



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 104916518 B

(45)授权公告日 2018.09.28

(21)申请号 201510104340.3

(22)申请日 2015.03.10

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 104916518 A

(43)申请公布日 2015.09.16

(30)优先权数据

2014-052176 2014.03.14 JP

(73)专利权人 斯伊恩股份有限公司

地址 日本东京都

(72)发明人 佐佐木玄 渡边一浩 狩谷宏行

(74)专利代理机构 永新专利商标代理有限公司

72002

代理人 徐殿军

(51)Int.Cl.

H01J 37/317(2006.01)

(56)对比文件

CN 1988107 A, 2007.06.27,

JP 2006196351 A, 2006.07.27,

US 2008073581 A1, 2008.03.27,

CN 102194635 A, 2011.09.21,

CN 102915899 A, 2013.02.06,

CN 101079362 A, 2007.11.28,

审查员 肖俊峰

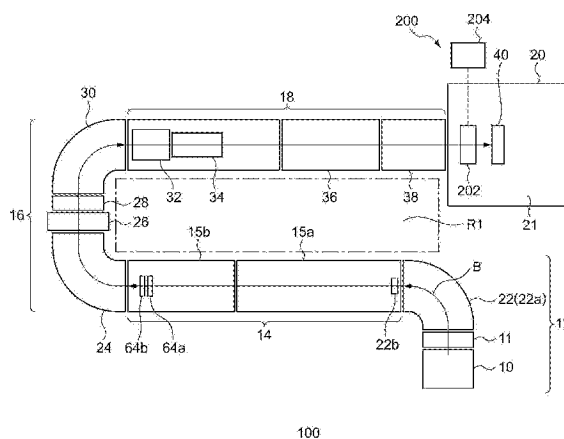
权利要求书3页 说明书14页 附图12页

(54)发明名称

离子注入装置、射束能量测定装置以及射束能量测定方法

(57)摘要

本发明提供一种离子注入装置、射束能量测定装置以及射束能量测定方法。在离子注入装置中测定离子束的能量。离子注入装置(100)中的射束能量测定装置(200)具备：平行度测定部(202)，在离子注入装置(100)的射束平行化器(36)的下游测定离子束的平行度；及能量运算部(204)，由测定出的平行度运算离子束的能量。离子注入装置(100)还可以具备控制部，该控制部根据运算出的离子束的能量控制高能多段直线加速单元(14)，以使离子束具有目标能量。



1. 一种离子注入装置,其特征在于,具备:

射束平行化器,在射束基准轨道上具有焦点,其中,该射束平行化器使多个射束轨道分别按照入射角度以不同的偏转角度偏转,以便在包含所述射束基准轨道的平面,使从所述焦点至所述射束平行化器分别成为不同的入射角度的方向的所述多个射束轨道在目标射束能量下与所述射束基准轨道平行;

平行度测定部,对于通过所述射束平行化器的离子束,在所述射束平行化器的下游测定射束平行度,该射束平行度表示所述平面内的在与所述射束基准轨道垂直的方向上的射束角度的误差;及

能量运算部,根据所述射束平行度运算所述离子束的能量相对于所述目标射束能量的偏离量。

2. 根据权利要求1所述的离子注入装置,其特征在于,

所述平行度测定部对于所述离子束的多个射束部分,测定所述平面内的在与所述射束基准轨道垂直的所述方向上的射束角度。

3. 根据权利要求2所述的离子注入装置,其特征在于,

利用所述多个射束部分中的第1射束部分的射束角度与第2射束部分的射束角度之差来定义所述射束平行度。

4. 根据权利要求2所述的离子注入装置,其特征在于,

所述多个射束部分为包含第1射束部分、第2射束部分及第3射束部分的至少3个射束部分,

所述平行度测定部根据测定出的至少3个射束角度生成所述方向上的射束角度相对于位置的误差分布,

利用所述误差分布中的所述位置的差与所对应的所述射束角度的变化量之比来定义所述射束平行度。

5. 根据权利要求3或4所述的离子注入装置,其特征在于,

所述第1射束部分位于所述方向的所述离子束的外缘部,所述第2射束部分位于所述方向的与所述第1射束部分相反一侧的所述离子束的外缘部。

6. 根据权利要求1至4中任一项所述的离子注入装置,其特征在于,

所述能量运算部根据利用所述目标射束能量定义的已知的关系,由所述射束平行度运算所述能量偏离量,

所述已知的关系是通过平行化器周边的电场计算及离子束的轨道计算能够求出的关系。

7. 根据权利要求1至4中任一项所述的离子注入装置,其特征在于,还具备:

高能量多段直线加速单元,配设于所述射束平行化器的上游,并具备多段的高频谐振器;及

控制部,根据运算出的所述离子束的能量偏离量控制所述高能量多段直线加速单元,以使所述离子束具有所述目标射束能量。

8. 根据权利要求7所述的离子注入装置,其特征在于,

所述控制部控制至少一个高频谐振器中的电压振幅。

9. 根据权利要求8所述的离子注入装置,其特征在于,

所述至少一个高频谐振器包含最终段的高频谐振器。

10. 根据权利要求8或9所述的离子注入装置,其特征在于,
所述控制部控制至少一个高频谐振器中的高频相位。

11. 根据权利要求1至4中任一项所述的离子注入装置,其特征在于,
当将所述平面内的与所述射束基准轨道垂直的所述方向设为x方向,将与所述射束基准轨道及x方向垂直的方向设为y方向时,

所述射束平行化器在所述射束平行化器的下游形成沿着x方向扩大的射束通过区域,
所述平行度测定部具备掩模,该掩模用于将所述离子束整形为具有在y方向上长的y射束部分的测定用射束,

所述平行度测定部检测所述y射束部分的x方向位置,由检测出的x方向位置测定所述射束平行度。

12. 根据权利要求1至4中任一项所述的离子注入装置,其特征在于,
所述离子注入装置还具备配设于所述射束平行化器的上游的射束扫描器。

13. 根据权利要求1至4中任一项所述的离子注入装置,其特征在于,
所述平行度测定部设置在用于对被处理物进行离子注入处理的处理室。

14. 根据权利要求1至4中任一项所述的离子注入装置,其特征在于,
所述射束平行化器为静电型的射束平行化器。

15. 根据权利要求1至4中任一项所述的离子注入装置,其特征在于,
所述射束平行化器为磁场型的射束平行化器。

16. 根据权利要求1至4中任一项所述的离子注入装置,其特征在于,
所述离子注入装置构成为,当所述能量偏离量超过预先设定的阈值时,中断离子注入处理。

17. 根据权利要求1至4中任一项所述的离子注入装置,其特征在于,
所述离子注入装置构成为,当所述能量偏离量超过预先设定的阈值时,将所述离子束的能量补正为接近所述目标射束能量。

18. 一种离子注入装置中的射束能量测定装置,其特征在于,具备:
平行度测定部,在所述离子注入装置的射束平行化器的下游测定射束平行度;及
能量运算部,根据利用目标射束能量定义的已知的关系,由所述射束平行度运算离子束的能量相对于所述目标射束能量的偏离量,

所述已知的关系是通过平行化器周边的电场计算及离子束的轨道计算能够求出的关系。

19. 一种射束能量测定方法,其特征在于,具备如下工序:
在离子注入装置中,在射束平行化器的下游测定射束平行度;及
根据利用目标射束能量定义的已知的关系,由所述射束平行度运算离子束的能量相对于所述目标射束能量的偏离量,

所述已知的关系是通过平行化器周边的电场计算及离子束的轨道计算能够求出的关系。

20. 根据权利要求19所述的射束能量测定方法,其特征在于,
所述射束能量测定方法还具备如下工序:当所述能量偏离量超过预先设定的阈值时,

中断离子注入处理。

21. 根据权利要求19所述的射束能量测定方法,其特征在于,

当所述能量偏离量超过预先设定的阈值时,将所述离子束的能量补正为接近所述目标射束能量。

离子注入装置、射束能量测定装置以及射束能量测定方法

技术领域

[0001] 本申请主张基于2014年3月14日申请的日本专利申请2014-052176号的优先权。该日本申请的全部内容通过参考援用于本说明书中。

[0002] 本发明涉及一种离子注入装置、射束能量测定装置以及射束能量测定方法。

背景技术

[0003] 离子注入装置中有时设有测定离子束的能量的装置。例如，在一能量测定装置中，测定规定距离中的离子的飞行时间，由该距离和测定飞行时间求出离子的速度，利用该速度运算离子的能量。并且，在其他测定装置中，根据离子束与靶接触时所产生的特性X射线测定离子束的能量。

[0004] 专利文献1：日本特开2000-100372号公报

[0005] 专利文献2：日本特开平8-148112号公报

[0006] 上述测定装置中另外需要用于测定能量的专用的结构。例如，测定离子的飞行时间时，使用隔着规定的距离配置的2个传感器。用各传感器检测离子的通过，其时间差被视为离子的飞行时间。并且，检测特性X射线时，需要产生特性X射线的专用靶及X射线检测器。通常，在离子注入装置中附加新的结构时，会导致离子注入装置的制造成本增加。

发明内容

[0007] 本发明的一方式所例示的目的之一在于，在离子注入装置中，无需大幅增加成本就能够测定离子束的能量。

[0008] 根据本发明的一方式，提供一种离子注入装置，其具备：射束平行化器，在射束基准轨道上具有焦点，其中，使所述多个射束轨道分别按照入射角度以不同的偏转角度偏转，以便在包含所述射束基准轨道的平面，使从所述焦点至所述射束平行化器分别提供不同的入射角度的方向的多个射束轨道在目标射束能量下与所述射束基准轨道平行；平行度测定部，对于通过所述射束平行化器的离子束，在所述射束平行化器的下游测定射束平行度，该射束平行度表示所述平面内的在与所述射束基准轨道垂直的方向上的射束角度的误差；及能量运算部，根据所述射束平行度运算所述离子束的能量相对于所述目标射束能量的偏离量。

[0009] 根据本发明的一方式，提供一种离子注入装置中的射束能量测定装置，其具备：平行度测定部，在所述离子注入装置的射束平行化器的下游测定射束平行度；及能量运算部，根据利用所述目标射束能量定义的已知的关系，由所述射束平行度运算离子束的能量相对于目标射束能量的偏离量。

[0010] 根据本发明的一方式，提供一种射束能量测定方法，其具备如下工序：在离子注入装置中，在射束平行化器的下游测定射束平行度；及根据利用所述目标射束能量定义的已知的关系，由所述射束平行度运算离子束的能量相对于目标射束能量的偏离量。

[0011] 另外，在方法、装置、系统等之间相互置换以上构成要件中的任意组合或本发明的构

成要件和表现形式,作为本发明的方式同样有效。

[0012] 发明效果

[0013] 根据本发明,在离子注入装置中,无需大幅增加成本就能够测定离子束的能量。

附图说明

[0014] 图1是示意地表示本发明的一实施方式所涉及的离子注入装置的顶视图。

[0015] 图2是表示包括图1所示的高能量多段直线加速单元的概略结构的整体布局的俯视图。

[0016] 图3是用于说明图1所示的高能量多段直线加速单元的控制部的功能以及结构的框图。

[0017] 图4是表示图1所示的射束传输线单元的一部分的概略结构的俯视图。

[0018] 图5(a)、图5(b)及图5(c)是用于说明本发明的一实施方式所涉及的射束平行度的测定的图。

[0019] 图6是用于说明本发明的一实施方式所涉及的射束平行度的测定的图。

[0020] 图7(a)及图7(b)是用于说明本发明的一实施方式所涉及的射束平行度的测定的图。

[0021] 图8是例示本发明的一实施方式所涉及的射束测定方法的流程图。

[0022] 图9示意地表示本发明的一实施方式所涉及的射束能量测定装置的一例。

[0023] 图10是示意地表示图9所示的平行度测定部的图。

[0024] 图11是在掩模的y方向中央切断图10所示的平行度测定部而从y方向观察的图。

[0025] 图12是在掩模的y狭缝的x方向位置切断图10所示的平行度测定部而从x方向观察的图。

[0026] 图13是在掩模的x狭缝的x方向位置切断图10所示的平行度测定部而从x方向观察的图。

[0027] 图14是用于说明利用图9所示的平行度测定部的平行度测定处理的一例的流程图。

[0028] 图中:14-高能量多段直线加速单元,14a-高频谐振器,34-射束扫描器,36-射束平行化器,84-电场平行化透镜,100-离子注入装置,120-控制部,200-射束能量测定装置,202-平行度测定部,204-能量运算部,206-第1射束部分,208-第2射束部分,210-第3射束部分。

具体实施方式

[0029] 以下,参考附图对用于实施本发明的方式进行详细说明。另外,在附图说明中,对于相同的要件附加相同的符号,并适当省略重复说明。并且,以下所述结构为示例,并未对本发明的范围做任何限定。

[0030] 图1是示意地表示本发明的一实施方式所涉及的离子注入装置100的顶视图。离子注入装置100适用于所谓的高能量离子注入装置。高能量离子注入装置为具有高频线形加速方式的离子加速器和高能量离子传输用射束线的离子注入装置,使在离子源10产生的离子加速,将这样得到的离子束B沿着射束线传输至被处理物(例如基板或晶片40),并向被处

理物注入离子。

[0031] 图1中示出离子注入装置100的射束线部的构成要件的布局。离子注入装置100的射束线部构成为,具备离子源10、及用于对被处理物进行离子注入处理的处理室21,并从离子源10朝向被处理物传输离子束B。

[0032] 如图1所示,高能离子注入装置100具备:离子束生成单元12,生成离子并进行质量分析;高能多段直线加速单元14,对离子束进行加速而使其成为高能离子束;射束偏转单元16,进行高能离子束的能量分析、基准轨道校正及能量分散的控制;射束传输线单元18,将已分析的高能离子束传输到晶片40;及基板处理供给单元20,将传输到的高能离子束均匀地注入到半导体晶片。

[0033] 离子束生成单元12具有离子源10、引出电极11及质量分析装置22。离子束生成单元12中,射束从离子源10通过引出电极11而被引出的同时被加速,被引出加速的射束通过质量分析装置22进行质量分析。质量分析装置22具有质量分析磁铁22a及质量分析狭缝22b。质量分析狭缝22b有时会配置在质量分析磁铁22a的正后方,而实施例中则配置在其下一个结构即高能多段直线加速单元14的入口部内。由质量分析装置22进行质量分析的结果,仅挑选出注入所需要的离子种类,挑选出的离子种类的离子束被导入到下一个高能多段直线加速单元14。

[0034] 图2是表示包括高能多段直线加速单元14的概略结构的整体布局的俯视图。高能多段直线加速单元14具备进行离子束的加速的多个线形加速装置、即隔着1个以上的高频谐振器14a的加速间隙。高能多段直线加速单元14能够通过高频(RF)电场的作用而使离子加速。

[0035] 高能多段直线加速单元14具备第1线形加速器15a,该第1线形加速器15a具备高能离子注入用的基本的多段的高频谐振器14a。高能多段直线加速单元14也可以具备第2线形加速器15b,该第2线形加速器15b具备超高能离子注入用的追加的多段的高频谐振器14a。通过高能多段直线加速单元14,进一步被加速的离子束的方向通过射束偏转单元16而发生变化。

[0036] 在使用高频(RF)加速的离子注入装置中,作为高频参数必须考虑电压的振幅 V [kV]、频率 f [Hz]。而且,当进行多段的高频加速时,将彼此的高频相位 ϕ [deg]作为参数加进去。此外,需要用于通过会聚/发散效应来控制离子束在加速中途和加速后向上下左右扩散的磁场透镜(例如四极电磁铁)或电场透镜(例如电场四极电极),它们的运转参数的最佳值根据离子通过该处的时刻的离子能量而发生改变,而且加速电场的强度会影响到会聚和发散,因此,在确定高频参数之后再确定它们的值。

[0037] 图3是表示直线状排列有多个高频谐振器前端的加速电场(间隙)的高能多段直线加速单元及会聚发散透镜的控制部120的结构框图。

[0038] 高能多段直线加速单元14中包括1个以上的高频谐振器14a。作为控制高能多段直线加速单元14所需的构成要件需要:输入装置52,用于操作员输入所需要的条件;控制运算装置54,用于由所输入的条件数值计算各种参数,并进一步对各构成要件进行控制;振幅控制装置56,用于调整高频电压振幅;相位控制装置58,用于调整高频相位;频率控制装置60,用于控制高频频率;高频电源62;会聚发散透镜电源66,用于会聚发散透镜64;显示装置68,用于显示运转参数;及存储装置70,用于存储已被确定的参数。并且,控制运算装置54

中内置有用于预先对各种参数进行数值计算的数值计算码(程序)。

[0039] 在高频线形加速器的控制运算装置54中,通过内置的数值计算码,以所输入的条件为基础对离子束的加速及会聚和发散进行模拟来计算出高频参数(电压振幅、频率、相位),以获得最佳的传输效率。并且,同时还计算出用于有效地传输离子束的会聚发散透镜64的参数(Q线圈电流、或者Q电极电压)。在显示装置68中显示计算出的各种参数。对于超过高能量多段直线加速单元14的能力的加速条件,表示无解的显示内容显示于显示装置68。

[0040] 电压振幅参数由控制运算装置54被送至振幅控制装置56,振幅控制装置56调整高频电源62的振幅。相位参数被送至相位控制装置58,相位控制装置58调整高频电源62的相位。频率参数被送至频率控制装置60。频率控制装置60对高频电源62的输出频率进行控制,并且对高能量多段直线加速单元14的高频谐振器14a的谐振频率进行控制。控制运算装置54还根据所算出的会聚发散透镜参数对会聚发散透镜电源66进行控制。

[0041] 在高频线形加速器的内部或其前后配置所需数量的用于有效地传输离子束的会聚发散透镜64。即,在多段的高频谐振器14a的前端的加速间隙的前后交替地具备有发散透镜或会聚透镜。并且,在第2线形加速器15b的末端的横向会聚透镜64a的后方配置追加的纵向会聚透镜64b,对通过高能量多段直线加速单元14的高能量加速离子束的会聚和发散进行调整,以使最佳的二维射束分布的离子束入射至后段的射束偏转单元16。

[0042] 如图1及图2所示,射束偏转单元16具有能量分析电磁铁24、抑制能量分散的横向会聚的四极透镜26、能量分析狭缝28、及提供转向(轨道补正)的偏转电磁铁30。另外,能量分析电磁铁24有时也被称为能量过滤电磁铁(EFM)。高能量离子束通过射束偏转单元16进行方向转换,并朝向晶片40的方向。

[0043] 射束传输线单元18用于传输从射束偏转单元16出来的离子束B,并具有由会聚/发散透镜组构成的射束整形器32、射束扫描器34、射束平行化器36及最终能量过滤器38(包括最终能量分析狭缝)。射束传输线单元18的长度根据离子束生成单元12和高能量多段直线加速单元14的长度而设计,在射束偏转单元16处连结而形成整体为U字状的布局。

[0044] 在射束传输线单元18的下游侧的末端设置有基板处理供给单元20,处理室21中容纳有:射束监测器,测量离子束B的射束电流、位置、注入角度、会聚发散角、上下左右方向的离子分布等;抗静电装置,防止因离子束B而使晶片40带电;晶片搬送机构,搬入和搬出晶片40并设置到适当的位置/角度;ESC(Electro Static Chuck),在离子注入时保持晶片40;及晶片扫描机构,在注入时以与射束电流的变动相应的速度使晶片40向与射束扫描方向成直角的方向移动。

[0045] 这样,离子注入装置100的射束线部构成为具有相对置的2条长直线部的水平U字状的折回型射束线。上游的长直线部包括使在离子源10生成的离子束B加速的多个单元。下游的长直线部包括与上游的长直线部相对并调整已转换方向的离子束B而向晶片40注入的多个单元。2条长直线部构成为大致相同的长度。在2条长直线部之间,为了进行维护作业而设置有充分大的作业空间R1。

[0046] 如此将各单元配置成U字状的高能量离子注入装置100减少了设置面积且能够确保良好的作业性。并且,在高能量离子注入装置100中,通过将各单元和各装置设为模块结构,可根据射束线基准位置而进行装卸、组装。

[0047] 并且,由于高能量多段直线加速单元14及射束传输线单元18被折回配置,因此能

够抑制高能离子注入装置100的总长。现有装置中它们大致被配置成直线状。并且,构成射束偏转单元16的多个偏转电磁铁的曲率半径以使装置宽度最小的方式被最优化。通过这些,使装置的设置面积最小化,并且在被夹在高能量多段直线加速单元14与射束传输线单元18之间的作业空间R1中,能够进行针对高能多段直线加速单元14和射束传输线单元18的各装置的作业。并且,由于维护间隔较短的离子源10与基板的供给和取出所需要的基板处理供给单元20相邻配置,因此操作人员的移动较少也没有问题。

[0048] 图4是表示射束传输线单元18的一部分的概略结构的俯视图。通过射束偏转单元16(参考图1)仅需要的离子种类被分离,成为仅有所需能量值的离子的射束通过射束整形器32整形为所希望的剖面形状。如图所示,射束整形器32由Q(四极)透镜等(电场式或磁场式)会聚/发散透镜组构成。具有经整形的剖面形状的射束通过射束扫描器34沿着与图4的纸面平行的方向被扫描。例如,构成为包括横向会聚(纵向发散)透镜QF/横向发散(纵向会聚)透镜QD/横向会聚(纵向发散)透镜QF的3极Q透镜组。射束整形器32可以视需要,分别由横向会聚透镜QF、横向发散透镜QD单独构成,或者组合多个而构成。

[0049] 射束扫描器34是通过周期变动的电场,以沿着与离子束的行进方向正交的水平方向对离子束周期性地往复扫描的偏转扫描装置(也被称为射束扫描仪)。

[0050] 射束扫描器34具备在射束行进方向上以隔着离子束的通过区域的方式对置配置的一对(2片)对置电极34a、34b(双极偏转扫描电极),近似于以0.5Hz~4000Hz范围的恒定频率正负变动的三角波的扫描电压,分别以相反符号被施加到2片对置电极34a、34b。该扫描电压在2片对置电极34a、34b的间隙内生成使通过此处的射束偏转的变动电场。而且,根据扫描电压的周期性变动,通过间隙的射束沿水平方向被扫描。

[0051] 在射束扫描器34的下游侧,在离子束的通过区域具有开口的抑制电极74配置在2个接地电极78a、78b之间。在上游侧,在扫描电极的前方配置有接地电极76a,但可以视需要配置与下游侧相同结构的抑制电极。抑制电极抑制电子侵入正电极。

[0052] 扫描室内部构成为,在射束扫描器34的下游侧的较长区间上设有射束扫描空间部34c,即使射束扫描角度较窄,也可以得到充分的扫描宽度。位于射束扫描空间部34c的下游的扫描室的后方设有射束平行化器36,该射束平行化器36调整已偏转的离子束以使其与射束扫描偏转前的离子束的方向一致,即,使已偏转的离子束弯曲返回成与射束线L1平行。

[0053] 在射束平行化器36产生的像差(射束平行化器的中心部与左右端部的焦点距离之差)与射束扫描器34的偏转角度的平方成比例,因此延长射束扫描空间部34c而减小偏转角,这非常有助于抑制射束平行化器36的像差。若像差较大,则向半导体晶片注入离子束时,在晶片的中心部和左右端部,射束尺寸和射束发散角不同,因此有时会在产品的质量上产生偏差。

[0054] 并且,通过调整该射束扫描空间部34c的长度,能够使射束传输线单元的长度与高能多段直线加速单元14的长度一致。

[0055] 在射束平行化器36配置有电场平行化透镜84。如图4所示,电场平行化透镜84由大致双曲线形状的多个加速电极对和减速电极对构成。各电极对隔着不产生放电程度的宽度的加速/减速间隙而相对置,并在加减速间隙形成电场,该电场一并具有引起离子束的加减速的轴方向成分、及与距基准轴的距离成比例加强而对离子束起到横向会聚作用的横向成分。

[0056] 隔着加速间隙的电极对中下游侧的电极和减速间隙的上游侧的电极、及减速间隙的下游侧的电极和下一个加速间隙的上游侧的电极分别形成一体的结构体,以便所述两对电极成为相同电位。

[0057] 从电场平行化透镜84的上游侧起,最初的电极(入射电极)和最后的电极(出射电极)被保持为接地电位。由此,在通过平行化透镜84的前后,射束的能量不发生变化。

[0058] 在中间的电极结构体中,在加速间隙的出口侧电极和减速间隙的入口侧电极上连接有可变式定电压的负电源90,在减速间隙的出口侧电极和加速间隙的入口侧电极上连接有可变式定电压的正电源(n段时为负正负正负……)。由此,离子束重复加速和减速并阶段性地朝向与射束线的基准轨道平行的方向。而且,最终跟上与偏转扫描前的离子束的行进方向(射束线轨道方向)平行的轨道。

[0059] 如图4所示,射束平行化器36具有设计上的射束基准轨道(例如图4所示的射束线L1)上的焦点F。入射于射束平行化器36的多个射束轨道37a、37b、37c分别相对射束基准轨道具有不同的角度。射束平行化器36被设计成,使多个射束轨道37a、37b、37c分别按照入射角度以不同的偏转角度偏转,由此使多个射束轨道37a、37b、37c与射束基准轨道平行。射束平行化器36按照给定的离子注入条件(例如包含目标射束能量)接收预先设定的电输入(例如电压)而动作。

[0060] 多个射束轨道37a、37b、37c位于包含射束基准轨道的同一平面内,在该平面内,从焦点F至射束平行化器36分别提供不同的入射角度的方向。本实施方式中,多个射束轨道37a、37b、37c为由射束扫描器34进行扫描的结果,因此该平面相当于射束扫描器34的扫描平面(xz面)。这些射束轨道中的任意一个(图4中为射束轨道37b)可以与射束基准轨道一致。本实施方式中,射束基准轨道在射束平行化器36中不偏转而直线通过射束平行化器36。

[0061] 本实施方式所涉及的离子注入装置100构成为,射束平行化器36的焦点F与射束扫描器34的扫描原点一致。由此,在扫描原点,被射束扫描器34扫描的射束通过包含电场平行化透镜等的射束平行化器36会聚,并且相对于与扫描前的离子束行进方向(射束线轨道方向)平行的偏转角为0度的轴(基准轴)平行。此时,扫描区域关于基准轴左右对称。

[0062] 如上所述,射束平行化器36构成为,使从射束扫描器34入射的离子束平行化,在与射束传输方向垂直的平面,于射束平行化器36的下游形成沿着与射束传输方向垂直的x方向(水平方向)扩大的射束通过区域。射束平行化器36例如为静电式的射束平行化器。

[0063] 如图1所示,离子注入装置100中设有射束能量测定装置200。射束能量测定装置200具备平行度测定部202及能量运算部204。平行度测定部202构成为,对于通过射束平行化器36的离子束,在射束平行化器36的下游测定离子束的平行度(以下,也称为“射束平行度”或“平行度”)。平行度测定部202例如被设置在用于对被处理物进行离子注入处理的处理室21。

[0064] 射束平行度是表示离子束中的射束角度误差的指标,详细内容后述。例如,也可以用如下指标作为射束平行度,所述指标为表示在由通过射束平行化器36的多个射束轨道37a、37b、37c确定的上述平面内,在与射束线L1垂直的方向(x方向)上的射束角度的误差的指标。就本实施方式所涉及的射束平行度而言,与其说是表示相对于设计上的射束基准轨道的离子束整体的角度误差,不如说是表示离子束的局部之间的相对的角度误差。

[0065] 平行度测定部202例如具备:具有多个狭缝的发散掩模;及测定射束电流的轮廓仪

杯(Profiler cup)。发散掩模通过狭缝限制被射束平行化器36平行化的扫描射束。从发散掩模仅隔开规定距离L而配置轮廓杯。现有的离子注入装置100的处理室21中一般设有如轮廓杯那样的射束电流检测器。通过沿用这样的现有检测器,能够以低成本构成射束能量测定装置200。

[0066] 平行度测定部202沿着扫描方向(x方向)测定射束电流作为位置的函数。通过射束扫描器34及射束平行化器36的离子束的中心与射束线L1一致的这种理想情况下,平行度测定部202例如也可以由射束电流成为最大的位置与预计设计上电流成为最大的位置之差 δx 及规定距离L计算出平行度。有关用于测定这样的平行度的结构的详细内容进行后述。

[0067] 能量运算部204构成为,由测定出的平行度运算离子束的能量。能量运算部204根据射束平行度运算离子束的能量相对于目标射束能量的偏离量。能量运算部204可以是上述控制部120的一部分,也可以与所述控制部分开设置。或者,能量运算部204可以是构成为控制离子注入装置100的控制装置的一部分,也可以与所述控制装置分开设置。

[0068] 另外,射束平行化器36通过离子束的偏转或会聚使离子束平行化,因此为了这样的平行化所需要的偏转力或会聚力依赖于离子束所具有的能量。即,能量越大,所需要的偏转力或会聚力也越大。射束平行化器36的偏转力或会聚力根据对射束平行化器36的电输入(例如,是电场平行化透镜84时为电压)而发生变化。

[0069] 因此,在离子注入装置100中,预先确定将离子束的目标射束能量和该离子束的平行化所需要的对射束平行化器36的电输入建立关系的射束平行化器36的设定。在给定的离子注入条件(包含目标射束能量)下,将根据该设定确定的电输入赋予射束平行化器36,并使射束平行化器36动作。由此,若向射束平行化器36入射的离子束的能量与目标射束能量一致,则如图5(a)所示,射束平行化器36能够使该离子束完全平行化。图5(a)中,将射束平行化器36的焦点距离记为 F_0 。

[0070] 然而,若离子束的能量与目标射束能量不同,则在与该目标射束能量相应的设定下,无法通过射束平行化器36使离子束完全平行化。

[0071] 例如,离子束的能量小于目标射束能量时,通过射束平行化器36,离子束将过于会聚或偏转,导致射束平行度偏离完全的平行。如图5(b)所示,这相当于使射束平行化器36的焦点F靠近射束平行化器36而将焦点距离设为较小的情况($F_1 < F_0$)。并且,离子束的能量大于目标射束能量时,由射束平行化器36产生的离子束的会聚或偏转不足(射束发散),导致射束平行度偏离完全的平行。图5(c)如所示,这相当于使射束平行化器36的焦点F远离射束平行化器36而将焦点距离设为较大的情况($F_2 > F_0$)。

[0072] 通过平行化透镜84周边的电场计算及离子束的轨道计算,能够求出该能量偏离与平行度偏离之间的关系。能量成为 α 倍时,焦点距离成为 β 倍。对于某一 α 的值,能够计算从分别与射束扫描器34的扫描范围内的若干扫描角度对应的平行化透镜84出射的出射角。由这些扫描角度(即对平行化透镜84的入射角)及从平行化透镜84出射的出射角,求出与该能量比 α 对应的焦点距离比 β 。通过求出分别与多数的能量比 α 的值对应的焦点距离比 β ,能够得到能量比 α 与焦点距离比 β 之间的关系。根据本发明人的分析,能量比 α 与焦点距离比 β 具有直线关系,即表示为, $\alpha = A \cdot \beta + B$ (A、B为常数)。另外,该关系不依赖于扫描角度。焦点距离比 β 相当于平行度的偏离,因此能够通过测定平行度来计算能量比 α 。

[0073] 例如,将目标射束能量 E_0 的离子束通过平行化透镜84时的偏转角度(即入射角与

出射角之差) 设为 Φ 时, 将实际偏转的角度设为 $\Phi + \delta\Phi$ 。若作为理想的情况使离子束的中心与射束线L1一致, 则能够将角度偏离 $\delta\Phi$ 用作射束平行度。角度偏离 $\delta\Phi$ 与能量偏离 δE 成比例。即, $\delta E = E_0 \times (\delta\Phi / \Phi)$ 。能量运算部204根据这种已知的关系, 将测定出的射束平行度(即角度偏离 $\delta\Phi$) 换算成能量偏离量 δE 。

[0074] 平行化透镜84预先精确地设计为, 实现用于使目标能量 E_0 的离子束平行化的偏转角度 Φ 。并且, 平行度为注入处理中的主要参数之一, 因此平行度测定部202构成为准确地测定平行度(即 $\delta\Phi$)。目标能量 E_0 被确定为所进行的注入处理的规格。因此, 射束能量测定装置200能够精确地求出能量的偏离量 δE 、即离子束的能量 $E_0 + \delta E$ 。

[0075] 有关射束平行度的测定, 参考图5 (b) 及图5 (c) 对具体例进行说明。平行度测定部202中, 对于离子束的多个射束部分, 测定在与射束基准轨道垂直的方向(x方向) 上的射束角度。利用多个射束部分中第1射束部分206的射束角度 $\delta\Phi_1$ 与第2射束部分208的射束角度 $\delta\Phi_2$ 之差来定义射束平行度 $\delta\Phi$ 。例如定义为, $\delta\Phi = (\delta\Phi_1 - \delta\Phi_2) / 2$ 。

[0076] 第1射束部分206位于x方向上的离子束的外缘部, 第2射束部分208位于x方向上的与第1射束部分206相反一侧的离子束的外缘部。第2射束部分208与第1射束部分206关于射束线L1对称。优选测定点的间隔在x方向上尽可能较大。这是因为, 离子束在射束平行化器36中会聚或发散时, 测定点彼此相隔时的角度差变大。由此, 测定的灵敏度得到提高。

[0077] 图5 (b) 及图5 (c) 中图示出离子束的中心与射束线L1一致, 但离子束的能量与目标射束能量不同的情况。如图5 (b) 中所例示, $\delta\Phi_1 = -\delta\Phi_2 = \xi$ 时, $\delta\Phi = (\xi - (-\xi)) / 2 = \xi$ 。并且, 如图5 (c) 所例示, $\delta\Phi_2 = -\delta\Phi_1 = \xi$ 时, $\delta\Phi = (-\xi - \xi) / 2 = -\xi$ 。将这样得到的射束平行度 $\delta\Phi$ 换算成能量偏离 δE , 能够用此求出离子束的能量。

[0078] 相对于此, 图6中图示出离子束的能量与目标射束能量一致, 但离子束的中心偏离射束线L1的情况。如图6所例示, $\delta\Phi_1 = \delta\Phi_2 = \xi$ 时, $\delta\Phi = (\xi - \xi) / 2 = 0$ 。由于射束平行度 $\delta\Phi$ 为零, 因此能量偏离 δE 也为零。即, 在第1射束部分206及第2射束部分208没有能量偏离, 离子束的能量与目标射束能量一致。

[0079] 由于射束平行度 $\delta\Phi$ 为零, 因此第1射束部分206及第2射束部分208通过射束平行化器36被平行化。然而, 如图6可知, 在射束平行化器36的上游, 离子束从射束线L1偏离, 因此在射束平行化器36的下游, 第1射束部分206及第2射束部分208也分别从设计上的射束轨道偏离(倾斜)。

[0080] 也可以利用通过某一测定点上的射束角度定义的量来作为射束平行度。然而, 此时, 如图6所示, 若离子束偏离射束线L1, 则由这种轨道偏离引起的误差包含于测定射束角度。其结果, 得到不准确的射束平行度。如此一来, 由此得到的能量偏离也变得不准确。

[0081] 相对于此, 如图5 (b) 及图5 (c) 所例示, 若将通过2个测定点上的射束角度差定义的量用作射束平行度, 则能够排除由上述轨道偏离产生的误差。由轨道偏离产生的误差在离子束的局部之间相同。换言之, 由于射束平行化器36的上游的轨道偏离, 在射束平行化器36的下游的任何射束部分, 均产生相同的角度偏离。因此, 通过取得测定射束角度的差, 可以得知包含于一测定射束角度的误差与包含于另一测定射束角度的误差。这样, 能够准确得知射束部分之间的相对的角度偏离。

[0082] 射束角度的测定点也可以为3个以上。平行度测定部202也可以测定第1射束部分206、第2射束部分208及第3射束部分210。如图7 (a) 所例示, 如上所述, 第1射束部分206及第

2射束部分208位于x方向上的彼此相反的一侧,第3射束部分210位于离子束的中心附近也可以。将基于平行度测定部202的第1射束部分206、第2射束部分208及第3射束部分210的x方向测定位置分别设为X1、X2、X3。

[0083] 平行度测定部202根据测定出的3个射束角度 $\delta\Phi 1$ 、 $\delta\Phi 2$ 、 $\delta\Phi 3$ 生成x方向射束角度相对于x方向位置的误差分布。误差分布可通过已知的任意方法(例如最小二乘法)求出。在图7(b)中例示误差分布。可以利用该误差分布中的x方向位置的变化量 δx 、及与其对应的x方向射束角度的变化量 $\delta\Phi$ 之比来定义射束平行度。例如,射束平行度也可以定义为比 $\delta\Phi/\delta x$ 。即,射束平行度为x方向的每单位长度的角度差,这是误差分布的斜率。

[0084] 若离子束产生轨道偏离,则按照该偏离量,测定出的3个射束角度 $\delta\Phi 1$ 、 $\delta\Phi 2$ 、 $\delta\Phi 3$ 同等增加或减少。这相当于图7(b)所示的误差分布的平行移动。即误差分布的斜率不变。由此,通过利用比 $\delta\Phi/\delta x$ 来定义射束平行度,能够在射束平行度中排除由轨道偏离产生的误差。

[0085] 另外,也可以在射束角度的测定点为2个时生成这种误差分布。此时,可以由2个射束部分的与x方向测定位置对应的x方向射束角度测定值运算出比 $\delta\Phi/\delta x$ 。

[0086] 如参考图1进行的说明,离子注入装置100具备高能量多段直线加速单元14、能量分析电磁铁24及能量分析狭缝28。由高能量多段直线加速单元14进行的加速在原理上是赋予离子束能量分布。离子注入装置100设计为,高能量多段直线加速单元14以适当的参数动作时,能量分布的中心与狭缝的中心一致。通过狭缝后的射束能量成为目标射束能量。

[0087] 另外,高能量多段直线加速单元14以适当的参数及稍微不同的参数动作时,因该参数的不同,离子束的能量稍有增减。如此一来,由能量分析电磁铁24引起的离子束的偏转角度发生改变,离子束的能量分布的中心偏离能量分析狭缝28的中心。若射束中心偏离狭缝中心,则与此相应地,通过狭缝后的射束能量将偏离目标射束能量。

[0088] 因此,测定出的离子束的能量也可以被用于控制高能量多段直线加速单元14。例如,控制部120可以根据运算出的离子束的能量控制高能量多段直线加速单元14,以使离子束具有目标能量。

[0089] 此时,控制部120也可以控制至少一个高频谐振器14a中的电压振幅V[kV]。控制电压相当于直接操作离子束的能量。优选至少一个高频谐振器14a包含最终段的高频谐振器。通过这样在最终段的高频谐振器中控制电压,能够轻松地调整离子束的能量。

[0090] 或者,控制部120也可以控制至少一个高频谐振器14a中的高频相位 Φ [deg]。通过调整相位,能够使射束被加速时所接收的能量比例发生改变。

[0091] 如此一来,能够精确地调整射束能量。由此,例如能够精确地控制向基板W注入的深度。

[0092] 控制部120也可以判定测定出的能量偏离量是否超过预先设定的第1阈值。当能量偏离量超过第1阈值时,控制部120能够以将离子束的能量补正为接近目标射束能量的方式控制高能量多段直线加速单元14。当能量偏离量不超过第1阈值时,控制部120可以判定为离子束的能量在允许范围内。

[0093] 并且,控制部120也可以判定测定出的能量偏离量是否超过预先设定的第2阈值。当能量偏离量超过第2阈值时,控制部120也可以中断离子注入处理。第2阈值可以大于第1阈值。第2阈值也可以与第1阈值相等。当测定出的能量偏离量超过预先设定的阈值时,控制

部120也可以选择中断离子注入处理或补正能量偏离。

[0094] 另外,控制部120也可以判定由能量偏离量求出的离子束的能量是否在预先设定的允许范围内,来代替比较能量偏离量与阈值。并且,也可以由与离子注入装置100相关联的其它控制装置执行这些判定,来代替控制部120。

[0095] 图8是例示本发明的一实施方式所涉及的射束测定方法的流程图。该射束测定方法具备能量测定步骤(S10)及控制步骤(S20)。例如,在离子注入处理的准备工序中,以规定的频率重复执行该方法。

[0096] 在能量测定步骤(S10)中,首先,使用射束能量测定装置200的平行度测定部202,在离子注入装置100的射束平行化器36的下游测定离子束的平行度(S11)。接下来,使用射束能量测定装置200的能量运算部204,由测定出的平行度运算出离子束的能量(S12)。

[0097] 射束能量测定装置200或控制部120判定运算出的离子束的能量是否适当(S15)。例如,当运算出的能量与目标能量一致时,或者运算出的能量在目标能量附近的允许范围内时,判定为离子束的能量适当。当运算出的能量适当时(S15的Y),不需要调整能量,本方法结束。运算出的能量不适当时(S15的N),执行控制步骤(S20)。

[0098] 在控制步骤(S20)中,根据运算出的离子束的能量控制离子注入装置100的高能量多段直线加速单元14,以使离子束具有目标能量。通过控制部120控制高能量多段直线加速单元14。

[0099] 首先,根据运算出的离子束的能量计算出补正电压(S21)。补正电压是用于向离子束赋予目标能量的最终段的高频谐振器中的RF加速电压的补正量。接下来,控制部120确认最终段的高频谐振器的电压余力(S22)。即,最终段的高频谐振器可以判定是否能够额外产生补正电压。电压余力超过补正电压时(S22的Y),以产生补正电压的方式设定最终段的高频谐振器(S23)。这样,适当地调整离子束的能量,本方法结束。另外,也可以在以产生补正电压的方式设定最终段的高频谐振器之后执行能量测定步骤(S10),并再次判定运算出的离子束的能量是否适当(S15)。

[0100] 另一方面,最终段的高频谐振器上的电压余力不足于补正电压时(S22的N),进行用于向离子束赋予目标能量的代替处理(S24)。例如,在至少一个高频谐振器14a上进行相位调整。或者,也可以在最终段的高频谐振器以外的高频谐振器中调整RF加速电压。另外,也可以通过组合这样的代替处理、及将补正电压的一部分设定于最终段的高频谐振器,来向离子束赋予目标能量。这样,本方法结束。也可以在经由这些调整之后执行能量测定步骤(S10),并再次判定运算出的离子束的能量是否适当(S15)。

[0101] 图9中示意地示出本发明的一实施方式所涉及的射束能量测定装置200的一例。如上所述,离子注入装置100构成为对被处理物W的表面进行离子注入处理。被处理物W例如为基板,例如为半导体晶片。由此,本说明书中为了便于说明,有时将被处理物W称为基板W,但这并非要将注入处理的对象限定为指定的物体。

[0102] 离子注入装置100构成为,通过射束扫描及机械扫描中的至少一个,对整个基板W照射离子束B。本说明书中,为了便于说明,将设计上的离子束B的行进方向设为z方向,将与z方向垂直的面定义为xy面。如后述,对被处理物W扫描离子束B时,将扫描方向设为x方向,将与z方向及x方向垂直的方向设为y方向。由此,沿x方向进行射束扫描,沿y方向进行机械扫描。

[0103] 处理室21具备物体保持部(未图示),该物体保持部构成为,保持1片或多片基板W,并视需要向基板W提供相对于离子束B的例如y方向的相对移动(所谓的机械扫描)。在图9中用箭头D例示机械扫描。并且,处理室21具备射束挡板92。离子束B上不存在基板W时,离子束B入射到射束挡板92。

[0104] 处理室21中设有射束能量测定装置200。如上所述,射束能量测定装置200具备平行度测定部202及能量运算部204。平行度测定部202具备:掩模102,用于将原始的离子束B整形为测定用离子束B_m;及检测部104,构成为对测定用离子束B_m进行检测。

[0105] 如图9所例示,向基板W照射离子束B时,掩模102及检测部104位于从离子束B偏离的待避位置。此时,不会向掩模102及检测部104照射离子束B。进行测定时,掩模102及检测部104通过未图示的移动机构被移动至横切离子束B的测定位置(参考图10)。此时,掩模102位于离子束B的路径上的最终能量过滤器38(参考图1)与检测部104之间,检测部104位于在离子注入处理中放置有基板W的表面的z方向位置。

[0106] 并且,平行度测定部202具备用于执行离子束测定处理的测定控制部106。测定控制部106可以为以控制离子注入装置100的方式构成的控制装置的一部分,也可以与控制装置分别设置。能量运算部204可以为测定控制部106的一部分,也可以与测定控制部106分别设置。测定控制部106也可以构成为支配如上述的掩模102及检测部104的待避位置与测定位置之间的移动。在一实施方式中,离子注入装置100也可以构成为,根据平行度测定部202的测定结果控制离子注入处理。

[0107] 测定控制部106具备射束角度运算部108,该射束角度运算部108构成为,根据表示检测结果的检测部104的输出,运算实际的离子束B的行进方向相对于设计上的行进方向即z方向所成的角度。射束角度运算部108构成为,利用通过测定用离子束B_m的y狭缝110y的射束部分的x方向位置运算x方向射束角度,并利用通过测定用离子束B_m的x狭缝110x的射束部分的y方向位置运算y方向射束角度。

[0108] 图10是示意地表示图9所示的平行度测定部202的图。图11是在掩模102的y方向中央切断图10所示的平行度测定部202而从y方向观察的图。图12是在掩模102的y狭缝110y的x方向位置切断图10所示的平行度测定部202而从x方向观察的图。图13是在掩模102的x狭缝110x的x方向位置切断图10所示的平行度测定部202而从x方向观察的图。

[0109] 掩模102构成为,使从上游供给的离子束B部分透射并生成测定用离子束B_m。测定用离子束B_m具备y射束部分112y及x射束部分112x(参考图11至图13)。y射束部分112y在xy面上具有沿y方向细长的剖面。x射束部分112x在xy面上具有沿x方向细长的剖面。

[0110] 掩模102具备板状部件,该板状部件具有使离子束B通过的多个狭缝或开口。掩模102上的多个狭缝包含沿y方向细长的y狭缝110y、及沿x方向细长的x狭缝110x。本说明书中,有时将形成有y狭缝110y的掩模102的部分称为“第1掩模部分”,将形成有x狭缝110x的掩模102的部分称为“第2掩模部分”。

[0111] 图10所示的掩模102在原始的离子束B所入射的掩模102上的被照射区域具备3个第1掩模部分及2个第2掩模部分。这些第1掩模部分及第2掩模部分在x方向上配置为彼此不同。各第1掩模部分具备1条y狭缝110y,各第2掩模部分具备1条x狭缝110x。

[0112] 由此,掩模102具有3条y狭缝110y及2条x狭缝110x,y狭缝110y及x狭缝110x在x方向上排列成彼此不同。中央的y狭缝110y配置在离子束B所入射的掩模102上的被照射区域

中的x方向中央。其余的2条y狭缝110y分别配置在掩模102上的被照射区域中的x方向端部。另一方面,2条x狭缝110x在y方向上位于相同位置,并配置在掩模102上的被照射区域中的y方向中央。

[0113] y狭缝110y为具有与y射束部分112y对应的形状的贯穿孔。因此y狭缝110y沿x方向具有一狭窄的狭缝宽度,沿y方向具有比该狭缝宽度长的狭缝长度。另一方面,x狭缝110x为具有与x射束部分112x对应形状的贯穿孔。因此x狭缝110x沿y方向具有一狭窄的狭缝宽度,沿x方向具有比该狭缝宽度长的狭缝长度。

[0114] y狭缝110y及x狭缝110x的狭缝长度明显比狭缝宽度长,狭缝长度例如至少为狭缝宽度的10倍。重视测定的精度时,优选缩小狭缝宽度,而重视缩短测定时间时,优选加宽狭缝宽度。按照离子束B的y方向的宽度确定y狭缝110y的狭缝长度。

[0115] 并且,掩模102中相邻的2个狭缝的间隔已被确定,以便测定用离子束B_m入射到检测部104时,相邻的2个射束部分彼此分离。如图11所示,相邻的y狭缝110y及x狭缝110x的x方向的间隔已被确定,以防相邻的y射束部分112y与x射束部分112x在检测部104的z方向位置上彼此重叠。如此一来,能够避免各射束部分从掩模102到达检测部104之前,因各射束部分的发散而使得相邻的射束部分彼此混杂的情况。

[0116] 离子束B照射到第1掩模部分并通过y狭缝110y,从而生成y射束部分112y。离子束B照射到第2掩模部分并通过x狭缝110x,从而生成x射束部分112x。与掩模102上的y狭缝110y及x狭缝110x的配置对应而生成将3条y射束部分112y及2条x射束部分112x在x方向上排列成彼此不同的测定用离子束B_m。

[0117] 由检测部104进行检测期间,掩模102保持静止状态。由此,y射束部分112y及x射束部分112x相当于从原始的离子束B切出的指定的一部分。因此,y射束部分112y及x射束部分112x保持xy面上离子束B的指定位置上的射束角度。

[0118] 检测部104构成为,检测y射束部分112y的x方向位置,并检测x射束部分112x的y方向位置。检测部104具备移动检测器,该移动检测器能够以横切测定用离子束B_m的方式沿x方向移动。在图10中用箭头E例示检测部104向x方向的移动。通过检测器的x方向移动,能够检测y射束部分112y的x方向位置。并且,检测部104具备在y方向上排列的多个检测要件114。由检测部104中的x射束部分112x的到达位置,检测x射束部分112x的y方向位置。

[0119] 这样,检测部104能够在移动检测器横切1次测定用离子束B_m期间,检测y射束部分112y的x方向位置及x射束部分112x的y方向位置。

[0120] 检测部104或各检测要件114例如具备按照所入射的离子的量而生成电流的元件,或者也可以为能够检测离子束的任意的结构。检测部104或各检测要件114也可以为例如法拉第杯。并且,如图所示的检测部104代表性地例示有5个检测要件114,但检测部104也可以典型地具备比该数量更多数量(例如至少10个)的检测要件114的排列。

[0121] 如图11所示,检测部104为了检测测定用离子束B_m而向x方向移动时,例如在x方向位置x_a上,检测部104接收来自掩模102上的x方向端部的y狭缝110y的y射束部分112y。并且,例如在x方向位置x_b上,检测部104接收来自一个x狭缝110x的x射束部分112x。而且,例如在x方向位置x_c上,检测部104接收来自x方向中央的y狭缝110y的y射束部分112y。同样地,就检测部104而言,例如在x方向位置x_d上接收来自另一个x狭缝110x的x射束部分112x,并且例如在x方向位置x_e上接收来自x方向端部的y狭缝110y的y射束部分112y。

[0122] 检测部104将向x方向移动后所得到的x方向位置与射束电流之间的关系输出至射束角度运算部108。射束角度运算部108根据x方向位置与射束电流之间的关系,指定y射束部分112y的x方向位置。射束角度运算部108例如将与y射束部分112y对应的射束电流峰值的x方向位置确定为该y射束部分112y的x方向位置。

[0123] 如图12所示,y射束部分112y遍及在y方向上排列的若干检测要件114而入射。因此,在本实施方式中,将从每个检测要件114输出的射束电流进行合计,并将该合计的射束电流用于指定y射束部分112y的x方向位置。

[0124] 如已知,根据在z方向上的第1位置与第2位置之间的x方向的射束位移量、及第1位置与第2位置的z方向距离之比,能够运算x方向射束角度 θ_x 。检测时,掩模102被保持于规定的部位,因此掩模102上的各狭缝的z方向位置、及该z方向位置上的各狭缝的xy面内位置是已知的。并且,检测部104的z方向位置也是已知的。因此,利用这些已知的位置关系、及检测出的y射束部分112y的x方向位置,能够运算x方向射束角度 θ_x 。

[0125] 在此,射束平行度例如也可以定义为2个测定点之间的角度差 $\delta\theta = \theta_{x1} - \theta_{x2}$ 。优选测定点的间隔在扫描平面内尽可能远。这是因为,射束成为会聚轨道或发散轨道时,测量位置尽可能远的射束,角度差增大,因此灵敏度变高。

[0126] 如图11所示,y射束部分112y的x方向的宽度与y狭缝110y的x方向的宽度对应而变得较细。因此,容易指定与y射束部分112y对应的射束电流峰值的x方向位置。并且,如图12所示,y射束部分112y相对y狭缝110y在y方向上宽度较宽。因此,如以往那样使用具有圆形小孔的掩模时相比,能够增大检测部104所接收的射束电流。

[0127] 同样,根据在z方向上的第1位置与第2位置之间的y方向的射束位移量、及第1位置与第2位置的z方向距离之比,能够运算y方向射束角度 θ_y 。如图13所示,x射束部分112x的y方向的宽度相对x狭缝110x的y方向的宽度变得较细。x射束部分112x到达检测部104的某一指定的检测要件114,可以将该检测要件114的y方向位置视为x射束部分112x的y方向位置。利用这样检测出的x射束部分112x的y方向位置、及掩模102与检测部104之间的已知的位置关系,能够运算y方向射束角度 θ_y 。如图11所示,x射束部分112x与x狭缝110x对应而在x方向上宽度较宽,因此能够增大检测部104所接收的射束电流。

[0128] 如此,通过在单一的掩模102上形成x方向狭缝及y方向狭缝,能够以1个掩模102同时测定x方向射束角度 θ_x 及y方向射束角度 θ_y 。

[0129] 通过将多个y狭缝110y分别设置于x方向上的不同位置,能够求出离子束B的x方向射束角度 θ_x 的x方向分布。例如,可以将由中央的y射束部分112y得到的x方向射束角度 θ_x 用作离子束B的x方向射束角度的代表值。并且,作为表示x方向射束角度 θ_x 的均匀性的指标,例如也可以使用该代表值与由端部的y射束部分112y得到的x方向射束角度 θ_x 之差。

[0130] 并且,通过将多个x狭缝110x分别设置于x方向上的不同位置,能够求出离子束B的y方向射束角度 θ_y 的x方向分布。

[0131] 在上述实施方式中,检测部104以一定速度向x方向移动。这有检测部104的动作变得简单的优点。然而,在一实施方式中,为了增大检测部104所接收的射束电流量,检测部104也可以构成为,在移动检测器横切1次测定用离子束Bm期间调整该移动速度。例如,为了接收x射束部分110x,移动检测器也可以减速或静止。具体而言,例如,移动检测器可以在将要接收x射束部分110x之前减速,并持续减速至通过该x射束部分110x。或者,移动检测器也

可以在接收x射束部分110x的位置停止规定时间。

[0132] 图14是用于说明利用图9所示的平行度测定部202的平行度测定处理的一例的流程图。首先,在离子束所通过的位置设置掩模(S31)。机械地进行该操作。如上所述,掩模上设有y狭缝及x狭缝。之后,直至本方法结束,掩模被保持在该位置,并在测定期间掩模保持静止状态。

[0133] 接下来开始照射离子束(S32)。离子束通过掩模的狭缝,由此准备测定用离子束。如上所述,测定用离子束具备:y射束部分,在与离子束行进方向垂直的y方向上较长;及x射束部分,在与所述行进方向及y方向垂直的x方向上较长。

[0134] 接着,测定射束角度(S33)。使用检测部测定通过掩模的离子束的到达位置。检测y射束部分的x方向位置,并检测x射束部分的y方向位置。此时,检测部视需要而相对于测定用离子束移动。利用检测出的x方向位置运算x方向射束角度(即平行度),利用检测出的y方向位置运算y方向射束角度。之后,离子束的照射结束(S34),最后解除掩模的设置(S35)。掩模返回待避位置。这样,本方法结束。

[0135] 以上,根据实施方式对本发明进行了说明。但本发明并不限于上述实施方式,能够进行各种设计变更,可以具有多种变形例,并且这样的变形例也在本发明的范围内,这是被本领域技术人员所认同的。

[0136] 在上述实施方式中,离子注入装置100具备静电型的射束平行化器36,但本发明并不限于此。在一实施方式中,离子注入装置100也可以具备磁场型的射束平行化器。此时,通过将上述说明中的电压置换为磁场,能够同样地测定能量。

[0137] 并且,在一实施方式中,测定出的离子束的能量也可以被用于控制高能量多段直线加速单元14以外的离子注入装置100的构成要件。

[0138] 在一实施方式中,离子注入装置100可构成为向处理室21提供有时也被称为带状射束的、具有在与z方向垂直的一方向上较长的剖面的离子束。此时,离子束例如具有比y方向的宽度更长的x方向的宽度。由此,射束能量测定装置也可以具备:平行度测定部,在射束平行化器的下游测定带状射束的平行度;及能量运算部,由测定出的平行度运算离子束的能量。

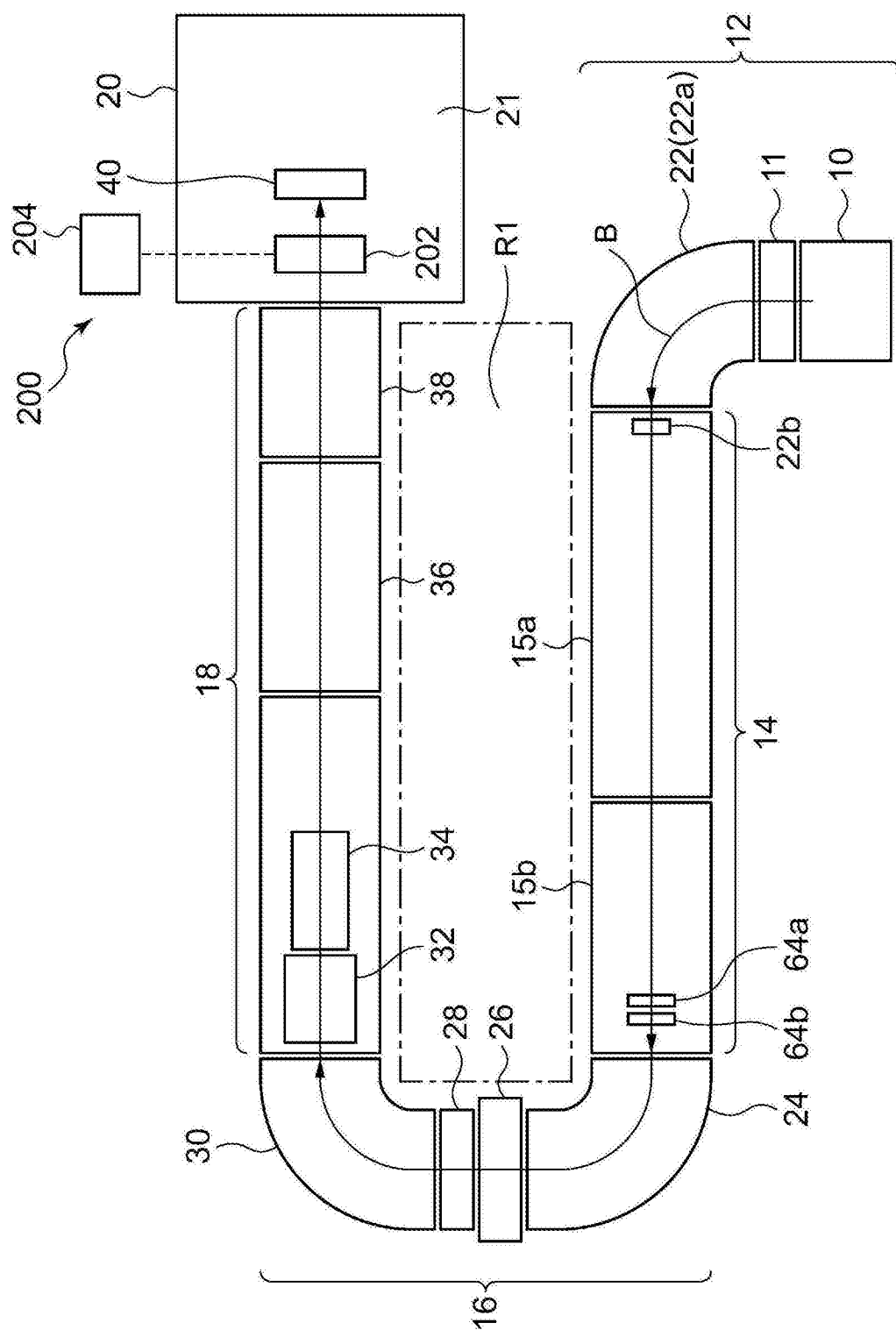


图 1

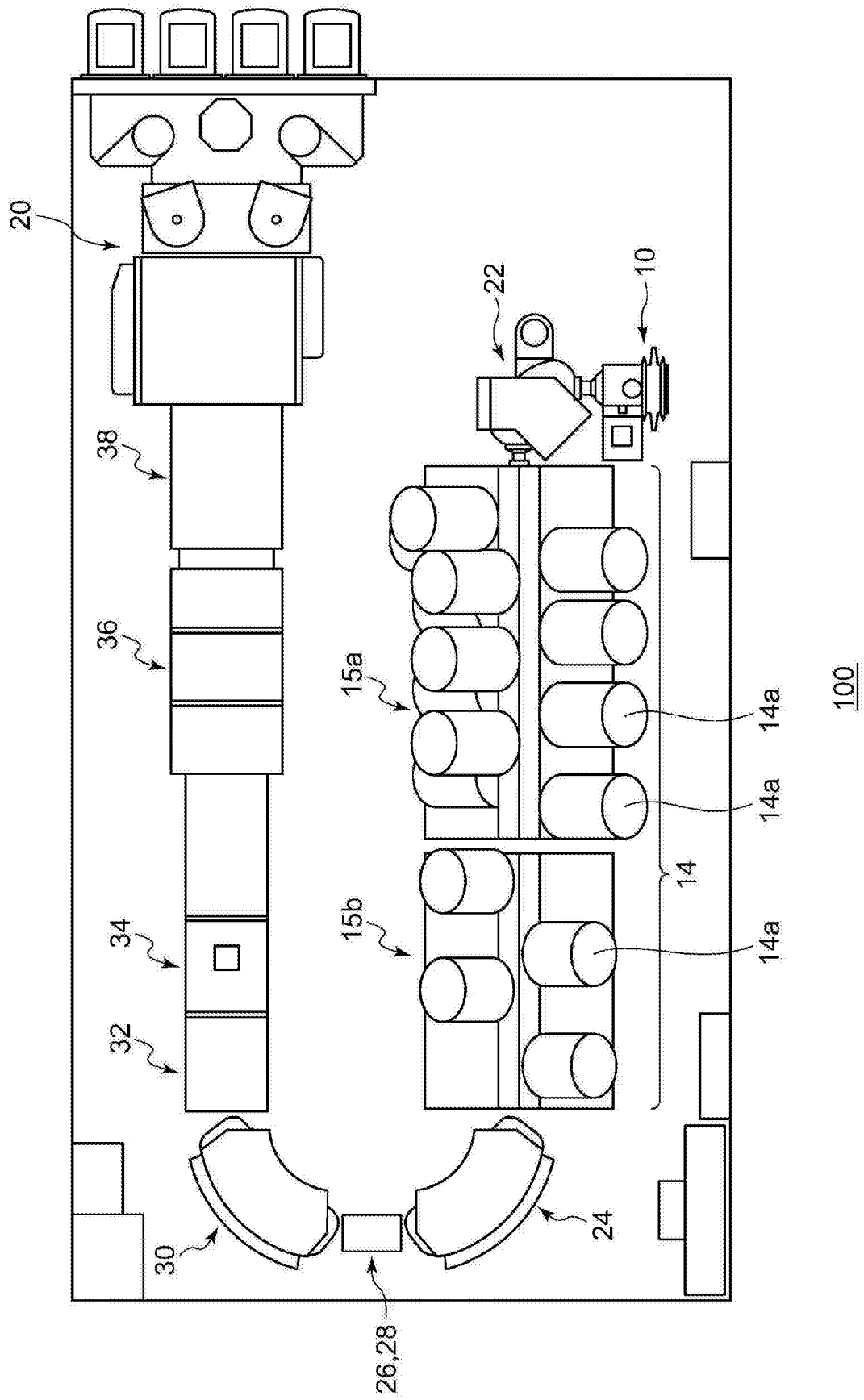


图2

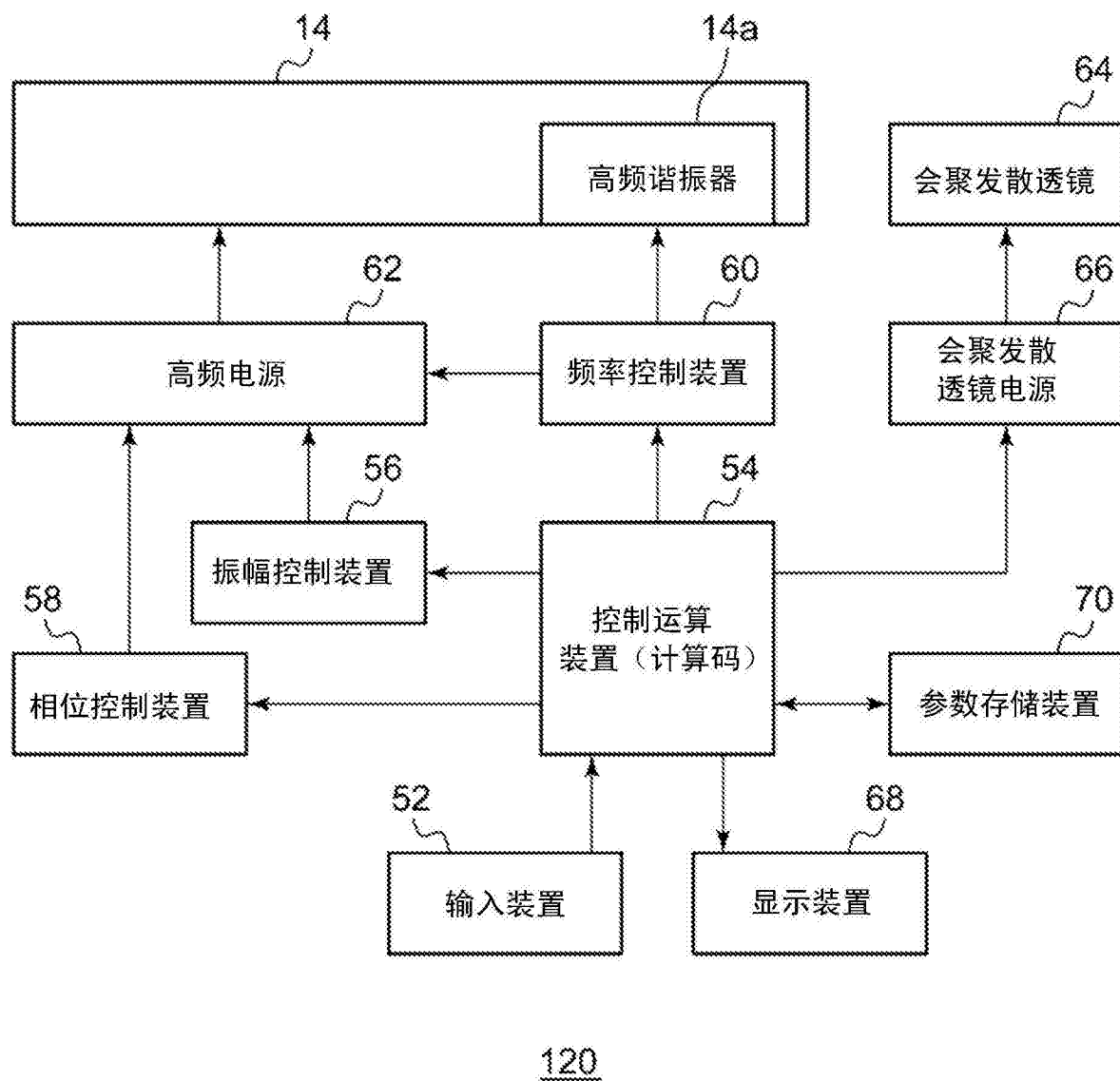


图3

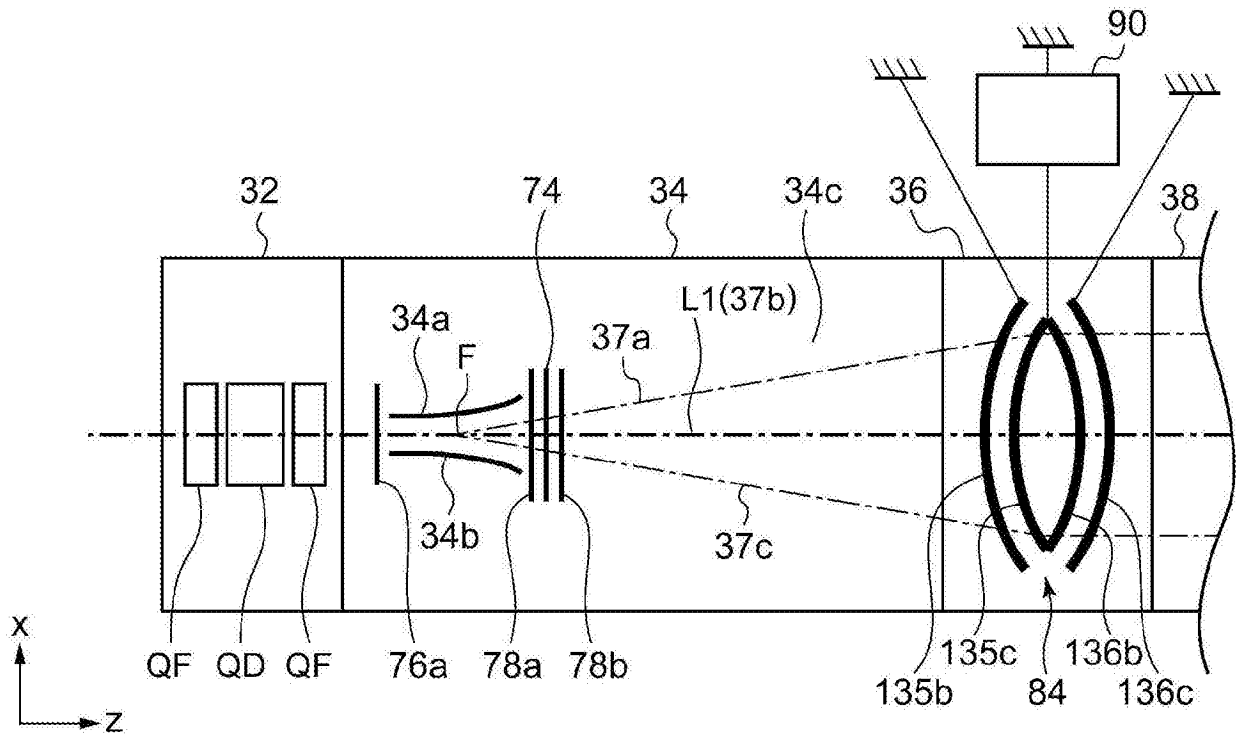
18

图4

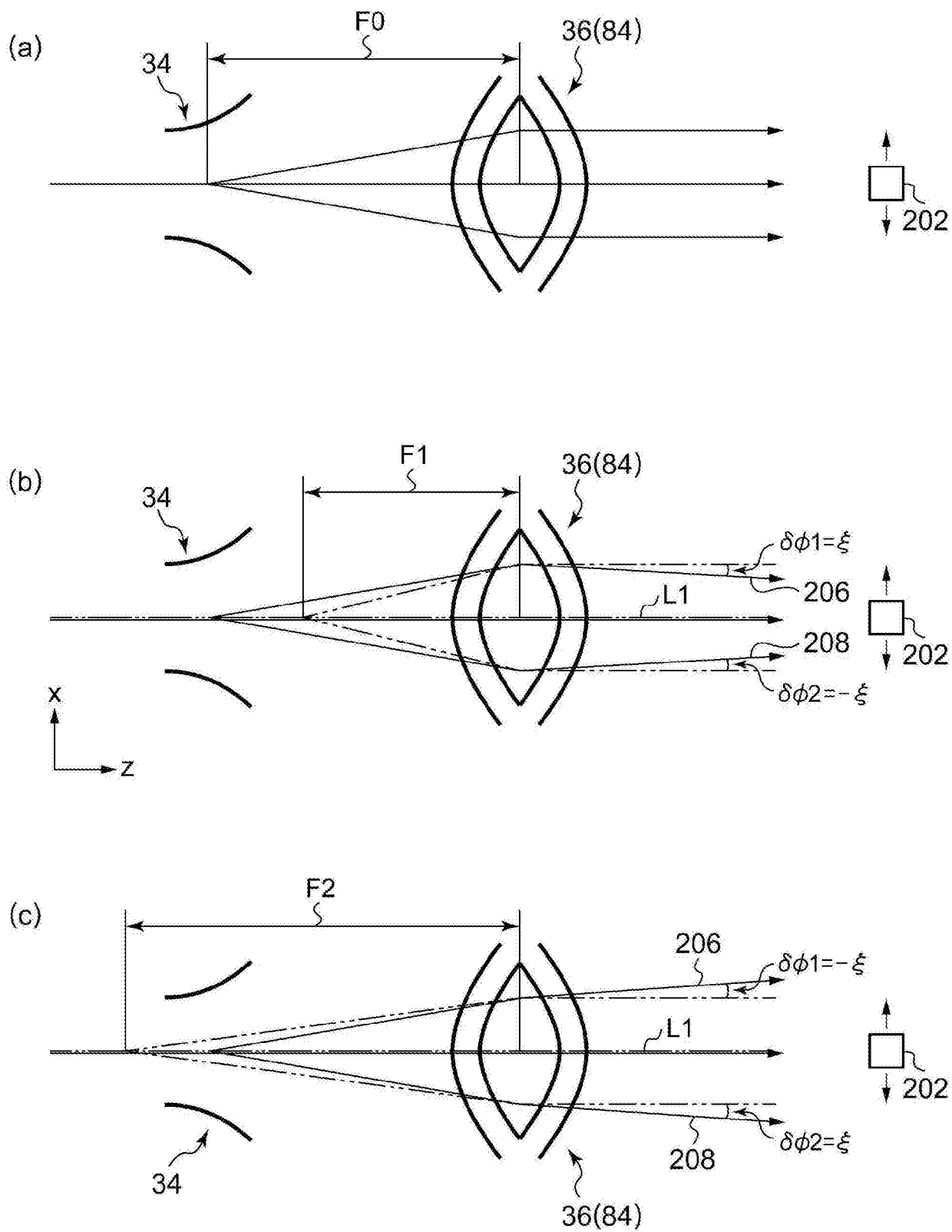


图5

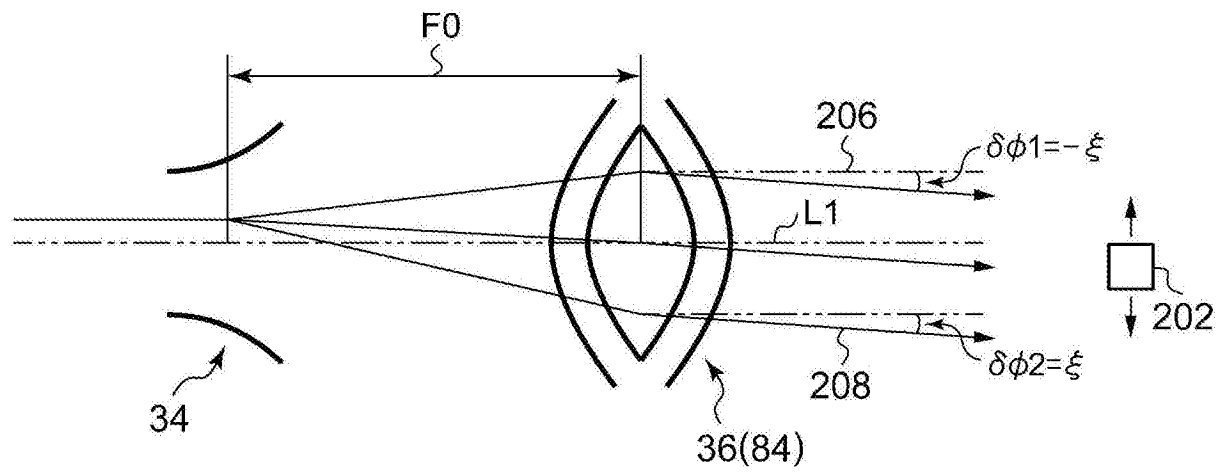


图6

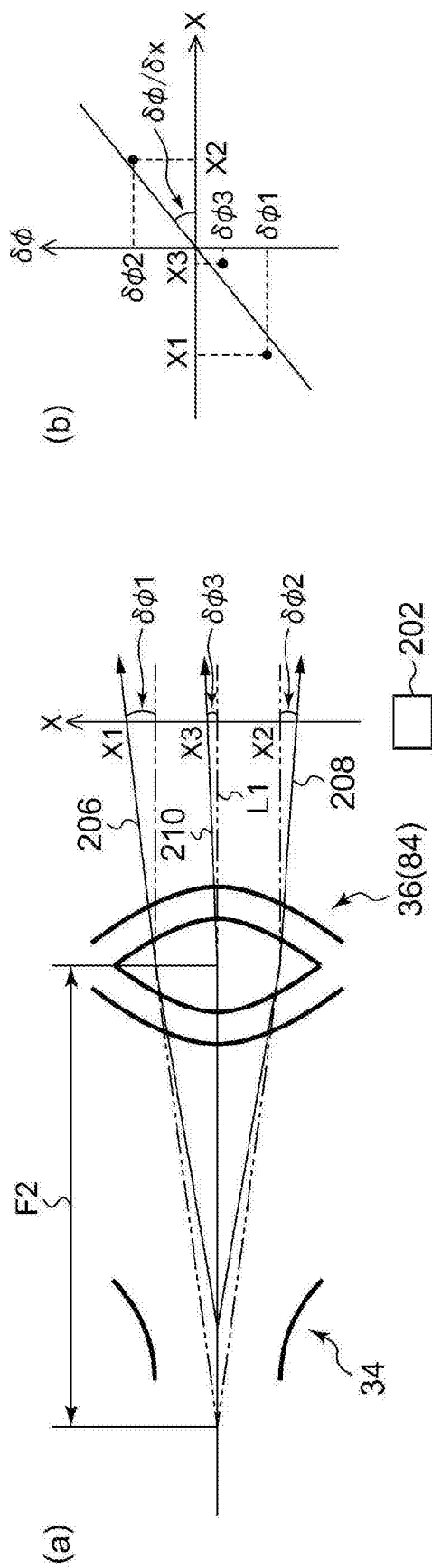


图7

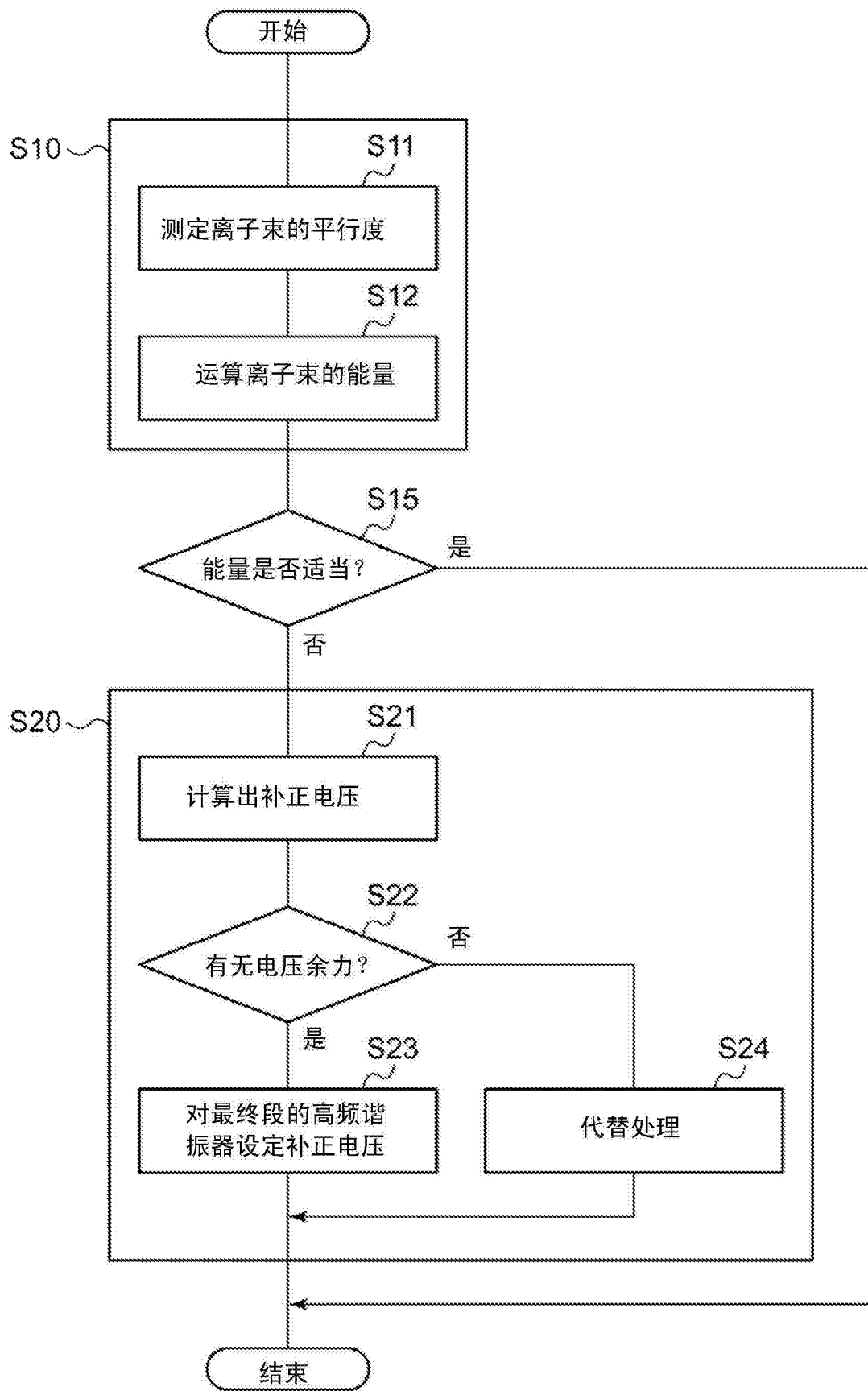


图8

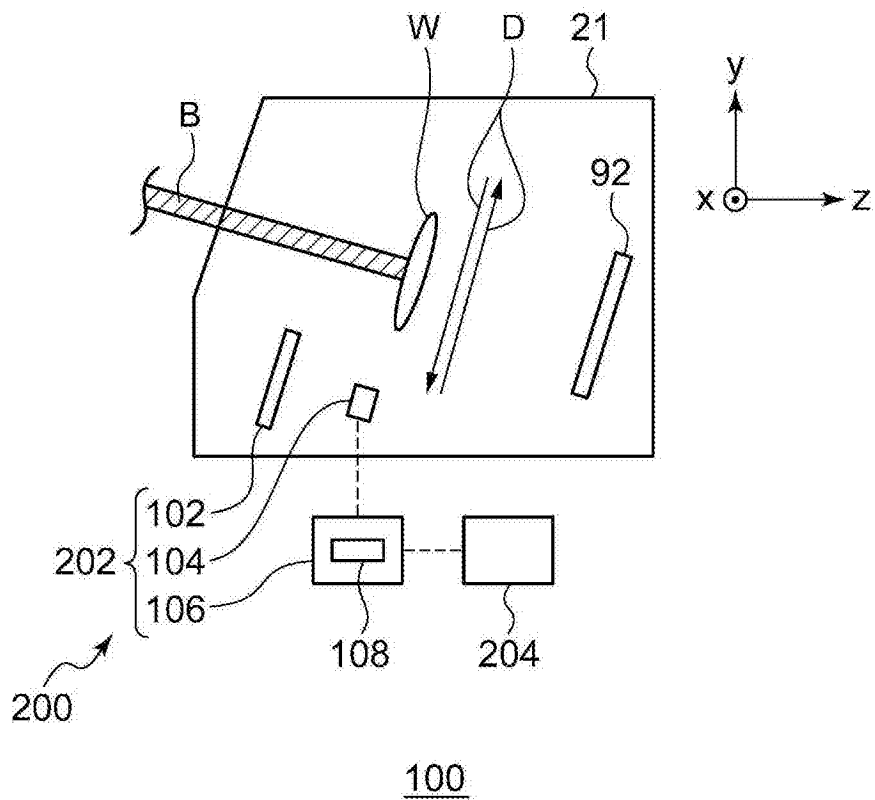


图9

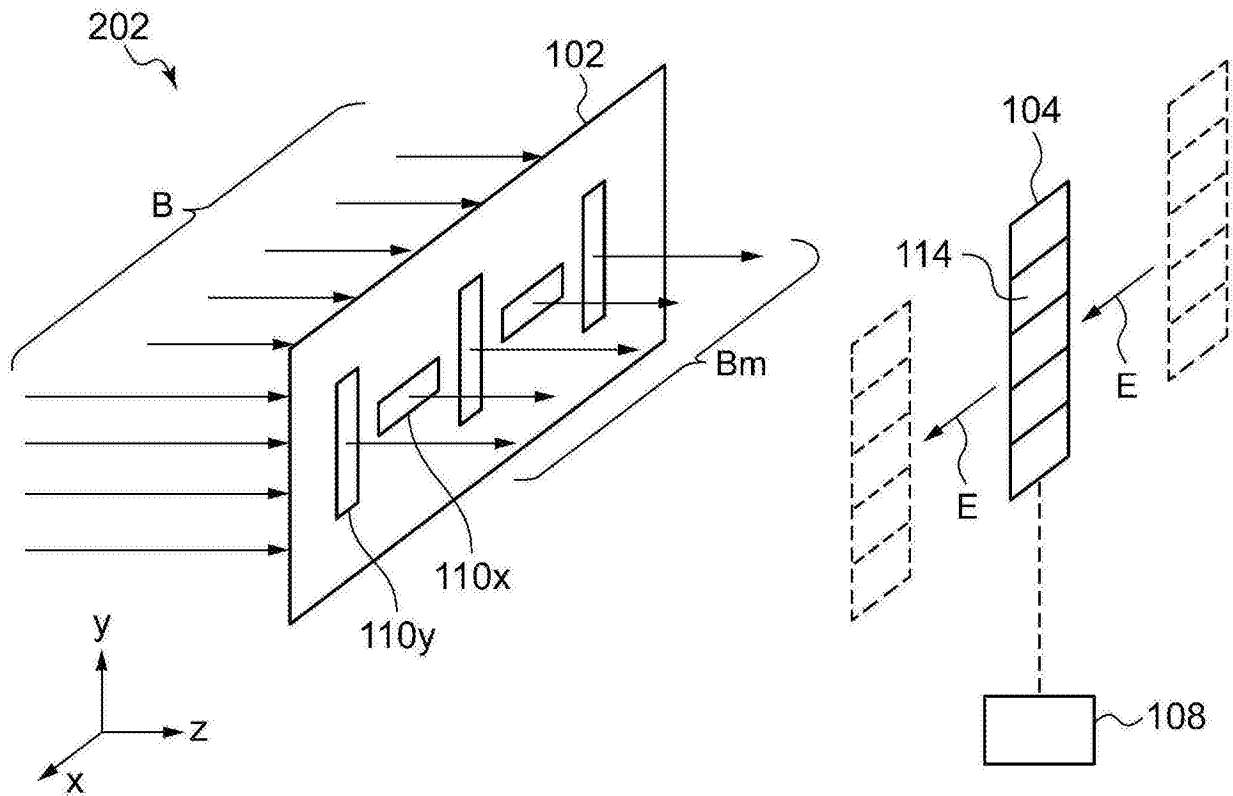


图10

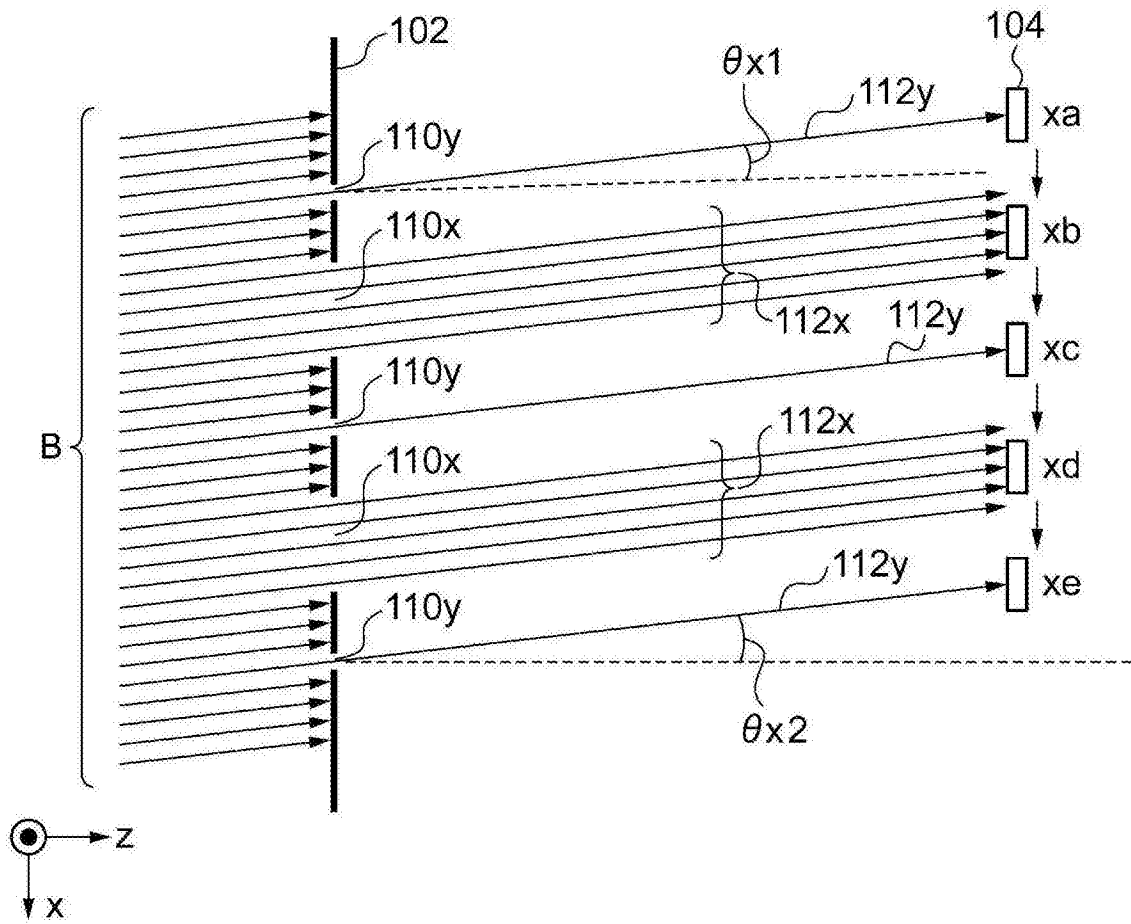


图11

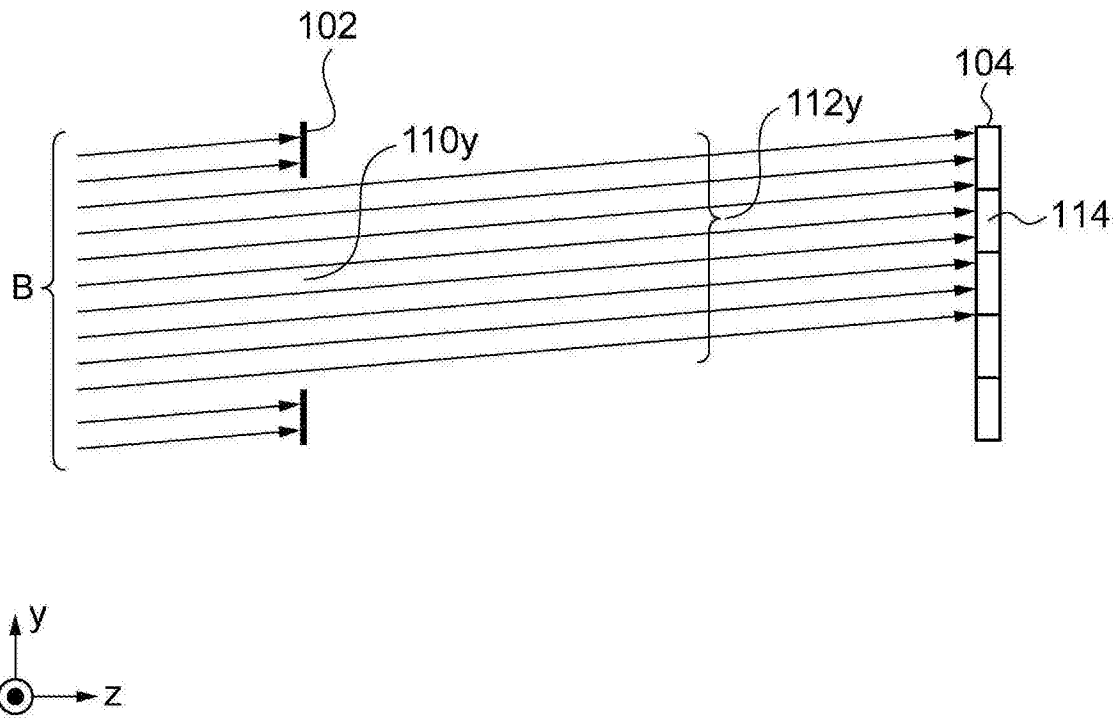


图12

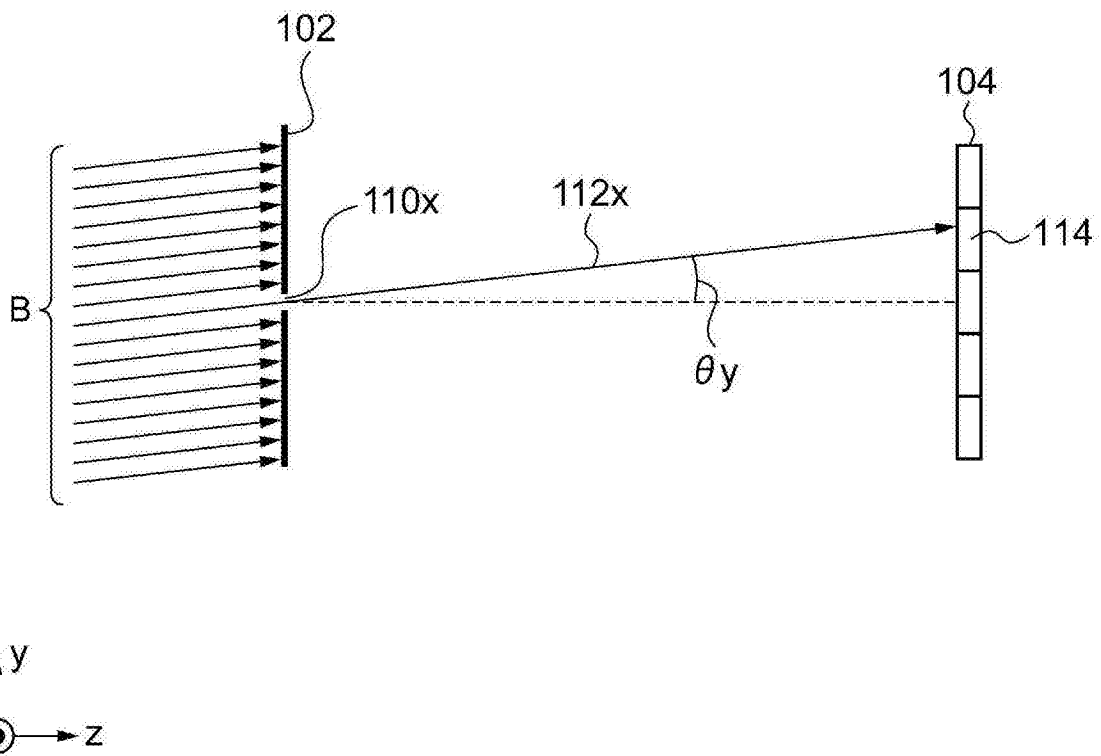


图13

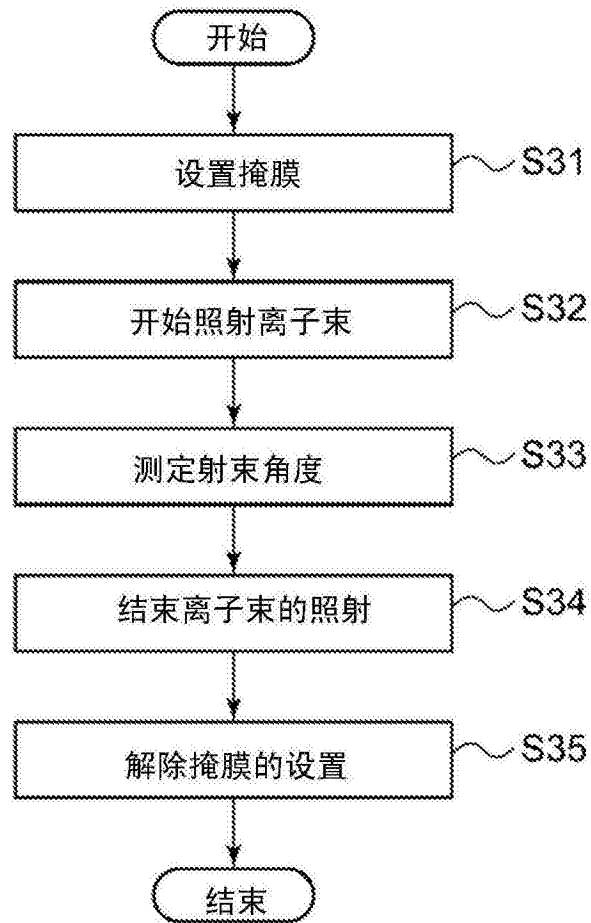


图14