



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101777481 B

(45) 授权公告日 2012.06.27

(21) 申请号 200910266872.1

(22) 申请日 2004.06.14

(30) 优先权数据

10/461,702 2003.06.13 US

(62) 分案原申请数据

200480016510.2 2004.06.14

(73) 专利权人 艾克塞利斯技术公司

地址 美国马萨诸塞州

(72) 发明人 V·班威尼斯特 R·拉斯梅尔

黄扬强

(74) 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公

司 72001

代理人 陈江雄 刘华联

(51) Int. Cl.

H01J 37/147(2006.01)

H01J 37/317(2006.01)

(56) 对比文件

JP 平 10-302707 A, 1998.11.13, 全文.

US 6313428 B1, 2001.11.06, 全文.

GB 2336029 A, 1999.10.06, 全文.

CN 1405836 A, 2003.03.26, 全文.

审查员 王鹏

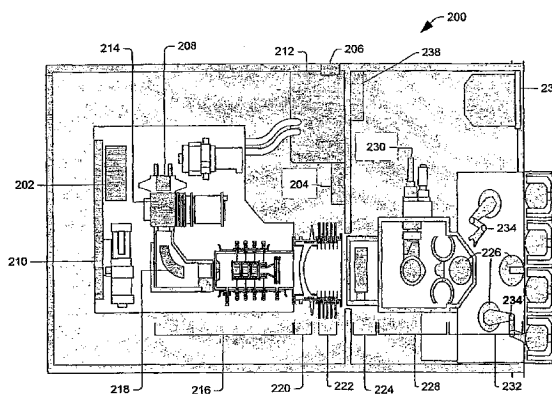
权利要求书 2 页 说明书 8 页 附图 9 页

(54) 发明名称

用于离子注入系统的混合型磁性 / 静电偏转器

(57) 摘要

披露一种用于离子束的磁性偏转器,所述磁性偏转器包含第一与第二线圈。分别将线圈定位于射束的上方与下方,并且沿着射束的宽度进行延伸。电流通过线圈,用以在其间产生沿着大体上射束整个宽度而大致垂直于射束行进方向的磁场。在本发明的另一个方面中,披露一种在注入工件之前用来偏转射束的方法。该方法包含判断与射束相关联的一个或者多个特性,并且基于判断而有所选择地致动磁性偏转模组与静电偏转模组中的一种。



1. 一种用于离子束的磁性偏转器,包含一对由第一线圈与第二线圈所构成的线圈,其中分别将第一线圈设置在射束的上方以及将第二线圈设置在射束的下方,且第一与第二线圈两者均沿射束的宽度而延伸,此外电流以相同的方向通过第一与第二线圈,由此在线圈之间感应出磁场,所述磁场大体上沿着射束的整个宽度而大致垂直于射束的行进方向,其中设置第一与第二线圈的位置,用以形成输入端以及输出端,其中输出端位于输入端的下游,并且其中输出端大于输入端。

2. 根据权利要求1所述的磁性偏转器,其中所述离子束包含条带形状射束或者扫描的铅笔形状的射束。

3. 根据权利要求2所述的磁性偏转器,其中第一与第二线圈分别包含沿着射束整个宽度在宽度方向上延伸的轭铁,以及缠绕于轭铁周围并且沿着射束整个宽度的宽度方向而延伸的导体。

4. 根据权利要求2所述的磁性偏转器,其中流经第一与第二线圈的电流大小是可变的,由此利于线圈之间磁场强度的改变。

5. 根据权利要求2所述的磁性偏转器,进一步包含与线圈对相关并且可操作用以供应等离子体于线圈之间的等离子体源,由此利于与射束相关联的空间电荷的中性化。

6. 根据权利要求5所述的磁性偏转器,其中等离子体源包含与射束内离子相关联的射束等离子体,所述射束打到线圈之间的残留气体上并且导致残留气体产生离子化。

7. 根据权利要求5所述的磁性偏转器,其中沿着线圈对的侧边部分放置等离子体源,且其中由等离子体源所产生的等离子体散布横跨于射束整个宽度且沿着与线圈间磁场相关联的磁场线,由此提供沿着射束整个宽度的空间电荷中性化。

8. 根据权利要求2所述的磁性偏转器,进一步包含一对电极,所述电极对包含设置在第一线圈与射束之间的第一电极以及设置在第二线圈与射束之间的第二电极,其中所述电极对可进行操作以在其间产生静电场,用于使所通过的射束产生偏转。

9. 根据权利要求8所述的磁性偏转器,进一步包含可操作分别耦合到线圈对与电极对上的控制器,其中在质能积小于预定临界值的条件下,控制器可操作用以致动线圈对,而在质能积大于预定临界值的条件下,控制器可操作用以致动电极对。

10. 一种离子注入系统,包含:

可操作用以产生离子束的离子源;

可操作用以接收离子束并且去除具有所不希望的荷质比的离子的质量分析仪;以及

磁性偏转器,其可操作用以接收来自质量分析仪沿着射束轴的离子束,并且利用磁场使离子束偏转远离射束轴,

其中磁性偏转器包含第一线圈以及第二线圈,其中分别将第一线圈定位于离子束的上方以及将第二线圈定位于离子束的下方,并且其中第一与第二线圈两者均沿着离子束的宽度而延伸,并且其中电流以相同的方向流经第一与第二线圈,由此在线圈之间感应出大体上沿着射束的整个宽度而大致上垂直于射束行进方向的磁场,

且其中设置第一与第二线圈的位置,用以形成输入端以及输出端,其中输出端位于输入端的下游,并且其中输出端大于输入端。

11. 根据权利要求10所述的离子注入系统,其中所述离子束包含条带形状的射束或者扫描的铅笔形状的射束。

12. 根据权利要求 11 所述的离子注入系统,其中第一与第二线圈分别包含在宽度方向上沿着射束整个宽度延伸的轭铁,以及缠绕于轭铁周围并且沿着射束整个宽度的宽度方向而延伸的导体。

13. 根据权利要求 11 所述的离子注入系统,其中流经第一与第二线圈的电流大小是可变的,由此利于线圈之间磁场强度的改变。

14. 根据权利要求 11 所述的离子注入系统,进一步包含与第一及第二线圈相关联并且可操作用以供应等离子体于其间的等离子体源,由此利于与离子束相关联的空间电荷的中性化。

15. 根据权利要求 14 所述的离子注入系统,其中等离子体源包含与离子束内离子相关联的射束等离子体,所述离子束打到第一和第二线圈之间的残留气体上并且导致残留气体产生离子化。

16. 根据权利要求 14 所述的离子注入系统,其中沿着第一与第二线圈的侧边部分放置等离子体源,且其中由等离子体源所产生的等离子体散布横跨于离子束整个宽度且沿着与线圈间磁场相关联的磁场线,由此提供沿着射束整个宽度的空间电荷中性化。

17. 根据权利要求 11 所述的离子注入系统,进一步包含一对电极,所述电极对包含设置在第一线圈与射束之间的第一电极以及设置在第二线圈与射束之间的第二电极,其中所述电极对可进行操作以在其间产生静电场,用于使所通过的条带形状的射束产生偏转。

18. 根据权利要求 17 所述的离子注入系统,进一步包含可操作分别连接至第一与第二线圈以及第一与第二电极的控制器,其中在质能积小于预定临界值的条件下,控制器可操作用以致动第一与第二线圈,而在质能积大于预定临界值的条件下,控制器可操作用以致动第一与第二电极。

用于离子注入系统的混合型磁性 / 静电偏转器

[0001] 本申请是 2004 年 6 月 14 日提交的申请号为 200480016510.2(PCT/US2004/018788), 名称为“用于离子注入系统的混合型磁性 / 静电偏转器”的发明专利申请的分案申请。

技术领域

[0002] 本发明主要涉及离子注入系统, 且更具体而言, 涉及一种用于离子注入系统中的偏转器系统, 由此将离子束减速至低能量。

背景技术

[0003] 在集成电路制造中, 离子注入系统用来将杂质掺入半导体中。在这些系统中, 离子源使所需的掺杂物元素离子化, 所述掺杂物元素从源中以离子束的形式分离出来。典型地, 对离子束进行质量分析, 由此选择具有所需的质荷比的离子, 并且之后导向半导体晶片的表面, 用以将掺杂物元素注入晶片。射束离子会穿透晶片的表面, 由此形成具有所需传导性的区域, 诸如在晶片中的晶体管器件的制造过程中。典型的离子注入器包含一个用来产生离子束的离子源、一个包含利用磁场质量解析离子束的质量分析设备的射束线组件、以及一个装容要由离子束进行注入的半导体晶片或工件的目标腔室。

[0004] 为了针对所给定的应用实现所需的注入, 可以变化所注入的离子的剂量与能量。离子剂量会针对所给定的半导体材质来控制所注入的离子的浓度。典型地, 高电流注入器用于进行高剂量的注入, 同时中等电流注入器用于进行较低剂量的应用。离子能量则是用来控制半导体器件的结深, 其中射束离子的能级决定离子所要注入的程度或者半导体或其它基材内所注入的离子的深度。半导体器件持续倾向于更小的趋势需要以低能量来输送高射束电流的机构。高射束电流提供所需要的剂量水平, 同时低能量则允许浅薄的注入。

[0005] 中等电流注入系统典型地为单一晶片系统, 并且能够进行高倾斜角度的注入。以中等至高能量范围 (例如 10-250keV), 这些系统典型地适用于低与中等剂量的工艺。在低能量条件下, 由于通过射束线的各种光学元件的射束传输效率不佳, 射束电流能力通常会显著地降低。一般用来改善射束传输效率的其中一种技术则是以高能量来传输射束, 并且之后在离工件较短距离处将射束减速成所需的能量。典型地, 减速比率越高, 则射束传输效率的增益越大。

[0006] 然而, 诸如以上所说明的减速系统, 有时会在工件上产生所不想要的能量污染。能量污染为一种状况, 其中允许在减速前于射束内所产生的中性粒子达到目标。由于中性粒子不会减速, 因此这些粒子会以明显高于离子束其它剩余部分的能量而达到工件, 并因而通常将之称为能量污染物。

发明内容

[0007] 以下是简化的概要, 以为提供本发明之一或者更多观点的基本理解。概要并非是本发明多方面的全面综述, 而且也不是要确定本发明的关键或紧要的部件, 也不限制其范

围。本概要的主要目的反而是以简化的型式来呈现本发明的某些观念,用以充当之后所要呈现的更详细说明的前序。

[0008] 本发明针对离子注入系统中的磁性偏转器。磁性偏转器提供大体上横向于射束行进方向的大体上均匀的磁场。磁场用来施加力于离子束(例如一种铅笔形状的射束或者一种条带状形状的射束)内的移动离子,由此,使射束偏转远离射束轴,而且这种偏转用来从射束中移除中性粒子,不然此粒子便会充当能量污染物。

[0009] 根据本发明的一个方面,磁性偏转器包含一对分别定位于离子束上方与下方的线圈。在其中传导过电流后,线圈操作用以产生线圈之间的磁场,而所述磁场则会大体上垂直射束行进方向进行取向。当射束为条带形状或者经扫描而呈现条带形状的射束时,线圈优选地沿着射束整个宽度而侧向延伸,由此提供一种沿着整个射束宽度的均匀磁场。此外,可将等离子体引入线圈之间的区域,用以辅助空间电荷的中性化,特别是在低射束能量条件下。等离子体可沿着线圈之间的磁场线扩散,用以提供沿着射束宽度而大体上均匀的空间电荷中性化。

[0010] 根据本发明的另一个方面,在注入系统之内利用一种混合型的磁性与静电偏转器系统。混合型偏转器系统包含一个磁性偏转器模组以及一个静电偏转器模组,以及基于一个或者多个输入控制信号可操作而由此有所选择地致动其中的一个模组的控制器。例如当输入控制信号指示质能积低于预定临界值时,控制器便可操作用以致动磁性偏转器模组,而当质能积超过临界值时,则用以致动静电偏转器。按照上述方式,混合型系统在低射束能量下利用磁性偏转,其中可利用等离子体来缓和在低能量下可能会有问题的空间电荷效应的冲击。类似地,混合型系统可于较高射束能量下在空间电荷效应较不明显且其中可受到磁刚性限制时利用静电来偏转。

[0011] 根据本发明,混合型偏转器适用于铅笔状射束、条带状射束、或者本质上为类似条带状的扫描铅笔状的射束。

[0012] 为了实现前述与相关的目的,以下的说明与附图详细地提出本发明某些阐述观点以及实施方式。这些是指示可将本发明原理利用于其中的多种方法中的某些方法。当考虑结合附图,则通过本发明以下细节说明,本发明其它观点、优点以及新颖特点将会是显而易见的。

附图说明

[0013] 图 1 为示出了根据本发明的一个或多个方面的一种离子注入系统部件的示意性框图;

[0014] 图 2 为根据本发明的一个或多个方面的一种离子注入系统的示意图;

[0015] 图 3A 为示出了根据本发明的一个方面的一种用来降低能量污染的磁性偏转系统的框图;

[0016] 图 3B 为示出了一种根据 Lorentz 力方程式的磁场对移动离子的冲击的图示;

[0017] 图 4A 为根据本发明的一个典型方面的一种包含一个线圈的典型磁性偏转器的一部分的立体图;

[0018] 图 4B 为沿直线 4B-4B 所得到的图 4A 的剖视图,图中示出了磁性偏转器部分与流经线圈的电流;

[0019] 图 5A 为示出了根据本发明的一个方面的利用一对线圈来产生大致指向垂直于条带状射束方向的磁场的磁性偏转系统的框图；

[0020] 图 5B 为根据本发明的一种典型的磁性偏转器的立体图；

[0021] 图 6A 为示出了根据本发明的另一个方面的用来偏转离子束由此降低能量污染的混合型磁性 / 静电偏转系统的框图；

[0022] 图 6B 为示出了与质能积相关联的临界值以及基于质能积而选择磁性或静电偏转的图解；

[0023] 图 7A 与 7B 为示出了根据附加实例的混合型磁性 / 静电偏转系统的框图；以及

[0024] 图 8 为示出了根据本发明的另一个方面的降低利用铅笔状射束或条带状射束的离子注入能量污染的方法的流程图。

具体实施方式

[0025] 下面将参照附图来说明本发明，其中在所有附图中，使用相似的附图标记表示相似的元件。图示以及以下的说明本质上是示例性的，而不是限制性的。因此，应该意识到，所阐述的系统与方法的变型以及其它诸如除了在此所阐述之外的实施方式被视为落入本发明以及所附的权利要求的范围内。

[0026] 本发明涉及一种与减速系统相结合使用由此得到低能量的离子束的偏转系统。偏转系统配置用以接收离子束，并且使射束偏转远离射束线轴，而朝向工件进入，由此避免中性粒子到达工件。如同以下将进一步所察知的，本发明包含一个可操作用以偏转射束远离射束线轴的磁性偏转器。磁性偏转器可以进一步地与静电偏转器结合使用，由此形成一种混合型偏转系统，其中磁性偏转器模组用于一般低离子束能量的偏转，同时静电偏转模组则用于一般较高的射束能量。本发明可适用于铅笔状射束以及条带状射束注入系统二者。

[0027] 首先参照图 1，图中示出了根据本发明的一个或多个方面的一种离子注入系统 100 的框图。系统 100 包含一个用来沿着射束路径产生离子束 104 的离子源 102。如以下更进一步所要探讨的，离子束可以包含一种铅笔状型式的射束或者一种条带状的射束。离子束源 102 包含诸如一个具有与之相关联的电源 108 的等离子体源 106。例如等离子体源 106 可以包含一个由此而分离出离子束的等离子体密闭腔室。

[0028] 在离子源 102 下游设置射束线组件 110，用以从离子源接收射束 104。射束线组件 110 可以包含一个质量分析仪 112、一个扫描器 114（针对铅笔状射束型式的系统）、一个减速系统 116、以及一个偏转器系统 118。沿着其路径设置射束线组件 110，由此接收射束 104。质量分析仪 112 包含一个场产生部件，诸如一种磁体（图中未示出），并且操作用以提供跨于射束路径上的场，由此根据质量（例如电荷质量比），在变化的轨道上偏转来自离子束 104 的离子。行经磁场的离子会受到一种力，此力会沿着射束路径指定所需质量的各个离子的方向，并且偏转不需要的质量的离子远离射束路径。

[0029] 扫描器 114 可操作用以调整射束线轴的方向，由此以一种受控的方式而将铅笔状射束指向或者“扫描”跨于工件上，从而产生条带形状的射束的效应。扫描器可以是静电或者磁性的，而任何一种如此的扫描机构或其它型式的系统则可以与本发明相结合使用。作为一种用来扫描铅笔形状射束而产生条带形状射束的其它可选方式，能够使用一种直接产生条带状射束的离子源。其中一个可与本发明相结合使用的典型条带状射束源披露于

2002 年 5 月 1 日申请,并且转让给本发明的受让人的美国专利申请 10/136,047 号中,在此合并参考其全部。

[0030] 射束线 110 进一步包含一个减速模组 116,所述减速模组可受控并且有所选择可操作用以改变与离子束相关的能量。例如在中等能量下,射束能量没有明显变化可能是需要的,且模组会允许射束从其中通过,而对它无明显的改变。另一种可选方式是,在低能量的应用中(例如用于半导体主体中形成浅结),则可能需要将射束能量减速。在这些情况下,通过射束的减速,减速模组 116 可操作用以降低射束的能量至所需的能级。

[0031] 根据本发明,射束线进一步包含一个偏转系统 118。偏转系统 118 包含一个磁性偏转器,其在通过减速系统 116 之后,用以偏转离子束远离射束线轴。例如如果已经将所输入的射束减速了,则任何夹带在射束之中的中性粒子尚未受到减速,因而这些中性粒子便会到达工件而成为能量污染物。偏转系统 118 的磁性偏转器可在如此的情况下进行操作,用以偏转离子束远离射束线轴,并且朝向工件。然而,中性粒子并不会受到磁性偏转器的偏转,并因而沿着先前的射束线轴持续行进,因此不会到达工件。

[0032] 将会察知的是,中性污染粒子可能会因离子与背景或残留粒子多者之间的碰撞,而产生于偏转系统上游的区域中。这种碰撞能够导致某些离子与背景或者其它粒子交换电荷,由此而成为中性粒子或者污染物。在所要掺杂离子的区域中,会将这些中性粒子注入晶片之中,此使稀释了所预期的掺杂水准,而不利地影响掺杂处理。更重要的是,由于这些粒子为电中性的,因此其能够通过减速器,而更特别的是,通过电极所产生的静电场而不受到影响(例如不受到减速、聚焦、弯曲或者速度和/或方向的改变)。如此,随着其能级(未受影响)很可能不同于已经通过并且已经受到加速器所调整的离子束中弯曲、聚焦、加速及/或减速的离子的能级,这些粒子会被注入到晶片之中所不希望的深度处。这种中性粒子污染会严重地降低产生的半导体器件的所需性能。

[0033] 根据本发明的一个或多个方面,至少通过将离子束弯曲以偏转离子远离射束内的中性污染物来克服中性粒子的污染。例如可以将已去除污染的离子束自污染物的路径偏转大约 5 至 25 度之间的角度,由于电中性的污染物并不会受到电极影响,故此同样也发生于射束原来的射束路径。离子束被朝向工件进行引导,由此交会于工件上用于进行注入的选择区域。将会察知的是,例如能够将某些型式的屏蔽放置于中性粒子流之前,用以避免污染物碰撞工件或者晶片。

[0034] 将进一步察知的是,本发明的一个或多个方面同样也会克服与离子束喷发有关的问题。由于带同样电荷的粒子的排斥特性,因而会产生射束喷发。由于存在所谓的“空间电荷力”,因此形成离子束的带正电荷离子会互相排斥。空间电荷效应反比于离子束能量的 $3/2$ 次方,故可能会随着射束中的离子减速而增加,致使射束更倾向于发散或者喷发。由于存在空间电荷力,因此离子束的侧向延展范围正比于:

$$[0035] \quad (\sqrt{m}/\sqrt{q}) \times (Iz^2/U^{3/2})$$

[0036] 其中 m 为离子质量, q 为离子电荷, I 为射束电流, U 为射束能量,而 z 则为离子束的行进距离,假设离子束为均匀的。因此,能够察知的是,射束喷发的可能性会随着射束能量的减少而增加。所以,如果离子束具有较低的能量,则对所有的离子而言到达晶片便会变得更困难,特别是在射束受到减速以及存在大的射束电流或射束内的大的离子浓度时。

[0037] 本发明的磁性偏转器在低能量下提供优于静电偏转机构的优点。在低能量条件

下,与空间电荷力相关联的问题可能会恶化,导致所不希望的射束喷发的倾向。在存在磁场的条件下发生偏转,而在其中可利用等离子体来辅助空间电荷的中性化。虽然磁场一般会提供跨于场线上的等离子体散布的阻碍,但沿着场线则会呈现等离子体散布较小的阻碍。如同以下将更为详细察知的,由于磁场一般指向垂直于射束行进(或者传播)的方向,因此等离子体可容易地散布横跨于射束(条带状射束或在靠近工件处呈现类似条带状的扫描射束)的整个宽度,由此利于与其相关联的空间电荷的均匀中性化。

[0038] 回到图 1,系统 100 中还设置一个终端站 120,用以接收来自射束线组件 110 的已进行质量分析、基本上去除了污染物的离子束 119。终端站 120 支承一个或者多个沿着射束路径(然由于偏转器 118 而会偏离原来的射束线轴)的诸如半导体晶片(图中未示出)的工件,用以利用离子束 119 进行注入之用。

[0039] 根据本发明的一个或多个方面,图 2 更为详细地示出了一种典型的离子注入系统 200,所述离子注入系统适于提供一种低能量下的中等电流铅笔状射束或条带状射束。系统 200 例如包含一个模组化气体容器 202、一个辅助气体容器 204、以及一个气体容器遥控清洗控制面板 206。其中气体容器 202、204 包含掺杂物质的一种或者多种气体,并且利于气体有所选择地输送至系统 200 内延长寿命的离子源 208 之中,其中的气体能够进行离子化用以产生适用于注入晶片或工件之中的离子,而晶片或工件则是有所选择地进入系统之中的。气体容器遥控清洗控制面板 206 基于所需或所期望的准则,利于将气体或其它物质排放或者清除到系统 200 之外。

[0040] 尤其是,还包含有高电压端配电 210 以及高电压隔离变压器 212,用以电激励并且将能量传递给掺杂气体,由此从气体产生离子。包含有一个离子束分离组件 214,用以将离子从离子源 208 中分离出来,并且将之加速成为射束线 216,其包含一个质量分析磁体 218。质量分析磁体 218 操作用以挑出或者排拒具有不适当的电荷质量比的离子。特别是,质量分析磁体 218 包含一种具有弯曲侧壁的射束引导装置,其中所不希望的质量对电荷比率的离子便会随着经射束引导装置通过一个或多个磁场传播而发生碰撞。

[0041] 可包含部件 220 用以协助控制扫描离子束的角度。尤其是,还可包含一个扫描角度修正透镜。加速/减速柱栏 222 利于进行控制并且调整离子束内的离子的速度且/或聚焦。如同之前所简略探讨地,进一步包含偏转系统 224 用以滤出污染物粒子,由此缓和污染能量的粒子以避免其碰撞到晶片或者工件。

[0042] 将晶片或工件 226 载入一个终端站腔室 228,以有所选择地进行离子注入。机械扫描驱动装置 230 操纵腔室 228 之内的晶片,由此利于与所选择的射束交会。通过晶片操纵系统 232,将晶片或工件 226 移动至终端站腔室 228 之中,其中操纵系统 232 则诸如可以包含一个或者多个机械或自动机器手臂 234。操作操纵台 236 允许操作者通过选择性控制系统 200 的一个或者多个部件来控制调节注入的程序。最后,包含配电箱 238 用以对整个系统 200 供电。

[0043] 下面参照图 3A,根据本发明的一个方面,图中示出了诸如图 1 与 2 中的系统 118、224 的典型偏转器系统,并且指定附图标记为 300。偏转器系统 300 包含一个耦合至控制器 304 的磁性偏转器 302,并且在操作上与等离子体源 306 相关联。基于一个或者多个输入控制信号 308,通过控制器 304 来致动磁性偏转器 302,并且操作用以在区域 310 中产生磁场,所述磁场一般垂直于(或者横向于)离子束 313 的行进方向 312。根据本实例,射束为一种

铅笔状射束、一种扫描的铅笔状射束（由于其扫描行为，因而呈现出类似条带状）或者一种条带状射束，而所有这些可选方式是本发明所预期的。更特别的是，磁场 310 操作用以偏转离子束以朝向诸如一种半导体晶片的工件 318 的方向 316 而远离射束线轴 314。

[0044] 磁性偏转器 302 操作用以产生跨于射束上的大体上均匀的磁场，而在条带状或者类似条带状射束的情况下，则大体上均匀地跨于射束 313 的整个宽度（图中未示出）上。因此，沿方向 316 的射束 313 的偏转会出现为大体上均匀地跨于整个射束宽度上，由此有利地维持条带状射束的均匀性质。此外，等离子体源 306 提供等离子体至区域 310，由此利于与射束相关联的空间电荷的中性化，这在低射束能量下是显著的。由于磁场并不会灭失或者推开等离子体，因此在低射束能量下偏转的磁场的使用是有益的。一般允许等离子体沿着磁场线透过区域 310 而散布。

[0045] 根据 Lorentz 力方程式： $F = q(v \times B)$ ，磁场用来偏转射束 313 中的离子，其中在存在由磁场向量 B 所指示的磁场时，以速度向量 v 所指示带有方向的速度移动的电荷为具有力向量 F 所指示的方向的数值。更为特别的是，如同图 3B 所示出的，如果射束中的离子 320 带正电荷，并且以 Z 方向的速度 V 移动，磁场指向垂直于行进方向的 X 方向，则力会在负 Y 方向施加于离子上，或者在该实例中，如图所示向下。

[0046] 等离子体源 306 在操作上则是与磁场区域 310 相关联的。在一个实例中，等离子体为一种因射束内离子与任何一种可能存在于该区域内的残余气体交互作用所引起的射束等离子体。另一种可选方式是，等离子体源可能会是一种气体源，其具有诸如氙的高离子化效率。在另一种可选方式中，等离子体源 306 可以是一种等离子体涌出装置或者其它可操作用以产生等离子体并且将之注入磁场区域的型式的装置。

[0047] 由于该区域内的磁场用来偏转射束中的离子，因此所期望的是，磁场为尽可能均匀地跨于射束上，而特别的是当利用一种条带状或者类似条带状的射束时，则是跨于射束整个宽度上。在扫描条带状射束跨于一个 300mm 半导体晶片上的典型应用中，条带状射束的宽度大于 300mm，并因而所期望的是，在相应于条带宽度的距离上，磁场为均匀的，且大致大于条带宽度，由此将条带状射束边缘上的失真最小化。

[0048] 根据本发明的一个典型方面，利用一对线圈来产生磁性偏转器 302 的磁场，其中一个线圈如图 4A 所示，并且用附图标记 350 表示。在一个实例中，线圈 350 包含缠绕于轭铁 352 周围的导体。当电流传导通过线圈 350 时，便会通过回路而产生磁场，形成闭合路径的磁场线。如图 4B 所示，如果经过线圈 350 的电流 (I) 为顺时针方向（电子以逆时针方向移动），则根据右手定则，所产生的磁场便会在轭铁中 354 处进入书页，并且在磁场区域 310 中 356 处离开书页，其中条带状射束则会在磁场区域 310 中行进，如图 4A 所示。通过致使线圈 350 沿轭铁 352 而延伸的距离或侧向延展宽度 360 大于条带状射束的宽度，沿着整个射束宽度会产生大体上均匀的磁场。另一种可选方式是，可使用其它的磁场产生机构，诸如永磁体或者电磁铁以产生偶极场。

[0049] 图 5A 示出了具有利用一对线圈 350 的磁性偏转器的系统 400，其中分别将第一线圈 350a 设置于射束 313 的上方，以及将第二线圈 350b 置于射束的下方。线圈 350 彼此连接操作，由此在场区域 310 中形成大致垂直于射束行进方向的磁场 402。此外，配置本实例中的第一与第二线圈 350，致使输入端具有开口大小 404 以及位于输入端下游的输出端具有大于输入端的开口大小 406。较大的输出开口提供射束偏转，使射束沿偏转的朝向工件

318 的路径不会受到物理干扰。然而,应该理解的是,同样也可以使用大体上配置彼此平行的线圈,并且预期落入本发明范围之内。

[0050] 具有线圈对 350a、350b 有助于在条带状或者类似条带状射束宽度与高度两方向上提供均匀的磁场 402。每个线圈 350 具有以相同方向流动的电流,致使所产生彼此相叠的磁场会相加而非相对于彼此而消除。通过变化线圈中的一个或两个中的电流,可调整磁场区域 310 之内的磁场 402 的强度,由此调整射束偏转量,或者依照所需,由此针对种种不同掺杂物种类或射束能量来提供所给定的偏转。

[0051] 图 5B 为根据本发明的一个典型方面的磁性偏转器的立体图。在图 5B 中所要注意的是,线圈对 350a、350b 通过单一轭铁 352 而定位耦合在一起。此外,将一个防护板 380 置于偏转器后面,由此捕获或者收集仍然沿着之前的射束线轴行进的中性粒子,这是由于这些粒子并未受到偏转。再者,在配置于线圈之间的轭铁侧边部分上可以利用多尖端磁体,由此辅助电子在条带状或类似条带状射束边缘上受到限制。

[0052] 根据本发明的另一个方面,图 6A 示出了一种混合型磁性 / 静电偏转系统,并且以附图标记 500 表示。混合型偏转系统 500 分别包含一个磁性偏转器模组以及一个静电偏转器模组。磁性偏转器模组在图 6A 中所示为分别定位于射束 313 上方与下方的一对线圈 350。在本实例中静电偏转器模组所示为一对分别放置于射束上方与下方的电极 504 或者侧向延伸传导金属板。磁性偏转器模组以及静电偏转器模组两者可操作与控制器 304 耦合,控制器 304 则是基于一个或者多个输入信号 308 可操作用以有所选择地致动其中一个模组。

[0053] 根据本发明的一个典型方面,基于与射束相关联的质能积,控制器 304 可操作用以有所选择地致动其中一个模组。例如如图 6B 所示,对小于预定临界值的质能积而言,控制器 304 便会致动磁性偏转器模组,而且在某些状况下,也致动等离子体源 306,致使射束会通过偏转区域 510 之内的磁场 502 产生偏转。类似的是,当控制器 304 基于一个或者多个输入信号 308 判断质能积大于临界值时,控制器便会有所选择地致动静电偏转器模组,而利用场区域 510 之内的静电场 506 以实现离子束的偏转。

[0054] 本发明的混合型偏转器 500 在低能量下利用其中充斥着空间电荷效应的磁性偏转器。磁场偏转器的使用容许在场区域 510 中使用等离子体,由此辅助空间电荷的中性化。场区域 510 之内的等离子体在横跨于磁场线有遭受到阻碍的倾向,因而不会有横跨于该场线的倾向,然沿着场线,等离子体的阻碍便会充分地降低。所以,场区域 510 之内的等离子体将会倾向扩散(在条带状或类似条带状射束的状况)于沿着场线的射束宽度方向,由此能于其中形成大体上均匀的等离子体,有助于空间电荷中性化的均匀度。

[0055] 在更高的射束能量下,由于在更高能量下空间电荷效应已减弱,因此尽管无等离子体仍能够透过静电偏转器模组来传输明显的射束电流。因此,对质能积大于预定临界值(例如 $4000\text{keV}\cdot\text{amu}^{-1}\cdot\text{s}$) 而言,控制器有所选择地致动静电偏转器模组,由此使电极 504 产生偏压,并致使静电场 506 形成在场区域 510 中。根据方程式 $F = qE$,静电场之内的离子之上会受力,其中所述力以静电场的方向施加在电荷上。优选地,在这些射束配置中,电极 504 会沿着至少条带状或类似条带状射束整个宽度而侧向延伸,致使射束所受到的静电场沿着整个射束宽度大体上是均匀的,由此降低沿着射束边缘的失真。由于磁性偏转可能会具有因磁刚度所引起的某些限制,因此静电偏转在较高射束能量下较为有利。

[0056] 根据本发明的另一种可选方面,如同图 7A 与 7B 中分别示出的,可以多种方式指定线圈 350a、350b 的方向。如图 7A 所示,线圈可以彼此平行以及平行于射线轴。另一种可选方式是,如图 7B 所示,线圈 350a、350b 可以彼此平行以及平行于偏转后的轴。在两者其中任何一者中,进入系统的开口 404 大致上大小相同于出口开口 406。可以利用线圈的这些与其它可选布置,并且预期其落入本发明的范围之内。

[0057] 根据本发明的另一个方面,提供一种使离子束朝向工件偏转的方法,如图 8 所示,并且以附图标记 600 表示。尽管此后将示出并说明方法 600 为一连串行为或者事件,然所要察知的是,本发明并不受限于这些行为或事件所阐述的顺序。例如根据本发明的一个或者多个方面,除了在此所示出的及 / 或所说明的以外,某些行为可能会以不同的顺序发生,及 / 或与其它行为或事件同时发生。此外,实现根据本发明的一种方法,可能不需要所阐述的全部步骤。再者,可结合在此所示出与所说明的结构型式及 / 或处理以及结合并无阐述的其它结构来实现根据本发明的方法论。

[0058] 方法 600 开始于步骤 602,其中诸如通过控制器来接收一个或者多个输入控制信号。控制信号例如可以反映出所用的掺杂物种类,以及射束(例如一种条带状射束)所需的能量,这在引入偏转之前,用来判断其后分析减速应该使用否以及使用多少量。利用与掺杂物种类以及最终能级有关的信息,便能够在步骤 604 中判断出质能积(MEP),而在步骤 606 中则可以其乘积来判断质能积是否大于预定临界值。基于其判断,两种不同模组中的一个便会受到致动。如果在步骤 606 中 MEP 小于临界值(是),则诸如以上强调的一种磁性偏转器模组便会在步骤 608 中受到致动,并且可以在步骤 610 中将等离子体引入或形成,由此辅助空间电荷的中性化。

[0059] 另一种可选方式是,如果在步骤 606 中判断 MEP 大于预定的临界值(否),则在步骤 612 中便会致动静电偏转器模组。基于诸如质能积或射束能量的准则,不同形式的偏转器的使用有利地允许定做偏转机构以用于低能量。所以,由于空间电荷的中性化,在低能量下较高射束电流可有效地利用。

[0060] 尽管以上已经针对某些方面与实现方式阐述并且说明了本发明,然而应该意识到,依照本说明书与附图的阅读与了解,本领域的技术人员便会想到等效的替代方式与变型。特别是对上述部件(组件、装置、电路、系统等等)所执行的各种功能,用来说明这些部件的术语(包含称为“装置”)是要相应于而非指定执行所说明部件特定功能的任何一种部件(也就是说,功能性的等效方式),即使并非结构上所披露的结构等效方式,其则是执行本发明在此所阐述的典型实施方式的功能。在此方面,同样也将认知的是,本发明可包含一种计算机可读取介质,具有用来执行本发明各种方法步骤的电脑可执行指令。此外,在已经仅针对数种实施方式其中之一者披露了本发明特殊特点的同时,如此的特点可与其它实施方式的一个或者多个特点相组合,而可为用于任何一种给定或特殊应用的所需及优点。根据本发明,应该理解术语“类似条带状”包含条带状射束与扫描的铅笔状射束。此外,对范围而言,用词“包含”、“具有”、“拥有”及其变型不是用于详细说明便是用于权利要求,这些用词是要以相似于“包含”的方式而包含。同样的是,在此所用的用词“典型”简单地意味著范例,而不为最佳的执行方式。

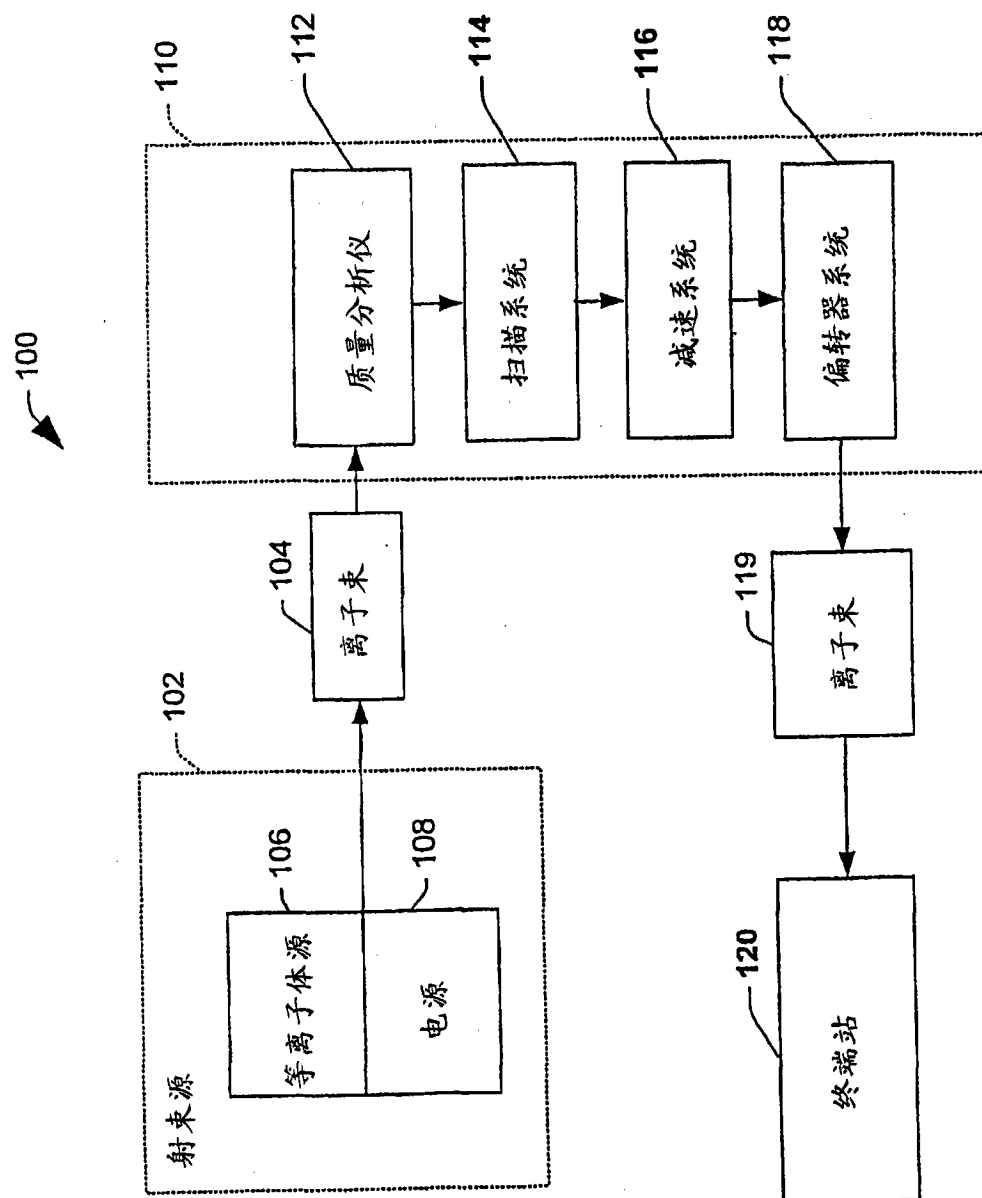


图 1

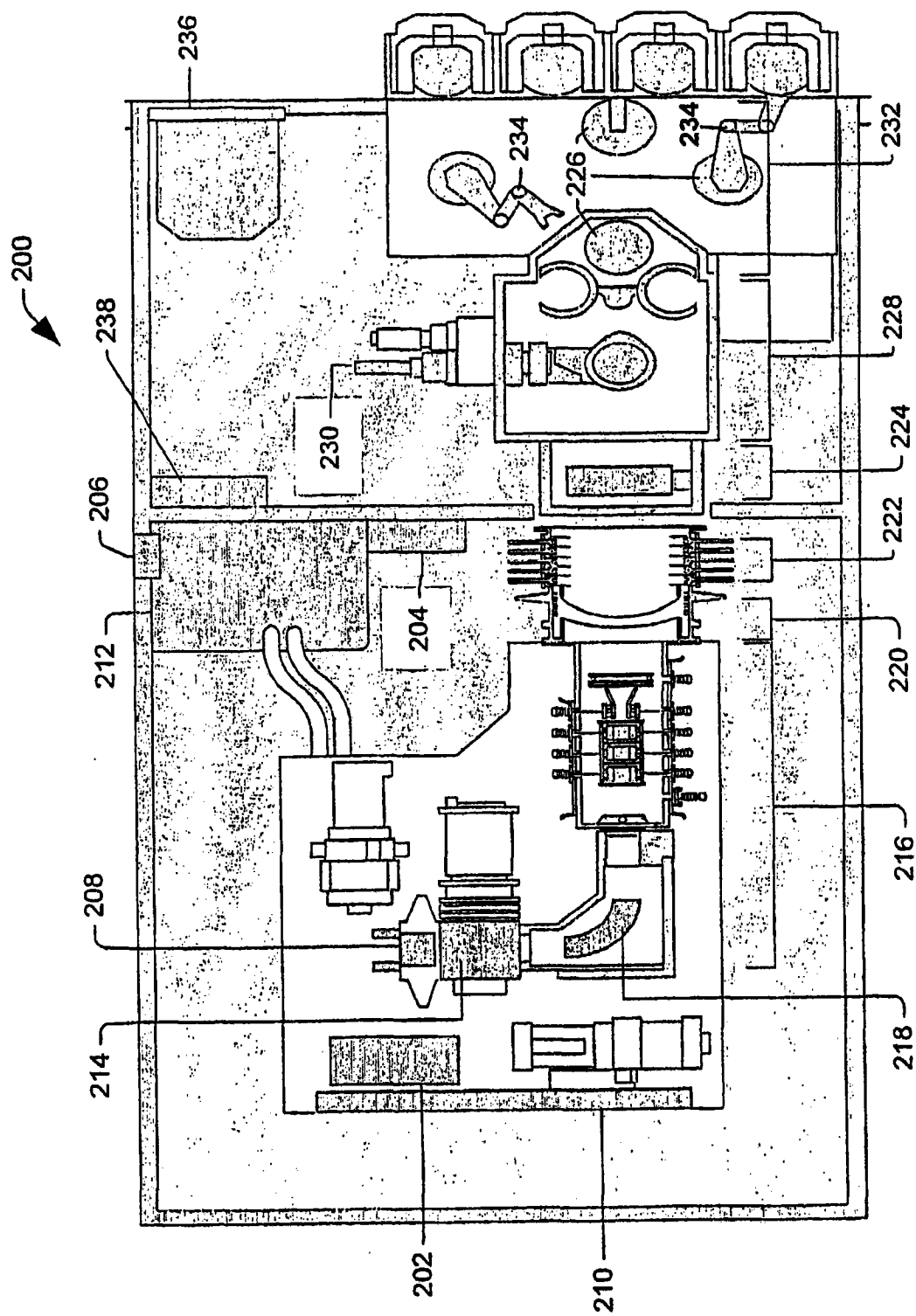


图 2

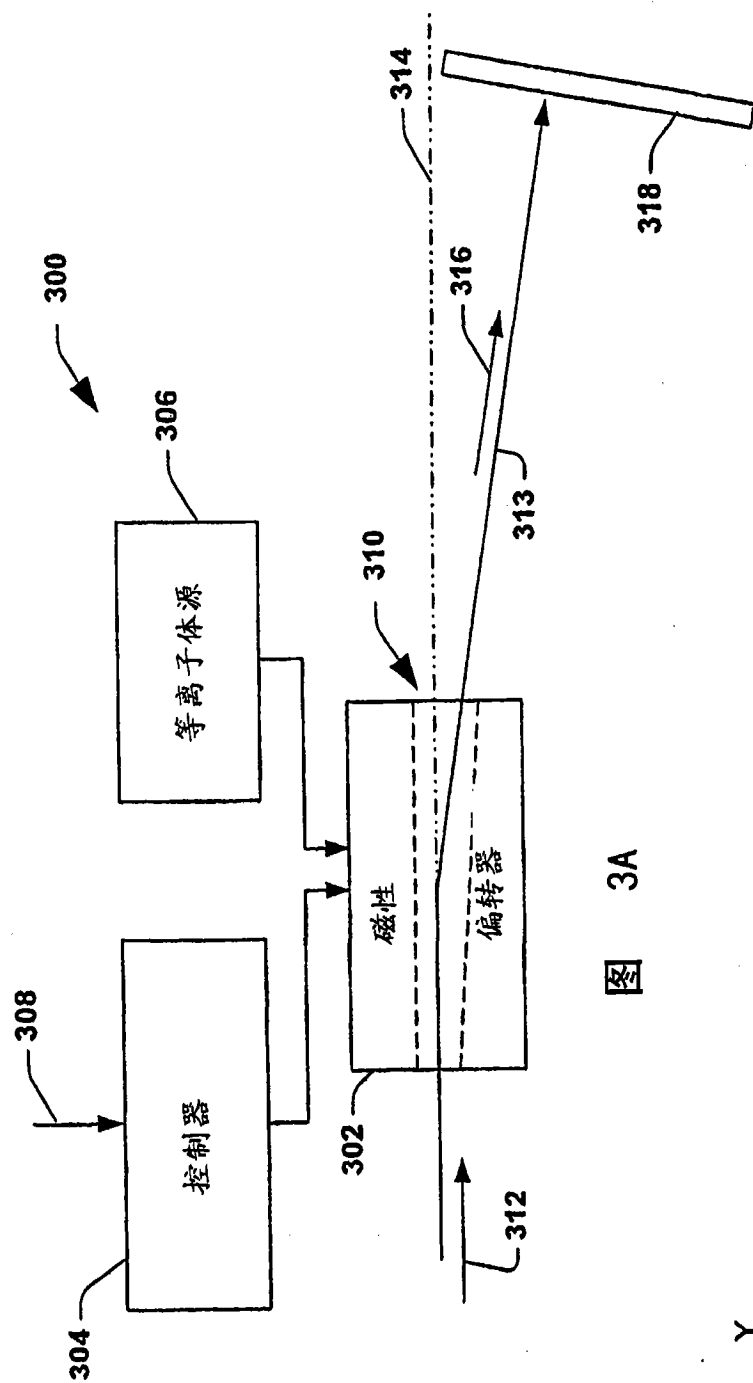


图 3A

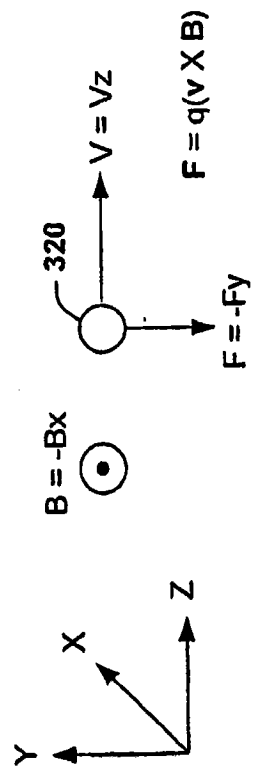


图 3B

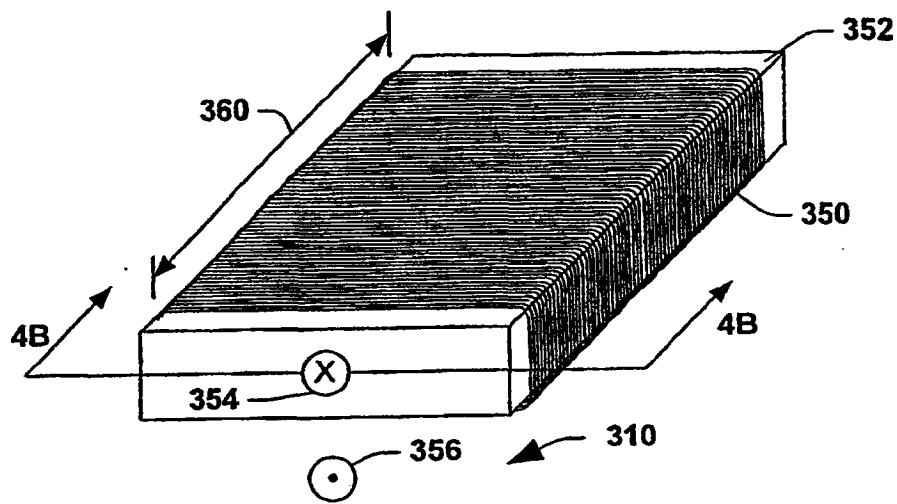


图 4A

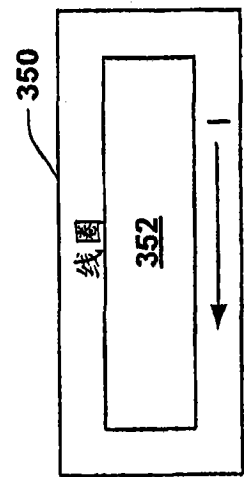


图 4B

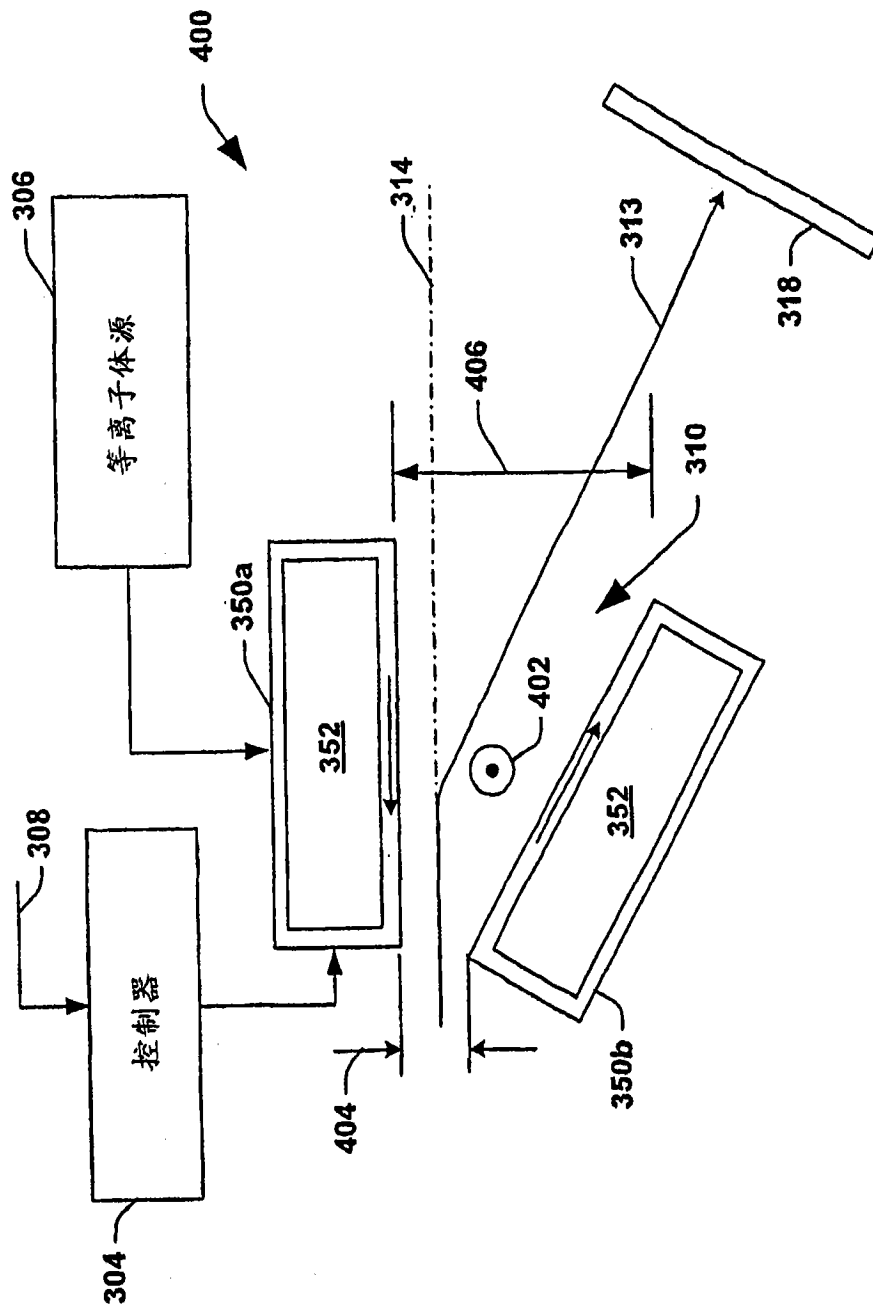


图 5A

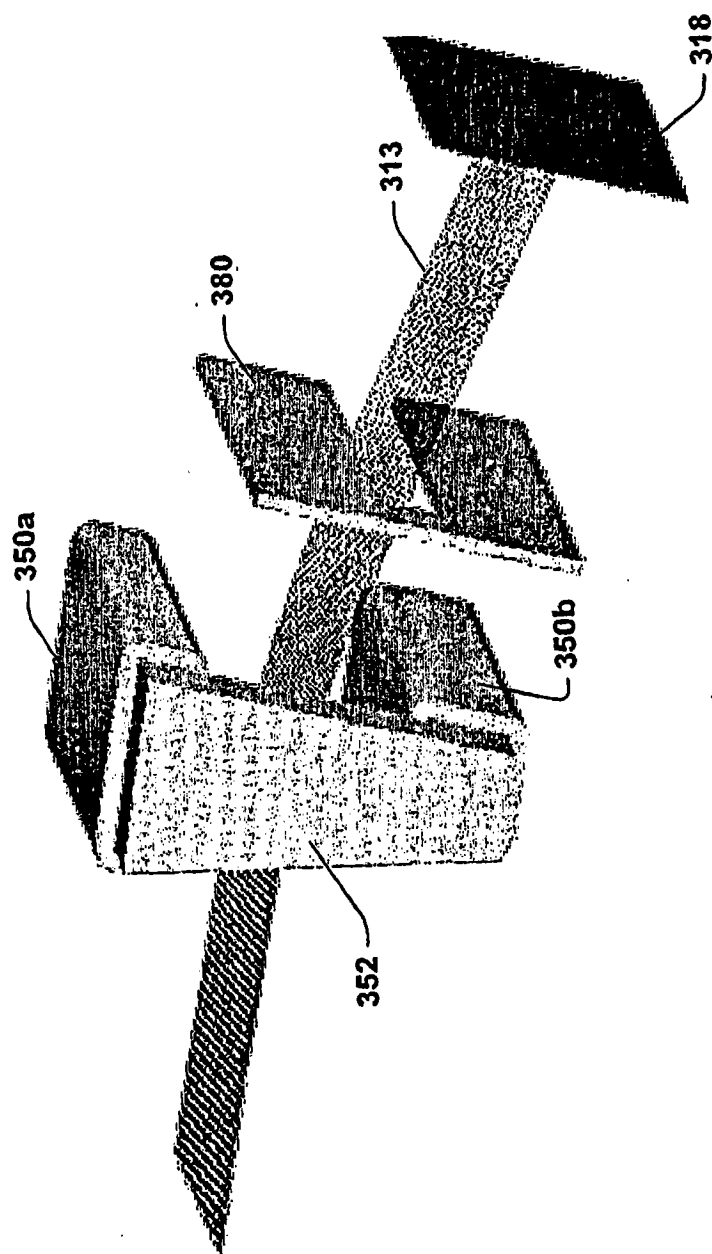
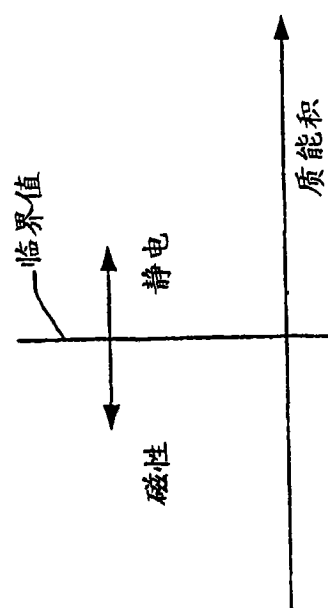
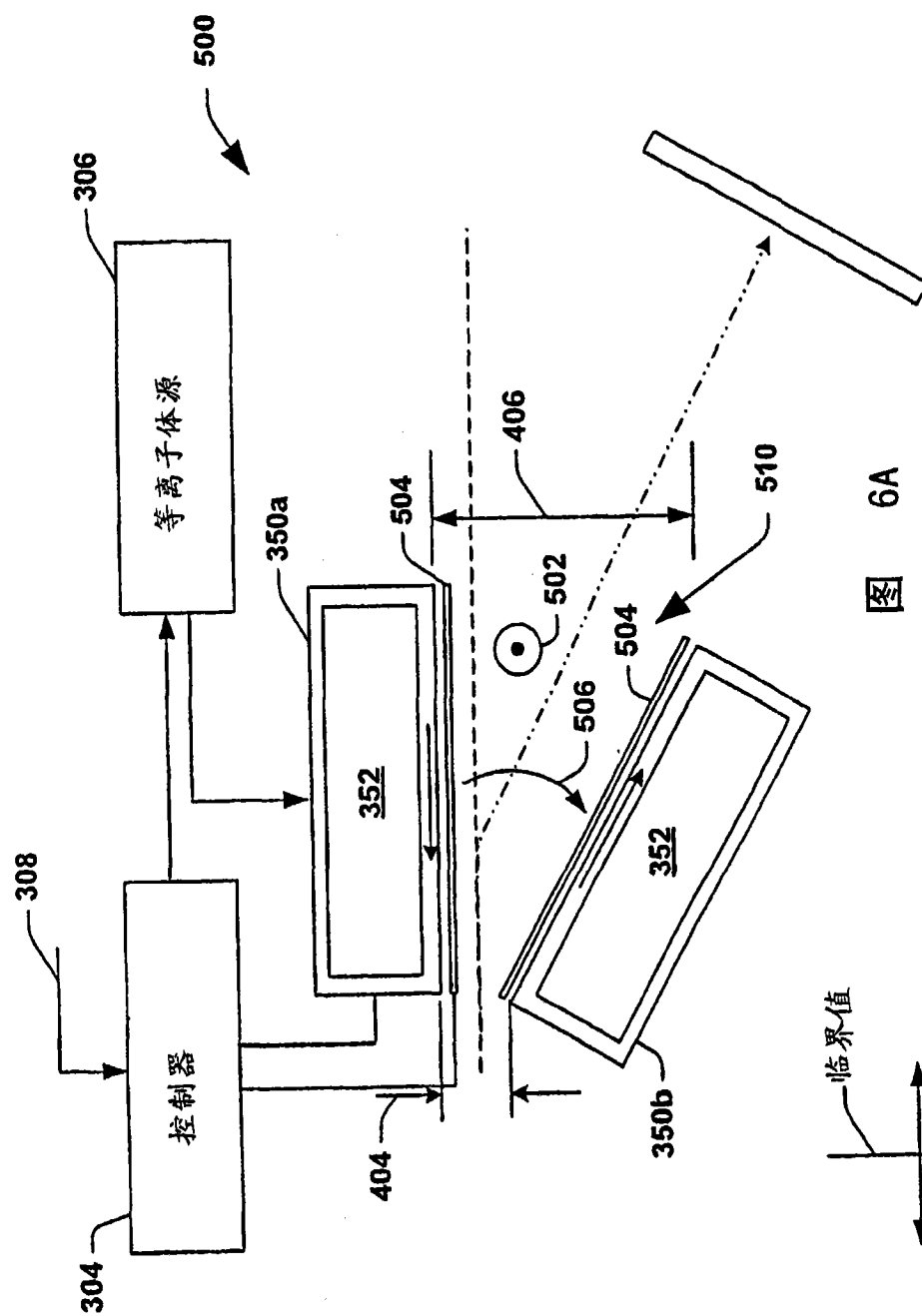


图 5B



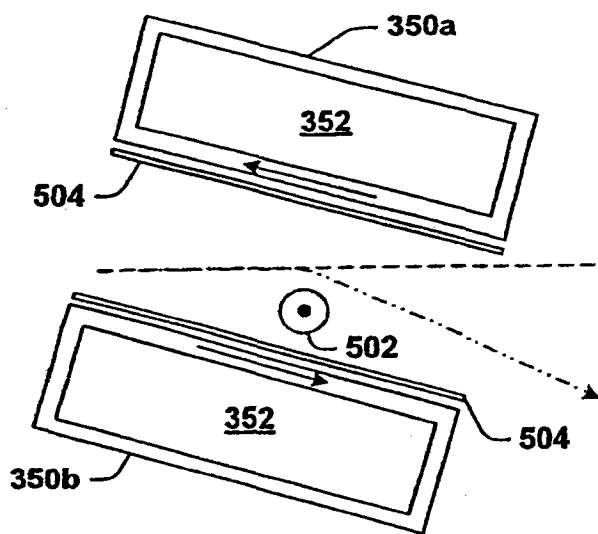


图 7A

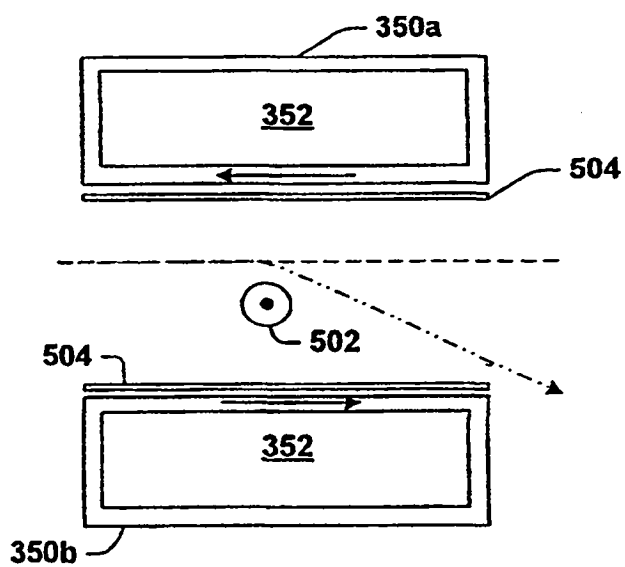


图 7B

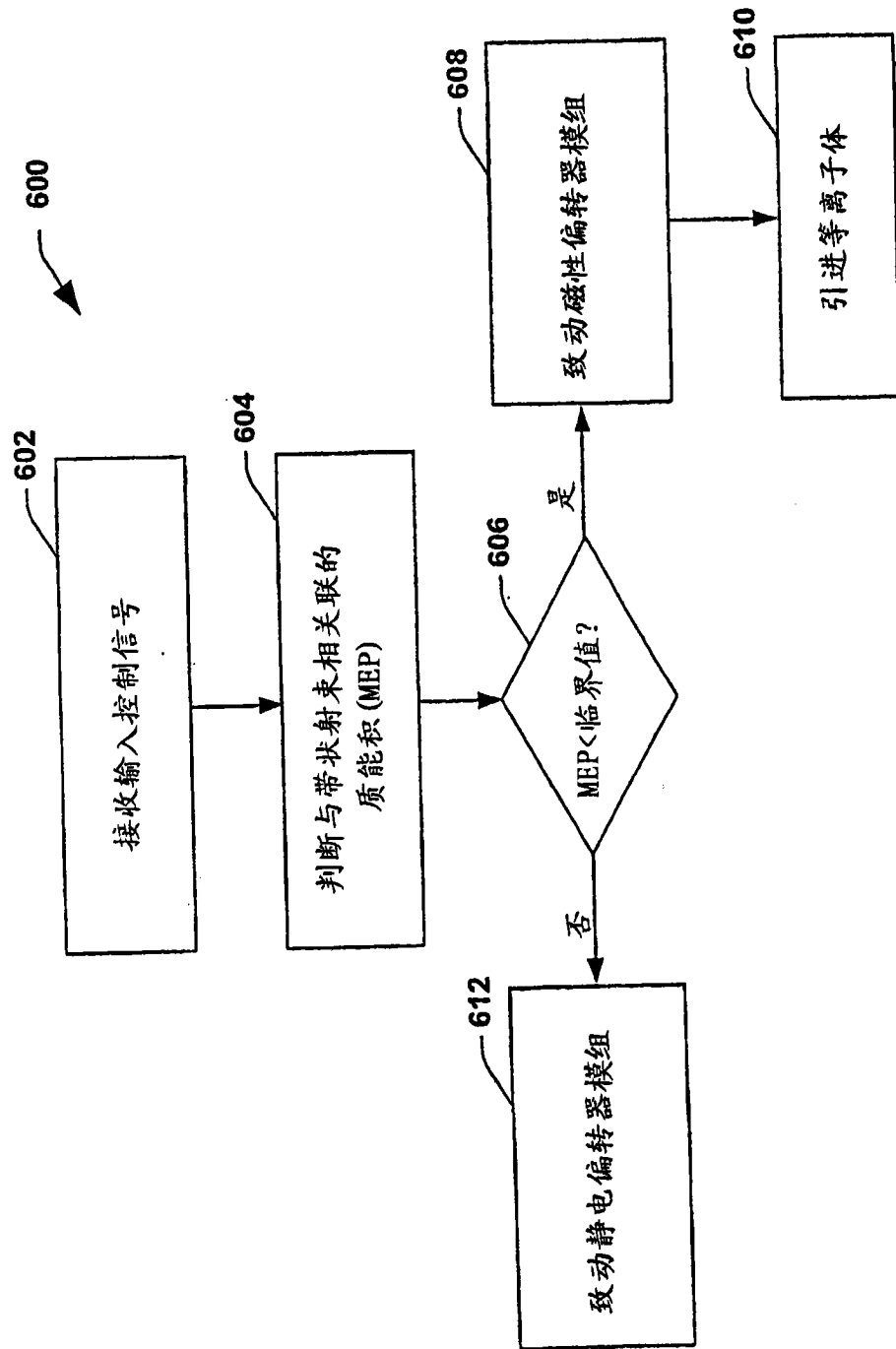


图 8