

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl⁷

G11B 7/00

G03H 1/26 G11B 7/12

G11B 7/24

[12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 99808310.0

[43] 公开日 2001 年 8 月 15 日

[11] 公开号 CN 1308761A

[22] 申请日 1999.5.4 [21] 申请号 99808310.0

[30] 优先权

[32] 1998.5.5 [33] HU [31] P9801029

[86] 国际申请 PCT/HU99/00035 1999.5.4

[87] 国际公布 WO99/57719 英 1999.11.11

[85] 进入国家阶段日期 2001.1.5

[71] 申请人 奥普蒂林克有限公司

地址 瑞典龙纳比

[72] 发明人 P·S·拉马努杰姆 S·维尔斯特
P·科帕 E·雷林兹 P·里克特
G·斯扎瓦斯

[74] 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司

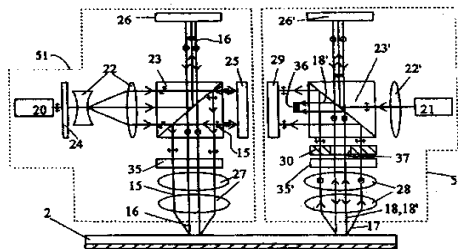
代理人 王 岳 张志醒

权利要求书 3 页 说明书 18 页 附图页数 7 页

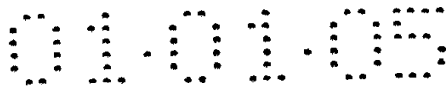
[54] 发明名称 用于在最好是象光卡这样的全息记录媒体上记录信息的系统和方法

[57] 摘要

本发明涉及一种方法,用于利用全息写入/读出装置将数据写入具有薄全息记录层的全息记录媒体上,或从中读出信息。所述媒体最好是一张光卡(2)。信息的记录是以被存储为薄傅立叶全息图(61)的数据页的形式进行的。依据本发明,可以预见:使用具有不同写入和读出波长的反射传输以及极化全息术,并在读出期间,校正由所述写入和读出波长之间的不同而引起的读出信道内的失真。本发明还涉及用于执行该方法的装置和系统。本文还公开了一种用于对记录信息编码的方法。



ISSN 1008-4274



权 利 要 求 书

1. 用于在记录媒体上记录数据或从中读出数据的方法，使用了具有薄全息记录层的一种全息记录媒体，以及用于所述记录媒体的全息写入/读出装置，所述媒体最好是一种光卡，其中，信息的记录是以数据页的形式存储在薄傅立叶全息图上的，其特征在于：

使用具有不同写入和读出波长的反射传输以及极化全息术，以及在读出期间，校正由写入和读出波长之间的不同而引起的读出信道内的失真。

2. 依据权利要求 1 的方法，其中所述波长失真是由光学以及/或软件装置校正的。

3. 依据权利要求 1 或 2 的方法，其中所述全息图被记录为同轴全息图。

4. 依据权利要求 1 到 3 中任何一个权利要求的方法，其中所述记录以及读出是用极化复用以及/或相位编码以及/或旋转复用实现的。

5. 全息记录媒体，最好是一种光卡，具有一个载体基片、对光敏感的全息记录层、以及位于载体基片和所述记录层之间的反射层，其特征在于所述记录层是一种对极化敏感的聚合物材料，且记录层的厚度为读出以及/或记录光的波长的 0.5-2 倍。

6. 依据权利要求 5 的全息记录媒体，其中反射层是一种波长选择反射镜，它能在读出波长上执行反射，并能在写入波长上执行传输或吸收。

7. 依据权利要求 5 或 6 的全息记录媒体，其中所述记录层是一种偶氮苯 SCP 层。

8. 依据权利要求 5 至 7 中任意一个权利要求的全息记录媒体，其中所述记录层被一个保护层所覆盖。

9. 用于对全息记录媒体执行写入或读出操作的装置，所述记录媒体最好是一种光卡，所述装置具有记录媒体夹持以及/或定位机构、可活动的或固定的读出以及写入光学器件，

所述写入光学器件包括一个经极化的写入光源、用于分离以及/或组合参考光束和目标光束的极化选择器装置、目标光束调制装置、极化波片、用于将所述目标光束成像到一个记录层上的一个物镜，以

及, 读出光学器件包括一个经极化的读出光源、用于分离以及/或组合参考光束和成像光束的极化选择器以及/或空间滤波装置、一个光检测器、以及用于将成像光束成像到一个光检测器上的一个物镜,

其特征在于所述读出光源的波长与所述写入光源的波长不同, 以

5 及

所述读出光学器件包括波长失真校正装置, 用于校正由所述读出和写入光的波长不同而产生的重建图象的失真。

10. 依据权利要求 9 的装置, 其中所述写入光源的波长在 400-550 nm 之间, 所述读出光源的波长位于 600-700 nm 之间。

10 11. 依据权利要求 9 或 10 的装置, 其中所述读出光学器件的所述波长失真校正装置包括一个非球面塑料物镜。

12. 依据权利要求 9 到 11 中任意一个权利要求的装置, 其中所述读出光学器件以及/或所述写入光学器件内的所述目标光束以及所述参考光束具有一个公共光轴, 所述极化选择器装置包括一个极化选择
15 分束器以及/或包括一个遮光板的所述空间滤波装置, 用于将反射参考光束从所述反射目标光束中分离出来。

13. 依据权利要求 9 至 12 任何一个权利要求的装置, 其中极化编码器装置位于所述参考光束的所述光路中。

14. 依据权利要求 13 的装置, 其中所述极化编码器装置包括一个
20 LCSLM。

15. 依据权利要求 11 到 14 中任何一个权利要求的装置, 其中所述读出光学器件以及所述写入光学器件具有一个公共物镜, 用于将所述参考以及目标光束成像到一个记录层上, 以及用于将反射目标光束成像到所述读出检测器上。

25 16. 依据权利要求 15 的装置, 其中所述公共物镜是用于校正波长失真的一种非球面透镜, 所述非球面透镜在其孔径内具有一个中心区域以及一个环行区域, 其中所述非球面透镜的中心区域被调谐到所述写入光源的波长上, 以便将所述写入目标光束聚焦到所述记录层上, 与此同时, 它还被调谐到所述读出光源的波长上, 以便将所述读出目
30 标光束成像到所述检测器上, 另外, 所述透镜的环行区域被调谐到所述读出光源的波长上, 以便将反射光束成像到所述检测器上。

17. 具有全息记录媒体以及用于该全息记录媒体的一个读/写装

置的全息数据存储系统，特别是具有依据权利要求 5 的记录媒体以及依据权利要求 9 的读/写装置的全息数据存储系统，

其特征在于利用了具有不同的读出和写入波长的反射传输以及极化全息图，还有用于校正由所述读出和写入波长的不同而引起的失真的失真校正装置。

18. 依据权利要求 17 的系统，其中所述数据存储容量的倍增利用了极化以及/或相位编码以及/或旋转复用。

19. 用于对全息光记录媒体上的记录信息进行编码的方法，所述全息光记录媒体最好是一种光卡，其中信息被以记录在所述光记录媒体上的不同物理以及/或逻辑记录单元内的几个离散全息图以及/或子全息图的形式记录下来，所述全息图包括数据集合，其中所述数据集合序列一起构成了所述记录信息，

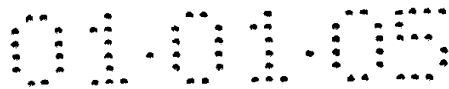
其特征在于所述数据集合被记录在所述记录单元的一个随机序列内。

20. 依据权利要求 19 的所述方法，其中所述信息被记录在复用全息图中，所述逻辑记录单元是用复用地址来识别的。

21. 依据权利要求 20 的所述方法，其中所述信息的记录是借助于使用了相位编码复用的极化全息术，其中一个全息图包括一个相位复用全息图，所述逻辑记录单元是用所述相位编码地址来识别的。

22. 依据权利要求 19 到 21 中任何一个权利要求的方法，其中所述第一数据集合的单元被存储，接下来的数据集合的单元被存储在下一个数据集合内。

23. 依据权利要求 19 到 22 中任何一个权利要求的方法，其中所述数据集合的所述随机序列被存储并被加密，以及/或使得未经授权的用户不能对其进行访问。



说明书

用于在最好是象光卡这样的全息记录媒体上记录信息的系统和方法

5 本发明涉及一种方法和装置，用于利用全息术向记录媒体记录数据，或从中读出数据，这种记录媒体最好是一张光卡。本发明还涉及使用本发明方法的一种装置。该装置使用了全息记录媒体，以及全息写入/读出光系统。记录媒体最好是一张光卡。它具有一个薄的全息记录层，其中，是以被存储为薄傅立叶全息图的数据页的形式对信息
10 进行记录的。本发明还涉及一种方法，用于对全息光记录媒体上的记录信息进行编码。在这种方法中，信息是以几个离散全息图的形式记录下来的，所述几个离散全息图被记录在光记录媒体上的不同的物理以及/或逻辑记录单元内。每个全息图都包括数据集合，且一系列数据集合一起构成了记录信息。

15

已知的光存储器卡能在信用卡大小的光卡上提供大约 4-6 MB 的数据，读出器/记录器单元提供 30-10 KB/s 的数据传输速率。写入速度一般要低于读出速度。

全息记录因其固有的高数据密度而为大家所知，因此它已被建议
20 用在数据存储卡中。已经提出了许多方法，用于将全息图结合到数据存储卡中，但全息图通常还是用于鉴别目的，而不是用作数据存储。利用全息图将数据存储信用卡大小的数据卡上会涉及几个问题。首先，大多数全息技术要求，无论是在记录期间还是在读取期间，都必须从两面照射存储全息图的感光媒体。因此，最好是，保存有全息图
25 的光卡的记录媒体应当在两面上都具有光学特性的表面，并具有恒定的厚度。用传统的塑料卡很难满足这些要求。其次，为了数据存储应用，需要使用能够被擦除以及重记录的一种记录媒体。很少有这样一种可擦除的光材料：能适于全息记录，可实现的信噪比相对较低，需要高的曝光能量。第三，随着每次读出操作，所记录的全息图将会被
30 轻微地擦除。为确保所记录的全息图的稳定性，需要不同的读出和写入波长，但在这种情况下，全息图的重建图象失真太大，因而不可能实现高密度存储。

在公开的 DE 195 34 501 A1 中, 以及在公开的 SPIE, 第 3109 卷, 第 239-244 页的 “High density disc storage by multiplexed microholograms” 中公开了反射全息术的一种已知的方法。在这些方案中, 提出了建立反射全息图的一种方法。它建议在记录阶段, 使用记录层下的一个反射镜, 这样, 从反射镜返回的目标波束被作为参考波束。因此, 不需要用于参考波束的单独的光路。这种方法还提出, 用不同形式的复用方法使存储容量倍增。全息图被重建为体积 (volume) 反射全息图。所建议的方案缺点在于: 在读出期间, 必须将反射镜除去, 这种要求使得这种系统不适于实际的光记录系统。同样, 也没有建议用光卡来使用这种系统。

在美国专利 No. 5, 633, 100 中公开了反射全息术的另外一种形式, 该专利讲解了一种工艺, 用于形成一个体积反射全息图。这种已知的方案同样需要使用入射到感光媒体反面的参考光束, 因此, 这种方案并不能实际用于光卡。美国专利 No. 4, 888, 260 公开了另外一种方法, 用于体相反射全息图的制备。这里, 体相反射全息图是由同一记录媒体内的第二离轴全息图形成的。这种方法不适于形成可擦除的以及可重记录的全息图, 且光系统非常复杂。美国专利 No. 5, 710, 645 公开了一种方法和系统, 用于记录一个切线入射全息图, 它被支撑在具有薄的边缘可照射几何形状的一个衬底上, 例如象光卡。理论上, 这种系统同样也可以用于数据存储, 但还是这个问题: 即边缘照射需要载有全息图的卡具有非常特殊的机械以及光学特性。

因此, 本发明的一个目的是提供一种方法和系统, 用于基于反射全息术的数据存储, 其中全息图可被记录以及擦除若干次, 最好是能无限次地循环, 其中, 无论是在写入期间还是读出期间, 都仅需要从一面对全息图进行访问。同样, 全息图应当被存储在光记录媒体上, 最好是容易制造的光卡或盘上, 这种光记录媒体能允许正常的每日磨损, 即, 它能经受与传统塑料信用卡或软盘相同或相似的处理。本发明的另一个目的是提供用于数据存储的一种方法和系统, 其中读-写装置包括一个相对较小的、简单且便宜的光系统。再另外一个目的是提供一种光记录方法, 它能确保高的数据密度, 以及高的数据传输速率, 同时, 还允许有效地对数据进行编码和加密, 因此增强了安全性。

依据本发明，通过一种方法来实现这一目的，该方法使用了全息写入/读出装置以及一种记录媒体，这种记录媒体最好是具有一个薄全息记录层的一张光卡。全息记录媒体可以表现为光盘同样也可以表现为带的形式。术语“薄”意味着层的厚度处于光波长的数量级上，且所记录的全息图可能不被看作是传统的体积全息图，这样，信息的记录是以被存储为薄傅立叶全息图的数据页的形式进行的。依据本发明，使用了具有不同的写入和读出波长的反射传输以及极化全息术，且在读出期间校正了失真，这种失真是由写入和读出波长的不同而产生的。

在本发明的记录方法中，反射传输全息术的使用是一个关键因素。已提出的方法克服了以下问题，这些问题涉及无论是在记录还是在读出期间，都要从全息图的两面进行照射或执行访问。因此，建议使用一种反射全息术，以下，将称其为反射传输全息术。依据本发明，在这种全息记录方法中，记录层相对较薄，且在所述记录层之下，存在一个反射层。对全息图的读出是在传输模式下进行的，但所发射的目标波被所述反射层反射，通过记录媒体传播，并在参考波达到的同一面上被检测到。

依据本发明，由于所建议的方法使用了一种全息记录媒体，例如是具有载体衬底的一种记录卡，因此，全息记录层对光很敏感，且反射层位于载体衬底和记录层之间。在本发明的记录媒体中，记录层是一种对极化敏感的聚合物材料，记录层的厚度为读出以及/或记录光的波长的0.5-2倍。

可以用对全息记录媒体执行写入或读出的一种装置来实现这种方法，所述全息记录媒体最好是一张光卡，所述装置具有记录媒体夹持以及/或定位装置；活动的或固定的读出和写入光学器件，其中写入光学器件包括一个极化写入光源；一个极化选择器装置，用于分离以及/或合并参考光束以及目标光束；目标光束调制装置；极化波片；用于将目标波束成像到记录层上的一个物镜；还有包括一个极化读出光源的读出光学器件；一个极化装置以及/或空间滤波装置，用于分离以及/或合并参考光束以及成像光束；一个光检测器以及用于将成像光束成像到光检测器上的一个物镜。在依据本发明的装置中，读出光源的波长与写入光源的波长不同，读出光学器件包括波长失真校正

装置，用于校正由于读出和写入波长的不同而引起的重建图象的失真。

本发明还包括一个全息数据存储系统，这种系统具有一种全息记录媒体，以及用于全息记录媒体的一种读/写装置，特别是具有记录媒体，以及依据本发明的读/写装置。所提出的系统利用了具有不同
5 读出和写入波长的反射传输以及极化全息图，同时还利用了失真校正装置，用于校正由读出和写入波长的不同而引起的失真。

依据本发明，还提供了一种方法，其中，波长失真是由光学装置以及/或软件装置来校正的。在最佳实施例中，校正是由适当设计的
10 透镜系统执行的，全息图被记录为同轴全息图，它利用了极化记录的优点。

本发明建议利用极化以及/或相位编码以及/或旋转复用来执行读操作和写操作。特别是能被预见的所谓的确定性相位编码复用，这种确定性相位编码复用可以增加一个数量级的容量，还能对数据加密
15 作出贡献，以下将要对其进行说明。

在本发明的全息记录媒体的特定实施例中，反射层是一种波长选择镜，它能在读出波长上执行反射，并能在写入波长上执行发送或吸收。这种配制大大地改善了记录的灵敏度。

在另一个实施例中，全息媒体是一次写入的或可擦除-可重写的
20 全息媒体，最好是侧链聚酯(side-chain polyester)(SCP)，更好的是偶氮苯 SCP。偶氮苯 SCP 是一种新颖的全息材料，它允许利用极化全息术进行高密度数据存储。

有利的是，本发明的装置的写入光源位于 400-550 nm 之间，读出光源的波长位于 600-700 nm 之间。这种光源能很容易地以激光二极管的形式实现，并使得能够建立小的以及牢固的光学读/写系统。
25 也可以考虑象固态激光器这样的其它的光源，因为它们能提供更高的能级。

在最佳实施例中，读出光学器件的波长失真校正装置包括一个非球面塑料物镜。

30 需要注意，读出光学器件以及/或写入光学器件中的目标光束以及参考光束具有公共光轴，这里提供了与极化波片以及/或遮光板结合在一起的一种极化选择分束器，用于将反射的参考光束与反射的目

的光束分开。由于所建议的极化全息技术允许将参考光束与目的光束分离，且其读出的 SNR 非常高，因此，这种做法是可行的。

有利的是，在参考光束的光路中，提供了极化编码器装置，尤其是液晶空间光调制器（LCSLM）。这些装置允许使用相位编码复用。

5 已经发现对于读出光学器件以及写入光学器件，具有一个公共物镜是实际可行的，以用于将参考光束以及目标光束成像到记录层上，并用于将反射的目标光束成像到读出检测器上。因此，可压缩光系统，减轻光系统的重量，且定位系统也变简单了。同时，在记录之后即执行读出而没有任何延迟也是有可能的。

10 在装置的特定的最佳实施例中，公共物镜是用于校正波长失真的一个非球面透镜，其中，非球面透镜的中心区域被调到写入光源波长上，以便将写入目标光束聚焦到记录层上，与此同时，它还被调到读出光源波长上，以便将读出的目标光束成像到检测器上，还要将透镜的环行区域调谐到读出光源波长上，以便将反射光束成像到检测器上。

15 在本发明的光系统的另一个最佳实施例中，全息记录以及读出光学器件包括用于读出以及/或写入经复用的全息图的装置。例如利用确定性的相位编码复用，在理论上，可以将全息图的信息密度增加几个量级。在实际可行的系统中，具有五到三十的复用系数是可能的。

20 利用依据本发明的全息记录方法以及记录媒体的有利特性，有可能建议实施一种新颖的方法，用于对全息光记录媒体上记录的信息进行编码。这种方法包括以几个离散全息图以及/或子全息图的形式记录信息，这些全息图或子全息图都被记录在光记录媒体的不同的物理以及/或逻辑记录单元上，这种光记录媒体最好是一种光卡。这些全
25 息图或子全息图包括数据集合，其中数据集合序列构成了记录信息。依据本发明的方法，数据集合被记录在记录单元的随机序列内。如果记录序列不是容易知道的，则对数据的访问被有效地阻塞了。这种方法需要相对较小的剩余存储容量，但同时，它非常有效。

还应当注意，是以经复用的全息图来记录信息的，逻辑记录单元
30 是由复用地址识别出的。在最佳实施例中，利用了相位编码复用的极化全息术来记录信息，其中，一个物理全息组包括几个经相位编码复用的子全息图。逻辑记录单元是由相位编码地址识别的。

在另一种改进的实施方案中，第一数据集合的单元被存储，接下来的数据集合的单元被存储在前一个数据集合内。能特别预见到，物理记录是以有序序列彼此跟随的，但相位编码地址是随机变化的。因此，读出数据能保持在很高的水平，但编码依然能够得到保证。在方法的可选择的最佳实施方案中，数据集合的随机序列被存储并被加密，以及/或不能由未经授权的用户对其进行访问。后一种方案可能便于数据的快速读出。

以下，将参见附图，对本发明进行更详细的说明，其中，仅通过举例，来说明依据本发明的方法、装置以及系统的最佳实施例，同时还有光记录媒体。

图 1 显示了光存储系统的功能框的示意图，

图 2 显示了依据本发明一个最佳实施例的系统 and 装置的全息读/写光学器件的示意图，

图 3 显示了依据本发明另一个最佳实施例的系统 and 装置的全息读/写光学器件的示意图，

图 4a-b 显示了光记录媒体的剖面图，在这种情况下，本发明的光学系统中所用的光卡，以及说明了依据本发明的全息记录方法的原理，

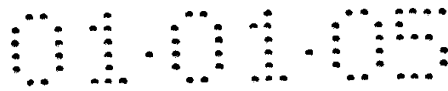
图 5 显示了本发明的光卡上的数据布局，

图 6a-b 显示了用于校正图 3 的读/写光学器件中的波长失真的装置的侧视图和顶视图，

图 7 显示了依据本发明的装置的机械定位系统的示意图；

图 8 显示了依据本发明的经修改的实施例的系统 and 装置的全息读/写光学器件的示意图。

图 1 显示了本发明的光存储系统的框图。全息光存储系统包括光记录媒体。这种媒体最好是一种光卡 2，它一般都被固定在卡定位单元 4 上。必须强调，代替光卡，光盘或带也同样适用于实现本发明。可以用卡读/写光学器件 3 对光卡 2 执行读以及写（记录）。光存储系统 1 的功能是由主控制器 5 所控制的，主控制器实际上可以是一个微处理器。主控制器 5 控制数据处理器 6 和同步电路 8，还有定位控制器 9。主控制器 5 还与接口 7 相连。数据输入和输出都是通过接口 7 进行的，且数据由数据处理器 6 处理。同步电路 8 使读/写光学器件



3 的读/写功能与定位控制器 9 的定位功能同步。

图 2 说明了图 1 的全息读/写光学器件 3 的光学系统。在图 2 的实施例中，全息读/写光学器件 3 具有一个写入光学部件 51 以及一个读出光学部件 52。这两个部件可以完全分开，具有分离的移动系统，但在实际实施例中，这两个部件是与公共定位系统一起移动的。在另一个最佳实施例中，写光学部件 51 和读光学部件 52 是固定的，由图 1 的定位构件 4 将光卡 2 相对于所述光学器件进行定位（还请参见图 7）。

写入光学部件 51 包括写入激光器 20，它工作于可见的蓝绿区域，532 nm 附近。写入激光器 20 最好是一个半导体激光器，但其它类型的激光器也同样适用。但是，用于记录的激光必须具有足够的相干长度，即，比目标光束和参考光束之间的光程差要长。写入激光器 20 的光束直接通过半波片 24、波束成形光学器件 22 以及分束器 23。波束成形光学器件 22 以已知方式，将激光器 20 的高斯强度分布转换为平方分布。这种转换的目的是在整个目标空间内，即在目标 SLM（空间亮度调制器）25 上，提供均匀的亮度。极化分束器 23 将光束分为目标光束 15 和参考光束 16。经过极化分束器 23 之后，相对于图 2 的平面，目标光束 15 被横向极化，参考光束 16 被并行极化。参考光束 16 被送向参考 SLM 26。参考光束 16 被参考 SLM 26 反射回，因此，极化将变为横向极化。参考光束 16 还直接通过分束器 23、另一个 1/4 波片 35，之后通过物镜 27 落到光卡 2 的表面上，将在以下对其进行说明。在通过 1/4 波片 35 后，参考光束 16 的线性极化将变为圆形极化。

在离开分束器 23 之后，目标光束 15 以横向极化方式落到目标 SLM 25 上。目标光束 15 从目标 SLM 25 开始转向，通过分束器 23 以及 1/4 波片，再转回光卡 2。由于目标 SLM 25 的反射，当目标光束 15 第二次进入或离开分束器 23 时，它将变为平行极化。此外，经过 1/4 波片 35 之后，目标光束的正交线性极化被转换为正交圆形极化，但目标光束 15 的旋转方向与参考光束 16 的旋转方向相反。最后，目标光束 15 通过同一物镜系统 27 落在光卡 2 的面上，换言之，往返于光卡 2 的参考光束 16 和目标光束 15 具有公共光轴。光学系统的这种结构被表示为同轴结构。目标光束 15 和参考光束 16 分别被它们各自的空

间光调制器 25 和 26 所调制，正如以下将要说明的那样。SLM 26 和 25 最好是 LCD 设备，具有 1024×1024 或 512×512 象素段，其中各个段的光反射特性可以由适当的电路分别控制，在本发明中，这种电路是数据处理电路 6。用数据对目标 SLM 25 编码，而用相位地址对参考 SLM 26 进行编码。对于这个实施例，目标 SLM 25 是一种调制所传输的光的幅度（强度）的设备，但也可以考虑将其它类型的 SLM 设备用于本发明的设备中。例如其极化角可受到控制的点阵式极化调制器也是适用的。正如以下将要说明的那样，参考 SLM 26 是一种极化 SLM，它能对参考光束 16 加一个 π 相位延迟。可利用适当的物镜系统，最好是傅立叶变换透镜，将目标光束 15 以及参考光束 16 成像到光卡 2 上，这里用透镜系统 27 来表示物镜系统。应当理解，也可以使用目前没有讨论过的光学器件例如透镜、光阑、反射镜等，以便能在 SLM 26 和 25 上以及光卡 2 的表面上得到合适的射束形状。特别是，同样能预见，已知的聚焦以及跟踪伺服光学器件以及构件能将目标光束 15 和参考光束 16 聚焦到光卡 2 表面的指定单元上。

对于图 2 中所示的读/写光学器件 3 的实施例，对光卡 2 上的全息图的检测是由读出光学部件 52 执行的。读出光学部件 52 与写入光学器件 51 相似的配置，但读出激光器 21 是一种红色激光器。在本实施例中的读出激光器工作于可视红色区域内，位于 $600-700 \text{ nm}$ 之间，它最好是另外一种半导体激光器或 LED，或是 He-Ne 激光器。因此，调节波片 35'，以用于读出激光器的波长。不用目标 SLM 25，这里可使用一个 CCD 检测器 29。可以用适当的成像光学器件，最好是傅立叶变换透镜，将全息图成像在 CCD 检测器 29 上，这里用物镜 28 来表示这种成像光学器件。CCD 检测器 29 读出存储在全息图内的数据，它包括目标 SLM 25 的位映射图象。

所记录的信息是以数据页的形式被存储在薄傅立叶全息图上。这意味着这种全息图有可能不会被看作传统的体积全息图。但是，全息图是足够厚的，所以，它们的厚度也不能被忽略。依据本发明的这些全息图表示一种中间情况，其中，衍射图案位于适用于厚光栅的 Bragg 衍射以及适用于无限薄光栅的衍射之间。实际上，在本发明中所用的层的厚度位于 300 nm 和 3000 nm 之间，这意味着所得到的衍射图案是有限层厚，具有明显的波长以及角度可选择性，但它们的选择性还

没有达到厚全息图的选择性。

依据本发明，全息记录是由反射传输全息术来实现的。将参见图 4a-b，对这种全息记录方法的原理进行说明。图 4a-b 显示了光卡 2 的剖面图，以及在所述记录层 33 下面的反射层 32。记录层 33 相对较薄，反射层 32 是一种波长选择层，它能在读出波长上执行反射，但能在写入波长上执行吸收（或也可以传送）。在记录期间（参见图 4a），利用参考光束 16 和目标光束 15 之间的极化干涉图，在卡 2 的记录层 33 内建立了全息图 61。在图 4a-b 中，所显示的入射的和反射的参考光束 18、18' 彼此具有一个角度，以便较好地说明读出过程，但须指出，实际上，入射的和反射的参考光束基本上是平行的，并且，至少在说明书中所展现的最佳实施例中，具有一个公共光轴。相反，目标光束 15、17 以及参考光束 18、18' 倒的确彼此具有一个小的角度，尽管它们也具有一个公共轴。在读出期间（参见图 4b），入射参考波束 18 产生了一个目标光束，它能再现原始写入目标光束 15 的信息内容。再现的目标光束一般将从全息图 61 中退出，作为所传送的目标光束 19。但这种传送的目标光束 19 被在反射层 32 上反射，并再一次通过记录层 33 传播，并从记录层 33 中退出，作为反射目标光束 17。当然，参考光束 18 也被反射，作为反射参考波束 18'，但可利用光束的极化特性以及不同的衍射，将后者从反射目标光束 17 中分离出来，正如以下将要说明的那样。如上所述，在依据本发明的反射传输全息处理中，全息图的读出是在传输模式中执行的，但所传送的目标波是由反射层反射的，通过记录媒体进行传播，并能在参考波到达的同一侧检测到它。

在本发明中所用的全息记录处理为称为极化处理。极化全息记录是由具有相互正交极化的两个平面波实现的。在这种记录过程中，所得到的光场不是用强度来调制的，而仅仅是用极化来调制。依据记录光场的极化调制，对所导出的光学各向异性（分色性或双折射）进行空间调制，即极化全息光栅被记录下来。已经了解了用于记录极化全息光栅的各种可能性。我们还知道衍射效率 (η) 取决于极化干涉图的类型，它形成了极化复用的基础。这主要基于这样一个事实，即在光致各向异性的足够大的值处，能高效地记录极化光栅，这种效率对于幅度调制可达 25%，对相位调制，可达 100%。当用两个正交的圆形极

化波来实现记录时, η 强烈地依赖于重建波的椭圆率。通过改变椭圆率, η 可以从 0 变到其最大值。如果目标和参考波都具有平行极化, 则普通强度的干涉图将会导致, 即光场强度将受到正弦调制。当这两种波具有相互正交的极化方向时, 所得到的光场的强度是恒定的, 只有其极化随产生极化干涉图的这两个波之间的相移变化而受到周期性的空间调制。这两种干涉效应都可以用合适的材料记录下来。在图 2 和 3 所示的装置的实施例中, 要考虑使用这两种效应。在目标 SLM 25 的最佳形式中, 提供了强度调制, 但是参考光束 16 和目标光束 15 也是正交极化的, 以提供改善了的读出 SNR。

在全息记录期间, 在光学各向异性材料中, 极化干涉图被记录为一种经空间调制的光学各向异性。在本发明的最佳实现方法中, 使用了所谓的侧链偶氮苯聚酯 (SCP)。在记录处理中, 记录媒体的分子例如一个 SCP 化合物依据入射光束的极化而对齐。写入处理利用蓝或绿光, 全息图的读出是受红光的作用。例如是在偶氮苯 SCP 材料内的记录处理已在公开的 "Side-chain Liquid Crystalline Polyesters for Optical Information Storage" 中进行了详细的说明, 这篇文章在 *Polymers for Advanced Technologies* 的第 7 卷第 768-776 页, 将这篇文献引入本文仅供参考。我们也了解适用于全息记录的相似的材料, 也可以方便地使用它们。在 *Appl. Opt.* 第 23 卷, 第 23 期, 1984 年 12 月 1 日, 第 4309-4312 页公开的 "Polarisation holography .1: A new high-efficiency organic material with reversible photoinduced birefringence" 中, 以及在 *Appl. Opt.* 第 23 卷, 第 24 期, 1984 年 12 月 15 日, 第 4588-4591 页公开的 "Polarisation holography. 2: Polrisation holographic gratings in photoanisotropic materials with and without intrinsic birefringence" 中说明了极化全息术的原理。将后面这两篇文献引入本文, 也是仅供参考。极化全息术的一个重要特征是: 如果将参考光束 16 和反射目标光束 15 选择为正交极化, 则用一个极化元件可将它们完全分离。这会产生出色的信噪比 (SNR)。如图 2 所示, 由波片 35 和极化分束器 23, 将写入激光器 20 和读出激光器 21 的正交的椭圆极化光束变换为平行极化目标光束 15 和横向极化参考光束 16 (参考的平面是图 2 的平面)。一旦读出, 则在极化装置和空

间滤波装置的帮助下，将反射的目标光束 17 与反射的参考光束 18' 分开。在这种情况下极化装置与空间滤波装置包括半波片 30 以及遮光板 36。在穿过半波片 30 之后，反射的目标光束 17 被横向极化。半波片 30 的中心部分具有用于参考光束 18 的一个孔 37。在检测器 29 之前，有一个被定位在中央部位的遮光板 36，以便滤除通过孔径 37 的反射参考光束 18'，以及将来自分束器 23' 的光向检测器 29 进行部分反射。遮光板 36 还滤除直接来自读出激光器 21 的参考光束 18。但是，由于写入和读出波长的不同，反射的目标光束 17 将以相对于反射参考光束 18' 的一个很小的角度，从全息卡 2 的全息图中衍射出。这种衍射中的小的差异，允许利用空间滤波，将反射的目标光束 17 从反射的参考光束 18' 中滤出。正如以下将要说明的那样，物镜 28 使反射的目标光束 17 与反射的参考光束 18' 空间分离，但同时，它会将反射的目标光束 17 成像到检测器 29 的外围部分，为目标光束 17 提供图象校正。

必须注意，如果将极化技术与反射传输记录方法一起使用，则衍射效应也会增强。这是基于这样一个事实，即极化参考光束对反射层 32 的中间层将有一个 π 的相移。这意味着，利用圆形极化光束，旋转方向将会变为相反，但同时，光束的传播方向也会反转。其结果将是：当光束穿过记录层返回时，光束将会沿同一方向发生衍射。

再次参见图 2，读出物镜 28 被设计为能校正读出失真。这种失真是由激光器 20 和激光器 21 之间的波长差异而引起的。由于光学系统的同轴结构，失真将是轴对称的，因此，可以利用适当设计的用作物镜 28 的非球面透镜对它们进行校正。这种失真对于中央光束不太重要，但对于靠近图象空间边缘的光束就较为重要。由于读出光学器件 52 的中央光束被保留，用作参考光束 18，所以物镜 28 的外围部分仅需要被调谐为目标光束 17。

图 4a-b 是光记录媒体的剖面示意图。这里，记录媒体是在本发明的光存储系统 1 中所用的一种光卡 2。光卡 2 具有相对较薄——0.5-1 mm——的塑料基片 31，它是由适当的塑料材料例如是聚碳酸酯或 PVC 作成的。利用真空蒸镀、溅射或其它适当的处理，将具有大约 100 nm 厚度的波长选择反射层 32 涂敷在基片 31 上。反射层 32 的目的是在读出横过记录层 33 的目标光束期间，对其进行反射。因此，

反射层 32 必须能在读出波长上执行反射，但必须能够方便地不在写入波长上执行反射。需要的是能抑制对写入光束的反射，这样，就不会在执行写入期间，干扰来自参考光束 16 以及目标光束 15 的反射的干涉结果。就由保护层 34 保护了在反射层 32 上的记录层 33，使其免受机械以及化学影响。

图 5 是从记录面即从保护层 24 一面看去的光卡 2 的顶视图。尽管没有什么可妨碍将光卡的两面都作成存储面，但实际上，只有一面用于数据记录，而另一面则提供用肉眼可识别的书写信息，即有关光卡类型的信息文本。在光卡 2 上的记录是以非常小的全息图 61 的形式进行的，其中每一个小全息图都具有一个正方形，其大小约为 $0.8 \times 0.8 \text{ mm}^2$ 。在图 5 中，显示了几个其它的全息图 61i、61j、61k，它们都具有与全息图 61 相同的结构。全息图 61 彼此间隔大约 200 微米，且在它们之间有定位标记 62 和 63，以及最终识别标记 64。一组标记 62 用于在 X 方向执行定位，而其它组的标记 63 用于在 Y 方向上对齐读/写光学器件。识别标记 64 可以包含有关光卡 2 上的全息图 62 的位置信息，也可以包含有关全息图 62 的类型信息。

图 3 显示了图 2 中所示的本发明的写入/读出光学器件的一种经修改的形式。这种光学系统将写入光学部件 51 和读出光学部件 52 组合为一个公共单元。基本结构包括写入光学器件 51 的所有元件，且原理上，写入目标光束与写入参考光束的光路相同。因此，图 3 的经组合的读/写光学器件包括写入激光器 20，其工作于可见蓝-绿区域，大约是 532 nm。读出激光器工作于可见红色区域，大约位于 630 nm 处，它最好是另一种半导体激光器或 LED，或 He-Ne 激光器。写入激光器 20 的光束直接穿过半波片 24、光束成形光学器件 22 以及分束器 23。读出激光器 21 的光通过中性(neutral)分束器 41 被插入一个光学系统。光束成形光学器件 22 以及 22' 将激光器 20 和 21 的高斯强度分布转换为平方分布。在写入期间，分束器 23 将光束分为目标光束 15 和参考光束 16。参考光束 16 通过分束器 41 被送向参考 SLM 26。参考光束 16 被参考 SLM 26 反射回，通过分束器 41、分束器 23、1/4 波片 45，再通过物镜系统 47，落到光卡 2 的表面，将在下文对这种物镜系统进行说明。有必要补偿由于在参考光束 16 的光路中插入了一个中性分束器 41 而引起的延迟。因此，必须在组合的读/写光学器

件 3 内加入一个附加元件。这是一种补偿器块 43，它在目标光束 15 的光路中提供了一个必要的延迟。应当注意，图 3 的实施例的 1/4 波片 45 可受到电子控制，这样，它可以被调谐到写入光束的波长或读出光束的波长。或者也可以，将 1/4 波片 45 调谐到读出激光的波长或是写入激光的波长，由这些波长的不同而引起的噪声可以忽略不计，或是可用适当的装置对其进行抑制。

经过分束器 23 之后，目标光束 15 经由补偿器块 43 落在目标 SLM 25 上。目标光束 15 被从目标 SLM 25 反射回，经过补偿器块 43、分束器 23 以及 1/4 波片 45，到达光卡 2。目标光束 15 经由同一物镜 47 落在光卡 2 的表面，这样，参考光束 16 和目标光束 15 就具有往返于光卡 2 的公共光轴。因此，同样用共轴结构建立了组合读/写光学器件 3。与分离的读出和写入光学部件 52 和 51 的情况相似，目标光束 15 和参考光束 16 都受到它们各自的空间光调制器 26 和 25 的调制。目标光束 15 和参考光束 16 借助于物镜系统 47 而成像在光卡 2 上。也可以使用其它光学元件，象透镜、光阑、反射镜等，以便能在 SLM 26 和 25 上以及光卡 2 的表面上得到适当的波束形状。以下，将参照图 6a-b，详细说明物镜系统 47 的功能。

再次参见图 3，全息图的读出是利用了读出激光器 21。读出激光器 21 的光束通过中性分束器 41 与光学器件耦合，并被反射到参考 SLM 26。参考光束 18 被 SLM 26 反射，经过中性分束器 41、极化分束器 23、1/4 波片 45 以及执行写入操作时使用的同一物镜 47，到达光卡。

入射的参考光束 18 将在光卡 2 的全息图上进行衍射，并会产生反射的目标光束 17。对光卡 2 上的全息图的检测是用 CCD 检测器 29 执行的。反射的目标光束 17 借助于中性分束器 41，被反射到 CCD 检测器 29。在读出期间，可电子控制的波片 45 被调谐到读出激光器 21 的波长上。由于使用了图 2 中的光学系统，反射的目标光束 17 被从反射的参考光束中分离出来，但在这种情况下，只能使用空间滤波。空间滤波是由位于检测器 29 中心区域之前的遮光板 36 实现的。

参见图 6a-b，它们显示了依据最佳实施例的波长失真校正装置的原理。在图 2 和 3 的实施例中，波长失真校正装置是由物镜系统 28 和物镜系统 47 来实现的。以下，将参照图 6a，并借助于与图 3 相似的简化的光学配置(optical setup)方案，说明物镜系统 28 和 47 的

功能。图 3 中的物镜系统 47 是由一个或多个非球面塑料透镜或非球面玻璃透镜构成的。至少有一个非球面透镜 48 在其有效孔径内，包括一个中心区域 49 以及一个环行区域 50。在图 6b 中显示了具有中心区域 49 以及环行区域 50 的这种孔径。如图 6a 所示，在记录期间，目标光束 15 的有用截面通过环行区域 50，而参考光束 16 则只通过中心区域 49。在读出期间，读出参考光束 18 将被限制到中心区域 49，但反射的传输光束即反射的目标光束 17 将以较大的角度衍射，这是因为其波长较长。因此，反射的目标光束 17 的一小部分将通过中心区域 49，其余较大的部分将通过环行区域 50。因此，环行区域 50 的形状必须使其能够补偿反射的目标光束 17 的波长失真，并能将全息图 61 的无失真图象提供到 CCD 检测器 29 上。所形成的中心区域 49 的形状，使其既能在记录波长上也能在写入波长上，对参考光束 16 和 18 提供一个可接收的成像。当然，这将是对于理想成像的最佳透镜形状的一种折衷方案，所以，这两个光束都将保持最小程度的失真。但，由于在中心区域 49 中，入射角要比环行区域 50 内的小，因此，这种失真是可以忍受的。

应当注意，无论是在图 3 的组合光学器件 3 内还是在图 2 的分离的读出和写入光学部件 52 和 51 中，都可以用反射镜来取代参考 SLM 26。参考 SLM 26 的目的是允许使用确定性相位编码的所谓复用的可能性。在出版物 Opt. Comm. 85(1991)，第 171-176 页的“Volume hologram multiplexing using a deterministic phase encoding method”中说明了这种方法。在这种复用方法中，将一个液晶空间光调制器(LCSLM)，在本说明书中是参考 SLM 26，放置到参考光束的光路中。参考 SLM 26 的每一个象素都可被切换到两种状态：既可以将输入光束的相位加上 π ，也可以使相位保持不变。用这种方法可以产生不同的参考波阵面。用于指定参考光束的可调相位集合表示了与目标相应的地址。它可以显示出，在重建处理过程中，一个给定的参考光束只能重建与它自己相应的目标光束，但是，所检测到的信号强度将较低。一个物理全息图内的独立的可记录子全息图的数目等于不同相位地址的数目。当然，由于信号强度的降低，所记录的子图象的 SNR 也会降低，因此，对这种复用存在实际的限制。应当注意，复用的条件用于较厚的全息图时较好，但使用较厚的全息图，读出和写入波长

的差异会在目标间隔的边缘处引起较大的失真。

已经得到结论：相位编码复用对薄全息图效果良好。可通过增加 LCSLM 的象素数目来增加复用全息图的数目。为使串扰最小，必须研究不同的相位编码，可选择那些具有最小串扰的相位编码，用作实际
5 操作。限定复用于全息图的最大数目的主要因素是一个 LCSLM 象素的衍射受限的光斑大小。实际可行的复用于全息图的数目大约为 5 到 30。

除上述的相位编码外，如果光学配置不具有共轴结构，但参考光束以及目标光束彼此具有一个角度，则还可以使用所谓的极化复用技术。我们已经了解，在用两个正交的圆形极化波来实现记录的情况下，
10 衍射效率强烈地依赖于重建波的极化，尤其是其椭圆率。有可能利用 $\lambda/4$ 波片来控制读出波的椭圆率。当重建波的极化状态与记录期间的参考波的极化状态相符时，就达到 +1 级（衍射光）中的衍射效率 η 的最大值，而在两者为正交极化状态时减小为零。与此同时，所说明
15 的 -1 级（衍射光）中的 η 的变化也具有相似的关系，只不过相差 90° ；当在 +1 级中 η 达到最大值时，-1 级中的 η 等于零，反之亦然。因此，极化复用方法如下：

- 取得具有左手圆形极化参考光束的第一曝光（‘A’全息图）
- 取得具有右手圆形极化参考光束的第一曝光（‘B’全息图）
- 20 ——如果我们将左手圆形极化用作读出光束，则
 - ‘A’全息图的衍射效率 η 最大，且
 - ‘B’全息图的衍射效率 η 最小。

- 如果我们将右手圆形极化用作读出光束，则我们将
25 重建‘B’全息图，而与‘A’全息图的重叠最小。

因此，对记录光束极化状态的灵敏度 η 使得有可能使记录的信息容量加倍。可以很明白地看到，在本发明的光记录方法中，极化复用可以与确定性相位编码复用组合使用。SLM 26 的适当的相位编码是受
30 数据处理器 6 的控制的。

在使用本发明的信息存储方法的实际系统中，考虑了 5 到 30 个折叠期复用。极化复用需要额外的用于旋转目标以及参考光束的极化面光学或机械元件，还需要极化元件。

尽管这种系统所包含的机械以及光学元件的数目将会使该系统比所演示的最佳实施例的复杂，但这种系统还是可行的。理论上，波长复用也是可能的，但 SCP 材料对写入和读出波长的固有的灵敏度使得这种方案不切实际。

5 另一种可能是使用旋转复用，即连续地将几个目标 SLM 区域耦合到所述光学系统，就好象目标 SLM 围绕着由参考光束以及光卡上的全息图所确定的轴旋转。目标 SLM 的机械旋转或位移也是可能的。

图 7 是本发明的光学系统 1 的可能的机械结构的示意图。光学系统具有两个主要的机械部件，读/写光学器件 3 以及卡定位构件 4。读/写光学器件 3 包括全息读/记录光学器件以及精细伺服装置。卡定位构件包括由 X 电机 58 所驱动的 X 方向平移机架 55，其中 X 电机 58 最好是一个步进电机。机架 55 相对于基座 56 在轨道上滑动。在机架 55 内，布置有一个 Y 方向平移机架 59，它是由 Y 电机 57 驱动的。应当理解，其它方法也能很好地相对于读/写光学器件 3 对光卡 2 进行定位。例如，可以提供平移构件，以移动读/写光学器件 3，而光卡 2 保持不动，卡定位构件仅用于将由外部用户插入到卡阅读器内的光卡 2 稳定地固定住，在执行完读以及/或写操作之后，卡定位构件会弹出光卡。

最后，图 8 显示了在依据本发明的装置中所用的光学系统的另外一个实施例。图 8 中的光学配置与图 2 中显示的相似，即这也是一个具有分离的写入光学部件 51 以及读出光学部件 52 的光头。与图 2 中所示的配置相比，主要的不同在于读出光学部件 52。这里，极化分束器 23' 由中性分束器 41 所替代。图 2 中的半波片 30 被省略，且仅仅使用空间滤波即利用遮光板 36 来分离反射参考光束 18'，这种空间滤波利用了反射目标光束 17 和反射参考光束 18 之间的衍射差异。这种方案具有的优点是：需要较少的极化元件，但同时，检测器 29 上的光强度也较小，这可能会产生较低的 SNR。

与可行光卡相比，基于本发明所概述的原理的光信息存储系统具有非常良好的参数。在成像于大约 $0.8 \text{ mm} \times 0.8 \text{ mm}$ 的全息图上时，具有 256×256 个位映射图象象素的分辨率以及 1024×1024 个实际图象象素的分辨率，具有四个交迭复用，在信用卡大小的光卡上的数据容量可达 100 兆字节。假定一秒内读出四个全息图，当然这是不切实际

的，则可实现 100 千字节/秒的数据传输速率。

应当注意，波长失真校正装置可以用系统内的其它元件来实现。尤其是，也可以预见，使用高分辨率的 CCD 检测器 29，以及用合适的软件来执行失真校正，这种软件将会分析 CCD 检测器 29 上的图象。

5 这种工作可以由数据处理器 6 来执行，但也可以考虑使用特定的专用处理器。

数据处理器 6，或其它的编码单元可被方便地用于对全息光卡 2 上的记录信息进行编码。与传统的磁带或其它类型的光卡相比，全息记录自然更安全。依据本发明，我们建议使用全息记录的有利特性，
10 以用于编码方法的实现，这将参见图 5 进行说明。

正如我们在上面所显示的，在本发明的记录方法的最佳方式中，信息表现为被记录在光卡上的不同的物理以及/或逻辑记录单元内的几个离散的全息图的形式或是子全息图的形式。这些不同的单元是由全息图 61i、61j 以及 61k 表示的。这些全息图包括数据集合，而数据
15 集合序列一起构成了记录信息。例如，为再现指定文件的信息内容，必须按以下顺序读出全息图：61j、61k、61i。全息图单元的这种顺序或序列是随机确定的，即包含于全息图内的数据集合被记录在记录单元的随机序列内。应当注意，术语“随机”也可以指伪随机排序，或由保密的、预定的以及不明显序列引起的排序。

20 尽管在图 5 中，物理记录单元的随机序列是已知的，还是应当强调：随机单元也可以指随机逻辑单元。为保持高的写入和读出数据速率，特别要考虑，在记录或读出期间，物理单元应当依照自然顺序，这样，无论是对卡 2 还是读/写光学器件 3，从一个记录单元到另一个记录单元的快速的机械重定位将不会产生问题。在后一种情况下，仅
25 仅在逻辑单元内，才作随机选择，物理单元被排序。如果信息被记录在复用的全息图上，则每一种复用模式表示一个复用地址。在这种情况下，可以用复用地址来识别逻辑记录单元。在光卡 2 和读/写光学器件 3 的所建议的实施例，信息是由使用了相位编码复用的极化全息图记录的。因此，一个物理全息图组包括几个，也可能包括三十个
30 相位编码复用子全息图，每个全息图包括一个数据集合。在这种情况下，是用相位编码地址 n 来识别一个全息图 61 内的数据集合的逻辑记录单元，其中 n 是一个整数，一般位于 1-30 的范围内。在全息图

61i 内的第 n 个数据集合的单元的标识符可以表示为 $61i/n$ 。

数据是按以下方式被记录并被读出的：

第一数据集合被记录到具有标识符 $61j/n$ 的单元。这一单元的标识符被存储在卡 2 的目录内，并被加密，这样，只有经过授权的人才
5 被允许读取这个标识符。此后，下一个数据集合被存储在单元 $61j+1/p$ 、 $61j+2/q$ 、 $61j+3/r$ 、 $61j+4/s$ 等内。物理单元 $61j$ 、 $61j+1$ 、 $61j+2$ 、 $61j+3$ 、 $61j+4$ 表示在光卡 2 的同一行或同一列上彼此相随的全息图。序列 n 、 p 、 q 、 r 、 s 等表示随机序列。如果物理全息图 $61j$ 保持不变，则在所有的子全息图 $61j/1-61j/100$ 都被记录下来之前，
10 只有逻辑单元 $61j/n$ 、 $61j/p$ 、 $61j/q$ 、 $61j/r$ 、 $61j/s$ 等被记录在随机序列内，这种方法也是可行的。接着，在下一个物理全息图中继续执行记录，或也可以，在随机选取的物理全息图 $61k$ 内继续执行记录。

后一个数据集合的单元的标识符被存储在前一个数据集合内。在上述例子中，标识符 $61j+1/p$ 被存储在子全息图 $61j/n$ 的数据集合内，标识符 $61j+2/q$ 被存储在子全息图 $61j+1/p$ 的数据集合内，以此
15 类推。

还有可能将数据集合的单元的随机序列存储在一起，将其存储在光卡 2 的目录区域内。在这种情况下，整个序列被加密以及/或使得未经授权的用户不能对其进行访问。对随机序列的访问是由例如是一种
20 PIN 编码允许的。

虽然，是用参照附图的特定实施例来说明本发明，但对那些本领域人员来说，也能很容易地实现其它有利的实施例。显然，可以以光盘或带的形式来制作全息图记录媒体，并可因此而修改光记录装置，用适当的盘或带定位以及旋转/缠绕机构来替代对光卡 2 进行定位的
25 机构。

说明书附图

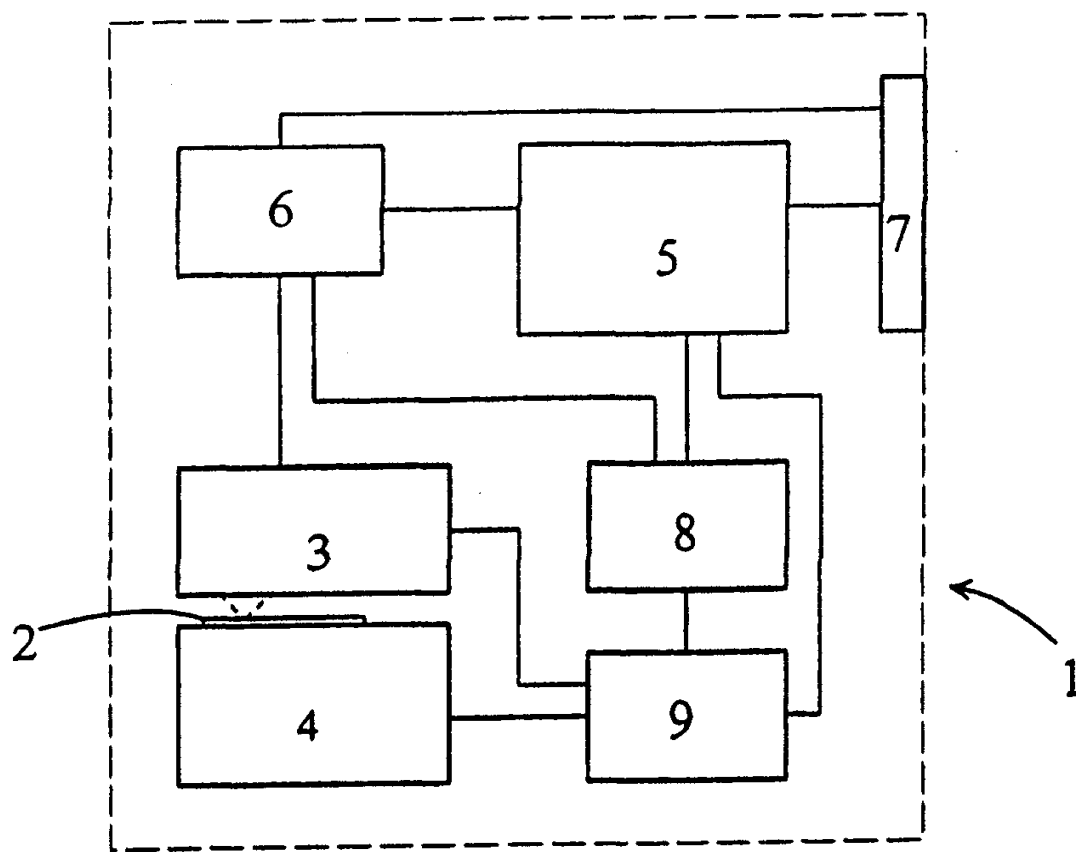


图 1

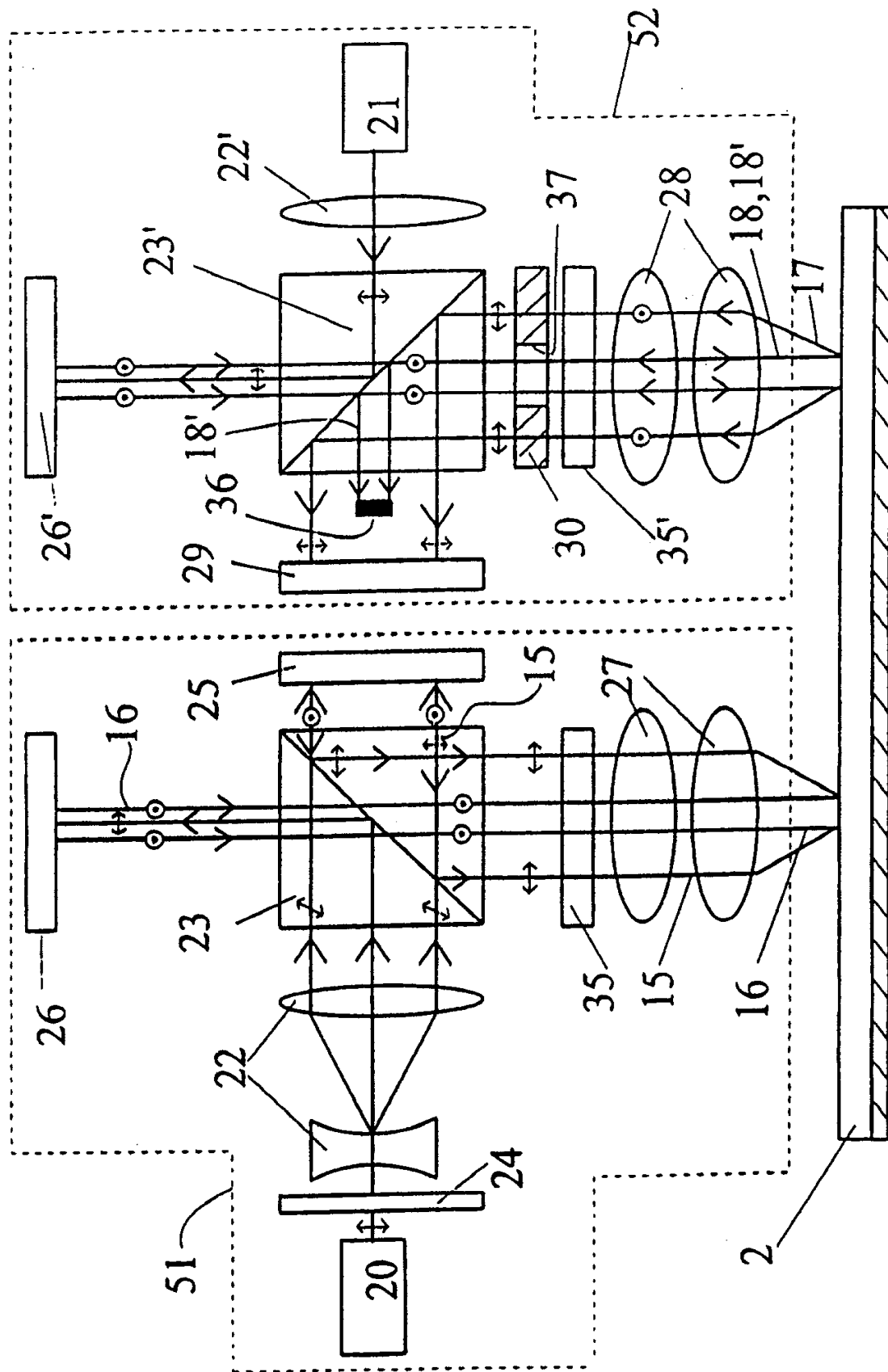


图 2

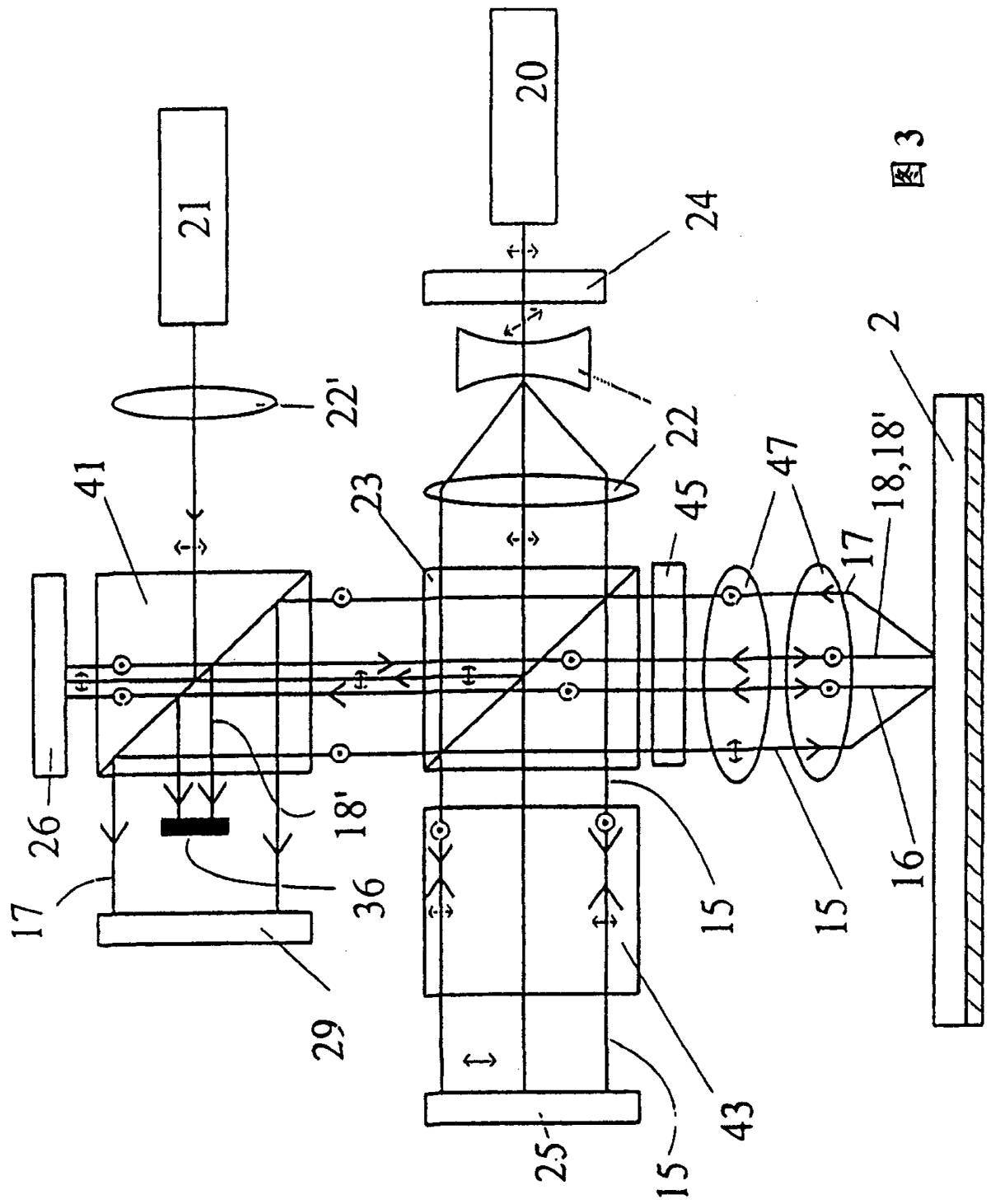


图 3

图 4a

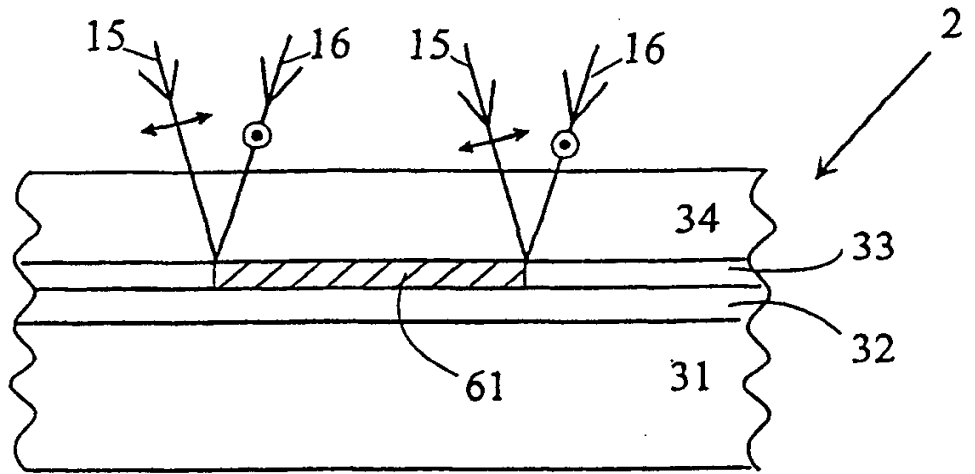


图 4b

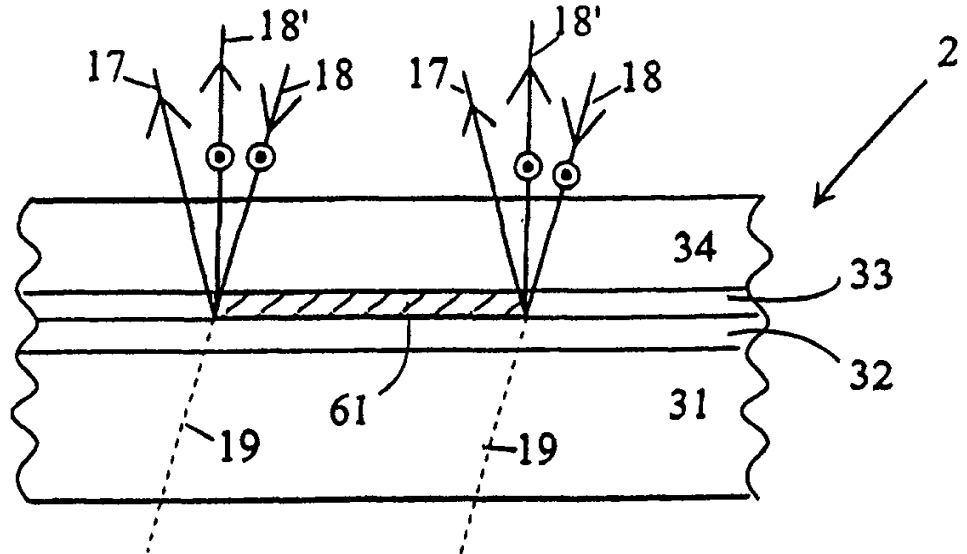
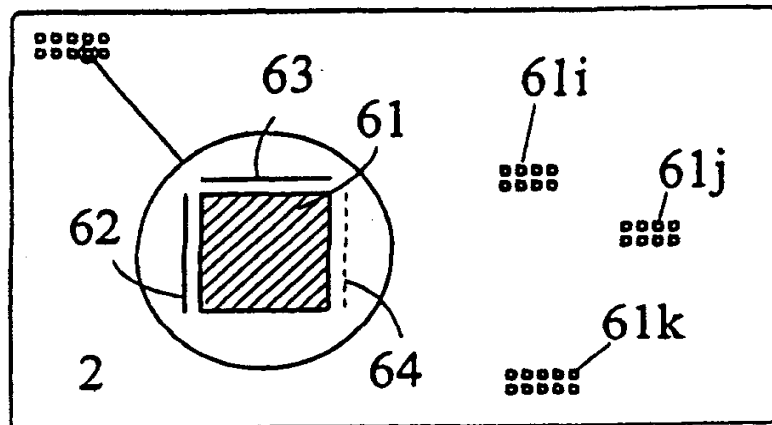


图 5



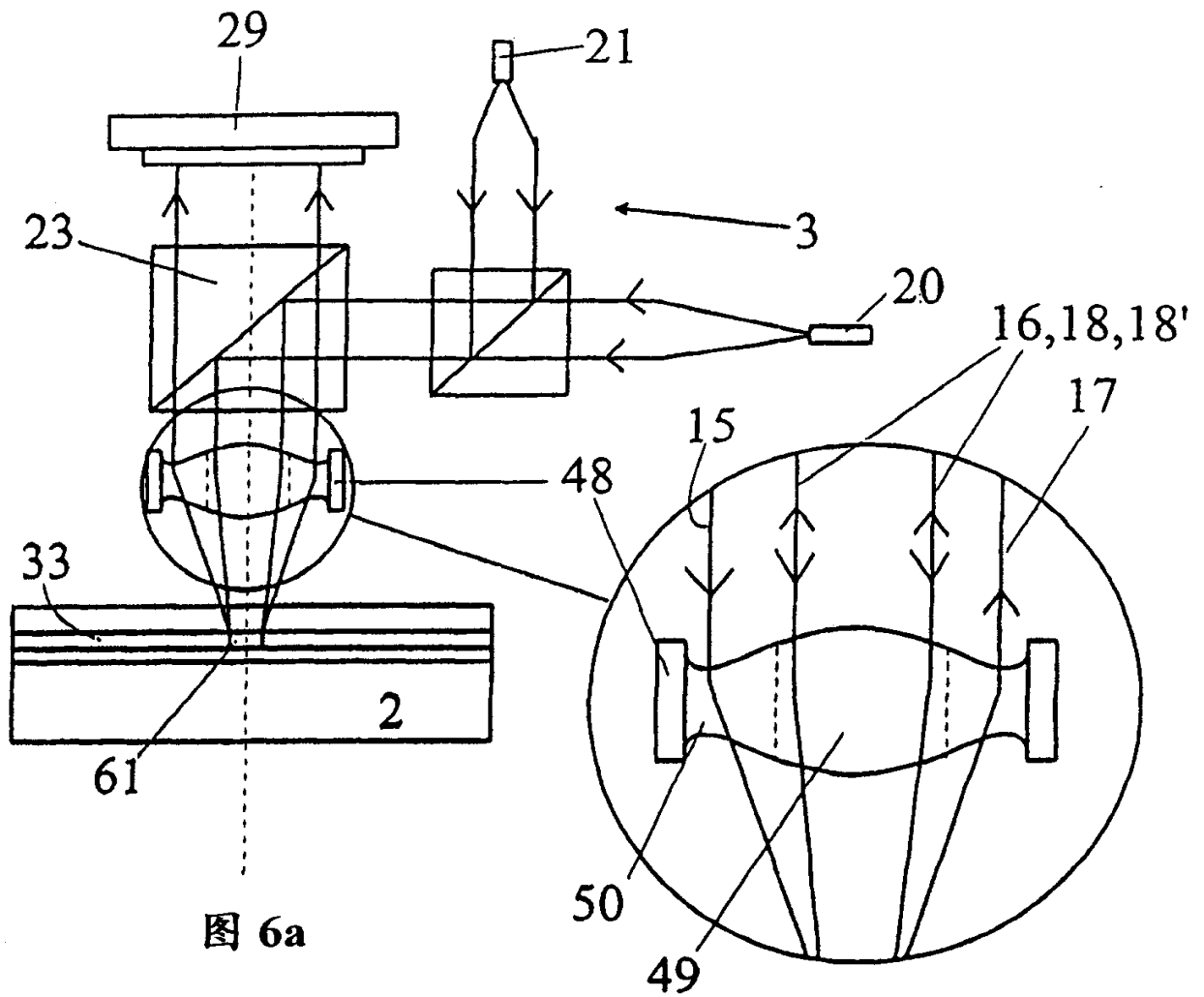


图 6a

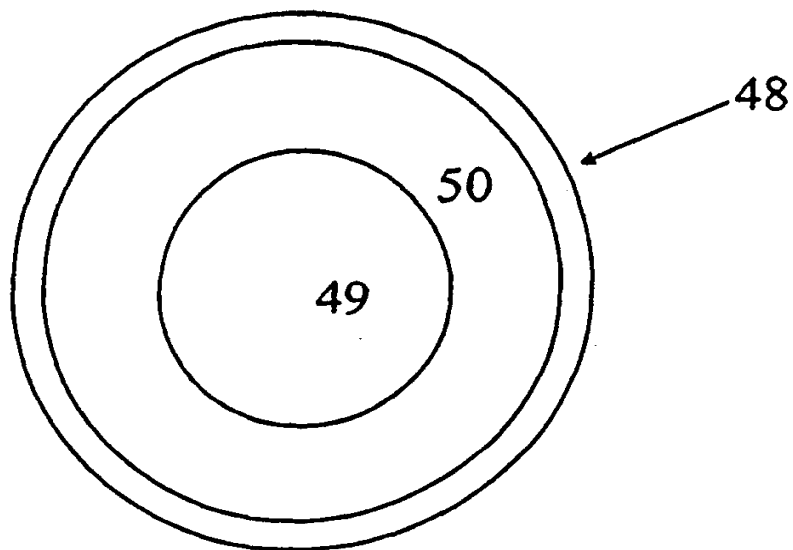


图 6b

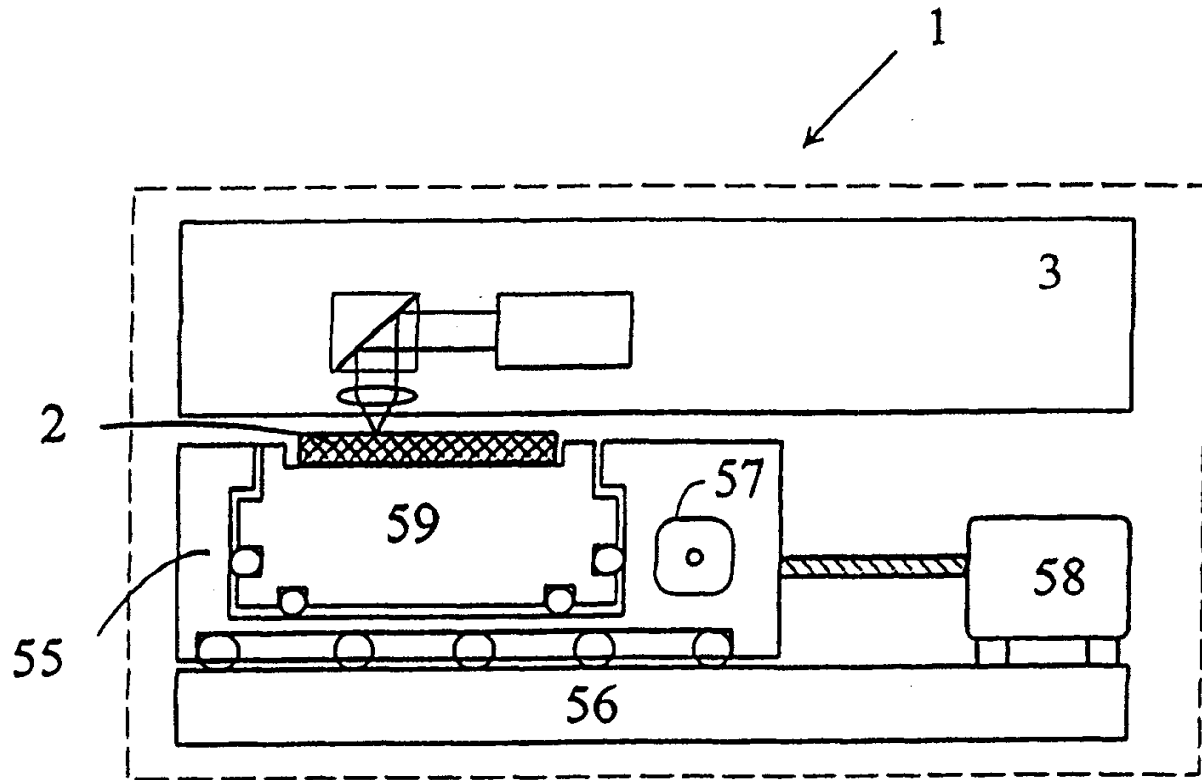


图 7

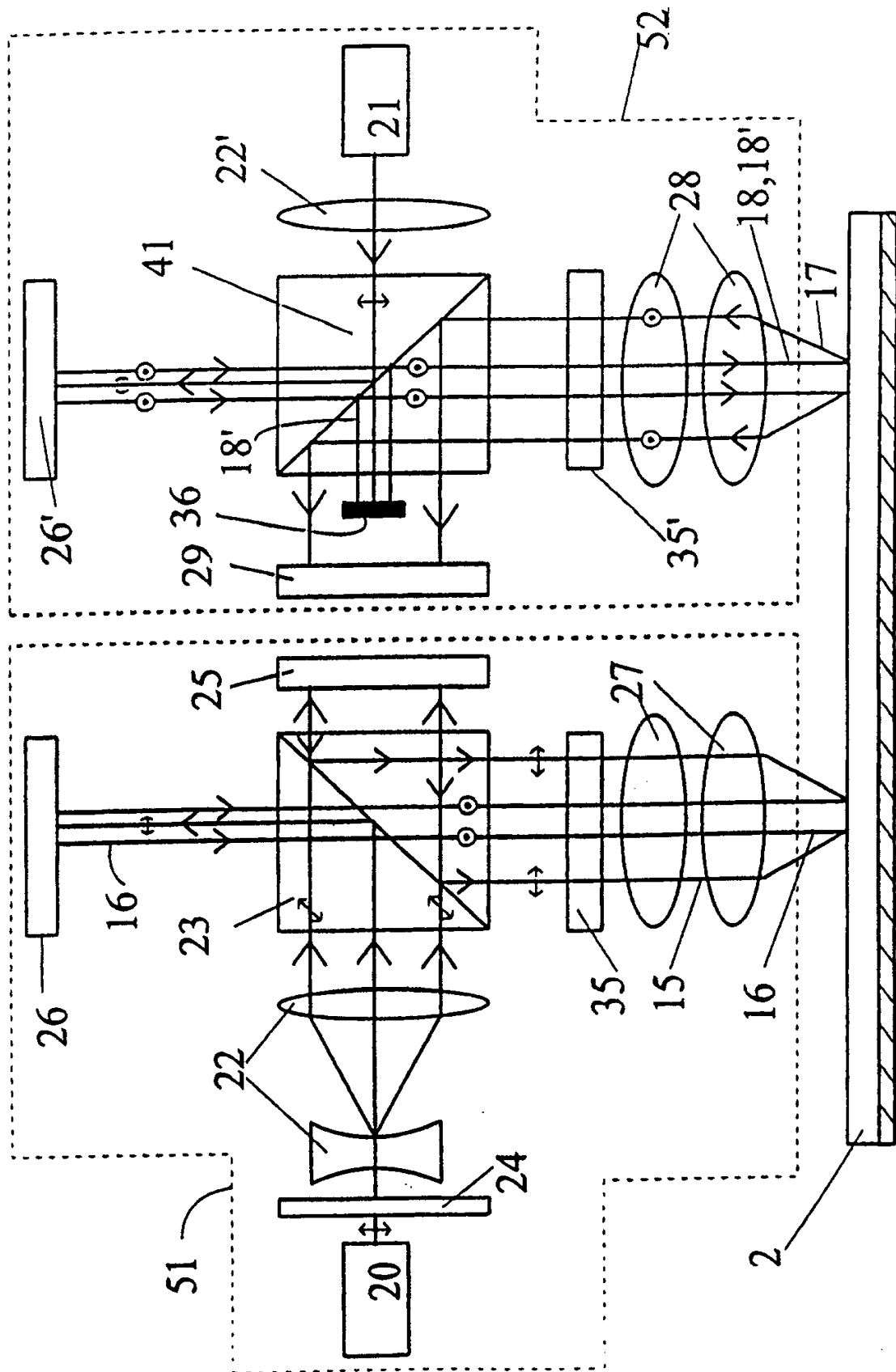


图 8