设备来生成的写入图像中的分辨率被指定为与约 $10\ \mu\text{m}$ 的点大小对应的 2400dpi。

[0010] DE198 02 712A1 公开了一种用于在存储介质上曝光由计算机生成的全息图的设备。调节的激光束撞击数字光处理器 (DLP),二维光场借助该 DLP 偏转到存储介质上。借助 DLP 的小面积单独镜在存储介质中产生结构。全息图大小因此取决于所用 DLP 和成像比例。

[0011] EP1 202 550A1 示出了一种包括线式光调制器 (GLV) 并且包括成像光学单元的写入设备。极化器布置于激光束的光束路径中,所述极化器产生光束的线性极化。因而利用线式光调制器的优选方向,从而在写入介质上实现更高强度。因此加速光敏和热敏材料的写入。

[0012] EP1 480 441A1 示出了一种写入设备的构造,该写入设备包括从单模激光束生成多个单独光束的光束倍增器。所述单独光束然后撞击多通道空间光调制器并且在此加以单独调制。由 SLM 反射的单独光束各自实质上为单模光束,并且下游光学单元将这多个单独光束成像到光敏工件的表面上。所述方法例如工作用以产生电路。

[0013] W001/79935 公开了一种可以用来为半导体单元和显示器设备产生光掩模的设备。可以类似地直接写入半导体单元、显示器、集成光学单元和电子连接结构。为了产生单独点,空间光调制器 (SLM) 在激光束的光束路径中。下游成像光学单元然后在存储介质上对光调制器成像以便写入结构。为了控制在单独写入脉冲之间的能量波动并且因此实现均匀地写入的结构,提出使用对以下开关的很快控制,该开关使光能量能够在激光脉冲过程中实际地关断。在这一情况下,W001/79935 以 10–100mW 的平均写入功率作为基础。

[0014] 上述系统各具有以下问题中的至少一个问题。因此,这些系统具有所写构造的过低空间分辨率和准确度、过低产量或者写入速度、没有单独可产生的结构或者过低写入能量从而也允许构造不是非常光敏性或者热敏性的材料。

[0015] 上述类型的系统为了进行中的操作而需要主动的自动聚焦以便校正在成像光学单元与存储介质之间的相对偏离。在这一情况下,很准确并且快速操作的自动聚焦系统的一个问题在于具有在波长区域中的分辨率的或者具有对应数值孔径 (NA) 的存储材料的构造需要主动的高度调节。这如下所示归因于与所用 NA 有关的有限景深:

$$[0016] \quad \Delta z = 0.8 \frac{\lambda}{NA^2} .$$

[0017] 这里可见:随着 NA 增加,这意味着较小结构,景深 Δz 呈平方倒数缩减。对于在可见光波长范围中的结构和约 $1\ \mu\text{m}$ 的给定结构大小,因此计算单个数位微米范围中的景深。考虑到存储介质的制造公差或者考虑到存储介质的装配所引起的误差,应当预期两位数位微米范围中的存储材料高度差异。这需要主动的高度调节。

[0018] 高度调节的要求包括将写入光束在它的整个区域保持于景深内。在从现有技术已知的系统情况下,假设高度改变在曝光宽度或者区域内改变很少,因此一个点高度调节是充分的。然而,试验已经反复表明考虑到制造中的误差并且由于样本或者存储材料装配的未对准而特别是在曝光的边缘出现未构造的位置。这造成要求对整个曝光区域的高度调节,曝光区域变得越大,这一点变得更加紧迫。

发明内容

[0019] 本发明因此基于能够以高速度、高精度度和高写入能量来写入微构造和单独衍射光学单元(DOE)、特别是由计算机生成的全息图这一技术问题。

[0020] 另一技术问题包括指定一种可以用来写入结构大小在微米范围(50 μm 到 1 μm)中或者在亚微米范围(1.0 μm 到 0.01 μm)中的点或者线结构的系统。

[0021] 又一技术问题包括指定一种可以用来以高速(通常 100 百万点/秒或更高)写入点或者线结构的系统。

[0022] 又一技术问题包括指定一种可以用来在 1mm^2 到 1m^2 的范围中、通常为 1cm^2 写入大面积微构造的系统。

[0023] 又一技术问题包括指定一种可以用来将微构造写入到光敏性低的材料(例如薄的铝层、金属、聚合物、稀土)的系统。

[0024] 借助一种包括权利要求 1 的特征的设备来解决上文提到的技术问题中的至少一个、优选为多个技术问题。这一设备包括:

[0025] - 用于生成电磁辐射的至少部分相干光束的辐射源,

[0026] - 具有多个单独可切换调制器单元的调制器,

[0027] - 用于照射调制器的光束成形光学单元,

[0028] - 用于缩减由调制器发射的光束的缩减光学单元,

[0029] - 用于例如借助空间频率滤波器将相位调制转换成强度调制的布置,以及

[0030] - 用于相对于缩减光学单元来移动存储介质的传送设备、特别是传送台或者传送带。

[0031] 下文主要基于传送台来描述该设备,但是这并不是要将本发明限于这一具体实施例。在任何情况下,也可能应用传送带或者任何其它适当传送设备。

[0032] 根据本发明,以限制衍射的方式形成缩减光学单元,而缩减光学单元产生相对于单独调制器单元的面积至少为 25 的面积缩减。

[0033] 借助光束成形光学单元,单独调制器单元在各情况下与平面波或者近似平面波关联,从而借助限制衍射的缩减光学单元来实现最优结果,也就是单独缩减点的很小直径。对于缺乏波平面性这一限制,有可能利用瑞利标准,该标准规定对于各调制器单元来说相对于平面波的偏离不大于 $\lambda/4$,其中 λ 是光的波长。

[0034] 由于使用并行操作的调制器如线式光调制器,所以可以在一个曝光步骤中向存储介质写入单独结构的多个单独点或者线。在这一情况下,限制衍射的缩减光学单元和与之关联的大缩减提供能够以高写入能量写入很小结构这一可能。这实现向迄今为止还不能够写入的材料既迅速又大规模地并行写入微构造。由于通常为 250 或者至少 25 的缩减和限制衍射的光束引导,可以利用调制器来控制本来会破坏调制器本身的高能量密度。

[0035] 由于无下游显影步骤,因此可以迅速地和本成本有效地产生特别是由计算机生成的全息图中的 DOE,并且还可以单独地并且在微米或者亚微米范围中产生它们。写入速度可以达到例如 100 百万点/秒之多。又一优点在于可以实现衍射曝光点的高定位准确度。最后,也可以借助对调制器的适当驱动,利用不同强度,也就是例如利用不同灰度来写入微构造。

[0036] 术语衍射监视根据 DIN ISO10110-5 描述如下。对系统成像质量的测量是“Strehl 分辨率亮度”或者“Strehl 强度比”,也就是点图像中央的强度与针对无畸变光学系统而限定的强度之比。这规定在也称为埃利盘的衍射盘中组合多少与理论可能光相比的光以及多少光处于外界。与 100%对应的 Strehl 值 1 意味着存在于衍射盘内的光达到理论最大值。这样的系统将没有成像畸变。Strehl 值优于 0.8 的光学单元根据这一标准视为限制衍射。

[0037] 根据 Strehl 的考虑模式着眼于测量相对于衍射盘的在焦点的强度分布。对于确定衍射限制而言有另一可能,然而该可能与衍射盘的形状或者尺度有关。就此而言存在以下公式:

$$[0038] \quad d = \lambda / \text{NA}$$

[0039] 其中:

[0040] d - 作为在衍射盘两侧上的衍射最小值之间距离来测量的衍射盘直径,

[0041] λ - 聚焦光的波长,以及

[0042] NA- 缩减光学单元的数值孔径。

[0043] 如果衍射盘的尺度根据上述公式相对于此值朝向较大值偏离不到 20%,则所用光学单元是限制衍射的。

[0044] 还优选缩减光学单元的面积缩减在 25 与 1000 之间,优选为在 50 与 1000 之间,特别是 250。在这一值范围中有可能逐线或者按面产生特别小而密集的光结构或者光斑,这些光结构或者光斑能够使甚至光敏性低的材料能够充分地变化以产生微构造。这样的材料的例子是薄的铝层、金属、聚合物、稀土,其中通过点式能量引入来启动重构、转移过程、缩聚过程、消融过程或者汽化过程。

[0045] 在又一优选方式下,缩减光学单元将各调制器单元所衍射的辐射强度缩减到直径小于 $10 \mu\text{m}$ 、特别是直径小于 $1 \mu\text{m}$ 的大小。因而有可能产生具有特别是在光敏性低的材料情况下迄今为止不能实现的分辨率的微构造。

[0046] 辐射源优选地形成成为激光器。然而,光源的这一配置并不代表对本发明的限制。然而,根据现有技术已经清楚,激光器是用于生成电磁辐射的至少部分相干光束的优选装置。优选地使用脉冲式激光器,该激光器的脉冲具有比连续波激光器的激光束更高的能量密度。

[0047] 脉冲式激光器的典型例子的特征在于脉冲持续时间在纳秒范围中而脉冲的能量在 100 微焦耳的区域中。这意味着,在给定线式光调制器的 1024 个点时,每一脉冲和调制器单元的能量约为 0.1 微焦耳。这为仅在很小程度上依赖于材料热传导性的材料构造实现了充分的能量密度。

[0048] 因此如果在可见光或者相邻波长范围中的高能量激光脉冲用来微构造存储介质,则最佳地实现产生微构造的方式。这实现了使用较广光谱的材料。cw 激光器的使用在这一情况下在原理上是可能的、但是由于较低的能量密度而不是有利的。

[0049] 另外,优选激光器生成单模激光束,从而一方面光束的相干性质最佳而另一方面存在相对于传播方向横向的激光束规则强度分布。

[0050] 对照而言,激光器生成具有部分相干的多模激光束也可以是足够的。即使生成的激光束的强度分布不是最佳并且可能必须加以补偿,如果引导到调制器上的光束具有至少延伸跨过一些调制器单元的空间相干也是足够的。因此利用彼此相干的光来照射所有调制器单元并不重要。

[0051] 作为脉冲式激光系统的一个例子,提到在可见光谱范围中的二极管泵式固态激光器。

[0052] 用于生成强度调制光束的基本单元是已经提到的调制器。可以电子控制单独调制器单元以便在各情况下采用两个可能设置中的至少一个设置。一般而言,调制器在连续可变方式下可切换并且充当空间相位调制器。在这一情况下可以使用单线式或者二维调制器。然而后者具有以下弊端:有必要二维照射调制器的区域,这比一维照射更困难。又一弊端在于在存储介质的具体结构情况下在二维曝光的情况下更大程度表现干涉效应。因而,如果选择单线式结构并且仅在一个维度上需要光束强度的均匀化则简化了系统。

[0053] 包括分别可切换调制器单元的单线式光调制器因此已经证明是调制器的特别优选示例实施例。如果以步进方式相继地驱动所述线式光调制器,从而在各新的设置之后在各情况下产生不同的强度分布,则可以向存储介质相继地写入不同微构造线。这产生了具有可以单独配置的微构造的区域。这是因为必须针对各写入操作重新驱动光调制器,因而也可以针对各写入操作以不同方式进行驱动。

[0054] 面式光调制器的线结构优选地成像到与扫描移动垂直的存储介质上以便实现所写条带的最大宽度。一个修改的实施例提供非正交取向。这使得虽然写入宽度减少但是有可能获得更精细的分辨率。

[0055] 单线式光调制器的一个例子是来自美国加州 Silicon Light Machines 的光栅光阀 (GLV)。这一线式光调制器具有分别可切换衍射光栅。各调制器单元具有相互平行延伸并且布置于一个平面中而且可以将例如每隔一个带状物以静电方式调整离开该平面的多个带状物。因而,调制器单元充当镜或者在从反射方向偏离的方向上衍射光强度的小衍射光栅。因而,各调制器单元根据驱动可以在反射或者衍射方向上以不同程度偏转撞击光。

[0056] 上文提到的光束成形光学单元工作于照射单线式或者二维光调制器。在这一情况下,本发明旨在对调制器的照射尽可能均匀以便实现一种在给定单独调制器单元的相同驱动时在存储介质上促成相同写入强度的均匀强度分布。广而言之,光束成形光学单元因此旨在根据由辐射源生成的光束分布状态来生成与调制器的面积适配的光束分布状态。

[0057] 在这一情况下,当使用线式光调制器时,优选光束成形光学单元具有鲍威尔透镜。鲍威尔透镜根据 US4,826,299 是已知的并且例如根据高斯强度分布来生成基本上近似于矩形形状的面积分布。

[0058] 因而,使用具有以下功能的光束成形光学单元,该功能用于根据光源或者激光器的光束分布状态来生成与线式光调制器的几何形状适配的光束分布状态。

[0059] 该设备的又一优选配置包括缩减光学单元、也就是显微镜物镜。常规技术因此可以用于将调制器所生成的强度分布聚焦到存储介质上并且用于缩减它。

[0060] 优选地,缩减光学单元具有焦距和 / 或数值孔径不同的至少两个物镜。为此,例如

可以使用可更换显微镜物镜,从而无需专门开发的高成本支出即可使用在光显微镜中使用的物镜。通过更改焦距或者数值孔径,可以用相似方式更改单独构造或者点的大小。在不同构造大小和节距之间的简单转变于是在利用可更换光学单元时是可能的。也可以参考节距的迅速改变。在这一情况下,通过改变光学单元的焦距来更改节距,也就是在单独点之间的距离,而数值孔径的改变又更改了点大小。因此,节距和点大小在物镜更换时没有以同一方式改变。

[0061] 另外优选缩减光学单元具有空间频率滤波器。空间频率滤波器的功能在于将相位调制转换成强度调制。在这一情况下,空间频率滤波器优选地与缩减光学单元组合,其中所需有孔隔膜布置于缩减光学单元内。

[0062] 具有组合式空间频率滤波器的缩减光学单元因此仅构成在傅立叶平面中布置有孔隔膜形式的滤波器以便将调制器、特别是线式光调制器的相位调制转换成写入光束中的强度调制。

[0063] 为了相对于缩减光学单元来传送存储介质,提供上文提到的传送设备。在这一情况下,优选将传送设备形成为传送台并且优选地在一个轴上、特别是两个轴上可调。存储介质因此可以相对于聚焦光束的传播方向横向地在任何方向上移动。传送设备也可以类似地形成为传送带。

[0064] 存储介质在两个方向上相对于写入头的移动使得有可能相互并排写入微构造的多个轨道并且因此能够处理较大面积。

[0065] 在这一情况下,传送台优选地在位置确定上具有高准确度,但是在本身移动序列上却不这样。通过大规模平行曝光,由于高速度在存储介质移动时并不重要,所以可以对应地减少移动速度。优选地使用具有辊驱动、特别是具有位置反馈系统的传送台。

[0066] 如下文将进一步具体说明的那样,准确的位置检测用于触发写入过程本身;也就是说,传送台借助它的移动和它的准确位置确定而成为控制写入操作同步的装置。因此,在这一系统中,材料移动触发激光系统并且使控制器向调制器供应下一条曝光信息。具体而言,借助同步来主要地增加大面积曝光的准确度。

[0067] 对照而言,也有可能使用传送台的自由运行驱动并且在预定时间激活设备而且逐线或者逐部分执行微构造。

[0068] 另一优选特征在于以下事实:在缩减光学单元上游的光束路径中提供可移动光学单元、特别是光束分光器或者镜以便在存储介质上移位所缩减的强度图案。通过引入例如用于移动光束分光器或者镜的致动器,可以相对于存储介质来移动由调制器或者曝光部分生成的曝光线。

[0069] 如果实现沿着材料传送方向的移动,则因而可以有利地补偿特别是由于传送台的速度波动而造成的波动。

[0070] 如果实现相对于材料传送方向横向的移动,则这一自由度允许补偿材料引导中的缺陷或者误差。特别是在由多个曝光线或者曝光条带组成的面曝光情况下,有必要以受控方式彼此相抵地放置曝光线。例如借助于如下所述照相机系统,通过标识存储介质的先前曝光位置,扫描设备有可能彼此相抵地准确放置轨道或者条带。一般而言,可以使用任何所需检测设备。

[0071] 因此可以借助相机来检测对边缘或者标记的检测。然而,由于相机的重复速率有

限,所以例如借助光电检测器布置在传送移动过程中检测边缘可以是有利的并且因此是优选的。

[0072] 类似地,借助曝光线或者曝光部分相对于存储介质的移动方向的横向移动,可以在存储介质的材料中预定的位置实现曝光。这又预示对预定位置如浮雕标记或者轨道的检测,为此可以同样有利地使用上文提到的相机系统或者光电检测器布置。

[0073] 该设备因此优选地具有用于监视微构造的相机系统,所述相机系统集成到光束路径中,从而它可以借助分离式照射来检测存储介质的表面并且观测和评估所述存储介质的构造或者标记。为此,优选地提供光束分光器,该分光器一方面指向由调制器反射的光束而另一方面指向来自或者去往相机系统光学支路的光。关于更多说明,可参见具体描述。

[0074] 类似地可以提供用于监视相对于预定或者已经写入的微构造或者标记的预定取向或者对准的相机系统。它可以特别地用于改进多个写入操作的曝光条带的一起串连。

[0075] 另外,优选提供使激光器、调制器和传送台同步的控制器。上文已经提到通过移动传送台来同步的方式,其中具有其准确位置确定的传送台生成由控制器获得并且进一步处理的触发信号。传送台的自由移动类似地是可能的,其中控制器然后以与传送台的速度对应的适当时间间隔来生成用于驱动激光器和调制器的控制信号并且将它们发送到激光器和调制器。类似地,控制系统也可以用于迅速数据处理并且将数据发送到调制器或者光调制器。

[0076] 在这一情况下,控制器优选地基于两个耦合计算机(控制计算机和数据计算机)。控制计算机提供用户接口并且监控所有非时间关键序列。这些包括所有启动任务、校准例程、诊断工具等。数据计算机负责提供将要处理的数据。两个计算机经由连接彼此通信。通过适当的处理器卡来执行时间关键功能,比如触发激光器和驱动调制器。优选地使用传送台、特别是 X-Y 线性台的位置信号作为整个光刻系统的中央时钟发生器。根据位置信号来控制曝光过程中的序列。

[0077] 至少部分地借助一种用于控制用于微构造存储介质的上述设备的方法来解决上文呈现的技术问题,

[0078] - 其中,在传送台的移动过程中,在到达存储器介质中将要写入的新构造的位置之前的预定持续时间 ΔT 生成主触发 T_0 ,

[0079] - 其中驱动辐射源以便在瞬间 $T_0 + \Delta T$ 生成辐射脉冲,

[0080] - 其中在到达瞬间 $T_0 + \Delta T$ 之前根据将要写入的信息来设置调制器,以及

[0081] - 其中辐射源在瞬间 $T_0 + \Delta T$ 生成其强度分布根据调制器的设置来变化的辐射脉冲。

[0082] 在上述方式下,可以通过调制器或者光调制器来相继地产生相应微构造。特别是在线性单线式光调制器的情况下,以预定距离逐线向存储介质写入构造的点。在这一情况下,为了实现点或者线在预定栅格中的均匀布置,在单独线之间的均匀距离在根本上至关重要。

[0083] 优选地,传送台连续地移动,并且在各情况下通过将传送台移动预定距离来生成主触发 T_0 。以这一方式,传送台连续地移动而并不针对单独移动步长来加以驱动。

[0084] 至少部分地借助一种用于控制用于微构造存储介质的上述设备的方法来解决上文呈现的技术问题,

[0085] - 其中在写入方向上向存储介质写入第一构造轨道，

[0086] - 其中以与先前构造轨道并行的方式向存储介质写入至少第二构造轨道，以及

[0087] - 其中在与先前构造轨道的写入方向相反的方向上写入至少第二构造轨道。

[0088] 在这一方法的情况下提供的主要优点在于存储介质的较大面积具有向它相继地写入的单独构造轨道，其中写入在写入方向交替的情况下是可能的而无需设备返回到起始位置。

[0089] 在这一情况下，上文已经提到的相机系统可以优选地用来测量第一构造轨道的位置、也就是检测第一构造轨道的边缘。因而，可以在第二构造轨道的写入过程中实现对设备的连续跟踪。类似地，如上文提到的那样，也可以使用光电检测器布置。

[0090] 优选地，可以相对于写入方向横向地移动传送台，从而以与第一构造轨道的边缘直接邻接的方式写入第二构造轨道。在这一情况下，也可以利用相机系统以便实现对准，也就是与已经预先构造的材料的对准、特别是与通过印制、浮雕、部分金属化和已经存在的全息图而产生的在先结构的对准。

[0091] 为了跟踪曝光线或者曝光部分的位置，例如也有可能使用例如形式为光束分光器或者镜的上述可调光学单元。利用这一光学单元的移动，特别地有可能实现关于传送台相对于缩减光学单元的移动方向的横向移动。除此之外或者取而代之，也可以借助压电驱动来移位或者调整调制器。

[0092] 根据本发明至少部分地借助一种特别地借助上述设备而已经微构造的存储介质来解决上文呈现的技术问题，该存储介质包括光学可变层，其中在预定区域中微构造该层，其中微构造的区域的尺度至少在一个方向上至少为 10mm。优选地，该尺度至少为 50mm。在这一情况下，微构造的分辨率可以落在微米范围中以及亚微米范围中。

[0093] 通过应用上述设备，有可能领先地向具有分辨率的此类大区域写入，从而出现迄今为止不可能的应用。

[0094] 举例而言，可以用长度与条带的宽度的倍数对应的条带的形式写入微构造的区域。因而，更改微构造的区域的侧边的长度比，从而可以例如在安全文档上存储以下条带，该条带具有可以出于检验真实性的目的而读出并且监视的多个微构造信息项。在这一情况下，长度可以优选地对应于宽度的至少三倍、优选为宽度的五倍、特别是宽度的十倍。

[0095] 类似地，对于微构造的指定大小，有可能微构造的区域具有至少两种不同信息内容，其中至少一种信息内容优选为由计算机生成的全息图。信息内容可以类似地为点阵全息图、微图像或者微脚本或者微编码。

[0096] 借助包括权利要求 31 的特征的设备来解决上文提到的技术问题中的至少一个、优选为多个技术问题。这一设备包括：

[0097] - 至少两个光源，

[0098] - 用于将光源所生成的光束引导到成像光学单元上的至少一个光束分光器，

[0099] - 用于分析由存储介质反射的光束的至少两个检测器，

[0100] - 用于引导由存储介质反射并且经过成像光学单元到达至少两个检测器上的光的至少一个光束分光器，以及

[0101] - 用于将反射光聚焦到至少两个检测器上的透镜。

[0102] 通过提供至少两个扫描点，有可能特别是借助曝光线在微构造写入过程中针对写

入操作的两个移动方向利用至少一个扫描点来检测存储介质的表面中尚未写入的部分。除此之外或者取而代之,有可能使用至少两个扫描点以便确定存储介质相对于成像光学单元的距离和倾斜度。

[0103] 在对示例实施例的具体描述中呈现根据本发明的设备的更多配置和优点。

[0104] 借助包括权利要求 35 的特征的、用于自动聚焦用于微构造存储介质的写入设备的成像光学单元的方法来解决上文提到的技术问题中的至少一个、优选为多个技术问题,在其中调节成像光学单元相对于存储介质的距离,

[0105] - 其中光束由至少两个光源生成并且引导到成像光学单元上,

[0106] - 其中光束在扫描点聚焦到存储介质的表面上并且反射,

[0107] - 其中聚焦误差信号由用于分析由存储介质反射的光束的至少两个检测器生成,

[0108] - 其中由存储介质反射并且穿过成像光学单元的光由至少一个光束分光器引导到至少两个检测器上,

[0109] - 其中反射光聚焦到至少两个检测器上,以及

[0110] - 其中以与至少一个检测器的聚焦误差信号有关的方式进行对成像光学单元相对于存储介质的距离的调节。

[0111] 上述方法利用至少两个扫描点来实现上文说明的可能性。在对示例实施例的具体描述中呈现根据本发明的方法的更多配置和优点。

[0112] 借助包括权利要求 40 的特征的、用于自动聚焦用于微构造存储介质的写入设备的成像光学单元的方法来解决上文提到的技术问题中的至少一个、优选为多个技术问题,其中调节成像光学单元相对于存储介质的距离和倾斜度,

[0113] - 其中光束由至少一个光源生成并且引导到成像光学单元上,

[0114] - 其中光束引导到存储介质的表面上并且反射,

[0115] - 其中在表面的至少两个点处确定在成像光学单元与存储介质的表面之间的距离,以及

[0116] - 其中测量的距离用来确定和调节距离和倾斜度。

[0117] 上文提到的方法使得有可能在写入操作过程中确定在存储介质的表面与成像光学单元之间的距离和可能倾斜度以便能够实现主动调节。在对示例实施例的具体描述中呈现根据本发明的方法的更多配置和优点。

[0118] 借助包括权利要求 46 的特征的、用于确定设备的操作点的方法来解决上文提到的技术问题中的至少一个、优选为多个技术问题,该设备用于自动聚焦用于微构造存储介质的写入设备的成像光学单元,其中调节成像光学单元相对于存储介质的距离和 / 或倾斜度,

[0119] - 其中利用预定图案来构造存储介质的表面的预定区域,

[0120] - 其中强度沿着一个轴而曝光高度沿着另一轴连续地改变,

[0121] - 其中随后显微分析曝光区域并且限定操作点。

[0122] 上述方法使得有可能实现对写入强度和距离调节很准确和有效的校准。在对示例实施例的具体描述中呈现根据本发明的方法的更多配置和优点。

[0123] 用于与存储介质相对于成像光学系统的距离适配的上述自动聚焦系统和方法实现了对在存储介质与成像光学单元之间距离的充分跟踪,这在考虑到沿着传播方向的密集

聚焦和关联很短聚焦范围时是必需的。

[0124] 借助包括权利要求 51 的特征的方法来解决上文提到的技术问题中的至少一个、优选为多个技术问题。这一方法包括以下步骤：

[0125] - 逐线在写入方向上向存储介质写入构造轨道，

[0126] - 利用预定最大强度来形成单独像素，以及

[0127] - 利用小于最大强度的强度来形成以相邻方式将要写入的至少两个像素。

[0128] 从属权利要求涉及更多配置。

[0129] 然而，曝光策略并不依赖于上述设备的精确配置，而与逐线或者按面将微构造引入到存储介质中的所有曝光操作有关。

[0130] 根据本发明的方法因此工作于校正正在写入操作过程中出现的所谓邻近效应。

[0131] 优选地，为此使用一种用于在运行期间校正邻近效应的控制系统以及一种包括将线分布状态拆分成部分分量和微分分量的算法。可以特别地根据以下参数来设置校正深度，这些参数可以用可变方式来选择并且可以是材料所特有的。

[0132] 在这一情况下，使用具体脉冲策略作为材料构造的自由度，其中优选地可以用电子方式、特别是以与曝光线的取向相对于移动方向是正交还是倾斜有关的方式来设置该策略。

[0133] 在这一情况下，扫描图案中单独曝光点的构造程度，也就是存储介质材料的光学性质的通过曝光来实现的转换强度将要独立于围绕物的构造或者曝光。

[0134] 为了满足这一要求，可以在驱动像素时并且因此在选择曝光强度时考虑所谓的邻近效应。在上述光刻设备中这里必须假设两个不同效应。首先，在曝光线内，与单独放置的点相比而言在彼此并排放置的点情况下出现强度增加；其次，考虑到热传播，根据点是否在不久（微秒）以前放置于附近而出现不同的材料性质。换言之，不仅在曝光线的方向上而且在写入方向上将要考虑邻近效应。这一最后的时间邻近效应在低的写入速度时不那么突出并且一般可以忽略。

[0135] 可以通过预处理将要写入的数据来补偿存储点的不同实施例的影响。

[0136] 借助包括权利要求 57 的特征的方法来解决上文提到的技术问题中的至少一个、优选为多个技术问题。这一方法包括以下步骤：

[0137] - 逐线在写入方向上向存储介质写入构造轨道，以及

[0138] - 仅在各情况下在各曝光轨道中利用预定最大强度来形成彼此以一定距离布置的单独像素。

[0139] 从属权利要求涉及更多配置。

[0140] 根据本发明类似的这一曝光策略因此包括写入无直接邻居的分离像素。

附图说明

[0141] 下文基于示例性实施例更具体地说明本发明，为此对附图进行参照，在附图中：

[0142] 图 1 示出了根据本发明用于借助生成写入光束的光学单元来微构造存储单元的设备，

[0143] 图 2 示出了根据本发明用于借助监视和控制写入操作的光学单元来微构造存储介质的设备，

- [0144] 图 3 示出了相互并排放置的两个构造轨道的写入的示意图，
- [0145] 图 4 示出了用于确定聚焦误差和确定操作点的曝光楔形的示意图，
- [0146] 图 5 示出了用于说明一个点高度调节的示意图，
- [0147] 图 6 示出了用于说明两个点高度调节的示意图，
- [0148] 图 7 示出了用于说明扫描高度调节的示意图，
- [0149] 图 8 示出了用于说明基于波阵面传感器的高度调节的示意图，
- [0150] 图 9 示出了用于说明基于简单波阵面传感器的高度调节的示意图，
- [0151] 图 10 示出了用于说明以与位置相关的相移为基础的高度调节的示意图，
- [0152] 图 11 示出了用于说明第一写入策略的示意图，以及
- [0153] 图 12 示出了用于说明第二写入策略的示意图。

具体实施方式

- [0154] 图 1 示出了用于微构造存储介质 2 的光学部件的结构。
- [0155] 激光器 4 作为用于生成至少部分相干光束 14 的辐射源。
- [0156] 光调制器 6 以线式光调制器的形式布置于光束路径中，所述调制器具有多个单独可切换调制器单元。
- [0157] 全部用标号 8 标识的光束成形光学单元用于照射调制器 6。
- [0158] 全部用标号 10 标识的缩减光学单元用于缩减由调制器 6 发射的强度分布。
- [0159] 提供传送台 12 以便相对于缩减光学单元 10 移动存储介质 2。
- [0160] 根据本发明，以限制衍射的方式形成缩减光学单元 10，而缩减光学单元 10 产生相对于单独调制器单元的面积至少为 25、优选至少为 50 的面积缩减。如上文所述，有利的缩减因子的范围落在 50 与 1000 之间的范围中并且特别是 250。
- [0161] 缩减光学单元 10 因此将各调制器单元所衍射的辐射强度缩减到少于 $10\ \mu\text{m}$ 直径、特别地少于 $1\ \mu\text{m}$ 直径的大小。由此可以在存储介质的表面上获得的结构大小因此可以被归类于微米范围下至亚微米范围中。根据本发明的设备可以写入的面积大小上至 1m^2 的此类小型构造实现了多种新应用。
- [0162] 在本情况下，激光器 4 被形成为可见光谱范围中的脉冲式二极管泵式固态激光器并且生成单模激光束 14。
- [0163] 调制器 6 是包括分别可切换调制器单元的单线式光调制器，所述调制器也称为光栅光阀 (GLV)。单独调制器单元各包括可以通过电子驱动从它们的平面型布置交替地调节的多个单独条带。通过对应驱动，可调条带可以以产生镜射表面的方式布置于非可调条带的平面中。对照而言，如果调节条带则产生以下调制器，该调制器具有从镜射表面偏离的发光特征。因而，可以用有目标的方式更改单独调制器单元的发光特征，并且因此可以越过多个调制器单元来设置特征线图案。光栅光阀通常具有 1000 个或者更多调制器单元。这样的线式光调制器的尺度通常可以是 $30\text{mm} \times 25\ \mu\text{m}$ ，其中单独调制器单元具有长度约为 $25\ \mu\text{m}$ 的尺度。
- [0164] 光束成形光学单元 8 根据具有高斯径向强度分布的激光束 14 的圆形波束分布状态来生成与单线式光调制器的面积适配的波束分布状态。
- [0165] 为此，波束成形光学单元 8 首先具有使激光束 14 扩张并且相互以两个焦距之和的

距离来布置的两个透镜 16 和 18。在这一情况下,透镜 16 的焦距小于透镜 18 的焦距。激光束因此在光束路径的部分 14a 中具有比在激光器 4 的输出处具有更大直径。

[0166] 光束路径然后具有两个圆柱透镜 20 和 22,其根据激光束 14 的扩张旋转对称强度分布在光束路径的部分 14b 中生成椭圆强度分布。

[0167] 光束成形光学单元 8 然后具有鲍威尔透镜 24,其根据椭圆强度分布来生成也称为平顶的近似矩形强度分布。正如在概述中已经所示,鲍威尔透镜本身是现有技术中已知的。因此在光束路径的部分 14c 中,激光束沿着图 1 中所示垂直方向具有基本上均匀的强度分布。

[0168] 准直透镜 26 根据离开鲍威尔透镜 24 的发散光束来生成平行光束包,所述光束包由下游圆柱会聚透镜 28 聚焦。镜 30 将聚焦光束引导到线式光调制器 6 上。在这一情况下,线式光调制器 6 的调制器单元实质上布置于会聚透镜 28 的焦平面中。

[0169] 如上文已经说明的那样,光学系统的一个要求是利用平面波照射各调制器单元,相对于平面波的偏离不超过 $\lambda/4$ 的最大值。在这一情况下,优选利用平面波性质相对于彼此偏离不大于 $\lambda/4$ 的光照射相邻像素。然而,如果投射到调制器单元的全部光可以表征为平面波则特别地有利。

[0170] 因此,优选地整体以限制散射的方式形成光束成形光学单元 8。

[0171] 缩减光学单元 10 布置于线式光调制器 6 下游的光束路径中。为此,首先提供包括两个透镜 32 和 34 的准直光学单元,该单元根据由部分 14d 中的实际上点类型调制器单元发射的单独单光束在部分 14e 中生成平行光束。这些平行光束然后由物镜 36 聚焦到存储介质 2 的表面上。聚焦光束于是也可以称为写入光束,因为它将微构造所需写入能量引入到存储介质 2 中。

[0172] 虽然在图 1 中图示了仅一个物镜,但是缩减光学单元 10 可以具有焦距和 / 或数值孔径不同的至少两个不同物镜以便获得在产生微构造的过程中在不同量值的点大小之间的快速转变。物镜 36 优选地形成为显微镜物镜。

[0173] 有孔隔膜 37 在物镜 36 上游的光束路径中被布置为又一光束成形单元。有孔隔膜 37 实现空间频率滤波器。借助由透镜 32 和 34 组成的准直光学单元,调制器 6 的调制器单元的图像在有孔隔膜 37 的区域中傅立叶变换到傅立叶平面中。在傅立叶平面出现的较高衍射阶受到有孔隔膜 34 阻隔,从而物镜 36 基本上仅聚焦零衍射阶的光。

[0174] 可以通过阻隔零阶而不是一阶并且通过透射一阶之一来实现一种替代结构。作为结果,虽然以写入光束的强度为代价,但是可以实现较高对比度。

[0175] 有孔隔膜 37 优选地具有矩形孔径,因为线式光调制器 6 所生成的光束特别是在傅立叶平面中呈现基本上矩形的形式。对照而言,也有可能利用椭圆或者圆形孔径形式。

[0176] 在存储介质 2 之下示出的传送台 12 在两个轴上可调并且因此可以在相对于在显微镜物镜 36 之下的聚焦光束的光束传播的横向平面中移动。

[0177] 此外,传送台 12 可以在缩减光学单元 10 的方向上移动存储介质 2 以便实现高度适配。这一自由度对于实现下文进一步提到的自动聚焦以便将存储介质尽可能精确地保持于缩减光学单元 10 的焦点处是有利的。

[0178] 二色光束分光器 38 被布置于在准直光学单元的透镜 32 和 34 与物镜 36 之间的光束路径中并且可以借助致动器(未图示)沿着光束 14e 的传播方向移动。借助光束分光器

38 的移动,可以相对于如箭头 A 所示的存储介质 2 的移动来横向地调整和对准曝光点的聚焦线。

[0179] 图 2 示出了以下光学结构,该结构在存储介质 2 上用于监视和控制写入操作、特别是也用于相对于已有构造来对准将要曝光的构造。为此首先提供特别地用于监视微构造的相机系统 40 并且其次提供自动聚焦系统 42。

[0180] 两个系统 40 和 42 从上述二色光束分光器 38 开始。在后者之上首先提供又一优选为类似的二色光束分光器 44,该分光器分开一方面用于相机系统 40 而另一方面用于自动聚焦系统 42 的两个光束路径。

[0181] 相机系统首先具有形成为二极管灯(LED)或者卤素灯的光源 46 形式的照射设备。可调隔膜 48 调节辐射到存储介质 2 的表面的光量强度。光束经由光束分光器 44 在存储介质 2 的方向上向下导引,其中光束借助物镜 36 来聚焦。就此而言,参照图 1 中的图示,该图示在 39 处初步示出了在相机系统 40 和自动聚焦系统 42 的方向上行进的光束。

[0182] 从存储介质 2 的表面反射的光再次但是在相反方向上经过物镜 36、波束分光器 38 和 44 并且撞击优选为 50:50 作用的光束分光器 50。光束(在图 2 中偏移示出)从光束分光器 50 继续经过物镜 52 和极化器 54 并且撞击相机 56。

[0183] 箭头 B 表示相机 56 可以相对于光束的传播方向横向地移动。这一移动自由度的作用在于能够以充分高的分辨率观测存储介质 2 的表面充分大的区域。举例而言,如果线式光调制器 6 具有约 1000 个调制器单元并且如果打算以在各情况下 4 个像素的分辨率观测存储介质或者所写微构造的表面的成像点,则需要只有专门生产才可获得的在一个方向上有 4000 个像素这一数量的芯片。对照而言,如果使用常规芯片,则它们的像素数量不足,从而可以借助相对于光传播的所述横向移动来补偿分辨率不足。因此借助相机 56 的移动来扫描将要观测的存储介质 2 的区域。

[0184] 上述相机支路 40 可以实现三个任务。相机支路 40 可用于预备检查将要曝光的存储介质 2,可以用于显微检查存储介质 2 的被构造区域或者可以用于校准例如线式光调制器这样的调制器 6。

[0185] 下文进一步具体讨论调制器 6 的校准。布置于相机 56 下游的极化器 54 在任何速率都可以工作于在线式光调制器的校准过程中的连续可变强度衰减。

[0186] 相机支路 40 还可以有利地用于整个系统的既快速又准确的对准。在原理上有可能将下文描述的激光二极管的定位或者激光二极管用于相对于写入激光或者曝光线的高度调节。

[0187] 根据图 2 在光束分光器 44 之上布置的光学结构的支路代表了用于与存储介质 2 和缩减光学单元 10 的距离适配的自动聚焦系统 42。

[0188] 为此首先提供第一激光二极管 60,来自该二极管的光借助透镜 62 来校准并且经过两个优选为 50:50 的光束分光器 64 和 66、也经过二色光束分光器 38 以及经过物镜 36 引导到存储介质 2 上。反射光然后在相反方向上穿行,并且部分反射光在 4 象限检测器 68 的方向上经过光束分光器 66,其中在又一光束路径中提供聚焦透镜 70 和又一优选为 50:50 的光束分光器 72。借助共面板 74 来产生散光,从而 4 象限检测器所生成的信号具有与光束在存储介质的表面上的散焦有关的方向信息项。

[0189] 借助散焦信息,可以确定存储介质 2 相对于缩减光学单元、也就是相对于物镜 36

的距离偏离,并且对应信号可以用于调节距离、也就是用于自动聚焦。

[0190] 与第一激光二极管 60 和 4 象限检测器 68 并行地提供第二激光二极管 76 以及又一透镜 78 和又一 4 象限检测器 80。来自第二激光二极管 76 的光以与来自第一激光二极管 60 的光相同的方式经由光束分光器 64 引导到存储介质 2 的表面上并且从所述表面反射。反射光然后经过是充当共面板的光束分光器 72 并且具有散光地引导到 4 象限检测器 80 上,其中然后可以类似地基于散焦的方向信息来确定存储介质 2 相对于物镜 36 的距离偏离。

[0191] 应用两个激光二极管和两个 4 象限检测器意味着可以在时间上和空间上相互独立地进行自动聚焦。在这一情况下,所述构造具有以下效果:最大数目的光学部件联合地用于两个光束路径并且因此产生小的空间要求。

[0192] 图 2 在底边也图示了可以使用镜来取代二色光束分光器 38,该镜于是将线式光调制器 6 所调制的光引导到相机系统 40 上并且因此实现对线式光检测器运转的直接观测。光束分光器 38 和镜 82 沿着箭头 C 所代表的方向联合地可调,从而易于实现在两个操作模式之间的转变。

[0193] 图 3 示出了将用来形成例如由计算机生成的连续全息图的具有微构造的两个相邻条带 90 和 92 写入到存储介质 2 的示意图。

[0194] 如图 3 中可见,条带 90 的边缘从虚线方式图示的直线偏离,该偏离的大小在图示中有所夸大。待新写入的条带 92 将要尽可能接近第一条带来写入。为此,在本示例实施例中,利用结合图 2 已经描述的相机系统 40 来观测条带 90 的右边缘,并且例如调整光束分光器 38,从而根据箭头 D 将当前要写入的线 94 向左调整由相机系统 40 的评估所确定的距离。因此有可能以实际上相互邻接的方式写入两个条带 90 和 92。

[0195] 最终由此有可能在相对大的区域上写入多个条带。

[0196] 下文更具体地描述上文参照图 2 已经说明的自动聚焦系统 42 的功能和应用。

[0197] 高度调节系统优选地针对多个扫描点、特别地针对两个扫描点来操作。

[0198] 在以两个或者更多平方厘米曝光为认可目的的用于微构造的上述设备之一的应用中,面高度调节是特别有利的。然而下文描述的自动聚焦不限于在上述设备中的应用并且也可以应用于可比较的设备中。

[0199] 如前文已经提到的,二色光束分光器 38 将曝光支路从光学结构的相机系统 40 和自动聚焦系统 42 分离。就此而言同样参见图 2。

[0200] 测量点与方向有关的高度调节是优选的。为此,用于在存储介质 2 的存储层区域中找到和保持写入光束的焦点的自动聚焦包括基于散光方法的自治系统。在这一情况下,使用在相对于光传播方向的通常相互成直角的两个横向方向上具有不同焦距的光学单元。因此,对于相对于光学单元距离不同的两个方向,获得在相应其它方向上造成光束直径失真的焦平面。光束横截面只有在为两个焦平面之间路径一半的区域中才是圆形。4 象限检测器然后可以确定所拾取的光束横截面相对于圆形形式偏离的程度和方向。然后可以根据该偏离来生成重置信号以便设置 4 象限检测器的均匀照射。

[0201] 图 2 中所示两个激光器二极管 60 和 76 作为光源来工作,所述激光器二极管彼此独立地操作并且它们的反射光由两个 4 象限检测器 68 和 80 捕获。

[0202] 两个高度调节系统是必需的,因为检测点根据存储介质 2 相对于写入光束的移动

方向而必须位于曝光区域的左侧或者右侧上。这是因为聚焦误差信号的有意义评估只有在存储介质 2 的未构造、也就是未曝光区域中才是可能的。另外,将要以引导写入操作的方式来确定自动聚焦点以便能够随后校正存储介质 2 的表面的高度位置改变。

[0203] 为了设置两个激光二极管 60 和 76 的照射点,激光二极管在各情况下以如下方式来布置使得两个照射点被布置到聚焦写入光束在存储介质 2 的表面的聚焦线的左侧和右侧。为此,可以用机械和 / 或电子方式设置两个激光二极管 60 和 76 的位置。

[0204] 另外,两个独立自动聚焦系统以节省空间的方式在彼此交错的方式下加以布置并且共用多个光学部件。在原理上,具有 4 象限检测器 68 和 80 的支路共用聚焦透镜 70。

[0205] 取代了上述两个激光二极管 60 和 76,也有可能提供更多光源以便为更多自动聚焦系统实现更多照射点。为此,对于各光源,于是在各情况下也有用于测量照射点相对于预定位置的偏离的 4 象限检测器。举例而言,在各情况下两个或者三个照射点可以布置于聚焦写入光束在存储介质 2 的表面的各侧上。这里描述的原理因此不限于两个光源。

[0206] 如果在聚焦写入光束的一侧上提供多个照射点,则由此有可能不但确定高度位置的偏离而且确定材料位置如高度和倾斜度的检测。

[0207] 具有多个扫描点或者照射点的上述系统也可以称为多点散光高度调节系统。根据传送台 12 的移动方向,然后评估不同的高度调节信号,或者该系统通过调整在光束路径中布置的光源或者光学装置如光束分光器或者镜的位置来改变扫描光束的位置。

[0208] 确定操作点以便精确定位在物镜 36 与存储介质 2 之间的距离。特别是在连续曝光的情况下可以优选地借助操作点设置可变的光检测器或者相机通过在时间和空间上分析所写测试构造的衍射效率来使操作点确定自动化。然后可以按照位置或者时间来推断实现最佳但是未必最高衍射效率的操作点设置。这里也可以通过评估较高衍射阶来获得附加信息。另外,可以通过评估曝光构造的对比度函数来优选地自动实现操作点。

[0209] 如果由具有至少两个照射点、也就是具有两个点自动聚焦调节的自动聚焦系统检测倾斜度,则可以借助在对应方向上倾斜衍射光栅 6 的致动器在运行期间实现对存储介质的倾斜校正。

[0210] 在写入过程中由过程规定的延迟所造成的空间偏移主要在双向写入过程中有影响。为了避免损害曝光构造,可以提供电子偏移校正。在原理上,偏移校正包括可调附加延迟时间和 / 或激光器的空间预触发。这补偿了在高度位置或者倾斜度的测量与写入瞬间之间流逝的时间段,在该时间段中存储介质在测量位置与写入位置之间调整。另外,类似地通过这里为线性上升的附加可调延迟来实现倾斜,然而该延迟在偏移补偿的情况下是固定的。

[0211] 高度调节是基于比如也在 CD 或者 DVD 驱动中使用的散光原理。可以基于因散光而变形并且成像到 4 象限检测器上的回反射光束的取向来检测散焦的程度和取向。此信息用于驱动根据存储材料的高度分布状态来跟踪采样或者光学系统的致动器。

[0212] 用于确定操作点的方法是基于产生曝光楔形。就此而言参照图 4。在这一情况下,构造材料的区域,在该区域中强度沿着一个轴而曝光高度沿着另一轴连续地改变。16 个不同灰度的值范围优选地用于强度。高度在预先在调整 S 曲线时限定的 S 曲线中的区域(约 $20 \mu\text{m}$) 中变化。曝光区域的显微分析获得楔形,参见图 4。假设最优曝光高度为在很低强度时仍出现构造的曝光高度。由于在考虑滞后时曝光高度与致动器的驱动电压没有固定关

系,所以优选地使用聚焦误差信号(FES)作为用于最优曝光的参考。FES电压因此是高度调节的操作点。

[0213] 为了能够将曝光楔形与聚焦误差信号相关,有必要与曝光时序同步地迅速生成和存储S曲线。应当在正常曝光速度实现楔形的曝光以便增加以后大面积曝光的意义。灰度值楔形的曝光和操作节点的确定结果如下:

[0214] 首先借助在设备的相机支路中的显微功能来选择用于灰度值楔形的区域。这是通过将驱动电子器件中的位置计数器归零来完成的。

[0215] 加载灰度值楔形(16个灰度值)的曝光图案。

[0216] 按照限定的位置撤回传送台以便为曝光操作运转。

[0217] 将高度调节模块置于“灰度值楔形”模式。这具有以下效果:以由激光脉冲触发的方式在存储器中存储S曲线的值。在这一情况下,存储器可以优选地位于高度调节模块中或者代之以位于驱动电子器件中。

[0218] 优选地借助16个灰度值或者强度和128个高度步长来实现灰度值楔形的曝光,其中提到的数值应当理解为举例说明并且仅为优选。在这一情况下,在预先限定的范围中更改显微镜物镜高度调节的压电式致动器的驱动电压。借助用户干预在S曲线的高度调制过程中实现范围限制。在曝光和改变压电电压的同时确定和存储S曲线的值。

[0219] 在曝光之后激活设备的显微模式。在这一模式下,通过线性台的移动将曝光楔形的顶端带到相机图像或者目标标记的中央。这里从驱动电子器件读出传送台的当前位置。

[0220] 类似地读出所存储的S曲线数据。可以基于读出的S曲线数据中的当前位置来读出可以出现最优曝光的S曲线值。此值是高度调节的操作点。

[0221] 一个点的高度调节或者双向写入在各情况下在曝光线、也就是聚焦写入光束的两侧上需要照射或者检测点,因为该检测只有在未构造的存储介质中才有效地并且以无干扰的方式起作用。在图5中图示了这一情形,其中曝光线图示为方形图案而两个照射点图示为圆圈。

[0222] 根据移动方向,两个照射点中的仅一个照射点和相应分配的4象限检测器用于评估。通过在曝光线与检测点之间的距离,系统窥探未来或者系统可以补偿电子器件和致动器的反应时间。优选地,检测点位于曝光线的中央,但是如果是有利的则也有可能选择任何其它位置。

[0223] 然而,借助在移动方向上在各情况下在照射线的各侧上有一个检测点的图5中所示布置,可以检测并且因此补偿存储材料沿着曝光线的无倾斜度。这一系统依赖于存储材料和平行的曝光束的聚焦区域(景深)。相对于曝光线的取向仅横向地实现高度调节。

[0224] 两个点的高度调节结构在图6中图示并且类似于上述一个点的高度调节。为了能够检测在曝光线与沿着曝光线的存储介质之间的倾斜度,取代一个检测点或者扫描点,将两个检测点或者扫描点用于各移动方向。如果如图6中所示布置检测点,则可以检测倾斜度。这一系统的优点另外在于可以将独立的高度调节用于各检测点。一个检测点如图6中的相应上方检测点可以在显微镜物镜并入于具有压电致动器的闭环高度调节回路中,其中另一检测点如图6中的相应下方检测点可以例如在线式光检测器的固定处在具有倾斜机构的调节回路中动作。

[0225] 由此有可能使用通常的线性标准调制器,例如PID调制器。

[0226] 倾斜分量可以借助坐标变换用电子方式与 z 分量分离并且然后可以传递到相应致动器控制回路。

[0227] 用于利用一个或者两个固定检测点来检测存储层的位置的前述系统和方法的又一优选替代方式是一种针对扫描检测点来操作并且因此实现扫描高度调节的系统。在图 7 中图示了扫描高度调节的原理。

[0228] 例如在与曝光线相距一定距离处,沿着曝光线或者垂直于移动方向来扫描检测点,由此产生例如基本上正弦波形。结合相对于存储材料的曝光线和检测点的移动,由此实际地曝光并且同时扫描该材料。

[0229] 借助上述散光方法,检测点获得与存储材料在曝光线之前的高度分布状态有关的信息。此信息由包括显微镜物镜的压电致动器的电压在内的误差信号组成。如果两个信息项与检测点的驱动或者电流位置组合,则获得高度分布状态。调节的目的于是在于通过首先调节适配显微镜物镜的压电致动器而后针对曝光线相对于存储材料的倾斜来调整致动器从而最小化聚焦误差的整体。

[0230] 这一解决方案的优点在于可以针对整个写入区域或者至少部分写入区域来记录高度分布状态。因而高度和倾斜度的理想设置是可能的。可以这样检测将检测点处的污物粒子纳入考虑之中的误差并且进行限定。另外,可以考虑在两个点的检测情况下检测不到的存储材料的曲率。另外有可能为保证质量的任务而创建存储介质的高度分布状态。

[0231] 然而,高度分布状态的评估和致动器的驱动更复杂并且因而需要更高的计算复杂度。

[0232] 高度调节的又一优选配置包括波阵面高度调节,为此对于存储表面的高度调节或者检测,有可能使用一种如图 8 中所示在操作上与波阵面传感器相似的系统。

[0233] 准直激光束 100 在借助光束分光器 101 偏转之后撞击存储介质 102。回反射波经由透镜对 104、106 产生的中间焦点而引导到优选地具有圆柱透镜 110 的一维透镜阵列 108 上。考虑到透镜 110 的傅立叶变换性质,焦点的位置依赖于入射光束 112 的角度并且因此依赖于存储介质 102 的表面的倾斜度。

[0234] 单独透镜 110 的各焦点的移位可以用于检测存储介质 102 的表面的位置和取向。另外,这一方法提供了获得与存储介质 102 的表面有关的面信息这一可能。

[0235] 如果取代一维透镜阵列 108 而利用具有优选为相机芯片的二维检测器的二维透镜阵列,则有可能针对存储介质相对于物镜、例如图 1 中的物镜 36 的高度和倾斜以辅助方式驱动致动器。

[0236] 然而,这一类高度测量需要在至少一个点的附加绝对高度测量,因为上述系统仅获得高度的梯度而不是绝对值。

[0237] 在又一优选实施例中,有可能实现具有图 9 中所示构造的简单波阵面传感器。在这一情况下,多个采样光束 120 以不同角度引导到可以例如与图 1 中的物镜 36 对应的示意性地示出的显微镜物镜 122 和存储介质 102 上。

[0238] 由于存储介质 102 的倾斜或者变形,各采样光束 120 经历它自身的偏移,这在各情况下通过在图 9 顶部的小箭头来图示。面传感器(相机芯片)可以借助所测量的强度分布的质心计算来确定相对于参考位置的偏移,根据该偏移又可以推断存储介质 102 的表面的梯度。在一个点的绝对高度确定在这里同样也是必需的。

[0239] 又一优选示例实施例借助与位置相关的相移来获得高度信息。这一系统在图 10 中示意地图示并且以与先前相同的方式针对多个采样光束 120 来操作。反射平面、也就是存储介质 102 的表面的变形在傅立叶平面中产生转变。在这一情况下，傅立叶变换由两个聚焦透镜 130 和 132 产生。如果在两个透镜之间的傅立叶平面中引入例如球面或者代之以非球面透镜或者圆柱透镜这样的根据位置来更改相位的光学单元 134，则这在第二透镜 132 的焦平面中造成焦距移位。借助该焦距移位，然后又可以推断存储介质 102 的表面的变形。与在上述系统中一样，在一个点的绝对高度测量在这里也是必需的。

[0240] 可以通过校准调制器 6 来补偿光学、机械和电结构中多种可能和不可避免的不足。下文始终提到优选线式光调制器 6 而不希望排除二维调制器。

[0241] 在这一情况下，测量各单独像素。在计算机中在表格中分别为各像素存储测量结果。这一表格用来计算在线式光调制器 6 的驱动电子器件中存储的查找表。中央单元是 COMS 相机或者是用于局部强度测量的一些其它适当相机系统。借助上游图像处理来表示在线式光调制器的成像像素的焦点周围的区域，该区域随后用于强度确定。这保证在测量中不考虑非自然因素如光反射。另外避免对通常用于此类测量的光电二极管的微调。

[0242] 另外，CMOS 相机的使用允许对当前焦点的位置检测。如果后者从中央区域迁移，则可以借助传送台来实现被引导的重新定位。

[0243] 用于确定线式光调制器的单独像素的强度的又一方法是基于对光电探测器定位于其之下、直径优选地约为 $10\ \mu\text{m}$ 的小孔径以及对 X-Y 定位设备的使用。借助在写入平面（存储材料的平面）中的 X-Y 定位设备，小孔、也就是小孔径相对于将要检查的写入点被居中地定位。借助光电二极管和优选地以对数方式操作的评估电子单元来测量撞击写入光束的强度。

[0244] 上述校准是以相对复杂的方式来实现的并且补偿在照射线式光调制器 6 时的误差和时间性波动。

[0245] 在校准中提供以下功能。

[0246] - 写入焦点的亚微米测量

[0247] - 与线式光调制器像素的相关

[0248] - 传递函数的测量

[0249] - 针对所有像素的均匀强度步长的偏离

[0250] - 在查找表中的存储

[0251] - 在运行期间线式光调制器驱动的校正

[0252] - 线式光调制器或者照射光学单元校正的在线监视和校准

[0253] - 曝光质量的反馈（基于全息图和图案的质量）和曝光的在线校准

[0254] 在扫描操作过程中，结合图 1 中所示结构和利用该结构来实现的写入路径，假设曝光线相对于物镜或者设备、特别是物镜 36 是固定的。通过引入用于移动光束分光器 38（“二色光束分光器”）的致动器，有可能相对于物镜 36 来移动曝光线。

[0255] 如果实现曝光线在材料传送方向上的移动，由此有可能补偿特别是传送台 12 的速度波动所引起的抖动。

[0256] 如果实现相对于材料传送的横向移动，则这一自由度允许补偿材料引导中的缺陷或者误差。特别是在由多个曝光线组成的面曝光情况下，有必要以受控方式彼此相抵地放

置曝光线；就此而言，参见上文呈现的对图 3 的描述。借助对先前曝光的检测，有可能借助扫描设备来彼此相抵地准确放置轨道。

[0257] 类似地，借助曝光线相对于存储介质 2 的移动方向的横向移动，可以在存储介质 2 的材料中预定的位置实现曝光。这又预示例如借助浮雕轨道来检测该预定位置。

[0258] 下文给出对在应用微构造设备时与在写入操作过程中的强度控制有关的优选写入策略或者曝光策略的具体说明。然而，曝光策略与上述设备的精确配置无关、但是实际上与逐线或者按面将微构造引入到存储介质中的所有曝光操作有关。

[0259] 优选地，为此使用一种用于在运行期间校正邻近效应的控制系统以及一种包括将线分布状态拆分成部分分量和微分分量的算法。可以特别地根据以下参数来设置校正深度，这些参数可以用可变方式来选择并且可以是材料所特有的。

[0260] 在这一情况下，使用具体脉冲策略作为材料构造的自由度，其中优选地可以用电子方式、特别是以与曝光线的取向相对于移动方向是正交还是倾斜有关的方式来设置该策略。

[0261] 在这一情况下，扫描图案中单独曝光点的构造程度，也就是存储介质材料的光学性质的通过曝光来实现的转换强度将要独立于围绕物的构造或者曝光。

[0262] 为了满足这一要求，可以在驱动像素时并且因此在选择曝光强度时考虑所谓的邻近效应。在上述光刻设备中这里必须假设两个不同效应。首先在曝光线内，与单独放置的点相比而言在彼此并排放置的点情况下出现强度增加；其次考虑到热传播，根据点是否在不久（微秒）以前放置于附近而出现不同的材料性质。换言之，不仅在曝光线的方向上而且在写入方向上将要考虑邻近效应。这一最后的时间邻近效应在低的写入速度时不那么突出并且一般可以忽略。

[0263] 可以通过预处理将要写入的数据来补偿存储点的不同实施例的影响。

[0264] 图 11 图示了以预处理为基础的曝光策略的例子。将最大形成能量归于单独像素。借助驱动的灰度值选项，在双像素的情况下，减少两个相邻像素的强度。在三个相邻像素的情况下，对于中央像素进一步减少强度。在更多相邻曝光点的情况下，以相同强度对中央像素曝光。

[0265] 因而，很大程度上相同地形成曝光点。在某些境况之下，第三次强度减少可以省却。可以在曝光线内以及从曝光线到曝光线运用所述写入策略。在这一情况下，还可以考虑同时写入曝光线中的单独像素并且以时间上偏移的方式写入来自不同曝光线的相邻像素。然而，可以根据材料性质来避免从线到线的曝光策略。

[0266] 又一优选曝光策略包括写入没有直接邻近的分离像素。为此，优选地写入具有隔离曝光点的曝光图案，其中在各情况下在所需曝光过程中激活一对曝光点中的一个像素，而另一像素保持消隐。这保证各像素由未曝光区域包围。

[0267] 为了补偿因而增加的节距间隔，有可能通过更换物镜来实现双倍缩减。根据这一方法来曝光的由计算机生成的全息图在重建中表现了较小的边缘滚降。这是因为所写点相对于整个构造而言越小，在全息图的重建中具有充分高强度的区域就越大。随着朝向边缘而强度减少的区域的位置进一步向外并且因此造成改进全息图的质量。

[0268] 如果线式光调制器的取向相对于移动方向倾斜，则获得仅被增大因子 $\sqrt{2}$ 的节距间隔。这是通过从线到线改变配对有源像素来实现的；就此而言参见图 12。

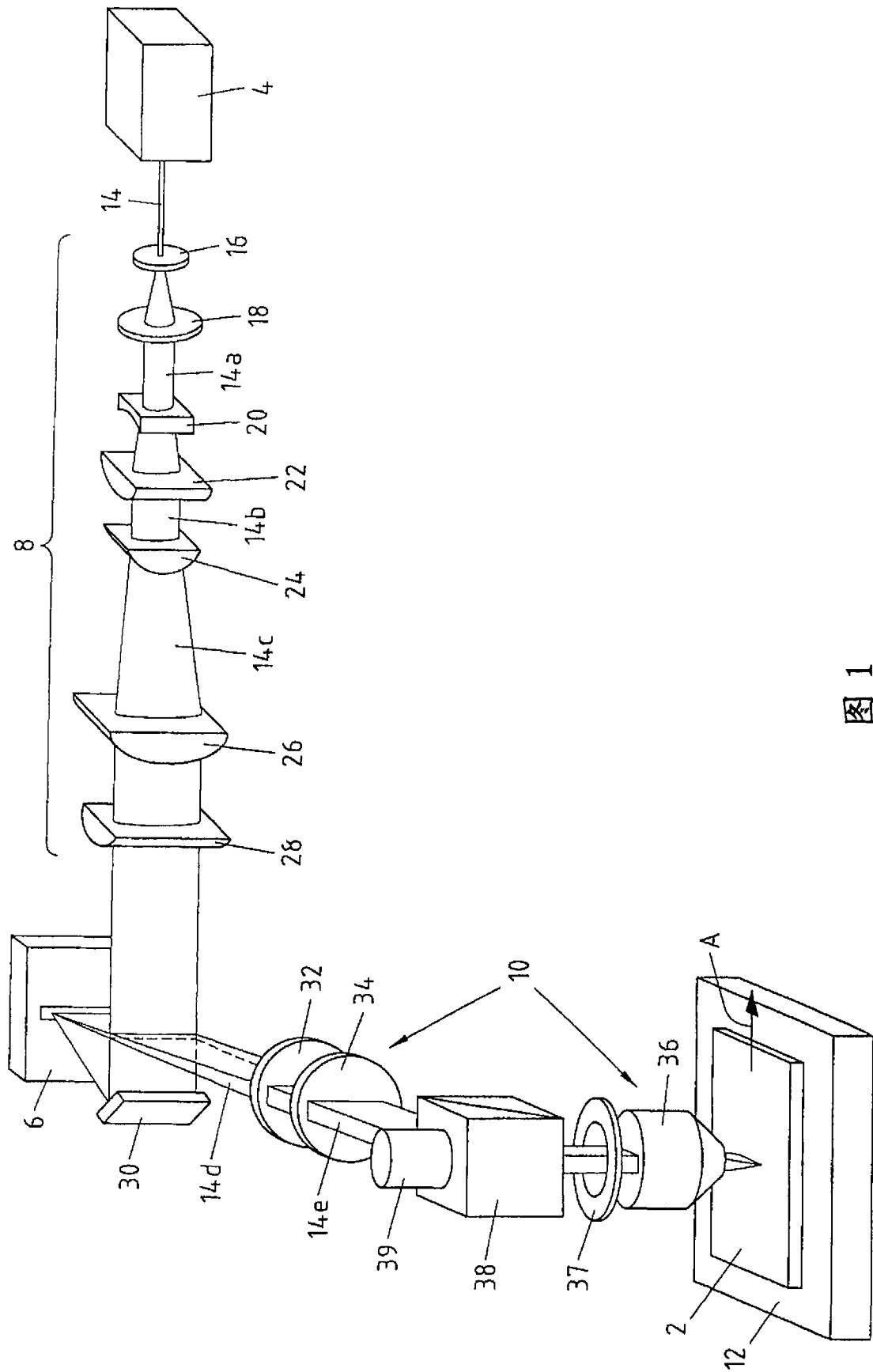


图 1

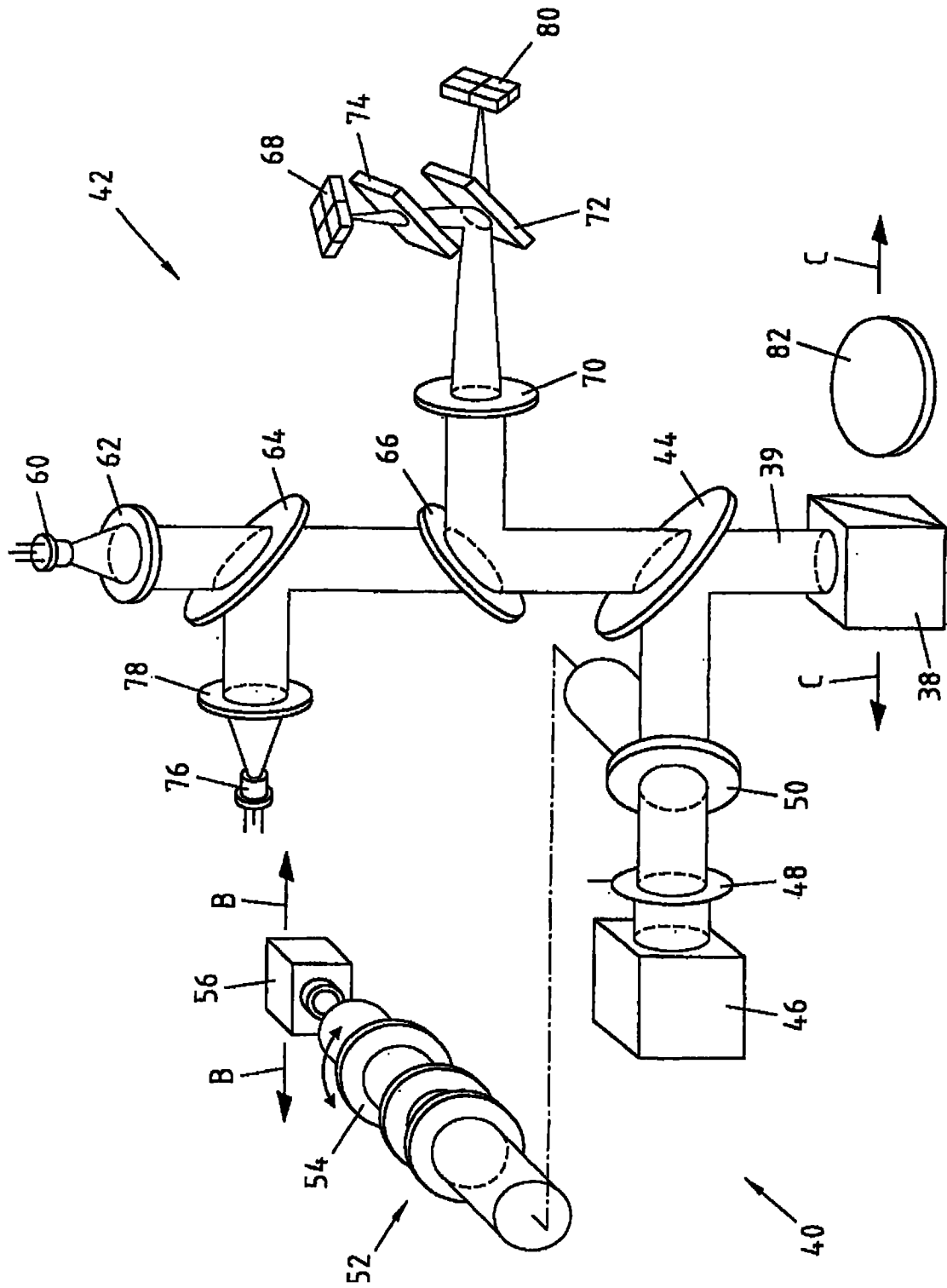


图 2

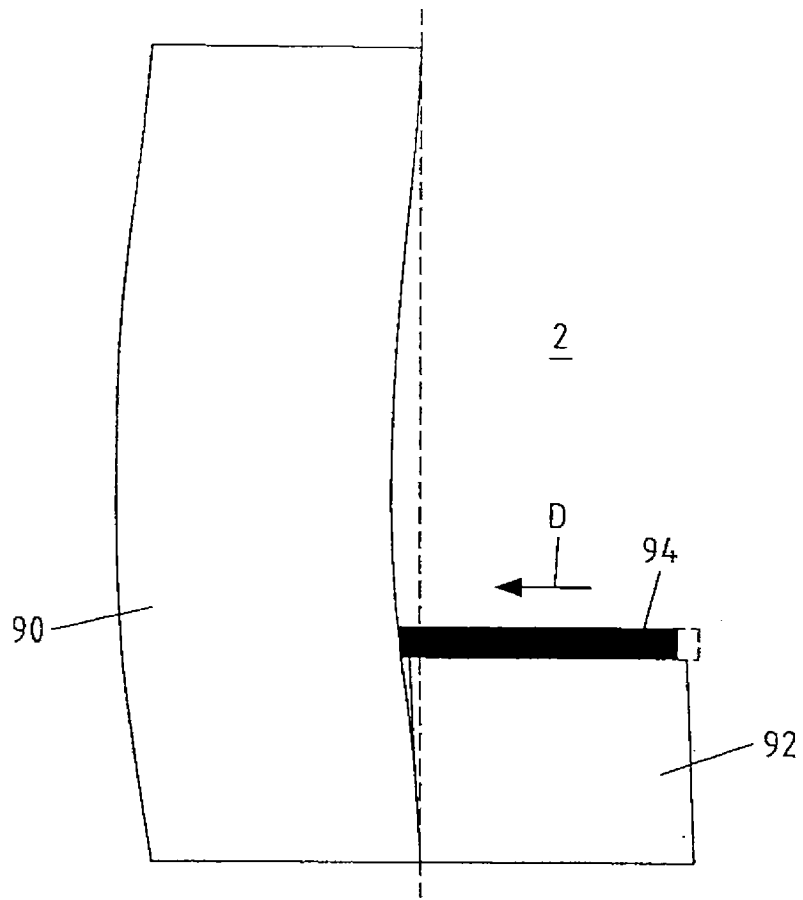


图 3

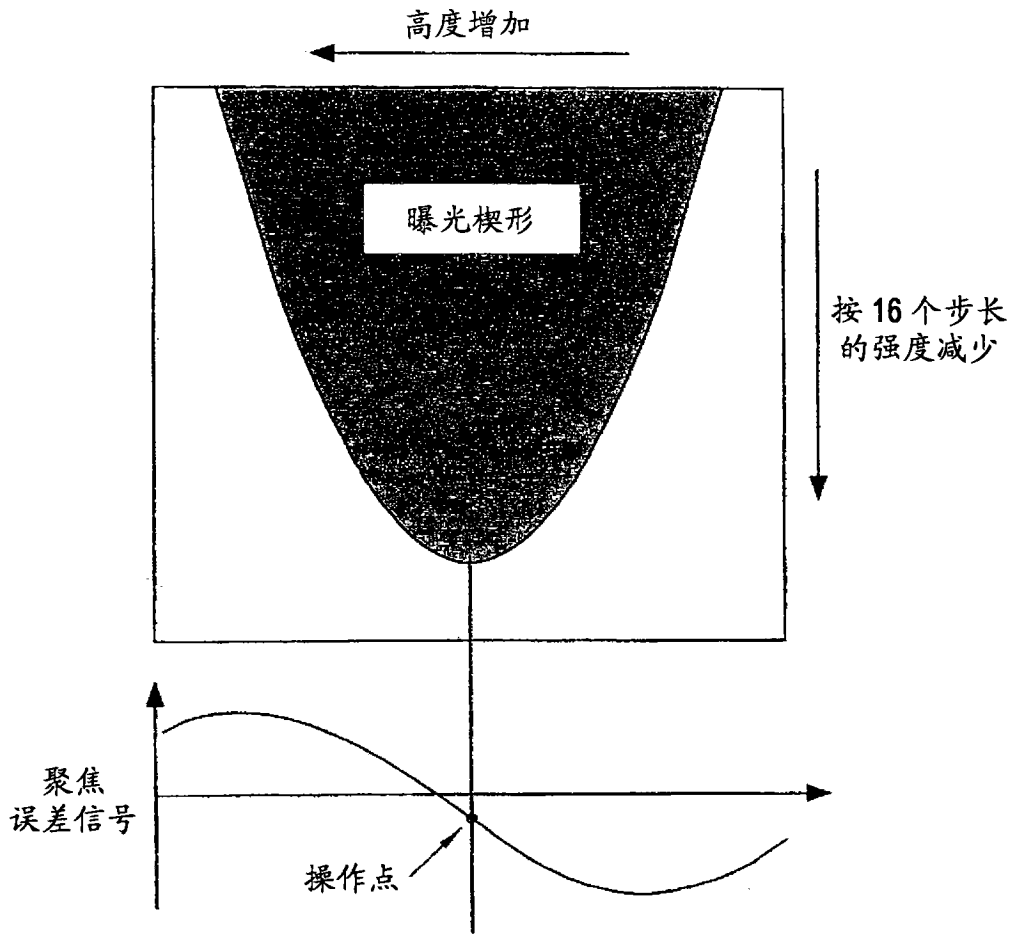


图 4

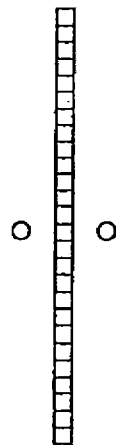
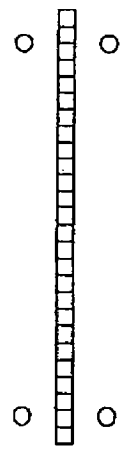


图 5

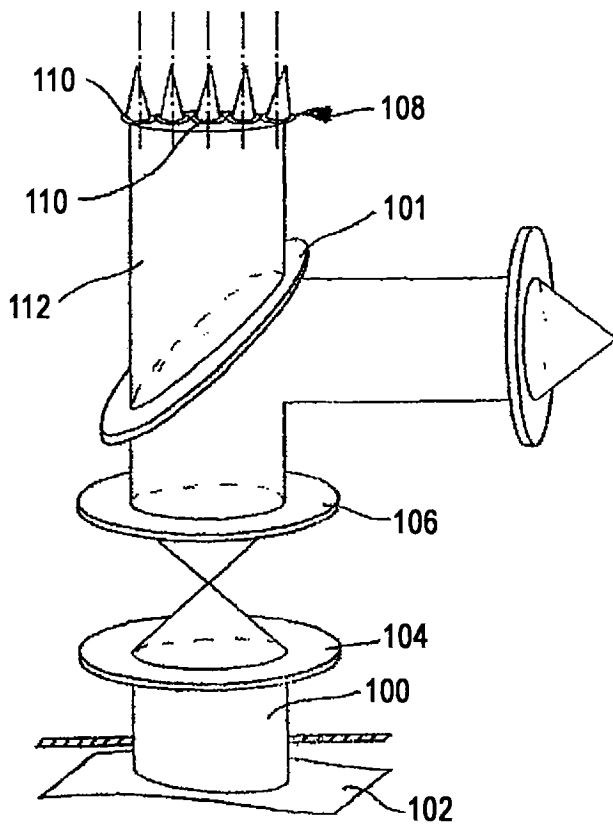


图 8

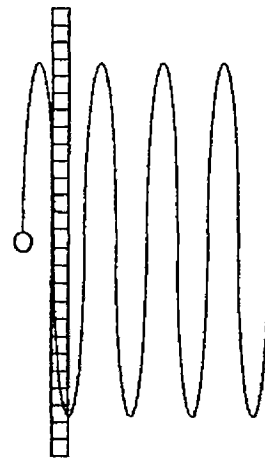


图 7

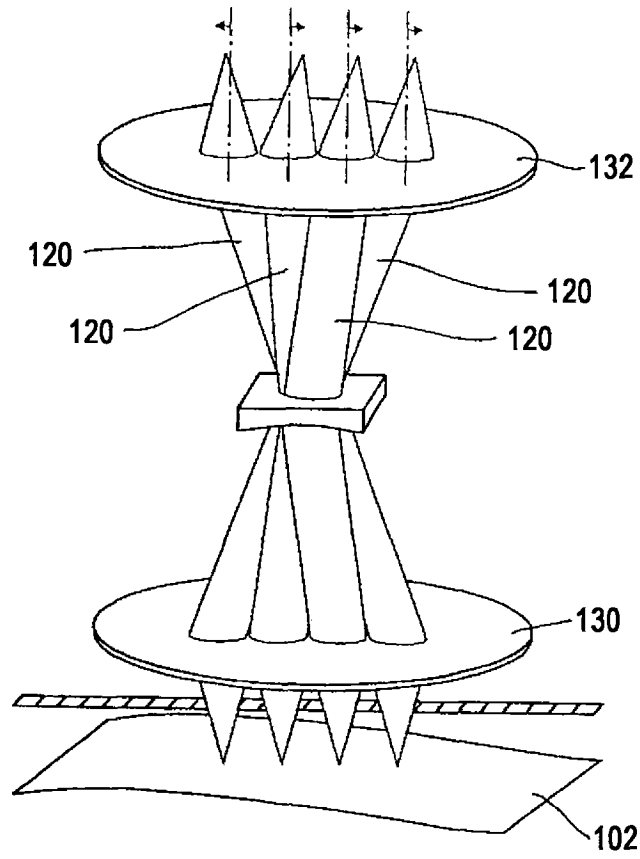


图 10

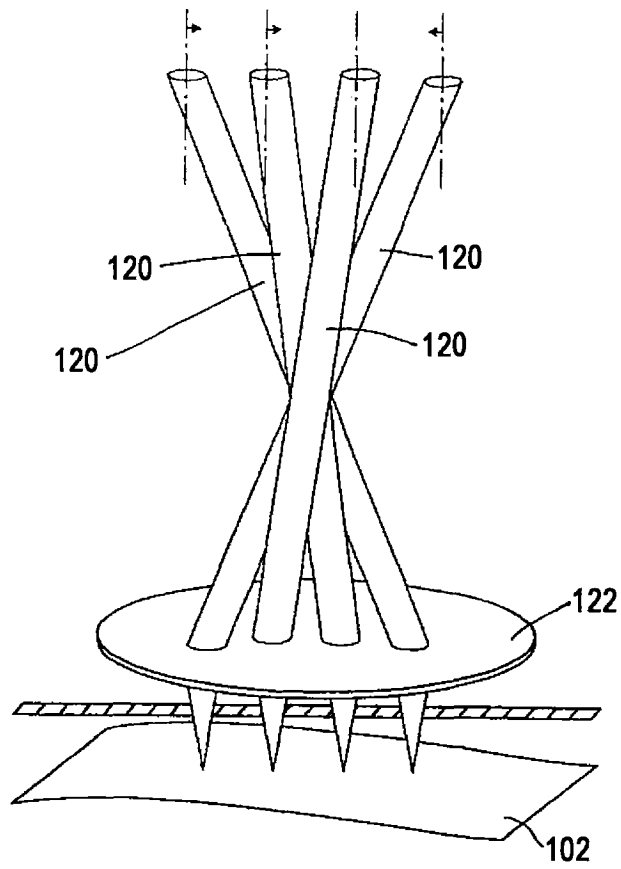


图 9

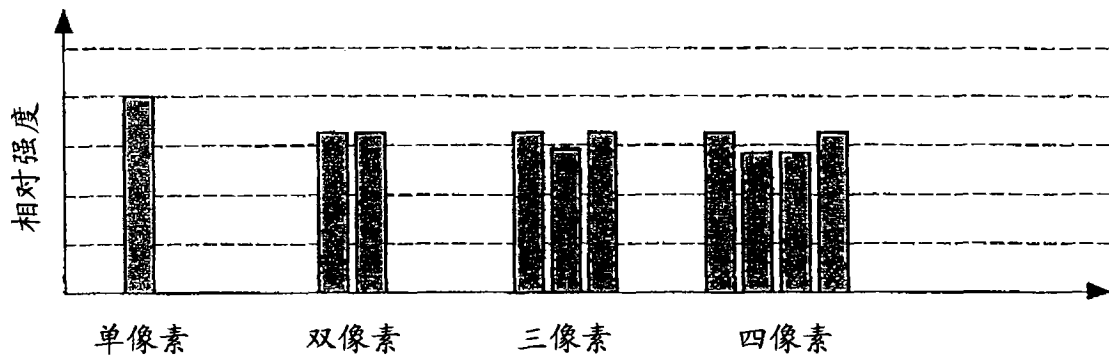


图 11

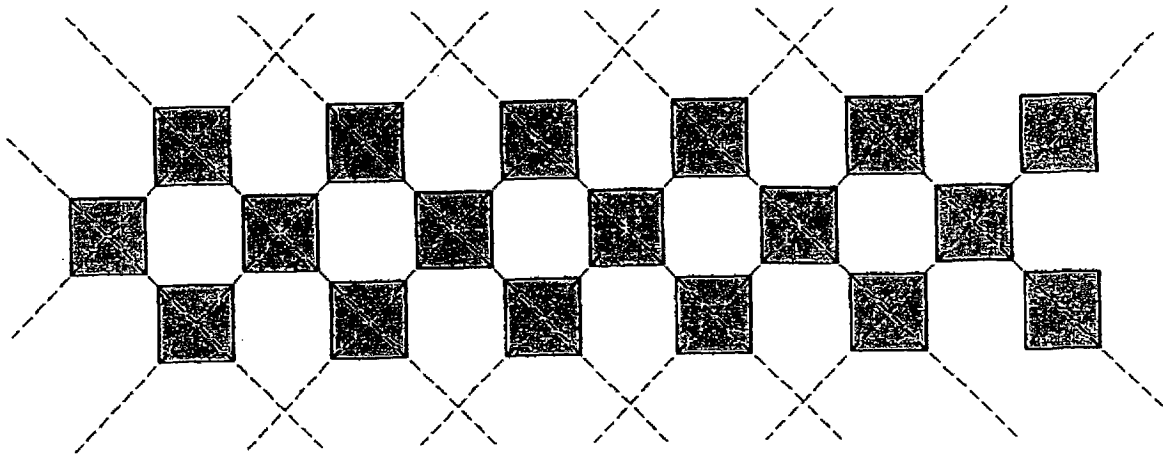


图 12