



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 102446519 A

(43) 申请公布日 2012. 05. 09

(21) 申请号 201110244046. 4

(22) 申请日 2011. 08. 19

(30) 优先权数据

2010-229221 2010. 10. 12 JP

(71) 申请人 日立视听媒体股份有限公司

地址 日本岩手县

(72) 发明人 达永里子 木村茂治 川村友人

(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 丁文蕴 熊志诚

(51) Int. Cl.

G11B 7/135(2012. 01)

G11B 7/14(2012. 01)

G11B 7/004(2006. 01)

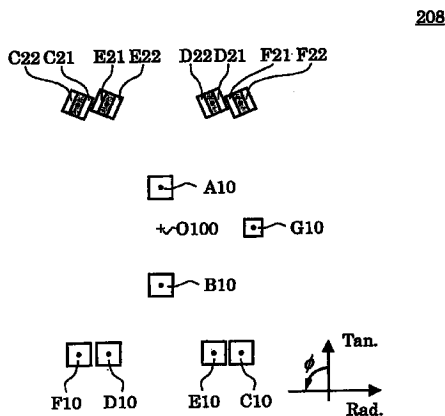
权利要求书 2 页 说明书 17 页 附图 23 页

(54) 发明名称

光学拾波器及光学信息记录重放装置

(57) 摘要

本发明涉及光学拾波器及光学信息记录重放装置。本发明要解决的问题是,在多层光盘的记录重放中,当在入射光聚焦在非对象层上的位置近旁具有物镜时,聚光在光检测器上的反射光因球面象差而扩展。由此,就聚焦误差信号的检测而言,在不存在信息记录层的位置扩展的光漏进检测器内,产生伪峰值。该伪峰值在对象层移动时可能产生误动作。本发明的技术方案是,在使来自光盘的反射光分割并衍射的衍射光学元件的区域中,就检测 FE 的区域而言,将因球面象差而使光斑扩展的方向定义为 θ ,通过使检测 FE 的受光部的矩形长边方向的倾斜度为 $0 \leq \phi \leq 2\theta$,由此降低扩展的光斑照射到受光部上。



1. 一种光学拾波器,其特征在于,具有:

光源;

用于将来自上述光源的光向具有多个记录层的记录介质进行照射的光学系统;

将来自上述记录介质的反射光分割成多个光束并进行衍射的衍射光学元件;以及

接受由衍射光学元件衍射而成的光束的光检测器;

上述光检测器具有检测聚焦误差信号的受光部,将上述受光部的长边方向配置成与上述记录介质的圆周方向相同、或者相对于圆周方向或半径方向而倾斜。

2. 根据权利要求1所述的光学拾波器,其特征在于,

上述聚焦误差信号从上述衍射光学元件中的反射光的中央部以外和推挽区域以外进行检测,

当将由通过上述反射光的中心的圆周方向的轴与通过上述反射光的中心及检测上述聚焦误差信号的区域的反射光的圆弧的中心的直线所形成的角设为 θ 、将上述受光部的长边方向的倾斜度以上述圆周方向的轴为基准设为 ϕ 时,以 $0 \leq \phi \leq 2\theta$ 的方式进行配置。

3. 根据权利要求1所述的光学拾波器,其特征在于,

上述聚焦误差信号由上述衍射光学元件中的反射光的中央部以外和推挽区域以外进行检测,

当将由通过上述反射光的中心的圆周方向的轴与通过上述反射光的中心及检测上述聚焦误差信号的区域的反射光的圆弧的中心的直线所形成的角设为 θ 、将上述受光部的长边方向的倾斜度以上述圆周方向的轴为基准设为 ϕ 时,以 $0 < \phi \leq 2\theta$ 的方式进行配置。

4. 根据权利要求1所述的光学拾波器,其特征在于,

上述聚焦误差信号从上述衍射光学元件中的推挽区域进行检测,

当将由通过上述反射光的中心的半径方向的轴与通过上述反射光的中心及检测上述聚焦误差信号的区域的反射光的圆弧的中心的直线所形成的角设为 θ 、将上述受光部的长边方向的倾斜度以上述半径方向的轴为基准设为 ϕ 时,以 $0 < \phi \leq 2\theta$ 的方式进行配置。

5. 根据权利要求1所述的光学拾波器,其特征在于,

当将上述衍射光学元件中的由通过上述反射光的中心的圆周方向的轴与通过上述反射光的中心及上述衍射光学元件的分割区域的上述反射光的圆弧的中心的直线所形成的角设为 θ 、将上述受光部的长边方向的倾斜度以上述圆周方向的轴为基准设为 ϕ 时,以 $0 \leq \phi \leq 2\theta$ 的方式进行配置。

6. 根据权利要求1所述的光学拾波器,其特征在于,

当将上述衍射光学元件中的由通过上述反射光的中心的圆周方向的轴与通过上述反射光的中心及上述衍射光学元件的分割区域的上述反射光的圆弧的中心的直线所形成的角设为 θ 、将上述受光部的长边方向的倾斜度以上述圆周方向的轴为基准设为 ϕ 时,以 $0 < \phi \leq 2\theta$ 的方式进行配置。

7. 根据权利要求1所述的光学拾波器,其特征在于,

上述聚焦误差信号通过刀刃法进行检测,

上述衍射光学元件不产生0次光。

8. 根据权利要求1所述的光学拾波器,其特征在于,

上述衍射光学元件具有上述反射光的中央部以外和推挽区域以外的第一区域,

生成使透过上述第一区域的光向上述圆周方向和上述半径方向衍射的第一衍射光。

9. 根据权利要求 1 所述的光学拾波器,其特征在于,

上述衍射光学元件具有推挽区域,

生成使透过上述推挽区域的光向上述圆周方向衍射的第二衍射光。

10. 根据权利要求 1 所述的光学拾波器,其特征在于,

从上述记录介质检测出的跟踪误差信号通过以下数学式而生成,

[数学式 2]

$$\text{TESDPP1} = (\text{A10}-\text{B10})-\text{kt} \times \{(\text{C10}+\text{D10})-(\text{E10}+\text{F10})\} \quad (1-2)$$

其中 :A10、B10 为接受推挽区域的光的区域,C10、D10、E10、F10 为接受中央部以外和推挽区域以外的区域的光的区域,

上述常数 kt 是上述中央部以外和推挽区域以外的区域的光量相对于全部光量的比率,

上述 kt 值使上述中央部以外和推挽区域以外的区域的 $\pm n$ 次光的一方相对于另一方的分光比,与上述中央部以外和推挽区域以外的区域的面积比例相应地增大。

11. 一种光学信息记录重放装置,其特征在于,具有:

光源;

用于将来自上述光源的光向具有多个记录层的记录介质进行照射的光学系统;

将来自上述记录介质的反射光分割成多个光束并进行衍射的衍射光学元件;

接受由上述衍射光学元件衍射而成的光束的光检测器;

从通过上述光检测器检测出的信号生成再生信号、聚焦误差信号及跟踪信号的电路;
以及

由上述聚焦误差信号及跟踪信号控制聚焦及跟踪的控制部;

上述光检测器具有检测聚焦误差信号的受光部,将上述受光部的长边方向配置成与上述记录介质的圆周方向相同、或者相对于圆周方向或半径方向而倾斜。

光学拾波器及光学信息记录重放装置

技术领域

[0001] 本发明涉及光学拾波器及光学信息记录重放装置,尤其涉及例如对具有多个记录层的多层光盘进行记录或重放的光学拾波器及搭载了该光学拾波器的光学信息记录重放装置。

背景技术

[0002] 光学信息记录重放装置具有对光盘进行音乐、图像及各种数据等信息进行记录及重放的功能。

[0003] 光盘已达到由蓝色半导体激光和高 NA 物镜实现的蓝光盘 (BD:Blu-ray Disc) 的产品化,并朝向进一步的大容量化,预定实现信息记录层的多层化的多层光盘的产品化。

[0004] 可是,在多层光盘中,存在从记录重放的对象层以外的非对象层反射的杂散光漏进检测器中,对伺服信号产生影响的层间串扰的问题。以下,将作为记录重放的对象的记录层称为对象层,将对象层以外的记录层称为非对象层。

[0005] 光盘装置由光检测器接受来自光盘的反射光,由根据受光量的检测信号生成重放射频 (RF) 信号 (RFS:Radio Frequency Signal)、聚焦误差信号 (FES:Focus Error Signal)、跟踪误差信号 (TES:Tracking Error Signal)。跟踪误差 (TE) 的检测法包含差分推挽法 (DPP:Differential Push-Pull) 或差分相位检测法 (DPD:Differential Phase Detection),焦距误差 (FE) 的检测方法包含像散法、光斑大小检测法 (SSD:Spot Size Detection) 及刀刃法。在此,SSD 法记载在专利文献 1(日本特开 2008-287851 号)中,刀刃法记载在专利文献 2(日本特开 2010-61751 号(对应 US2010/0061202 号))及专利文献 3(日本特开 2009-170087 号)中。

[0006] 图 1 表示 FE 检测的 SSD 法和刀刃法的衍射光栅和光检测器的一例,图 1(i) 对应 SSD 法的情况,图 1(ii)、(iii) 对应刀刃法的情况,图 1(i) ~ (iii) 的 (a)、(b) 分别对应于衍射光栅和 FES 检测器的配置。在图 1(ii)、(iii) 中,检测 FE 的反射光的区域(粗框所示)有所不同,图 1(ii) 是由反射光中央和推挽 (PP) 区域以外的反射光(刀刃法 A) 进行检测,图 1(iii) 是由 PP 区域的反射光(刀刃法 B) 进行检测。在记录型光盘中,由于在入射光斑位于非跟踪位置的情况下 PP 区域的光亮平衡产生变化,因此需要在 FE 的检测中抑制非跟踪的影响。因此,在 SSD 方法中,将检测器的分割线、即分割成矩形的区域的长边方向作为光盘的半径方向 (radial:Rad. 方向);在刀刃法中,将相对于一个光斑检测散焦的两个分割受光区域的矩形长边方向作为 Rad. 方向,将分割受光区域的并列方向作为与矩形长边方向正交的光盘圆周方向 (tangential:Tan. 方向)。

[0007] 关于在记录重放多层光盘方面成为课题的层间串扰对策的技术,例如记载在专利文献 1 ~ 3 中。都是一束光束方式的拾波器,作为层间串扰对策而使用衍射光学元件,通过检测出 +1 次以上或 -1 次以下的衍射光来分离杂散光和信号光。

[0008] 对以图 1(ii) 所示的刀刃法 A 的、NA 为 0.85、倍率 12、一束光束方式的光学拾波器的、从衬底侧具有 L0、L1、L2、L3 和记录层的四层 BD 的 L0 层为对象层的情况进行了 FES 的

模拟实验。四层 BD 的层间隔分别为 :L0-L1 之间为 $15.5\mu\text{m}$, L1-L2 之间为 $19.5\mu\text{m}$, L2-L3 之间为 $11.5\mu\text{m}$ 。图 2(a) 是模拟实验结果,各个峰值分别由图表中的字母来识别。峰值 A 对应于对象层 L0 的 S 字峰值,峰值 B ~ D 依次分别为非对象层 L1 ~ L3 的 S 字峰值,峰值 E 为覆盖层表面的 S 字峰值。在图 2(a) 的图表中,可以确认在非对象层 L2 的峰值 C 的近旁存在伪峰值 C'。由于在多层光盘中存在相距两层以上的非对象层(以下,称为远层),因此对象层和远层之间的层间隔比起相邻的非对象层层间隔非常宽。因而可以推测到球面象差对来自远层的反射光呈现的影响。这种伪峰值 C' 的呈现是根据该模拟实验结果而首次被发现的现象。图 2(b) 表示模拟实验中的衍射光栅和 FE 检测器,衍射光栅中的记号所示的区域的光由相同记号的检测器进行检测。在图 2(b) 的情况下,透过衍射光栅中的区域 a ~ d 的来自远层的光因球面象差而使光斑在 FE 检测器上的箭头所示的方向上扩展。由于 FE 检测器中的分割受光区域的矩形长边方向与 Rad. 方向一致、受光区域的并排方向与 Tan. 方向一致,因此在光斑向箭头所示的方向扩展的情况下,会成为光漏进分割受光区域而产生 FES 的伪峰值的原因。在反射率低的多层 BD 中,由于与图 2(a) 的峰值 B ~ D 对应的非对象层 S 字峰值的强度低,使得用于将对象层向其他的记录层移动所需的记录层数的计数不正确,产生层移动的误动作。图 2(c) 是在刀刃法 A 的、NA 为 0.85、倍率 12、一束光束方式的光学拾波器中,将四层 BD 的 L0 层作为对象层时的 FES 实机测定结果。与模拟实验结果相同,在远层的峰值 C 的近旁确认了伪峰值 C' 的存在。

发明内容

[0009] 本发明的目的就在于解决上述问题。

[0010] 上述课题通过使 FE 检测器受光部的长边方向的配置与光盘的切线方向相同,或者相对于切线方向在规定范围内倾斜而完成。

[0011] 具体而言,在多层介质的记录重放时的 FE 检测中,

[0012] 就 (1) 采用刀刃法 A(从反射光中央以外和 PP 区域以外进行 FE 检测) 的情况 ;(2) 采用刀刃法 B(从 PP 区域进行 FE 检测) 的情况 ;(3) 采用 SSD 法的情况而言,在将光斑因球面象差而扩展的方向设为 θ 时,在 (1) 和 (3) 中,将与 Tan. 方向一致的轴与 FE 检测器受光部的长边方向所形成的角定义为 ϕ ,另外在 (2) 的情况中,将与 Rad. 方向一致的轴与 FE 检测器受光部的长边方向所形成的角定义为 ϕ ,使 ϕ 为 $0 \leq \phi \leq 2\theta$ 或 $0 < \phi \leq 2\theta$ 。

[0013] 在该范围中,由于检测器检测散焦的方向(与 FE 检测器受光部的长边方向正交的方向)与光斑因球面象差而扩展的方向大致垂直,因此球面象差对 FES 几乎未呈现影响。

[0014] 本发明的发明效果为:根据本发明,对于多层光盘记录重放所使用的光学拾波器,能够实现由物镜的位置而使入射光大致聚光在远层上的情况下减少球面象差的影响、并使 FES 的伪峰值减小的光学拾波器及光学信息记录重放装置。

附图说明

[0015] 图 1 是现有的光检测器的结构图。

[0016] 图 2 是表示本专利所解决的课题的图。

[0017] 图 3 是表示光学信息记录重放装置整体的结构的框图。

[0018] 图 4 是表示实施例 1 ~ 3 所涉及的光学拾波器的结构的示意图。

[0019] 图 5 是表示实施例 1 所涉及的衍射光学元件的结构示意图。

[0020] 图 6 是表示相对于衍射光学元件的 FE 检测区域的反射光斑扩展的方向 θ 的定义的示意图。

[0021] 图 7 是表示实施例 1 所涉及的检测器的结构的示意图。

[0022] 图 8 是表示实施例 1 所涉及的检测 FE 的检测器的结构的示意图。

[0023] 图 9 是表示实施例 1 所涉及的来自非对象层的杂散光照射在光检测器上的位置的示意图。

[0024] 图 10A 是表示实施例 1 所涉及的 FE 受光部的杂散光模拟实验的图。

[0025] 图 10B 是表示实施例 1 所涉及的跟踪时的 FE 信号的模拟实验结果的图。

[0026] 图 10C 是表示实施例 1 所涉及的非跟踪时的 FE 信号的模拟实验结果的图。

[0027] 图 11 是表示实施例 2 所涉及的检测器的结构的示意图。

[0028] 图 12 是表示实施例 2 所涉及的检测 FE 的检测器的结构的示意图。

[0029] 图 13 是表示实施例 2 所涉及的 FE 受光部的杂散光模拟实验和 FE 信号模拟实验的结果的图。

[0030] 图 14 是表示实施例 3 所涉及的衍射光学元件的结构示意图。

[0031] 图 15 是表示相对于衍射光学元件的 FE 检测区域的反射光斑扩展的方向 θ 的定义的示意图。

[0032] 图 16 是表示实施例 3 所涉及的检测器的结构的示意图。

[0033] 图 17 是表示实施例 3 所涉及的检测 FE 的检测器的结构的示意图。

[0034] 图 18 是表示实施例 4 所涉及的光学拾波器的结构的示意图。

[0035] 图 19 是表示实施例 4 所涉及的衍射光学元件的结构示意图。

[0036] 图 20 是表示相对于衍射光学元件的 FE 检测区域的反射光斑扩展的方向 θ 的定义的示意图。

[0037] 图 21 是表示实施例 4 所涉及的检测器的结构的示意图。

[0038] 图 22 是表示实施例 4 所涉及的检测 FE 的检测器的结构的示意图。

[0039] 图 23 是表示实施例 5 所涉及的检测器的结构的示意图。

[0040] 图 24 是表示实施例 5 所涉及的检测 FE 的检测器的结构的示意图。

[0041] 图 25 是说明受光部的形状的图。

[0042] 图中：

[0043] 1-光学信息记录重放装置,100-光盘,101-激光驱动器,102-光学拾波器,103-信号处理电路,104-解调电路,105-译码电路,106-地址检测电路,107-伺服电路,108-驱动控制电路,109-系统控制器,110-驱动器,111-主轴电动机,200-半导体激光器,201-偏振光束分光器,202-准直透镜,203-光束扩展器,204-1/4 波长板,205-物镜,206-全息元件,207-衍射光学元件,208-光检测器,L300-来自光盘的反射光,O100、O300-光检测器中心,A100、A400-与光盘圆周方向一致的衍射光学元件上的轴,A300-与光盘半径方向一致的衍射光学元件上的轴,A110、A210、A410-与光盘的圆周方向一致的光检测器上的轴,A310-与光盘半径方向一致的光检测器上的轴,11a~11g、12a~12g、13a~13g、30a~30i、40a~40g-衍射光学元件的分割区域,A10~G10、C11~C14、D11~D14、E11~E14、F11~F14、C21、C22、D21、D22、E21、E22、F21、F22、A30~I30、A31~H31、A32~D32、A40~G40、

P40 ~ S40、I41 ~ I49、J41 ~ J49、K41 ~ K46、L41 ~ L46、M41 ~ M46、N41 ~ N46、A50 ~ G50、P50 ~ S50、I51 ~ I53、J51 ~ J53、K51 ~ K56、L51 ~ L56、M51 ~ M56、N51 ~ N56- 光检测器受光部。

具体实施方式

[0044] 以下,对本发明的实施方式进行了描述。

[0045] 实施例 1

[0046] 对来自光盘 100 的反射光 L300 中,在 PP 区域以外,而且从包含反射光轴中心的中央区域以外的区域生成 FES 的情况,即刀刃法 A 的情况进行说明。

[0047] 当将通过反射光中心的 Tan. 方向的轴 A100 与通过反射光 L300 的中心及检测 FE 的连续的反射光区域的圆弧中心的直线所形成的角设为 θ 时,球面象差明显地出现在 θ 方向附近。在实施例 1 中,就 FE 的光检测器受光部而言,使矩形长边方向的倾斜度以 Tan. 方向的轴为基准在 $0 \leq \phi \leq 2\theta$ 之间。根据这种结构,在因物镜 205 的位置而使入射光大致聚光在远层的情况下,可以防止因球面象差而在检测器 208 表面上扩展的杂散光斑漏进光检测器受光部内。

[0048] < 光学信息记录重放装置的结构 >

[0049] 图 3 是表示根据本发明的光学信息记录重放装置的概略结构的图。光学信息记录重放装置 1 为在光盘 100 上记录或重放信息的装置,其具备:激光驱动器 101;射出激光而检测来自光盘 100 的反射光的光拾波器 102;多个信号处理部 103 ~ 108;用于在光盘 100 的规定的轨迹中进行记录重放的驱动器 110;使光盘 100 旋转的主轴电动机 111;以及控制光学信息记录重放装置 1 整体的系统控制器 109。

[0050] 包含在光学拾波器 102 中的半导体激光器 200 由激光驱动器 101 进行控制。从半导体激光器 200 射出的光束通过包含在光学拾波器 102 中的物镜 205 而照射在具有多个信息记录层的光盘 100 上。然后,其反射光由包含在光学拾波器 102 中的光检测器 208 进行检测。

[0051] 信号处理电路 103 根据检测信号而生成重放 RF 信号 (RFS)、FE 信号 (FES) 及 TE 信号 (TES)。RFS 经由解调电路 104 及译码电路 105 而向系统控制器 109 送出。FES 及 TES 经由地址检测电路 106 及伺服电路 107 而向驱动控制部 108 送出。驱动控制部 108 根据来自系统控制器 109 的命令对主轴电动机 111 进行控制,使光盘 100 以规定的转速进行旋转。

[0052] 驱动器 110 从驱动控制部 108 接收伺服信号、地址信号,并根据这些对光学拾波器 102 进行控制。

[0053] 光学拾波器 102 及信号处理电路 103 根据因 BD-R/RE 或 BD-ROM 等光盘的种类而产生的信号检出的差异或其他状况,根据来自系统控制器 109 的命令,进行必要的控制及信号处理。

[0054] < 光学拾波器的结构 >

[0055] 图 4 是表示根据本发明的光学拾波器 102 的概略结构的图,表示当在光盘 100 中存在四层信息记录层的情况下,将从衬底侧的第三层 (L2) 作为对象层的情况。在图 4 中以实线表示对象层 (L2)、以虚线表示非对象层 (L0、L1、L3)。

[0056] 从半导体激光器 200 射出的 S 偏振光的光束在偏振光束分光器 (PBS:Polarizing

Beam Splitter) 201 中相对于入射方向而向光盘 100 存在的垂直方向反射, 由准直透镜 202 转换为准直光。已准直的入射光由光束扩展器 203 改变光的指向性, 由 $1/4$ 波长板 204 从直线偏振光转换为圆偏振光。圆偏振光的入射光由物镜 205 进行聚光, 并照射在光盘 100 上。通过光束扩展器 203 可以使物镜 205 的焦点位置位于具有多层的记录层中的特定的对象层上。

[0057] 来自光盘 100 的反射光再次由物镜 205 转换为平行光, 并由 $1/4$ 波长板 204 从圆偏振光转换为直线 P 偏振光。P 偏振光的光由准直透镜 202 转换为会聚光。另外, P 偏振光的反射光透过 PBS202, 并利用衍射光学元件 206、207 向因分割区域而不同的方向衍射。在一束光束方式的光学拾波器中, 衍射光学元件 207 为了从反射光 L300 中检测出 TE、FE 而将反射光 L300 分割成多个并向不同的方向衍射。由衍射光学元件分割的反射光 L300 向具有多个检测器的光检测器 208 射入, 独立地进行检测。

[0058] < 衍射光学元件 >

[0059] 衍射光学元件 207 具有作为衍射光栅的功能, 将反射光 L300 分割成多个, 通过独立地对已分割的光进行检测而生成 RFS、FES、TES。因此, 衍射光学元件 207 具有多个区域, 具有使光向各个不同的方向衍射的功能。

[0060] 图 5 表示实施例 1 所涉及的衍射光学元件 207 的形状。作为层间串扰的对策, 衍射光学元件 207 分割成不产生 0 次光的多个区域, 实线表示区域的界限。

[0061] 在此, 衍射光学元件 207 的上下方向在光学性上与光盘 100 的跟踪方向 (Tan. 方向) 一致, 左右方向在光学性上与半径方向 (Rad. 方向) 一致。

[0062] 在图 5(a) ~ 图 5(c) 中衍射光学元件 207 的分割形状有所不同, 图 5(a) 是包含 PP 图案的区域的形状为具有面积比 PP 图案大得多的矩形的情况, 图 5(b) 是包含 PP 图案的区域的形状为梯形的情况, 图 5(c) 是衍射光学元件 207 的分割形状都为矩形的情况。根据这些结构, 可以防止反射光 L300 的 PP 区域漏进检测 FE 的区域。在此, 对图 5(a) 的情况进行说明, 但是就图 5(b)、图 5(c) 而言, 除了区域的分割形状以外的性质都相同, 11a ~ 11g 分别对应于 12a ~ 12g、13a ~ 13g。

[0063] 虚线为反射光 L300, 反射光 L300 左右的着色区域表示因光盘 100 的跟踪而产生的 PP 图案。PP 图案是通过将光盘 100 上的槽用作衍射光栅而出现的反射光 L300 中的干涉图案, 随着物镜 205 和槽的位置关系的变化 PP 图案也发生变化, 所以成为 TES 的 AC 成分。另外, 由于反射光 L300 中的干涉图案以外的区域不受物镜 205 和槽的位置关系的影响, 因此成为 TES 的 DC 成分。此外, TES 的 AC、DC 成分都受到因物镜 205 的透镜移位而造成的影响。

[0064] 图 5(a) 的区域 11a 和区域 11b 以矩形形状位于衍射光学元件 207 的除了中央附近以外的左右两侧, 透过该区域的光分别在 Tan. 方向上产生 +1 次衍射, 以使来自非对象层的杂散光不入射到其他的受光部上。只要衍射次数不为 0, 其绝对值为 1 以上, 也可以是相反符号。由于衍射光的聚光位置以 0 次光聚光位置为基准与衍射次数的绝对值成比例地远离, 因此需要使检测器的结构与衍射次数相对应。区域 11a 和 11b 包含物镜 205 向 Rad. 方向移位的情况或衍射光学元件 207 向 Rad. 方向、Tan. 方向移动的情况, 以反射光 L300 的 PP 图案全部透过的方式进行分割。区域 11a、11b 的 +1 次衍射光用作 DPP 法的 TES 的 AC 成分。图 5(b) 中的区域 12a、12b 为梯形形状, 图 5(c) 中的区域 13a、13b 为面积与区域 11a、

11b 不同的矩形形状,除了形状以外的性质,区域 12a、12b 及区域 13a、13b 都与区域 11a、11b 相同。

[0065] 图 5(a) 中的区域 11c ~ 11f 位于除了衍射光学元件 207 的中央区域 11g 和 11a、11b 的区域上,各个区域在 Tan. 方向上产生 ± 1 次衍射且以在 Rad. 方向并排的方式衍射,以使来自非对象层的杂散光不射入到其他的受光部上。

[0066] 区域 11c 和区域 11f 的界限、区域 11d 和区域 11e 的界限设定成,当反射光 L300 和衍射光学元件 207 的中心一致时分割的反射光 L300 大致成为一半。区域 11c ~ 11f 内的 +1 次衍射光用于 DPP 法的 TE 的 DC 成分和 DPD 法的 TE 的检测, -1 次衍射光用于双刀刃法的 FE 检测。但是,衍射次数可以相反,另外,也可以是次数的绝对值为 1 以上的相互不同的数字。另外,由于衍射光的聚光位置以 0 次光聚光位置为基准与衍射次数的绝对值成比例地远离,因此需要使检测器的结构与衍射次数相对应。图 5(b) 中的区域 12c ~ 12f 与图 5(c) 中的区域 13c ~ 13f 是与区域 11c ~ 11f 不同形状的衍射光栅,除了形状以外的性质,区域 12c ~ 12f 及区域 13c ~ 13f 都与区域 11c ~ 11f 相同。

[0067] 图 5(a) 中的区域 11g 位于包含衍射光学元件 207 的中心的中央区域,使光束向 Rad. 方向产生 +1 次衍射,以使来自非对象层的杂散光不射入到其他的受光部。在除了区域 11g 以外的所有区域中,衍射角设定成,使来自对象层的反射光聚光在各受光部的大致中央或多个受光部之间的大致中央。只要衍射次数不为 0,其绝对值为 1 以上,也可以是相反的符号。由于衍射光的聚光位置以 0 次光聚光位置为基准与衍射次数的绝对值成比例地远离,因此需要使检测器的结构与衍射次数相对应。图 5(b) 中的区域 12g、图 5(c) 中的区域 13g 分别为区域 12a ~ 12f、13a ~ 13f 以外的区域,除了形状以外的性质,区域 12g、区域 13g 都与区域 11g 相同。

[0068] 将除了图 5(a) 中的区域 11g、图 5(b) 中的区域 12g 及图 5(c) 中的区域 13g 以外的所有区域的衍射角和形状设定成,使得以散焦状态照射光检测器 208 的来自非对象层的反射杂散光向不存在受光部的方向扩展。

[0069] < 角度 θ 的定义 >

[0070] 在图 6(a) ~ 图 6(c) 中分别表示当相对于用于检测 FE 的图 5(a) 中的区域 11c ~ 11f 中的区域 11c、图 5(b) 中的区域 12c ~ 12f 中的区域 12c、图 5(c) 中的区域 13c ~ 13f 中的区域 13c 的、因物镜 205 的位置而使入射光大致聚光在远层时明显地出现球面象差的方向 θ 。在图 6(a) 中,角度 $\theta_c \sim \theta_f$ 是由分别通过区域 11c、d、e、f 的反射光 L300 的中心的 Tan. 方向的轴 A100 与通过反射光 L300 的中心及区域 11c ~ 11f 的圆弧中心的直线所形成的角。在图 6(b) 中,角度 $\theta_c \sim \theta_f$ 是由通过反射光 L300 的中心的 Tan. 方向的轴 A100 与通过反射光 L300 的中心及区域 12c ~ 12f 的圆弧中心的直线所形成的角。在图 6(c) 中,角度 $\theta_c \sim \theta_f$ 是由通过反射光 L300 的中心的 Tan. 方向的轴 A100 与通过反射光 L300 的中心及区域 13c ~ 13f 的圆弧中心的直线所形成的角。将这些角度 $\theta_c \sim \theta_f$ 总称为 θ 。图 6(a) 对应于图 5(a) 所示的衍射光学元件 207,图 6(b) 对应于图 5(b) 所示的衍射光学元件 207,图 6(c) 对应于图 5(c) 所示的衍射光学元件 207。角度 θ 将以轴 A100 为基准的逆时针旋转方向设为正。由此,在区域 11c ~ 13c 和 11e ~ 13e 中 θ_c 和 θ_e 为负,在区域 11d ~ 13d 和 11f ~ 13f 中 θ_d 和 θ_f 为正。

[0071] < 光检测器的结构和信号生成 >

[0072] 图 7 表示实施例 1 的光检测器 208 的结构和反射光 L300 中来自对象层的反射光的聚光位置。但是并未图示来自非对象层的杂散光。光检测器 208 由多个受光部构成,在被衍射光学元件 207 分割、衍射的来自对象层的反射光聚光的位置上配置有受光部 A10 ~ G10,并对于一部分反射光以夹持其聚光位置的方式配置受光部 C11 和 C12、D11 和 D12、E11 和 E12、F11 和 F12。此外,所有的受光部 A10 ~ G10 的大小与物镜 205 的透镜移位 $\pm$ 数百 μm 或光检测器 208 的部件错位 $\pm$ 数十 μm 相对应,并且是不会被来自非对象层的杂散光照射的程度的大小。点 O100 是在衍射光学元件 207 中延长了反射光 L300 的光轴的线与光检测器 208 的面相交的点。

[0073] 当反射光 L300 的光轴、衍射光学元件 207、光检测器 208 上的点 O100 全部一致时,来自衍射光学元件 207 的区域 11a ~ 11g 的 +1 次衍射光聚光在受光部 A10 ~ G10 的中心,来自区域 11c ~ 11f 的 -1 次衍射光分别聚光在受光部 C11 和 C12 的中间点、D11 和 D12 的中间点、E11 和 E12 的中间点、F11 和 F12 的中间点上。

[0074] TES 基于受光部 A10 ~ F10 的检测信号而生成,RFS 基于受光部 A10 ~ G10 的检测信号而生成,FES 基于受光部 C11 ~ F11、C12 ~ F12 的检测信号而生成。

[0075] 图 8 是光检测器 208 中的检测 FE 的受光部的结构,轴 A110 在光学性上是分别与衍射光学元件 207、光检测器 208 的光盘 100 的圆周方向 (Tan. 方向) 一致的方向的轴。对于由受光部的矩形长边方向和与轴 A110 形成的角 ϕ 而言,图 8(a) 表示在所有的 FE 受光部中为 0° 的情况,图 8(b) 表示在受光部 C13 及 C14 中为 ϕ_c 、在受光部 D13 及 D14 中为 ϕ_d 、在受光部 E13 及 E14 中为 ϕ_e 、在受光部 F13 及 F14 中为 ϕ_f 的情况。将 $\phi_c \sim \phi_f$ 总称为 ϕ ,各个绝对值可以相互不等。 ϕ 将以轴 A110 为基准的逆时针旋转方向设为正。在实施例 1 中,由各 FE 受光部中的受光部的矩形长边方向与轴 A110 而形成的角 ϕ 取 $0 \leq \phi \leq 2\theta$,由此,在因而使入射光大致聚光在远层的情况下,可以降低光斑因球面象差而向 θ 方向扩展并漏进受光部的影响,FES 不会产生伪峰值。在图 8(b) 中,最好将受光部的矩形长边方向配置在与图 2(b) 的杂散光斑扩展的方向大致平行的方向。这是为了使漏进受光部的影响降到最低。

[0076] 图 9(a) 表示来自物镜 205 位于比对象层更靠近入射面侧的非对象层的杂散光的形态,图 9(b) 表示来自物镜 205 位于比对象层更靠近衬底侧的非对象层的杂散光的形态。除了包含反射光 L300 的光轴的区域,被衍射光学元件 207 分割、衍射的反射光 L300 一边根据散焦量从聚焦时的聚光位置向 Tan. 方向或 Rad. 方向扩展一边移动。由此,可以根据光检测器 208 中的来自非对象层的杂散光的状态来估计受光部的尺寸或位置,可以构成杂散光难以漏进受光部的衍射光学元件和光检测器。在根据图 5 的衍射光学元件 207 及图 7 的光检测器 208 的结构中,由于如图 9(a)、图 9(b) 所示地来自非对象层的杂散光不会漏进受光部 A10 ~ F10、C11 ~ F11、C12 ~ F12 内,因此可以检测出稳定的 FES、TES。即使 FE 用检测器的受光部 C11 ~ F11、C12 ~ F12 为 C13 ~ F13、C14 ~ F14,防止漏进杂散光的效果也不变。

[0077] <DPD 法 TE 信号的生成>

[0078] 根据 DPD 法的 TES_{DPD} 可以基于受光部 C10 ~ F10 的检测信号利用下述的数学式 1 求出。

[0079] [数学式 1]

[0080] $TES_{DPP1} = C10 + E10 - (D10 + F10)$ (1-1)

[0081] <DPP 法 TE 信号的生成>

[0082] 根据 DPP 法的 TES_{DPP1} 可以基于受光部 A10 ~ F10 的检测信号利用下述的数学式 2 求出。

[0083] [数学式 2]

[0084] $TES_{DPP1} = (A10 - B10) - kt \times \{(C10 + D10) - (E10 + F10)\}$ (1-2)

[0085] 第二项是用于使 TES_{DPP1} 在物镜 205 因跟踪动作而向 Rad. 方向移动的情况下减少偏离的项, 由于常数 kt 是相对于全光量的上述中央部以外及推挽区域以外的区域上的光量的比率, 因此与相对于衍射光栅的全面积的区域 11c ~ 11f 的面积比例成比例地增大。因此, 为了抑制 kt 值并减少 TES 偏离误差, 只要使相对于衍射光栅的区域 11c ~ 11f 的 -1 次光的 +1 次光的分光比与区域 11c ~ 11f 的面积比例相应地增大即可。在此, 虽然说明了相对于 -1 次光的 +1 次光的分光比, 但是根据衍射光栅的规格, 即使是符号相反或 2 以上的 n 次光也具有相同的效果。

[0086] <记录重放 RF 信号的生成>

[0087] RFS1 可以基于受光部 A10 ~ G10 的检测信号利用下述的数学式 3 求出。

[0088] [数学式 3]

[0089] $RFS1 = A10 + B10 + C10 + D10 + E10 + F10 + G10$ (1-3)

[0090] 由于受光部 G10 接受包含反射光 L300 的光轴的区域的光, 因此同时检测出来自非对象层的杂散光, 但是由于已聚光的来自对象层的信号光的强度明显强于散焦状态的来自非对象层的杂散光, 所以因受光部 G10 的杂散光而引起的影响少。由于受光部 A10 ~ F10 避开了杂散光, 因此实施例 1 的 RFS 的层间串扰少。

[0091] <FE 信号的生成>

[0092] FES 由 FE 检测用受光部 C11 和 C12 的差分信号、D11 和 D12 的差分信号、E11 和 E12 的差分信号、F11 和 F12 的差分信号生成。由于在物镜恰好在对象层聚焦的情况下, 所有的差分信号都为 0, 因此 FES 成为 0。在物镜向入射面侧散焦的情况下, 在受光部 C11 ~ F11 检测出与散焦量相应的光, 在物镜向衬底侧散焦的情况下, 在受光部 C12 ~ F12 检测出与散焦量相应的光。由此, 实施例 1 的 FES1 可以基于受光部 C11 ~ F11、C12 ~ F12 的检测信号利用下述的数学式 4 求出。

[0093] [数学式 4]

[0094] $FES1 = C11 + D11 + E11 + F11 - (C12 + D12 + E12 + F12)$ (1-4)

[0095] 即使在 FE 用检测器的受光部 C11 ~ F11、C12 ~ F12 以 $C13 \sim F13$ 、 $C14 \sim F14$ 的 $\phi_c \sim \phi_f$ 旋转的情况, $FES1'$ 也可以利用下述的数学式 5 求出。

[0096] [数学式 5]

[0097] $FES1' = C13 + D13 + E13 + F13 - (C14 + D14 + E14 + F14)$ (1-5)

[0098] 图 10A ~ 图 10C 是实施例 1 的 FE 信号模拟实验的结果。模拟实验的条件为: 四层 BD、以 L0 层为对象层、图 5(c) 所示的结构衍射光栅 207、图 8(a) 所示的 FE 受光部的角度 ϕ 全部为 0° 。图 10(a) 表示 FE 受光部和来自非对象层 L2 的反射光大致聚光在光检测器 208 上的情况的照射图案, 受光部通过使矩形长边方向从 Tan. 方向倾斜 0° 来回避因球面象差的影响而扩展的光斑。图 10(b) 是在跟踪、衍射光学元件 207 的部件没有错位的正常

位置的情况时的 FES 模拟实验结果,图 10(c) 是在非跟踪 80nm、衍射光学元件 207 的部件错位 $50\mu\text{m}$ 时的 FES 模拟实验结果,图 10(b)、图 10(c) 中的 (i) 表示在物镜 205 中的反射光 L300 的强度分布,(ii) 表示在衍射光学元件 207 中的反射光 L300 的位置,(iii) 表示在上述的条件下的 FES 模拟实验结果。从图 10(b)(iii)、图 10(c)(iii) 的结果可以确认作为球面象差的影响而出现的伪峰值 C' 的大小明显地降低。就强度分布而言,白色为最大值,黑色为最小值,以强度分布中的最大值进行标准化的表示。从图 10(b)、图 10(c) 中的 (i) 可知,相对于跟踪时取得的左右的 PP 强度的平衡,非跟踪 80nm 发生时的左右的 PP 强度的平衡的破坏最为严重。图 10(b)、图 10(c) 中的 (ii) 表示在衍射光学元件 207 中的反射光 L300 的位置,0110、0120 分别表示反射光 L300 的中心。在图 10(c) 的 (ii) 所示的状况下,中心 0120 从衍射光学元件 207 的中心偏离,破坏区域 13c、13f 和区域 13d、13e 的反射光强度平衡。可是,图 10(b)、图 10(c) 的 (iii) 所示的 FES 模拟实验结果在两者上没有差异,即使在图 10(c) 所示的状况下,也不会漏进 PP 区域的光,可以检测出正常的 FES。从该结果可知,不存在因 PP 区域的漏进和远层的球面象差而引起的影响,可以进行稳定的 FES 检测。

[0099] 实施例 2

[0100] 实施例 2 对相同的刀刃法 A 的情况进行说明。以 Tan. 方向的轴为基准而使 FE 检测器的矩形长边方向的倾斜度设定在 $0 < \phi \leq 2\theta$ 之间。根据这种结构,当物镜 205 位于正聚焦于非对象层的位置近旁时,可以防止因球面象差而在光检测器 208 面上扩展的光斑漏进光检测器内。

[0101] 图 11 至图 13 是涉及实施例 2 的内容,与图 3 至图 8 所示的实施例 1 对应的部分以相同的符号进行表示。在此,由于光学信息记录重放装置 1、光学拾波器 102 及衍射光学元件 207 的结构、角度 θ 的定义、TES、RFS 生成与实施例 1 相同,因此省略其说明。

[0102] < 光检测器的结构和信号的生成 >

[0103] 图 11 表示实施例 2 的光检测器 208 的结构和反射光 L300 中来自对象层的反射光的聚光位置。但是,未图示来自非对象层的杂散光。由于光检测器 208 的受光部 A10 ~ G10 的结构与实施例 1 相同,因此省略其说明。

[0104] 当反射光 L300 的光轴、衍射光学元件 207、光检测器 208 上的点 0100 全部一致时,来自图 5 所示的衍射光学元件 207 的区域 11a ~ 11g 的 +1 次衍射光聚光在受光部 A10 ~ G10 的中心,来自区域 11c ~ 11f 的 -1 次衍射光分别聚光在受光部 C21 和 C22 的中间点、D21 和 D22 的中间点、E21 和 E22 的中间点、F21 和 F22 的中间点上。

[0105] 图 12 表示在光检测器 208 中的检测 FE 的受光部的结构,由受光部的矩形长边方向与 Tan. 方向的轴 A210 形成的角 ϕ 在受光部 C21 及 C22 中为 ϕ_c 、在受光部 D21 及 D22 中为 ϕ_d 、在受光部 E21 及 E22 中为 ϕ_e 、在受光部 F21 及 F22 中为 ϕ_f 的情况。将 $\phi_c \sim \phi_f$ 总称为 ϕ ,各个绝对值可以相互不等。 ϕ 将以轴 A210 为基准的逆时针旋转方向设为正。在实施例 2 中,由各 FE 受光部中的受光部的矩形长边方向与 Tan. 方向的轴 A210 形成的角 ϕ 取 $0 < \phi \leq 2\theta$,由此在因物镜 205 的位置而使入射光大致聚光在远层的情况下,可以降低光斑因球面象差而向 θ 方向扩展并漏进受光部的影响,FES 不会产生伪峰值。

[0106] < FE 信号的生成 >

[0107] FES 由 FE 检测用受光部 C21 和 C22 的差分信号、D21 和 D22 的差分信号、E21 和 E22 的差分信号以及 F21 和 F22 的差分信号生成。由于在物镜恰好在对象层聚焦的情况下,

所有的差分信号都为 0, 因此 FES 成为 0。

[0108] 在物镜向入射面侧散焦的情况下, 在受光部 C21 ~ F21 上检测出与散焦量相应的光, 在物镜向衬底侧散焦的情况下, 在受光部 C22 ~ F22 上检测出与散焦量相应的光。由此, FES2 可以基于受光部 C21 ~ F21、C22 ~ F22 的检测信号利用下述的数学式 6 而求出。

[0109] [数学式 6]

$$[0110] \quad FES2 = C21 + D21 + E21 + F21 - (C22 + D22 + E22 + F22) \quad (2-1)$$

[0111] 图 13 是实施例 2 的 FE 信号模拟实验的结果。模拟实验的条件为: 四层 BD、以 L0 层为对象层、图 5(c) 所示的结构的衍射光栅 207、图 12 所示的 FE 受光部的角度 Φ 为 $\Phi_c = \Phi_e = -5.0^\circ$ 、 $\Phi_d = \Phi_f = +5.0^\circ$ 。图 13(a) 表示 FE 受光部和来自非对象层 L2 的反射光大致聚光在光检测器 208 上的情况的照射图案, 受光部通过使矩形长边方向从 Tan. 方向倾斜 $\Phi_c \sim \Phi_f$ 来回避因球面象差的影响而扩展的光斑。图 13(b) 是在跟踪、衍射光学元件 207 的部件没有错位的正常位置的情况时的 FES 模拟实验结果, 图 13(c) 是在非跟踪 80nm、衍射光学元件 207 的部件错位 50 μm 时的 FES 模拟实验结果。相对于跟踪时取得左右的 PP 强度的平衡, 非跟踪 80nm 时的左右的 PP 强度平衡的破坏最大。可是, 图 13(b)、图 13(c) 所示的 FES 模拟实验结果在两者上没有差异, 这就表示不会漏进 PP 区域的光, 可以检测出正常的 FES。从该结果可知, 不存在因 PP 区域的漏进和远层的球面象差而引起的影响, 可以进行稳定的 FES 检测。另外, 在实施例 2 中, 由于在 FE 检测器受光部的倾斜角 Φ 中没有包含 0° , 因此容易回避因球面象差而引起的光斑的扩展, 所以与实施例 1 的图 10b(iii)、图 10c(iii) 所示的 FES 相比, 在图 13(b)、图 13(c) 的 FES 模拟实验结果中, 可以确认出现在峰值 B、峰值 C 之间的球面象差的影响 (C') 比起实施例 1 进一步减少的事实。有关 TES、RFS 由于与实施例 1 相同, 因此省略其说明。

[0112] 实施例 3

[0113] 实施例 3 对来自光盘 100 的反射光 L300 中从 PP 区域生成 FES 的情况、即刀刃法 B 的情况进行说明。

[0114] 如图 15 所示, 当将通过反射光中心的 Rad. 方向的轴 A300 与通过反射光 L300 的中心及检测 FE 的连续的反射光区域的圆弧中心的直线所形成的角设为 θ 时, 球面象差明显地出现在 θ 方向附近。在实施例 3 中, 就 FE 的光检测器受光部而言, 使矩形长边方向的倾斜度以 Tan. 方向的轴为基准在 $0 < \Phi \leq 2\theta$ 之间。根据这种结构, 在因物镜 205 的位置而使入射光大致聚光在远层的情况下, 可以防止因球面象差而在检测器 208 表面上扩展的杂散光斑漏进到光检测器受光部内。

[0115] 图 14 至图 17 是涉及实施例 3 的内容, 对与图 3 至图 8 所示的实施例 1 相对应的部分以相同符号进行表示。在此, 由于光学信息记录重放装置 1 和光学拾波器 102 的结构与实施例 1 相同, 因此省略其说明。

[0116] < 衍射光学元件 >

[0117] 衍射光学元件 207 具有作为衍射光栅的功能, 将反射光 L300 分割成多个, 通过独立地对已分割的光进行检测而生成 RFS、FES、TES。因此, 衍射光学元件 207 具有多个区域, 具有使光向各个不同的方向衍射的功能。

[0118] 图 14 表示实施例 3 的衍射光学元件 207 的形状。作为层间串扰对策, 衍射光学元件 207 分割成不产生 0 次光的多个区域, 实线表示区域的界限。

[0119] 图 14 的区域 30a ~ 30d 以矩形形状位于衍射光学元件 207 的除了中央附近以外的左右两侧,区域 30a 和 30b、区域 30c 和 30d 的界限设定成,当反射光 L300 与衍射光学元件 207 的中心一致时分割的反射光 L300 大致分为一半。区域 30a ~ 30d 分割成,包含物镜 205 向 Rad. 方向移位的情况或衍射光学元件 207 向 Rad. 方向、Tan. 方向移动的情况,且反射光 L300 的 PP 图案全部透过。透过该区域 30a ~ 30d 的光分别在 Tan. 方向上产生 +1 次衍射,以使来自非对象层的杂散光不入射到其他的受光部上。只要衍射次数不为 0,其绝对值为 1 以上,也可以是相反符号。由于衍射光的聚光位置以 0 次光聚光位置为基准与衍射次数的绝对值成比例地远离,因此需要使检测器的结构与衍射次数相对应。区域 30a ~ 30d 中的 +1 次衍射光用于 DPP 法的 TES 的 AC 成分,-1 次衍射光用于利用双刀刃法的 FE 检测。

[0120] 图 14 的区域 30e ~ 30h 位于除了衍射光学元件 207 的中央区域 30i 和区域 30a ~ 30d 以外的区域上,各个区域在 Tan. 方向上产生 ± 1 次衍射且在 Rad. 方向并排的方式衍射,以使来自非对象层的杂散光不射入到其他的受光部上。区域 30e 和区域 30f、区域 30g 和区域 30h 的界限设定成,当反射光 L300 与衍射光学元件 207 的中心一致时分割的反射光 L300 大致分为一半。区域 30e ~ 30h 内的 +1 次衍射光用于 DPP 法的 TE 的 DC 成分的检测,-1 次衍射光用于 DPD 法的 TE 的检测。但是,衍射次数的符号可以相反,另外次数的绝对值也可以是 1 以上的相互不同的数字。另外,由于衍射光的聚光位置以 0 次光聚光位置为基准与衍射次数的绝对值成比例地远离,因此需要使检测器的结构与衍射次数相对应。

[0121] 图 14 的区域 30i 位于包含衍射光学元件 207 的中心的中央区域,使光束向 Rad. 方向产生 +1 次衍射,以使来自非对象层的杂散光不射入到其他的受光部。在除了区域 30i 以外的所有区域中,衍射角设定成,使来自对象层的反射光聚光在各受光部的大致中央或多个受光部之间的大致中央。只要衍射次数不为 0,其绝对值为 1 以上,也可以是相反的符号。由于衍射光的聚光位置以 0 次光聚光位置为基准与衍射次数的绝对值成比例地远离,因此需要使检测器的结构依据衍射次数相对应。

[0122] 对除了图 14 的区域 30i 以外的所有区域的衍射角和形状进行设定,使得以散焦状态照射光检测器 208 的来自非对象层的杂散光向不存在受光部的方向扩展。

[0123] < 角度 θ 的定义 >

[0124] 在图 15 中表示相对于用于检测 FE 的图 14 的区域 30a ~ 30d 中的区域 30a 的、当因物镜 205 的位置而使入射光大致聚光在远层时明显地出现球面象差的方向 θ 。在区域 30b ~ 30d 中明显地出现球面象差的方向分别对应于角度 $\theta_b \sim \theta_d$ 。分别是由通过反射光 L300 的中心的 Rad. 方向的轴 A300 与通过反射光 L300 的中心及区域 30a ~ 30d 的圆弧中心的直线所形成的角,将角度 $\theta_b \sim \theta_d$ 总称为 θ 。角度 θ 将以轴 A300 为基准的逆时针旋转方向设为正。由此,在区域 30a 和 30c 中 θ_a 和 θ_c 为正,在区域 30b 和 30h 中 θ_b 和 θ_h 为负。

[0125] < 光检测器的结构和信号的生成 >

[0126] 图 16 表示实施例 3 的光检测器 208 的结构和反射光 L300 中来自对象层的反射光的聚光位置。但是并未图示来自非对象层的杂散光。光检测器 208 由多个受光部构成,在被衍射光学元件 207 分割、衍射的来自对象层的反射光聚光的位置上配置有受光部 A30 ~ I30,并对于一部分反射光以夹持该聚光位置的方式配置受光部 A31 和 A32、B31 和 B32、C31 和 C32、D31 和 D32。此外,所有的受光部 A30 ~ I30 的大小与物镜 205 的透镜移位 $\pm$ 数百

μm 或光检测器 208 的部件错位 $\pm$ 数十 μm 程度相对应, 并且是不会被来自非对象层的杂散光照射的程度的大小。点 0300 是在衍射光学元件 207 中延长了反射光 L300 的光轴的线与光检测器 208 的面相交的点。

[0127] 当反射光 L300 的光轴、衍射光学元件 207、光检测器 208 上的点 0300 全部一致时, 来自衍射光学元件 207 的区域 30a ~ 30i 的 +1 次衍射光聚光在受光部 A30 ~ I30 的中心, 来自区域 30e ~ 30h 的 -1 次衍射光聚光在受光部 E31 ~ H31 的中心、来自受光部 30a ~ 30d 的 -1 次衍射光分别聚光在 A31 和 A32 的中间点、B31 和 B32 的中间点、C31 和 C32 的中间点及 D31 和 D32 的中间点上。

[0128] 根据 DPP 法的 TES 基于受光部 A30 ~ H30 的检测信号而生成, 根据 DPD 法的 TES 基于受光部 E31 ~ H31 的检测信号而生成, RFS 基于受光部 A30 ~ I30 的检测信号而生成, FES 基于受光部 A31 ~ D31、A32 ~ D32 的检测信号而生成。

[0129] 图 17 是光检测器 208 中的检测 FE 的受光部的结构, 轴 A310 在光学性上是与光检测器 208 的光盘 100 的圆周方向 (Rad. 方向) 一致的方向的轴。对于由受光部的矩形长边方向与轴 A310 形成的角 ϕ 而言, 表示在受光部 A31 及 A32 中为 ϕ_a 、在受光部 B31 及 B32 中为 ϕ_b 、在受光部 C31 及 C32 中为 ϕ_c 、在受光部 D31 及 D32 中为 ϕ_d 的情况。将 $\phi_a \sim \phi_d$ 总称为 ϕ , 各个绝对值可以相互不等。 ϕ 将以轴 A310 为基准的逆时针旋转方向设为正。在实施例 3 中, 由各 FE 受光部中的受光部的矩形长边方向与轴 A310 形成的角 ϕ 取 $0 < \phi \leq 2\theta$, 由此在因物镜 205 的位置而使入射光大致聚光在远层的情况下, 可以降低光斑因球面象差而向 θ 方向扩展并漏进受光部的影响, FES 不会产生伪峰值。

[0130] <DPD 法 TE 信号的生成>

[0131] 根据 DPD 法的 $\text{TES}_{\text{DPD}3}$ 可以基于受光部 E31 ~ H31 的检测信号利用下述的数学式 7 而求出。

[0132] [数学式 7]

$$[0133] \quad \text{TES}_{\text{DPD}3} = \text{E31} + \text{G31} - (\text{F31} + \text{H31}) \quad (3-1)$$

[0134] <DPP 法 TE 信号的生成>

[0135] 根据 DPP 法的 $\text{TES}_{\text{DPP}3}$ 可以基于受光部 A30 ~ H30 的检测信号利用下述的数学式 8 而求出。

[0136] [数学式 8]

$$[0137] \quad \text{TES}_{\text{DPP}3} = (\text{A30} + \text{B30} - \text{C30} - \text{D30}) - kt \times \{(\text{E30} + \text{F30}) - (\text{G30} + \text{H30})\} \quad (3-2)$$

[0138] 在此, kt 是在物镜 205 因跟踪动作而向 Rad. 方向移动的情况下, 以在 $\text{TES}_{\text{DPP}3}$ 不产生偏移的方式进行设定的常数。

[0139] <记录重放 RF 信号的生成>

[0140] RFS3 可以基于受光部 A30 ~ I30 的检测信号利用下述的数学式 9 而求出。

[0141] [数学式 9]

$$[0142] \quad \text{RFS3} = \text{A30} + \text{B30} + \text{C30} + \text{D30} + \text{E30} + \text{F30} + \text{G30} + \text{H30} + \text{I30} \quad (3-3)$$

[0143] 由于受光部 I30 接受包含反射光 L300 的光轴的区域的光, 因此同时检测出来自非对象层的杂散光, 但是来自自己聚光的对象层的信号光的强度明显强于散焦状态的来自非对象层的杂散光, 所以因受光部 I30 的杂散光引起的影响少。由于受光部 A30 ~ H30 避开了杂散光, 因此实施例 3 的 RFS 的层间串扰少。

[0144] <FE 信号的生成>

[0145] FES 由 FE 检测用受光部 A31 和 A32 的差分信号、B31 和 B32 的差分信号、C31 和 C32 的差分信号、D31 和 D32 的差分信号而生成。由于在物镜恰好在对象层聚焦的情况下,所有的差分信号都为 0,因此 FES 成为 0。在物镜向入射面侧散焦的情况下在受光部 A31 ~ D31 上检测出与散焦量相应的光,在物镜向衬底侧散焦的情况下在受光部 A32 ~ D32 上检测出与散焦量相应的光。由此,实施例 3 的 FES3 可以基于受光部 A31 ~ D31、A32 ~ D32 的检测信号利用下述的数学式 10 而求出。

[0146] [数学式 10]

$$[0147] \quad FES3 = A31+B31+C31+D31-(A32+B32+C32+D32) \quad (3-4)$$

[0148] 就 FES3 的实验结果而言,因与实施例 2 相同而省略。

[0149] 实施例 4

[0150] 实施例 4 说明了使用 SSD 法对来自光盘 100 的 FE 进行检测的情况。

[0151] 当将通过反射光中心的 Tan. 方向的轴 A400 与通过反射光 L300 的中心及被分割的反射光区域的圆弧中心的直线所形成的角设为 θ 时,球面象差明显地出现在 θ 方向附近。在实施例 4 中,就 FE 的光检测器受光部而言,将受光部分割成多个,使矩形长边方向的倾斜度以 Tan. 方向的轴为基准设定在 $0 \leq \phi \leq 2\theta$ 之间。根据这种结构,在因物镜 205 的位置而使入射光大致聚光在远层的情况下,可以防止因球面象差而在检测器 208 表面上扩展的杂散光斑漏进光检测器受光部内。

[0152] 图 18 至图 21 是实施例 4 所涉及的内容,与图 3 至图 8 所示的实施例 1 对应的部分以相同符号进行表示。此外,由于光学信息记录重放装置 1 的结构与实施例 1 相同,因此省略其说明。

[0153] < 光学拾波器的结构 >

[0154] 图 18 是表示实施例 4 的光学拾波器 102 的概略结构的图。与实施例 1 ~ 3 的不同点为:为了在 FE 检测中使用 SSD 法而存在全息元件 206。全息元件 206 具有将光分为 0 次光和 ± 1 次光的三种,并使透过的光根据次数而变化的功能。0 次光聚光在光检测器 208 上用于 TES、RFS 的检测,+1 次光和 -1 次光在光检测器 208 上以散焦状态进行检测并用于 FES 的生成。由全息元件 206 衍射的 ± 1 次光的焦点位置分在光检测器 208 的跟前和里侧,根据两个光的散焦平衡的变化而检测 FE。

[0155] 由于直到全息元件 206 前与从衍射光学元件 207 到光检测器 208 的光路及状态与实施例 1 相同,因此省略其说明。

[0156] < 衍射光学元件 >

[0157] 衍射光学元件 207 具有作为衍射光栅的功能,将反射光 L300 分割成多个,通过独立地对已分割的光进行检测而生成 RFS、FES、TES。因此,衍射光学元件 207 具有多个区域,具有使光向各个不同的方向衍射的功能。

[0158] 图 19 是实施例 4 的衍射光学元件 207 的形状,图中的实线表示区域的界限。虚线为反射光 L300,反射光 L300 左右的着色区域表示因光盘 100 的跟踪而产生的 PP 图案。

[0159] 图 19 的区域 40a、40b 为矩形并位于除了衍射光学元件 207 的中央附近的左右位置上,透过该区域的光在朝向 Rad. 方向不同位置上产生 +1 次衍射。衍射方向可以是 Tan. 方向,另外只要衍射次数不为 0,其绝对值为 1 以上,也可以是相反符号。区域 40a 和 40b 包

含物镜 205 向 Rad. 方向移位的情况或衍射光学元件 207 向 Rad. 方向、Tan. 方向移动的情况,以所有的反射光 L300 的 PP 图案透过的方式进行分割。区域 40a 和 40b 的 +1 次衍射光用于 DPP 法的 TES 的 AC 成分的检测。

[0160] 图 19 的区域 40c ~ 40f 位于除了衍射光学元件 207 的中央区域 40g 和 40a、40b 的区域上而向相互不同的方向产生 +1 衍射。只要衍射次数不为 0,其绝对值为 1 以上,也可以是相反符号。区域 40c 和区域 40f 的界限、区域 40d 和区域 40e 的界限设定为,当反射光 L300 与衍射光学元件 207 的中心一致时分割的反射光 L300 大致分为一半。区域 40c ~ 40f 的 +1 次衍射光用于 DPP 法的 TE 的 DC 成分和 DPD 法的 TE 的检测。在利用 DPD 法的 TE 检测中,区域 40c ~ 40f 只要是能够保证 TES 所需的 S/N 比的面积即可。但是,衍射次数的符号可以相反,另外次数的绝对值可以是 1 以上的相互不同的数字。

[0161] 图 19 的区域 40g 位于包含衍射光学元件 207 的中心的中央区域内。与其他区域不同且对衍射次数没有限制,也可以是 0 次。在所有的区域中,衍射角设定成,将来自对象层的反射光聚光在各受光部的大致中央。

[0162] < 角度 θ 的定义 >

[0163] 在图 20(a)、图 20(b) 中表示相对于衍射光学元件 207 的区域 40a ~ 40g 中的区域 40a 和 40c 的、当因物镜 205 的位置而使入射光大致聚光在远层时明显地出现球面象差的方向 θ_a 和 θ_c 。角度 $\theta_a \sim \theta_f$ 分别是由通过反射光 L300 的中心的 Tan. 方向的轴 A400 与通过反射光 L300 的中心及区域 40a ~ 40f 的圆弧中心的直线所形成的角,将角度 $\theta_a \sim \theta_f$ 总称为 θ 。角度 θ 将以轴 A400 为基准的逆时针旋转方向设为正。由此,在区域 40c 和 40e 中 θ_c 和 θ_e 为负,在区域 40d 和 40f 中 θ_d 和 θ_f 为正。由于在实施例 4 的情况下 θ_a 和 θ_b 为 90° ,因此在 Rad. 方向上出现球面象差。在区域 40g 中,由于是反射光 L300 的中心区域而不会明显地出现球面象差,所以以现有的检测方法即可。

[0164] < 光检测器的结构和信号的生成 >

[0165] 图 21(a)、图 21(b) 表示实施例 4 的光检测器 208 的结构和反射光 L300 中来自对象层的反射光的聚光位置。图 21(a) 表示接受透过了区域 40c ~ 40f 的光的 FE 检测器受光部的倾斜度为 0° 的情况,图 21(b) 表示倾斜度不为 0° 的情况。但是,未图示来自非对象层的杂散光。在图 21(a)、图 21(b) 中以相同的符号表示相互对应的部位。光检测器 208 由多个受光部构成,在被衍射光学元件 207 分割、衍射的来自对象层的反射光聚光的位置上配置有受光部 A40 ~ G40。此外,所有的受光部 A40 ~ G40 的大小与物镜 205 的透镜移位 $\pm$ 数百 μm 或光检测器 208 的部件错位 $\pm$ 数十 μm 相对应。

[0166] TES 基于受光部 A40 ~ F40 的检测信号而生成,RFS 基于受光部 A40 ~ G40 的检测信号而生成,FES 基于受光部 I41 ~ I49、J41 ~ J49 的检测信号而生成。

[0167] 图 21(a)、图 21(b) 中的检测器 P40、Q40、R40 及 S40 对来自非对象层的杂散光进行检测。通过对检测器 P40、Q40、R40 及 S40 的检测信号乘以根据面积和位置的系数而算出漏进检测器 A40、B40 内的杂散光。由于实施例 4 对 FE 检测采用了 SSD 法,所以,因与光学拾波器的巨型化相关而难以如实施例 1 ~ 3 那样使用杂散光和光检测器受光部的位置不同的结构。因此,对于特别容易受到杂散光的影响的 TE 检测的受光部而准备杂散光用检测器,可以通过减法运算从检测信号求出信号光用的检测器所接受的杂散光成分而降低层间串扰。有关采用 SSD 法的多层光盘所对应的光学拾波器的结构记载于专利文献 1 中。

[0168] 图 22 是光检测器 208 中的检测 FE 的受光部的结构,对于由受光部的矩形长边方向与轴 A410 形成的角 ϕ 而言,图 22(a) 表示在所有的 FE 受光部中为 ϕ 为 0° 的情况,图 22(b) 表示在受光部 K41 ~ K43 中为 ϕ_c 、在受光部 L41 ~ L43 中为 ϕ_d 、在受光部 K44 ~ K46 中为 ϕ_e 、在受光部 L44 ~ L46 中为 ϕ_f 的情况。将 $\phi_c \sim \phi_f$ 总称为 ϕ ,各个绝对值可以相互不等。 ϕ 将以轴 A410 为基准的逆时针旋转方向设为正。此外,虽然未图示,但是检测器 J41 ~ J49 对应于图 21(a) 的 I41 ~ I47,检测器 M41 ~ M46、N41 ~ N46 分别对应于图 21(b) 的检测器 K41 ~ K46、L41 ~ L46。在实施例 4 中,由各 FE 受光部中的受光部的矩形长边方向与轴 A410 形成的角 ϕ 取 $0 \leq \phi \leq 2\theta$,由此在因物镜 205 的位置而使入射光大致聚光在远层的情况下,可以降低光斑因球面象差而向 θ 方向扩展并漏进受光部的影响,FES 不会产生伪峰值。

[0169] <DPD 法 TE 信号的生成>

[0170] 根据 DPD 法的 TES_{DPD4} 可以基于受光部 C40 ~ F40 的检测信号利用下述的数学式 11 而求出。

[0171] [数学式 11]

$$[0172] \quad TES_{DPD4} = C40 + E40 - (D40 + F40) \quad (4-1)$$

[0173] <DPP 法 TE 信号的生成>

[0174] 根据 DPP 法的 TES_{DPP4} 可以基于受光部 A40 ~ F40 的检测信号和杂散光检测器 P40 ~ S40 利用下述的数学式 12 而求出。

[0175] [数学式 12]

$$[0176] \quad TES_{DPP4} = A40 - B40 - kt \times \{(C40 + D40) - (E40 + F40)\} - ks \times \{(Q40 + S40) - (P40 + R40)\} \quad (4-2)$$

[0177] 在此,kt 是在物镜 205 因跟踪动作而向 Rad. 方向移动的情况下,以在 TES_{DPP4} 不产生偏移的方式进行设定的常数,ks 为相对于 PP 区域光检测器 A40、B40 的面积、位置,由杂散光检测器 P40 ~ S40 的面积和位置所决定的常数,通过对杂散光检测器 P40 ~ S40 的检测信号乘以 ks 而求出漏进 A40、B40 内的杂散光成分的强度。

[0178] <记录重放 RF 信号的生成>

[0179] RFS4 可以基于受光部 A40 ~ G40 的检测信号和杂散光检测器 P40 ~ S40 的检测信号利用下述的数学式 13 而求出。

[0180] [数学式 13]

$$[0181] \quad RFS4 = A40 + B40 + C40 + D40 + E40 + F40 + G40$$

$$[0182] \quad -ks \times \{(Q40 + S40) - (P40 + R40)\} \quad (4-3)$$

[0183] <FE 信号的生成>

[0184] FES4 由 FE 检测用受光部 I41 ~ I49 和 J41 ~ J49 所接受的反射光尺寸的平衡而生成 FES。

[0185] [数学式 14]

$$[0186] \quad FES4 = I41 + J42 + J43 + I45 + I48 + J44 + J46 + J47 + J49$$

$$[0187] \quad - (J41 + I42 + I43 + J45 + J48 + I44 + I46 + I47 + I49) \quad (4-4)$$

[0188] 在 FE 用检测器的受光部 K41 ~ K46、L41 ~ L46、M41 ~ M46 及 N41 ~ N46 倾斜 $\phi_c \sim \phi_f$ 的情况下的 FES4' 可以利用下述的数学式 15 而求出。

[0189] [数学式 15]

[0190] $FES4' = I41+J42+J43+K42+K45+L42+L45+M42+M45+N42+N45$

[0191] $-(J41+I42+I43+K41+K43+K44+K46+L41+L43+L44+L46$

[0192] $+M41+M43+M44+M46+N41+N43+N44+N46)$ (4-5)

[0193] 就 FES4、FES4' 的模拟实验结果而言,因与实施例 1 相同而省略。

[0194] 实施例 5

[0195] 实施例 5 为相同的 SSD 法的情况,就 FE 检测用的光检测器而言,将错就错矩形长边方向的倾斜度 ϕ 以 Tan. 方向的轴为基准设定在 $0 < \phi \leq 2\theta$ 之间。根据这种结构,当物镜 205 位于正聚焦在非对象层的位置近旁时,可以防止因球面象差而在检测器 208 表面上扩展的光斑漏进光检测器内。

[0196] 图 23 至图 24 是实施例 5 所涉及的内容,与图 3 至图 8 所示的实施例 1 及图 18 至图 20 所示的实施例 4 对应的部分以相同符号表示。此外,由于光学信息记录重放装置 1、光学拾波器 102 及衍射光学元件 207 的结构、角度 θ 的定义、TES、RFS 的生成与实施例 4 相同,因此省略其说明。

[0197] <光检测器的结构和信号的生成>

[0198] 图 23 表示实施例 5 的光检测器 208 的结构和反射光 L300 中来自对象层的反射光的聚光位置。但是未图示来自非对象层的杂散光。在图 23 中以相同的符号表示相互对应的部位。光检测器 208 由多个受光部构成,在被衍射光学元件 207 分割、衍射的来自对象层的反射光聚光的位置上配置有受光部 A50 ~ G50。此外,所有的受光部 A50 ~ G50 的大小与物镜 205 的透镜移位 $\pm$ 数百 μm 或光检测器 208 的部件错位 $\pm$ 数十 μm 相对应。

[0199] TES 基于受光部 A50 ~ F50 的检测信号而生成,RFS 基于受光部 A50 ~ G50 的检测信号而生成,FES 基于受光部 I51 ~ I59、J51 ~ J59 的检测信号而生成。

[0200] 图 23 中的检测器 P50、Q50、R50 及 S50 对来自非对象层的杂散光进行检测。通过对检测器 P50、Q50、R50 及 S50 的检测信号乘以根据面积和位置的系数而算出漏进检测器 A50、B50 内的杂散光量。

[0201] 图 24 是光检测器 208 中的检测 FE 的受光部的结构,对于由受光部的矩形长边方向与轴 A510 形成的角 ϕ 而言,表示在受光部 K51 ~ K53 中为 ϕc 、在受光部 L51 ~ L53 中为 ϕd 、在受光部 K54 ~ K56 中为 ϕe 、在受光部 L54 ~ L56 中为 ϕf 的情况。将 $\phi c \sim \phi f$ 总称为 ϕ ,各个绝对值可以相互不等。 ϕ 将以轴 A510 为基准的逆时针旋转方向设为正。此外,虽然未图示,但是检测器 M51 ~ M56、N51 ~ N56 分别对应于图 24 的检测器 K51 ~ K56、L51 ~ L56。在实施例 5 中,由各 FE 受光部的受光部的矩形长边方向与轴 A510 形成的角 ϕ 取 $0 < \phi \leq 2\theta$,由此在因物镜 205 的位置而使入射光大致聚光在远层的情况下,可以降低光斑因球面象差而向 θ 方向扩展并漏进受光部的影响,FES 不会产生伪峰值。

[0202] <FE 信号的生成>

[0203] FES5 可以基于受光部 K51 ~ K56、L51 ~ L56、M51 ~ M56、N51 ~ N56 检测信号利用数学式 16 而求出。

[0204] [数学式 16]

[0205] $FES5 = I51+J52+J53+K52+K55+L52+L55+M52+M55+N52+N55$

[0206] $-(J51+I52+I53+K51+K53+K54+K56+L51+L53+L54+L56$

[0207] +M51+M53+M54+M56+N51+N53+N54+N56) (5-1)

[0208] 就 FES5 的模拟实验结果而言,因与实施例 2 相同而省略。另外,由于实施例 5 在 FE 检测器受光部的倾斜度 ϕ 内不包含 0° , 因此易于回避因球面象差引起的光斑的扩展, 所以比起实施例 4 进一步改善了球面象差的减少。就 TES、RFS 而言,因与实施例 4 相同而省略。

[0209] 在上述实施例中,虽然受光部都以矩形进行了说明,但是不言而喻,并不限于如图 25 所示的矩形,椭圆形或梯形、具有三个以上顶点的多边形都能使用。这种情况下,在椭圆形中将长轴方向称为长边方向(图 25(a))。另外,在多边形中将最长的一边称为长边方向(图 25(b))。

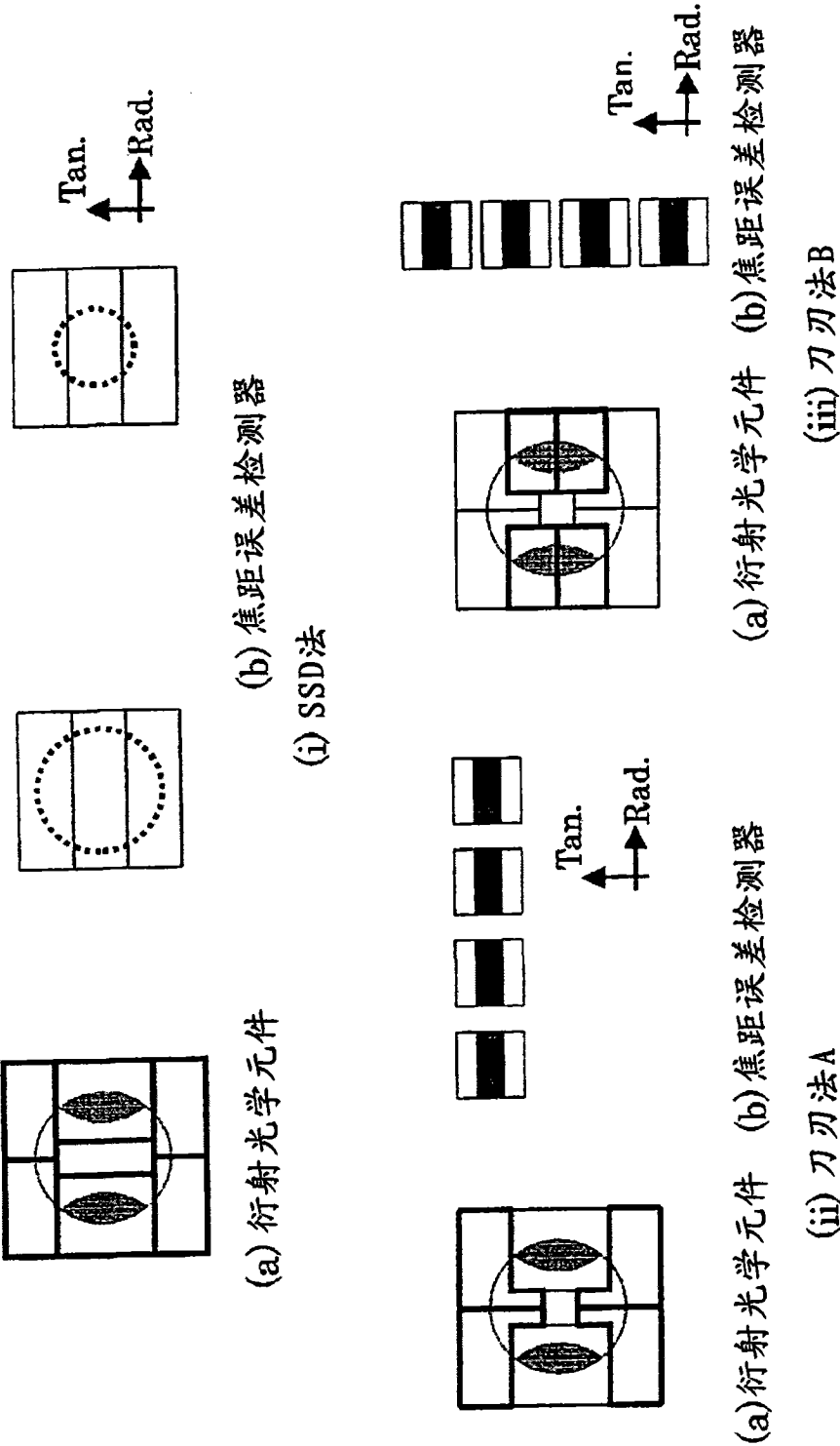


图 1

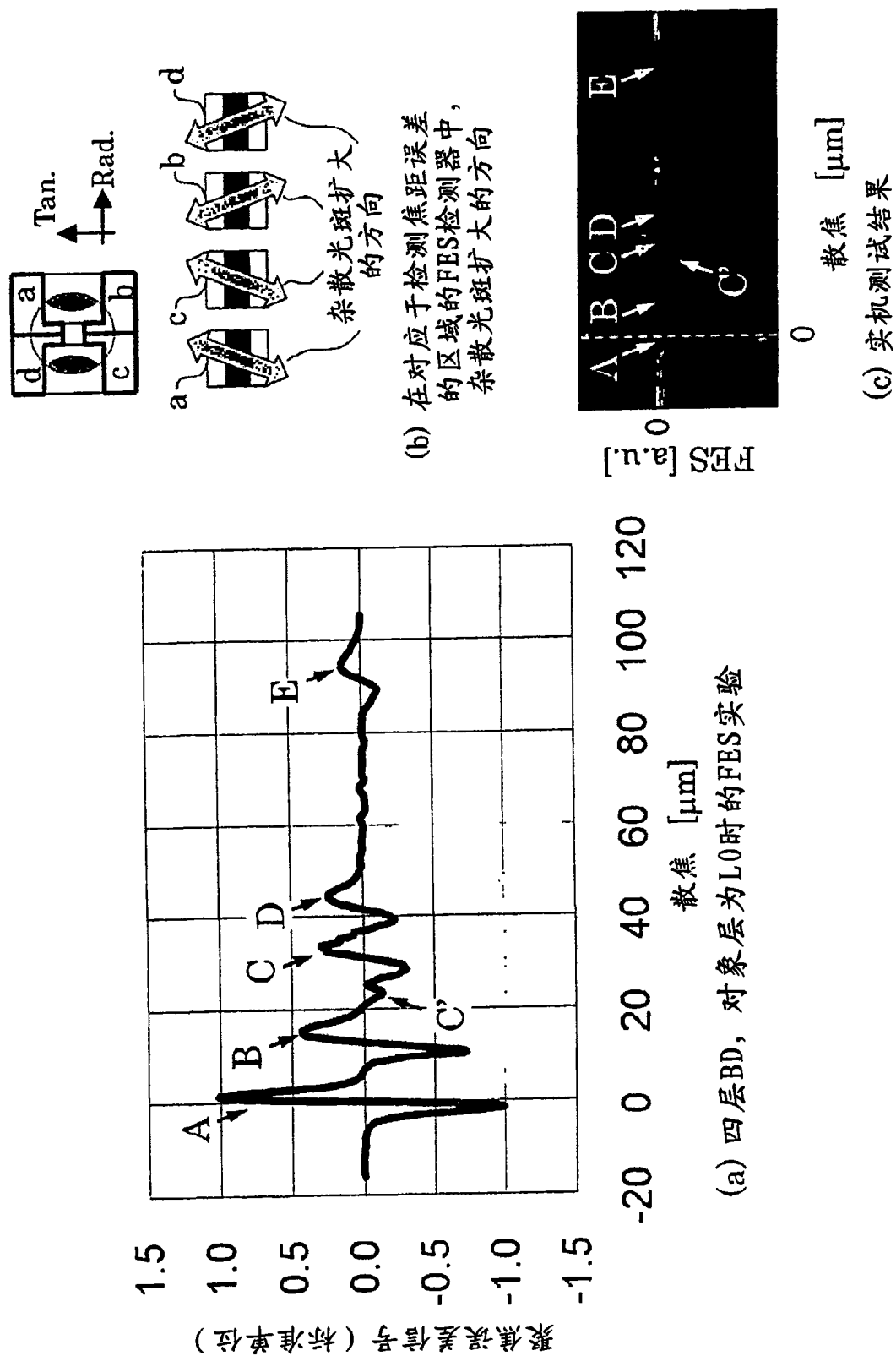


图 2

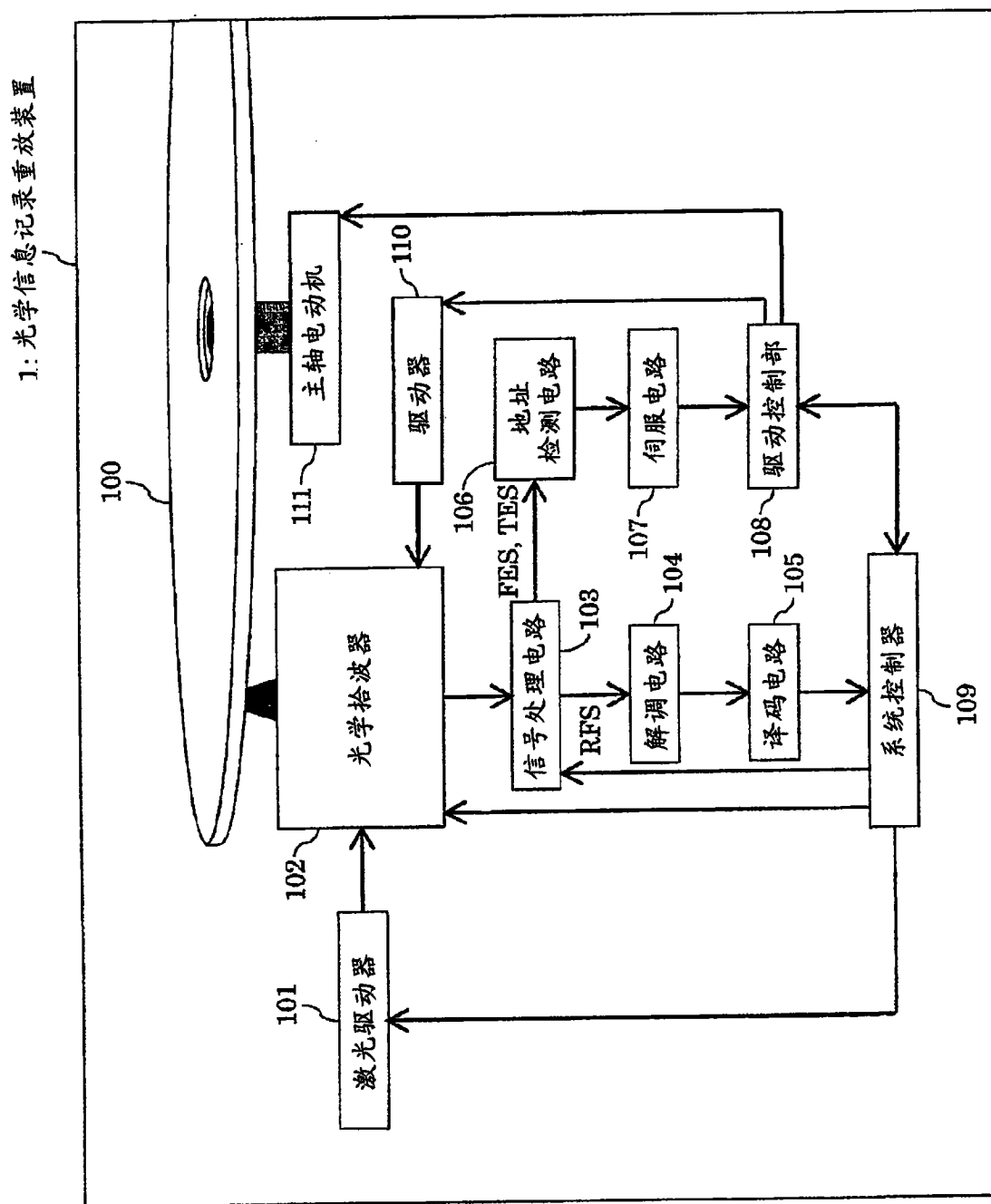


图 3

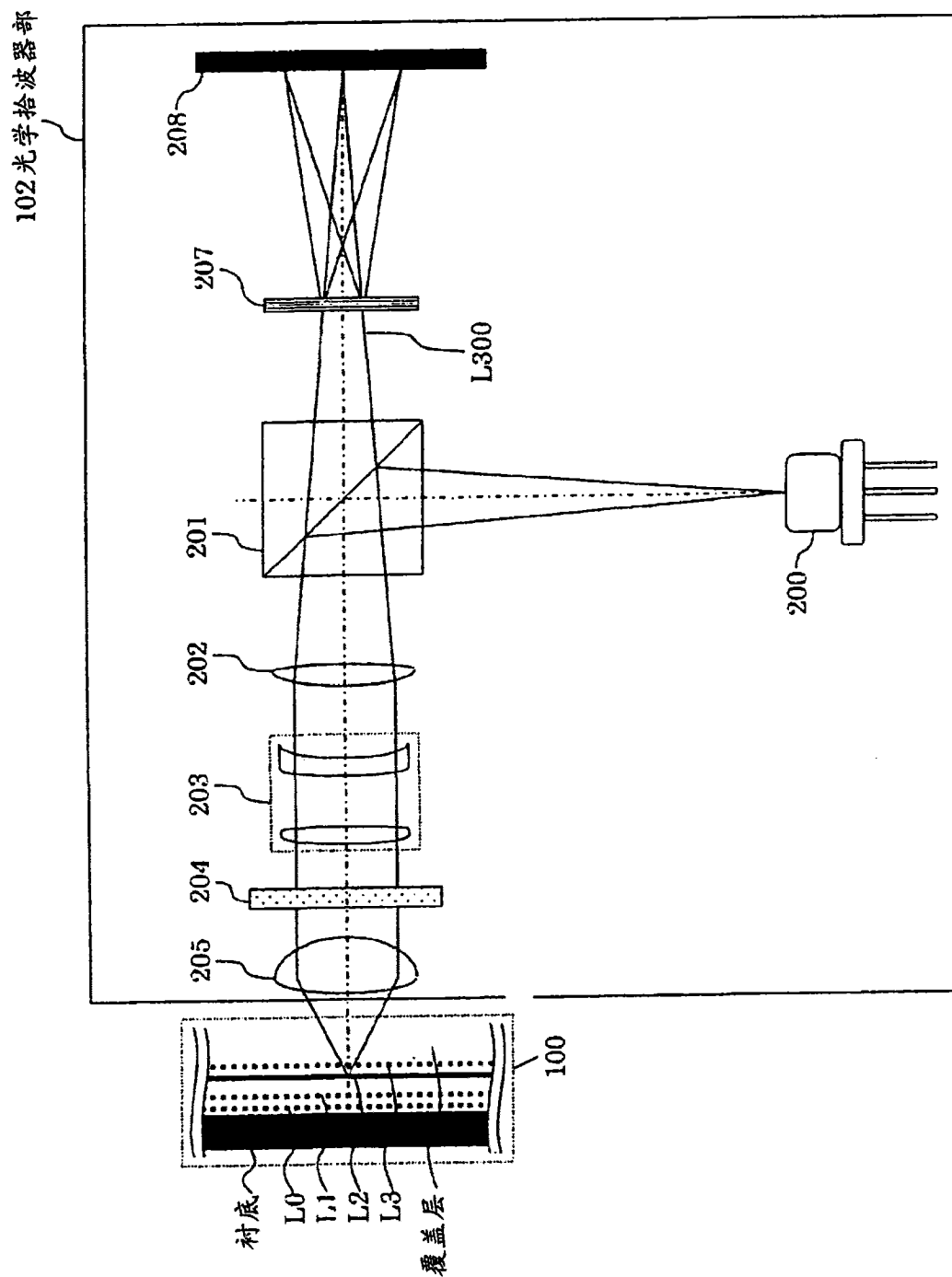
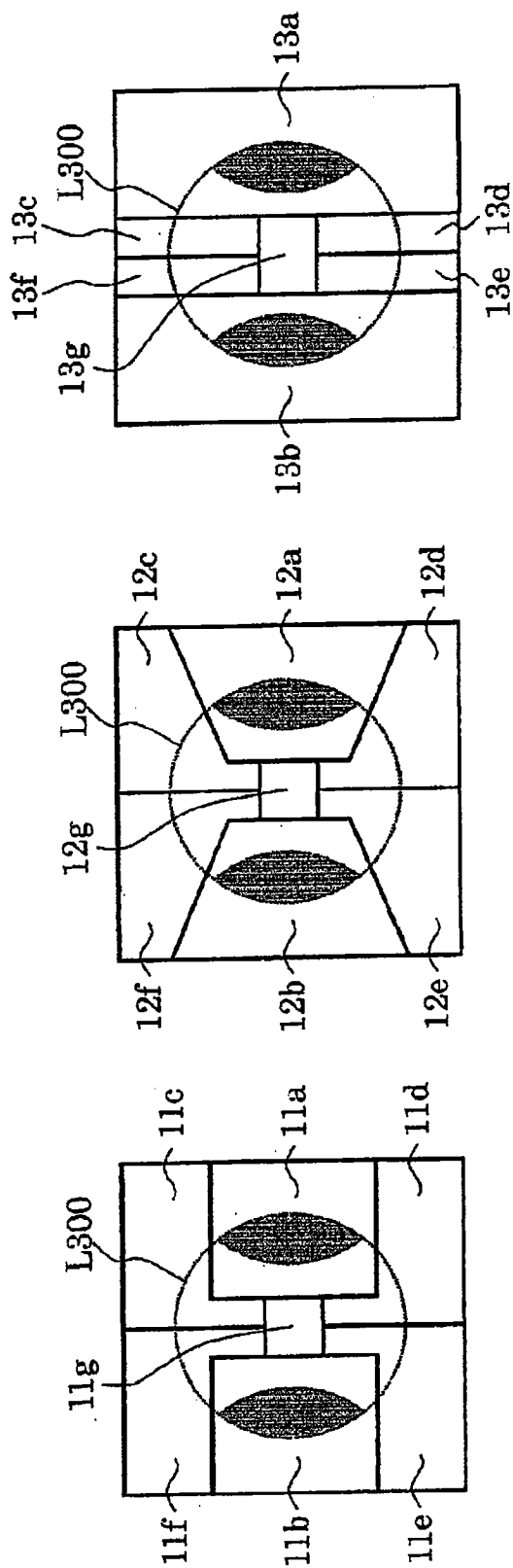
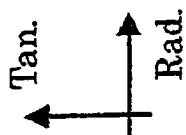


图 4

207

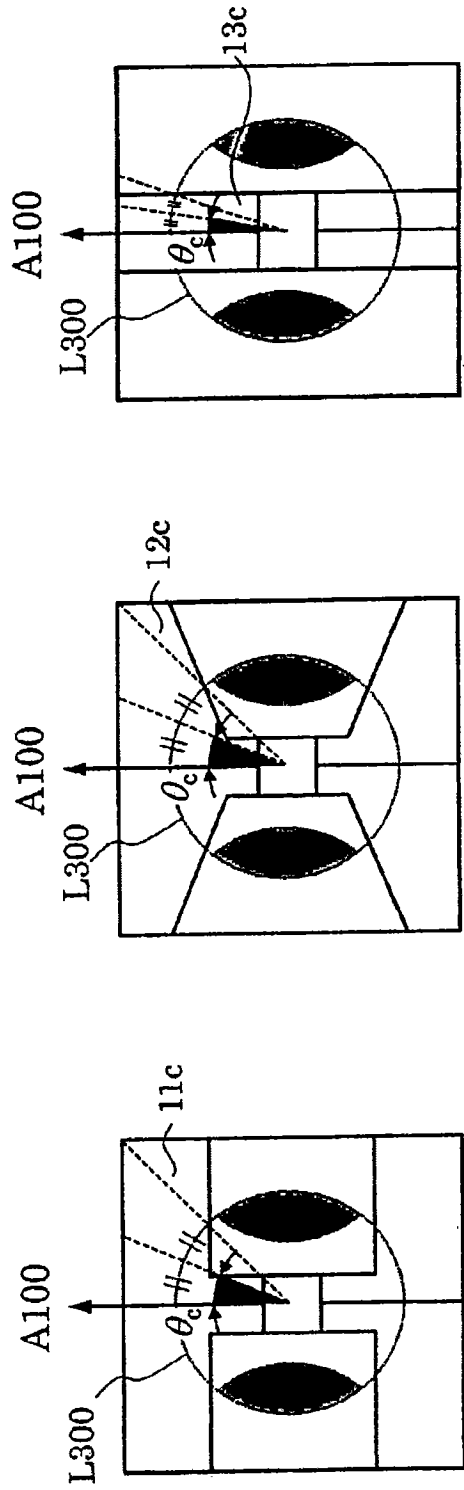
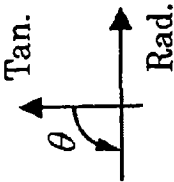


(a) 推挽区域形状为矩形

(b) 推挽区域形状为梯形

(c) 全部区域形状为矩形

图 5



(c) 全部区域形状为矩形

(b) 推挽区域形状为梯形

(a) 推挽区域形状为矩形

图 6

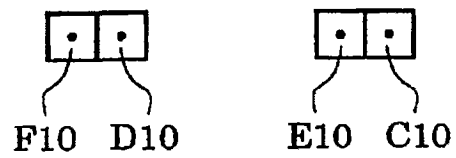
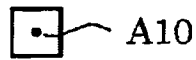
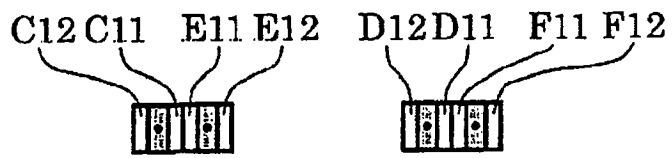
208

图 7

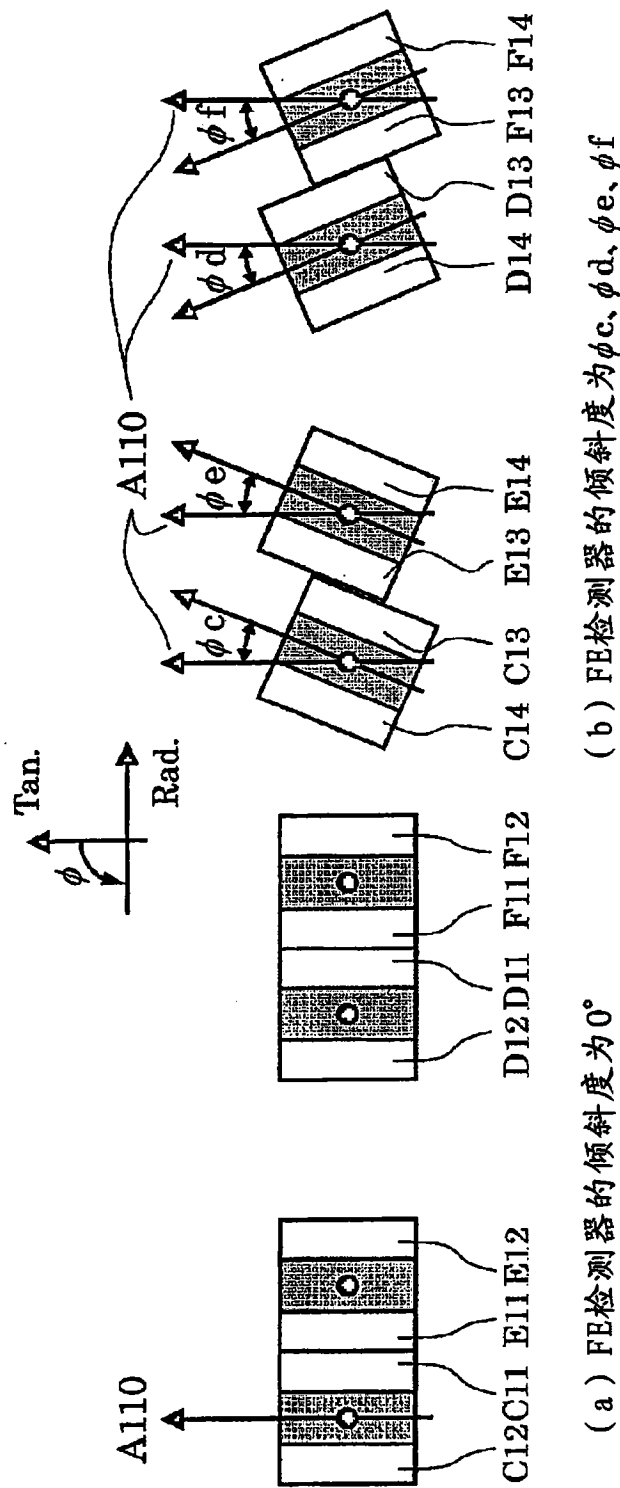


图 8

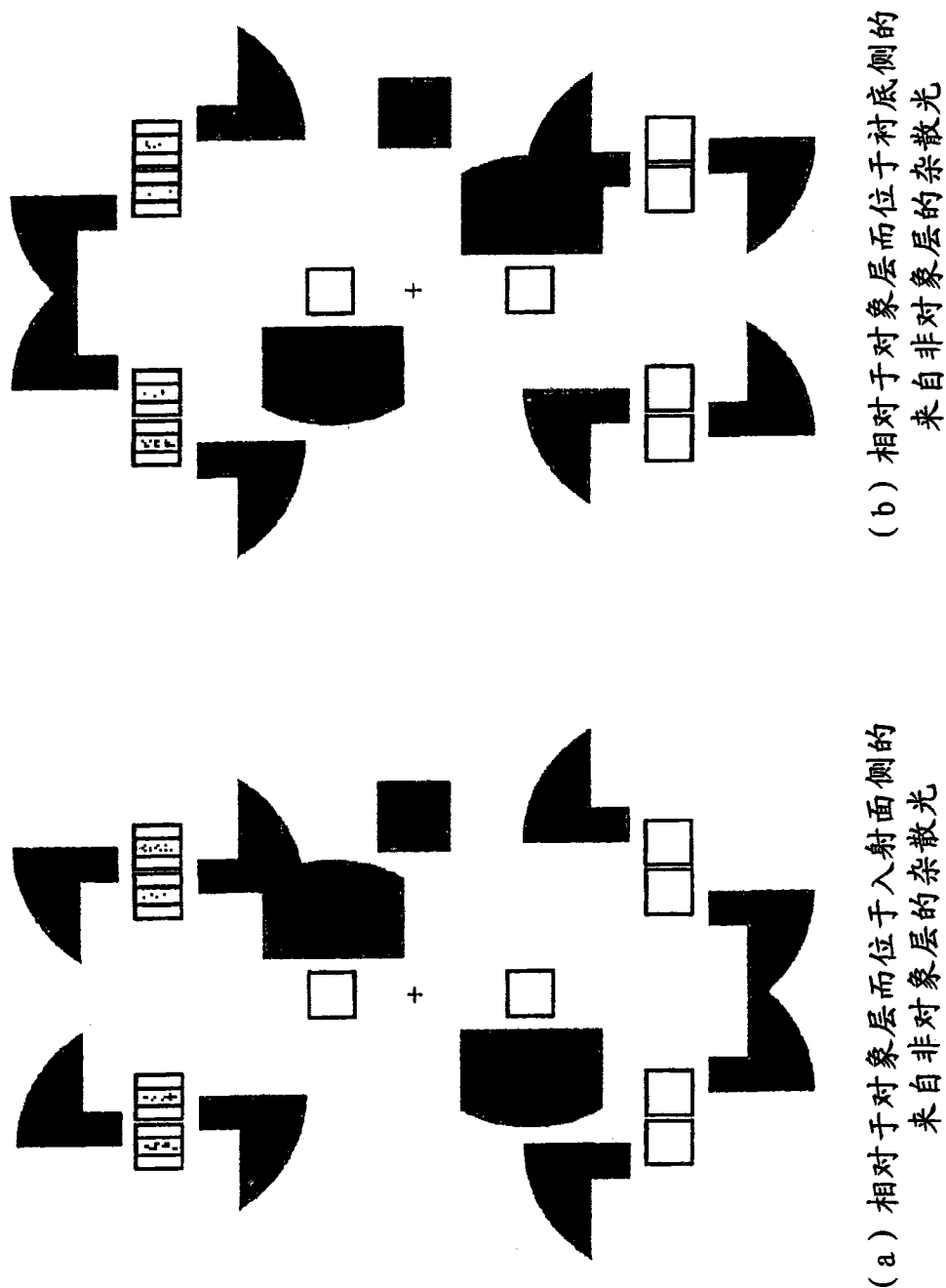
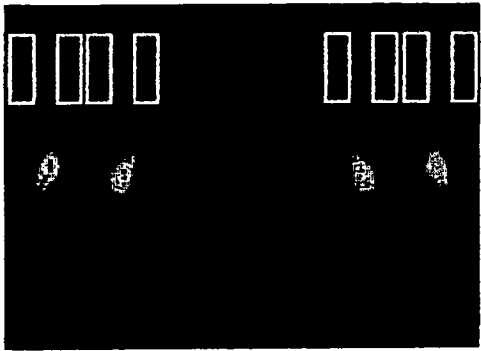
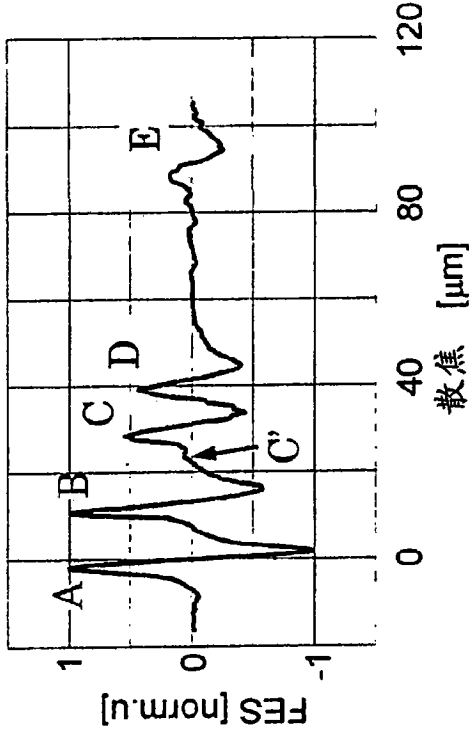


图 9

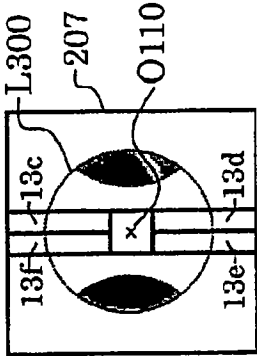


(a) FE检测器和杂散光的形态

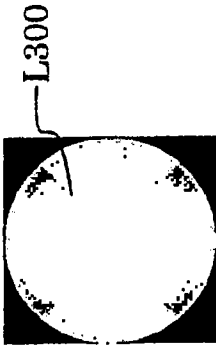
图 10A



(iii) FE模拟实验结果



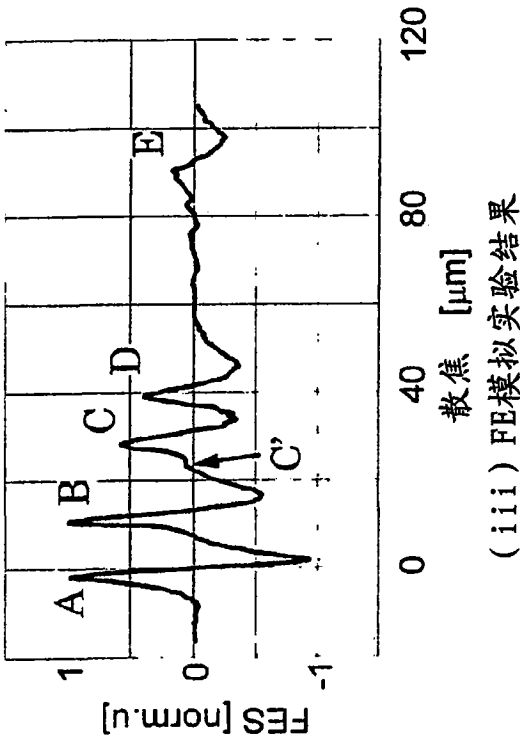
(ii) 衍射光学元件207和
反射光L300的位置



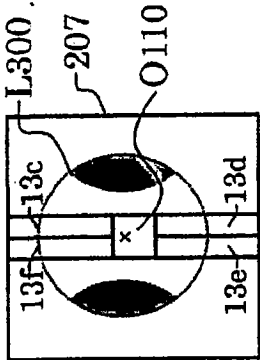
(i) 物镜205上的
反射光L300的强度分布

(b) 当跟踪、未产生部件错位时的FES

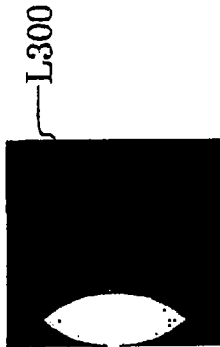
图 10B



(iii) FE模拟实验结果



(ii) 衍射光学元件207和
反射光L300的位置



(i) 物镜205上的
反射光L300的强度分布

(c) 当非跟踪80nm、产生部件错位50μm时的FES

图 10C

208

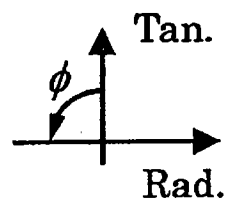
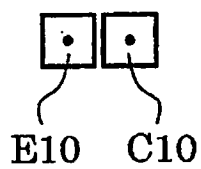
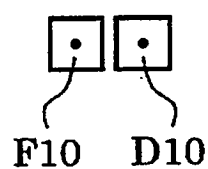
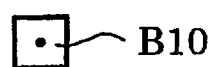
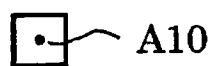
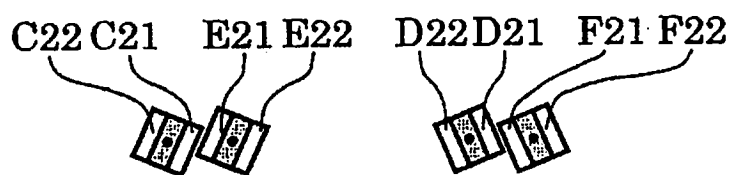


图 11

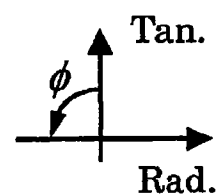
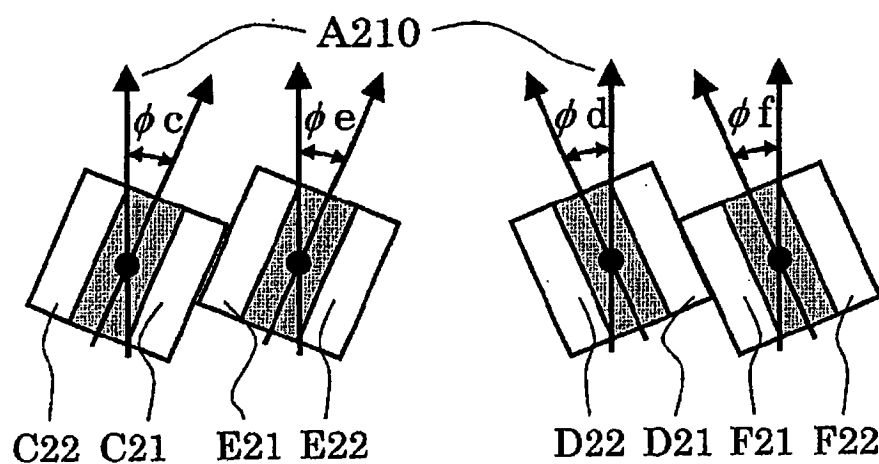
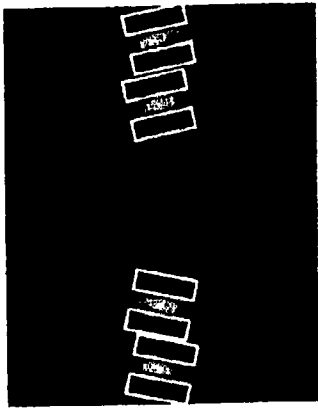
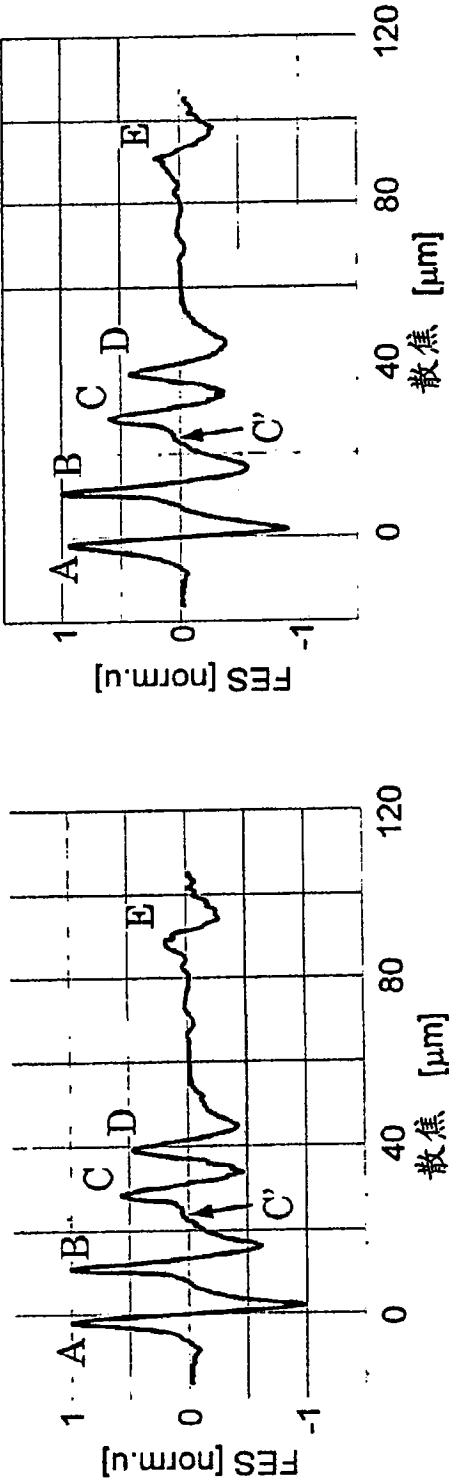


图 12



(a) FE检测器和杂散光的形态



(b) 当跟踪、未产生部件错位时的FES

(c) 当非跟踪80nm、产生部件错位50μm时的FES

图 13

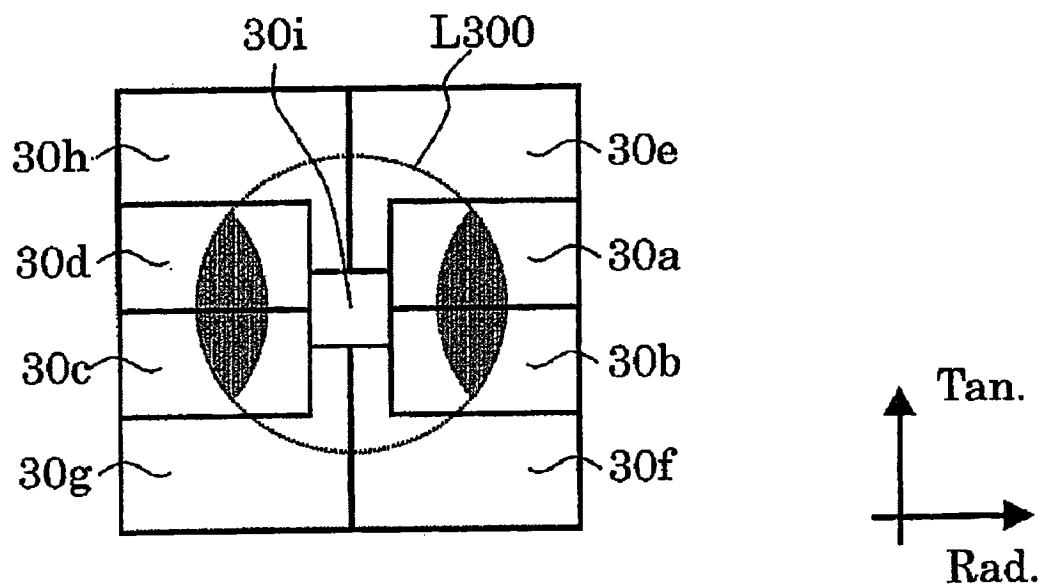
207

图 14

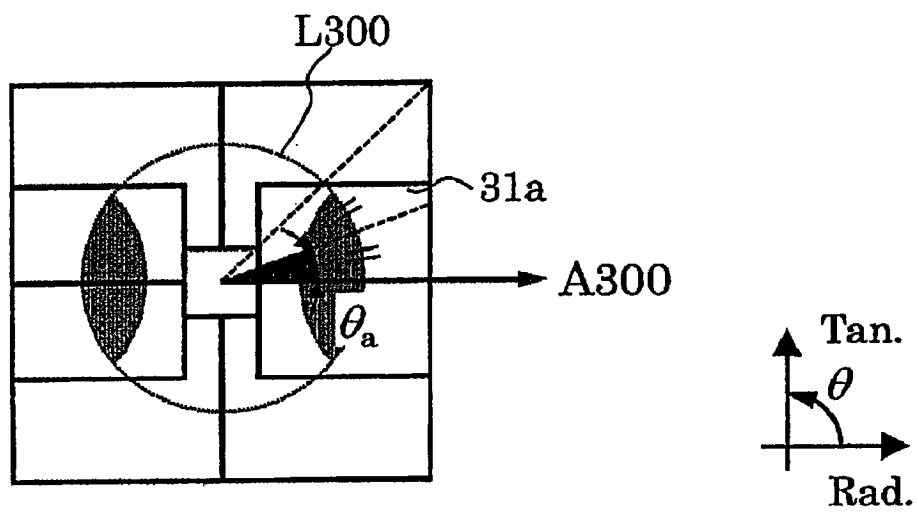
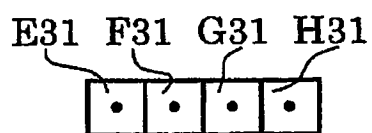
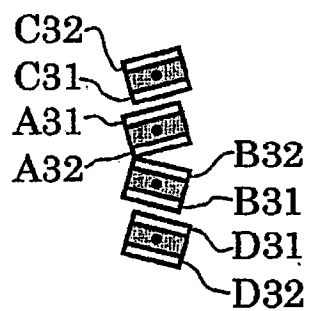


图 15

208

✱ O300

☐ I30

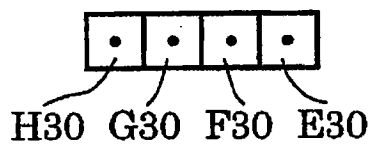
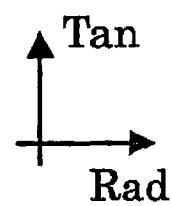
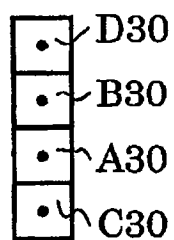


图 16

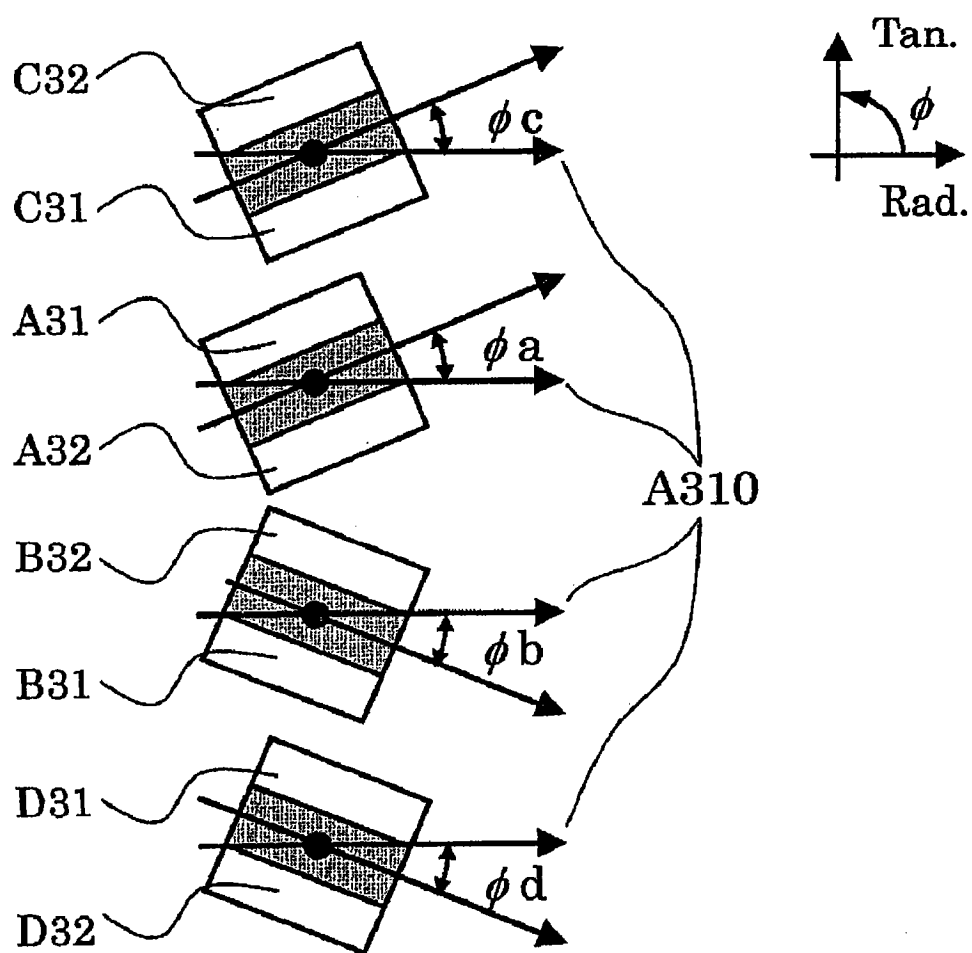


图 17

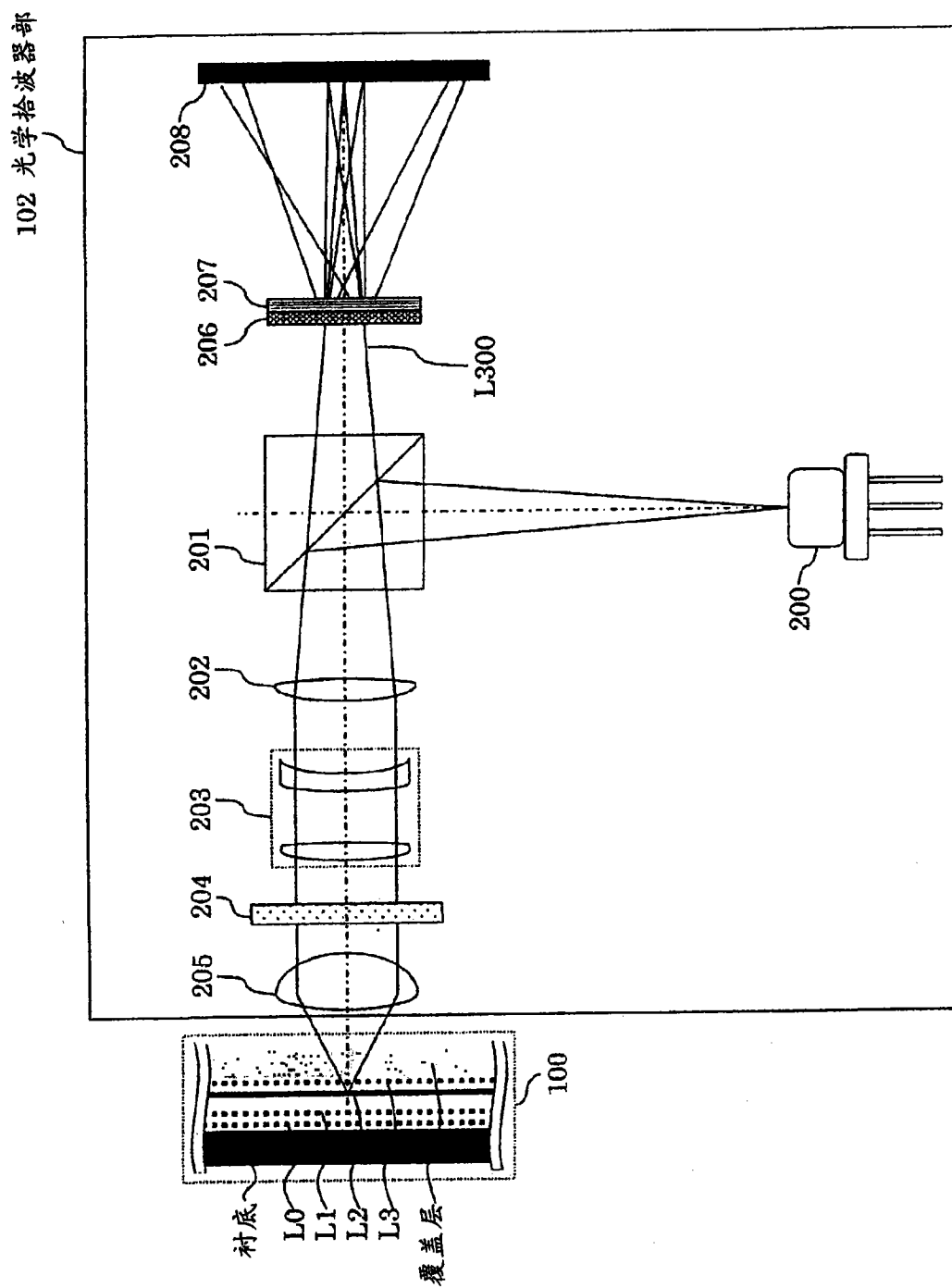


图 18

207

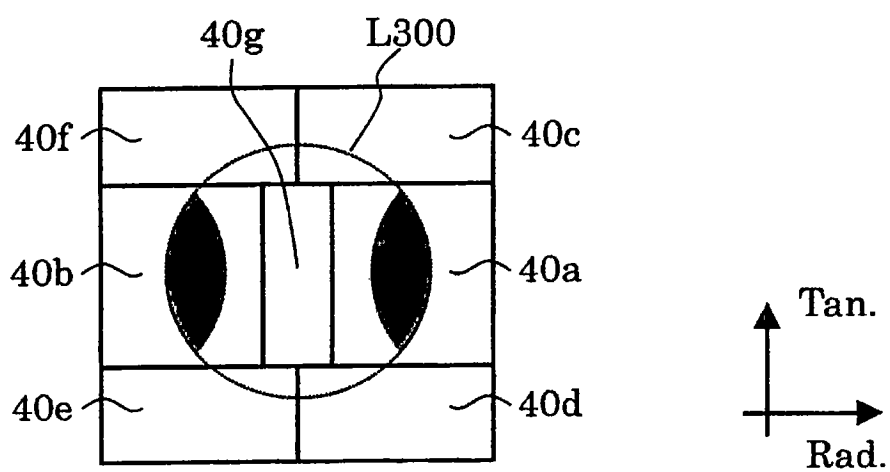


图 19

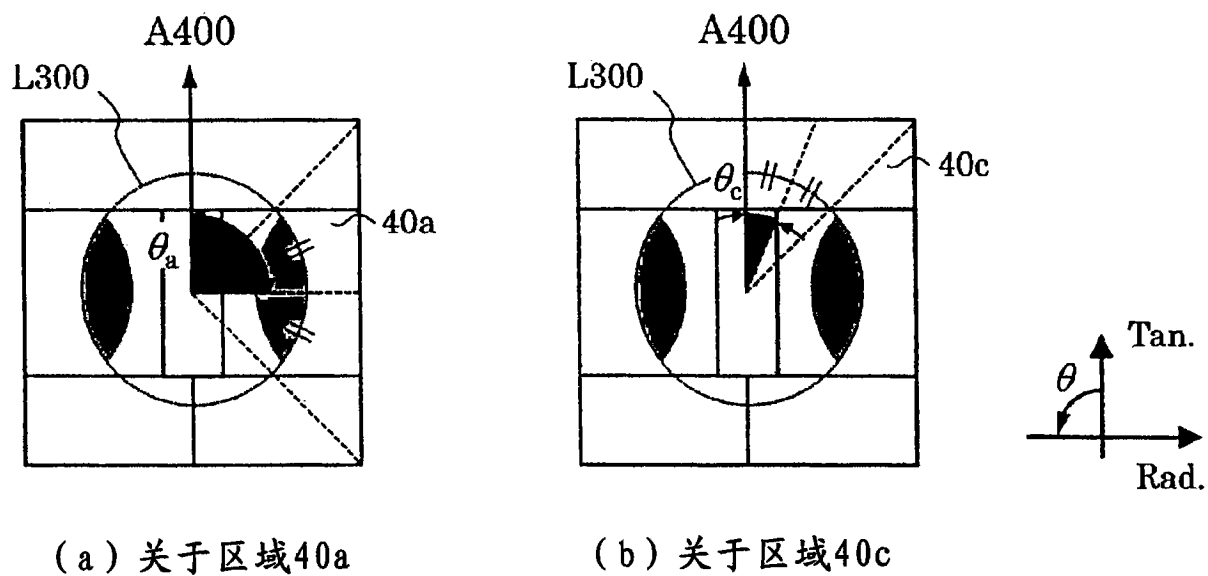


图 20

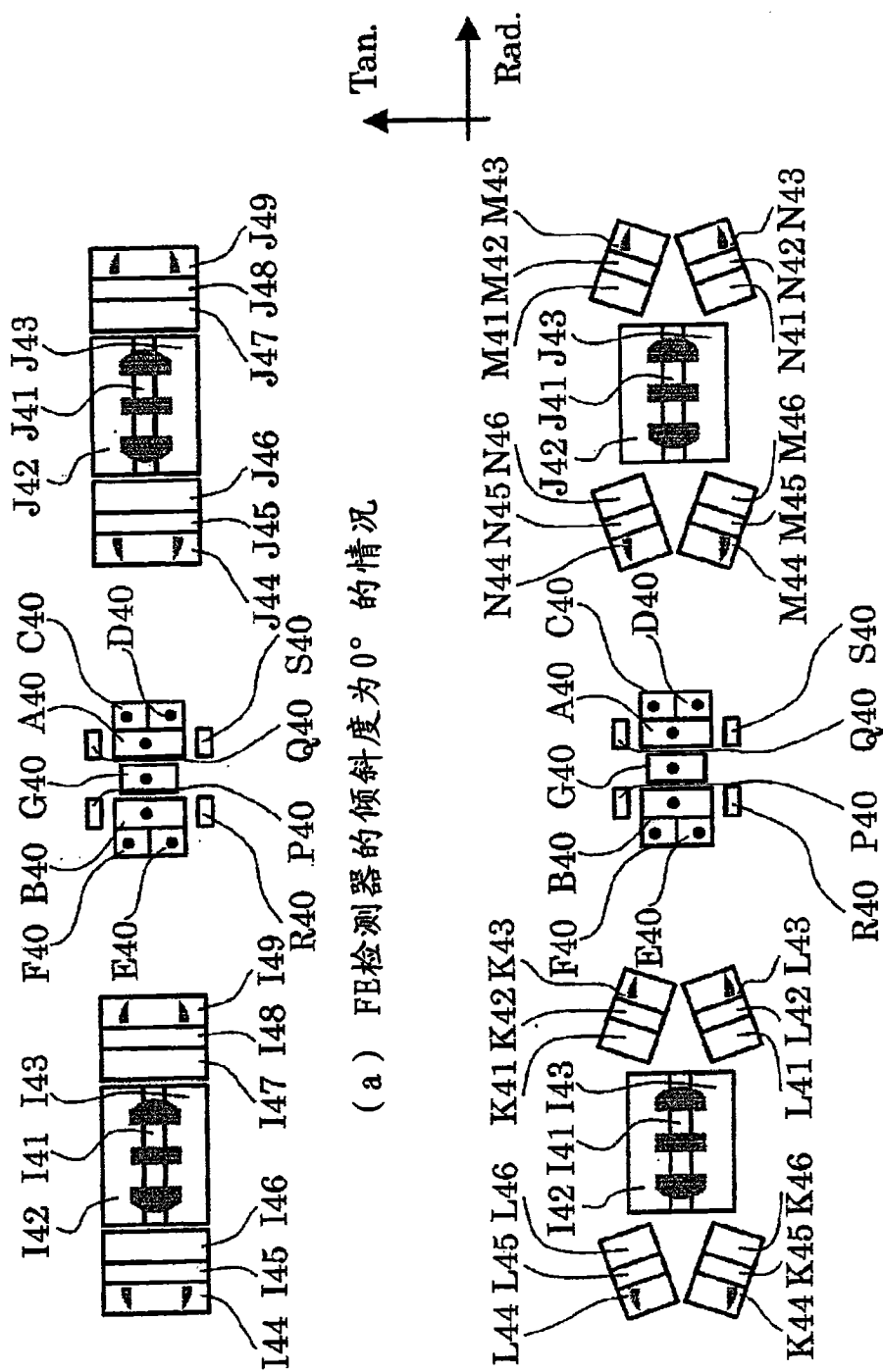
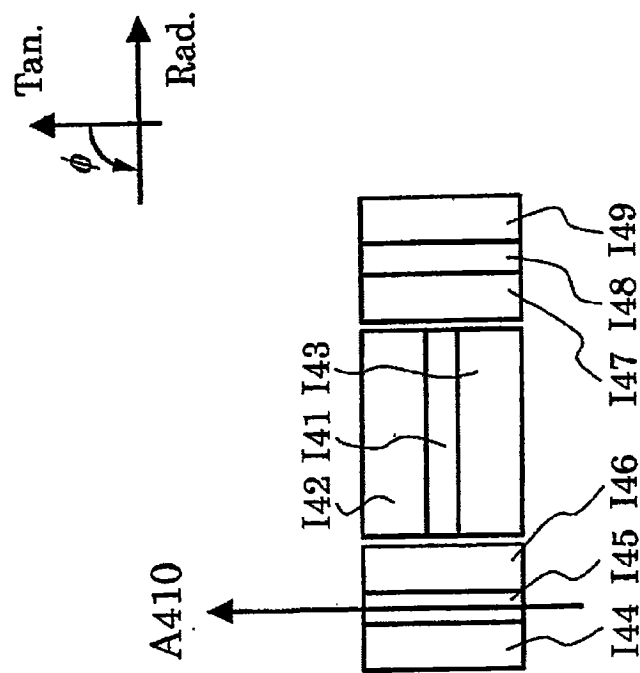
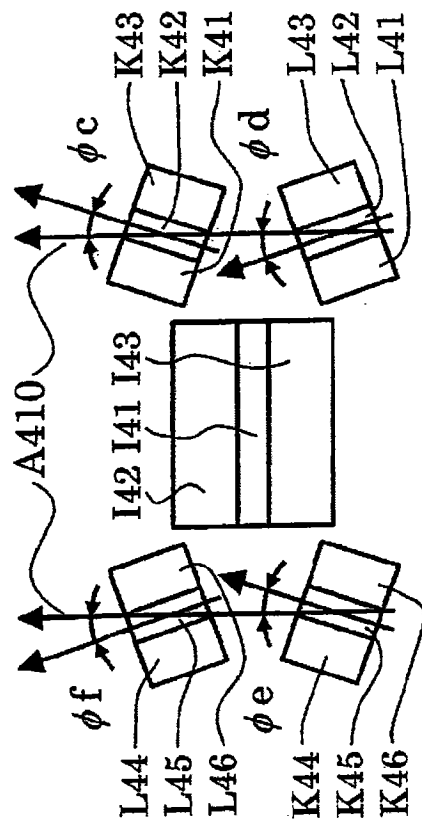


图 21

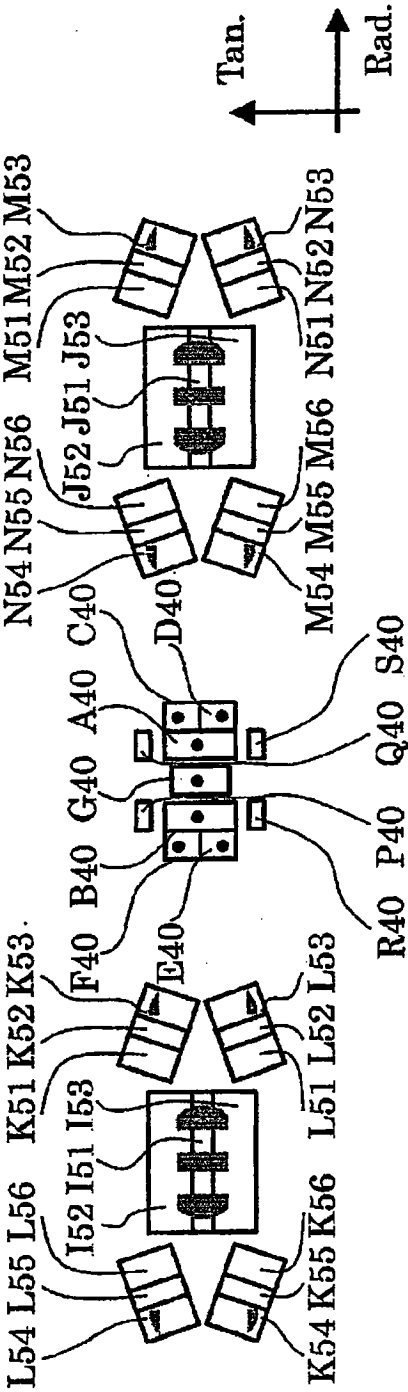


(a) FE检测器的倾斜度为 0°



(b) FE检测器的倾斜度为 ϕc 、 ϕd 、 ϕe 、 ϕf

图 22



(b) FE检测器的倾斜度为 ϕc 、 ϕd 、 ϕe 、 $\phi f \neq 0^\circ$ 的情况

图 23

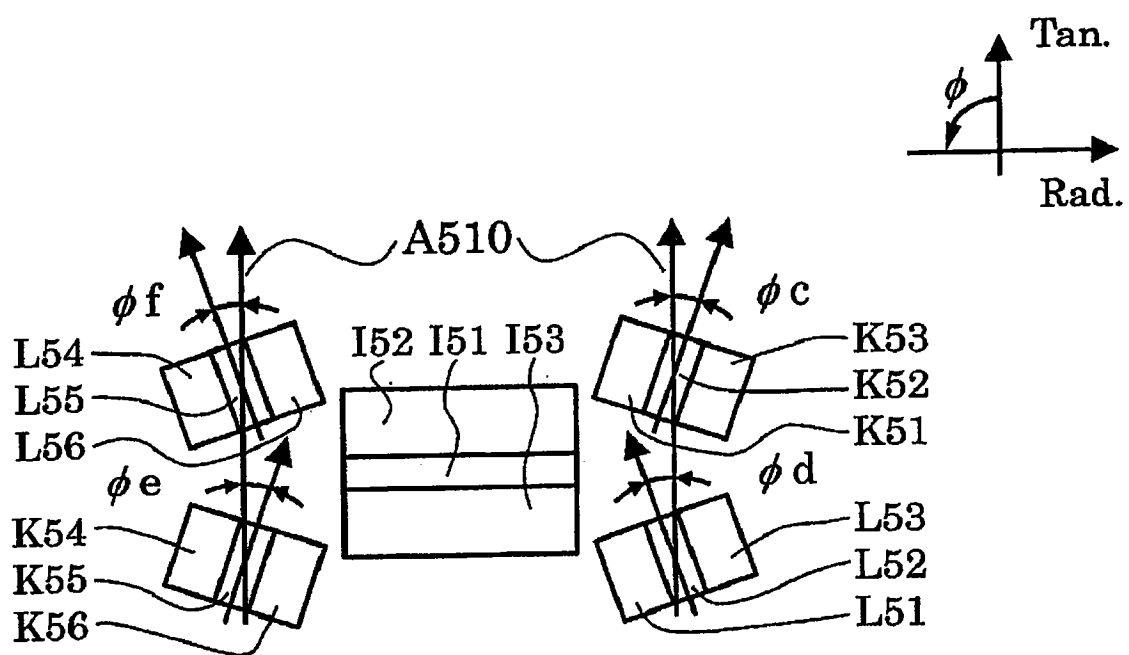


图 24

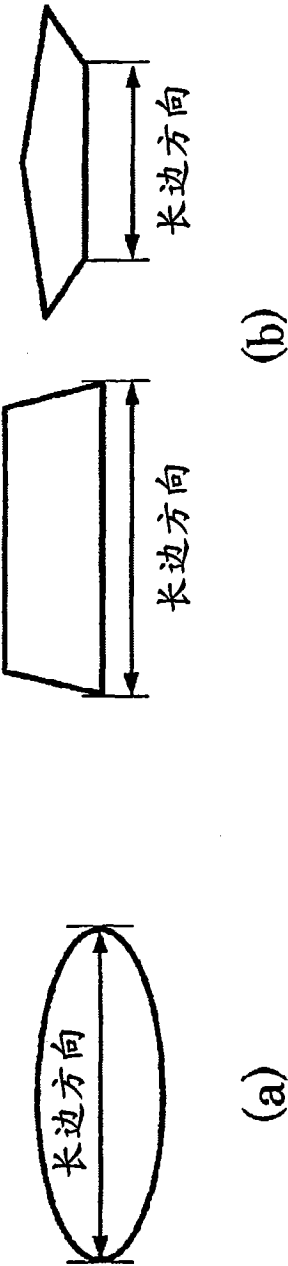


图 25