



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 104183446 B

(45)授权公告日 2017.07.18

(21)申请号 201410171523.2

(22)申请日 2014.04.25

(65)同一申请的已公布的文献号  
申请公布号 CN 104183446 A

(43)申请公布日 2014.12.03

(30)优先权数据  
2013-111364 2013.05.27 JP  
2013-112036 2013.05.28 JP  
2013-113474 2013.05.29 JP  
2013-125512 2013.06.14 JP  
2013-131358 2013.06.24 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 梶泽光昭 渡边一浩 佐佐木玄  
稻田耕二

(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 103854942 A, 2014.06.11,  
US 2011/0101213 A1, 2011.05.05,  
CN 1906728 A, 2007.01.31,  
US 2003/0183780 A1, 2003.10.02,  
US 2008/0258074 A1, 2008.10.23,  
JP 特开平10-321513 A, 1998.12.04,  
JP 特开平11-354064 A, 1999.12.24,

审查员 崔文凯

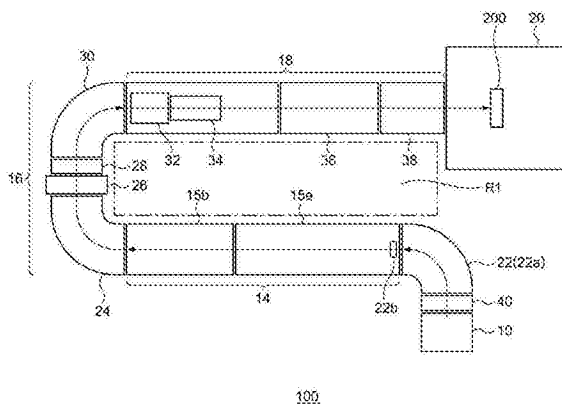
权利要求书3页 说明书21页 附图15页

(54)发明名称

高能量离子注入装置

(57)摘要

本发明提供一种高能量离子注入装置,通过电场对高能量的离子束进行扫描、平行化及过滤。本发明的高能量离子注入装置(100)具备:高能量多段直线加速单元(14),对离子束进行加速而生成高能量离子束;偏转单元(16),将高能量离子束朝向半导体晶片进行方向转换;及射束传输线单元(18),将已偏转的高能量离子束传输到晶片。射束传输线单元(18)具有射束整形器(32)、高能量用射束扫描器(34)、高能量用电场式射束平行化器(36)及电场式最终能量过滤器(38)。



1. 一种高能离子注入装置,其对从离子源提取的离子束进行加速,并沿着射束线传输到晶片并注入到该晶片,所述高能离子注入装置的特征在于,具备:

射束生成单元,具有离子源和质量分析装置;

高能多段直线加速单元,对所述离子束进行加速而生成高能离子束;

高能射束的偏转单元,将所述高能离子束朝向晶片进行方向转换;

射束传输线单元,将已偏转的高能离子束传输到晶片;及

基板处理供给单元,将传输到的高能离子束均匀地注入到晶片,

所述射束传输线单元具有射束整形器、高能用射束扫描器、高能用电场式射束平行化器及高能用电场式最终能量过滤器,

并构成,对从所述偏转单元出来的高能离子束通过所述射束扫描器及所述电场式射束平行化器进行射束扫描并且将其平行化,且通过所述高能用电场式最终能量过滤器去除质量、离子价数及能量中至少任意一个不同的混入离子后注入到所述晶片,

所述射束扫描器设为以能够微调的三角波工作的电场式射束扫描器,

所述电场式射束扫描器构成为使离子束向通常扫描范围的更外侧偏转,并导入到配设于所述电场式射束平行化器的近前部的左右任一侧的射束收集器部,从而能够暂时收集射束。

2. 根据权利要求1所述的高能离子注入装置,其特征在于,

所述射束扫描器具有1对偏转电极,其构成若将该1对偏转电极之间的间隔设为 $D_1$ ,将该偏转电极的射束行进方向的长度设为 $L_1$ ,则满足 $L_1 \geq 5D_1$ 。

3. 根据权利要求1所述的高能离子注入装置,其特征在于,

所述电场式射束扫描器具有1对偏转电极,并构成若将该1对偏转电极的平行部之间的间隔设为 $W_1$ ,将所述偏转电极的高度设为 $H_1$ ,则满足 $H_1 \geq 1.5W_1$ 。

4. 根据权利要求1至3中任一项所述的高能离子注入装置,其特征在于,

所述电场式射束扫描器具有1对偏转电极,并构成能够以 $0.5\text{kHz} \sim 4\text{kHz}$ 的任意扫描频率工作。

5. 根据权利要求2或3所述的高能离子注入装置,其特征在于,

所述偏转电极的与另一偏转电极的对置面由二段平面构成,且与所述对置面相反侧的外侧面呈阶梯差形状。

6. 根据权利要求2或3所述的高能离子注入装置,其特征在于,

所述偏转电极的与另一偏转电极的对置面由加工成锯齿状的阶梯差构成。

7. 根据权利要求2所述的高能离子注入装置,其特征在于,

在接地屏蔽板上配置接地电极、所述偏转电极及配置于2个接地电极之间的抑制电极,并且在扫描器壳体内部配置接地屏蔽板,且构成能够通过抑制电极和接地屏蔽板防止电子流入正电位的所述偏转电极电极。

8. 根据权利要求1至3中任一项所述的高能离子注入装置,其特征在于,还具备:

上游侧接地电极和下游侧接地电极,配置于所述电场式射束扫描器的射束线下游侧且在离子束的通过区域具有开口;及

抑制电极,配置于所述上游侧接地电极与所述下游侧接地电极之间,

若将上游侧接地电极的开口宽度设为 $W_1$ ,将抑制电极的开口宽度设为 $W_2$ ,将下游侧接地

电极的开口宽度设为 $W_3$ ,则满足 $W_1 \leq W_2 \leq W_3$ 。

9. 根据权利要求1至3、7中任一项所述的高能量离子注入装置,其特征在于,所述电场式射束扫描器的偏转角度为 $\pm 5^\circ$ 以下。

10. 根据权利要求9所述的高能量离子注入装置,其特征在于,在所述电场式射束扫描器与所述电场式射束平行化器之间设置有用于将所述电场式射束扫描器的偏转角度变小的射束扫描空间。

11. 根据权利要求10所述的高能量离子注入装置,其特征在于,具备:真空容器,容纳有所述电场式射束扫描器且设置有所述射束扫描空间;及真空泵,连接于所述真空容器且用于排出该真空容器的内部的气体。

12. 根据权利要求1至3、7中任一项所述的高能量离子注入装置,其特征在于,所述高能量离子注入装置由第1部分、第2部分及第3部分构成高能量离子注入射束线,其中,所述第1部分包含具有离子源的射束生成单元和所述高能量多段直线加速单元且具有较长的轨道;所述第2部分用于通过包含所述偏转单元的偏转部进行方向转换;所述第3部分包含所述射束传输线单元且具有较长的轨道,

相对置地配置所述第1部分与所述第3部分而构成具有相对置的长直线部的U字状的装置布局。

13. 根据权利要求12所述的高能量离子注入装置,其特征在于,在所述射束生成单元与所述高能量多段直线加速单元之间以能够向射束线插入和退避的方式设置有测定离子束的总束电流量的第1法拉第装置。

14. 根据权利要求1至3、7中任一项所述的高能量离子注入装置,其特征在于,在所述偏转单元与所述射束输送线单元之间以能够向射束线插入和退避的方式设置有测定离子束的总束电流量的第2法拉第装置。

15. 根据权利要求1至3、7中任一项所述的高能量离子注入装置,其特征在于,所述基板处理供给单元中在离子注入位置的后方设置有测定离子束的总束电流量的固定式第3法拉第装置。

16. 根据权利要求1至3、7任一项所述的高能量离子注入装置,其特征在于,所述高能量离子注入装置构成为通过调整提取电极装置、调整部、能量分散调整装置和中心轨道修正装置及所述高能量用电场式射束整形器,生成射束尺寸为40mm以下且几乎没有轨道偏差的射束,并将该射束供给到所述电场式射束扫描器,

所述提取电极装置包括设置于所述射束生成单元的射束方向调整部,所述调整部设置于所述高能量多段直线加速单元的末端内部,对会聚发散进行调整,偏转电磁铁,构成为进行高能量离子束的能量分析、离子注入角度的校正以及能量分散的抑制,

所述射束传输线单元具有所述高能量用电场式射束整形器。

17. 根据权利要求1至3、7中任一项所述的高能量离子注入装置,其特征在于,所述高能量射束的偏转单元中包括中心轨道修正装置,该中心轨道修正装置微调轨道,以使在与所述电场式射束扫描器的扫描平面相同的平面内从偏转单元射出的离子束通过射束扫描器的中心附近。

18. 根据权利要求1至3、7中任一项所述的高能量离子注入装置,其特征在于,

所述电场式射束扫描器构成为能够施加用于补正扫描范围的左右偏离的偏移电压。

19. 根据权利要求18所述的高能量离子注入装置,其特征在于,

所述电场式射束扫描器中,从调整为通过电场式射束扫描器的中心附近的射束到达晶片时的位置偏离倒算而决定所述偏移电压,并构成注入角度/注入位置微调系统的一部分。

20. 一种高能量离子注入装置,其对从离子源提取的离子束进行加速,沿着射束线传输到晶片并注入到该晶片,高能量离子注入装置的特征在于,具备:

射束生成单元,具有离子源和质量分析装置;

高能量多段直线加速单元,对所述离子束进行加速而生成高能量离子束;

高能量射束的偏转单元,将所述高能量离子束朝向晶片进行方向转换;

射束传输线单元,将已偏转的高能量离子束传输到晶片;及

基板处理供给单元,将传输到的高能量离子束均匀地注入到晶片,

所述射束传输线单元具有射束整形器、高能量用射束扫描器、高能量用磁场式射束平行化器及高能量用电场式最终能量过滤器,

并构成为,对从所述偏转单元出来的高能量离子束通过所述射束扫描器及所述磁场式射束平行化器进行射束扫描并且将其平行化,且通过所述高能量用电场式最终能量过滤器去除质量、离子价数及能量中至少任意一个不同的混入离子后注入到所述晶片,

所述射束扫描器设为以能够微调的三角波工作的电场式射束扫描器,

所述电场式射束扫描器构成为使离子束向通常扫描范围的更外侧偏转,并导入到配设于所述电场式射束平行化器的近前部的左右任一侧的射束收集器部,从而能够暂时收集射束。

## 高能离子注入装置

### 技术领域

[0001] 本申请主张基于2013年5月29日申请的日本专利申请第2013-113474号的优先权。该申请的全部内容通过参考援用于本说明书中。

[0002] 本发明涉及一种高能离子注入装置。

### 背景技术

[0003] 在半导体元件制造工序中,标准地实施如下重要的工序,该工序用于通过在真空下向半导体晶片打入离子来将杂质添加到半导体晶片的结晶中,从而使导电性发生变化,并使半导体晶片半导体元件化。该工序中所使用的装置被称为离子注入装置,该离子注入装置将通常用于半导体元件化的杂质原子作为离子进行加速,并打入到半导体晶片中。

[0004] 随着半导体元件的高集成化/高性能化,一直使用能够用于更深地打入到半导体晶片中的高能离子注入的装置。这种装置特别地被称为高能离子注入装置。作为其中一例,有以串列式静电加速器构成离子束的加速系统的方法(参考专利文献1)。

[0005] (批次式(batch-type))

[0006] 并且,长期以来还使用具备进行高频加速的高频线形加速器的批次处理式高能离子注入装置(参考专利文献2)。

[0007] 批次处理式离子注入为如下的方法,即将十几片硅晶片载于直径为1m左右的铝盘的外周侧,一边使圆盘以每分钟1000次的旋转程度高速旋转,一边均匀地注入离子。为了不使晶片因离心力而飞出,圆盘的载有晶片的部分相对于旋转面(与旋转轴正交的面)赋予 $5^{\circ}$ 左右的角度。由于该角度和晶片的旋转运动,批次处理式离子注入方法存在在晶片的中心部和端部注入角度(离子射入到晶片的角度)前后相差 $1^{\circ}$ (注入角度偏差)的问题。

[0008] 一般,在晶片的芯片上存在想进行离子注入的区域和无法进行离子注入的区域,无法进行离子注入的区域能够由被称为光致抗蚀层的有机物覆盖。离子在注入时不能穿透光致抗蚀层,因此在高能离子注入时所涂布的光致抗蚀层变得非常厚。虽然需要注入的区域通过光刻法去掉光致抗蚀层,但若集成度高且注入区域微小,则会出现离子被垂直打入由耸立的光致抗蚀层的壁部包围的深孔的底部的情况。向这种高纵横比的结构注入离子时需要较高的注入角度精度。

[0009] 尤其,在制造如CCD等高品质的摄像元件中,越深地注入离子,分辨率就越提高,且灵敏度变高,因此也逐渐开始进行超高能量的离子注入(3~8MeV)。此时,被允许的注入角度误差为 $0.1^{\circ}$ 左右,无法使用具有较大注入角度偏差的批次式装置。

[0010] (单晶片式高能离子注入装置)

[0011] 因此,近年来单晶片式高能离子注入装置被投入使用(专利文献3)。批次方式固定射束并移动晶片(圆盘上的旋转运动),由此在水平方向进行均匀的注入,而单晶片式装置中移动射束(沿水平方向进行射束扫描)固定晶片。该方式中通过使扫描束平行化,不仅能够使晶片面内注入剂量均匀,还能够使注入角度均匀,可以解决注入角度偏差的问题。另外,两种方式都是通过以一定的速度使晶片平行移动来实现铅垂方向的剂量均匀性,但

通过该运动不会产生角度误差。

[0012] 除此以外,由于单晶片式离子注入装置在进行少数几片的处理时没有多余的硅晶片的消耗等,因此适合多品种少量生产,近年来需求不断增加。

[0013] 但在高品质摄像元件的生产中,不仅要求角度精度,而且还有诸如没有金属污染、注入损伤(退火之后的残余结晶缺陷)较小、注入深度精度(能量精度)良好等很多严格的要求,单晶片式离子注入装置中也留许多待改善之处。

[0014] 在以往的单晶片式高能离子注入装置中,作为高能加速方式使用串列式静电加速装置,或高频加速方式的重离子线性加速器(线形加速器)。

[0015] 在这种加速系统的下游设置有能量过滤磁铁、射束扫描器及通过磁场进行扫描轨道的平行化的平行(平行化)磁铁。并且,通过平行磁铁成为不论射束在哪个扫描位置,向晶片的射入角(注入角)均相同。离子的能量至3~4MeV左右。

[0016] 并且,在与高能离子注入装置相比更低能量的区域(10~600keV)中使用的(单晶片式)中电流离子注入装置的一部分中,使用通过电场(电极)将扫描轨道平行化的电场平行透镜(专利文献4)。电场平行透镜能够保持轨道的对称性并且将扫描轨道平行化,因此比平行磁铁更能提高角度精度。并且,在该装置中,在晶片的附近安装有被称为AEF(Angular Energy Filter)的电场式偏转电极。通过AEF能够去除在射束传输过程中价数发生变化的离子和在射束线产生的粒子,因此能够提供纯度较高的射束。

[0017] 专利文献1:日本专利第3374335号公报

[0018] 专利文献2:日本特开2000-11944号公报

[0019] 专利文献3:美国专利第8035080号公报

[0020] 专利文献4:日本特开2003-288857号公报

## 发明内容

[0021] 本发明是鉴于这种状况而完成的,其目的之一在于提供一种使高能离子束扫描偏转的高能离子注入装置。

[0022] 为了解决上述课题,本发明的一方式的高能离子注入装置为对从离子源提取的离子束进行加速,沿着射束线传输到晶片并注入到该晶片中的高能离子注入装置。该装置具备,射束生成单元,具有离子源和质量分析装置;高能多段直线加速单元,对离子束进行加速而生成高能离子束;高能射束的偏转单元,将高能离子束朝向晶片进行方向转换;射束传输线单元,将已偏转的高能离子束传输到晶片;及基板处理供给单元,将传输到的高能离子束均匀地注入到半导体晶片中。射束传输线单元具有射束整形器、高能射束扫描器、高能用电场式射束平行化器及高能用电场式最终能量过滤器。并且,构成为,对从偏转单元出来的高能离子束通过射束扫描器及电场式射束平行化器进行射束扫描并且将其平行化,并通过高能用电场式最终能量过滤器去除质量、离子价数及能量等不同的混入离子后注入到晶片中。并且,将射束扫描器设为以可微调的三角波工作的电场式射束扫描器。

[0023] 发明效果:

[0024] 根据本发明的一方式,能够抑制射束的发散。并且,根据本发明的另一方式,能够实现保证了能量精度的高能离子注入装置。

## 附图说明

[0025] 图1是示意地表示本实施方式所涉及的高能量离子注入装置的概略布局与射束线的图。

[0026] 图2(a)是表示离子束生成单元的概略结构的俯视图,图2(b)是表示离子束生成单元的概略结构的侧视图。

[0027] 图3是表示包括高能量多段直线加速单元的概略结构的整个布局的俯视图。

[0028] 图4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)的高能量多段直线加速单元及会聚发散透镜的控制系统的结构的框图。

[0029] 图5(a)、图5(b)是表示EFM(能量分析用偏转电磁铁)、能量宽度限制狭缝、能量分析狭缝、BM(横向中心轨道修正用偏转电磁铁)、射束整形器、射束扫描器(扫描器)的概略结构的俯视图。

[0030] 图6(a)是表示从射束扫描器至射束平行化器之后的射束线到基板处理供给单元为止的概略结构的俯视图,图6(b)是表示从射束扫描器至射束平行化器之后的射束线到基板处理供给单元为止的概略结构的侧视图。

[0031] 图7是从上方观察射束扫描器的一例的主要部分的示意图。

[0032] 图8是从侧面观察射束扫描器的一例的主要部分的示意图。

[0033] 图9是从下游侧观察沿离子束线的中途路径装卸自如地安装有射束扫描器的一例的结构的示意性主视图。

[0034] 图10是表示角能量过滤器的偏转电极的另一方式的示意图。

[0035] 图11(a)是示意地表示作为横向会聚透镜的四极透镜的俯视图,图11(b)是示意地表示四极透镜的主视图。

[0036] 图12(a)、图12(b)是表示电磁铁的结构的一例的立体图。

[0037] 图13是示意地表示电磁铁所具备的开闭装置的图。

[0038] 图14(a)是从正面观察与注入器法拉第杯(Injector Farady cup)结构大致相同的旋转变压器法拉第杯(Resolver Farady cup)的示意图,图14(b)是用于说明旋转变压器法拉第杯的动作的示意图。

[0039] 图15是从正面观察横长法拉第杯的示意图。

[0040] 图16(a)是表示从本实施方式所涉及的射束整形器到射束扫描器为止的概略结构的俯视图,图16(b)是表示从本实施方式所涉及的射束整形器到射束扫描器的概略结构的侧视图。

[0041] 图17是用于说明下游侧接地电极的开口宽度、抑制电极的开口宽度及上游侧接地电极的开口宽度之间的大小关系的示意图。

[0042] 图18是示意地表示射束平行化器的另一例的图。

[0043] 图中:10-离子源,12-离子束生成单元,14-高能量多段直线加速单元,14a-高频谐振器,15a-第1线形加速器,15b-第2线形加速器,16-射束偏转单元,18-射束传输线单元,20-基板处理供给单元,22-质量分析装置,22a-质量分析磁铁,22b-质量分析狭缝,24-能量分析电磁铁,26-四极透镜,27-能量宽度限制狭缝,28-能量分析狭缝,30-偏转电磁铁,32-射束整形器,34-射束扫描器,36-射束平行化器,38-最终能量过滤器,42-抑制电极,44-离

子源高压电源,48-端子,50-电源,52-输入装置,54-控制运算装置,56-振幅控制装置,58-相位控制装置,60-频率控制装置,62-高频电源,64-会聚发散透镜,64a-横向会聚透镜,64b-纵向会聚透镜,66-会聚发散透镜电源,68-显示装置,70-存储装置,74-抑制电极,74a-开口,76a-接地电极,80a、80b-法拉第杯,82-扫描器壳体,84-平行化透镜,87-上磁轭,87a、87b-偏转电极,88-下磁轭,89-接地屏蔽板,90-负电源,91-真空容器,91a-上线圈,91b-下线圈,92a-开闭装置,93-下杆,94-最终能量过滤器,95a-射束收集器部(Beam Dump Sector),96-射束扫描空间,100-高能离子注入装置。

### 具体实施方式

[0044] 以下对本实施方式所涉及的高能离子注入装置的一例进一步进行详细说明。首先,对本发明人等想到本发明的过程进行说明。

[0045] (平行化磁铁)

[0046] 使用通过偏转磁场使轨道平行化的平行化磁铁的以往的高能离子注入装置有如下问题。

[0047] 若向带有光致抗蚀层的晶片注入高能离子,则产生大量的漏气,该漏气的分子与束离子相互作用,一部分离子的价数发生变化。若通过平行化磁铁时该价数发生变化,则偏转角发生改变,因此射束的平行性被破坏,朝向晶片的注入角变得不同。

[0048] 并且,所注入的离子的量(个数或者剂量)通过利用置于晶片附近的法拉第杯测定束电流值而求出,但因价数变化,其测量值产生偏差,偏离预定的注入量,无法成为如所预定的半导体元件的特性。

[0049] 而且,通过1台平行化磁铁进行的平行化在内侧轨道与外侧轨道上的偏转角和轨道长度不同,因此越靠外侧轨道,价数发生变化的离子的比例越大,晶片面内的剂量均匀性也恶化。

[0050] 因此,以往的高能离子注入装置的射束传输方式无法充分满足最近的高精度的注入的要求。

[0051] 并且,平行化磁铁需要在扫描方向上宽度较宽的磁极和一定长度的平行化区间,能量变高时磁极进一步变长且变大,因此重量变得非常大。为了安全地装配并维持装置,除了需要强化半导体工场本身的强度设计之外,消耗电力也变得非常大。

[0052] 如果能够在高能区域使用在所述中电流离子注入装置中所使用的电场平行化透镜和电场(电极式)能量过滤器(AEF:Angular Energy Filter),则可解决这些问题。电场平行化透镜保持轨道的对称性并且使扫描轨道与中心轨道方向对齐而进行平行化,AEF在刚要到达晶片之前去除价数已变化的离子。由此,即使在漏气较多时,也能够得到没有能量污染的射束,且不会产生如平行化磁铁那样的扫描方向的注入角度的偏差,结果,能够均匀地注入准确的深度方向的注入分布和注入量(剂量),并且注入角度也变得相同,可实现精度非常高的离子注入。并且,由重量轻的电极部件构成,因此与电磁铁相比还可减少消耗电力。

[0053] 本发明的核心之处在于发明了一种将该中电流离子注入装置的优异的系统导入到高能离子注入装置,为高能装置且能够进行与中电流装置同等的高精度注入的装置。以下,对在该过程中所解决的课题进行说明。首要问题是装置的长度。



[0054] 将离子束偏转相同角度时,所需磁场与能量的平方根成比例,而所需电场则与能量本身成比例。因此,偏转磁极的长度与能量的平方根成比例,而偏转电极的长度与能量成比例而变长。若欲想在高能量离子注入装置中搭载所述电场平行化透镜和电场AEF来实现高精度角度注入,则射束传输系统(从扫描器到晶片为止的距离)与使用平行化磁铁的以往的装置相比大幅变长。

[0055] 例如,作为通过这种电场具备平行化机构的高能量离子注入装置,与以往的高能量离子注入装置相同地可考虑将离子源、质量分析磁铁、串列式静电加速装置或者高频线形加速装置、射束扫描器、扫描轨道平行化装置、能量过滤器、注入处理室及基板输送设备(末端站)等构成设备装配成大致直线状的结构。此时,以往的装置的长度为8m左右,而装置的总长长至20m左右,设置位置的设定与准备、设置作业等成为大规模,而且设置面积也变大。并且,还需要用于各设备的装配对准调整、装置运转后的维护与修缮及调整的作业空间。这种大型离子注入装置无法满足将半导体生产线中的装置尺寸与工场生产线的配置实情相结合的要求。

[0056] 由于这种状况,本发明的一方式中的射束线的结构的目的在于,通过实现能够确保充分的作业区域且简化/效率化设置位置的设定、准备及设置作业和维护作业,并抑制设置面积的技术,提供一种具备有电场平行化透镜和电场能量过滤器的高精度的高能量离子注入装置。

[0057] (U字状的折回型射束线)

[0058] 前述目的可通过如下方式来实现,即由包括对在离子源生成的离子束进行加速的多个单元的长直线部;及包括对扫描束进行调整而注入到晶片中的多个单元的长直线部构成高能量离子注入装置的射束线,并设为具有相对置的长直线部的水平U字状的折回型射束线。根据从离子源起对离子进行加速的单元的长度,使包括射束扫描器、射束平行化器、能量过滤器等的射束传输单元的长度构成为与所述长度大致相同的长度,从而实现这种布局。并且,为了进行维护作业,在2条长直线部之间设置有充分广的空间。

[0059] 本发明的一方式是以这样的射束线的布局为前提而完成的,其目的在于提供一种能够在充分大于晶片尺寸的范围扫描高能量的离子束,且通过进行在射束传输中发生问题时能够即刻停止传输的响应度良好的高能量射束的扫描,能够始终维持高精度的注入的高能量离子注入装置。

[0060] 本发明的一方式的高能量离子注入装置,其对在离子源产生的离子进行加速而生成离子束,沿着射束线将离子束传输到晶片并注入到该晶片,其中,所述高能量离子注入装置具备:射束生成单元,具有离子源和质量分析装置;高能量多段直线加速单元,对离子束进行加速而生成高能量离子束;高能量射束的偏转单元,将所述高能量离子束朝向晶片进行方向转换;射束传输线单元,将已偏转的高能量离子束传输到晶片;及基板处理供给单元,将传输到的高能量离子束均匀地注入到半导体晶片中。射束传输线单元具有射束整形器、高能量用射束扫描器、高能量用电场式射束平行化器及高能量用电场式最终能量过滤器,并构成为,对从偏转单元出来的高能量离子束通过所述射束扫描器及所述电场式射束平行化器进行射束扫描并且将其平行化,且通过所述高能量用电场式最终能量过滤器去除质量、离子价数及能量等不同的混入离子后注入到晶片中。

[0061] 该结构中的高能量用射束扫描器设为以可微调的三角波工作的电场式射束扫描

器。通过设为响应较快的电场式,能够设计出当预想到在离子注入过程中产生放电等而使射束变得不稳定且注入量变得不均匀时,即刻中止注入,并在稳定后马上重新开始注入的系统,在任何情况下都能够维持注入精度。并且,容易将工作频率设为可变的频率,能够在离子注入时控制在硅结晶中产生的结晶缺陷的量,从而提高产品的质量。

[0062] 电场式射束扫描器具有1对偏转电极,但为了高速响应不能对该电极施加太高的电压。然而,为了进行将晶片面整个的注入剂量不均匀性抑制为0.5%以下的高精度注入,必须占用充分大于晶片尺寸的扫描范围。为此,相对于高能量射束,射束扫描器必须具有充分的偏转角。因此,在本发明中,通过构成为,将该偏转电极对的间隔设为 $D_1$ 、将射束行进方向的长度设为 $L_1$ 时,满足 $L_1 \geq 5D_1$ ,由此得到充分的偏转角。

[0063] 根据本发明的一方式,能够在充分大于晶片尺寸的范围内对扫描高能量的离子束进行扫描,能够进行在到达晶片之前将注入剂量的不均匀性抑制为0.5%以下的高精度注入。并且,在射束传输中产生电极的放电等问题时,可进行能够即刻停止离子注入的响应度良好的高能量射束的扫描。由此能够始终维持高精度的注入。

[0064] 在此,本实施方式的一形态的高能量离子注入装置为对在离子源产生的离子进行加速,沿着射束线而作为离子束传输到晶片并注入到晶片中的离子注入装置。该装置为将已平行化的离子束高精度地照射到机械扫描移动中的晶片并注入到晶片中的装置,其具备:高能量多段直线加速单元,对离子束进行加速而生成高能量离子束;偏转单元,将高能量离子束的轨道朝向晶片进行方向转换;及射束传输线单元,将已偏转的高能量离子束传输到晶片。

[0065] 从对离子束进行高加速的高频(交流方式)的高能量多段直线加速单元出来的高能量离子束具有一定范围的能量分布。因此,为了对后段的高能量的离子束进行射束扫描及射束平行化后将其照射到机械扫描移动中的晶片,需要事先实施高精度的能量分析、中心轨道校正及射束会聚发散的调整。

[0066] 射束偏转单元具备至少2个高精度偏转电磁铁,至少1个能量宽度限制狭缝和能量分析狭缝,及至少1个横向会聚设备。多个偏转电磁铁构成为,精密地校正高能量离子束的能量分析和离子注入角度,及抑制能量分散。高精度偏转电磁铁中进行能量分析的电磁铁上安装有核磁共振探头和霍尔探头,而其他电磁铁上仅安装有霍尔探头。核磁共振探头用于霍尔探头的校正,霍尔探头用于磁场恒定的反馈控制。

[0067] 射束传输线单元能够对高能量的离子束进行射束扫描及射束平行化,将扫描束高精度地照射到机械扫描移动中的晶片并注入离子。

[0068] 以下,参考附图对本实施方式所涉及的高能量离子注入装置的一例进一步进行详细说明。另外,附图说明中对相同要件添加相同符号,并适当省略重复说明。并且,以下叙述的结构只是示例,并非对本发明的范围进行任何限定。

[0069] (高能量离子注入装置)

[0070] 首先,对本实施方式所涉及的高能量离子注入装置的结构进行简单说明。另外,本说明书的内容不仅能够适用于作为带电粒子的种类之一的离子束,还能够适用于涉及所有带电粒子束的装置。

[0071] 图1是示意地表示本实施方式所涉及的高能量离子注入装置100的概略布局和射束线的图。

[0072] 本实施方式所涉及的高能量离子注入装置100是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,且在离子源10产生的离子进行加速,沿着射束线作为离子束传输到晶片(基板)200并注入到晶片200中。

[0073] 如图1所示,高能量离子注入装置100具备:离子束生成单元12,生成离子并进行质量分析;高能量多段直线加速单元14,对离子束进行加速而使其成为高能量离子束;射束偏转单元16,进行高能量离子束的能量分析、中心轨道校正及能量分散的控制;射束传输线单元18,将已分析的高能量离子束传输到晶片;及基板处理供给单元20,将传输到的高能量离子束均匀地注入到半导体晶片。

[0074] 离子束生成单元12具有离子源10、提取电极40及质量分析装置22。离子束生成单元12中,射束从离子源10通过提取电极提取的同时被加速,已提取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有时会配置在紧接质量分析磁铁22a的正后方,但实施例中配置在其下一个构成即高能量多段直线加速单元14的入口部内。

[0075] 通过质量分析装置22进行质量分析的结果,仅挑选出注入所需的离子种类,挑选出的离子种类的离子束被导入到之后的高能量多段直线加速单元14。通过高能量多段直线加速单元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。

[0076] 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、能量宽度限制狭缝27(参照后述的图5)、能量分析狭缝28及具有转向功能的偏转电磁铁30。另外,能量分析电磁铁24有时被称为能量过滤电磁铁(EFM)。高能量离子束通过偏转单元进行方向转换,并朝向基板晶片的方向。

[0077] 射束传输线单元18用于传输自射束偏转单元16离开的离子束,其具有由会聚/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(包括最终能量分离狭缝)。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。

[0078] 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,在注入处理室内容纳有:射束监测器,测量离子束的束电流、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,防止由离子束产生的基板的静电;晶片输送机构,搬入和搬出晶片(基板)200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;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向射束扫描方向和直角方向移动。

[0079] 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,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,从而能够根据射束线基准位置而进行装卸、组装。

[0080] 接着,对构成高能量离子注入装置100的各单元、各装置进一步进行详细说明。

[0081] (离子束生成单元)

[0082] 图2(a)是表示离子束生成单元的概略结构的俯视图,图2(b)是表示离子束生成单元的概略结构的侧视图。

[0083] 如图2(a)、图2(b)所示,在配置于射束线最上游的离子源10的出口侧设置有用于从在离子腔室(电弧室)内生成的等离子体提取离子束的提取电极40。在提取电极40的下游

侧附近,设置有抑制从提取电极40提取的离子束中所含的电子朝向提取电极40逆流的提取抑制电极42。

[0084] 离子源10与离子源高压电源44连接。在提取电极40与端子48之间连接有提取电源50。在提取电极40的下游侧配置有用于从射入的离子束中分离出预定的离子并将已分离的离子束取出的质量分析装置22。

[0085] 如后述的图5所示,在高能量多段直线加速单元14的直线加速部壳体内部的最前部配置有用于测量离子束的总束电流值的法拉第杯80a(注入器(Injector))。

[0086] 图14(a)是从正面观察与注入器法拉第杯80a的结构大致相同的旋转变压器法拉第杯80b的示意图,图14(b)是用于说明旋转变压器法拉第杯80b的动作的示意图。

[0087] 注入器法拉第杯80a构成为能够通过驱动机构在射束线上从上下方向进出,并且,构成为在水平方向长的长方形的斗状形状,且将开口部朝向射束线的上游侧,在调整离子源和质量分析电磁铁时,除了测量离子束的总束电流的目的以外,还用于根据需要在射束线上完全截断到达射束线下游的离子束。另外,如前述,在注入器法拉第杯80a正前方的高能量多段直线加速单元14的入口部内配置有质量分析狭缝22b,且构成为单一的质量分析狭缝、或者根据质量的大小选择宽度不同的多个狭缝的方式、或者能够将质量狭缝宽度变更为无等级或多级的方式。

[0088] (高能量多段直线加速单元)

[0089] 图3是表示包含高能量多段直线加速单元14的概略结构的整体布局的俯视图。高能量多段直线加速单元14具备进行离子束的加速的多个线形加速装置即夹着1个以上的高频谐振器14a的加速间隙。高能量多段直线加速单元14能够通过高频(RF)电场的作用而对离子进行加速。图3中,高能量多段直线加速单元14由具备高能量离子注入用的基本的多段高频谐振器14a的第1线形加速器15a,及进一步具备超高能量离子注入用的追加的多段高频谐振器14a的第2线形加速器15b构成。

[0090] 另一方面,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 $\phi$  [deg]作为参数加进去。此外,需要用于通过会聚/发散效果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(例如静电四极电极),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,在决定高频参数之后再决定它们的值。

[0091] 图4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)的高能量多段直线加速单元及会聚发散透镜的控制系统的结构的框图。

[0092] 高能量多段直线加速单元14中包括1个以上的高频谐振器14a。作为高能量多段直线加速单元14的控制所需的构成要件需要:输入装置52,其用于操作员输入所需的条件;控制运算装置54,其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,其用于调整高频电压振幅;相位控制装置58,其用于调整高频相位;频率控制装置60,其用于控制高频频率;高频电源62;会聚发散透镜电源66,其用于会聚发散透镜64;显示装置68,其用于显示运转参数;及存储装置70,其用于存储已被决定的参数。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)。

[0093] 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

件为基础对离子束的加速及会聚和发散进行模拟来算出高频参数(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。

[0094] 电压振幅参数由控制运算装置54送至振幅控制装置56,振幅控制装置56对高频电源62的振幅进行调整。相位参数送至相位控制装置58,相位控制装置58对高频电源62的相位进行调整。频率参数送至频率控制装置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。

[0095] 在高频线形加速器的内部或者其前后配置有所需数量的用于有效地传输离子束的会聚发散透镜64。即,在多段高频谐振器14a的前端的加速间隙的前后交替地具有有发散透镜或会聚透镜,而在第2线形加速器15b的末端的横向会聚透镜64a(参考图5)的后方配置有追加的纵向会聚透镜64b(参考图5),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剖面的离子束射入至后段的射束偏转单元16。

[0096] 在高频线形加速器的加速间隙产生的电场的方向每几十纳秒切换对离子进行加速的方向和进行减速的方向。为了将离子束加速至高能量,在所有几十处的加速间隙中离子进入到加速间隙时电场必须朝向加速方向。在某一加速间隙被加速的离子直到下一加速间隙的电场朝向加速方向为止期间必须通过2个加速间隙之间的电场被屏蔽的空间(漂移空间)。过快或者过慢都会被减速,因此无法达到高能量。在所有的加速间隙跟上加速相位成为非常严格的条件,因此达到预定能量这种情况成为通过了由高频线形加速器进行的针对质量、能量及电荷(决定速度的因素)的严格的挑选的情况。这表示,高频线形加速器也可称为优秀的速度过滤器。

[0097] (射束偏转单元)

[0098] 如图1所示,射束偏转单元16包括作为能量过滤偏转电磁铁(EFM)的能量分析电磁铁24、能量宽度限制狭缝27(参考图5)、能量分析狭缝28、控制偏转后的能量分散的横向会聚的四极透镜26及具有注入角度补正功能的偏转电磁铁30。

[0099] 图5(a)、图5(b)是表示EFM(能量分析用偏转电磁铁)、能量宽度限制狭缝、能量分析狭缝、BM(横向中心轨道补正用偏转电磁铁)、射束整形器、射束扫描器(扫描器)的概略结构的俯视图。另外,图5(a)中示出的符号L表示离子束的中心轨道。

[0100] 通过高能量多段直线加速单元14后的离子束因同步加速器振荡形成能量分布。并且,加速相位的调整量较大时,中心值稍微偏离预定的能量的射束有时会从高能量多段直线加速单元14射出。因此,通过后述的射束偏转单元16以仅有所希望的能量离子可以通过的方式设定能量过滤偏转磁铁(EFM)的磁场,并通过能量宽度限制狭缝27和能量分析狭缝28使射束的一部分选择性地通过,从而使离子的能量与设定值一致。可以通过的离子束的能量宽度能够由能量宽度限制狭缝和能量分析狭缝的开口的横向宽度预先设定。只有通过了能量分析狭缝的离子被导入到后段的射束线并注入到晶片。

[0101] 若具有能量分布的离子束射入到在前述的反馈环路控制系统将磁场控制成恒定值的能量过滤电磁铁(EFM),则所有的射入离子束均沿着设计轨道偏转并引起能量分散,在

所希望的能量宽度范围内的离子通过设置于EFM出口附近的能量宽度限制狭缝27。在该位置上,能量分散向最大值逐渐增加,且由发射度得到的射束尺寸 $\sigma_1$ (没有能量宽度时的射束尺寸)向最小值逐渐减小,而由能量分散得到的射束宽度比基于发射度的射束宽度宽。以狭缝截断这种状态的离子束时,空间分布被清晰地截断,但能量分布以与 $2\sigma_1$ 对应的能量宽度而成为较钝的切口。换言之,例如,即使将狭缝宽度设定为与3%的能量宽度对应的尺寸,也会有与预定注入能量的能量差小于3%的离子的一部分撞到狭缝壁而消失,相反能量差大于3%的离子的一部分则通过狭缝。

[0102] 能量分析狭缝设置于 $\sigma_1$ 成为极小的位置。在该位置上, $\sigma_1$ 与狭缝宽度相比小到可以忽略的程度,因此能量分布也与空间分布几乎相同地被清晰地截断。例如,能量分析狭缝的开口宽度也设定为相当于能量宽度的3%的尺寸(0.03 $\sigma_1$ )时,可以通过能量宽度限制狭缝的能量差超过3%的离子全部在此被阻断。其结果,最初为矩形的能量分布的射束通过2条狭缝之后变成在0%具有峰值,高度在 $\pm 3\%$ 处减到1/2,之后急剧降低至零的圆顶状的分布。能量差较小的离子的数量相对变多,因此与仅设置一条能量分析狭缝并保持大致矩形的能量分布而通过狭缝时相比,能量宽度实质减小。

[0103] 通过线性加速器进行加速的射束的能量稍微偏离预定注入能量时,双狭缝系统具有通过削去能量分布的端部的效果而使通过后的射束的能量偏离减小的效果。例如,能量宽度为 $\pm 3\%$ 且还有3%的能量偏离时,通过双狭缝后的能量分布变成所述圆顶状分布的能量的正(plus)侧的一半,其分布的重心即能量中心大致到 $\Delta E/E=1\%$ 附近。另一方面,当以单一能量分析狭缝截断时,中心成为 $\Delta E/E=1.5\%$ 。使分布不清晰的效果一定向抑制能量中心偏离的方向起作用。

[0104] 如此,在具有能量宽度和能量偏离这双方的加速系统中,为了缩小能量宽度和能量中心的偏离这双方而提高能量精度,有效的是通过双狭缝进行的能量限制。

[0105] 能量分析电磁铁需要较高的磁场精度,因此安装有进行精密的磁场测定的高精度的测定装置86a、86b(参考图5(b))。测定装置86a、86b是适当组合了也被称为MRP(磁共振探头)的NMR(核磁共振)探头和霍尔探头的装置,MRP用于校正霍尔探头,霍尔探头用于对磁场进行一定的反馈控制。并且,能量分析电磁铁以严密的精度制造,以使磁场的均匀性小于0.01%。而且,各个电磁铁上连接有电流设定精度和电流稳定度为 $1 \times 10^{-4}$ 以上的电源及其控制设备。

[0106] 并且,在能量分析狭缝28的上游侧且能量分析狭缝28与能量分析电磁铁24之间,作为横向会聚透镜而配置有四极透镜26。四极透镜26可由电场式或者磁场式构成。由此,离子束被U字状偏转后的能量分散得到抑制,且射束尺寸变小,因此能够高效率地传输射束。并且,在偏转电磁铁的磁极部电导减小,因此有效的是例如在能量分析狭缝28附近配置漏气排出用真空泵。使用磁悬浮式涡流分子泵时,必须设置于不受能量分析电磁铁24和偏转电磁铁30的电磁铁泄露磁场影响的位置。通过该真空泵,能够防止在偏转单元的由残余气体散射引起的束电流的下降。

[0107] 若在高能量多段直线加速单元14中的四极透镜、分散调整用四极透镜26及射束整形器32上存在较大的装配误差,则如图5(b)所示的射束的中心轨道变形,射束容易撞到狭缝而消失,也导致最终的注入角度和注入位置的偏差。然而,在水平面上,根据具有注入角度校正功能的偏转电磁铁30的磁场校正,射束的中心轨道一定通过射束扫描器34的中

心。由此,矫正注入角度的偏离。而且,若向射束扫描器34施加适当的偏移电压,则从扫描器到晶片为止的中心轨道的变形消失,注入位置的左右偏离被解除。

[0108] 通过射束偏转单元16时的各偏转电磁铁的离子受到离心力和洛伦兹力的作用,它们相互配合画出圆弧状的轨迹。该配合用公式 $mv=qBr$ 来表示。 $m$ 为离子的质量、 $v$ 为速度、 $q$ 为离子的价数、 $B$ 为偏转电磁铁的通磁量密度、 $r$ 为轨迹的曲率半径。只有该轨迹的曲率半径 $r$ 与偏转电磁铁的磁极中心的曲率半径一致的离子能够通过偏转电磁铁。换言之,离子的价数相同时,能够通过施加有恒定的磁场 $B$ 的偏转电磁铁的离子为只具有特定动量的 $mv$ 的离子。EFM被称为能量分析电磁铁,但实际上是分析离子动量的装置。BM和离子生成单元的质量分析电磁铁都是动量过滤器。

[0109] 并且,射束偏转单元16能够通过使用多个磁铁来使离子束偏转 $180^\circ$ 。由此,能够以简单的结构实现射束线为U字状的高能量离子注入装置100。

[0110] 如图5(a)所示,射束偏转单元16利用能量分析电磁铁24将高能多段直线加速单元14出来的离子束偏转 $90^\circ$ 。并且利用轨道修正兼用偏转磁铁30将射束路径进一步偏转 $90^\circ$ ,并射入到后述的射束传输线单元18的射束整形器32。射束整形器32对已射入的射束进行整形并供给到射束扫描器34。并且,通过图5(b)所示的四极透镜26的透镜作用防止由射束的能量分散引起的发散,或者利用由能量分散引起的射束扩大效果来防止射束变得过小。

[0111] 图11(a)是示意地表示作为横向会聚透镜的四极透镜的俯视图,图11(b)是示意地表示四极透镜的主视图。图11(a)的俯视图中示出四极透镜26的射束线行进方向的电极长度,并且示出针对能量分析器(EFM偏转磁铁)24挑选的能量的射束,横向发散的射束通过四极透镜26被横向会聚的作用。图11(b)的主视图中示出通过由四极透镜26的电极产生的会聚发散作用引起的射束的横向会聚作用。

[0112] 如上所述,对在离子源产生的离子进行加速而传输到晶片并打入离子注入装置中,射束偏转单元16在高能多段直线加速单元14与射束传输线单元18之间利用多个电磁铁进行离子束的 $180^\circ$ 偏转。即,能量分析电磁铁24及轨道修正兼用偏转电磁铁30分别构成偏转角度成为 $90^\circ$ ,其结果,构成合计偏转角度成为 $180^\circ$ 。另外,由1个磁铁进行的偏转量不限于 $90^\circ$ ,也可以是以下组合。

[0113] (1) 1个偏转量 $90^\circ$ 的磁铁+2个偏转量 $45^\circ$ 的磁铁

[0114] (2) 3个偏转量 $60^\circ$ 的磁铁

[0115] (3) 4个偏转量 $45^\circ$ 的磁铁

[0116] (4) 6个偏转量 $30^\circ$ 的磁铁

[0117] (5) 1个偏转量 $60^\circ$ 的磁铁+1个偏转量 $120^\circ$ 的磁铁

[0118] (6) 1个偏转量 $30^\circ$ 的磁铁+1个偏转量 $150^\circ$ 的磁铁

[0119] 作为能量分析部的射束偏转单元16是U字状的射束线中的折回路,构成该单元的偏转电磁铁的曲率半径 $r$ 限定能够传输的射束的最大能量,并且是决定装置的整个宽度和中央的维护区域的宽度的重要参数(参考图5)。通过将曲率半径的值最佳化,不用降低最大能量就可以将装置的整个宽度抑制到最小。并且,由此,高能多段直线加速单元14与射束传输线单元18之间的间隔变宽,能够确保充分的作业空间R1(参考图1)。

[0120] 图12(a)、图12(b)是表示电磁铁的结构的一例的立体图。图13是示意地表示电磁

铁所具备的开闭装置的图。如图12(a)、图12(b)所示,构成能量分析电磁铁24和偏转电磁铁30的电磁铁例如由上磁轭87、下磁轭88、内侧侧磁轭89a、外侧侧磁轭89b、上杆(未图示)、下杆93、上线圈91a及下线圈91b构成。并且如图13所示,外侧侧磁轭89b分割成2个部件89b1和89b2,并通过开闭装置92a、92b成为能够在外侧左右对开,其未图示,且构成为能够装卸构成射束线引导件容器。

[0121] 并且,射束偏转单元16的中央部的真空容器,例如容纳有能量宽度限制狭缝27、四极透镜26、能量分析狭缝28等的容器为能够从射束线轻松装卸的结构。由此,能够在进行维护作业时,在U字状射束线中央的工作区内轻松地进出。

[0122] 高能量多段直线加速单元14具备进行离子加速的多个线形加速装置。多个线形加速装置分别具有共通的连结部,且该连结部相对于在多个电磁铁中比能量分析狭缝28更靠上游侧的能量分析电磁铁24以可装卸的方式构成。同样地,射束传输线单元18也可相对于偏转电磁铁30以可装卸的方式构成。

[0123] 并且,设置于比能量分析狭缝28更靠上游侧的、包括电磁铁的能量分析电磁铁24可以构成为相对于上游的高能量多段直线加速单元14能够装卸或连结。并且,由模块式射束线单元构成后述的射束传输线单元18时,设置于比能量分析狭缝28更靠下游侧的偏转电磁铁30可以构成为相对于下游的射束传输线单元18能够装卸或连结。

[0124] 线性加速器和射束偏转单元分别配置于平面支架上,且构成为通过各自的设备的离子束轨道实际上包含于1个水平面上(除了最终能量过滤器偏转后的轨道)。

[0125] (射束传输线单元)

[0126] 图6(a)是表示从射束扫描器至射束平行化器之后的射束线到基板处理供给单元为止的概略结构的俯视图,图6(b)是表示从射束扫描器至射束平行化器之后的射束线到基板处理供给单元为止的概略结构的侧视图。

[0127] 通过射束偏转单元16只有所需的离子种类被分离,成为只有所需的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5、图6所示,射束整形器32由Q(四极)透镜等(电场式或者磁场式)会聚/发散透镜组构成。具有已整形的剖面形状的射束通过射束扫描器34沿平行于图6(a)的平面的方向扫描。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。根据需要,射束整形器32能够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。

[0128] 如图5所示,在扫描器壳体内的最前部的射束整形器32的正前部配置有用于测量离子束的总束电流值的法拉第杯80b(称为旋转变压器法拉第杯)。

[0129] 图14(a)是从正面观察旋转变压器法拉第杯80b的示意图,图14(b)是用于说明旋转变压器法拉第杯80b的动作的示意图。

[0130] 旋转变压器法拉第杯80b构成为能够通过驱动机构在射束线上从上下方向进出,并且,构成为在水平方向具有长边的长方形的斗状形状且将开口部朝向射束线的上游侧,在调整线性加速器及射束偏转部时,除了测量离子束的总束电流的目的之外,还用于根据需要在射束线上完全截断到达射束线下游的离子束。并且,旋转变压器法拉第杯80b、射束扫描器34、抑制电极74及接地电极76a、78a、78b容纳于扫描器壳体82内。

[0131] 射束扫描器34是通过周期变动的电场以沿与离子束的行进方向正交的水平方向



对离子束周期性地地进行往复扫描的偏转扫描装置(也被称为射束扫描器)。

[0132] 有关射束行进方向,射束扫描器34具备以夹着离子束的通过区域的方式相对置地配置的1对(2个)对置扫描电极(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个对置电极。该扫描电压在2个对置电极的间隙内生成使通过此处的射束偏转并变动的电场。并且,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。

[0133] 进行高能量离子注入时,在硅晶片内部生成的结晶损伤的量与扫描频率成反比。并且,结晶损伤量有时会影响所生产的半导体设备的质量。此时,能够通过自由设定扫描频率来提高所生产的半导体设备的质量。

[0134] 而且,在没有施加扫描电压的状态下,为了补正在晶片附近测量的射束位置偏离的量,偏移电压(固定电压)重叠于扫描电压。通过该偏移电压,扫描范围不会左右偏离,能够实现左右对称的离子注入。

[0135] 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,虽然在扫描电极的前方配置有接地电极76a,但根据需要能够配置与下游侧相同结构的抑制电极。抑制电极抑制电子向正电极侵入。

[0136] 并且,在偏转电极87a、87b的上方和下方配置有接地屏蔽板89。接地屏蔽板防止附带于射束的二次电子从外侧绕进并流入射束扫描器34的正电极。通过抑制电极和接地屏蔽板,扫描器的电源受到保护,并且离子束的轨道得以稳定化。

[0137] 射束扫描器34的后方具备射束驻留(Beam Park)功能。射束驻留构成为对通过射束扫描器的离子束根据需要进行水平大偏转并导入到射束收集器中。

[0138] 射束驻留为如下系统,即若进行离子注入时产生电极的放电等没有预料到的障碍,并在该状态下继续注入动作,则产生剂量的均匀性不良等的注入不良时,瞬时(10 $\mu$ s以内)中止射束传输的系统。实际上,在观察到射束电流显著降低的瞬间,将射束扫描电源的输出电压提高到与最大扫描宽度对应的电压的1.5倍,并将射束导入到平行透镜旁边的射束收集器中。通过存储产生障碍的時刻的晶片上的射束照射位置,在解除障碍后进行上下扫描运动的晶片到达该位置的瞬间,使射束返回到原来的轨道,由此像什么都没有发生一样继续离子注入。

[0139] 这种高速响应的电源无法将电压设置太高(主要是成本方面的问题)。另一方面,为了得到高度的注入剂量的均匀性,必须占用宽于晶片的扫描范围。因此,射束扫描器需要能够使高能量射束充分偏转的能力。该能力可通过对射束扫描器的偏转电极的间隔和长度进行限制来实现。本发明的能量区域中将电极长度设为间隔的5倍以上即可。

[0140] 在扫描壳体内,射束扫描空间部在射束扫描器34的下游侧被设置于较长的区间内,其构成为即使射束扫描角度狭小时也能够得到充分的扫描宽度。在位于射束扫描空间部的下游的扫描壳体的后方,以使已偏转的离子束的方向成为射束扫描偏转前的离子束的方向的方式进行调整,即设置有与射束线成为平行的方式弯曲返回的射束平行化器36。

[0141] 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的偏转角的平方成比例,因此将射束扫描空间部设为较长且将偏转角设为较小非常有助于抑制射束平行化器的像差。若像差较大,则向半导体晶片注入离子束时,在晶片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。

[0142] 并且,通过调整该射束扫描空间部的长度,能够使射束传输线单元的长度与高能量多段直线加速单元14的长度一致。

[0143] 图7是从上方观察射束扫描器的一例的主要部分的示意图。图8是从侧面观察射束扫描器的一例的主要部分的示意图。图9是从下游侧观察沿离子束线的中途路径装卸自如地安装有射束扫描器的一例的结构的示意性主视图。

[0144] 如图7、图8所示,射束扫描器134在箱体150内容纳、设置有1对偏转电极128、130、安装在它们的上游侧附近的接地电极132、及安装在它们的下游侧附近的接地电极133。在箱体150的上游侧侧面及下游侧侧面且与接地电极132、133的开口部对应的位置上分别设置有比上游侧开口部(省略图示)、接地电极133的开口部更大的开口部152A。

[0145] 偏转电极与电源的连接通过馈通结构来实现。另一方面,在箱体150的上表面设置有用用于将偏转电极128、130与电源连接的端子及接地用端子。并且,在箱体150上,在与射束轴平行的2个侧面设置有装卸和携带方便的把手。另外,在箱体150内形成有用用于降低射束扫描器134内的压力的真空排气用开口部,其与未图示的真空排气装置连接。

[0146] 如图9所示,箱体150滑动自如地设置在被固定设置于支架160上的射束导向盒170内。射束导向盒170充分大于箱体150,在底部铺设有用用于能够使箱体150滑动的2根导轨。导轨沿与射束轴正交的方向延伸,其一端侧的射束导向盒170的侧面通过门扇172设定为开闭自如。由此,在保养、检查射束扫描器134时,能够轻松地从射束导向盒170取出箱体150。另外,为了锁住推入射束导向盒170内的箱体150,在导轨的另一端设置有卡止机构(未图示)。

[0147] 这些扫描器周边的单元部件为维护射束线时的作业对象,维护作业能够轻松地在作业空间R1实施。进行高能量多段直线加速单元14的维护作业时,也同样能够轻松地在作业空间R1实施。

[0148] 在射束平行化器36上配置有电场平行化透镜84。如图6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宽度的加速/减速间隙相互对置,并在加速/减速间隙形成有兼有引起离子束的加速和减速的轴方向成分,及与距基准轴的距离成比例变强且对离子束起到横向会聚作用的横向成分的电场。

[0149] 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,以便这些电极成同一电位。如图6(b)所示,这些结构体还由上部单元和下部单元的上下对的组体构成,并在上部单元和下部单元之间设置离子束通过的空间部。

[0150] 从电场平行化透镜84的上游侧起最初的电极(射入电极)和最后的电极(射出电极)被保持为接地电位。由此,在通过平行化透镜84之前和之后,射束的能量不发生变化。

[0151] 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/减速并逐渐向与射束线的中心轨道平行的方向。并且,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。

[0152] 如此,由射束扫描器34扫描的射束通过包括电场平行化透镜等的射束平行化器

36,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。

[0153] 从电场平行化透镜84出来的离子束送至电场最终能量过滤器38(AEF(94): Angular Energy Filter)。在最终能量过滤器94中进行与刚要向晶片注入之前的离子束的能量相关的最终分析,只有所需能量值的离子种类被选择,并且与此相配合而进行已中性化的无价数的中性粒子或离子价数不同的离子的去除。基于该电场偏转的最终能量过滤器94通过由在射束线轨道方向的上下方向上相对置的1对平面或曲面构成的板状的偏转电极构成,并与在射束线轨道方向的上下方向上通过最终能量过滤器94本身的偏转作用而向下方逐渐弯曲的离子束轨道对准而弯曲。

[0154] 如图6(a)、图6(b)所示,电场偏转用电极由1对AEF电极104构成,并且配置为从上下方向夹持离子束。1对AEF电极104中,分别将正电压施加于上侧的AEF电极104,且将负电压施加于下侧的AEF电极104。因电场产生偏转时,通过在1对AEF电极104之间产生的电场的作用,使离子束向下方偏转约10~20度,只有目标能量的离子束被选择。如图6(b)所示,在角能量过滤器94中,只有由被选择的价数的离子束以所设定的轨道角度向下方偏转。只有由如此被选择的离子种类构成的射束以准确的角度均匀地被照射到被照射物即晶片200中。

[0155] 在实际将高能量射束偏转的基础上,如图10所示,沿上下方向相对置的1对板状的偏转电极204设定为在与离子束轨道相配合而弯曲时,根据偏转角和曲率半径沿前后n分割,且各自的上部电极和下部电极分别保持为相同电位的板状电极,这在制作精度和经济性方面很优异。并且,被前后n分割的板状偏转电极除了将上部电极和下部电极分别保持为相同电位的结构之外,作为n分割的上下1对的板状电极,也可以设定为各自不同的电位。

[0156] 通过采用这种结构,能够在高能量的扫描束传输线上搭载电场式高能量过滤器。通过电场在与射束扫描面正交的方向使射束偏转,因此不影响射束扫描方向的注入离子的密度分布(均匀性),且能够进行能量分析。

[0157] 而且,搭载有最终能量过滤器,由此在本射束线上与高能量多段直线加速单元14的高频线形加速装置、及U字状偏转部的磁场式EFM(能量分析电磁铁24)和BM(偏转电磁铁30)一起共搭载有3种射束过滤器。如前述,高频线形加速装置为速度(v)过滤器,EFM和BM为动量(mv)过滤器,该最终能量过滤器如其名为能量( $mv^2/2$ )过滤器。如此,通过设置方式不同的三重过滤器,与以往相比不仅能量纯度高,而且还能够将粒子和金属污染较少的非常纯的离子束供给到晶片。

[0158] 另外,功能上,EFM以高分解能进行穿过高频线形加速装置的能量污染的去和能量宽度的限制,AEF以比较低的分解能,在由EFM进行的能量分析后的射束传输线单元主要承担去除因抗蚀剂漏气而价数发生变化的离子的任务。

[0159] 最终能量过滤器94在最终能量过滤器94的上游侧具备接地电极108,且具备在下游侧的2个接地电极之间设置有AEF抑制电极110的电极组。该AEF抑制电极110抑制电子向正电极侵入。

[0160] 利用配置在最终能量过滤器94的最下游侧的接地电极左右端的剂量杯122测定作为剂量目标的注入时的束电流量。

[0161] (基板处理供给单元)

[0162] 图6 (a) 中,与晶片200相邻示出的箭头表示射束沿这些箭头的方向被扫描的情况,图6 (b) 中,与晶片200相邻示出的箭头表示晶片200沿这些箭头的方向往复移动即被机械扫描的情况。即,若射束例如设定为沿一轴向被往复扫描,则晶片200以通过未图示的驱动机构沿与上述一轴向成直角的方向往复移动的方式被驱动。

[0163] 将晶片200输送供给到预定位置并进行基于离子注入的处理的基板处理供给单元20容纳于工艺腔室(注入处理室)116内。工艺腔室116与AEF腔室102连通。在工艺腔室116内配置有能量限制狭缝(EDS:Energy Defining Slit)118。能量限制狭缝118限制具有所用之外的能量值和价数的离子束的通过,由此只分离具有已通过AEF的所用的能量值和价数的离子束,为此构成为沿扫描方向横长的狭缝。并且,能量限制狭缝118为了调整狭缝分离的间隔,也可以从上下方向以可动式部件构成狭缝体,并能够应对能量分析和注入角度的测量等多个测量目的。而且,也可以构成为可动式的上下切换狭缝部件具备多个狭缝面,在切换这些狭缝面之后,通过进一步使上下狭缝的轴沿上下方向调整或旋转,从而变更为所希望的狭缝宽度。通过将这些多个狭缝面根据离子种类依次进行切换,也能够设定为降低交叉污染的结构。

[0164] 等离子体淋浴器120根据离子束的束电流量将低能量电子供给到轨道上的离子束和晶片200的前表面,且抑制由离子注入产生的正电荷的充电(charge up)。另外,也可以在等离子体淋浴器120的左右端配置用于测定剂量的剂量杯(未图示),以此来代替配置在最终能量过滤器94的最下游侧的接地电极左右端的剂量杯122。

[0165] 射束剖面仪124具备用于进行离子注入位置上的束电流的测定的射束剖面仪杯(省略图示)。射束剖面仪124一边在离子注入前使其向水平方向移动,一边在射束扫描范围内测定离子注入位置的离子束密度。进行射束剖面测定的结果,离子束的预想不均匀性(PNU:Predicted Non Uniformity)不满足工艺要求时,补正射束扫描器34的施加电压的控制函数,自动地调整为满足工艺条件。并且,也可以构成为在射束剖面仪124上同时设置垂直剖面杯(Vertical profile cup)(省略图示),并测定射束形状/射束X-Y位置,从而确认注入位置上的射束形状,并组合射束宽度、射束中心位置及发散掩膜(Divergence Mask)确认注入角度和射束发散角度。

[0166] 在射束线的最下游配置有具有能够遍及所有晶片区域测量扫描范围的离子束的束电流测量功能的横长法拉第杯126,并构成为测量最终安装射束。图15是从正面观察横长法拉第杯的示意图。另外,为了降低交叉污染,横长法拉第杯126可以设定为具有能够根据离子种类切换三棱镜的3个面的三面结构法拉第杯的切换式底面的结构。并且,也可构成为在横长法拉第杯126上同时设置垂直剖面杯(Vertical profile cup)(省略图示),并测定射束形状和射束上下位置,从而能够监视在注入位置的上下方向的注入角度和射束发散角度。

[0167] 如前述,如图1所示,高能离子注入装置100中,各单元以包围作业空间R1的方式配置成U字状。因此,位于作业空间R1中的操作人员能够通过最小限度的移动对较多单元进行部件的更换、维护及调整。

[0168] (考虑整体布局、维护性、生产性、地球环境)

[0169] 以上,本实施方式所涉及的高能离子注入装置100通过高能多段直线加速单元14对由离子束生成单元12生成的离子束进行加速,并且通过射束偏转单元16进行方向转

换,并照射到位于设置在射束传输线单元18的末端的基板处理供给单元20的基板上。

[0170] 并且,高能离子注入装置100作为多个单元包括高能多段直线加速单元14及射束传输线单元18。并且,高能多段直线加速单元14及射束传输线单元18配置为隔着图1所示的作业空间R1而相对置。由此,在以往的装置中配置为大致直线状的高能多段直线加速单元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。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佳化。由此,使装置的设置面积最小化,并且在被夹在高能多段直线加速单元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。

[0171] 并且,构成高能离子注入装置100的多个单元包括:离子束生成单元12,其设置在射束线的上游侧且产生离子束;基板处理供给单元20,其设置在射束线的下游侧且供给并处理注入有离子的基板;及射束偏转单元16,其设置在从离子束生成单元12朝向基板处理供给单元20的射束线的中途且偏转射束线的轨道。并且,将离子束生成单元12及基板处理供给单元20配置于射束线整体的一侧,并将射束偏转单元16配置于射束线整体的另一侧。由此,需要以较短时间维护的离子源10、基板的供给及取出所需要的基板处理供给单元20相邻而配置,因此操作人员的移动较少也没有问题。

[0172] 并且,高能多段直线加速单元14具备进行离子的加速的多个一系列线形加速装置,多个一系列线形加速装置各自可以具有共同的连结部。由此,根据向基板注入的离子所需要的能量,能够轻松地变更线形加速装置的数量和种类。

[0173] 并且,作为扫描器装置的射束扫描器34及作为平行化透镜装置的射束平行化器36可作为与相邻单元的连结部而具有标准化的形状。由此,能够轻松地变更线形加速装置的数量和种类。并且,射束扫描器34和射束平行化器36可根据高能多段直线加速单元14所具备的线形加速装置的结构及数量进行选择。

[0174] 并且,也可以构成为在高能离子注入装置100中使各装置的框架与真空腔室一体化,并对准装置框架或真空腔室的基准位置而进行组装,由此能够进行射束的定心(位置调整)。由此,繁杂的定心作业变为最小限度,能够缩短装置调试时间,能够抑制因作业错误产生的轴的偏离。并且,也可以以模块单位实施连续的真空腔室彼此的定心。由此能够降低作业负荷。并且,可以将已模块化的装置的大小设定为装置容易移动的大小以下。由此,能够降低模块和高能离子注入装置100的移动设置负荷。

[0175] 并且,高能离子注入装置100也可以将包括高能多段直线加速单元14、射束传输线单元18及排气装置等的构成设备组装于一体的支架上。并且,高能离子注入装置100设定为在平面基盘上大致同一水平面上包含高能多段直线加速单元14、射束偏转单元16及射束传输线单元18。由此,能够将高能离子注入装置100以固定于同一水平面的平面基盘上的状态下进行调整,并对每个块直接进行搬运,因此传输时很少产生调整偏差,省了很多在现场进行再调整的麻烦。因此,能够避免将很多熟练人员带到现场并使他们长时间滞留的不经济性。

[0176] 并且,若使上述平面基盘形成于中间而非支架的底板上,则能够在平面基盘上只搭载与离子束轨道直接相关的上述设备。而且,将相对于这些的作为辅助设备即高频立体电路等部件全部组装于形成在平面基盘下方的空间中,从而提高空间利用率,能够实现更

小型的离子注入装置。

[0177] 因此,即使在设置场所不富余的场所也能够设置上述高能量离子注入装置100,并在制作工场内进行组装调整的状态直接传输至需要的位置,能够通过现场装配及最终调整而使用。并且,高能量离子注入装置100能够实现耐于(经得起)半导体制造工场的半导体生产装置线的利用标准水准以上的高能量离子注入。

[0178] 如上,对各单元和各装置的布局进行设计,从而与以往相比高能量离子注入装置100被大幅小型化,能够容纳于以往的一半左右的设置长度内。并且,本实施方式所涉及的离子注入装置在制造工场内将各构成要件组装于基盘上,在基盘上进行位置调整而确定了离子束轨道的状态下直接搭载到传输车上输送到现场,并在按支架进行安装的基础上稍微调整而去除输送中产生的偏差,就能够使装置运转。因此,即使不是熟练人员也能够格外轻松且准确地实施现场调整,并且能够缩短调试期间。

[0179] 并且,通过取如较长U字状折回型射束线的布局,能够实现可将最高5~8MeV的高能量离子以高精度注入的离子注入装置。并且,该离子注入装置通过具有中央通路(中央区域)的该布局,以较小的设置面积具有充分的维护区域。并且,在离子注入装置运转时,通过因使用电场平行透镜、电场式扫描器和电场AEF等而得到的低消耗电力的运转,能够减少消耗电力。换言之,本实施方式所涉及的离子注入装置具有使用电场偏转式平行化透镜装置而得到的扫描束的平行化机构,从而能够进行低消耗电力的运转。

[0180] 以上,参考上述实施方式对本发明进行了说明,但本发明不限于上述实施方式,将实施方式的结构适当进行组合和置换的装置也包含在本发明的范围内。并且,也可以根据本领域的技术人员的技术知识对各实施方式中的组合和处理的顺序适当进行改变,或对各实施方式施加各种设计变更等变形,施加有这种变形的实施方式也能够包含在本发明的范围内。

[0181] 以下,根据实施方式对本发明的不同形态进行列举。

[0182] 至少射束传输线单元所包括的各装置为电场式,因此上述的高能量离子注入装置能够简化装置结构及使电源低输出。

[0183] 图16(a)是表示从本实施方式所涉及的射束整形器32到射束扫描器34为止的概略结构的俯视图,图16(b)是表示从本实施方式所涉及的射束整形器32到射束扫描器34为止的概略结构的侧视图。

[0184] 如图16(a)、图16(b)所示,电场式射束扫描器34具有1对偏转电极87a、87b。并且,在偏转电极87a、87b的上方和下方配置有接地屏蔽板89。接地屏蔽板89防止附带在射束的二次电子从外侧绕进并流入射束扫描器34的电极。也可以从外侧构成为若将1对偏转电极87a、87b的平行部之间的间隔设为 $W_1$ ,将偏转电极87a、87b的射束行进方向的长度设为 $L_1$ ,则满足 $L_1 \geq 5W_1$ 。并且,也可构成为电源(增幅器)能够以0.5kHz~4kHz范围的任意扫描频率工作。并且还可构成为若将没有平行部的1对偏转电极87a、87b之间的间隔设为 $D_1$ ,则满足 $L_1 \geq 5D_1$ 。

[0185] 通常为了使高能量射束充分地偏转,需要使射束长距离通过较高电场的内部。为了制作出较高的电场需要利用较高的电压或缩小电极间隔。并且,射束扫描器中需要使用能够使电压以1kHz左右的频率变化的高压电源,但这种能够在电源输出较高电压的设备一般很难得到。因此,需要缩小在射束扫描器中的偏转电极的间隔。

[0186] 偏转电极87a、87b的间隔必须大于所通过的射束的宽度。由此决定电极的最小间隔。并且,电极的长度由射束能量、电场及所偏转的角度决定。并且,射束能量由装置型号决定。电场由上述的条件决定。由此,通过决定所偏转的角度来决定电极的长度。

[0187] 例如,本实施方式所涉及的射束扫描器中的左右扫描器电极的间隔设为60mm左右(假定射束尺寸最大为40mm,电极之间的耐压没有问题的程度),扫描电极的射束行进方向宽度设为460mm,均较长。并且,扫描电压为 $\pm 30\text{kV}$ 左右,扫描频率为0.5~4kHz左右。

[0188] 可构成为若将电场式射束扫描器34所具有的1对偏转电极87a、87b的平行部之间的间隔设为 $W_1$ ,将偏转电极的高度设为 $H_1$ ,则满足 $H_1 \geq 1.5W_1$ 。为了遍及射束的整体而均匀地进行扫描,需要扫描时的电场在上下方向上均匀。因此,能够通过使用电极的高度充分高的偏转电极来使电场均匀。

[0189] 偏转电极87a(87b)为长方形的长板形状,构成为与另一偏转电极87b(87a)的对置面由平面或曲面构成,且与对置面相反侧的外侧面呈阶梯差形状。

[0190] 并且,偏转电极87a(87b)可构成为与另一偏转电极87b(87a)的对置面由二段平面构成,且与对置面相反侧的外侧面呈阶梯差形状。由此提高加工性(制作性)。如此能够通过将对置面设为简单的平面结构而降低加工费用。并且,通过设置阶梯差削去更多的外侧,能够减轻部件重量,并在进行安装作业时减轻操作人员的负担。

[0191] 并且,偏转电极87a(87b)可构成为与另一偏转电极87b(87a)的对置面被加工成锯齿状的阶梯差。由此,能够抑制金属污染的产生。

[0192] 另外,如上述,优选射束扫描器的偏转电极的间隔较狭窄。然而,已扫描的射束具有宽度,因此若电极间隔过于狭窄,则射束会撞到电极。因此,1对偏转电极中,以扫描宽度还未扩大的上游侧的间隙较窄的方式,将上游侧的形状设为相互平行的直线结构,并设为朝向扫描宽度扩大的下游以约 $\pm 5$ 度逐渐扩大的形状。能够将扩大部分设为曲线或者阶梯差,但直线结构的加工更简单且能够以低成本制作。

[0193] 高能离子注入装置100配置于电场式射束扫描器34的射束线下游侧,还具备在离子束的通过区域具有开口的上游侧接地电极78a和下游侧接地电极78b,及配置于上游侧接地电极78a和下游侧接地电极78b之间的抑制电极74。

[0194] 图17是用于说明下游侧接地电极的开口宽度、抑制电极的开口宽度及上游侧的接地电极的开口宽度之间的大小关系的示意图。可构成为若将上游侧接地电极78a的开口78a1的宽度设为 $W_1$ 、抑制电极74的开口74a1的宽度设为 $W_2$ 、下游侧接地电极78b的开口78b1的宽度设为 $W_3$ ,则各电极满足 $W_1 \leq W_2 \leq W_3$ 。已扫描射束随着朝向下流而横向扩大,因此通过构成为使抑制电极74和接地电极78a、78b各自的开口宽度满足上述的关系,从而能够使已扫描的射束不撞到各部件。

[0195] 如图16(a)所示,电场式射束扫描器34的偏转角度可以是 $\pm 5^\circ$ 以下。由此,朝向在下游的电场式射束平行化器36(参考图6)的射入角变小,抑制像差的产生。像差(射束平行化器的中心与端部的焦点距离之差)与该射入角的平方成比例地增大。

[0196] 在电场式射束扫描器34与电场式射束平行化器36之间设置有用于使电场式射束扫描器34的偏转角度变小的射束扫描空间96。由此,能够扩大电场式射束扫描器34与电场式射束平行化器36之间的间隔。因此,即使在电场式射束扫描器34中的偏转角度较小,已扫描的射束也能够在到达电场式射束平行化器36之前充分地扩大。因此,能够抑制在电场式

射束平行化器36的射束的像差并确保足够宽的扫描范围。

[0197] 可具备容纳有电场式射束扫描器34且设置有射束扫描空间96的真空容器91,及连接于真空容器91且用于排出真空容器内部的气体的真空泵(未图示)。例如可在电场式射束扫描器的位置设置用于确保真空度的涡流分子泵,并在电场式射束扫描器的正下方配置涡流泵。由此,能够确保电场式射束扫描器34的射束线真空度。并且,能够将由于离子碰撞到电场式射束扫描器34附近的透镜光阑和电极等而产生的漏气有效排出。由此,如果能够在产生源附近尽可能多地去除所产生的气体,则向周围扩散的气体就会变少。并且,如果没有不必要的气体,就能够不受该气体妨碍而使射束通过,因此会提高射束的传输效率。

[0198] 电场式射束平行化器36(参考图6)构成为焦点F位于夹着射束扫描空间96而配置于上游侧的电场式射束扫描器34所具有的1对偏转电极87a、87b之间的区域。扫描范围为恒定时,射束平行化器的像差与其焦点距离的平方成反比,因此能够通过设置焦点距离较长的射束平行化器36抑制像差。

[0199] 图18是示意地表示射束平行化器的另一例的图。图18所示的电场式平行化器136具有多段平行化透镜84a、84b、84c。由此,能够使已扫描的射束逐渐平行化,因此能够缩小电场式射束扫描器34与电场式平行化器136之间的间隔,例如上述的射束扫描空间96的长度。因此,能够缩短射束线总长。

[0200] 如图1所示,本实施方式所涉及的高能量离子注入装置100由第1部分、第2部分及第3部分构成高能量离子注入射束线,所述第1部分包含具有离子源10的射束生成单元12和高能量多段直线加速单元14且具有较长的轨道,所述第2部分用于通过包含射束偏转单元16的偏转部进行方向转换,所述第3部分包含射束传输线单元18且具有较长的轨道,并且相对置地配置第1部分与第3部分而构成具有相对置的长直线部的U字状的装置布局。

[0201] 并且,如图5所示,高能量离子注入装置100在离子束生成单元12与高能量多段直线加速单元14之间以能够向射束线插入和退避的方式设置有测定离子束的总束电流量的注入器法拉第杯80a。

[0202] 同样地,在射束偏转单元16与射束输送线单元18之间以能够向射束线插入和退避的方式设置有测定离子束的总束电流量的旋转变压器法拉第杯80b。

[0203] 并且,如图1所示,高能量离子注入装置100还具备基板处理供给单元20,该基板处理供给单元20配置于射束传输线单元18的下游侧,且进行由离子注入而产生的处理。如图6所示,基板处理供给单元20中,在离子注入位置的下方设置有测定离子束的总束电流量的固定式横长法拉第杯126。

[0204] 并且,如图1等所示,高能量离子注入装置100构成为通过调整提取电极装置(提取电极40:参考图2)、调整部(横向会聚透镜64a、纵向会聚透镜64b:参考图5)、电场式高能射束调整部(轨道调整四极透镜26:参考图5)、及电场式射束整形器32和电场式射束平行化器36,生成射束会聚发散量均质且轨道偏差较小的方向性均匀的射束,并将该射束供给到电场式射束扫描器34,所述提取电极装置包括设置于离子束生成单元12的射束方向调整部,所述调整部设置于高能多段直线加速单元14的末端内部,对射束方向性及会聚发散进行调整,所述电场式高能射束调整部设置于能量分析单元(射束偏转单元16:参考图1),射束传输线单元18具有所述电场式射束整形器32和电场式射束平行化器36。

[0205] 如图16所示,电场式射束扫描器34可构成为使离子束向通常扫描范围的更外侧偏



转,并导入到配设于电场式射束平行化器36的近前部的左右任一侧的射束收集器部95a、95b,从而能够暂时收集射束。

[0206] 并且,电场式射束扫描器34构成为,能够施加用于补正扫描范围的左右偏离的偏移电压(用于将电场为零的位置从左右的中心挪动的恒定电压)。并且,射束扫描器34中,从调整为通过电场式射束扫描器34中心附近的射束到达晶片时的位置偏离倒算(倒过来算)而决定偏移电压,其构成注入角度/注入位置微调系统的一部分。

[0207] 在上述实施方式中,以电场式射束平行化器为例进行了说明,根据情况可采用磁场式射束平行化器。

[0208] 另外,在方法、装置、系统等之间相互置换以上构成要件的任意组合、本发明的构成要件和表现的方式,作为本发明的方式也是有效的。

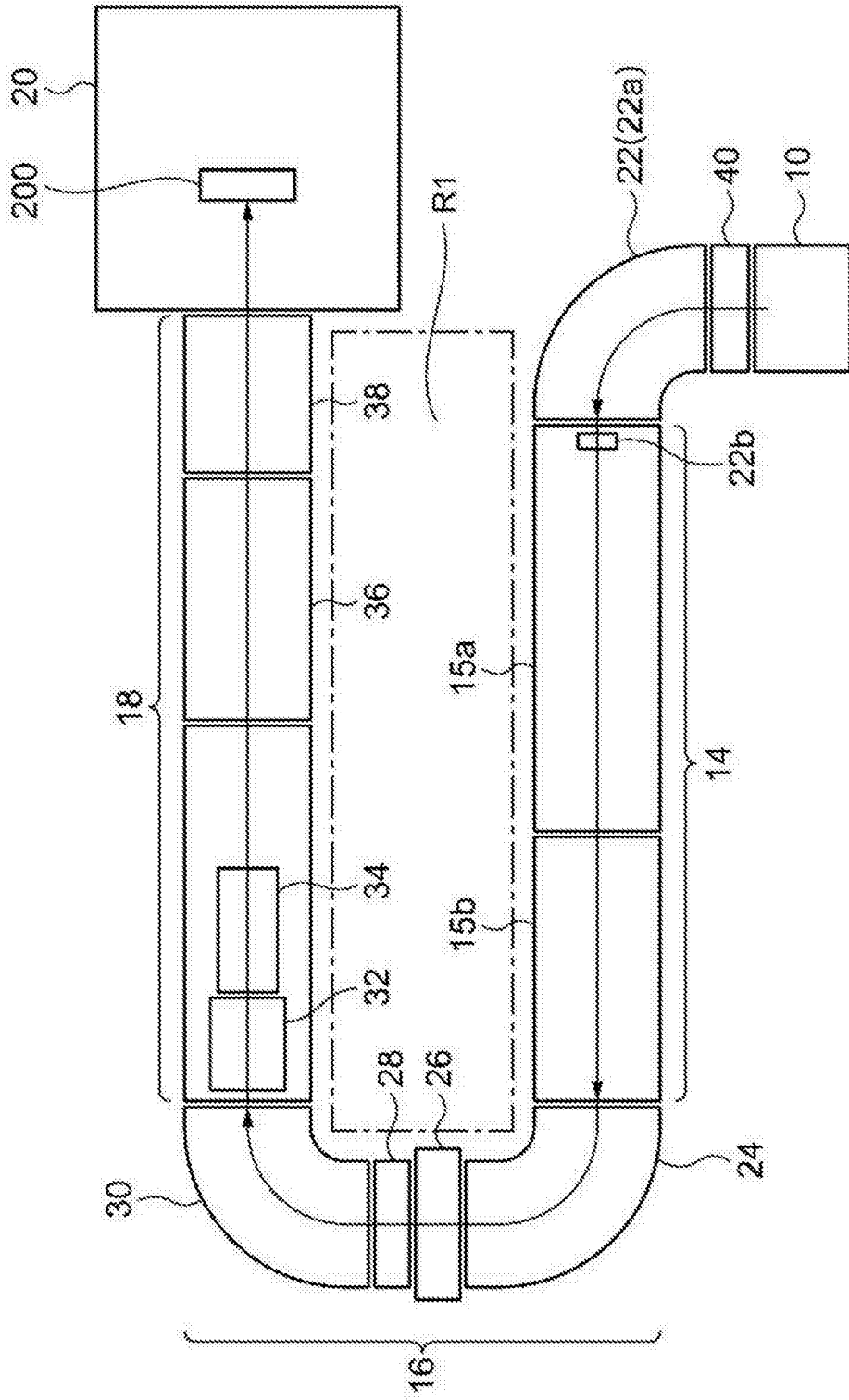


图1

100

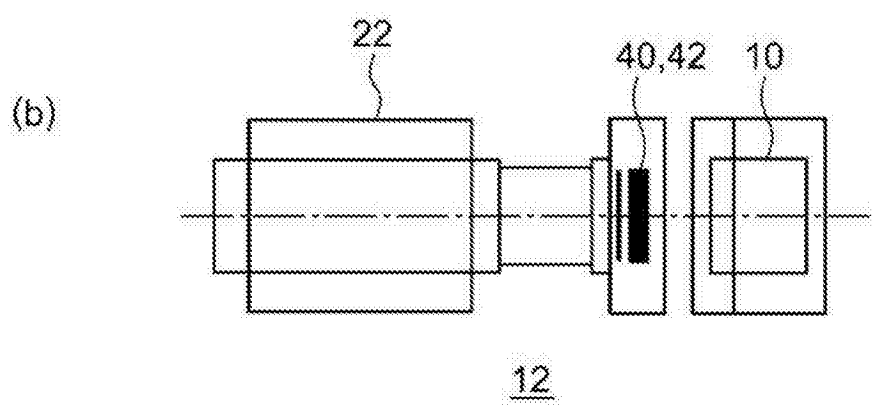
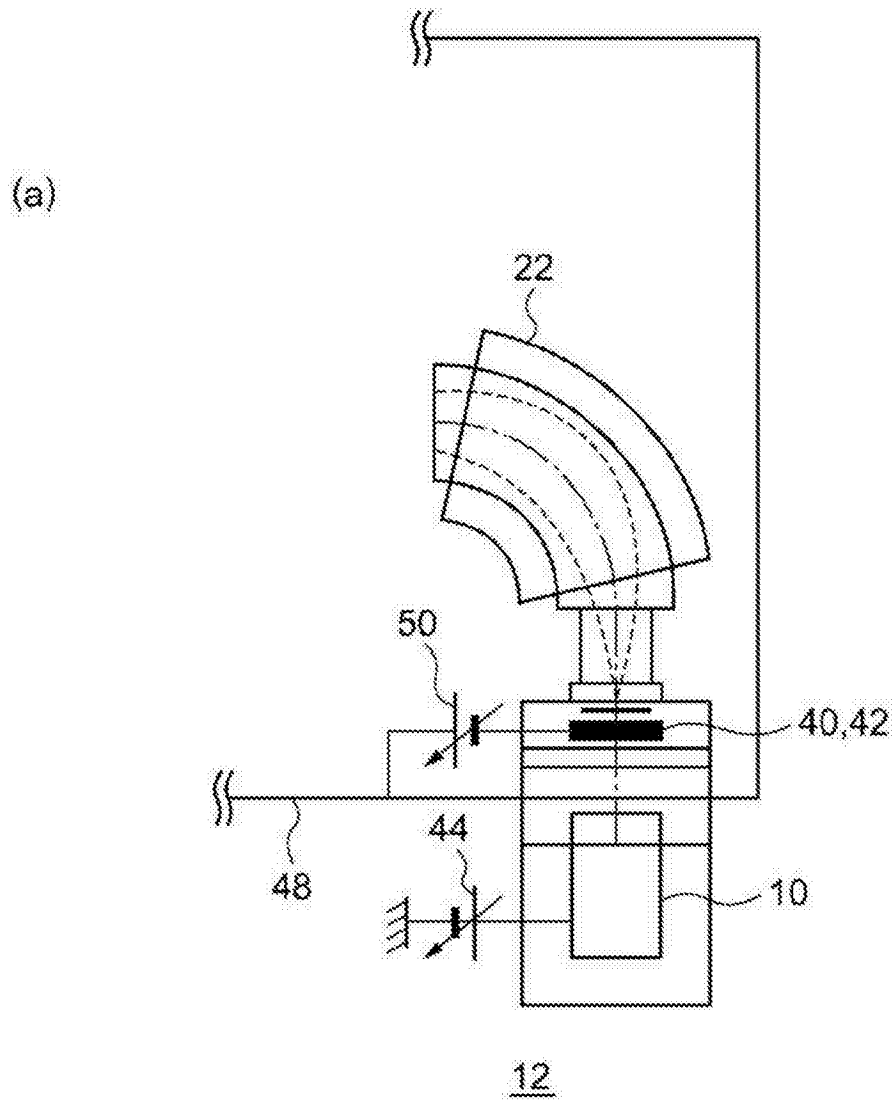


图2

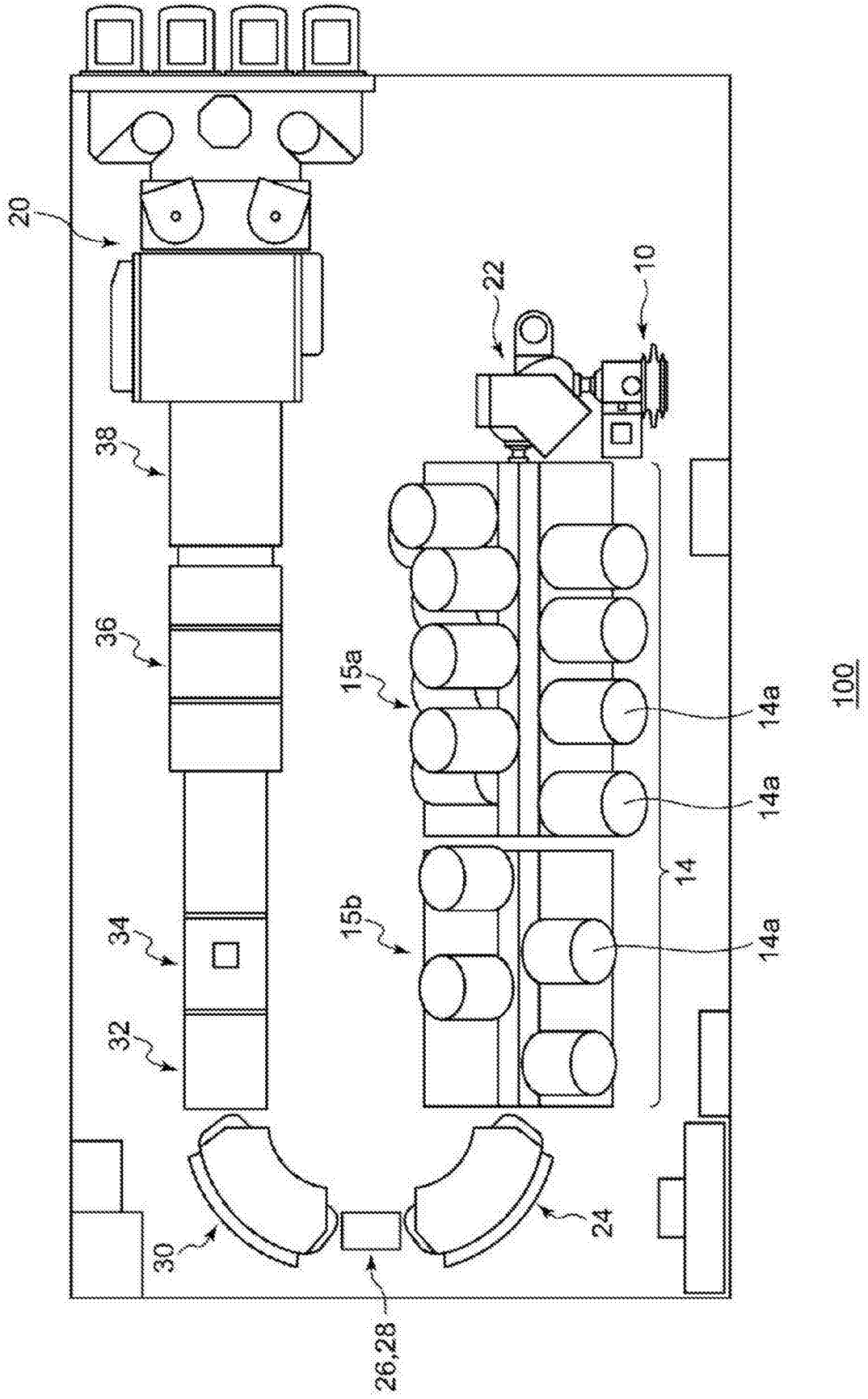


图3

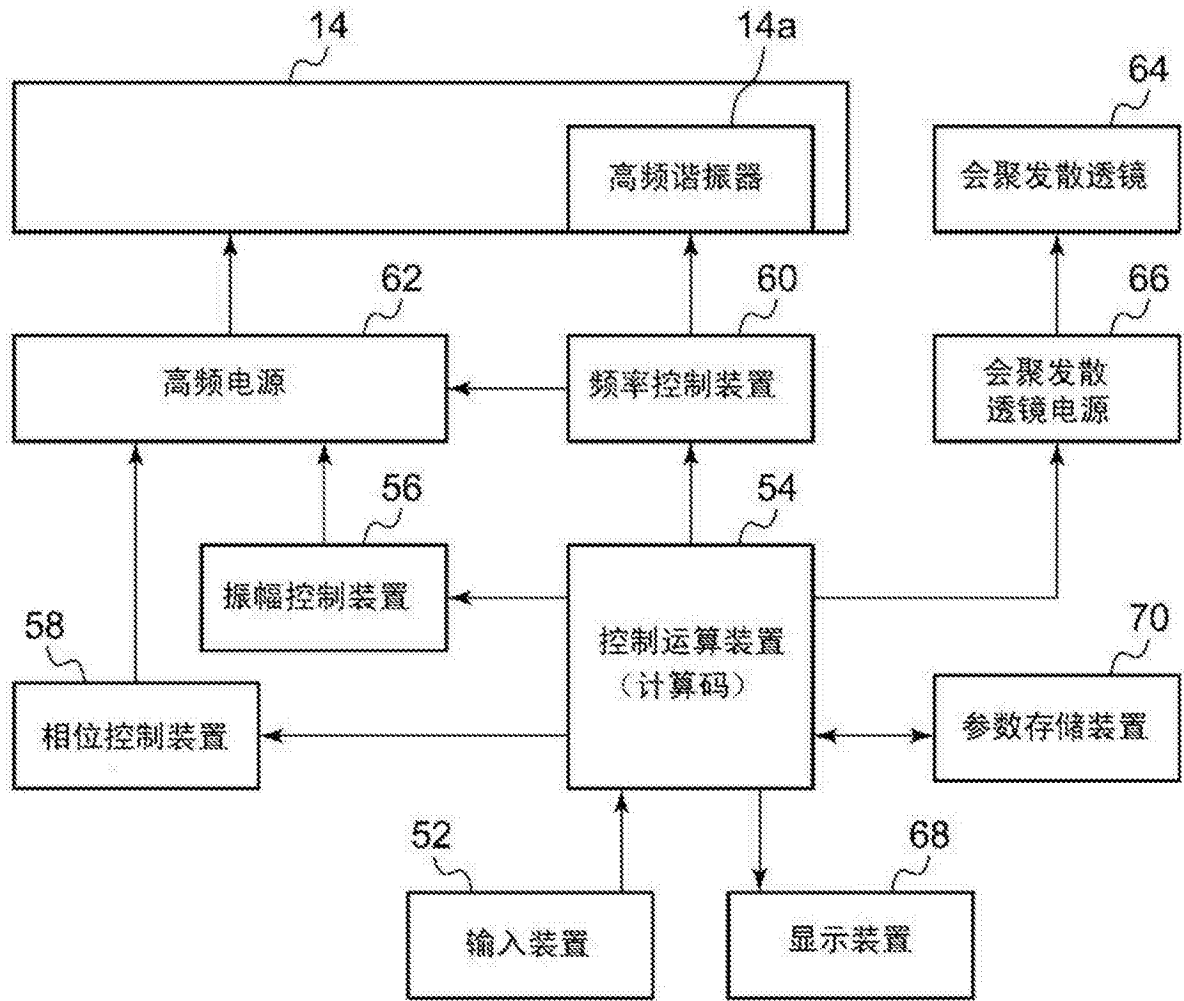


图4

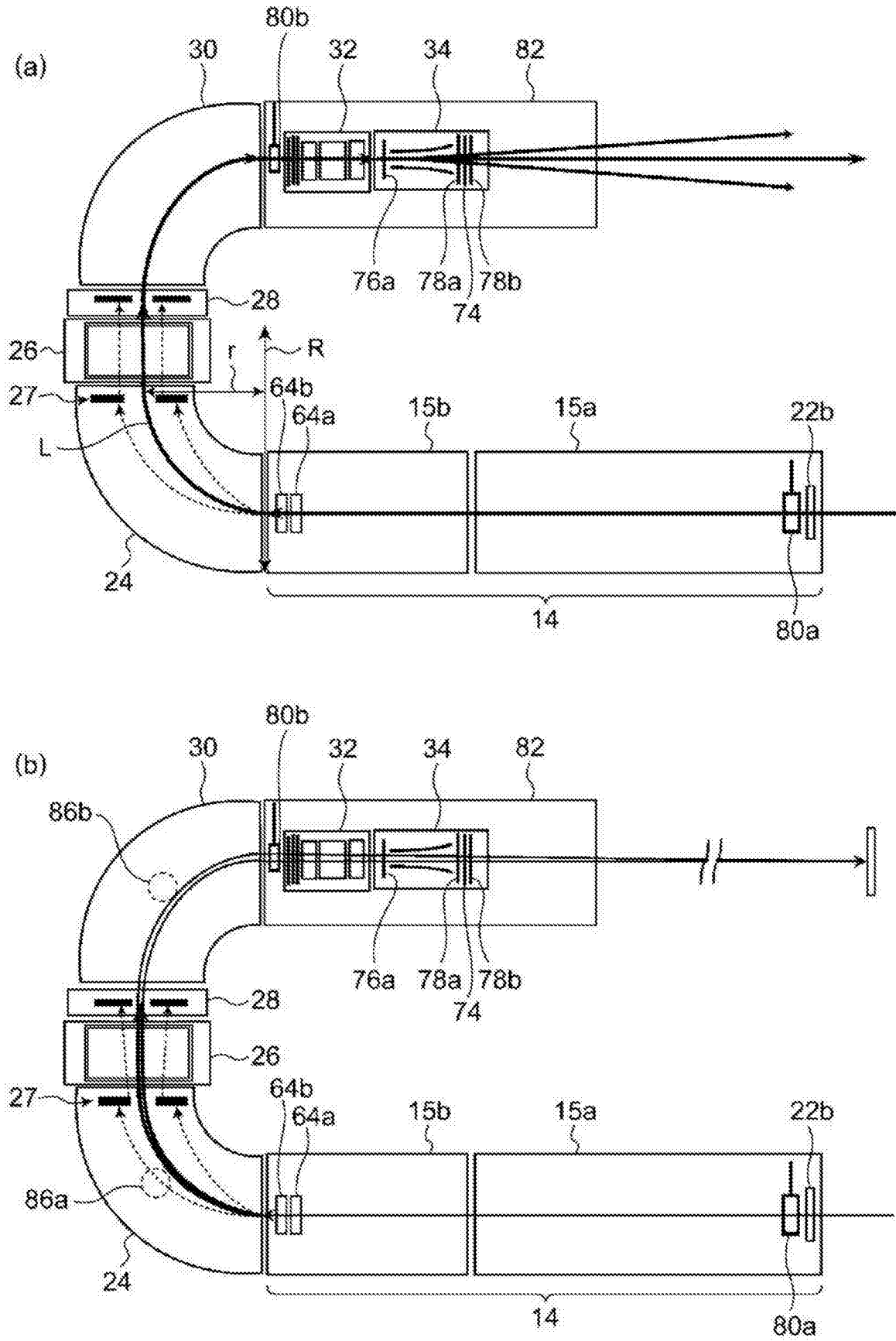


图5

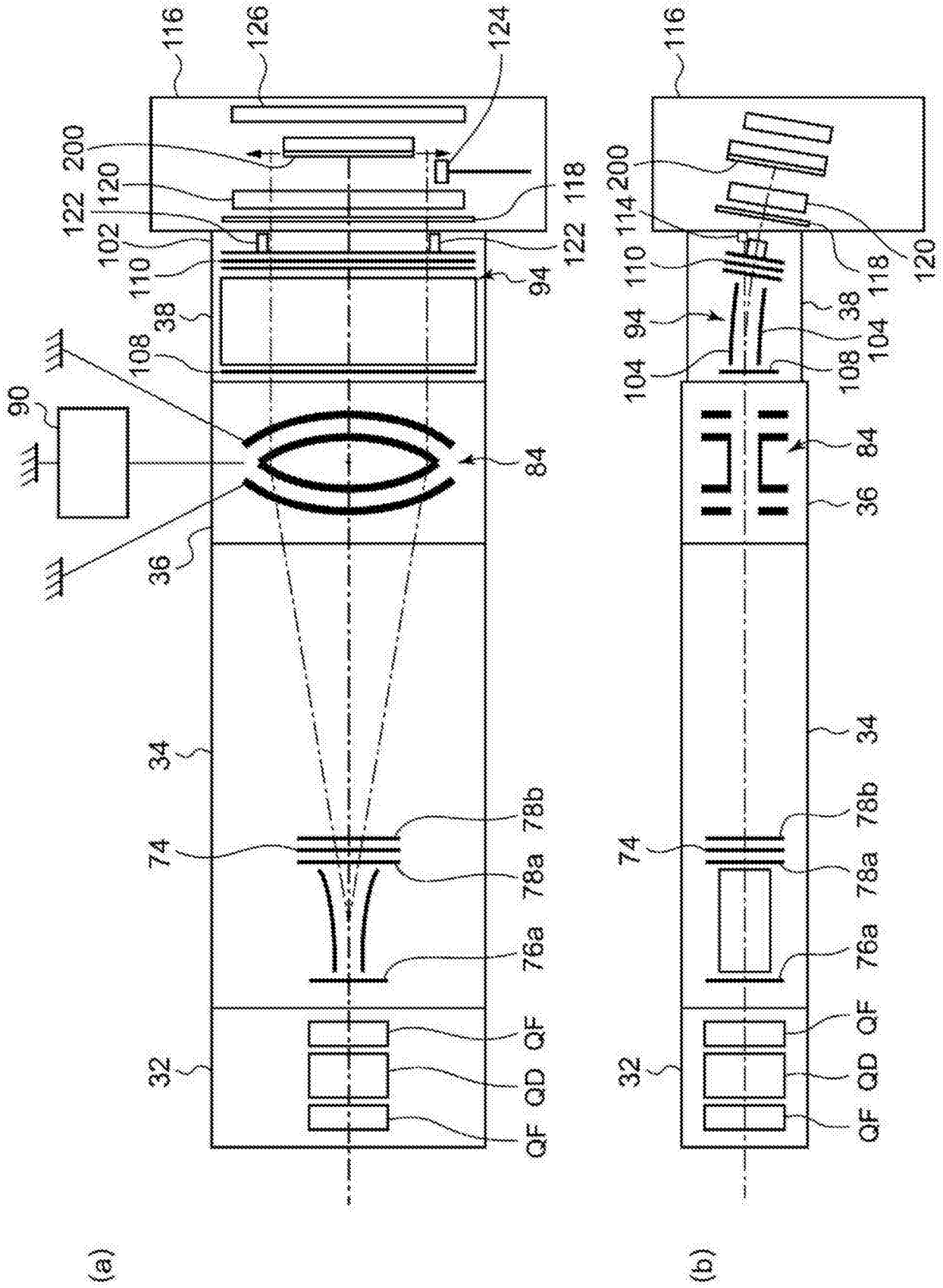


图6

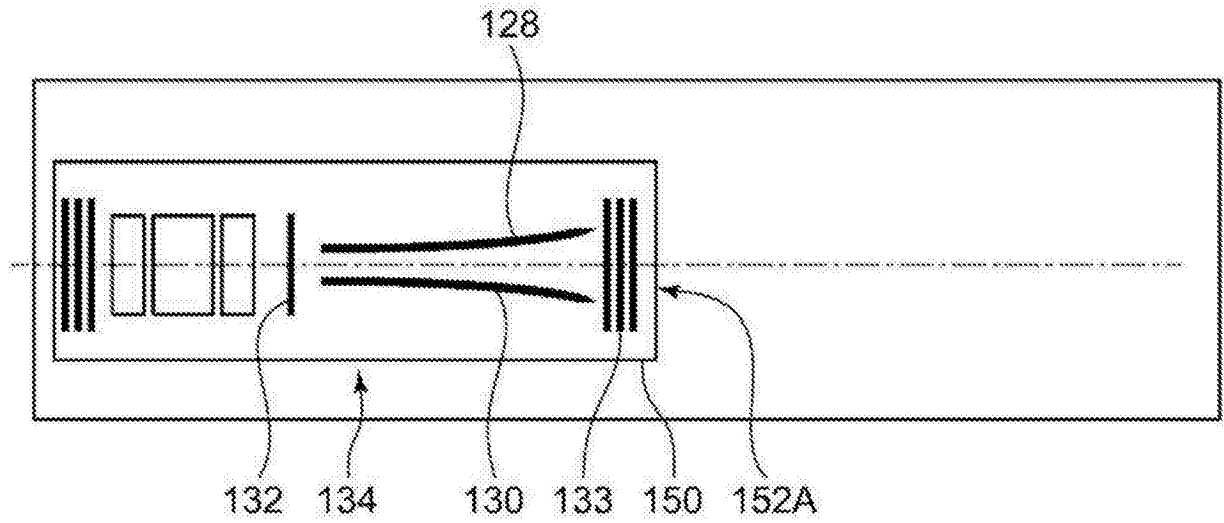


图7

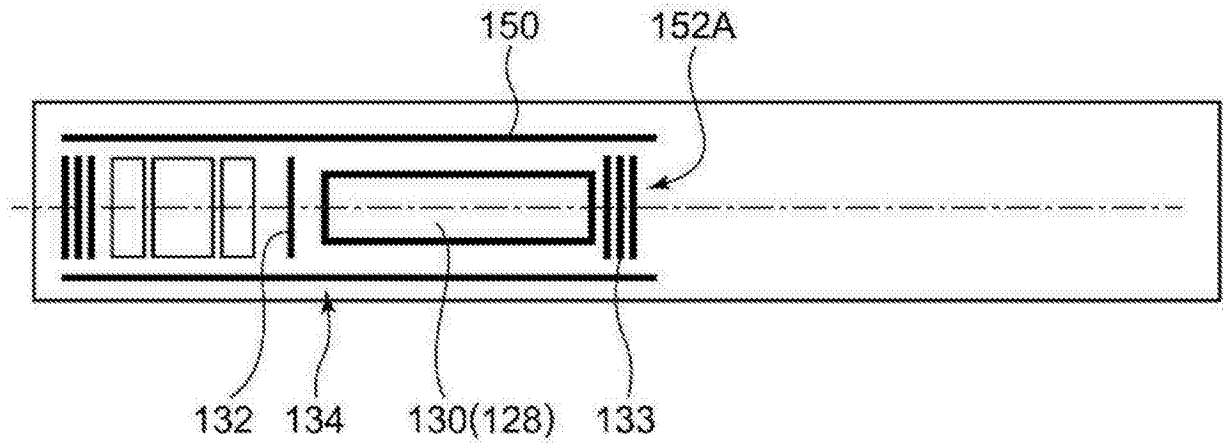


图8



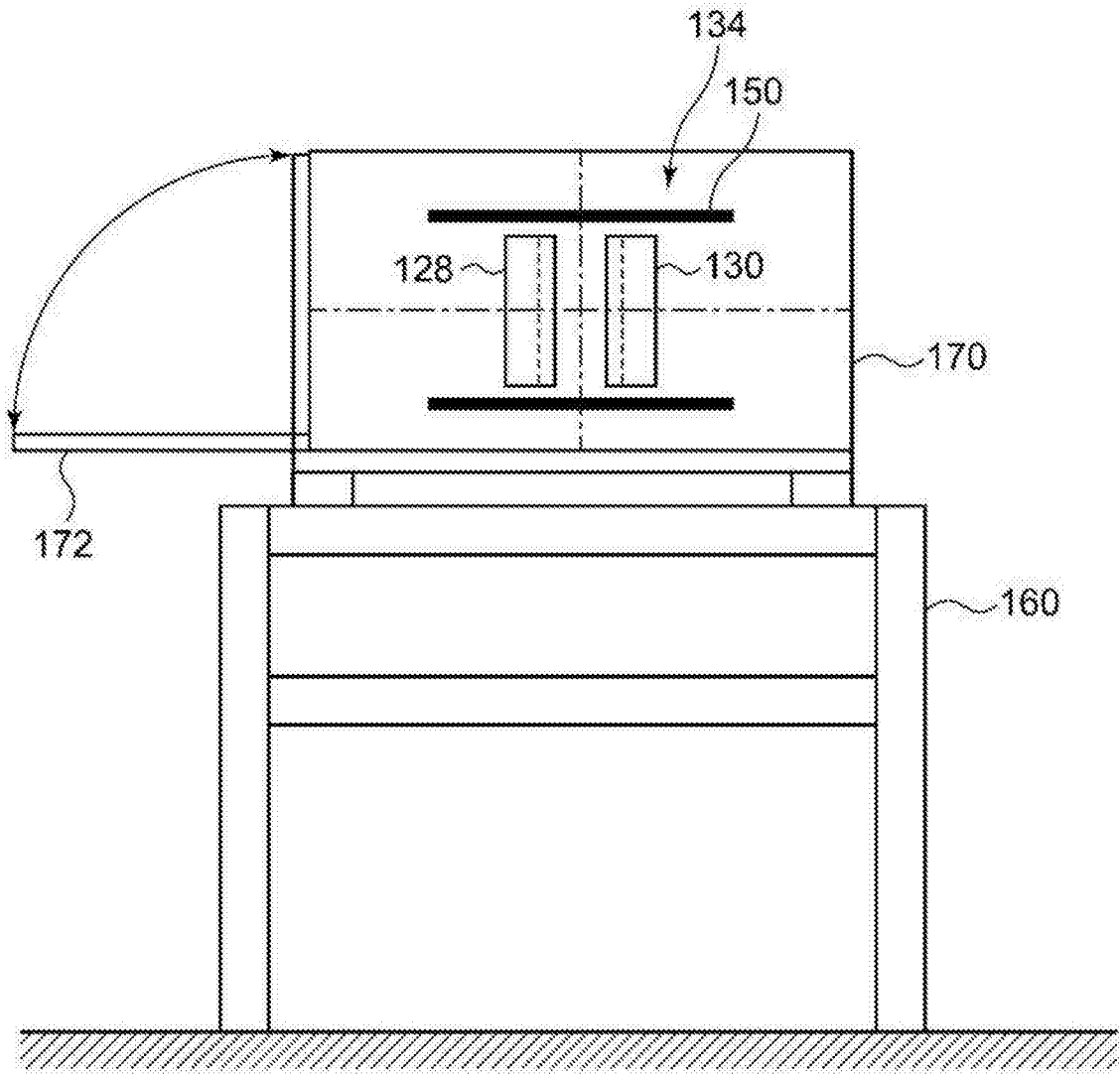


图9

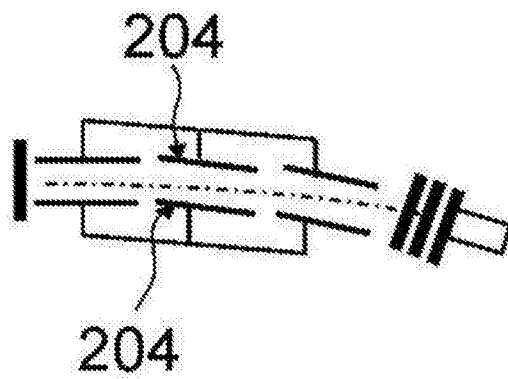


图10

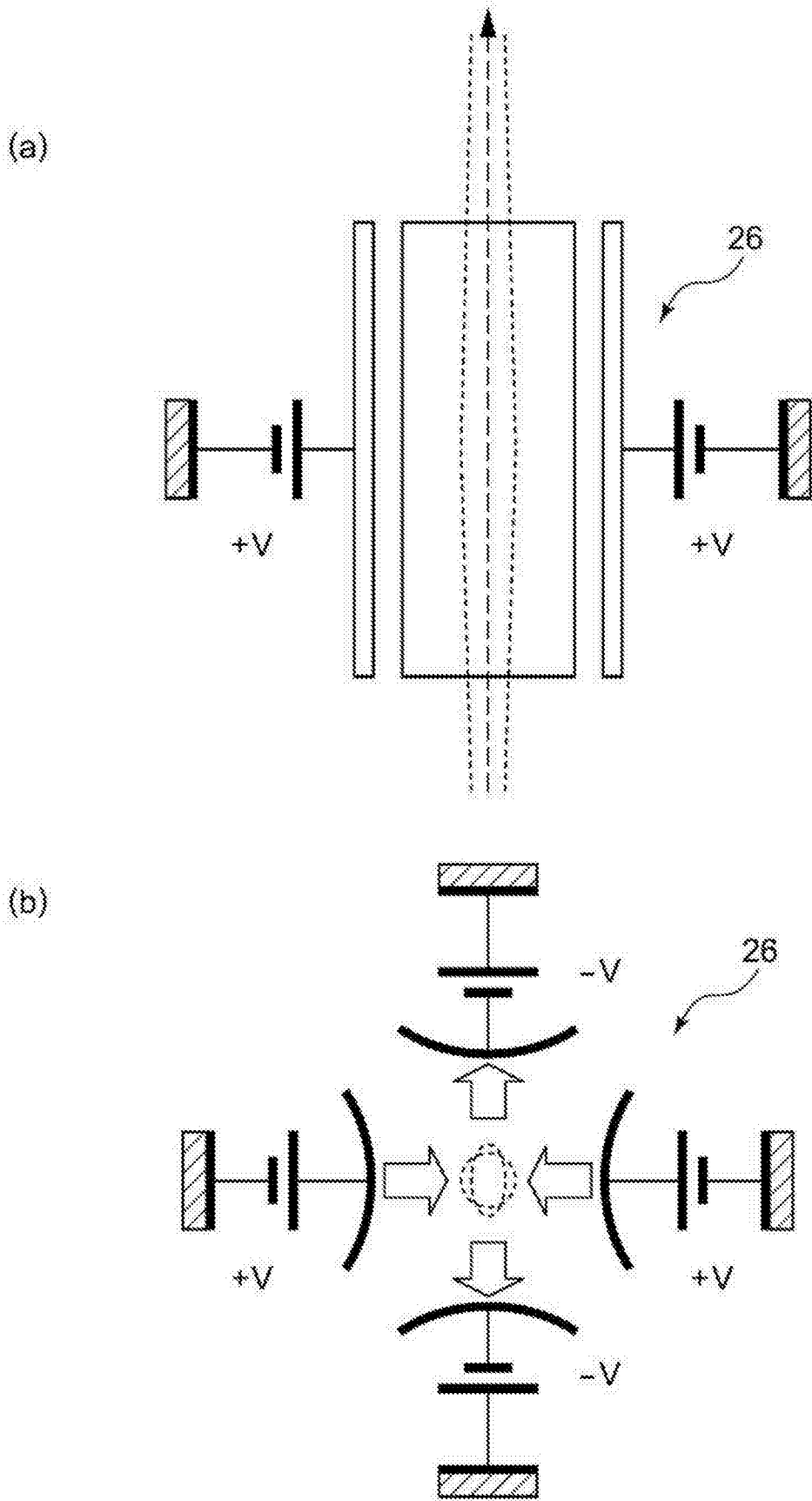


图11

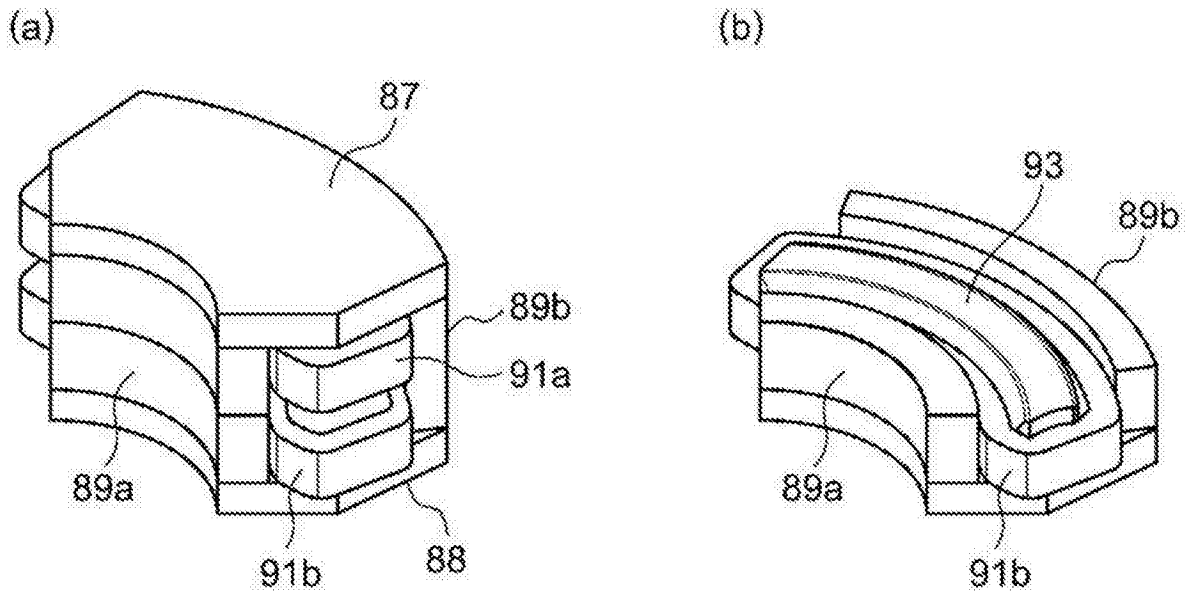
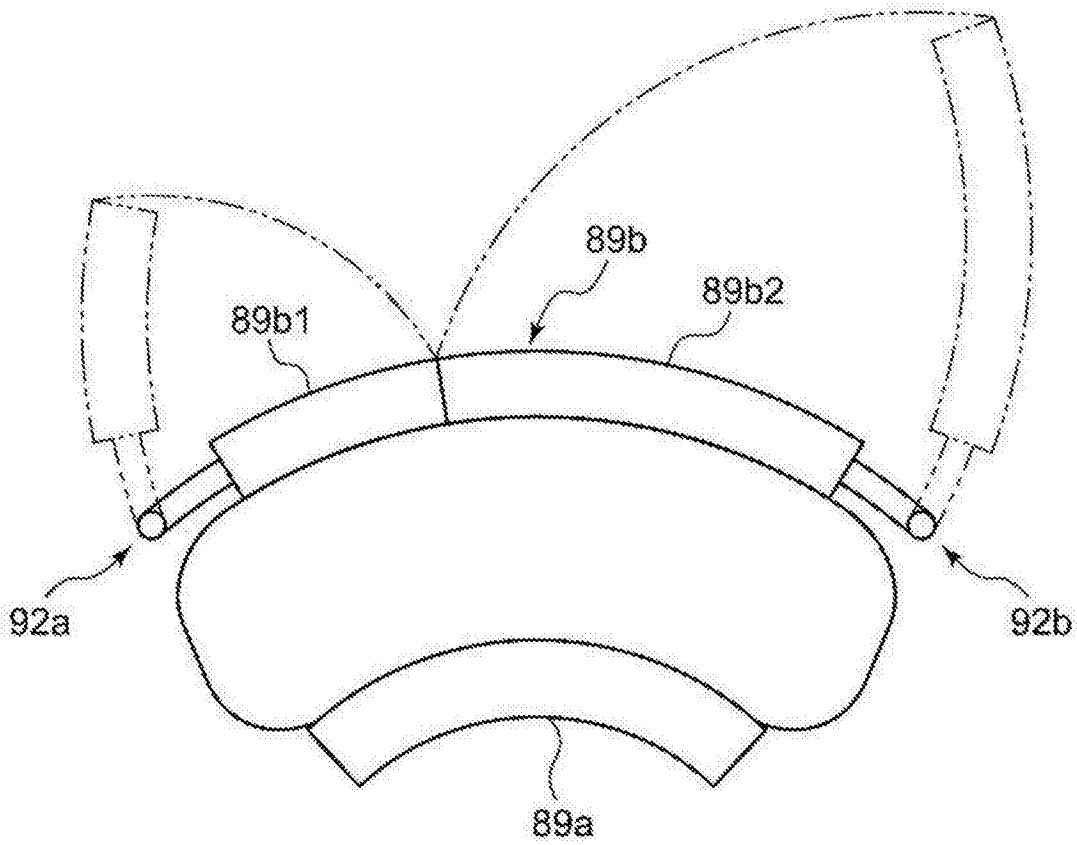


图12



24,30

图13

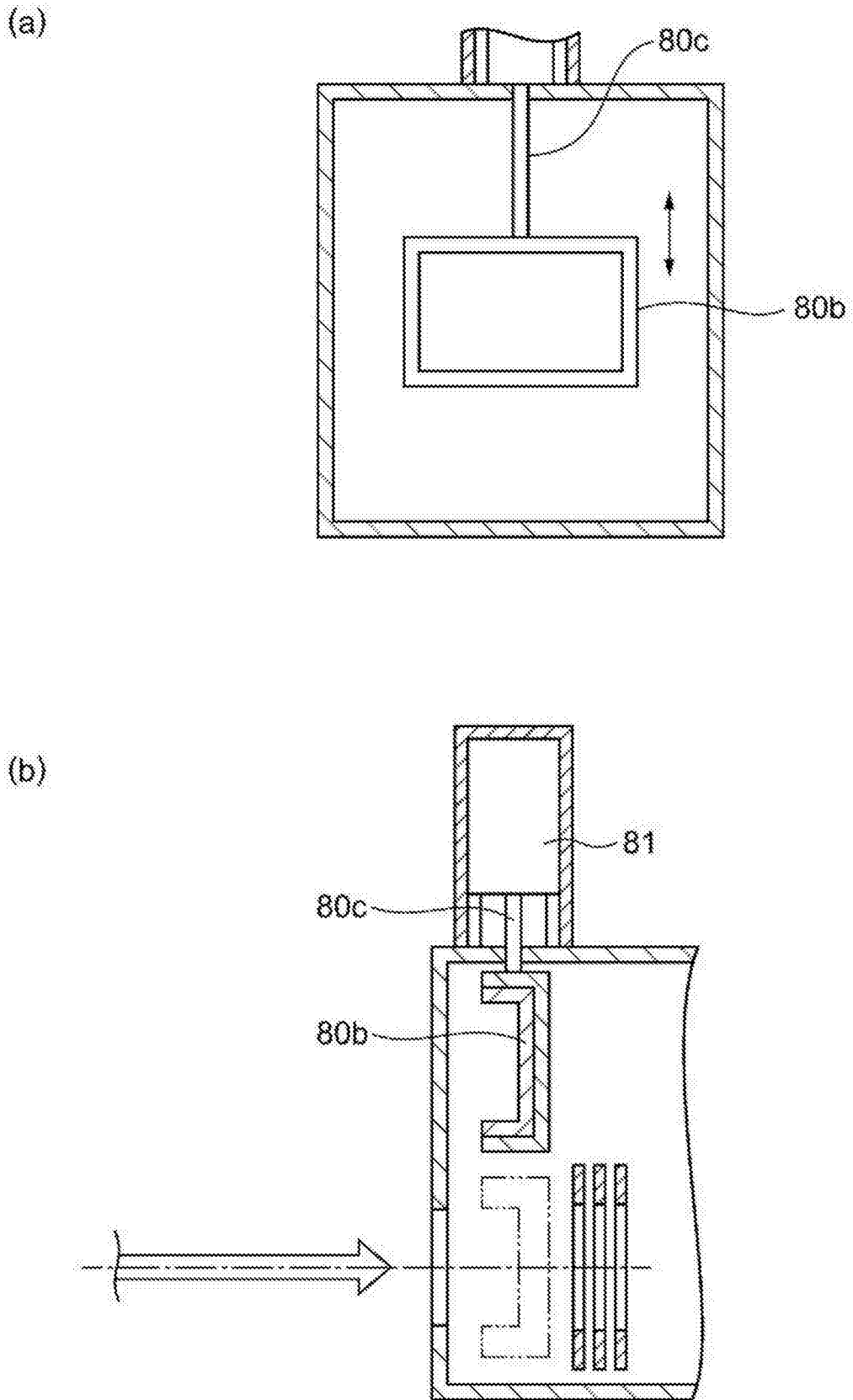


图14

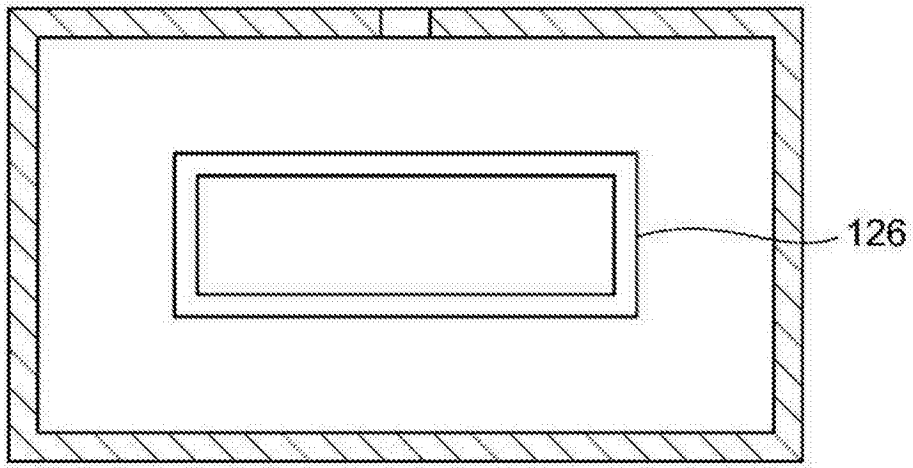


图15

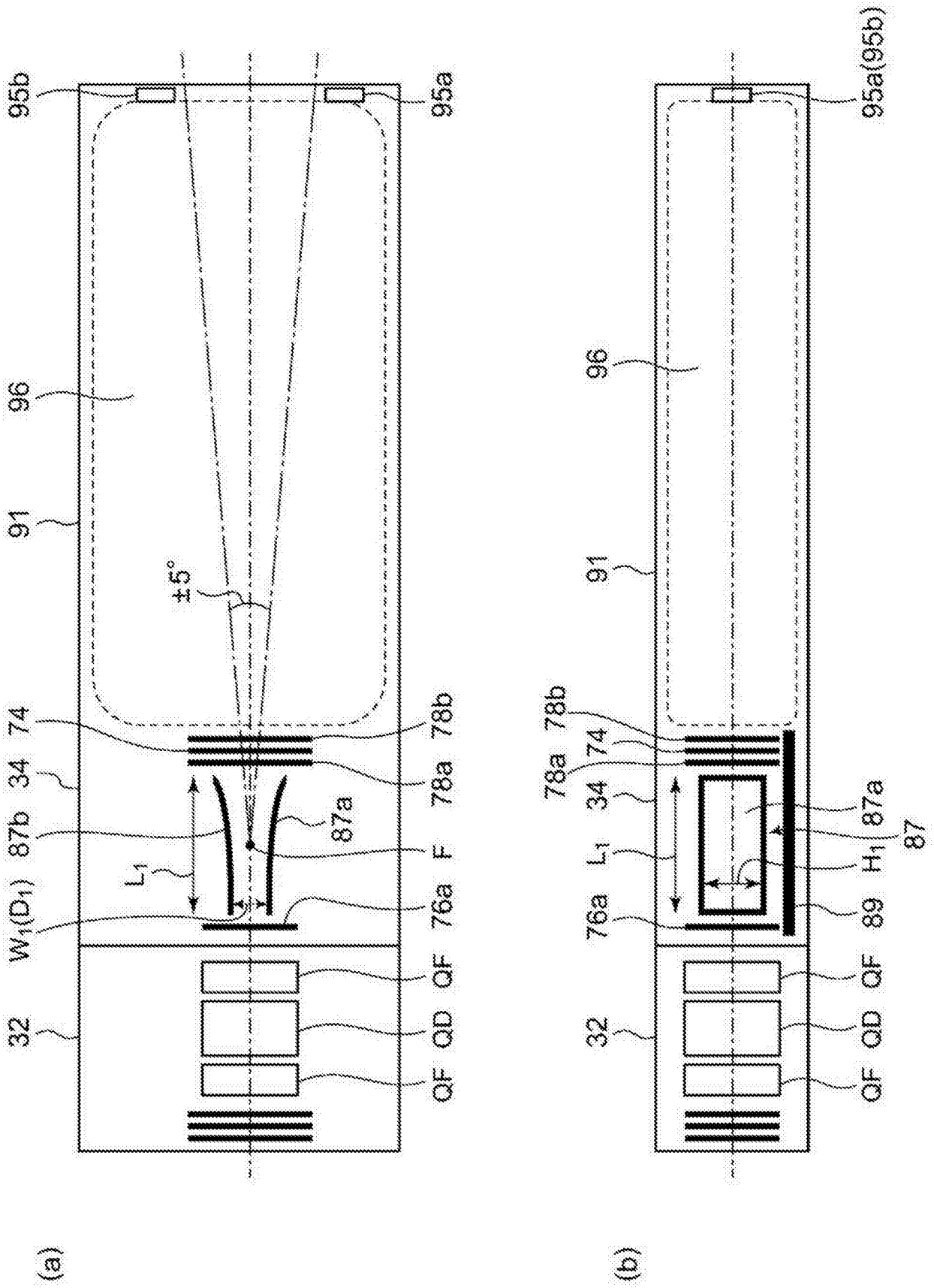


图16

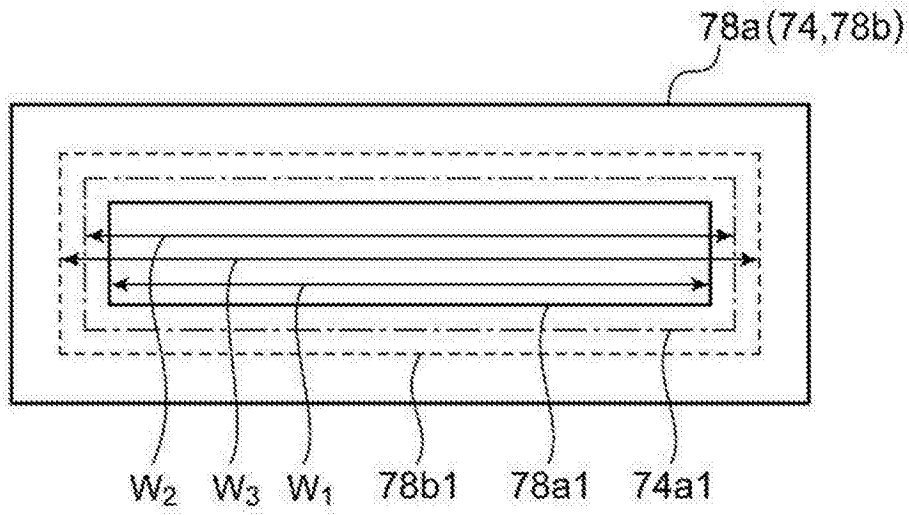


图17

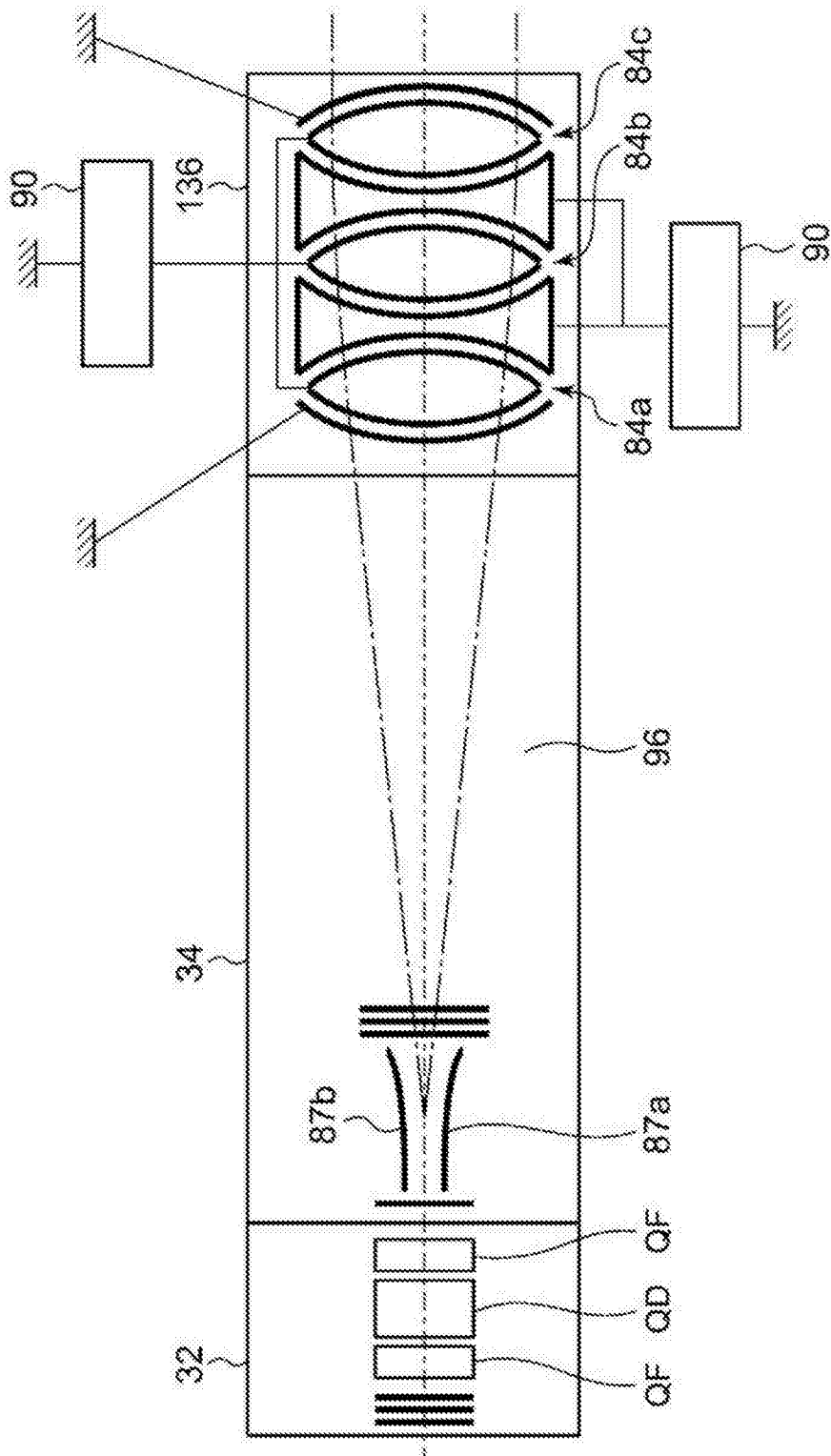


图18