

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.  
G06K 9/74 (2006.01)



# [12] 发明专利申请公布说明书

[21] 申请号 200580042831.4

[43] 公开日 2007年11月28日

[11] 公开号 CN 101080727A

[22] 申请日 2005.10.18

[21] 申请号 200580042831.4

[30] 优先权

[32] 2004.10.18 [33] GB [31] 0423093.4

[86] 国际申请 PCT/GB2005/004028 2005.10.18

[87] 国际公布 WO2006/043057 英 2006.4.27

[85] 进入国家阶段日期 2007.6.13

[71] 申请人 秦内蒂克有限公司

地址 英国伦敦

[72] 发明人 R·A·威尔逊 M·F·路易斯

A·C·卢因

[74] 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司  
代理人 曾祥尧 王小衡

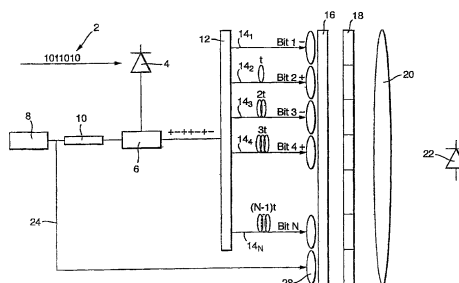
权利要求书5页 说明书23页 附图4页

## [54] 发明名称

光学相关设备和方法

## [57] 摘要

本发明涉及模式识别相关器和用于将输入数据与一个或多个参考数据集相关的方法。使用可以是例如数字幅度调制光学数据的输入数据来调制光学信号，以形成相位调制光学信号。然后优选地通过使用光学延迟将该时间相位调制光学信号转换成并行光学相位信号，并由光学相位调制器来调制。当输入数据与参考数据之间存在相关时，出射的波前是平面的并可以被强耦合到检测器。在不存在相关时，出射的波前不是平面的，因此不被强耦合到检测器。由此可以使用检测器输出作为相关的指示。



1. 一种相关设备, 包括: 光学延迟装置, 用于将时间数据输入流转换成至少一个并行光学数据流, 所述至少一个并行光学数据流具有复制所述输入数据的相位调制; 以及参考相位调制器, 用于施加复制至少一个参考数据集的并行相位调制, 其中所述参考相位调制器和光学延迟装置对准, 以便创建已经根据输入数据和参考数据同相调制的并行光学信号。

2. 如权利要求 1 所述的相关设备, 其中所述光学延迟装置提供多个通道, 每个通道产生输入相位调制光学信号的拷贝, 且每个通道具有不同的延迟, 其中在连续延迟的通道中施加的延迟按常量变化。

3. 如权利要求 2 所述的相关设备, 其中所述输入相位调制光学信号是数字相位调制信号, 并且其中连续延迟之间的增量延迟等于所述输入相位调制光学信号的比特率。

4. 如权利要求 3 所述的相关设备, 其中所述输入相位调制信号是二进制相位调制信号。

5. 如上述权利要求中任一项所述的相关设备, 其中所述光学延迟装置包括多个不同延迟的光波导延迟线。

6. 如权利要求 5 所述的相关设备, 其中所述光波导延迟线是光纤。

7. 如权利要求 5 所述的相关设备, 其中所述光波导是集成光学波导。

8. 如权利要求 7 所述的相关设备, 其中所述集成光学波导是空芯波导。

9. 如上述权利要求中任一项所述的相关设备, 其中所述光学延迟装置包括响应于输入时间数据流调制的相位调制光源。

10. 如权利要求 9 所述的相关设备, 其中所述相位调制光源包括

激光器。

11. 如权利要求 10 所述的相关设备, 其中所述相位调制光源包括外部调制激光器。

12. 如上述权利要求中任一项所述的相关设备, 其中所述参考相位调制器包括相位调制空间光调制器 (SLM)。

13. 如权利要求 12 所述的相关设备, 其中所述相位调制 SLM 是二进制相位调制 SLM。

14. 如权利要求 12 所述的相关设备, 其中所述相位调制 SLM 是模拟相位调制 SLM。

15. 如权利要求 14 所述的相关设备, 其中所述相位调制 SLM 施加二进制相位调制。

16. 如权利要求 2 所述的或直接或间接从属于权利要求 2 的任何上述权利要求所述的相关设备, 其中所述参考相位调制器包括多个相位调制元件, 每个光通道至少一个相位调制元件。

17. 如权利要求 16 所述的相关设备, 其中所述相位调制元件是集成电光相位调制器。

18. 如上述权利要求中任一项所述的相关设备, 还包括用于使所述并行光学信号干涉测量耦合的组合装置, 以及用于检测所述组合装置的输出的光电检测器。

19. 如权利要求 18 所述的相关设备, 其中所述组合装置是多模干涉组合器。

20. 如权利要求 18 所述的相关设备, 其中所述组合装置包括具有单独聚焦元件的聚焦装置, 所述聚焦元件与所述并行光学信号光学对准, 并且所述光电检测器是位于所述或每个聚焦元件的焦点处的点光电检测器。

21. 如权利要求 20 所述的相关设备, 其中所述聚焦元件包括适当设计和形状的折射透镜, 以将所述并行光学信号聚焦。

22. 如上述权利要求中任一项所述的相关设备, 其中所述光学延

迟装置生成多个完全相同的并行光学数据流，以及多个参考数据相位调制器，每个参考数据相位调制器向所述并行光学数据流之一施加参考相位调制。

23. 如权利要求 22 所述的相关设备，包括显示多个参考空间相位模式的空空间光学相位调制器，每个参考空间相位模式是参考数据相位调制器。

24. 如权利要求 22 或权利要求 23 所述的相关设备，在直接或间接从属于权利要求 2 时，其中所述设备包括光学复制装置，所述光学复制装置布置为对所述光学延迟装置的通道输出起作用，以提供所述多个并行光学数据流。

25. 如权利要求 24 所述的相关设备，其中所述光学复制装置包括衍射光学元件。

26. 如上述权利要求中任一项所述的相关设备，包括用于周期性校准所述设备的校准装置。

27. 如权利要求 26 所述的相关设备，其中所述校准装置包括用于输入已知与参考数据集相关的数据并测量所述设备的输出的装置。

28. 如权利要求 27 所述的相关设备，在直接或间接从属于权利要求 18 时，其中所述校准装置在所述数据输入时监控所述光电检测器的输出，并基于此输出设置用于识别相关的阈值。

29. 如权利要求 26 至 28 中任一项所述的相关设备，在直接或间接从属于权利要求 15 时，其中所述校准装置响应于所述设备的相位漂移调整至少一部分所述模拟 SLM 的相位调制。

30. 如权利要求 1 所述的相关设备，其中所述参考相位调制器包括用于显示多个参考空间相位模式的空空间光学相位调制器，并且所述光学延迟装置包括用于生成多个完全相同的数据空间相位模式的光学复制装置，每个数据空间相位模式与不同的参考空间相位模式光学对准。

31. 如权利要求 1 所述的相关设备, 其中所述光学延迟装置包括具有至少一个通道的声光单元。

32. 如权利要求 31 所述的相关设备, 其中所述声单元包括声介质、用于基于输入数据流将声波传输到所述声介质的换能器。

33. 一种使输入数据与参考数据相关的方法, 包括如下步骤:

获取时间相位调制光学信号, 其中相位调制表示所述输入数据;

将所述时间相位调制光学信号转换成至少一个并行数据光学信号, 所述至少一个并行数据光学信号具有表示所述输入数据的相位调制;

用复制参考数据的相位调制来调制所述至少一个并行光学数据信号;

干涉测量耦合通过参考调制修改的所述或每个光学数据信号, 并将其引导到检测器上; 以及

使用所述检测器输出作为所述输入数据与所述参考数据之间的相关指示。

34. 如权利要求 33 所述的方法, 其中将所述时间相位调制光学信号转换成具有表示所述输入数据的相位调制的至少一个并行数据光学信号的步骤包括如下步骤: 将所述时间相位调制光学信号输入到具有多个通道的光学延迟装置, 每个通道产生所述输入相位调制光学信号的拷贝, 并且每个通道具有不同的延迟, 其中在连续延迟的通道中施加的延迟按常量变化。

35. 如权利要求 34 所述的方法, 其中所述时间相位调制光学信号是二进制数字相位信号, 其比特率等于所述光学延迟装置的连续通道中的延迟变化的量。

36. 如权利要求 33 至 35 中任一项所述的方法, 其中所述方法包括如下初始校准步骤: 用已知与所述参考数据相关的输入数据执行相关, 以及测量关联的检测器的输出并使用所述输出设置阈值级别。

37. 如权利要求 36 所述的方法, 其中所述方法包括周期性地重

复所述校准步骤。

38. 如权利要求 37 所述的方法，其中使用在所述校准步骤期间的检测器输出来保持当前阈值级别，调整所述阈值级别，或指示需要将系统的相位状态复位。

39. 如权利要求 38 所述的方法，其中使用模拟空间光调制器 (SLM) 执行用表示参考数据的相位调制来调制所述并行光学数据的步骤，并周期性地调整在所述 SLM 上显示的适当参考空间相位模式的至少一部分的相位，以补偿入射在所述 SLM 上该点处的辐射中的相位漂移。

## 光学相关设备和方法

本发明涉及用于模式识别的设备和方法，即，搜索数据与参考数据的相关，更具体地说涉及用于将时间数据流转换成并行数据模式以便执行相关的光学设备。

模式识别关于通过将已知参考对象与输入数据比较来识别输入数据例如文本或图像中的一个或多个已知对象的过程。自发地执行模式识别的理想方式是通过相关的数学运算。本专利关于采用光学技术实现高速运算的改进的相关器。

有许多使用模式识别的领域，从查询数据库以查找特定搜索项到基于生物识别系统和二维图像中的目标识别。常常使用适当编程的处理器以数字方式执行搜索，以将已知的参考数据字符串与要搜索的数据比较来识别匹配。一个示例是因特网搜索引擎，它将一个或多个输入参考词与因特网数据比较来识别匹配。

但是当搜索非常大量的数据时，基于软件的模式识别技术可能慢，或需要非常大的处理能力。而且当以高数据速率接收数据时，例如以电信数据传送速率接收数据时，基于软件的系统可能无法以此速度来执行相关。

还已知称为匹配滤波器或相关器的光学模式识别系统，并可以使用它来与空间模式匹配。此类方案的最早一个是 Vander Lugt 中的“通过复空间滤波实现信号检测”（"Signal detection by complex spatial filtering", IEEE Trans. Inf. Theory IT-10, p 139-145 (1964)）中描述的 Vander Lugt 光学匹配滤波器。该系统使用光学布置，以在对组合的模式执行逆傅立叶变换之前，将景象的傅立叶变换与参考模式的共轭傅立叶变换相乘。如果参考与图像之间存在强相关，则在系

统的后焦面中产生锐利的明亮峰值。因此，此系统将观察到的图像与参考图像比较，并指示是否有相关，如果有的话，发生在哪里 - 即系统识别景象中目标的存在和位置。最近的光学模式识别系统以电子方式执行景象和参考模式的傅立叶变换 (FT)，并在空间光调制器 (SLM) 上显示组合的 FT，由此简化并加速运算，例如参见国际专利申请 WO 00/17809 中描述的相关器。此类光学模式识别系统对于所观察到的景象等中的目标识别可能工作得很好，但是对于搜索数据知识库，它们需要用要搜索的数据或组合的数据和参考模式来更新 SLM。甚至用快速 SLM，SLM 的更新速度仍限制了后续应用的相关速度。注意，如本文所使用的，术语“相关器”视为包括基于匹配滤波器的系统。

因此，本发明的目的在于提供一种能够实现高速模式识别且能够应对非常高的输入数据速率的系统。

因此，根据本发明，提供一种相关设备，它包括用于将时间输入数据流转换成具有复制输入数据的相位调制的至少一个并行光学数据流的光学延迟装置以及用于施加复制至少一个参考数据集的并行相位调制的参考相位调制器，其中参考相位调制器和光学延迟装置对准，以便创建已根据输入和参考数据同相调制的并行光学信号。

本发明使用光学相位来提供执行相关的装置。使用输入数据流生成具有复制输入数据的相位调制的并行光学信号，最常见是通过调制激光束来实施。参考相位调制器基于参考数据集提供相位调制，并通过参考和输入数据同相调制所得到的并行光学数据信号。因此，产生光波前，该光波前具有两个相位调制组合的空间相位模式。在这两个相位调制不匹配的情况下，所得到的波前相位将是根据输入数据流而随机的。但是在参考数据与输入数据之间存在相关的情况下，组合的相位调制合作以产生具有已知相位分布图的输出波前。一般来说，该系统布置为使波前的相位一致，即当参考和数据之间

存在相关时波前是平面的。这种平面波前可以被检测到，稍后将对此进行描述，并用作输入数据与参考数据之间的相关的指示。

光学延迟装置布置为将输入时间数据流转换成并行光学数据流。该并行光学数据流实际上是空间相位模式。由参考相位调制器施加的调制是并行相位调制，因此实际上也是空间相位模式。因此，可以将本发明视为通过对两个空间相位模式执行相关来操作，其中一个空间相位模式来自输入数据而另一个来自参考数据。这使得输入数据流，例如从数据库输出的数字数据，能够输入到基于简单的空间相关技术执行的相关的设备。应该注意，本发明可以对连续的输入数据流操作。

光学延迟装置优选地提供多个通道，每个通道产生输入相位调制光学信号的拷贝，并且每个通道具有不同的延迟，其中在连续延迟的通道中施加的延迟按恒定量变化。换言之，光学延迟装置获取输入相位调制光学信号并产生它的几个拷贝，每个拷贝按增大的恒定量相对其它的延迟。因此，光学延迟装置从具有最短延迟的通道的输出将是在特定时间的输入光学信号的相位。从具有下一最短延迟（其对应于时间  $t$  的增大延迟）的通道的输出将是在较早时间  $t$  的光学输入信号的相位。从具有下两个最短延迟的通道的输出将分别是在较早时间  $2t$  和  $3t$  的输入信号的相位，依此类推。因此，随着时间的推移，从光学延迟装置的输出将是输入相位调制光学信号的一系列快照。实质上，将时间相位调制输入信号改成并行光学相位信号，其中在任何一个时间，每个光通道的输出表示输入数据的不同部分。实质上，光学延迟装置的输出产生空间相位模式，其具体布置取决于光学延迟装置的通道的物理布置。在最简单的情况下，在空间上将延迟的信号线性排列，即在如下文图 1 描述的直线上排列，当然其它配置也可以是优选的。

因此正如本文使用的，应将术语“并行光学信号”取义为表示已分成多个不同光通道但是也包括波前的光学信号，其中数据由空

间相位分布图来表示。

优选地，输入相位调制光学信号是数字相位调制信号，并且连续延迟之间的增量延迟等于相位调制光学信号的比特率，这通常也是输入数据的比特率。换言之，输入光学信号中的位持续时间与将连续通道递增地延迟的量相同。这确保了数字信号中每个位由光学延迟装置的不同输出通道来表示，并且每个输出通道表示输入相位调制光学信号的不同位。输入光学信号一般将具有二进制相位调制，即将相位调制为异相  $180^\circ$  的两个相位状态之一。

本发明的此实施例使用光学延迟以由输入相位调制时间模式生成空间相位模式，无需在空间光调制器上快速更新相位模式，正如在公知的光学相关系统中使用的那样。由光学延迟装置自动将输入光学数据复制为并行光学信号（实质上为空间模式），其可被选择为反映任意高的输入数据速率。因此该系统提供远大于现有基于光学的相关系统或所有电子数据处理的相关速度。正如参考优选实施例描述的，唯一必需的高速组件是相位调制器和光电检测器，且高速光电检测器和相位调制器是电信业中公知的。实际上因为这些组件的速度是电信业中能够多快传输数据的关键，所以本发明本质地提供一种可以与可向相关器提供数据一样快速地将数据相关的系统。

该系统还可以执行几个不同参考模式的并行相关。正如下文更全面描述的，光学延迟装置优选地包括用于基于输入数据产生多个光学数据信号的光学复制器。由复制不同参考数据集的参考相位调制器调制每个并行数据光学信号，且该设备具有独立检测并行光学数据信号与任何参考数据相位调制之间相关的装置。处理非常高的输入数据速度并执行多个参考数据集的并行相关的能力是本发明的另一个优点。

光学延迟装置可以是用于生成输入相位调制光学信号的多个连续延迟拷贝的任何适合光学布置。例如，分束装置可以结合不同延迟的多个光波导延迟线来使用。这可以使用具有共用特性但不同长

度的光纤来容易地实现。正如本领域技术人员将理解的，所采用的光纤应该是用于保真性的单模，并且优选地是用于相关器输出处正确干涉的偏振保持，例如聚焦。因为单模光纤的输出本质上是点光源，所以在遇到包含参考相位模式的空间光学相位调制器之前，优选将它们准直。准直的优选方式是使用小透镜（lenslet）阵列。

或者可以使用集成光学元件来提供不同长度的多个光波导。较之光纤，集成光学元件可以在更大温度稳定性和芯片上相位调制方面提供优势。正如本领域技术人员理解的，集成光学元件包括光波导，该光波导可能与衬底中的其它电光元件集成。衬底可以是半导体材料，例如硅，或可以将波导压印到塑料中。还可以使用自由空间光学延迟，例如大块光学元件或空芯波导。本领域技术人员应知道产生相对于彼此递增延迟的输入光学信号的几个拷贝的各种方式。例如，可以使用多模干涉 1-N 路分裂器来将输入相位调制光学信号分成 N 个不同的波导。然后每个波导可以具有不同的长度，以便与上文参考 t 个光纤描述的相似方式提供不同的延迟。

在大多数情况下，从电子数据库或数据捕获装置，由系统接收到的输入数据采用经由光学通信链路的高速数字幅度调制形式或采用电子形式，数字或模拟。然后光学延迟装置优选包括响应输入时间数据流调制的相位调制光源。输入数据流要是包括相位调制数字光学数据流，则可能将输入数据直接导入到光学延迟装置，只要数据具有正确的数据速率并且在相位和频率上稳定即可。

因此，使用输入数据流来对光源进行相位调制，以产生对光学延迟装置的相位调制光学信号输入。如上所述，优选地，相位调制是二进制相位调制，换言之，将光学信号调制为具有  $180^\circ$  相差的两个相位状态之一。

光源方便地包括激光器。激光器应该在相位方面和绝对频率方面都具有稳定输出，因为激光器的相位波动可能产生相关中的误差。正如已经描述的，该系统依赖于光学相位的使用和输出频率的变化，

并因此激光器的波长将导致光学延迟装置的输出处的相位变化。本领域技术人员应知道适合的激光源，例如二极管泵激 YAG 激光器。应该注意，电信业目前使用的激光源通常不够稳定。激光器可以采用稳定装置来产生稳定输出。国际专利申请 WO 00/17613 描述了一种激光器稳定设备，可以将其用作本发明的稳定激光器。该稳定激光器的输出由相位调制器方便地调制。相位调制器应该能够执行二进制相位调制，并且对于数字输入数据流，应该能够按输入数据的数据速率来操作。再者，电信业内使用的 Mach-Zehnder 幅度调制器包括在此确切所需类型的相位调制器，并且一些此类各个相位调制器是可以商业方式获得的。

如上所述，可以各种形式接收输入数据。当输入数据包括数字电信号时，可以将它们直接馈送到相位调制器以调制激光器输出。当输入数据流是数字光学数据流时，例如可经由高速光纤光学数据链路接收时，转换来自幅度调制信号的输入数据流是必不可少的。因此，在此类实施例中，相关设备可以包括光电检测器，以便将光学信号转换成电信号，以对稳定光源执行相位调制。

在本发明的一个实施例中，参考相位调制器包括空间光学相位调制器，它基于参考数据集显示空间相位调制模式。然后将光学延迟装置的输出布置为与显示参考相位模式的空间光学相位调制器光学对准。光学延迟装置的输出，优选地可被准直，具有取决于输入数据的空间变化相位。然后在空间光学相位调制器上按参考相位模式调制该波前。在参考模式与数据空间相位模式之间不存在相关的情况下，所产生的相位将取决于输入数据而以随机形式变化，即波前将不是平面的。但是在参考相位模式与数据相位模式共轭的情况下，出射的光波前将是平面波前。

在本发明的另一个实施例中，尤其适用于光学延迟装置是在集成光学元件中实施时，参考相位调制器可以包括多个相位调制元件，每个光通道至少一个相位调制元件。这些相位调制元件可以是电光

调制器，且当结合集成光学元件使用时，它们可以是芯片上电光相位调制器。

因此，每个通道具有各自的相位调制器元件，以对该通道施加相位调制，对光学延迟装置的所有通道施加的调制意味着表示参考数据。注意，不一定必须在光通道的输出处施加参考相位调制。应该通过相位调制器元件适当地调制每个通道，但是这可以在输入、输出或沿光路的任何位置处实施。而且，每个光通道可以具有位于不同点的其参考相位调制器元件。使用集成光学元件来提供分离的光通道，每个光通道具有各自的相位调制器免去了与任何 SLM 精确对准的需要，并且提供芯片上的相关设备。

为了检测平面波前，并由此检测相关性，相关设备还优选地包括组合装置，用于在用于检测组合装置输出的光电检测器处使得对并行光学信号进行干涉测量耦合。如上所述，该设备一般布置为在输入数据与干涉数据之间存在相关的情况下，相位调制的组合效应将产生都同相的波前。在没有相关的情况下，所产生的波前将具有空间相位变化。组合装置导致波前的自我干涉。在波前都同相的情况下，它将相长干涉，以在检测器处提供高强度信号。但是在波前具有变化的空间相位的情况下，它将部分相消干涉，且光电检测器处的强度将更小。因此，可以使用光电检测器检测的光的强度作为相关的指示。

组合装置可以仅包括与并行光学数据信号光学对准的聚焦元件，且光电检测器可以是位于所述或每个聚焦元件的焦点处的点光电检测器。聚焦元件会将调制的波前聚焦到焦点 - 但是如上所述，聚焦度将取决于调制波前的平面性，即相位。平面波前将在理想情况完全聚焦于聚焦元件的焦点，而具有随机相位分布的波前在焦点将不聚焦。在相关的情况下，出射的波前是平面的，因此强聚焦于位于聚焦元件焦点处的“点”检测器。但是，如果波前不是平面的，并因此辐射不完全聚焦于焦点处，则一些辐射将不落在光电检测器

上。

或者，组合装置可以包括集成光学元件组合器，例如多模干涉组合器。如本领域技术人员将理解的，多模干涉（MMI）装置是使用多模波导来利用重新成像技术执行光束组合和/或分裂的公知装置。在此示例中，将多个光通道布置为具有规则间隔的输出作为对 MMI 组合器的输入，而 MMI 组合器在重新成像点处具有单个输出。每个光通道将在 MMI 装置内激发多模，它们将根据相对的相位而相长或相消干涉，以提供单个输出。然后光电检测器将设在输出波导的一端，同样接收到的光强度将指示相关度。

如上所述，在光电检测器处接收到的辐射强度指示波前的平面性，即相位相干性，并因此指示输入数据与参考数据之间的相关度。因此可以监控检测器的输出，并且例如相对于用作相关指示的某个预定级别的强度。优选地通过注入具有所需参考数据序列的数据信号来校准系统，而设置并存储该预定级别。该校准过程可以每隔一段时间重复，以校正性能上的小漂移，例如因随时间的温度变化所导致的小漂移。

因此该设备可以包括校准装置，用于输入已知与参考数据相关的数据并测量设备的输出。优选地，该校准装置在已知数据输入时监控光电检测器的输出，并基于该输出来设置用于识别相关的阈值，即强度级别。校准装置还可以调整响应于设备的相位漂移施加的参考相位调制。在使用相位调制 SLM 来提供参考相位调制的情况下，这可以通过更改所显示的参考相位模式的至少一部分来实现。在结合每个通道使用各个相位调制器的情况下，可以按需调整施加于任何通道的调制。

正如本文所使用的，术语“点光电检测器”取义为表示具有相对小检测区域或像素区域例如大约  $10\mu\text{m}^2$  的光电检测器。将被认识到，光电检测器应该足够小，以便强聚焦的光的强度明显不同于不强聚焦的光的强度，但是应该提供有用的检测区域。特征类似于具

有 12 GHz 带宽和  $25\mu\text{m}^2$  检测区域的新聚焦检测器 1577-A 或具有 45 GHz 带宽和  $12\mu\text{m}^2$  检测区域的新聚焦检测器 1011 的检测器都是适合的。

输出检测器的带宽应该不小于数据速率。如果接近于数据速率，则检测器将在一个数据位周期集成，这是方便的操作条件。

适合的聚焦装置可以是折射透镜布置，备选或附加地可以包括一个或多个衍射光学元件。在聚焦元件是衍射元件的情况下，在某些环境中可以通过例如添加二次相位函数来将其结合到在参考空间光学相位调制器上显示的模式中。方便地，虽然将整个几何形状布置为使聚焦元件在自身上或作为阵列的一部分包括适当设计的单个折射透镜，以将参考空间相位模式修改的波前聚焦。

当使用空间光学相位调制器来施加参考相位调制时，该调制器可以是能够以期望的方式调制光相位的任何装置。方便地为了能够以不同的参考相位模式进行更新，空间光学相位调制器包括相位调制空间光调制器 (SLM)。相位调制 SLM 在本领域中是公知的，并且如上所述之前已在光学相关器中使用了。但在本发明中，参考 SLM 只需偶尔更新，因此更新速率不限制操作速度。例如，在该设备正在询问大数据库时，将使用搜索项生成写入到参考 SLM 的参考数据空间相位模式。然后可以按非常高的数据速率从数据库读出数据。

但是注意，当参考模式是固定的时，即它不需要更新时，空间光学相位调制器可以是固定的模式，例如显示固定相位模式的蚀刻玻璃载片等。

如本领域技术人员将理解的，空间光学相位调制器可以透射或反射方式来操作，只要其上显示的模式与所生成的数据空间相位模式光学对准即可。

在大多数实施例中，可以有多于一个参考数据集要与输入数据流比较以检查相关。例如，可以有要搜索数据库来查找的几个搜索项。在优选地光学延迟装置生成多个完全相同的数据并行光学信号

的情况下，分别通过对应于不同参考数据集的不同参考相位调制来调制每个数据并行光学信号。

在通过在空间光学相位调制器上显示参考相位模式来执行参考相位调制的情况下，每个参考空间相位模式可以显示在单独的空间光学相位调制器上或单个空间光学相位调制器上，例如相位调制 SLM 可以显示多个参考模式。优选地，多个参考相位模式显示在 SLM 上。可以多种不同的方式实现将参考模式写入到 SLM。例如，在用于询问大数据库的应用中，可以在从数据库读出数据之前，输入搜索项，并将其转换成在 SLM 上显示的参考相位模式。在完成搜索之后，可以将新的参考模式写入到 SLM 中以便执行新的搜索。

但是在一些应用中，可能要在连续数据输入流期间修改搜索项。例如，可能要搜索例如股市数据的连续输入流以识别特定股票的交易，并且可能要更新将修改的交易列表。在此类情况下，中止数据流可能是不可行的，人们可能不想停止执行相对现有参考模式的相关。因此，优选地 SLM 布置为用多个输入空间相位数据模式照射，而无论是否显示有对应的参考模式。当添加搜索项时，可以将对应的参考模式写入到 SLM 的空白部分，并且一旦完成新参考模式，系统就可以开始识别该模式的相关。这不会中止输入数据流，并且不会中断现有模式的相关。可能有利的是，管理将参考模式写入到 SLM 以使 SLM 上通常有可以写入新参考模式的空白区域。这样能够通过将新参考模式写入到空白区域，然后从 SLM 的另一个部分删除不再需要的参考模式 - 由此重新创建空白区域，来更新参考模式

在相关设备包括具有各有不同延迟的多个不同光通道的光学延迟装置的情况下，该设备优选地包括布置为对通道的输出作用的光学复制布置。换言之，光学延迟布置将时间输入相位调制数据转换成空间数据相位模式，然后由光学复制布置将其复制。该布置使用单个光学延迟装置，然后将其输出复制，而无需光学延迟装置分别对每个数据相位模式的对应通道施加相同的延迟。

方便的光学复制布置是衍射光学布置，例如 Dammann 光栅，当然还可以使用其它适合的装置和用于生成输出通道的多个拷贝的装置组合。例如，此类装置还包括光纤分裂、和/或延迟、多个镜面和多个反射。在一些情况下，使一些复制的数据在不同延迟的时间呈现 SLM 上可能是有益的。

可以根据特定应用和设备的组件来选择参考模式和数据模式的空间布置。例如，如果参考模式是  $n$  位数字串表示，则可以将参考模式布置为不同相位区域的线性阵列。在还将所生成的数据模式布置为不同相位区域的线性阵列的情况下，两个模式光学对准。当结合透镜使用时，也将透镜适当地设计为将来自线性阵列的波前聚焦到一点。在一些此类情况下，优选的透镜布置可以通过在长尺寸上聚焦光并在窄尺寸上将其成像来最佳地照射检测器。但是可以不采用线性阵列，而是可以按任何选择的模式来布置  $n$  位的参考模式，例如可以将 40 位模式布置为  $8 \times 5$  的相位区域矩形阵列。在此情况下，透镜可以包括单个球面透镜，其孔径是矩形的，并覆盖  $8 \times 5$  的阵列区域。在多个参考的情况下，可以使用此类小透镜的阵列。适合的阵列形状包括线性、方形、矩形和六边形。

如上所述，数据空间相位模式的光学复制提供了几个不同搜索项的并行处理。光学复制意味着同时产生多个输入数据模式。再如上所述，SLM 上的参考模式无需快速更新。因此，能够以非常高的数据速率提供几个参考模式的并行相关是本发明的另一个关键优点，因为所有的电子数字处理都需要巨大量的处理能力来执行并行搜索。因此，可以将本发明视为这样一种相关设备：它包括用于显示多个不同参考空间相位模式的参考空间光学相位调制器，其与用于产生多个完全相同的数据空间相位模式的光学复制装置光学对准，其中每个数据空间相位模式复制时间输入数据流。

在由对光学延迟装置的不同光通道作用的多个相位调制器元件施加参考相位调制的情况下，该设备可以布置为使光学延迟装置具

有含增量延迟的第一组光通道和含相同增量延迟的第二组光通道，依此类推。对第一组光通道操作的相位调制器元件施加表示第一参考数据集的调制，且对第二组光通道操作的相位调制器元件施加表示第二参考数据集的调制，依此类推。

如上所述，使用集成光学元件提供本发明的特别有用的实施例，其稳健且小型，并与电信数据速率兼容。因此，在本发明的另一个方面中，提供一种相关设备，它包括：用于接收光学相位调制时间数据流的输入；用于将光学相位调制时间数据流分成至少第一组波导的分束器，其中该组中的每个波导具有不同的光程以便提供不同的增量光学延迟；以及用于将每组波导的输出干涉测量耦合到检测器的射束组合器，其中每个波导具有用于基于参考数据集来施加相位调制的关联的电光相位调制。分束器和/或射束组合器可以方便地包括 MMI 装置，并且波导可以是空芯波导。

在本发明的备选实施例中，光学延迟装置包括声光单元。声光单元包括介质，其折射率可以根据介质的声激励而改变。因此，可以通过该单元传输声波来修改其光学特性。因为声波在声介质中传播的速度相对较慢，所以可以将声波形施加到该单元，且声波形将以相对于光速的延迟传播通过其中。声波形形成施加于换能器的时间数据波形的空间拷贝。由此，随着时间的过去将空间模式写入到声单元。优选地，声单元包括声介质、用于基于输入数据流将声波通过声介质传输的换能器、以及将声波扩散到声介质远端的吸收器和/或其它装置。因此换能器将输入数据流写入到声单元，然后通过介质传播以最终被吸收。

由此将入射到声光单元上的光进行相位调制，且一个输出分量，在本领域中称为“Bragg 衍射光束”，获得空间数据相位模式。显示参考相位模式的空间光学相位调制器布置为与声光单元的此输出光学对准。由此通过参考和数据相位模式将优选地从稳定激光器发射的光进行调制。正如参考上文实施例描述的，当参考与数据模式之

间存在相关时，出射的波前可能是平面的，并且可以使用具有点光电检测器的透镜布置检测。

声光单元提供将时间输入数据转换成空间数据相位模式的简单方式。但是，因包括换能器的有限带宽和高频处声传播损耗的多种因素，声光单元被限制在它可操作于 1Gb/s 或更小输入数据速率的速度上，因此此实施例不优选用于非常高的输入数据速率。但是可以在采用多通道声“Bragg”单元的更复杂布置中增大处理速率。相似地，存在备选配置，其中声 Bragg 单元与参考相位调制器的次序调换。

在本发明的另一个方面，提供有一种将输入数据与参考数据相关的方法，包括如下步骤：获取时间相位调制光学信号，其中相位调制表示输入数据；将时间相位调制光学信号转换成具有表示输入数据的相位调制的至少一个并行数据光学信号；用表示参考数据的相位调制来调制所述至少一个并行数据光学信号；干涉测量耦合通过参考调制修改的所述或每个光学数据信号，并将其引导到检测器上；并使用检测器输出作为输入数据和参考数据之间的相关指示。

该方法具有上文参考本发明第一方面描述的所有优点，并提供适于将数据与非常高的输入数据速率相关的相关过程。

优选地，将时间相位调制光学信号转换成至少一个并行数据光学信号的步骤包括如下步骤：将时间相位调制光学信号输入到具有多个通道的光学延迟装置，每个通道产生输入相位调制光学信号的拷贝，并且各具有不同的延迟，其中在连续延迟的通道中施加的延迟按恒定量变化，并由输出通道形成光学数据信号。方便地，时间相位调制光学信号是比特率等于光学延迟装置的连续通道中延迟变化的量的二进制数字相位信号。

该方法还可以包括如下初始校准步骤：用已知与参考数据相关的输入数据执行相关，并测量关联的检测器的输出，并使用该输出设置阈值级别，并且可以周期性地重复该校准步骤。方便地，使用校准步骤期间的检测器输出来保持当前阈值级别，调整阈值级别，

或指示需要将系统的相位状态复位。

当光学相位调制器包括模拟空间光调制器 (SLM) 时, 该方法可以周期性地调整在 SLM 上显示的适合参考空间相位模式的至少一部分的相位, 以补偿入射到 SLM 上此点处的辐射中的相位漂移。

本发明有效地将输入时间数据转换成空间相位模式, 并且还产生参考相位模式。可以将参考相位调制视为在 SLM 上显示为相位调制模式的模式, 或几个独立相位调制器对单独光波导作用的结果的模式。根据这两种模式产生最终的组合相位模式, 它指示输入数据与参考之间是否存在相关。因此在本发明的另一个方面, 提供一种相关设备, 它包括用于生成至少一个参考空间相位模式的空间光学相位调制器, 其与用于生成至少一个数据空间相位模式的装置光学对准, 其中该数据空间相位模式复制时间输入数据流。

现在将参考如下附图仅以示例方式描述本发明, 其中:

- 图 1 示出根据本发明的相关设备的示意图;
- 图 2 示出图 1 设备的侧面示意图;
- 图 3 示出本发明的一个不同实施例的示意图; 以及
- 图 4 示出在集成光学元件中实现的本发明的实施例。

图 1 示出根据本发明第一方面的相关设备。例如通过光纤电缆接收的输入数据流 2 包括光学二进制幅度调制数字信号, 即每位数据由某个持续时间 (位周期) 的两个光强度级别之一表示。此类光学数字数据传送在电信中是常见的, 并且可以使用每秒 10 千兆位或每秒 40 千兆位的数据传送速率, 而在将来可能使用更高的速率。此类数据传送速率可能对于现有模式识别相关器来说太快, 尤其是在需要它们同时识别许多不同参考模式的情况下。

输入数据流入射在非常高速的光电检测器 4 上, 光电检测器 4 能够以高数据速率操作。光电检测器 4 检测转换成具有相同数据速

率的电数据信号的入射辐射的强度级别。

光电检测器 4 的电输出在适当放大和可能锐化之后，用于控制相位调制器 6。相位调制器 6 调制连续波稳定激光器 8 的输出，并响应于输入数据流给予二进制相位调制。可以使用二极管泵激 YAG 激光器作为激光器，在相位调制之前通过掺铒光纤放大器 10 将输出放大，当然也可以执行调制之后的放大，只要放大器保持正确的相位模式即可。激光器操作的波长必须是适当相位调制器、SLM 和光电检测器以必需的速度可用的波长。目前电信波长可以是有用的，因为快速组件是容易得到的，即可使用  $1.55\mu\text{m}$  或  $1.3\mu\text{m}$  的波长，当然  $1.55\mu\text{m}$  是优选的，因为它是较长的波长。正如本领域技术人员将认识到的，较长的波长可以减少各种变化对系统的影响，有效地增大了系统的容错性。而且对于特定激光器输出功率，较长的波长意味着产生更多的光子（假定每个光子的能量与频率成比例），这在检测器处导致更大的电输出。当然还可能期望在假定存在适当组件的一些情况下仍使用较长的波长，当然需要频率足够高以便能够以该数据速率进行幅度调制。

然后由分束器 12 将相位调制的位流分成  $N$  路，并输入到  $N$  个不同光纤延迟线  $14_1 - 14_N$ 。每个延迟线具有不同的延迟，其中延迟从一个延迟线到下一个延迟线按时间  $t$  增大，时间  $t$  等于输入数据流的位持续时间。因此，第一延迟线  $14_1$  引入某个延迟  $T$ ，第二延迟线引入  $T+t$  的延迟，第三延迟线引入  $T+2t$  的延迟，并依此类推，第  $N$  个延迟线具有  $T+(N-1)t$  的延迟。

假定每个延迟线之间的增量延迟等于输入数据的位持续时间，则第一延迟线的输出将是第一位，第二延迟线的输出将是前一个位，第三延迟线的输出将是前一个位之前的位，并依此类推。因此，延迟线  $14_1$  至  $14_N$  的输出表示输入数据流的最后  $N$  位。

显然，将延迟线的相对延迟与输入数据的比特率匹配需要知道该数据的比特率。在大多数应用中，输入数据比特率将是已知的，

或可能可以控制，由此可以相应地设计该设备。但是在一些情况下，预先知道比特率是不可能的。在此类情况下，该设备可以暂时存储输入的数据，然后按需要的比特率将其读出到相位调制器，即与延迟线上的增量延迟匹配。

参考图 2，其中示出图 1 所示设备的侧视图，由小透镜阵列 28 将延迟线的输出准直，然后由 Dammann 光栅复制器 16 复制它们。因为延迟线  $14_1 - 14_N$  是光纤，所以输出实质上是点光源。因此将来自所有延迟线的输出准直以形成波前。然后将该波前传递到 SLM。可以在通过 Dammann 光栅复制波前之前施加准直，如图 1 和图 2 所示，或在备选布置中，可以复制延迟线的点光源输出，然后由邻近 SLM 的小透镜阵列将其准直。

Dammann 光栅复制器是衍射光学布置，它提供复制和复制的输入光学信号的空间分离。实际上，从延迟线  $14_1$  至  $14_N$  输出并由小透镜阵列 28 准直的数据空间相位模式被复制多次，以产生多个空间上分离的数据相位模式。

然后复制的数据相位波前入射到显示多个参考相位模式的相位调制空间光调制器 (SLM) 18 上，以便将在 SLM 18 上显示的每个参考相位模式用数据相位模式 (即光学延迟线的复制输出之一) 照射。一般来说，SLM 的每个分离的可寻址区域，即每个像素，用于表示参考相位模式的不同位。显然，然后应该将复制的数据相位模式布置为使数据相位模式的每个位照射 SLM 的单个像素。换言之，应该将延迟线的输出布置为在准直和复制之后，准直的光束的间距与 SLM 像素的间距匹配。这可能需要一定程度的放大或缩小。典型的 SLM 往往具有约  $30\mu\text{m}$  的间距。

如图 1 和图 2 所示，延迟线的输出是  $N$  位的线性阵列，然后将其复制成一系列的线性阵列。在此情况下，参考模式将在 SLM 上显示为线性阵列。在此情况下，小透镜 20 可以是拉长的和变形的，当然还有各种选择用于复杂的小透镜阵列。但是还可以根据方便使用

其它空间布置。例如，可以将延迟线的输出分组为二维阵列，然后由 Dammann 光栅将其复制，并且以相同的阵列格式布置参考模式。例如，如果此类二维阵列是正方形或近似正方形，则小透镜阵列 20 可以包括具有匹配孔径的简单球面小透镜。

注意图示的 SLM 是透射型 SLM，但是也可以使用反射型 SLM。

如果 SLM 18 的一个区域上的相位模式，即对应于特定参考相位模式的区域，是输入的复制数据模式的共轭，则从 SLM 出射的光是平面波，并由小透镜阵列 20 聚焦到点光电检测器 22 上。如果该相位模式与参考模式没有紧密匹配，则从 SLM 该部分出射的光波前不是平面的，并且不会被强聚焦在点检测器 22 上。因此，在紧密匹配的情况下，检测到的强度较大，并且可以使用在点检测器处检测到的光强度来指示相关。可以筛选输出检测器阵列的各个检测器，以便将杂散光的照射减至最小。

注意，使用二进制相位调制，实际上如果入射到 SLM 上的光模式的所有位的相位相对于用于生成参考的模式反转，即所有  $0^\circ$  相位变成  $180^\circ$  相位，且反之亦然，将存在假匹配。在一些情况下，这可能仅仅是稍微不方便，因为可以数字方式从容地检验输入数据的该部分的延迟版本，以验证匹配或不匹配。但是，在其它情况下，期望在光源处消除不期望的匹配，本文描述一种此类装置。为了在这两种情况之间相区别，即具有相反的光学相位但是相同的幅度和强度，可以将具有已知固定相位的一个或多个附加位添加到该模式中，其中将 SLM 上的对应位设为提供与所需输出同相的输出，但是与反转的输出异相。因此，在反转的情况下来自参考模式的包含附加位的波前现在不再是平面的，而所需模式的波前是平面的。因此，所需模式提供更大的检测器输出。

再次参考图 1，通过附加数据线 24 添加附加位。

此附加的信号线可以具有下文论述的另一种用途，因为它向每个参考相位模式提供恒定的共用相位参考。

因此，SLM 18 上的参考相位模式的每个区域具有小透镜阵列 20 中的适当小透镜，以将来自该区域的光聚焦到点检测器 22 之一。小透镜阵列的小透镜的形状和配置将由 SLM 18 上的参考模式的形状和配置来确定。因此，正方形阵列模式等可以是优选的，因为可以使用常规的二维小透镜阵列。但是可以由衍射光学元件来替代小透镜阵列或对其补充以聚焦波前，而在一些情况下，SLM 可以配置为与参考数据模式组合来引入聚焦衍射模式。

显然，通过设备保持相位稳定性是重要的，因此优选地使用相位稳定的组件。如上所述，激光器优选地是稳定的激光器，但是还可以通过任何数量的公知激光器稳定技术来稳定激光器。光学延迟线优选地使用温度稳定光纤来将相位漂移减至最小，由此可能将整个装置保持在恒定温度。如果 SLM 是无相位调整的二进制相位设备，则需要采用针对光学延迟线延迟的激光器频率（或反之亦然），以便例如所有延迟线具有整数的光波长，因为最终所需的相关函数通过光学相位来操作。存在各种装置用于将稳定激光器的绝对频率锁定到例如光纤延迟线 - 例如可使用国际专利申请 WO 00/17613（其内容通过引用结合于本文）中描述的技术来提供所需的稳定激光器。

但是一些相位漂移是可能的，因此期望采用精确调整系统。实现此目的的一个优选方式是使用模拟相位 SLM 作为 SLM 18，例如 Meadowlark Shapeshifter SLM。模拟相位 SLM 可以提供所需的任何相位调制，因此例如如果在任何像素处输入信号的相位漂移，则可以调整该像素处由模拟 SLM 采用的两个相位调制状态来予以补偿。

可以通过周期性校准过程来检测系统的漂移，其中将已知的参考信号作为输入数据注入。可以通过将已知的参考模式作为输入数据输入来确定初始阈值级别。这将导致与适当参考模式的相关，并将在对应的点检测器 22 处产生最大输出。可以使用已知相关时的此输出来建立该参考模式的相关的阈值级别。周期性地输入已知参考模式可以提供系统中漂移的指示。如果漂移小，则可能完全没有必

要修改设备，或者可能稍微调整阈值级别就足够了。但是，如果阈值级别从它们的峰值起始值下降太多，则这指示不可接受的漂移和性能上的严重下降，由此将需要校正。为了校正漂移，模拟相位 SLM 尤其有用，因为可以使用它来抵消系统中的所有误差，并允许使用任意固定频率的激光器。

如下是用于设置 SLM 相位状态的可能过程。强度调制器（未示出）以低重复率将单个位发送到系统。每个检测器的输出随着时间的过去则将是一系列电压电平，它们指示（a）由线 24 提供的连续运行的附加位的相对相位状态和（b）通过延迟线和 SLM 像素的单个输入位的相对相位状态。通过调整每个 SLM 像素以将这些各个电压最大化，可以使包括“参考”像素的所有像素为参考相位状态的每个阵列内的共用相位。从此理想点来说，可以将 SLM 设为参考所需的期望二进制相位状态。

数据空间相位模式和对应的参考数据相位模式中的位数将取决于使用相关器的应用。显然，模式中的数据位越多，需要的延迟线也就越多，系统对各个误码的敏感性越低。但是假定随着时间的过去显示整个输入数据流，通过查找不同部分参考模式来拆分较长的搜索可能更容易。例如，假设输入数据对应于来自多个文档的文本，系统要检测词 IDENTIFIED 的实例。可形成两个单独的参考模式 - 一个对应于 IDENT 而另一个对应于 IFIED。IDENT 的任何实例产生疑似 IFIED 实例的相关。但是为了拒绝误肯定，处理仅在 IDENT 的相关的实例之后已知时间后是 IFIED 的相关时，才报告匹配。

注意，通过在 SLM 上包括一些备用像素，可以在系统操作的同时用新参考模式更新 SLM，所以无需停止相关来添加新搜索项。相似地，可以在操作期间删除不再需要的参考模式。这可能特别适用于相关器运行在无法中止的连续数据输入馈送，并且添加新搜索项不应该停止在 SLM 上已经显示的参考模式的连续相关时。

40 位至 50 位之间的数据模式可以是有用的大小。使用 50 位和

512 × 512 像素 (每个像素表示一个位) 的相位调制 SLM, 可以在 SLM 上显示高达 5000 个参考模式, 取决于单独的参考模式之间间隔的量。

因此本发明的此实施例提供能够以非常高数据速率工作的快速且简单的模式识别相关器。该相关器能够与输入数据的到达一样快地工作。此时目前的数据速率往往在每秒约 2.5 千兆位, 但是该行业正在向每秒 10 千兆位发展, 并且可能有望达到每秒 40 千兆位或更高。在一些方面中, 更高的数据速率减少了漂移的问题, 因为延迟线变得更短, 由此光学相位的漂移 (例如因温度所致) 变得更小。

上文描述的实施例使用不同长度的光纤光学延迟线, 但是可以使用许多其它组件来实现递增延迟的输出。例如, 在光路长度在不同输出通道之间的差很小的情况下, 集成光学元件尤其适用于更高比特率, 并且此介质允许选择输出间隔以与系统要求匹配, 即可以固有地将输出的间距与 SLM 上像素的间距匹配。集成光学延迟线可以在例如玻璃、铌酸锂或砷化镓的材料中形成, 当然砷化镓在创建弯曲延迟线中具有挠性方面的优点。当使用例如铌酸锂或砷化镓的材料时, 还可以在衬底上提供电极, 并且通过施加电压来更改波导的折射率。这是一些商业相位调制器的基础, 并可允许对通过各个延迟线的信号相位进行精确控制。还可以使用在例如玻璃板内使用例如多个反射的大块光学系统作为光学延迟。下文参考图 4 更详细地描述在集成光学元件中实施的本发明的实施例。

本发明具有对任何领域的模式识别的应用, 并且输入数据流可以从数据库输出的, 或可以是来自数据捕获设备的现场馈送。但是本发明的此实施例在使用高输入数据速率和/或有大量数据要搜索的情况下具有特别的应用。一个领域是高速大数据库搜索, 例如因特网搜索或识别条形码等, 其中可以沿高速数据链路将数据向下传送到本发明的相关设备。

另一个需要搜索巨大量的数据的领域是基因数据库, 其中可能期望搜索非常大的基因序列, 以查找一个或多个特定的碱基序列。

还可使用本发明来检查相关的非实例。例如要在例如金融部门中生成唯一代码的随机码发生器可能要检查该代码确实是唯一的，因此会搜索数据库查询所有发放的代码以查看是否先前已发放过。

图 3 示出本发明的第二实施例，其中与图 1 所示的相似组件附有相同的参考数字。这里用声光单元 30 替代图 1 的光学延迟装置。在此实施例中，激光器 8 首先用未调制的光照射携带数据相位模式的声光单元 30。因此，单元 30 将相位调制施加到波前，然后由复制器 16 复制该波前，之后将复制的波前入射到 SLM 18 上。

单元 30 包括响应声激励改变光学特征的声介质。换能器 32 响应输入数据将适合的声信号传输到介质，以便产生相位调制。输入数据随时间变化，因此换能器改变调制，并由此将声波形传输到介质，声波形传播通过单元，之后被吸收器吸收。随着声信号传播通过介质，单元显示调制入射辐射的空间数据相位模式（变化的折射率）。如上所述，当声光单元上显示的模式与 SLM 上显示的模式共轭时，所产生的波前是平面的，并被透镜 20 聚焦在检测器 22 上。

因此本发明的第二实施例还提供一种执行模式识别的简单方式，但是寻址 AO 单元中的限制意味着它无法如上述实施例那样高的数据速率进行处理。

如上所述，在集成光学元件环境中实施本发明，即在与电光器件一起的衬底中集成地形成的波导中，是有优势的。图 4 示出在集成光学元件中实施的本发明实施例。

由快速相位调制器 6 基于输入数据信号 40 用二进制相位对幅度调制的激光器 8 进行相位调制。输入数据 40 是数字电信号，但可以从幅度调制的光学信号转换而来，如上文参考图 1 描述的。从快速相位调制器 6 的输出是时间二进制相位调制光学信号。

这经由输入波导 42 传递到 1-N MMI 分裂器 44。MMI 分裂器 44 是多模干涉设备，它具有输入波导 42、多模波导区域和 N 个输出波导 46a...d（为了易于参考示出了四个，但是在工作设备中输出通道

的数量可以更高)。输入光学信号激励 MMI 设备中的多个模, 其中将 MMI 设备尺寸设为使输入的拷贝在每个输出波导 46a..d 重新成像。这种特性的 MMI 分裂器在本领域是公知的, 参见例如美国专利 US 5,410,625, 其中描述了如何使用此类 MMI 设备来作为分束器和组合器使用。US 5,410,625 的内容通过引用结合于本文, 具体来说从第 5 栏 64 行到第 6 栏 54 行以及从第 17 栏 66 行到第 19 栏 19 行。国际专利申请 WO 03/065088 还描述了适合的 MMI 分裂器和组合器。

波导 46a..d 由任何方便的材料制成, 例如砷化镓, 或可以是在例如硅的半导体材料中形成的自由空间波导。

提供了幅度调制控制 48 以实现强度匹配, 以确保最优性能。

每个波导具有不同的长度, 以便与上文描述的不同长度光纤相似的方式提供不同的增量延迟长度, 其中从一个波导到下一个波导的延迟增量等于输入数据的位时间。本领域技术人员将知道如何构造不同长度的波导, 例如通过引入附加的匝数 54b..d。因此波导将时间输入信号转换成输出处的并行光学数据信号。

但是每个波导 46a..d 具有由相位调制器控制器 52 控制的关联的相位调制器 50a..d。相位调制器控制器控制施加到每个波导的二进制相位调制, 并对特定参考数据串施加适合的相位调制。对于上文提及的这些实施例, 一般来说所施加的相位调制应该是期望数据的相位调制的反相。

可以在延迟线中的任何点施加参考相位调制。如图 4 所示, 无需将相位调制器对准, 并且对特定波导的延迟可以在相位调制器之前或之后施加, 或前后都施加。这是因为不按输入数据速率更新参考数据, 并且因此在延迟时间期间参考数据和施加到每个通道的适当相位调制实质上是恒定的。但是如果更快速地更新参考相位调制, 则确保相位调制器定位在延迟线的端部以确保将正确的相位调制施加到正确的输入数据可能是有利的。

每个波导具有自己的相位调制器意味着无需将光学延迟装置的输出与 SLM 对准，如上所述。而且对各个通道的任何精确控制也容易实现。

相位调制器是集成电光调制器，例如本领域技术人员熟悉的。

波导 46a..d 的输出构成对 MMI N-1 组合器 56 的输入。MMI 组合器将波导的输出耦合到来自组合器的单个输出，其馈送到光电检测器 58。在对 MMI 组合器的所有输入是同相的情况下，信号相长相加，而相位失配的情况下导致相消耦合。因此可以使用检测器上的强度作为相关的指示，如上所述。

注意，可以使用一系列的光学分裂器和组合器来创建光通道。例如，相位调制的时间信号可以传递到第一 1 至 6 路 MMI 分裂器。然后将六个输出波导的每一个输入到另外的 1 至 6 路分裂器，其中各具有关联的一组 6 个波导。这样产生 36 个不同的光通道。还可以将不同的延迟构建在共用波导的部分中。例如，从第一分裂器到第二分裂器的前六个波导可以相对彼此按  $0$ 、 $6t$ 、 $12t$ 、 $18t$ 、 $24t$  和  $30t$  的延迟递增地延迟。然后 6 组次级波导的每一组可以具有  $0$ 、 $t$ 、 $2t$ 、 $3t$ 、 $4t$  和  $5t$  的增量延迟。因此，在增量延迟为  $0$  的第一组中传递到波导的信号被分成增量延迟分别为  $0$ 、 $t$ 、 $2t$ 、 $3t$ 、 $4t$  和  $5t$  的 6 个次级波导。然后将分到延迟为  $6t$  的第一组中的波导中的信号分成 6 个次级波导，以提供具有最终延迟  $6t$ 、 $7t$ 、 $8t$ 、 $9t$ 、 $10t$  和  $11t$  的 6 个信号。由此，36 个通道的每一个具有不同的延迟长度，并且部分波导与其它光通道是共用的。这可以减少所需通道的数量，并允许使用多个分裂器。显然，当光通道以此方式分路时，需要将参考相位调制施加到每个单独的波导部分，而不是施加到任何共用的波导。

在将信号组合时，可使用相似的方法或使用单个较大的组合器。

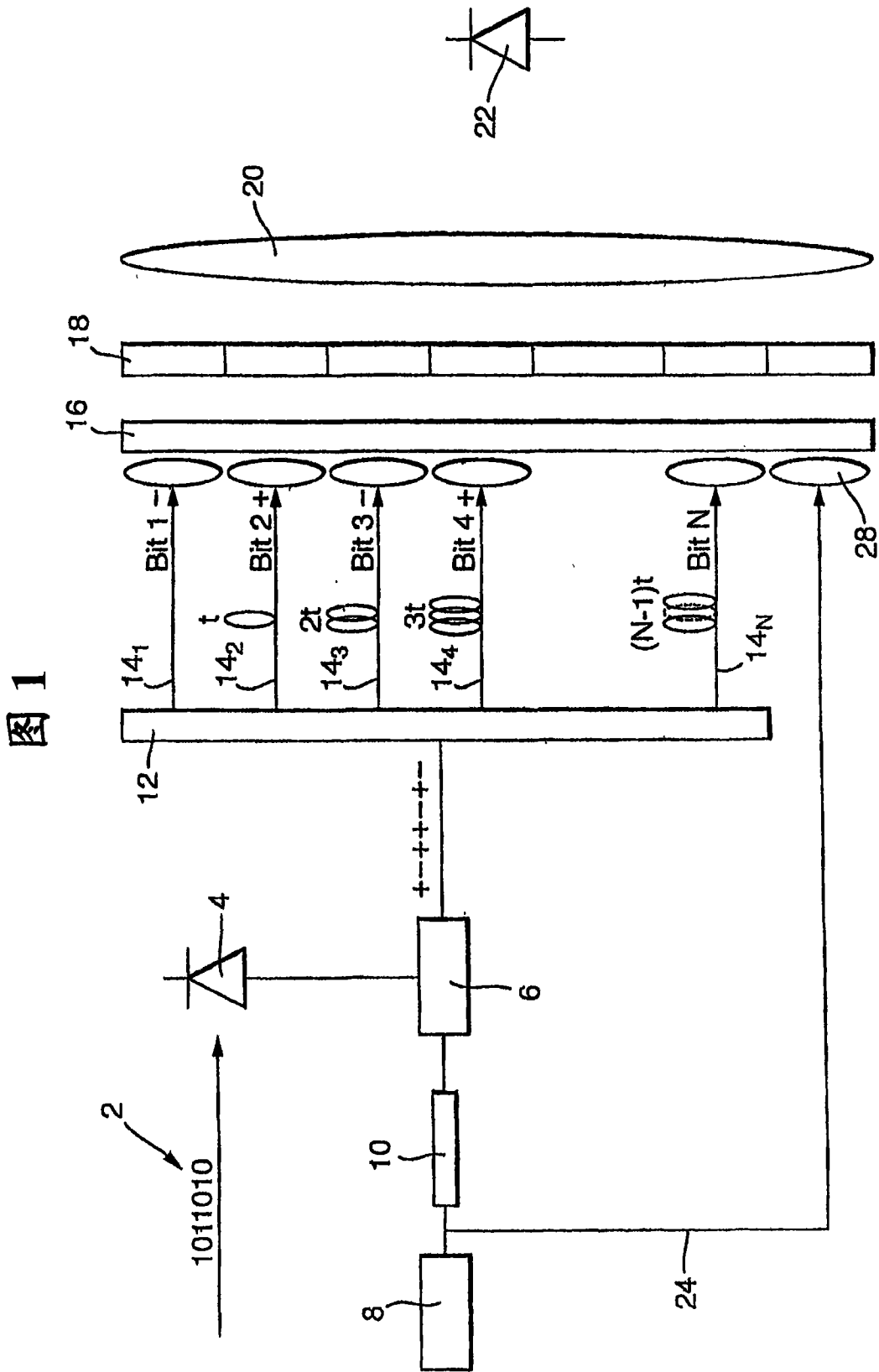
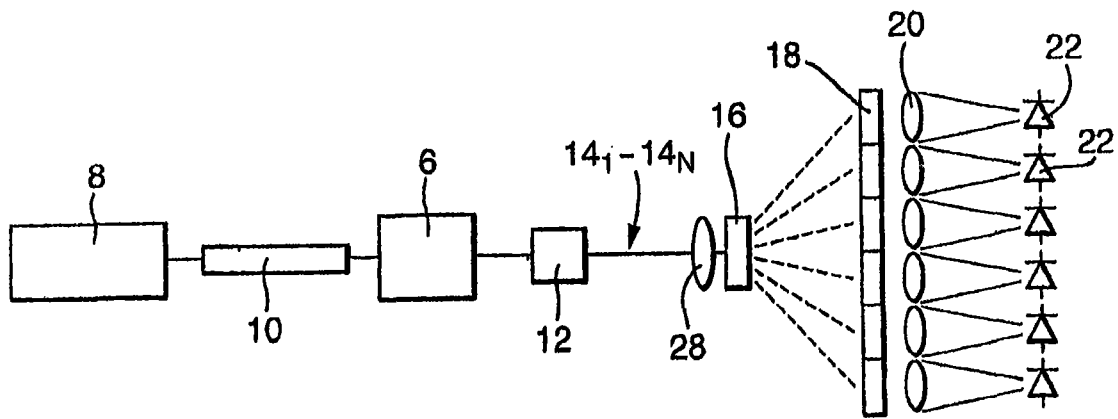


图 2



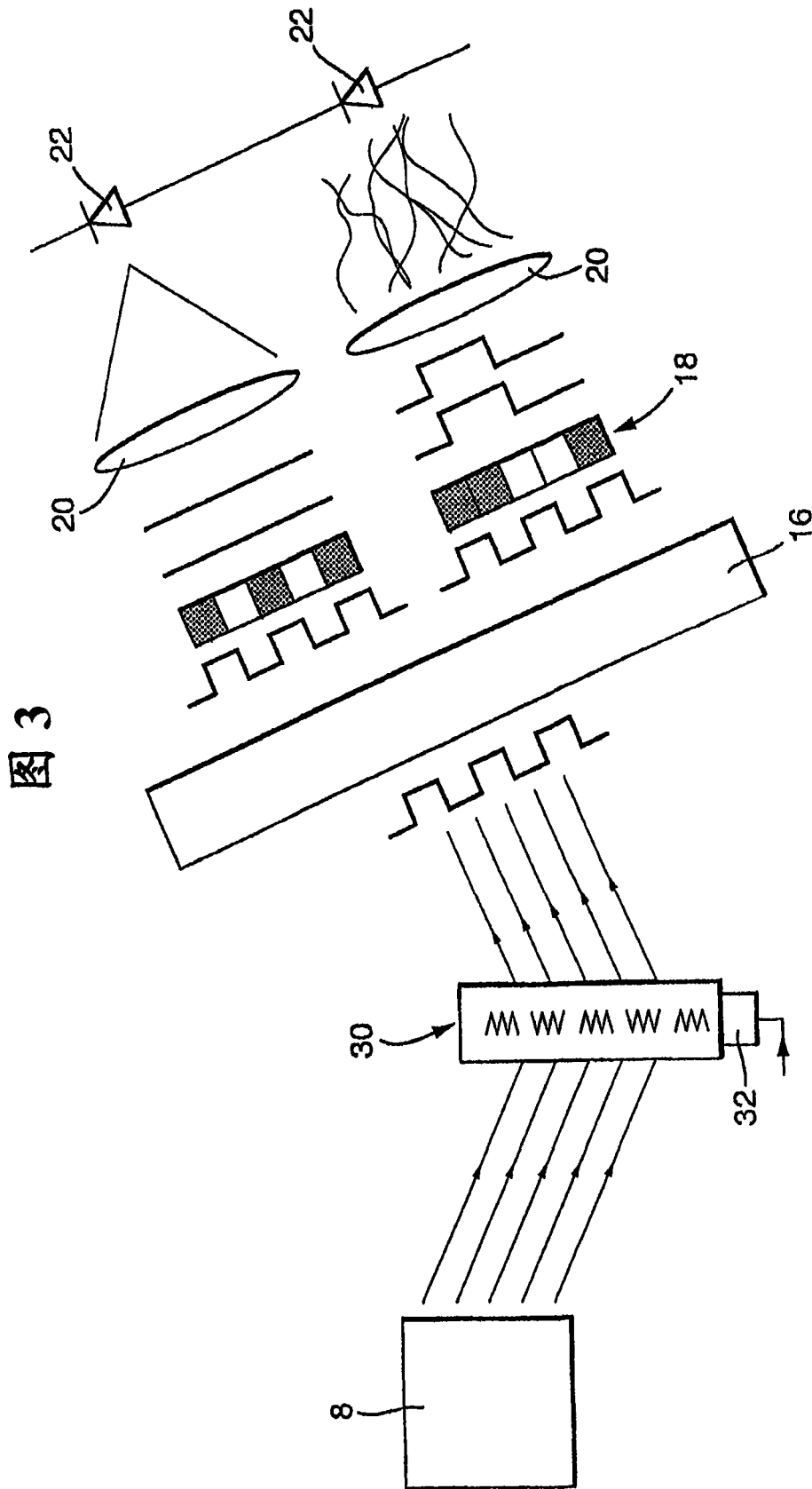


图 3

图 4

