



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102034496 B

(45) 授权公告日 2013. 01. 02

(21) 申请号 201010509035. X

CN 1909076 A, 2007. 02. 07, 全文.

(22) 申请日 2010. 09. 29

WO 2006/093196 A1, 2006. 09. 08, 全文.

(30) 优先权数据

审查员 马毓昭

2009-230160 2009. 10. 02 JP

(73) 专利权人 日立民用电子株式会社

地址 日本东京都

(72) 发明人 三上秀治 渡边康一 宫本治一

(74) 专利代理机构 北京银龙知识产权代理有限公司 11243

代理人 许静

(51) Int. Cl.

G11B 7/0065 (2006. 01)

(56) 对比文件

CN 1815578 A, 2006. 08. 09, 全文.

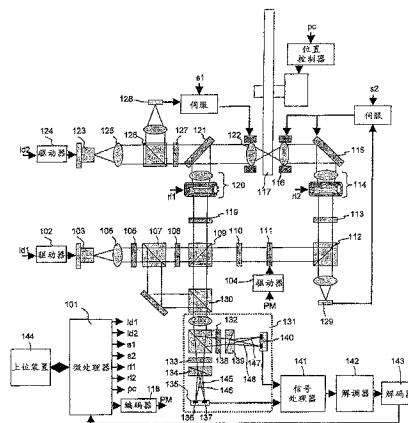
权利要求书 2 页 说明书 18 页 附图 21 页

(54) 发明名称

光信息记录再生装置

(57) 摘要

多值记录有利于今后光盘的大容量化和高速化,但在现有技术中,随着多值度增大 S/N 比不足,成为限制多值度的重要因素。本发明提供一种光信息记录再生装置,其使两个光束相向地汇聚在光信息记录介质中的同一部位,记录通过所述两个光束的干涉而产生的驻波,通过对所述两个光束中的一方或双方的相位进行调制的相位调制单元,在光信息记录介质上记录相位信息,使通过在所述光信息记录介质上照射所述两个光束中的某一方而生成的再生光,与从所述光源生成的再生用参考光干涉,同时地生成干涉的相位互不相同的 3 个以上的干涉光;检测所述 3 个以上的干涉光,根据检测器的输出,对通过所述相位调制单元进行的相位调制进行解调。



1. 一种光信息记录再生装置,使两个光束相向地汇聚在光信息记录介质中的同一部位,记录通过所述两个光束的干涉而产生的驻波,其特征在于,具备:

相位调制单元,用多值来调制所述两个光束中的至少一方的相位;

干涉光学系统,使通过在所述光信息记录介质上照射所述两个光束的某一方而生成的再生光,与从光源生成的再生用参考光干涉,同时地生成干涉的相位互不相同的 3 个以上的干涉光;

检测器,检测所述 3 个以上的干涉光;以及

解调器,根据所述检测器的输出,对通过所述相位调制单元进行的相位调制进行解调。

2. 根据权利要求 1 所述的光信息记录再生装置,其特征在于,

对通过所述相位调制单元调制的相位进行差分编码。

3. 根据权利要求 1 所述的光信息记录再生装置,其特征在于,所述干涉光为 4 个。

4. 根据权利要求 3 所述的光信息记录再生装置,其特征在于,

所述 4 个干涉光的干涉的相位大体互相各相差 90 度,通过电流差动型的差动检测器检测相位大体相差 180 度的干涉光的对。

5. 根据权利要求 1 所述的光信息记录再生装置,其特征在于,

所述光源脉冲状地发光,在所述光源发光的时间,所述相位调制单元驱动恒定的相位,在所述光源不发光的时间,所述相位调制单元切换驱动相位。

6. 根据权利要求 1 所述的光信息记录再生装置,其特征在于,

具备:

对所述两个光束的双方或者某一方的光路长度进行调整的第一光路长度调整机构;以及

对所述再生光和所述再生用参考光的双方或者某一方的光路长度进行调整的第二光路长度调整机构。

7. 根据权利要求 6 所述的光信息记录再生装置,其特征在于,

所述第一光路长度调整机构和所述第二光路长度调整机构是同一光路长度调整机构。

8. 根据权利要求 1 所述的光信息记录再生装置,其特征在于,

所述再生用参考光是所述两个光束中的不用于生成再生光的光束。

9. 根据权利要求 1 所述的光信息记录再生装置,其特征在于,

所述再生用参考光是所述两个光束中的用于生成再生光的光束。

10. 一种光信息记录再生装置,使两个光束相向地汇聚在光信息记录介质中的同一部位,记录通过所述两个光束的干涉而产生的驻波,其特征在于,具备:

复数振幅调制单元,对所述两个光束中的至少一方的光电场的复数振幅进行调制;

干涉光学系统,使通过在所述光信息记录介质上照射所述两个光束的某一方而生成的再生光,与从光源生成的再生用参考光干涉,同时地生成干涉的相位互不相同的 3 个以上的干涉光;

检测器,检测所述 3 个以上的干涉光;以及

解调器,根据所述检测器的输出,对通过所述复数振幅调制单元进行的复数振幅调制进行解调。

11. 根据权利要求 10 所述的光信息记录再生装置,其特征在于,

所述复数振幅调制单元由强度调制单元和相位调制单元组成,所述强度调制单元调制光源的发光强度。

12. 根据权利要求 10 所述的光信息记录再生装置,其特征在于,
所述复数振幅调制单元是单一的相位调制单元。

13. 根据权利要求 11 所述的光信息记录再生装置,其特征在于,
对通过所述相位调制单元调制的相位进行差分编码。

14. 根据权利要求 10 所述的光信息记录再生装置,其特征在于,所述干涉光为 4 个。

15. 根据权利要求 14 所述的光信息记录再生装置,其特征在于,
所述 4 个干涉光的干涉的相位大体互相各相差 90 度,通过电流差动型的差动检测器检测相位大体相差 180 度的干涉光的对。

16. 根据权利要求 10 所述的光信息记录再生装置,其特征在于,
所述光源脉冲状地发光,在所述光源发光的时间,所述相位调制单元驱动恒定的相位,在所述光源不发光的时间,所述相位调制单元切换驱动相位。

17. 根据权利要求 10 所述的光信息记录再生装置,其特征在于,
具备:对所述两个光束的双方或者某一方的光路长度进行调整的第一光路长度调整机构;以及

对所述再生光和所述再生用参考光的双方或者某一方的光路长度进行调整的第二光路长度调整机构。

18. 根据权利要求 17 所述的光信息记录再生装置,其特征在于,
所述第一光路长度调整机构和所述第二光路长度调整机构是同一光路长度调整机构。

19. 根据权利要求 10 所述的光信息记录再生装置,其特征在于,
所述再生用参考光是所述两个光束中的不用于生成再生光的光束。

20. 根据权利要求 10 所述的光信息记录再生装置,其特征在于,
所述再生用参考光是所述两个光束中的用于生成再生光的光束。

21. 一种信息再生装置,其特征在于,具备:
光源;

干涉光学系统,使通过相向地会聚在光信息记录介质中的同一部位的两个光束中的某一方而生成的再生光,与从所述光源生成的再生用参考光干涉,同时地生成干涉的相位互不相同的 3 个以上的干涉光;

检测器,其检测所述 3 个以上的干涉光;以及

解调器,其根据所述检测器的输出,解调再生光的相位。

22. 根据权利要求 21 所述的信息再生装置,其特征在于,
所述干涉光为 4 个,所述 4 个干涉光的干涉的相位互相各大体相差 90 度,通过电流差动型的差动检测器检测相位大体相差 180 度的一对干涉光。

光信息记录再生装置

技术领域

[0001] 本发明涉及光盘装置的再生信号的高 S/N 化。

背景技术

[0002] 光盘,随着蓝色半导体激光器和使用高 NA 物镜的蓝光光盘的产品化,光学系统的分辨率几乎达到了极限。作为同时实现更大容量和数据传输速度的高速化的方法,多值记录有利于实现上述目的。作为与多值记录相关的技术,例如在专利文献 1、专利文献 2、专利文献 3、专利文献 4、专利文献 5、专利文献 6、专利文献 7 等中进行了记载。

[0003] 在专利文献 1、专利文献 2、专利文献 3、专利文献 4、专利文献 5 中,提供对应于向记录介质照射的记录光的功率,记录标记的反射率连续变化的介质,由此能够通过多值电平进行记录。在专利文献 6 中,提供了通过调制预定的小区域内的记录标记的长度和位置,进行基于反射光量分布图形的多值记录的方式。

[0004] 另一方面,在专利文献 7 中,在记录页数据的全息存储器中,对信息光的相位进行多值记录,由此实现了记录容量的增大。使用图 20 说明其概要。首先,在记录数据时,通过空间光调制器 2002 对从光源 2001 射出的激光进行调制,将其输入到记录介质 2003,由此记录信息。在此,空间光调制器 2002 如图 21(a) 那样由大量像素组成,其中,对于通过中心部分的光针对各像素进行相位调制,形成信息光。(图中的白色部分表示相位 0,灰色部分表示与颜色的浓度对应的相位调制,黑色部分表示透过率 0。)对于通过周边部分的光不进行调制或者进行适当的相位调制,形成参考光。此时,将信息光和参考光的干涉图形记录在记录介质 2003 中。接着,当再生时,在空间光调制器 2002 中如图 21(b) 那样在空间光调制器的中心部分不进行调制地形成 DC 光,关于周边部分实施与记录时相同的调制,对记录介质照射通过各个部分的激光。于是,通过参考光的照射生成信息光,在其上重叠了 DC 光的状态的光通过图像传感器 2004 检测。此时,检测出的光是信息光和 DC 光发生干涉后的光,信息光的各像素接受与各自的相位对应的强度调制,被检测出。并且,通过空间光调制器 2002 使上述 DC 光的相位一样地变化,进行同样的测定。于是,信息光的各像素中的与 DC 光的相位关系变化,因此通过图像传感器检测出不同的强度图形的光。这样,通过得到使 DC 光的相位为 0 、 $\pi/2$ 、 π 、 $3\pi/2$ 的 4 种状态的图像传感器 2004 的输出,可以得到信息光的各像素的相位值。另外,在专利文献 7 中,与相位调制一起还进行强度调制,进一步提高了多值度。

[0005] 另外,作为提高记录容量的另一方式,研究了与通常的 DC 或 DVD 那样的光盘相同地使光汇聚在记录介质上直到接近衍射界限为止,把相向的两个光汇聚在同一部位,由此记录聚光点附近的两个光的干涉条纹(驻波)的方法。(例如参照非专利文献 1、专利文献 8) 在该方式中,面记录密度与现有的光盘为相同程度,另一方面,记录层的多层化容易,能够进行多重记录,大容量化容易,并且是记录干涉的方式,同时,不要求页数据全息图那样的严格的公差,具有比较容易实施的优点。

[0006] 【专利文献 1】JP 特开 2001-184649 号公报(对应于 EP1235210A)

[0007] 【专利文献 2】JP 特开昭 58-215735 号公报(对应于 GB2122408A)

- [0008] 【专利文献 3】JP 特开平 2-064932 号公报
- [0009] 【专利文献 4】JP 特许第 3559590 号
- [0010] 【专利文献 5】JP 特开昭 61-211835 号公报（对应于 USP4711815）
- [0011] 【专利文献 6】JP 特许第 3033864 号（对应于 USP5555231）
- [0012] 【专利文献 7】JP 特开 2008-310924 号公报（对应于 US2008/0310281）
- [0013] 【专利文献 8】JP 特开 2007-220206 号公报（对应于 EP1986187A）
- [0014] 【非专利文献 1】R. R. Mcleod et al., "Microholographic multilayer optical disk data storage," Appl, Opt., Vol. 44, 2005, pp. 3197

发明内容

[0015] 在上述专利文献 1、专利文献 2、专利文献 3、专利文献 4、专利文献 5 中,根据反射光量等级的大小判别多值数据,但这如图 22 所示,与通常光盘那样以 2 值电平进行记录、再生的情况相比,应该进行判别的电平的差接近,实质上成为与信号电平降低相同的状况。即,信号 S/N 比与多值度(多值电平的数量)成比例地降低,因此存在实际上难以进行大幅度的多值化的本质问题。在专利文献 6 中也使用大量的检测器来检测信号光,因此每个检测器的光量降低,与上述同样地,由于 S/N 比不足,难以大幅度增加多值度。而且,由于需要大量的检测器以及与它们的输出对应的复杂的信号处理,因此有可能导致装置的复杂化、高成本化。

[0016] 另外,在专利文献 7 中,为了读出记录的相位信息,需要对 1 个记录部位进行 4 次读取。而且,每当读取时需要改变 DC 光的相位,该相位的切换也需要相位调制器的响应速度程度的时间,因此,实际的数据读取速度(与进行现有的强度调制时相比)会大幅度降低。而且,在 4 次读取的期间,光源的功率、与之相伴的记录介质中的散射光波动,因此,用于推定相位的 4 次的读取的值分别包含随机的误差。由此推定的相位值波动。同样,检测器的噪声也成为相位值波动的原因。若检测出的光强度电平足够大,则该检测器导致的相位波动不成为问题。若上述 DC 光的强度足够大,则能够得到足够的光强度电平,但实际上由于检测器的饱和,能够输入的光量存在限制,因此可能无法得到足够的光强度电平。由于以上理由,在专利文献 7 中记载的方法中,发生相位值的波动,因此大幅度增加相位的多值度实际上是困难的。

[0017] 另外,在专利文献 8、非专利文献 1 的方法中,大容量化容易,但另一方面,面记录密度未超过现有技术,因此存在难以提高数据传输速度的问题。另外,一般这些方法中的信号光强度微弱,与专利文献 1 等相同,在通过多值电平进行记录再生时信号电平实际上降低,因此 S/N 比显著不足。因此,实际上难以通过多值电平进行记录再生。

[0018] 本发明是鉴于上述问题提出的,本发明的目的在于提供容易提高多值度,能够兼顾高记录密度和高速读取的光信息记录再生装置。

[0019] 为了达成本发明的目的,使用了以下的手段。

[0020] (1) 一种光信息记录再生装置,使两个光束相向地汇聚在光信息记录介质中的同一部位,记录通过所述两个光束的干涉而产生的驻波,通过对所述两个光束中的一方或双方的相位进行调制的电光调制器等相位调制单元,在光信息记录介质上记录相位信息,使通过在记录了信息的光信息记录介质上照射所述两个光束中的某一方而生成的再生光,与

从光源生成的再生用参考光干涉,同时生成干涉的相位互不相同的 3 个以上的干涉光,检测所述 3 个以上的干涉光,根据检测器的输出,对通过所述相位调制单元进行的相位调制进行解调。

[0021] 由此,能够不受各种噪声的影响地高精度地进行多值信号的记录再生,能够同时提高记录密度和数据传输速度。

[0022] 在此,使两个光束相向地汇聚在介质的同一部位,但光的高斯分布的顶点不需要完全一致,只要是产生两个光束的干涉的程度即可。

[0023] (2) 作为另一手段,对通过所述相位调制单元调制的相位进行差分编码。由此,可以消除记录时或再生时的光信息记录介质的面摆动等引起的检测相位的误差,可以容易地提高多值度。

[0024] (3) 作为另一手段,所述 4 个干涉光的干涉的相位互相大体各相差 90 度,通过电流差动型的差动检测器检测出相位大体相差 180 度的干涉光的对。由此,可以避免再生时的再生用参考光强度导致的检测器的饱和,能够得到足够的放大效果,确保足够的 S/N 比。

[0025] (4) 作为另一手段,所述光源脉冲状地发光,在光源发光的时间,所述相位调制单元驱动一定的相位,在光源不发光的时间,所述相位调制单元切换驱动相位。

[0026] 由此,能够保证相位记录的精度高,容易提高多值度。

[0027] (5) 作为另一手段,调整所述两个光束的双方或者某一方的光路长度,调整所述再生光和所述再生用参考光的双方或者某一方的光路长度。由此,即使记录介质的面摆动非常大时,也可以将记录时、再生时发生的相位误差抑制得较小,可以容易地提高多值度。

[0028] (6) 作为另一手段,使用同一机构进行光路长度调整。由此,可以实现装置的小型化、低成本化。

[0029] (7) 作为另一手段,作为所述再生用参考光,使用所述两个光束中的不用于生成再生光的光束。由此,能够容易地使再生时的所述再生光和所述再生用参考光的光轴吻合,得到稳定的信号输出。

[0030] (8) 作为另一手段,作为所述再生用参考光,使用所述两个光束中的用于生成再生光的光束。由此,能够容易地使再生时的所述再生光和所述再生用参考光的光轴吻合,不仅得到稳定的信号输出,还能够提高光利用效率。

[0031] (9) 作为另一手段,提供一种光信息记录再生装置,使两个光束相向地汇聚在光信息记录介质中的同一部位,记录通过所述两个光束的干涉而产生的驻波,通过对所述两个光束中的一方或双方的电场的复数振幅进行调制的复数振幅调制单元,在光信息记录介质上记录复数振幅信息,使通过在记录了信息的光信息记录介质上照射所述两个光束的某一方而生成的再生光,与从所述光源生成的再生用参考光干涉,同时地生成干涉的相位互不相同的 3 个以上的干涉光,检测所述 3 个以上的干涉光,根据检测器的输出,对通过所述复数振幅调制单元进行的复数振幅调制进行解调。

[0032] 由此,与仅进行相位调制的情况相比,能够进一步提高多值度,可以实现大容量化、传输速度的增加。

[0033] (10) 作为另一手段,所述复数振幅调制单元由强度调制单元和相位调制单元组成,所述强度调制单元调制所述光源的发光强度。由此,可以抑制部件个数,能够实现小型化、低成本化。

[0034] (11) 作为另一手段,作为所述复数振幅调制单元,使用单一的相位调制单元,通过在记录干涉条纹时使相位变化来进行再生光强度的调制,通过使调制相位的中心值变化来进行相位调制。由此,可以抑制部件个数,能够实现小型化、低成本化。

[0035] 可以提供容易提高记录电平的多值度,能够兼顾高记录密度和高速的数据传输速度的光信息记录再生装置。

附图说明

[0036] 图 1 表示本发明的基本实施方式。

[0037] 图 2 说明通过相向的两个光束生成驻波。

[0038] 图 3 说明基于驻波的相位记录的原理。

[0039] 图 4 表示光源的发光模式和相位调制的关系。

[0040] 图 5 表示信号光、参考光、伺服光在记录介质中的状态。

[0041] 图 6 说明根据所记录的驻波的位置调制再生光的相位。

[0042] 图 7 表示电流差动型的差动检测器的结构。

[0043] 图 8 是进行光路长度调整的另一实施方式的结构图。

[0044] 图 9 表示把信号光的光束用作再生用参考光的另一实施方式。

[0045] 图 10 表示把再生光的生成中使用的参考光用作再生用参考光的另一实施方式。

[0046] 图 11 是对光电场的复数振幅进行记录再生的另一实施方式的结构图。

[0047] 图 12 表示在通过强度调制和相位调制对光电场的复数振幅进行调制的实施方式中,光源的发光模式、强度调制与相位调制的关系。

[0048] 图 13 是通过复数振幅调制器进行光电场的复数振幅调制的另一实施方式的结构图。

[0049] 图 14 是复数振幅调制器的结构图。

[0050] 图 15 表示调制方式的不同所引起的信号点配置的不同。

[0051] 图 16 表示通过使光源的发光功率变化来进行强度调制的另一实施方式。

[0052] 图 17 表示通过单一的相位调制器进行光电场的复数振幅调制的另一实施方式。

[0053] 图 18 表示通过单一的相位调制器进行光电场的复数振幅调制的实施方式的、相位调制器的调制模式。

[0054] 图 19 表示通过单一的相位调制器进行光电场的复数振幅调制的实施方式的、相位调制器的另一调制模式。

[0055] 图 20 是现有技术的结构图。

[0056] 图 21 表示在现有技术中通过空间调制器的调制模式。

[0057] 图 22 表示 2 值电平和多值电平的再生信号的比较。

[0058] 图 23 是使用参考光的从记录介质的透过光作为信号光时的结构图。

[0059] 图 24 是在检测光学系统中检测出 3 个相位状态的光的情况下的结构图。

[0060] 图 25 表示相位 8 值调制、强度 2 值调制的各个情况下的再生信号仿真结果。

[0061] 图 26 表示强度 4 值、相位 8 值调制的再生信号的仿真结果。

[0062] 符号说明

[0063] 101:微处理器;102:驱动器;103:半导体激光器;104:驱动器;105:准直透镜;

106、108、110： $\lambda/2$ 板；107、109、112：偏振光分束器；111：相位调制器；113、119： $\lambda/4$ 板；114、120：中继透镜；115：电流镜；116、122：物镜；117：记录介质；118：编码电路；121：分色镜；123：半导体激光器；124：驱动器；125：准直透镜；126：偏振光分束器；127： $\lambda/4$ 板；128、129：4分割检测器；130：偏振光分束器；131：检测光学系统；132：无偏振分束器；133： $\lambda/2$ 板；134、139：渥拉斯顿棱镜(Wollaston prism)；135、140：差动检测器；136、137：光电检测器；138： $\lambda/4$ 板；141：信号处理部；142：解调器；143：解码电路；144：上位装置；145、146、147、148：干涉光；701：跨阻抗放大器；801：偏振光分束器；802：反射镜；803： $\lambda/4$ 板；901：无偏振分束器；1101：驱动器；1102：强度调制器；1301：复数振幅调制器；1302：驱动器；1401：入射光；1402、1409：无偏振分束器；1403、1404、1406、1407：相位调制器；1405、1408：偏振光器；1410：输出光；2001：光源；2002：空间光调制器；2003：记录介质；2004：图像传感器；2401：无偏振分束器；2402、2403：相位板；2404、2405、2406：偏振光器；2407、2408、2409：检测器。

具体实施方式

[0064] 以下，使用图1说明本发明的实施方式。

[0065] 图1是本发明的基本实施方式。首先说明记录时的动作。根据来自微处理器101的指示，驱动器102对半导体激光器103进行与后述的驱动器104进行的信号调制同步的脉冲状的驱动，使半导体激光器103脉冲发光。该光束使用准直透镜105成为平行光，在透过 $\lambda/2$ 板106后入射到偏振光分束器107。偏振光分束器107具有使入射到分离面的p偏振光几乎100%地透过，使s偏振光几乎100%反射的功能。来自半导体激光器的光束的偏振光状态成为p偏振光，另外，在记录时把 $\lambda/2$ 板106的光轴的方向相对于水平面设定为0度，在偏振光分束器107中，全部的光束透过。接着，光穿过 $\lambda/2$ 板108后入射到偏振光分束器109。在此，在记录时把 $\lambda/2$ 板108的光轴方向相对于水平面设定为22.5度，光束成为45度方向的偏振光，入射到偏振光分束器109，光束的p偏振光成分透过，s偏振光成分反射。在记录中使用该透过光（以后称为信号光）、反射光（以后称为参考光）。

[0066] 信号光在使用 $\lambda/2$ 板110成为s偏振光后，穿过相位调制器111，与所述半导体激光器103的脉冲发光同步地对相位进行调制。接着，信号光在偏振光分束器112中反射，使用 $\lambda/4$ 板113成为右旋圆偏振光，穿过中继透镜114由电流镜115反射，使用物镜116汇聚在记录介质117中。

[0067] 关于相位调制器111，使用编码电路118把从微处理器101发送来的用户数据编码成多值数据，将其发送到驱动器104，成为相位调制器111中的调制信号。在本实施例中采用8值的调制，使用相位调制器111对信号施加的相位为0、 $\pi/4$ 、 $\pi/2$ 、 $3\pi/4$ 、 π 、 $5\pi/4$ 、 $3\pi/2$ 、 $7\pi/4$ 这8种。而且，为了取得后述的稳定的再生信号，进行差分编码。即，把某个调制相位的值与前不久的调制相位的差设为记录信号。

[0068] 参考光穿过 $\lambda/4$ 板119成为左旋圆偏振光，穿过中继透镜120由分色镜121反射，使用物镜122汇聚在记录介质117中。

[0069] 信号光和参考光在记录介质117中汇聚在同一场所。于是，如图2所示，通过光的行进方向正相对的信号光和参考光的干涉，在光强度分布中产生驻波（干涉条纹）。信号光、参考光在聚光点附近功率密度急剧升高，因此如图2所示，成为驻波实质上局部存在于

聚光点附近的状况。记录介质 117 根据该驻波在各位置的强度的大小产生折射率变化,将干涉条纹的图形记录为介质的折射率变化。

[0070] 在此,对本发明的相位状态的记录原理进行叙述。关于上述干涉条纹,例如根据信号光、参考光的光路长度差(即相位差)决定强度为 0 的位置(即,驻波的波节的位置)。因此,使用相位调制器 111,当信号光的相位(光路长度)变化时,与之对应,如图 3 所示,干涉条纹的分布在光的行进方向上迁移。(更准确地说,信号光、参考光的功率密度引起的包络线不变化,仅干涉条纹的相位迁移)即,把对信号光赋予的相位调制的量,记录为记录介质的折射率分布的光的行进方向的位置。

[0071] 为了更深刻地理解这一点,使用数学式来说明。信号光、参考光在聚光点的附近大体视为平面波,因此,各自的电场表现为数学式 1、数学式 2。

[0072] 【数学式 1】

$$[0073] \quad E_s = \sqrt{I_s} \exp\left[\frac{2\pi}{\lambda} i(x - ct)\right]$$

[0074] 【数学式 2】

$$[0075] \quad E_r = \sqrt{I_r} \exp\left[\frac{2\pi}{\lambda} i(-x - ct)\right]$$

[0076] 其中, I 是信号光、参考光的强度(假定信号光、参考光的强度相等), λ 是光的波长, n 是记录介质的折射率, x 是光的行进方向的坐标, c 是光速, t 是时刻。

[0077] 【数学式 3】

$$[0078] \quad |E_s + E_r|^2 = \left| \sqrt{I} \exp\left[\frac{2\pi}{\lambda} i(x - ct)\right] + \sqrt{I} \exp\left[\frac{2\pi}{\lambda} i(-x - ct)\right] \right|^2$$

$$[0079] \quad = 2 \left[I + I \cos\left[4\pi \frac{x}{\lambda}\right] \right]$$

$$[0080] \quad = 4I \cos^2\left[\pi \frac{x}{\lambda}\right]$$

[0081] 在表示通过它们的重叠而产生的干涉光的强度的数学式 3 中不包含时间 t, 因此表示是干涉光的强度分布与时间无关的驻波, 周期为半波长 $\lambda/2$ 。在此, 当把信号光的光路长度调制 Δl 时, 干涉光的强度分布成为数学式 4, 干涉条纹的分布迁移 $\Delta l/2$ 。

[0082] 【数学式 4】

$$[0083] \quad |E_s + E_r|^2 = \left| \sqrt{I} \exp\left[\frac{2\pi}{\lambda} i(x + \Delta l - ct)\right] + \sqrt{I} \exp\left[\frac{2\pi}{\lambda} i(-x - ct)\right] \right|^2$$

$$[0084] \quad = 4I \cos^2 \left[\pi \frac{x + \Delta l / 2}{\lambda} \right]$$

[0085] 因此,信号光的光路长度(相位)的调制,以干涉条纹的强度分布的迁移的形式来表现,将其记录为介质的折射率分布。在此重要的是调制的光路长度(相位)和记录的条纹的迁移量严格地成为线性关系,其比例系数与记录介质或光学系统无关。在专利文献1等现有的多值记录方式中,与光强度等调制电平相对的记录介质的响应不是线性,或者比例系数依存于介质或光学系统,因此难以高精度地记录多值电平。与此相对,在本发明的方式中,如上述那样在记录状态中精度极高地反映调制量,因此能够简单地进行高精度的记录,结果,能够容易地提高多值度。

[0086] 在此,对发光脉冲和相位调制器111的调制进行详细叙述。在将1个相位调制信号记录在记录介质的期间,希望调制相位为恒定值。否则,在1个部位记录多个不同相位的干涉条纹,成为再生信号电平降低或产生再生信号误差的原因。因此,如图4所示,在光源为发光状态的期间固定相位调制器的调制相位,在不发光的状态时向下一调制相位切换即可。

[0087] 返回图1,说明用于稳定地进行记录动作的伺服机构。半导体激光器123是使用与半导体激光器103不同的波长进行振荡的半导体激光器,根据来自微处理器101的指示由驱动器124驱动,射出p偏振光的光束。(以后将该光束称为伺服光)。在本实施例中,设光源为405nm,光源为650nm。该光束在穿过准直透镜125成为平行光后,穿过偏振光分束器126和 $\lambda/4$ 板127,成为右旋圆偏振光,然后入射到分色镜121。分色镜121具有反射波长405nm的光,反射650nm的光的性质,由此,使参考光和伺服光同轴。使用物镜122使伺服光汇聚于在记录介质中117上形成的伺服面上(参照图5)。伺服面与记录型CD、DVD等相同地形成了槽(沟),通过4分割检测器检测来自伺服面的反射光,并将伺服信号反馈到物镜致动器,由此可以进行聚焦伺服、寻轨伺服。在本实施例中,作为聚焦伺服采用了像散法,作为寻轨伺服采用了推挽(Push-Pull)法。此时,参考光与伺服光同轴,因此保持了记录介质上的聚光点的相对位置。因此,可以恰当地设定中继透镜114、120,在相对于伺服面一定距离的平面内记录干涉条纹。另外,通过在光轴方向上移动构成中继透镜的一个透镜,参考光的聚光点的光轴方向的位置变化。由此,在同样的记录介质中可以进行多层记录。此外,设定中继透镜114、129,以便消除在各设定中在记录介质中产生的球面像差,能够进行衍射界限的聚光。

[0088] 在本实施例中,与用于生成信号光、参考光的半导体激光器103独立地使用了用于生成伺服光的光源123,但其在本发明中不是必需的结构,例如也可以从同一光源生成信号光、参考光、伺服光。

[0089] 另一方面,信号光需要在记录介质117中与参考光汇聚在同一聚光点。因此,使用透过了记录介质117的参考光进行伺服驱动。具体来说,使用4分割检测器129检测穿过了记录介质117的参考光,采用像散法控制物镜116的光轴方向位置,使用径向的推挽法控制物镜116的径向位置,通过切向的推挽法控制电流镜115的切向的角度。由此,可以使参考光和信号光的光束完全一致(仅行进方向相反),通过使信号光的聚光点与参考光的聚光点一致,有效地产生驻波。

[0090] 接着,说明再生时的动作。半导体激光器103进行DC发光,穿过 $\lambda/2$ 板106后入

射到偏振光分束器 107。在此,在再生时把 $\lambda/2$ 板 106 的光轴方向相对于水平方向设定为 22.5 度,成为 45 度偏振光的光束的 p 成分在偏振光分束器 107 中反射, s 成分透过。透过光穿过 $\lambda/2$ 板 108 后入射到偏振光分束器 109,在再生时将 $\lambda/2$ 板 108 的光轴方向相对于水平方向设定为 45 度,光束成为 s 偏振光,在偏振光分束器 109 中全反射。即,在记录时不生成被称为信号光的光束,仅生成参考光。参考光沿着与记录时相同的光路行进,与记录时同样地使用根据半导体激光器 123 的光束被伺服控制的物镜 122,汇聚在记录介质 117 中。在此,通过适当地设定中继透镜 120,使参考光汇聚在预定的记录层上。

[0091] 在此,当向记录时作为记录介质 117 的折射率变化记录了驻波的场所照射参考光时,根据周期性的折射率变化生成反射光。并且,根据所记录的干涉条纹的光轴方向的位置,以不同的相位生成反射光。这可以如下理解。例如,如图 6 那样,如果反射体,即折射率变化的分布远离,则与一般的反射镜的反射相同,增加远离距离两倍的光路长度。在此如上述那样,在记录时使用相位调制器对信号光增加的光路长度(相位)的一半的距离成为驻波分布的位移,因此,在再生时对反射光给予该位移量的两倍,即与使用相位调制器 111 对信号光增加的相位相等量的相位。因此,该反射光以与记录时的信号光相同的相位被射出。以后,将该反射光称为再生光。

[0092] 上述再生光反方向地沿着参考光的光路行进,使用 $\lambda/4$ 板 119 成为 p 偏振光,因此,透过偏振光分束器 109、偏振光分束器 130。另一方面,在偏振光分束器 107 反射的 s 偏振光的光束,在偏振光分束器 130 反射,变为与再生光同轴。将该光束称为再生用参考光。

[0093] 再生光和再生用参考光以偏振光互相垂直的状态入射到检测光学系统 131。使用无偏振分束器 132 将该入射的光束二分为透过光和反射光。透过光穿过把光轴相对于水平方向设定为 22.5 度的 $\lambda/2$ 板 133,偏振光旋转 45 度,使用渥拉斯顿棱镜 134 被分离为 p 偏振光成分和 s 偏振光成分。分离后的光束分别入射到差动检测器 135 的两个光电二极管 136、137,从差动检测器 135 输出与强度的差成比例的电信号。同样地,在由无偏振分束器 132 反射的光束,穿过把光轴相对于水平方向设定为 45 度的 $\lambda/4$ 板 138 后,使用渥拉斯顿棱镜 139 被分离,由差动检测器 140 进行检测。如后所述,使用渥拉斯顿棱镜 139 分离后的光束都是再生光与再生用参考光干涉的干涉光,差动检测器 135、140 的输出是提取了干涉成分的输出。

[0094] 将差动检测器 135、140 的输出送到数字信号处理电路 141,在此作为再生信号得到所记录的相位值。得到的相位值,在使用解调电路 142 解调后,被送到解码电路 143,变换为用户数据,经由微处理器 101 被送到上位装置 144。

[0095] 在此,叙述使用检测光学系统 131 生成干涉光,由此再生相位值的原理。射入到检测光学系统 131 的光束,作为 p 偏振光成分包含再生光,作为 s 偏振光成分包含再生用参考光,因此,当通过琼斯矢量来表达该偏振光状态时,得到数学式 5。

[0096] 【数学式 5】

$$[0097] \begin{pmatrix} E_r \\ E_s \end{pmatrix}$$

[0098] 在此, E_s 是再生光的电场, E_r 是再生用参考光的电场。另外, 该矢量的第一成分表示 p 偏振光, 第二成分表示 s 偏振光。该光束透过无偏振分束器 132, 并穿过 $\lambda/2$ 板 133 后的琼斯矢量成为数学式 6。

[0099] 【数学式 6】

[0100]

$$\begin{pmatrix} \cos 45^\circ & -\sin 45^\circ \\ \sin 45^\circ & \cos 45^\circ \end{pmatrix} \begin{pmatrix} E_r/\sqrt{2} \\ E_s/\sqrt{2} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} (E_r - E_s)/2 \\ (E_r + E_s)/2 \end{pmatrix}$$

[0101] 接着, 使用渥拉斯顿棱镜 134 被分离为 p 偏振光成分和 s 偏振光成分, 因此, 分离后的光束的电场分别成为数学式 7 和数学式 8,

[0102] 【数学式 7】

$$[0103] \frac{1}{2} (E_r - E_s)$$

[0104] 【数学式 8】

$$[0105] \frac{1}{2} (E_r + E_s)$$

[0106] 成为再生光和再生用参考光的重叠、即干涉光。另一方面, 在无偏振分束器 132 中反射的光穿过 $\lambda/4$ 板 138 后的琼斯矢量成为数学式 9。

[0107] 【数学式 9】

[0108]

$$\frac{1}{\sqrt{2}} \begin{pmatrix} i - \cos 90^\circ & \sin 90^\circ \\ \sin 90^\circ & i + \cos 90^\circ \end{pmatrix} \begin{pmatrix} E_r/\sqrt{2} \\ -E_s/\sqrt{2} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} i(E_r + iE_s)/2 \\ (E_r - iE_s)/2 \end{pmatrix}$$

[0109] 然后, 使用渥拉斯顿棱镜 139 被分离为 p 偏振光成分和 s 偏振光成分, 因此, 分离

后的光束的电场分别成为数学式 10 和数学式 11,

[0110] 【数学式 10】

$$[0111] \quad \frac{i}{2} (E_r + iE_s)$$

[0112] 【数学式 11】

$$[0113] \quad \frac{1}{2} (E_r - iE_s)$$

[0114] 仍然成为再生光和再生用参考光的重叠,即干涉光。因此,4 个分支光 145、146、147、148 的强度分别为:

[0115] 【数学式 12】

$$[0116] \quad \left| \frac{1}{2} (E_r - E_s) \right|^2 = \frac{1}{4} |E_r|^2 + \frac{1}{4} |E_s|^2 - \frac{1}{2} |E_r E_s| \cos \Delta \phi$$

[0117] 【数学式 13】

$$[0118] \quad \left| \frac{1}{2} (E_r + E_s) \right|^2 = \frac{1}{4} |E_r|^2 + \frac{1}{4} |E_s|^2 + \frac{1}{2} |E_r E_s| \cos \Delta \phi$$

[0119] 【数学式 14】

$$[0120] \quad \left| \frac{i}{2} (E_r + iE_s) \right|^2 = \frac{1}{4} |E_r|^2 + \frac{1}{4} |E_s|^2 + \frac{1}{2} |E_r E_s| \sin \Delta \phi$$

[0121] 【数学式 15】

$$[0122] \quad \left| \frac{1}{2} (E_r - iE_s) \right|^2 = \frac{1}{4} |E_r|^2 + \frac{1}{4} |E_s|^2 - \frac{1}{2} |E_r E_s| \sin \Delta \phi$$

[0123] 第 1 项、第 2 项分别表示再生光、再生用参考光的强度成分,第 3 项表示再生光与再生用参考光的干涉。 $\Delta \phi$ 是以再生用参考光的相位为基准的再生项的相位,这是应该被再生的调制信号。差动检测器 135、140 的输出与这些分支光的强度的差分成比例,因此,分别表示为:

[0124] 【数学式 16】

$$[0125] \quad D_1 = |E_r E_s| \cos \Delta \phi$$

[0126] 【数学式 17】

$$[0127] \quad D_2 = |E_r E_s| \sin \Delta \phi$$

[0128] 成为与上述表示干涉的项成比例的输出。 η 是检测器的变换效率。

[0129] 上述差动检测器 135、140 的输出,在数字信号处理电路 141 中首先进行 A/D 变换,然后被输入到运算电路,输出下述的运算。

[0130] 【数学式 18】

[0131]

$$\Delta\phi = \begin{cases} \arctan \frac{D_2}{D_1} & (D_1 \geq 0 \text{ 时}) \\ \pi + \arctan \frac{D_2}{D_1} & (D_1 < 0 \text{ 时}) \end{cases}$$

[0132] 如上所述,通过检测光学系统 131 生成再生光与再生用参考光的干涉光,通过对其进行检测可以得到再生光的相位值。

[0133] 在本实施例中根据 4 个干涉光的强度推定相位值,但由于决定干涉光强度的参数是 (1) 信号光强度、(2) 参考光强度、(3) 信号光与参考光的相位差这 3 个,因此,在原理上通过检测 3 个不同相位的干涉光强度,能够推定相位值 (此外,还能够推定信号光强度)。例如,如图 24 所示,在检测光学系统 131 中,通过无偏振分束器 132、2401 把入射光束分割为 3 个光束,使其中一个光束穿过 s 偏振光相对于 p 偏振光产生 120 度的相位差的相位板 2402,使其它光束穿过 s 偏振光相对于 p 偏振光产生 240 度的相位差的相位板 2403,3 个光束全部穿过仅透过 45 度的偏振光的偏振光器 2404、2405、2406,通过检测器 2407、2408、2409 进行检测。这些检测器的输出表现为:

[0134] 【数学式 19】

$$\begin{aligned} [0135] \quad I_1 &= \left| \frac{1}{\sqrt{3}} E_s + \frac{1}{\sqrt{3}} E_r \right|^2 \\ [0136] \quad &= \frac{1}{3} |E_s|^2 + \frac{1}{3} |E_r|^2 + \frac{2}{3} |E_s| |E_r| \cos \Delta\phi \end{aligned}$$

[0137] 【数学式 20】

$$\begin{aligned} [0138] \quad I_2 &= \left| \frac{1}{\sqrt{3}} E_s + \frac{1}{\sqrt{3}} e^{\frac{\pi}{3}i} E_r \right|^2 \\ [0139] \quad &= \frac{1}{3} |E_s|^2 + \frac{1}{3} |E_r|^2 + \frac{2}{3} |E_s| |E_r| \cos \left(\Delta\phi - \frac{\pi}{3} \right) \end{aligned}$$

[0140] 【数学式 21】

$$[0141] \quad I_3 = \left| \frac{1}{\sqrt{3}} E_s + \frac{1}{\sqrt{3}} e^{\frac{2\pi}{3}i} E_r \right|^2$$

$$[0142] \quad = \frac{1}{3}|E_s|^2 + \frac{1}{3}|E_r|^2 + \frac{2}{3}|E_s||E_r|\cos\left(\Delta\phi - \frac{2\pi}{3}\right)$$

[0143] (省略检测器的变换效率)。根据这些输出,通过进行下述运算可以推定相位值。

[0144] 【数学式 22】

$$[0145] \quad \Delta\phi = \frac{\sqrt{3}(I_2 - I_3)}{2I_1 - I_2 - I_3}$$

[0146] 另外,通过下述运算还能够推定强度。

[0147] 【数学式 23】

$$[0148] \quad |E_s||E_r| = \sqrt{\left(I_{PD1} - \frac{I_{PD2} + I_{PD3}}{2}\right)^2 + 3\left(\frac{I_{PD2} - I_{PD3}}{2}\right)^2}$$

[0149] 以上说明了检测 3 个不同相位的干涉光强度的例子,但像这样调整相位和偏振光,可以检测 4 个、5 个等 3 个以上的多个相位的干涉光强度。

[0150] 在此,说明通过本发明的相位检测方法得到比以往更高的 S/N 比。一般在光信息再生装置中,主要的再生信号的噪声分为激光噪声、盘噪声、检测器噪声、散粒噪声(在页数据的全息存储器中,散射光的噪声也成为问题)。在专利文献 1 或 CD、DVD 等市售的光盘等几乎所有的现有技术中,把再生时从记录介质反射的光强度的变化作为信号来读取。因此,光源的发光强度的波动,即激光噪声作为噪声与再生信号相加,可能成为 S/N 比降低的原因。另外,如针对专利文献 7 所叙述的那样,当根据 4 个输出得到相位值时,激光噪声产生相位值的误差。与此相对,在本发明中,如数学式 18 那样得到与光源的强度无关的输出,因此不受激光噪声的影响。在此重要的是,同时生成 4 个分支光,(在时间上)同时得到了差动检测器的输出。由此,即使再生光或再生用参考光的强度变化,分支光也一样地变化,因此,如数学式 18 那样,在运算中包含差动检测器的输出 D1、D2 的比,始终消除上述强度变化,成为不受激光噪声影响的输出。然后,盘噪声是记录介质的反射率的波动,相对于把从记录介质反射的光强度的变化作为信号来读取的方式,与激光噪声相同地成为波动成分。但是在本发明中,与激光噪声的情况同样地被消除,抑制盘噪声的影响。检测器噪声与检测的光无关,是检测器具有的噪声,当由于记录介质的反射率小等原因,检测的光的光量小时成为问题。与此相对,在本发明中,通过使再生用参考光的光量足够大,可以抑制检测器噪声的影响。通过观察数学式 16、数学式 17 可以容易地理解这一点。以与数学式 16、数学式 17 表现的差动检测器的输出相加的形式,来表现检测器噪声。但是,通过增大再生用参考光的强度,可以增大数学式 16、数学式 17 的值,可以相对地减小检测器噪声的大小。在本实施例中,差动检测器如图 7 所示,成为使用跨阻抗放大器 701 对入射到两个光电二极管的分支光的光电流的差进行电流-电压变换的电流差动型的结构。根据本结构,即使在了

得到足够的输出电平而提高了再生用参考光的强度的情况下,基于再生用参考光自身的强度的光电流在两个光电二极管中相等地被消除,因此不会发生跨阻抗放大器的饱和,所以可以得到足够的输出信号电平,可以有效地抑制放大器噪声的相对大小。另外,在上述的差动检测器的结构中,因为一个跨阻抗对应两个光电二极管,因此与通常的检测器那样使用 4 个通过跨阻抗对光电二极管的光电流进行电流-电压变化后的输出来进行运算相比,可以将检测器噪声降低 3dB,这一点也有利于抑制放大器噪声。

[0151] 这样,本发明对于在原理上难以除去的散粒噪声以外的噪声有足够的抑制效果,与现有技术相比,能够大幅度提高 S/N 比,因此能够大幅度地提高多值度。

[0152] 图 25(a) 在复数平面上表示了本实施例的再生信号的仿真结果。该复数平面表示再生光电场的复数振幅,横轴是再生光电场的实部,纵轴是再生光电场的虚数。图的各点相当于再生信号。另外,横轴、纵轴的刻度通过没有噪声时的信号电平进行了标准化。根据检测出的信号点属于通过图中的虚线划分的区域中的哪个区域来判别相位值。信号点的波动是由激光噪声(即使视为盘噪声也等价)、放大器噪声引起的,径向方向(与强度值对应)的波动比旋转方向(与相位值对应)的波动大,这表示激光噪声对相位值没有影响,仅对强度值有影响,表示在相位检测时如上所述激光噪声的影响几乎可以忽略。与此相对,图 25(b) 表示放大器噪声、激光噪声等同时的通常的强度 2 值调制的再生信号的电场的分布。在此,使图 25(a) 中的信号的放大率为 5 倍,因为在图 25(b) 中通过信号电平对刻度进行了标准化,因此放大器噪声相对地增加到 5 倍。此时,根据实部的值比 0.5 大还是小,进行 2 值的判别,但显然由于噪声的影响,与图 25(a) 相比,判别错误增大。在图 25(a) 的情况下,尽管是 8 值调制,由于可以充分确保良好的 S/N 比,因此判别错误少,表示本发明的方式是妥当的。

[0153] 接着,说明将通过数学式 18 表示的运算输出输入给解码电路 142,对差分编码后的信号进行解码的原理。通过运算电路得到的相位 $\Delta \phi$ 实际包含调制相位以外的成分,准确地表示为:

[0154] 【数学式 24】。

$$[0155] \quad \Delta \phi = \phi_s + \phi_{r1} + \phi_{r2}$$

[0156] 在此, ϕ_s 是使用相位调制器调制后的相位, ϕ_{r1} 是与进行记录的时刻的信号光和参考光的光路长度差(除去相位调制量)对应的相位差, ϕ_{r2} 是与再生时的再生光和再生用参考光的光路长度差(除去相位调制量)对应的相位差。 ϕ_{r1} 、 ϕ_{r2} 分别主要由于记录时和再生时的记录介质的面摆动(光轴方向的位移, 100 μm 等级)而发生。并且,它们随着时刻而变化。但是在本发明中,面摆动的速度为数十 kHz ~ 数百 kHz 左右,与此相对,因为以数十 MHz ~ 数百 MHz 写入数据,所以在邻接的写入位置(符号), ϕ_{r1} 、 ϕ_{r2} 大体恒定。因此,通过把邻接符号间的差作为解码信号输出,可以不受上述不需要的相位成分 ϕ_{r1} 、 ϕ_{r2} 的影响地再生信号。

[0157] 在本实施例中在记录时,对来自半导体激光器 103 的光束进行分支来生成信号光、参考光,从记录介质的相反侧入射,但是,信号光、参考光的生成方法或它们的入射方法不限于此。例如可以如图 23 所示,把最初入射到记录介质的光束作为参考光,把透过记录介质的参考光作为信号光。此时,信号光通过反射镜 2301 反射,相反地沿着相同光路行进,再次入射到记录介质,与参考光干涉。在记录介质和反射镜 2301 之间插入相位调制器 111

即可。另外,可以如专利文献 8 那样,使信号光和参考光同轴地从同一方向入射到记录介质,通过在记录介质的背面构成的反射镜面使一方的光束反射,从相反方向使另一方的光在同一聚光点聚光。

[0158] (实施例 2)

[0159] 图 8 作为第二实施例,是在记录时、再生时进行光路长度调整时的结构图。如实施例 1 所述那样,与记录介质 117 的面摆动等引起的、记录再生时的光路长度偏移相伴的相位误差,可以通过差分编码来消除。但是,当面摆动非常大时,由此产生的相位的误差,在邻接的读出相位值中无法视为恒定,在解码时产生误差。因此,在本实施例中,为了消除由于面摆动导致的相位误差,在记录再生时进行参考光的光路长度调整。参考光使用在光路中插入的偏振光分束器 801 反射,在由反射镜 802 反射透过了偏振光分束器 801 后,入射到记录介质。因此,通过使反射镜 802 在光的行进方向上可动,能够进行光路长度的调整。

[0160] 在此,考虑在记录时产生面摆动的情况。当由于面摆动,记录介质在光的行进方向上移动了 x 时,为了使在记录介质 117 中记录的驻波相对于记录介质不改变位置,驻波的位置也需要移动 x 。为此,使参考光的光路长度变动 $2x$ 即可,在本实施例中,通过使反射镜 802 移动 x 可以实现。在本实施例中,使用用于使物镜 122 在光轴方向上移动的聚焦误差信号,使反射镜 802 的位置也同样地移动。

[0161] 然后,考虑再生时产生面摆动的情况。此时,再生用参考光的光路长度恒定,因此,若使参考光的(从透过偏振光分束器 107 到入射到偏振光分束器 130 为止的)光路长度恒定,则不产生相位的误差。为了实现这一点,对于记录介质 117 的面摆动 x ,使反射镜 802 移动 $x/2$ 即可,在本实施例中,调节用于使反射镜 802 移动的伺服信号大小,使反射镜 802 的移动量达到物镜 117 的移动量的一半。如此,应该注意在记录时和再生时光路长度的调整量不同。

[0162] 如上所述,通过在记录时和再生时恰当地进行光路长度调整,能够抑制由记录介质 117 的面摆动导致的相位误差。而且,在本实施例中考虑到上述的光路长度调整不完善,与实施例 1 相同地进行了差分编码。由此能够大幅度地抑制相位的误差。

[0163] 此外,在本实施例中,通过同一机构进行记录时的参考光的光路长度和再生时的再生光的光路长度的调整,但也可以通过不同的机构进行这些光路长度调整。而且,可以针对信号光进行记录时的光路长度调整,针对再生用参考光进行再生时的再生光的光路长度调整。

[0164] (实施例 3)

[0165] 图 9 作为另一实施例,是在再生时作为再生用参考光,使用在记录时作为信号光使用的光束时的结构图。此时,记录时与实施例 1 同样,使用偏振光分束器 109 把来自半导体激光器 103 的光束分割为参考光和信号光,在记录介质 117 上记录信号光和参考光的驻波。在再生时,首先,使参考光与实施例 1 相同地汇聚在记录介质 117 上,产生再生光。在此,与记录时相同地产生信号光束(但是不使用相位调制器进行相位调制),使 $\lambda/4$ 板 113 的光轴的设定角反转(记录时 45 度,再生时 -45 度),汇聚在记录介质 117 上。于是,信号光束与再生光同轴地重叠,并且成为偏振光垂直的状态(再生光:右旋圆偏振光、信号光:左旋圆偏振光)。该光束穿过 $\lambda/4$ 板 119,由此,再生光成为 p 偏振光,信号光(再生用参考光)成为 s 偏振光,成为与实施例 1 中再生光与再生用参考光使用偏振光分束器 130 变

为同轴时相同的状态。使用在参考光路中插入的无偏振分束器 901 取出该光束,与实施例 1 同样地使用检测光学系统 131 进行检测,得到同样的输出信号。

[0166] 在实施例 1 中,为了在再生时使再生光与再生用参考光恰当地干涉,需要使这些光束的光轴方向、位置、散焦等的光束轮廓准确地匹配。特别是光线方向的调整精度与一般的干涉光学系统同样地极其严格(大约 0.001 度~0.01 度以内),在光学系统不稳定的情况下,干涉状态变得不完善,有可能无法得到正确的输出信号。与此相对,在本实施例中,与再生光干涉的对象是(记录时的)信号光,这些光束的位置关系始终通过实施例 1 中描述的伺服机构来控制,即使在光学系统不稳定时也可以保持良好的干涉状态,可以得到稳定的输出信号。

[0167] (实施例 4)

[0168] 图 10 作为另一实施方式,是再生时把参考光自身用作再生用参考光时的结构图。此时,记录时的动作也与实施例 1 相同。在再生时,与实施例 1 同样不生成信号光束,通过参考光从记录介质生成再生光。在此,参考光在记录介质 117 中生成了再生光后,大部分透过记录介质 117,逆向沿着信号光的光路行进。此时,恰当地设定 $\lambda/4$ 板 113 的角度,使用 4 分割检测器 129 检测一部分光束,用于伺服驱动,剩余的光束在偏振光分束器 112 中反射,穿过相位调制器 111(但是不进行调制)、 $\lambda/2$ 板 110,入射到偏振光分束器 109。在此, $\lambda/2$ 板 110 的光轴与记录时不同,被设定为 0 度(记录时为 45 度),参考光束在 s 偏振光状态下在偏振光分束器 109 中全反射。在此,再生光与实施例 1 同样地成为 p 偏振光状态,然后透过偏振光分束器 109,因此,使用偏振光分束器 109,与实施例 1 同样地,再生光与参考光(再生用参考光)在偏振光互相垂直的状态下变为同轴。变为同轴的光束由检测光学系统 131 进行检测,通过与实施例 1 相同的步骤得到再生信号。

[0169] 在本实施例中,参考光逆向地沿着信号光的光路行进,与再生光合波,因此,与实施例 3 同样地,通过伺服机构进行控制以使参考光与再生光的光轴准确重合,因此能够稳定地得到再生信号。而且,通过把用于生成再生光的参考光用作再生用参考光,能够实现高的光利用效率,能够容易地确保高 S/N 比。另外,在本实施例中,从再生用参考光的生成到与再生光的合波为止,可以全部通过在记录时所需要的光学系统结构来进行,有利于装置的小型化、低成本化。

[0170] (实施例 5)

[0171] 本实施例把光的复数振幅的信息作为上述驻波来记录,能够进一步增大多值度。图 11 表示本实施例的结构。记录时、再生时的动作基本上与实施例 1 相同,但作为记录时的信号调制,在本实施例中不仅进行相位调制,还进行强度调制。更具体来说,通过编码电路 118,把用户数据被变换为相位调制器 111 和强度调制器 1101 的调制信号,分别通过驱动器 104、1102 进行驱动。本实施例进行振幅 4 值、相位 8 值的全部 32 值调制。此时如图 12 所示,通过强度调制器,针对每个发光脉冲,峰值强度取 4 种不同的值,把各个相位调制成 8 种。作为强度调制器,使用将电光元件的偏振光旋转和偏振光器进行组合后的强度调制器。

[0172] 如上所述调制后的信号光和参考光的驻波,是对峰值强度与底部强度之间的强度差、和光的行进方向的位置进行了调制后的驻波,将其作为折射率变化来进行记录。

[0173] 再生时光学系统中的动作与实施例 1 相同。在此,再生光的强度与上述峰值强度和底部强度的差所对应的折射率差的平方成比例,因此,对应于记录时的强度调制,调制再

生光的强度。

[0174] 在通过干涉光学系统进行再生光的检测后的信号处理电路中,与数学式 18 所示的运算并行地输出下述的运算结果。

[0175] 【数学式 25】

$$[0176] \quad |E_s E_r| = \sqrt{D_1^2 + D_2^2}$$

[0177] 该运算输出与再生光的振幅的绝对值,即强度的平方根成比例。因此,通过该运算输出,对强度调制进行解调。因为同样地进行相位的解调,所以,使用解调器 142 输出解调后的强度调制值、相位调制值,在解码电路 143 中得到与这些值的组合对应的信息。

[0178] 在以多值电平进行强度调制时,与专利文献 1 等相同,信号电平实质上降低,因此 S/N 比有可能不足。但是在本发明中,与在实施例 1 的项目中描述的相同,通过充分升高再生用参考光的电平,对数学式 25 表示的信号电平进行放大,因此可以避免多值电平时的信号电平的降低,可以确保足够的 S/N 比。因此,不仅相位调制,在强度调制中也能够容易地提高多值度。

[0179] 作为实际的例子,图 26 表示振幅 4 值、相位 8 值时的再生信号的仿真结果。此时也与图 25 相同,图的各点相当于再生信号,根据这些信号点属于由图中的虚线划分的区域中的哪个区域来推定振幅值、相位值。此时与实施例 1 不同,激光噪声、放大器噪声对振幅电平的判别造成直接影响,因此需要抑制得足够小。

[0180] 在本实施例中,通过强度调制器和相位调制器的组合,生成了任意的复数振幅,但是调制方法不限于此。例如,图 13 是独立地调制复数振幅的实部和虚部时的结构图。此时,通过编码电路 118 生成实部和虚部的调制信号,分别使用驱动器 1301 向复数振幅调制器 1302 进行确定。复数振幅调制器 1302 的结构如图 14 所示。使用无偏振分束器 1402 把作为 s 偏振光的入射光 1401 分为两个光束,透过光穿过相位调制器 1403、1404 以及偏振光器 1405,反射光穿过相位调制器 1406、1407 以及偏振光器 1408。使用无偏振分束器 1407 使这些光束伴随 1/4 波长的光路长度差进行合波,得到输出光 1408。相位调制器 1403、1406 是根据驱动电压仅在 45 度偏振光成分中产生相位变化的电光元件,1404、1407 同样是只在 -45 度偏振光成分中产生相位变化的电光元件。

[0181] 对电光元件 1403、1404 作为驱动电压输入实部的调制信号。但是,驱动电压对于两个元件为正负反转的值,对符号相互反转的相位值进行调制。此时,穿过这些元件后的光的偏振光状态成为:

[0182] 【数学式 26】

$$[0183] \quad \frac{1}{4} \begin{pmatrix} 1+e^{-i\phi_I} & -1+e^{-i\phi_I} \\ -1+e^{-i\phi_I} & 1+e^{-i\phi_I} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1+e^{i\phi_I} & 1-e^{i\phi_I} \\ 1-e^{i\phi_I} & 1+e^{i\phi_I} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 0 \\ E_s/\sqrt{2} \end{pmatrix}$$

$$[0184] \quad = \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{pmatrix} -iE_s \sin \phi_I \\ E_s \cos \phi_I \end{pmatrix}$$

[0185] 在此, E_s 是入射光的电场 (假定相位 0), ϕ_I 是调制相位。此后, 当通过偏振光器 1405 仅使 s 偏振光成分透过时, 透过光的电场成为:

[0186] 【数学式 27】

$$[0187] \quad \frac{1}{\sqrt{2}} E_s \cos \phi_I$$

[0188] 关于电光元件 1406、1407, 也根据虚部的调制信号起到完全相同的作用, 透过偏振光器 1408 的光的电场成为:

[0189] 【数学式 28】

$$[0190] \quad \frac{1}{\sqrt{2}} E_s \cos \phi_Q$$

[0191] ϕ_Q 是调制相位。数学式 27、数学式 28 表示的电场的光伴随 1/4 波长的光路长度差合波, 因此, 合波后的光的电场表示为:

[0192] 【数学式 29】

$$[0193] \quad \frac{1}{2} E_s (\cos \phi_I + i \cos \phi_Q)$$

[0194] 可知电场的实部和虚部分别根据 ϕ_I 、 ϕ_Q 的大小来决定。

[0195] 如果在复数平面上显示调制信号 (信号点), 则将强度调制和相位调制组合时与进行复数振幅调制时的差异是明显的。前者对应于对复数振幅的绝对值 (强度) 和偏角 (相位) 进行调制, 因此, 当独立地对它们进行调制时, 信号点成为图 15(a) 所示的同心圆状。另一方面, 在复数振幅调制时, 因为对复数振幅的实部和虚部进行调制, 所以当独立地对它们进行调制时, 如图 15(b) 那样格状地配置信号点 (但是, 当两个调制不独立时不是该限制)。

[0196] (实施例 6)

[0197] 图 16 作为另一实施方式, 是使用半导体激光器的强度调制进行强度调制的情况。

此时不使用强度调制器,根据编码电路 118 调制信号来调制半导体激光器 103 的峰值强度。即,根据半导体激光器的驱动电流,作出在实施例 5 中穿过强度调制器 1102 后的光强度图形。此时,与信号光一起还调制参考光的强度,但仍然可以根据调制强度来改变再生时的再生光强度,因此能够进行强度调制。此外,为了恰当地输出伺服信号,4 分割检测器 129 的输出通过未图示的低通滤波器被除去了信号调制成分。根据本结构可以削减部件个数,有利于装置的小型化、低成本化。

[0198] (实施例 7)

[0199] 图 17 作为另一实施方式,是仅使用单一的相位调制器来同时进行强度调制和相位调制的另一实施例。此时,在记录驻波的期间使信号光的相位变化,降低记录的折射率分布的对比度,由此对再生光的强度进行调制。更具体来说,如图 18 所示,不使脉冲发光时的相位为恒定值,而是使其线性变化。将该线性变化的中间点作为相位值来记录,该直线的斜率(变化的行程)的大小成为强度调制的大小。变化的行程越大,记录中驻波的移动距离越大,因此,作为所记录的折射率变化,对比度小,再生时的再生光强度降低。

[0200] 调制的方式不限于此,例如可以如图 19 所示,在脉冲发光时高速地调制相位。此时,调制的振幅越大,记录的折射率变化的对比度越低,再生时的再生光强度越低。另外,光束调制的中心是所记录的相位值。图 19 中设高速调制是恒定频率,但也可以是随机的调制。

[0201] 根据本发明,能够提供兼顾大容量和高传输速度的光信息记录再生装置,可以期待在工业中广泛应用大容量录像机、硬盘数据备份装置、保存信息存档装置等。

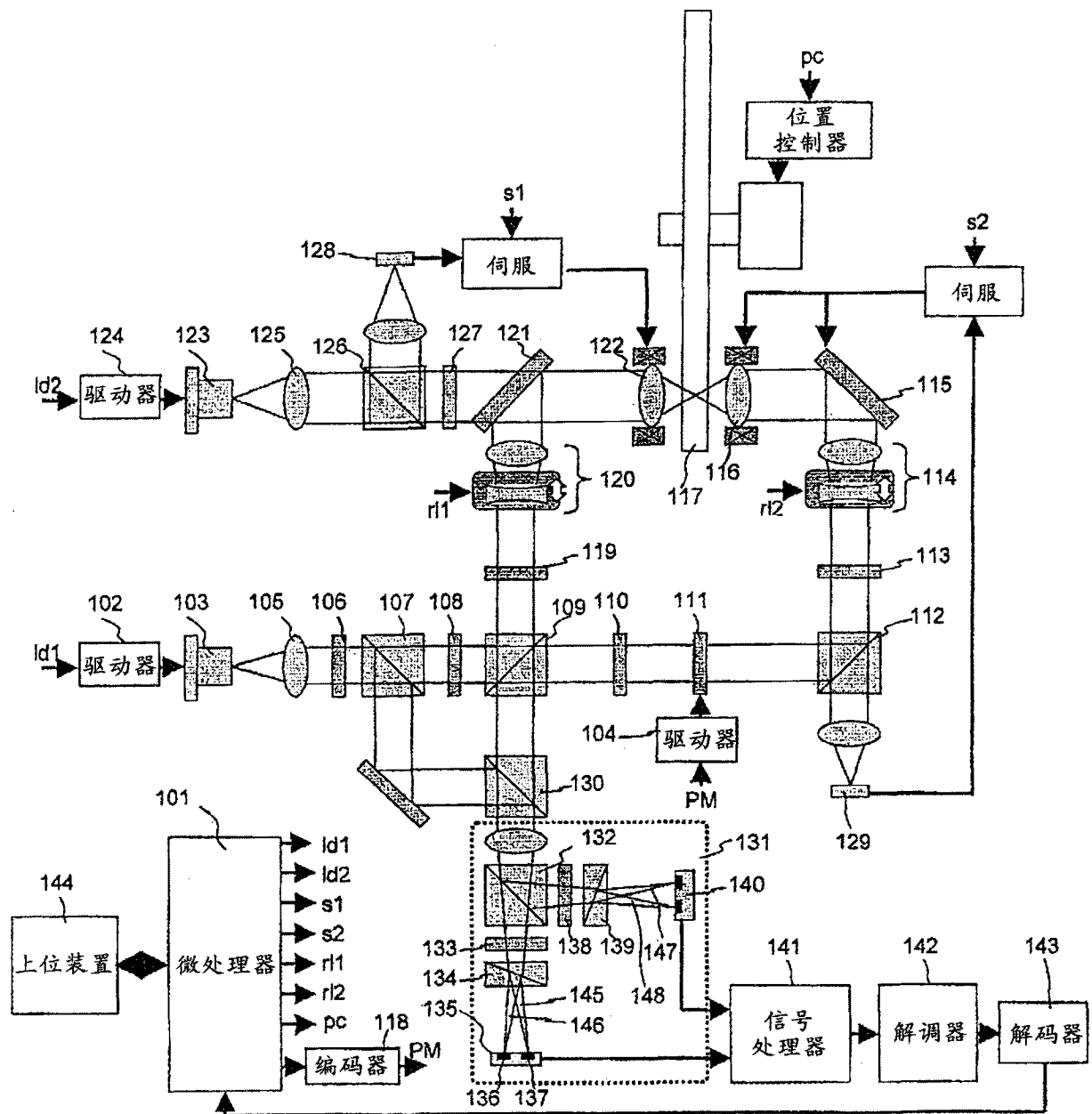


图 1

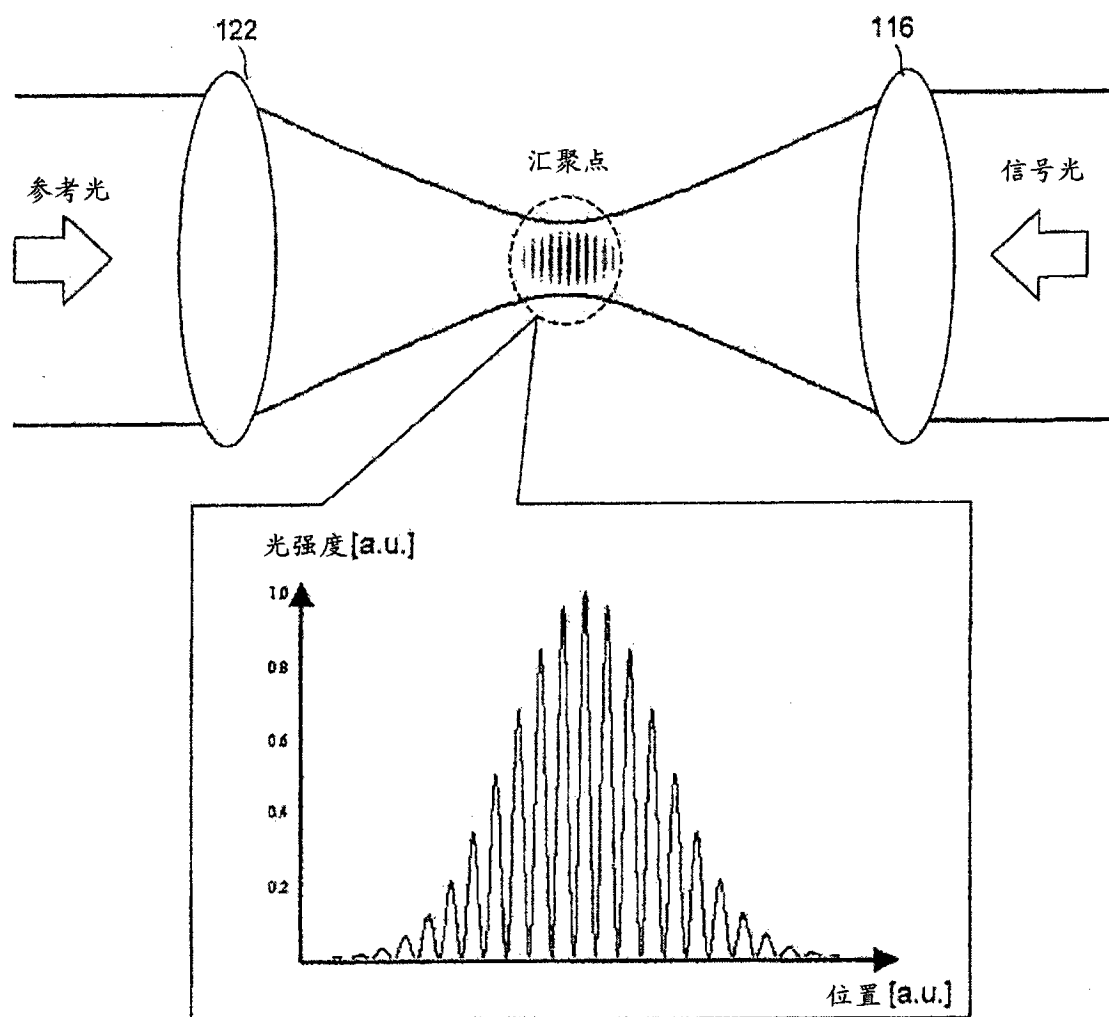


图 2

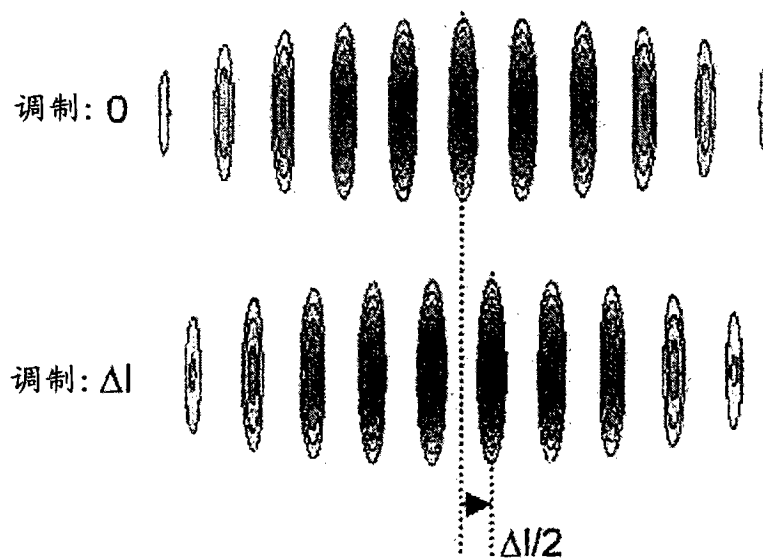


图 3

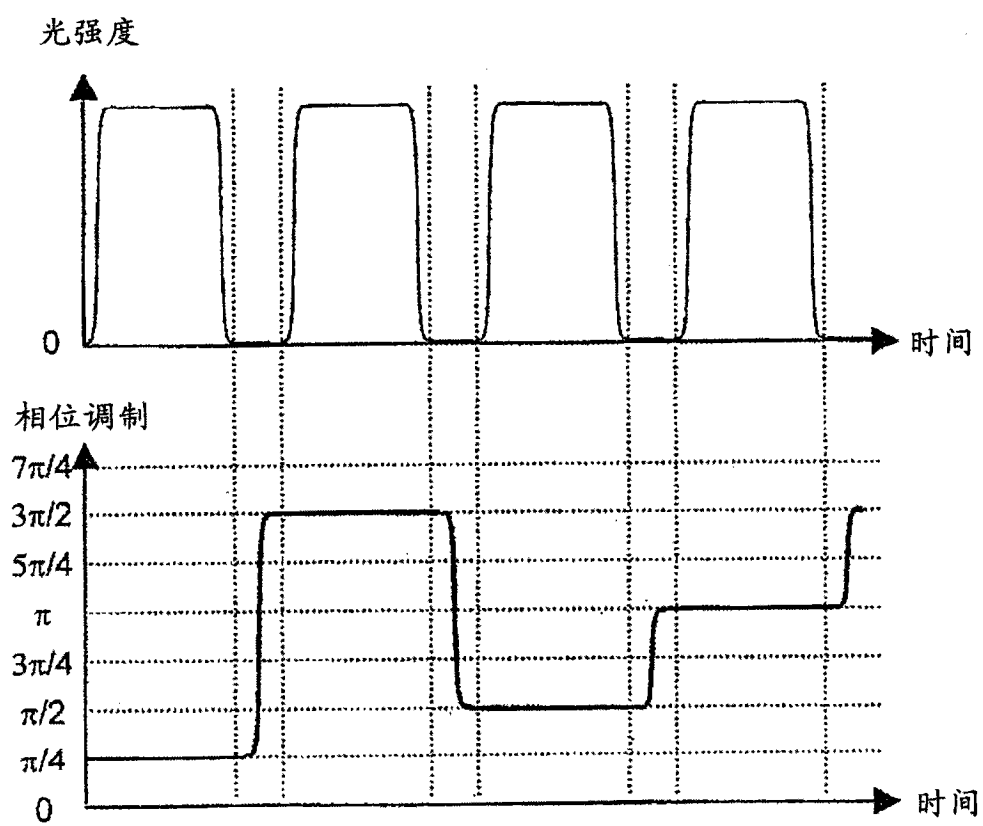


图 4

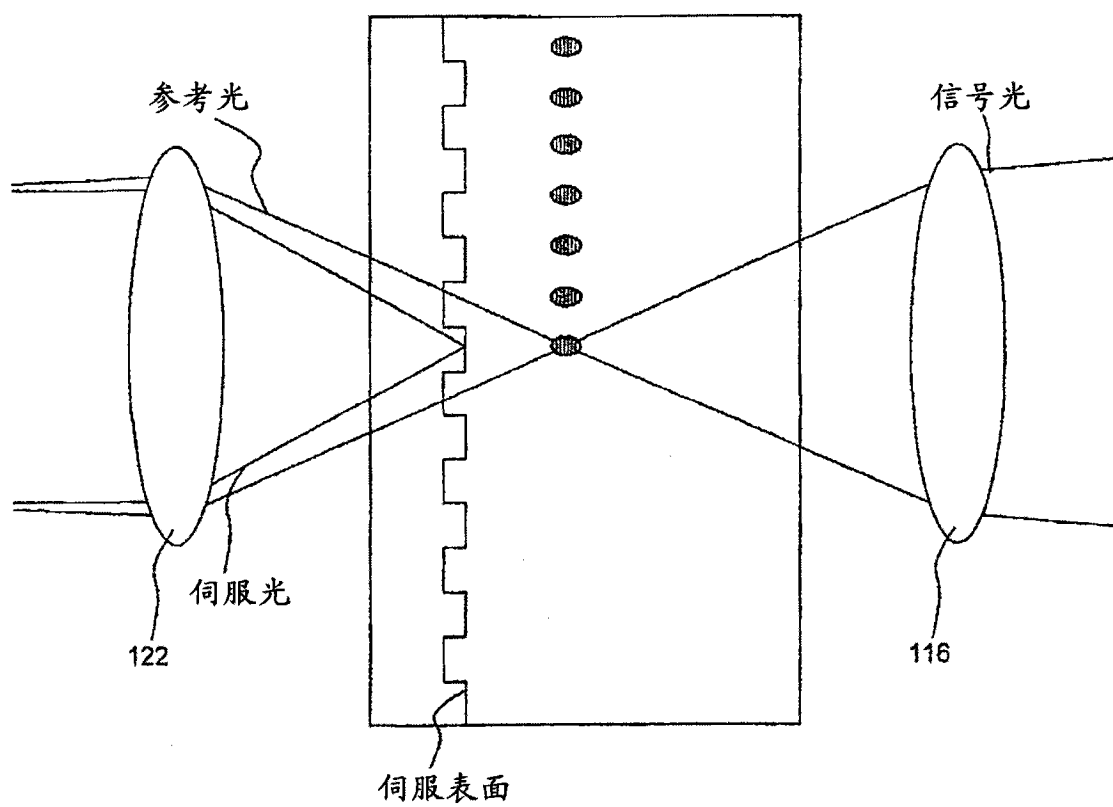


图 5

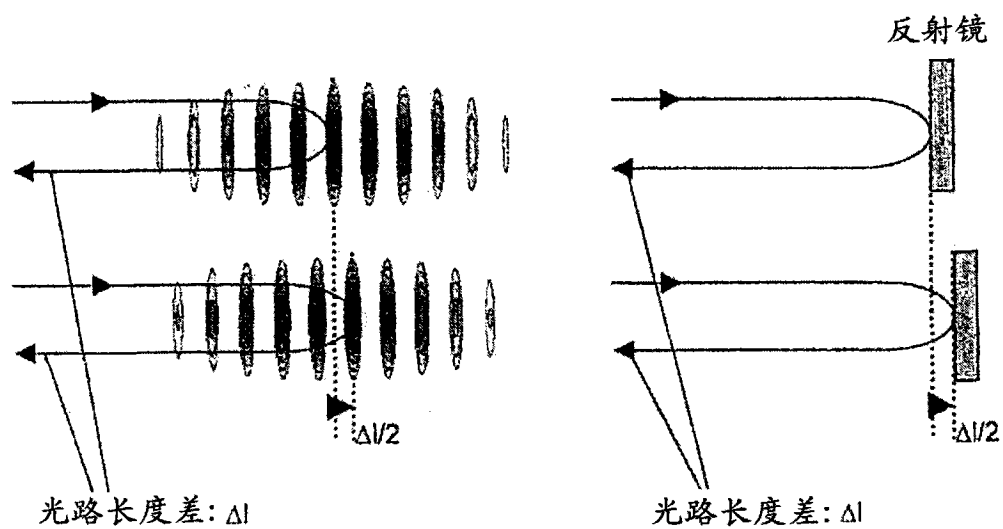


图 6

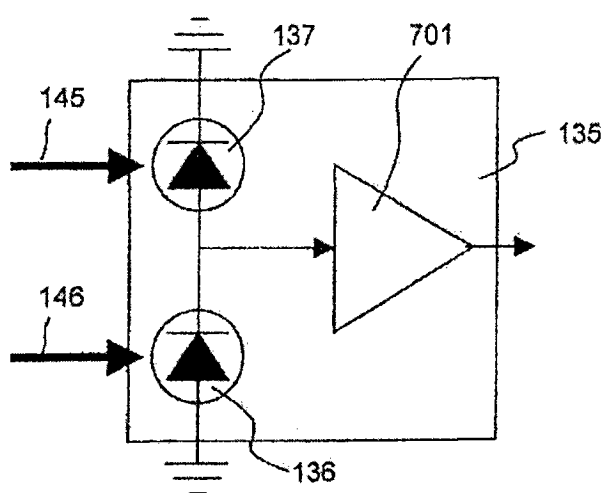


图 7

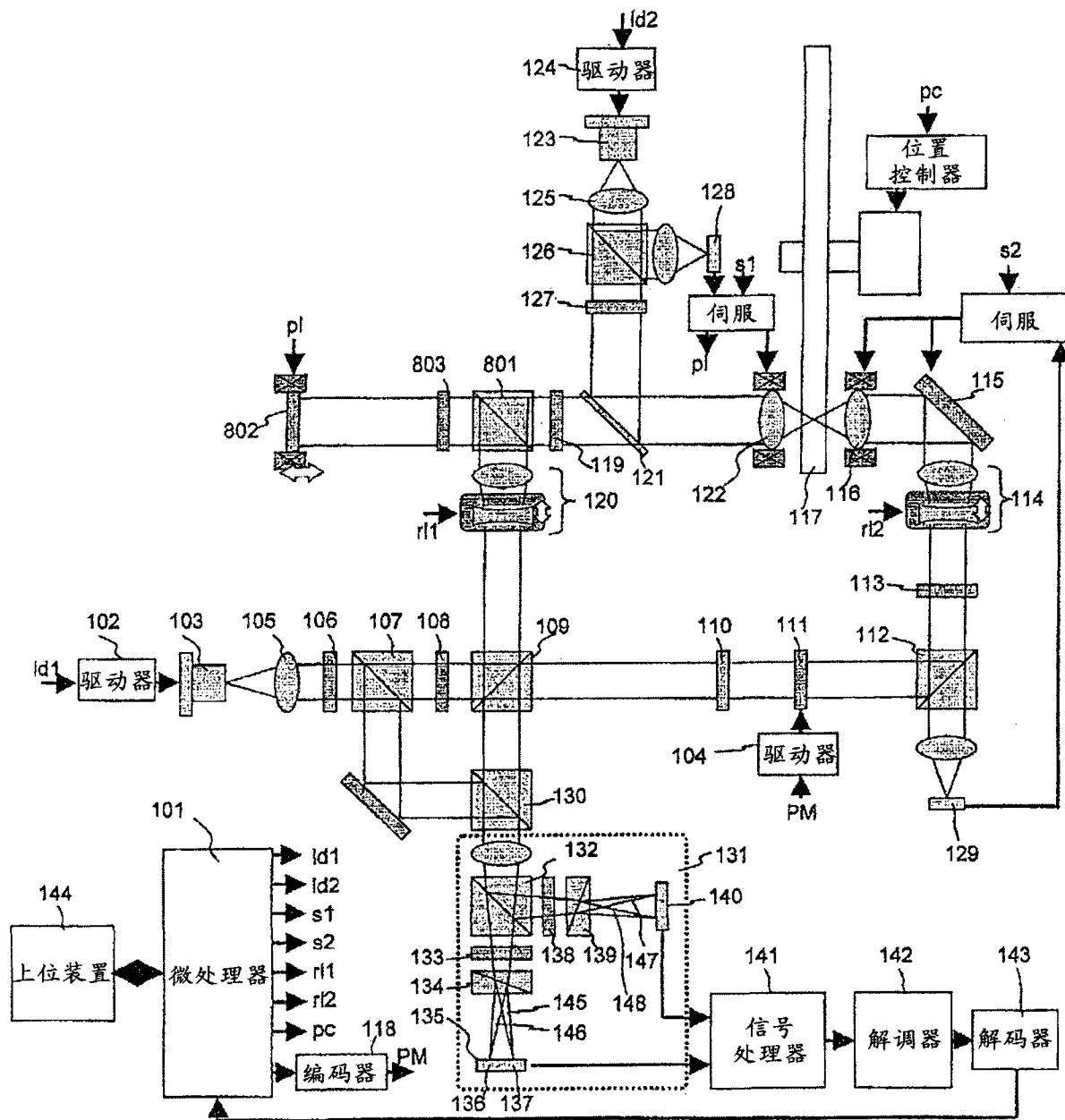


图 8

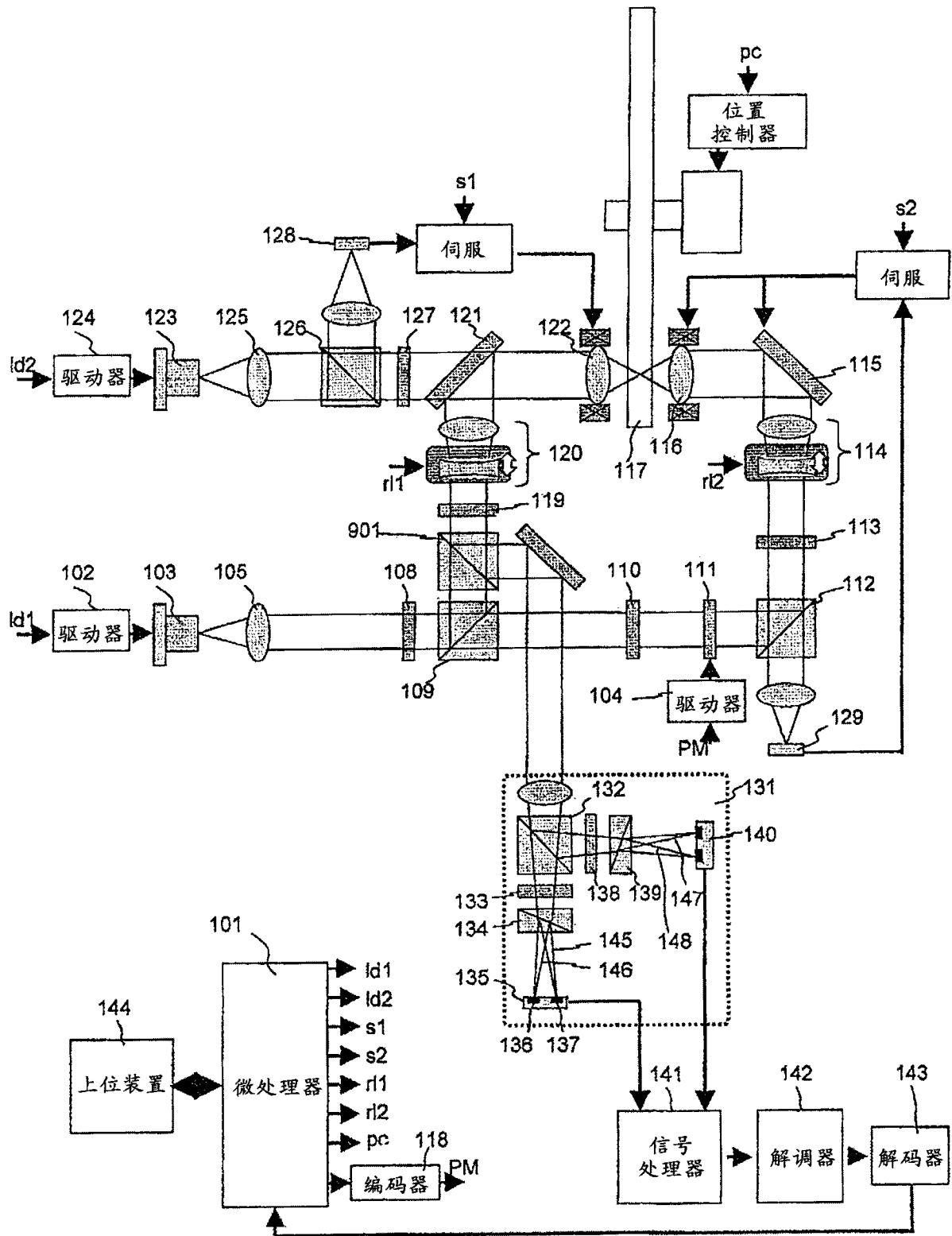


图 9

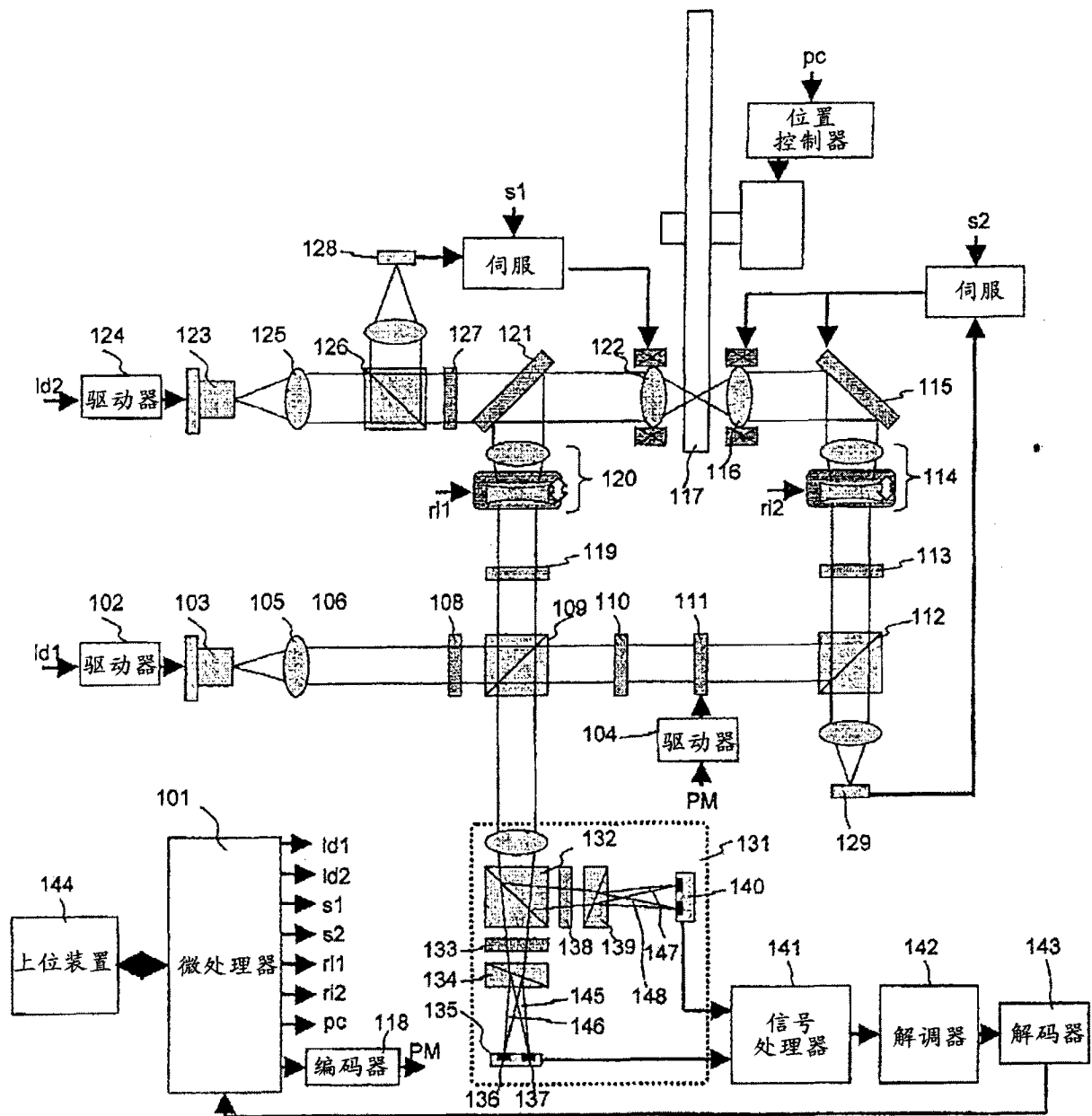


图 10

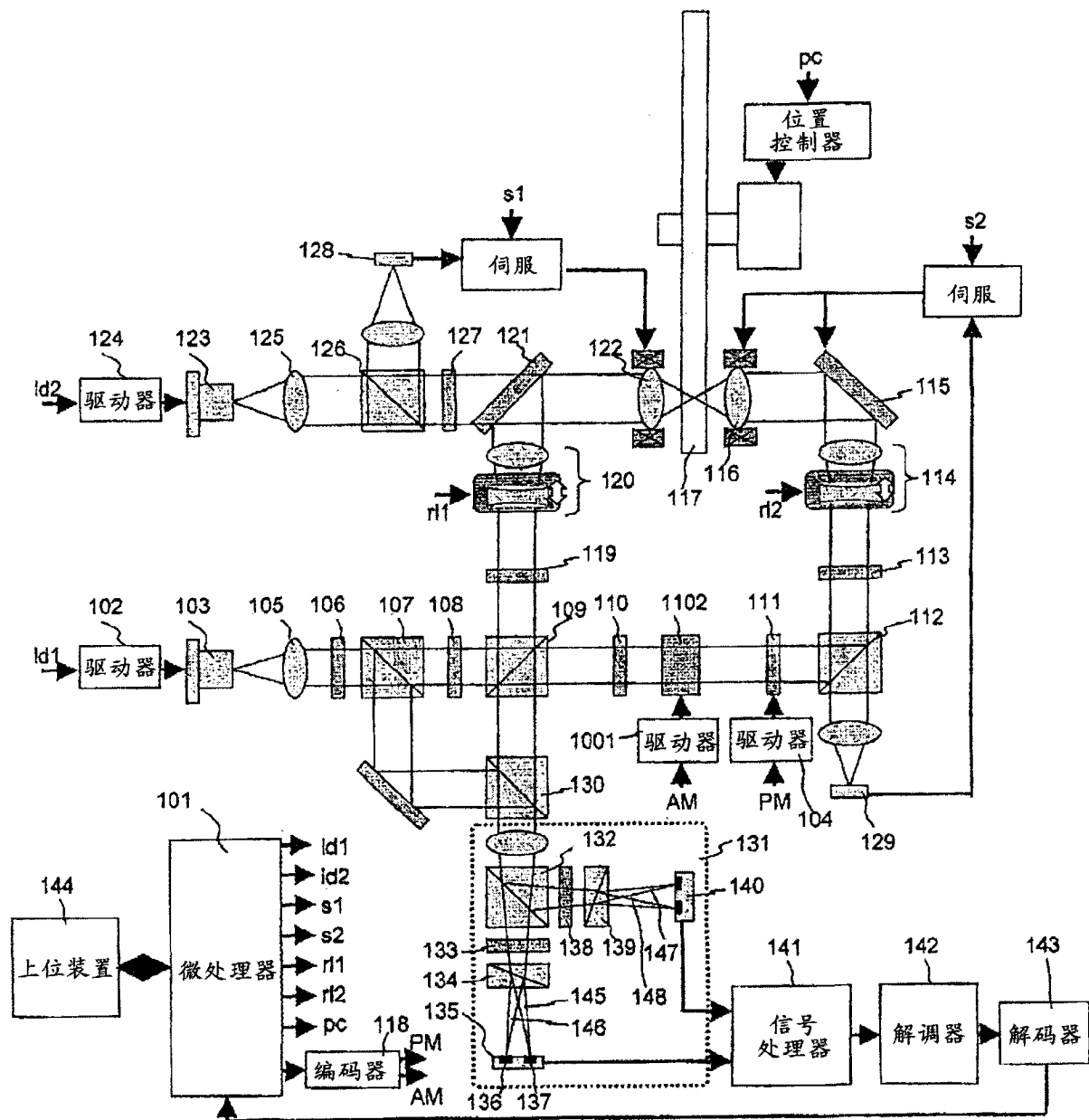


图 11

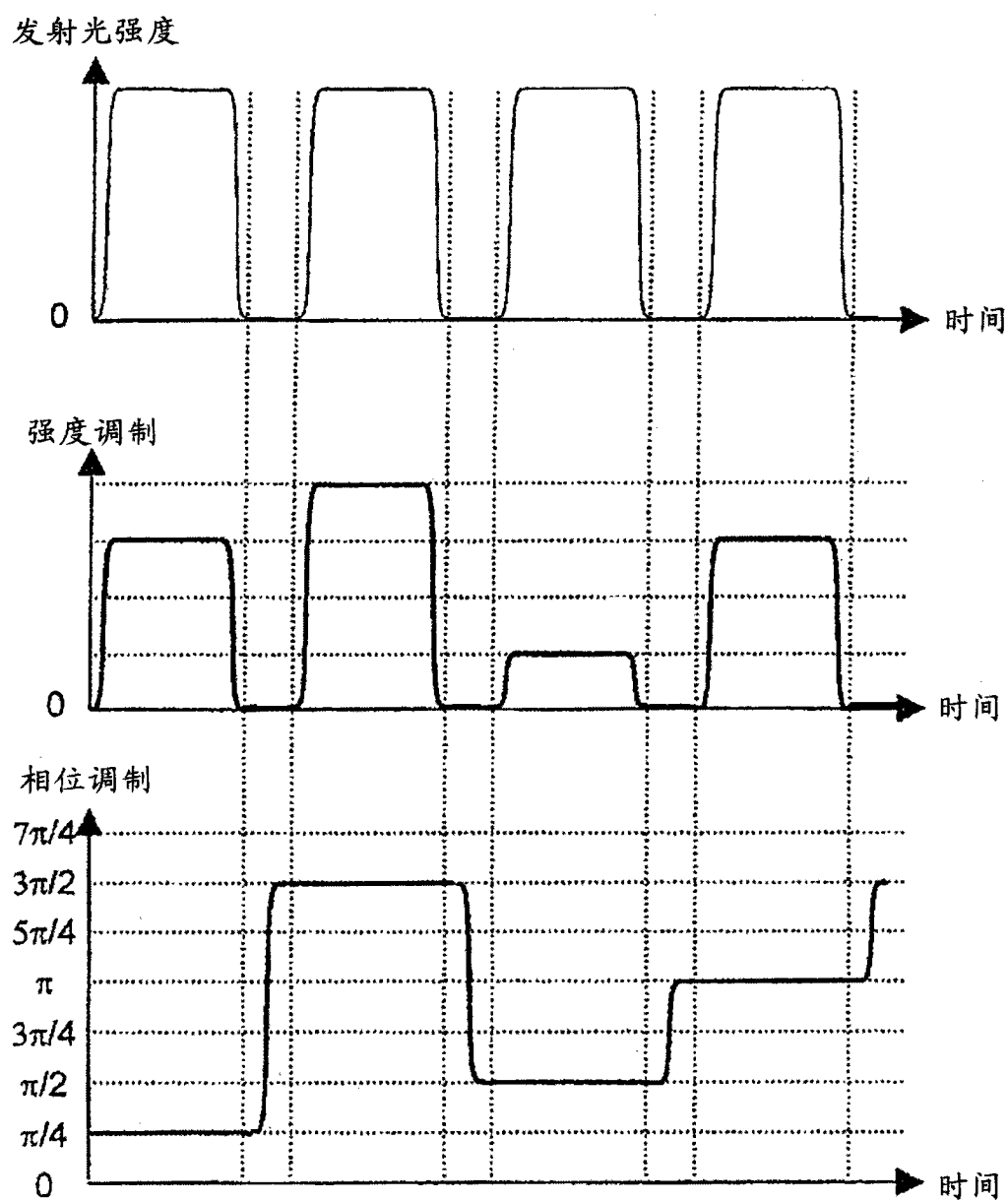


图 12

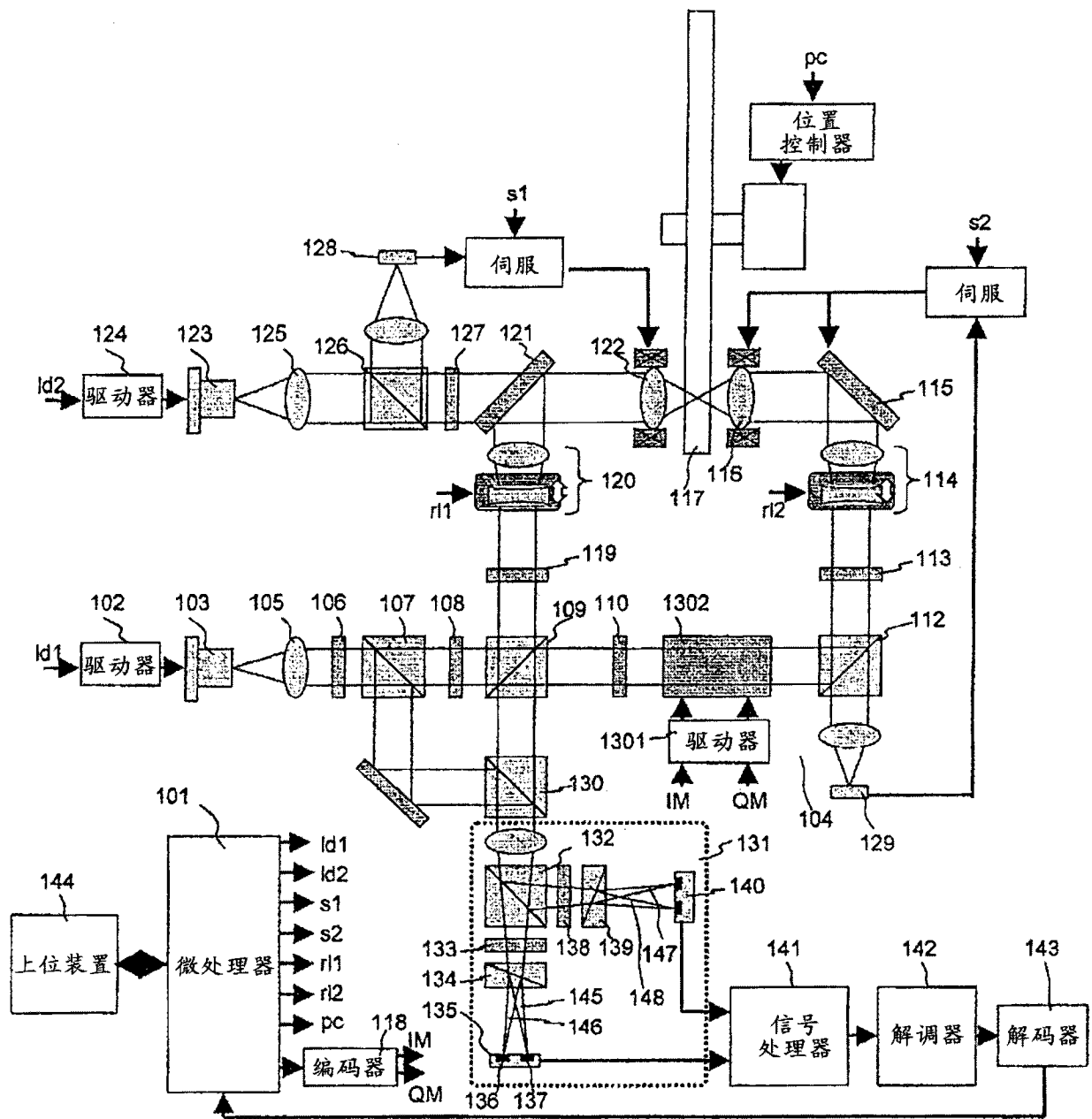


图 13

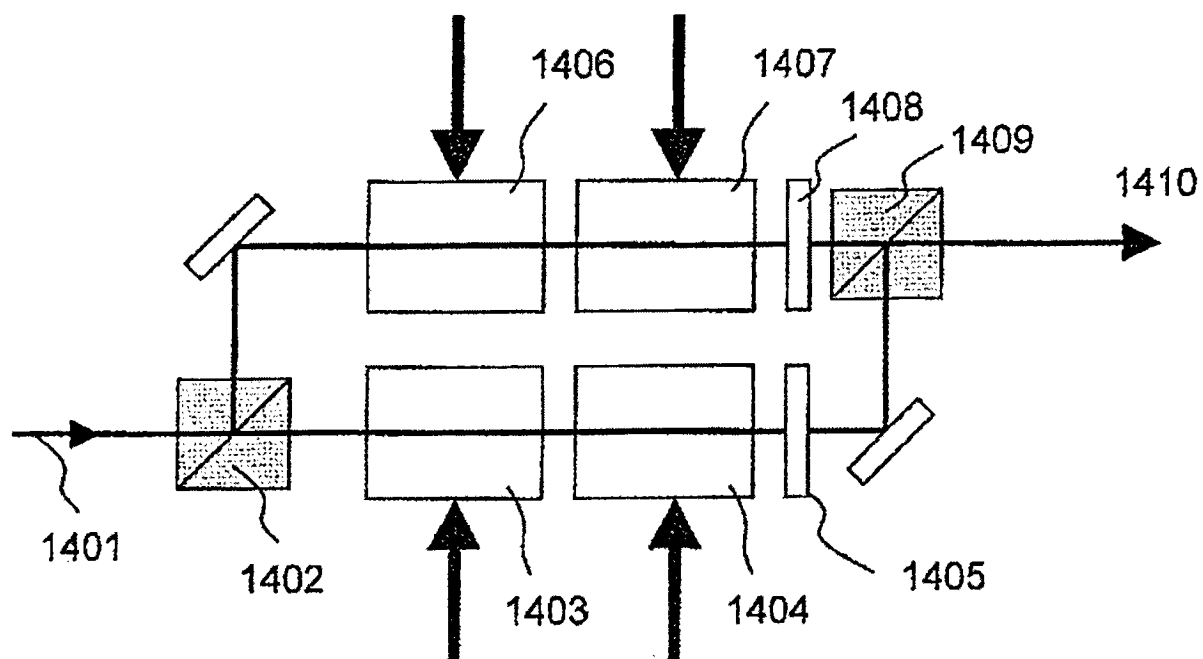


图 14

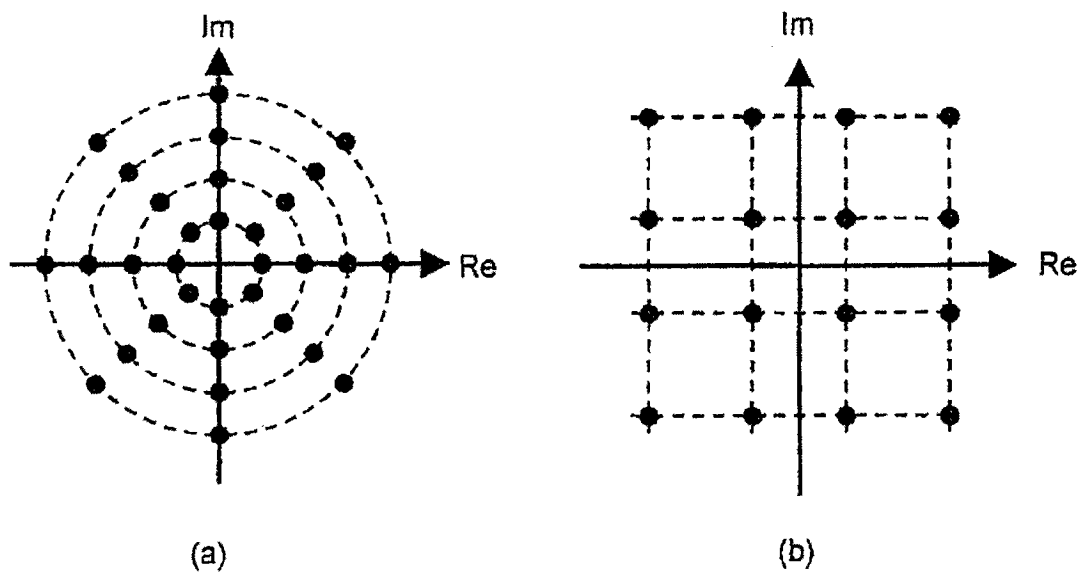


图 15

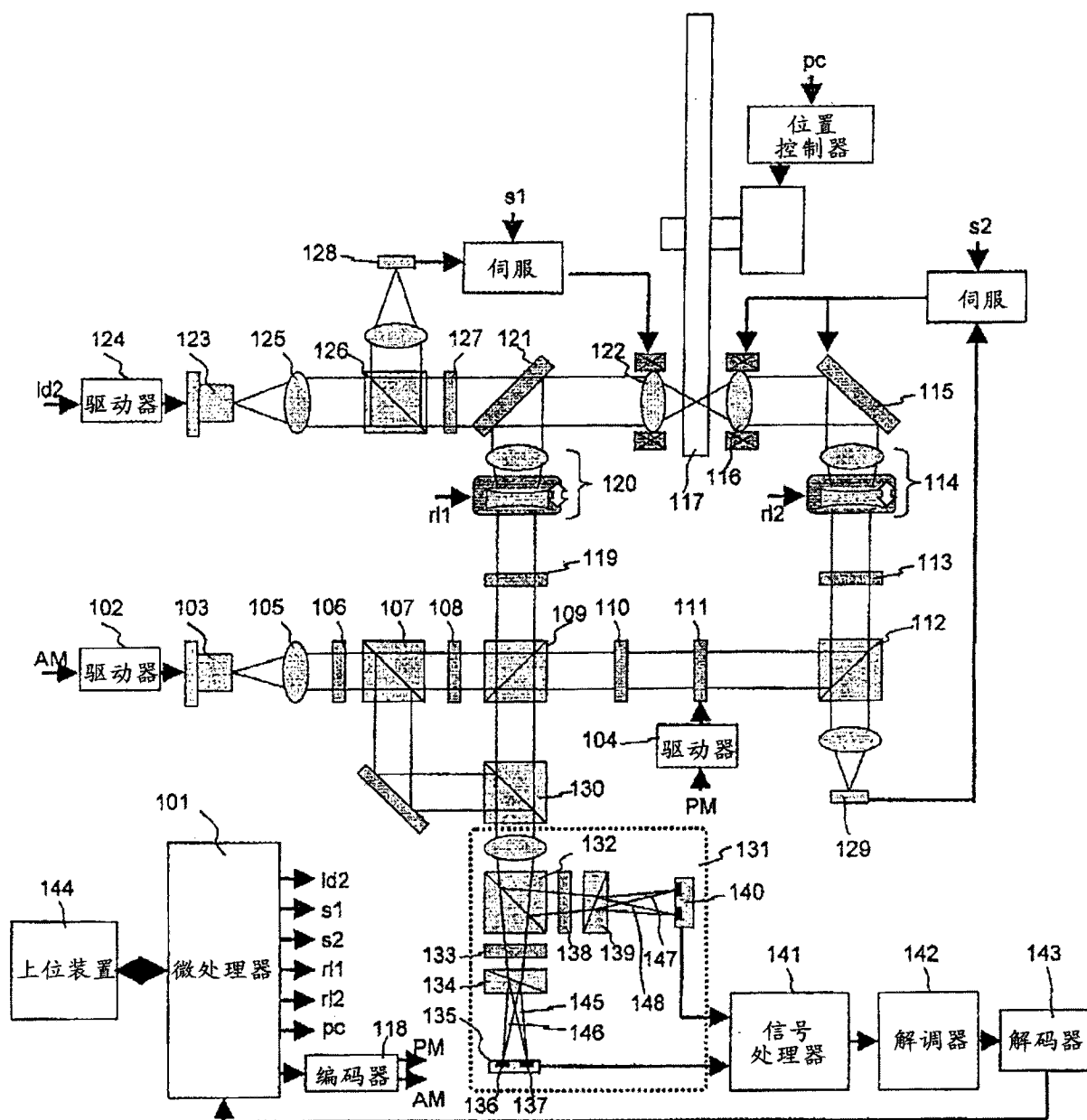


图 16

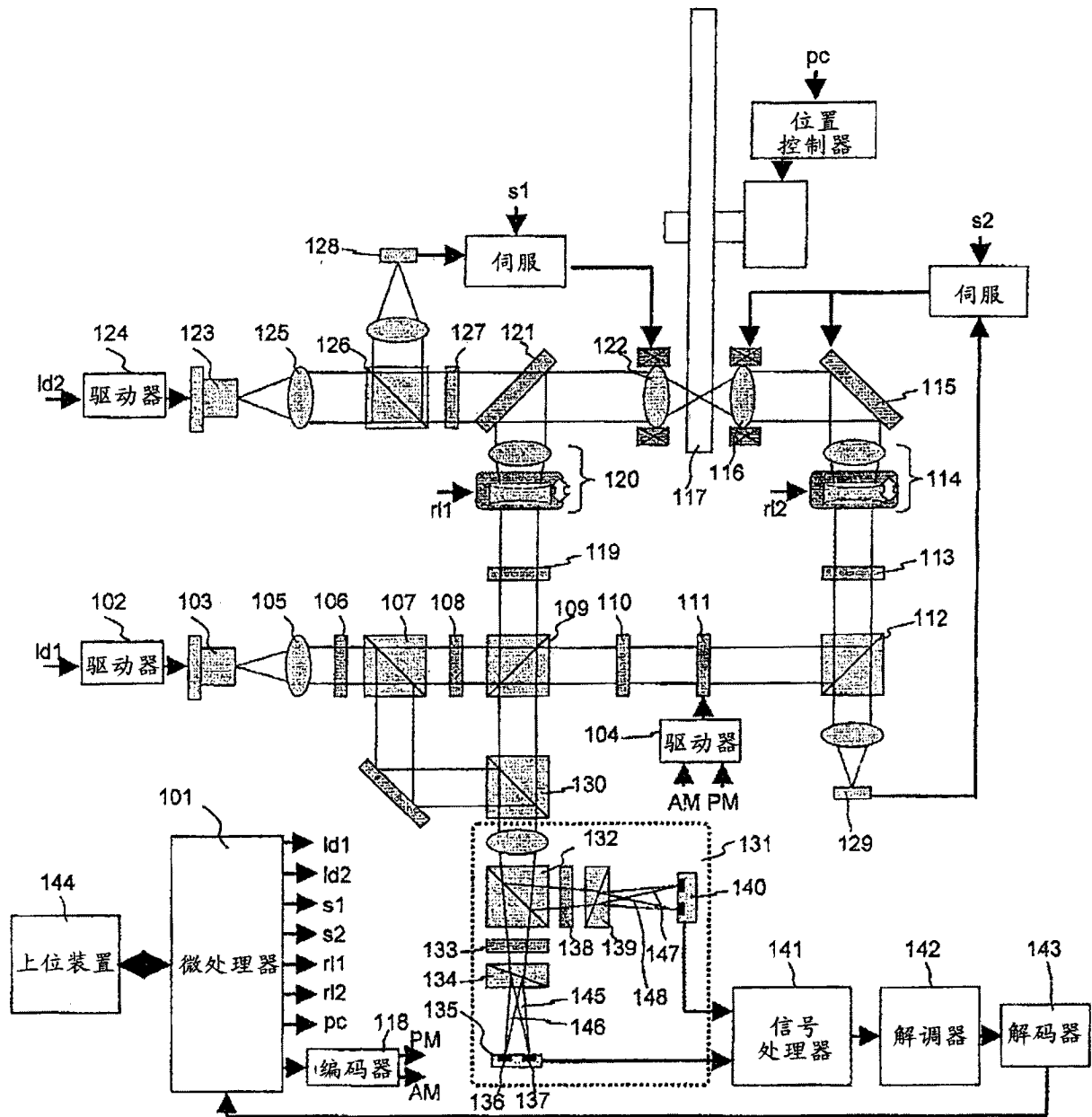


图 17

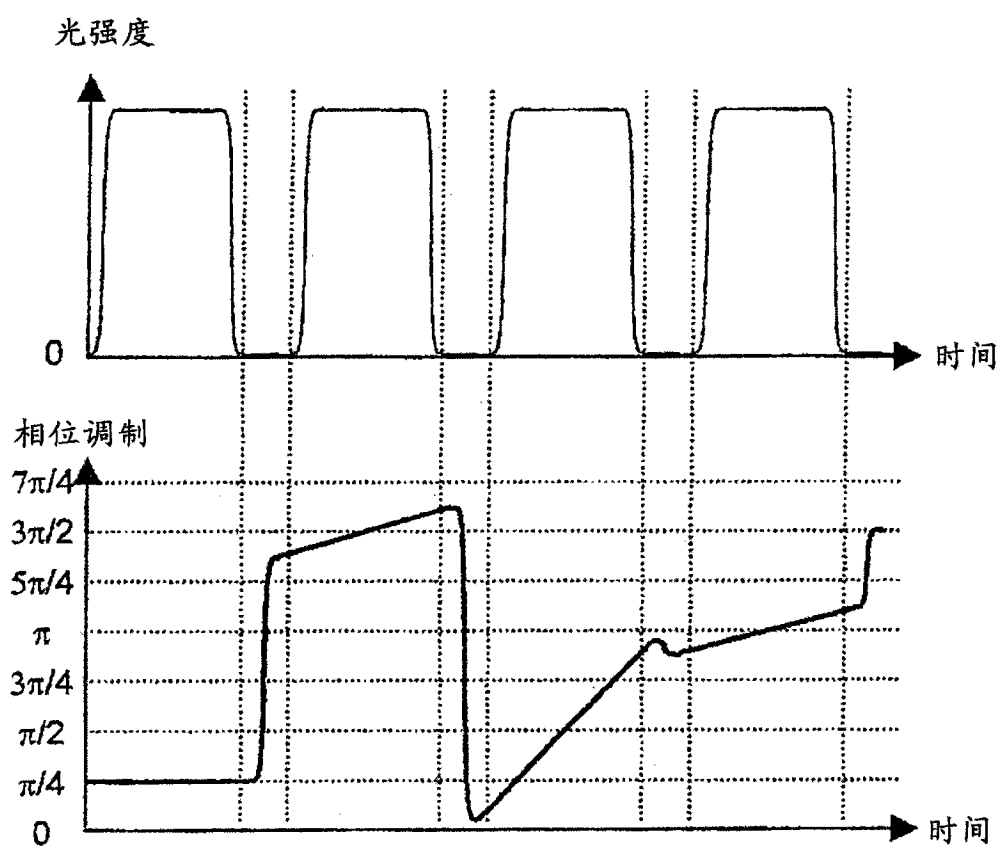


图 18

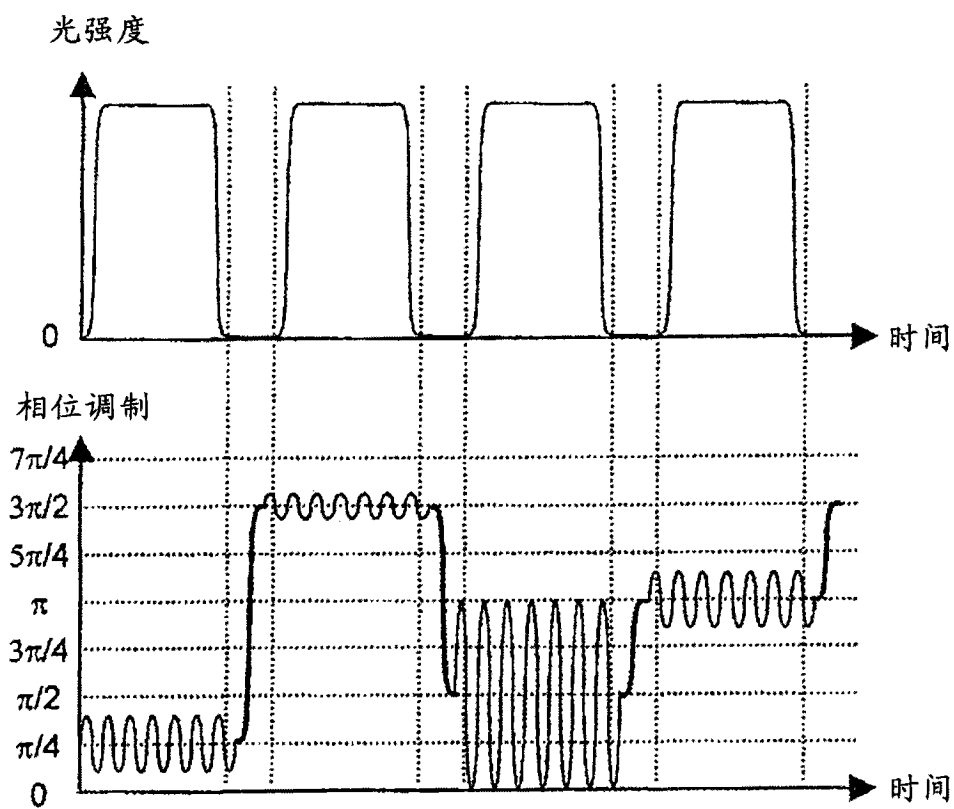


图 19

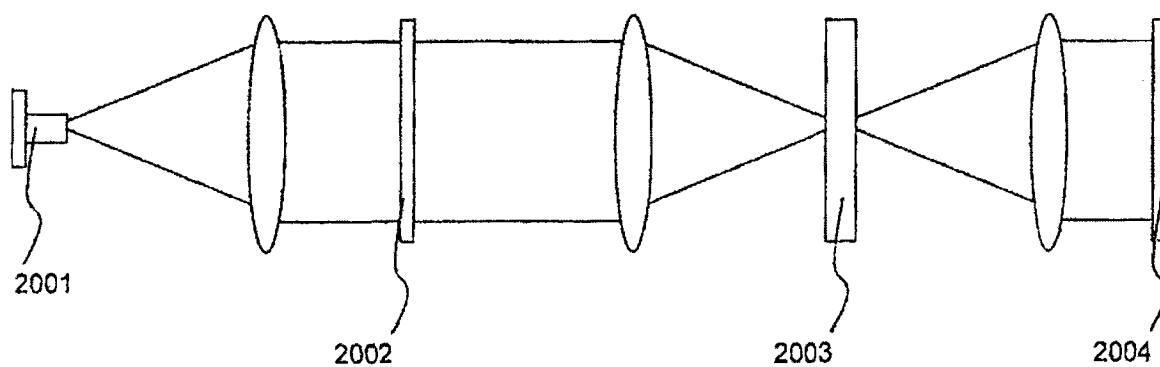


图 20

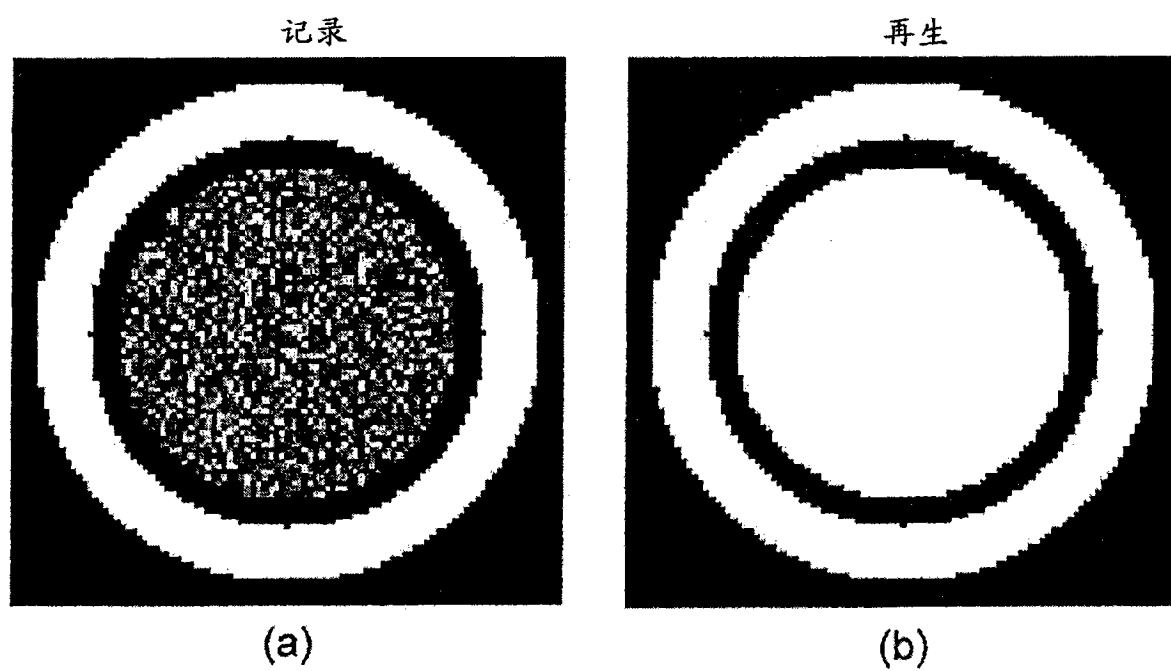


图 21

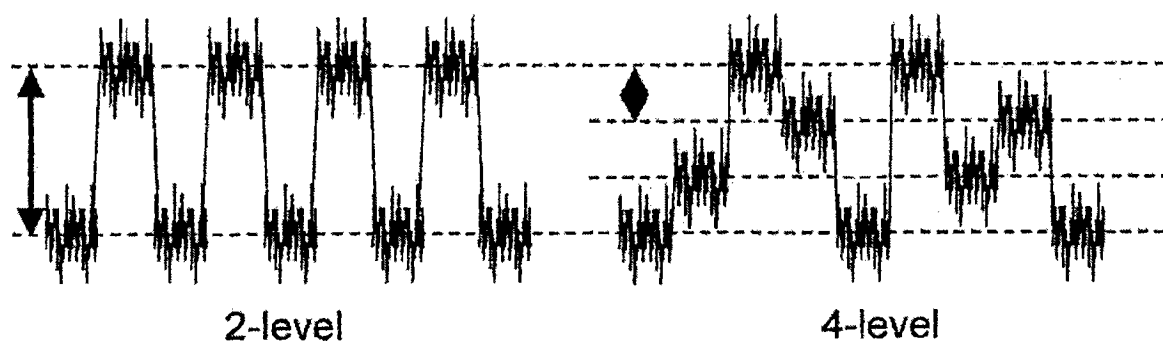


图 22

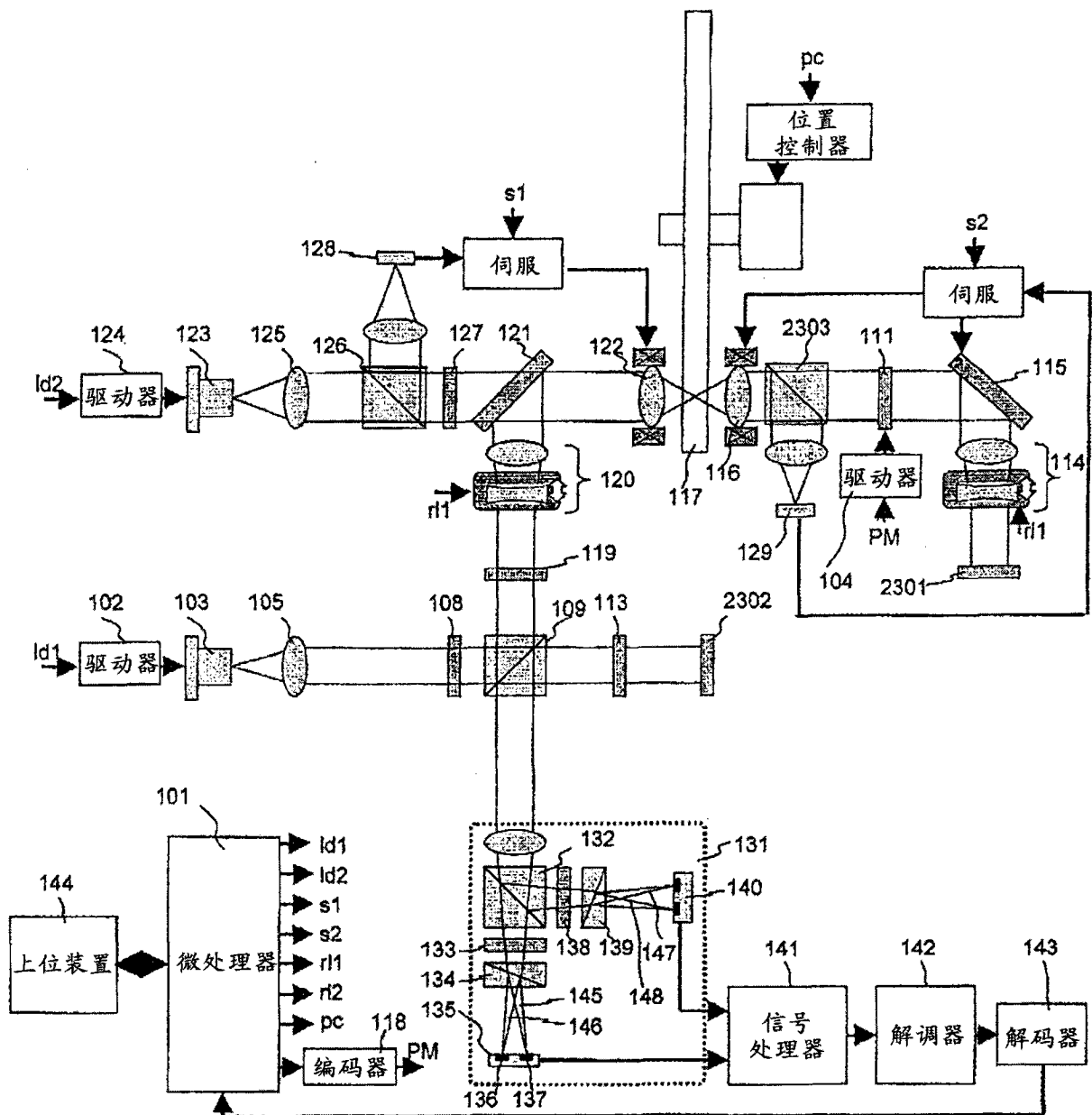


图 23

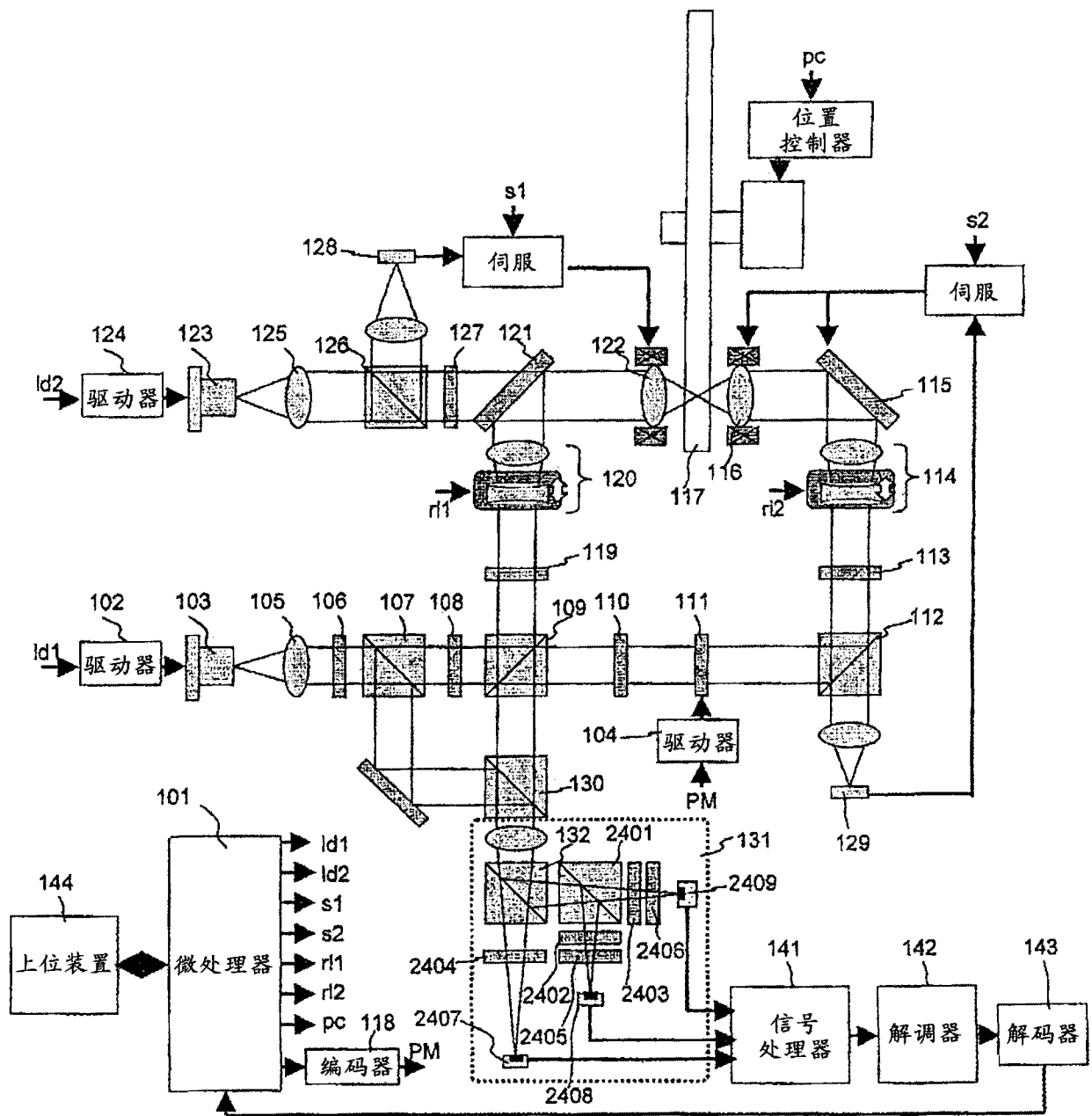


图 24

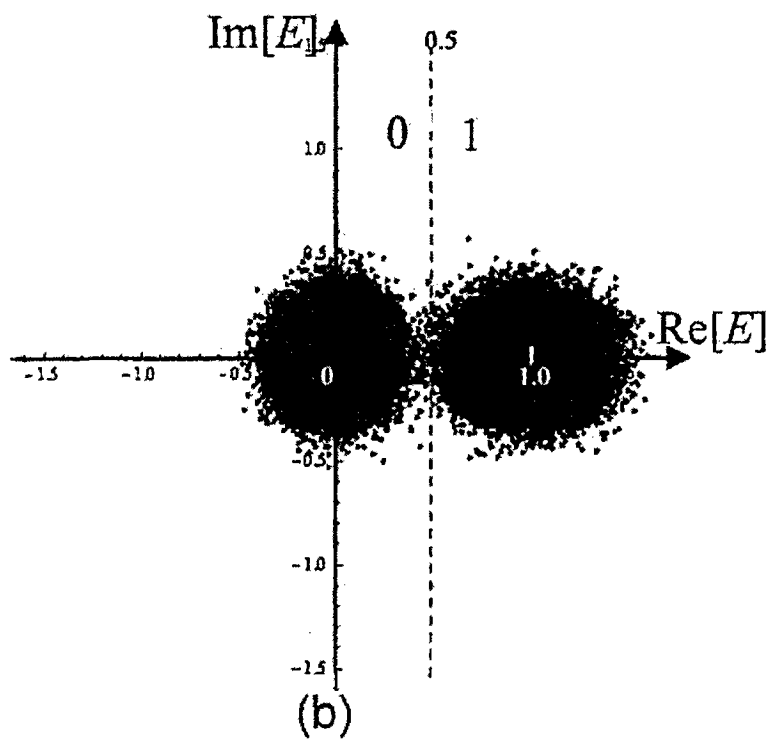
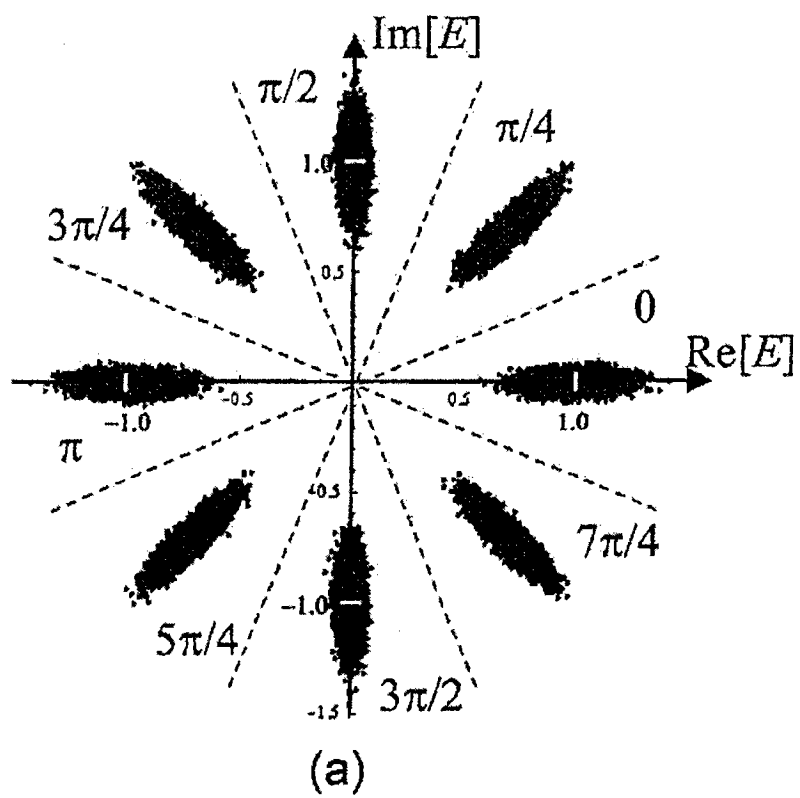


图 25

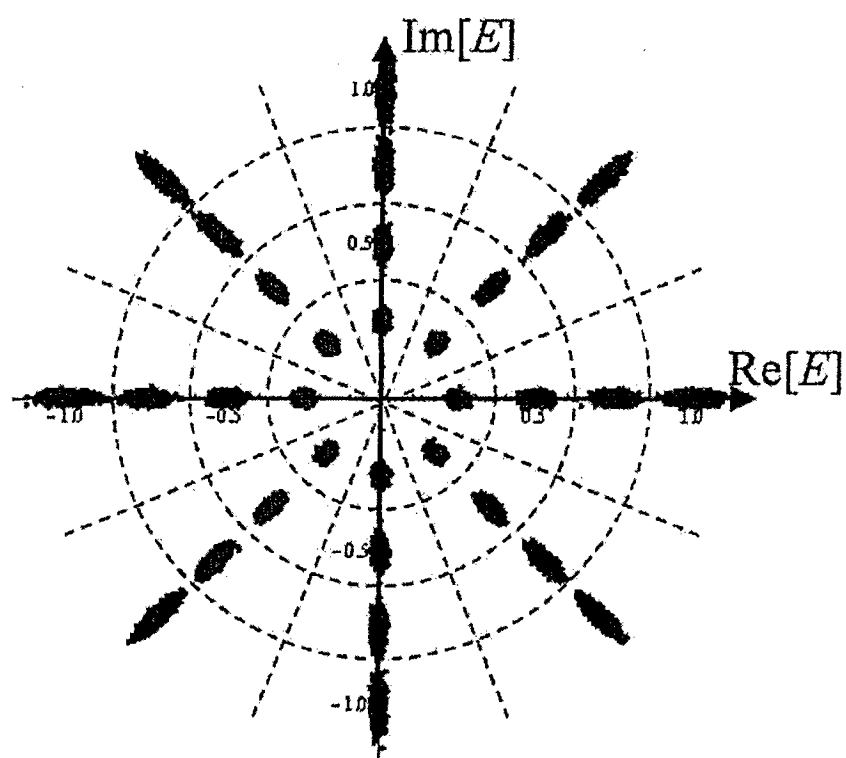


图 26