



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101925982 B

(45) 授权公告日 2012. 01. 11

(21) 申请号 200880125723. 7

(22) 申请日 2008. 12. 18

(30) 优先权数据

12/005, 991 2007. 12. 28 US

(85) PCT申请进入国家阶段日

2010. 07. 28

(86) PCT申请的申请数据

PCT/US2008/087406 2008. 12. 18

(87) PCT申请的公布数据

W02009/085939 EN 2009. 07. 09

(73) 专利权人 瓦里安半导体设备公司

地址 美国麻萨诸塞州

(72) 发明人 阿塔尔·古普塔 约瑟·C·欧尔森

(74) 专利代理机构 北京同立钧成知识产权代理

有限公司 11205

代理人 臧建明

(51) Int. Cl.

H01L 21/265 (2006. 01)

(56) 对比文件

US 6677599 B2, 2004. 01. 13, 全文.

US 7166854 V2, 2007. 01. 23, 全文.

US 2007/0085037 A1, 2007. 04. 19, 全文.

审查员 阎澄

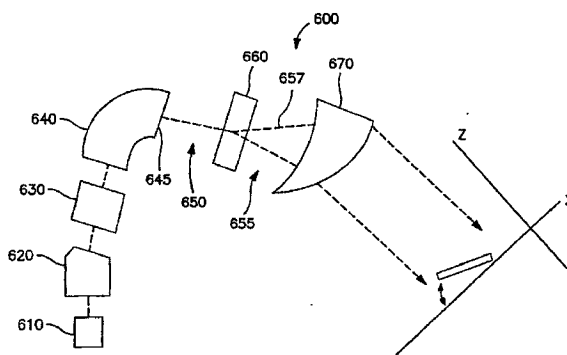
权利要求书 2 页 说明书 8 页 附图 7 页

(54) 发明名称

使用同轴倾斜的改良式高倾斜注入角度效能

(57) 摘要

本发明包括具有以前不能实现的角度精度的用于高倾斜角度注入的方法。具有宽度维度和高度维度的离子束由许多单个的小射束组成。这些小射束通常在这两个维度中的一者内显示了更高的平行度。因此,为了最小化角度误差,工件绕实质上垂直于具有更高平行度的维度的轴倾斜。然后,工件在高倾斜角度被注入且绕正交于工件表面的直线旋转。此方法可被重复直至高倾斜注入已经在所有所需的区域实施。



1. 一种执行高倾斜注入的方法,包括:
 - a. 提供具有两个正交的维度的离子束,所述离子束包括多个离子小射束,并且其中所述离子束的一个维度与另一个维度相比在所述离子小射束之间具有更高的平行度;
 - b. 将具有平表面的工件绕垂直于具有所述更高的平行度的所述维度的轴倾斜,以便在所述工件的所述平表面及垂直于所述离子束的平面间形成角度;
 - c. 将所述工件暴露于所述离子束;以及
 - d. 将所述工件以顺时针或逆时针的方向旋转。
2. 根据权利要求1所述的执行高倾斜注入的方法,其中所述旋转步骤是绕垂直于所述工件的所述平表面的轴实施。
3. 根据权利要求1所述的执行高倾斜注入的方法,进一步包括以垂直于所述维度的方向将所述工件移动,以便将所述工件的整体暴露于所述离子束。
4. 根据权利要求1所述的执行高倾斜注入的方法,其中所述离子束具有宽度维度和较小的高度维度,且所述更高的平行度在所述宽度维度内。
5. 根据权利要求1所述的执行高倾斜注入的方法,其中由所述倾斜步骤形成的所述角度在5度到60度之间。
6. 根据权利要求1所述的执行高倾斜注入的方法,其中实施所述暴露步骤和所述旋转步骤多次。
7. 根据权利要求1所述的执行高倾斜注入的方法,其中所述旋转步骤的旋转角度为90度。
8. 根据权利要求1所述的执行高倾斜注入的方法,其中所述旋转步骤的旋转角度为180度。
9. 根据权利要求6所述的执行高倾斜注入的方法,其中所述旋转步骤的旋转角度被限定为360°除以所述旋转步骤执行的次数。
10. 根据权利要求1所述的执行高倾斜注入的方法,其中所述离子束包括扫描离子束。
11. 根据权利要求1所述的执行高倾斜注入的方法,其中所述离子束包括束。
12. 根据权利要求10所述的执行高倾斜注入的方法,其中所述离子束的宽度基于由所述倾斜步骤所形成的所述角度而变化。
13. 一种用于将离子注入工件的装置,包括:
 - a. 离子束源;
 - b. 扫描用于产生具有宽度维度的扫描射束的离子束的扫描装置;以及
 - c. 工件支座,适合于绕垂直于所述宽度维度的轴倾斜,从而产生用于注入的角度,其中所述扫描装置适于基于所述角度来修改所述宽度维度。
14. 根据权利要求13所述的用于将离子注入工件的装置,其中所述扫描装置包括静电扫描器和扫描波形产生器,且其中基于所述角度来修改产生的波形。
15. 根据权利要求14所述的用于将离子注入工件的装置,其中所述波形包括频率和振幅,且所述修改步骤包括对所述振幅的修改。
16. 一种注入工件的一部分的方法,包括:
 - a. 提供具有两个正交的维度的离子束,所述离子束包括多个离子小射束,并且其中所述离子束的一个维度与另一个维度相比在所述离子小射束之间具有更高的平行度;

b. 将具有平表面的工件绕垂直于具有所述更高的平行度的所述维度的轴倾斜,以便在所述工件的所述平表面及垂直于所述离子束的平面间形成角度;

c. 相对于所述离子束,将所述工件定向,以便将所述部分放置在暴露于所述离子束的位置;以及

d. 将所述工件暴露于所述离子束。

17. 根据权利要求 16 所述的注入工件的一部分的方法,其中所述离子束具有宽度维度和较小的高度维度,且所述更高的平行度在所述宽度维度内。

18. 根据权利要求 16 所述的注入工件的一部分的方法,其中所述部分经受环形注入。

19. 根据权利要求 16 所述的注入工件的一部分的方法,其中所述部分经受单边埋带注入。

20. 根据权利要求 16 所述的注入工件的一部分的方法,其中所述部分经受源极-漏极扩展注入。

21. 根据权利要求 16 所述的注入工件的一部分的方法,其中所述注入在非平面元件结构的部分上执行。

22. 根据权利要求 16 所述的注入工件的一部分的方法,进一步包括将所述工件以顺时针或逆时针的方向旋转。

23. 根据权利要求 22 所述的注入工件的一部分的方法,其中所述旋转步骤绕垂直于所述工件的所述平表面的轴来实施。

24. 根据权利要求 22 所述的注入工件的一部分的方法,其中实施所述定向步骤、所述暴露步骤和所述旋转步骤多次。

25. 根据权利要求 16 所述的注入工件的一部分的方法,其中所述定向步骤通过以顺时针或逆时针方向旋转所述工件来执行。

26. 根据权利要求 25 所述的注入工件的一部分的方法,其中所述定向步骤通过将所述工件绕垂直于所述工件的所述平表面的轴旋转来实施。

使用同轴倾斜的改良式高倾斜注入角度效能

背景技术

[0001] 本发明是有关于离子注入 (ion implantation), 且特别是有关于具高倾斜注入 (implant) 角度效能的离子注入。

[0002] 离子注入机通常用于半导体晶圆的生产中。利用离子源 (ion source) 产生带正电荷的离子束, 然后将离子束定向成朝向工件。当离子撞击 (strike) 工件时, 它们在冲击区改变了工件的性质。这种改变使工件的特定区域被恰当地“掺杂”。掺杂区的结构限定了工件的功能, 且通过导电内连线 (conductive interconnects) 的使用, 这些工件可被转化成复杂的电路。

[0003] 在许多应用中, 导引离子束以便能以垂直于工件平面的方向撞击工件。图 1 示出了工件 100 的代表性 X、Y 和 Z 三维定向。在许多应用中, 将离子束 (未示出) 以实质上平行于 Z 轴的方向定向至工件 100。在此方法中, 离子束在 X 和 Y 轴上实质上与工件垂直。离子束可被认为是一组离子小射束 (beamlet), 各个小射束在 XZ 平面包含单线线路 (single line)。整个射束实质上垂直于工件是重要的, 每一单个的小射束在 X 和 Y 轴上均垂直于工件也同样重要。图 2a 示出了由多个小射束 210 组成的离子束 200。虽然, 为了说明起见只示出了几个, 但离子束可包含任意数量的小射束。在此图中, 所有小射束 210 相互平行。相反, 图 2b 示出了同样实质上垂直于工件的离子束 250。然而, 它的部分离子小射束 (component ion beamlet) 270 并不相互平行, 因此这些小射束中的一部分并不平行于工件。

[0004] 因为离子束是三维实体, 在多个维度存在平行。例如, 离子小射束可平行穿过 (across) X 维度 (例如, XZ 平面)。在这个维度不考虑在 Y 维度的偏差。相似地, 离子小射束可平行穿过 Y 维度 (例如, YZ 平面), 在 Y 维度不考虑在 X 维度的偏差。对于所属技术领域的技术人员, 离子束的离子小射束可在一个维度内 (例如宽度) 显示平行而在正交 (orthogonal) 维度 (例如高度) 内不显示平行是显而易见的。然而这一点在本领域是众所周知的且不被视为重要, 因为工件支座 (workpiece support) 的机械运动确保了工件的所有部分都可暴露在射束下。

[0005] 在此引用并入的美国专利第 6437350 号, 公开了一种可在离子小射束之间维持所需平行度的装置和方法。所属技术领域的技术人员将领会通常可通过角度校正器 (corrector) (例如磁铁) 来控制平行性。然而, 小射束平行性的优化设置 (optimal setting) 可于除 90° 以外的入射角上出现。为了校正这一点, 将工件绕平行于 Y 轴的直线倾斜。如图 3 所示, 离子束离开角度校正器 330。因为角度校正器 330 产生的磁场, 离子束 300 的小射束 310 相互平行。然而, 它们的入射角并不与工件 320 正交。为了纠正这一点, 工件 320 以角度 340 绕直线转动。这样, 离子束 300 可垂直地撞击工件 320。

[0006] 某些应用中需要离子束以除 90° 以外的入射角 (例如以一大倾斜角度) 撞击工件。在一个实施例中, 高倾斜注入, 例如环形 (halo) 或口袋 (pocket) 注入被用于在闸极元件边缘的下方产生掺杂口袋。图 4 示出了包括位于基板 420 预上的闸极区 410 的代表性晶体管 (transistor) 结构 400。源极区 430 和漏极区 440 位于闸极区 410 的任一边。为了延长闸极边缘下的源极区和漏极区, 离子束以显著的倾斜角度冲击基板, 如方向箭头 450a 和

450b 所示。典型地,此倾斜角度在约 5 度与约 60 度之间。

[0007] 通过在多个维度操作工件可实现此高倾斜注入。图 5 示范了执行这些步骤的先前技术的较佳方法。图 5 示出了实质上沿着 XY 平面排列的工件 500。离子束 510 实质上平行于 Z 轴,并垂直于工件 500。如上所述,工件 500 绕平行于 Y 轴的直线转动以确保离子束以 90° 角撞击工件。然后,为实现高倾斜注入,工件绕平行于 X 轴的直线转动。然后,以常规方式通过离子束 510 扫描工件。通常,射束在 X 轴向上被静电地或通过磁铁来回地扫描,且工件在相对于射束的 Y 轴向上被转移(translated)。磁式或静电式扫描通常被称为快速扫描,机械式扫描被称为慢扫描。可替代物包括用带束(ribbon beam)代替快速扫描、用机械扫描(2D 机械扫描)代替快速静电或磁式扫描。当扫描工件后,工件在高倾斜角度被注入,例如如图 4 中所示的 450a。

[0008] 为了在以图 4 中所示 450b 为代表的入射角注入离子,有必要再次旋转工件。在这种情况下,较佳地,工件绕垂直于工件表面的直线旋转。产生以 450b 为代表的入射角需要 180° 的旋转。

[0009] 此绕三个单独轴运动的组合能使工件以高倾斜角度注入。尽管具有如上所述之精密运动,但实现 ± 0.5 以内的角度精度并不容易。因此,60° 的注入角度实际上可在 59.5° 与 60.5° 之间。因为几何尺寸逐渐减小,对这种角度之每一者,特别是对入射角进行精确控制变得越来越重要。因此,传统制程中的偏差总量会变得高至不可接受。

发明内容

[0010] 本发明克服了在先前技术存在的问题,本发明包括用于高倾斜角度注入的方法和装置,结果产生先前不可实现的角度精度。

[0011] 具有宽度和高度维度的离子束由许多单个的小射束组成。在这两个维度中的一个维度中,这些小射束通常地受到更精确的控制,由此小射束之间表现出了更高的平行度。因此,为了降低角度误差,例如半导体工件的工件绕直线倾斜,其中此直线实质上垂直于具更高平行度的维度。然后,工件被注入并绕正交于工件表面的直线旋转。重复此方法直到在所有要求区域中已执行高倾斜注入。

[0012] 在一个实施例中,小射束的方向沿离子束宽度显示了更高的平行度。因此,工件绕正交于宽度的轴倾斜。在另一个实施例中,沿离子束高度方向出现了更高的平行度。在此实施例中,工件绕正交于高度的轴倾斜。

[0013] 在进一步的实施例中,使用了扫描(scanned)离子束。此离子束的宽度根据所需倾斜角度变化,以便射束宽度可在倾斜角度增加时减小。

[0014] 在进一步的实施例中,可被选择性注入如环形注入和单边埋带(singlesided buried straps)的工件的部分。晶圆绕垂直于具有更高平行度的维度的轴倾斜。然后,操作工件以便将其部分定向在暴露于离子束的位置。

附图说明

[0015] 图 1 示出了用于描述半导体工件定向的坐标系统。

[0016] 图 2a 示出了包含许多离子小射束的离子束的代表。

[0017] 图 2b 示出了包含许多离子小射束的离子束的第二代表。

[0018] 图 3 示出了在先前技术中所实施的工件运动以最大化离子小射束的平行性。

[0019] 图 4 示出了代表性半导体装置和一些高倾斜注入之角度。

[0020] 图 5 示出了在先前技艺的高倾斜注入制程中绕 X 和 Y 轴倾斜的工件。

[0021] 图 6 示出了适于实现本发明的离子注入机的代表性示意图。

[0022] 图 7a 示出了第一方法步骤期间所呈现的包含两个代表性晶体管结构的工件。

[0023] 图 7b 示出了第二方法步骤期间所呈现的包含两个代表性晶体管结构的工件。

[0024] 图 7c 示出了第三方法步骤期间所呈现的包含两个代表性晶体管结构的工件。

[0025] 图 7d 示出了第四方法步骤期间所呈现的包含两个代表性晶体管结构的工件。

[0026] 图 8a 示出了具有平行且共平面的离子小射束的理想离子束。

[0027] 图 8b 示出了具有平行但不共平面的离子小射束的离子束。

[0028] 图 9 示出了根据本发明的槽形结构一个壁的注入。

[0029] 图 10 示出了具有源极漏极扩展的晶体管的侧视图。

[0030] 具体实施方式

[0031] 如上所述,离子束用于将离子注入至例如半导体晶圆的工件。图 6 示出了典型离子注入机 600 的方块图。离子源 610 产生所需种类的离子,如砷或硼。这些离子形成射束,然后此射束通过源过滤器 620。较佳地,源过滤器位于接近离子源的地方。射束内的离子在柱体 630 内被加速/减速到所需能阶。具有隙孔 645 的质量分析器磁铁 640 用于从离子束移除不必要的成分,结果产生通过鉴别隙孔 645 的具有所需能量及质量特性的离子束 650。

[0032] 在某些实施例中,离子束 650 是点射束 (ion beam)。在此情况下,离子束通过扫描器 660 (较佳地是静电扫描器),扫描器 660 使离子束 650 偏移以产生扫描射束 655,其中单个的小射束 657 具有偏离扫描源 665 的轨道 (trajectories)。在某些实施例中,扫描器 660 包括与扫描产生器关联的分离的扫描板。扫描产生器产生用于扫描板的扫描电压波形,其例如为具有振幅和频率分量的正弦、锯齿或三角波形。在较佳实施例中,扫描波形典型地非常接近于三角波 (直坡 (constant slope)),以便扫描射束可以在每一位置上停留几乎相同的时间量 (amount of time)。三角的偏差被用于使射束均匀。如图 6 所示,所产生的电场引起离子束偏离。

[0033] 调整角度校正器 670 以使偏离的离子小射束 657 偏移成一组具有基本平行的轨道的小射束。较佳地,角度校正器 670 包括电磁线圈和分离以形成间隙 (gap) 的磁极片 (magnetic pole pieces),其中离子小射束从此间隙通过。线圈被激发以便在间隙内产生磁场,此间隙使离子小射束根据所用磁场的强度和方向偏移。通过改变穿过电磁线圈的电流来调整磁场。或者,也可使用其他例如平行镜头 (parallelizing lenses) 的结构来执行此功能。

[0034] 重要的是要注意射束扫描器 660 和角度校正器 670 包含板,离子小射束从这些板之间通过。因为这种布置,射束可被严格控制在被限定于多组板之间的平面内。然而,有限的控制在正交于此平面的维度内是可能的。因此,关于角度校正器 670,板被隔开以便产生间隙,此间隙较佳地在 XZ 平面内 (由图 1 内的坐标系统所限定)。因此,小射束控制在此维度内被最严格控制,使得角度校正器可将单个的离子小射束重新定向以使它们在 X 维度内相互平行。单个的小射束在 Y 轴方向不被控制,导致它们比在 X 维度内的单个小射束较不平行。平行通常是指各处都等距且永不相交。术语“平行度”用于表示一组离子小射束接

近平行的程度。术语“具有更高平行度的维度”用于指离子小射束更接近平行的维度。换句话说,在此维度,离子小射束显示更少发散 (divergence) 且被更严格控制。在图 6 所示的系统中,归因于射束扫描器 660 和角度校正器 670 的操作,具有更高平行度的维度是 X 维度。

[0035] 角度校正器 670 之后,扫描射束射向工件。工件连接到工件支座。工件支座提供多种移动角度。例如,工件支座可绕穿过工件中心的且平行于三个主要轴中的任何一个轴的直线转动。因此,通过绕平行于 X 轴的直线转动,工件支座可实现工件倾斜以便工件的上半部分可相对于下半部分朝向离子源倾斜或远离离子源倾斜。类似地,通过绕平行于 Y 轴的直线转动,工件支座可实现工件倾斜以便工件的左半部分可相对于右半部分朝向离子源倾斜或远离离子源倾斜。最终,工件支座可实现绕垂直于工件平面的直线旋转,以产生工件表面的顺时针或逆时针运动。这些运动不是互斥的,工件支座可同时以任何方向的结合被操作。另外,工件支座也可提供通常在 Y 轴方向上之平移运动 (translational movement), 以便将整个工件暴露在离子束下。如上所述,工件可绕平行于 Y 轴的直线而倾斜最大限度地使离子小射束的平行。这可通过上述工件支座的倾斜来实现。并且,如图 5 所示,为实现用于环形注入的高倾斜入射角,工件通过工件支座的倾斜常规地关于平行于 X 轴的直线倾斜。

[0036] 高倾斜角度注入通常通过四个步骤的制程实现。图 7 示出了具有两个晶体管 710、720 的代表性工件 700,其中晶体管 710 通过它本身在垂直方向上的长度来定向,而晶体管 720 通过它本身在水平方向上的长度来定向。虽然只示出了两个晶体管,但对所属技术领域的技术人员来说,工件可包含任意数目的晶体管是显而易见的。

[0037] 如图 5 所示,在先前技术中,工件支座 (且因此工件) 绕基本平行于 X 轴的直线转动而预计获得高倾斜注入。参考图 7a-d,假设作为此旋转的结果,工件的上部分向后倾斜 (向页面内),而下半部分向前倾斜 (从页面出来)。在本制程的第一步骤期间,将如图 7a 所示定向的晶体管提供给工件。因此,当工件暴露于离子束时,离子沿晶体管 720 的较低的闸极边缘 721 被注入。因为高入射角,这些离子可穿透下面的闸极元件。因为闸极结构本身堵住了离子束,晶体 720 的较高的闸极边缘 722 未被注入。因为环形注入主要涉及沿着闸极的长度的区域,而不是沿着它的宽度的区域,因此在这个时候导引至晶体管 710 的离子束是无意义的。

[0038] 在本制程的第二步骤中,例如,工件以顺时针方向绕垂直于工件表面的直线 (较佳地是穿过工件中心的直线) 旋转 90° 。因此,如图 7b 所示两个晶体管将出现在工件上。在此步骤期间,当工件暴露于离子束时,离子沿着晶体管 710 的较低的闸极边缘 711 被注入。晶体管 710 的较高的闸极边缘 712 不被注入。因为环形注入主要涉及沿着闸极的长度的区域,而不是沿着它的宽度的区域,因此在这个时候导引至晶体管 720 的离子束是无意义的。

[0039] 在本制程的第三步骤中,工件再次以顺时针方向旋转 90° 。因此,如图 7c 所示两个晶体管将出现在工件上。在此步骤期间,当工件暴露于离子束时,离子沿着晶体管 720 的较高的闸极边缘 722 被注入。晶体管 720 的较低的闸极边缘 721 不被注入。再次,在这个时候导引至晶体管 710 的离子束是无意义的。

[0040] 最后,在本制程的第四步骤中,工件以顺时针方向旋转 90° 。因此,如图 7d 所示两

个晶体管将出现在工件上。在此步骤期间,当工件暴露于离子束时,离子沿着晶体管 710 的较高的闸极边缘 712 被注入。晶体管 710 的较低的闸极边缘 711 不被注入。再次,在这个时候导引至晶体管 720 的离子束是无意义的。

[0041] 因此,通过实施此四步骤的制程,藉由使用 4 次绕垂直于工件表面的轴旋转,在不考虑它们的定向轴的前提下所有晶体管的闸极边缘都可被注入。请注意水平定向的晶体管 720 在步骤 1 和步骤 3 期间被注入,而垂直定向的晶体管 710 在步骤 2 和步骤 4 期间被注入。

[0042] 如上所述,角度校正器 670 包含板,离子小射束从在这些板之间通过。如上所指出的,因为此配置,射束可被严格控制在被限定在多组板之间的平面内。然而在正交于此平面的维度内受限控制是可能的。因此,当离子小射束在 X 维度(例如 XZ 平面)内相互平行时,这些小射束在 Y 维度(例如 YZ 平面)可不相互平行。图 8a 示出了包含许多小射束 810 的扫描离子束 800。请注意角度校正器 670 使小射束的轨道几乎平行。事实上,通过使用如美国专利第 6437350 号所描述的检测技术,非常严格地控制离子小射束的角度偏差(例如控制在 $\pm 1^\circ$ 之内)是可能的。然而,这种控制水准在 Y 维度内是不可能的。图 8b 示出了离子束 820,举例说明了小射束 830 虽然在 XZ 平面出现平行但在 Y 维度不平行。请注意单个的小射束的轨道具有 Y 分量,这导致了在 Y 维度(例如 YZ 平面)内与离子束平行方向的偏差。虽然此偏差可能不是非常大,但比 XZ 平面内的偏差要大得多。因此,离子束 820 显示了在 X 维度内更高的平行度。而且,图 6 所描述的系统没有机制用来测量或控制 Y 维度内的偏差。

[0043] 参照图 7a-d,请注意结果所得的角度是基于离子束的入射角以及绕平行于 X 轴的直线的工件旋转。因此,这个角度的精密度由离子束在 Y 维度内的平行和倾斜机制的准确度所确定。如上所述,离子束在 Y 维度内的平行不被控制且预计在此维度内的平行偏差可导致单个的离子小射束具有一度数的轨道偏离。

[0044] 正如前面所述,图 6 所示的离子注入机能高精度地控制并测量在 X 维度(例如 XZ 平面)内的离子小射束平行性。结果,绕实质上平行于 Y 轴的直线的角运动可导致精确受控之测量和角度分布。这一特征被用于在先前技艺中以确保离子束相对于 Y 轴垂直地撞击工件。这一特征同样用于本发明中以在高倾斜角度注入期间产生精确受控的入射角。本发明绕垂直于具有更高平行程度的离子束的维度的直线倾斜。

[0045] 返回参考图 7a-d,假设工件关于垂直轴倾斜,以使得工件的左侧向页面内倾斜且工件的右侧向前倾斜(从页面出来),以便产生用于环形注入的所需入射角。在本制程的第一步期间,工件以如图 7a 所示的定向呈现。因此,当工件暴露于离子束时,离子沿着并低于晶体管 710 的右闸极边缘 711 被注入。因为闸极结构本身挡住了离子束,晶体管 710 的左闸极边缘 712 不被注入。因为环形注入主要涉及沿着闸极的长度的区域,而不是沿着它的宽度的区域,因此在这个时候导引至晶体管 720 的离子束是无意义的。

[0046] 在本制程的第二步骤中,例如,工件以顺时针方向绕垂直于工件表面的直线旋转 90° 。因此,如图 7b 所示两个晶体管将出现在工件上。在此步骤期间,当工件暴露于离子束时,离子沿着晶体管 720 的右闸极边缘 722 被注入。晶体管 720 的左闸极边缘 721 不被注入。在这个时候将离子束对准晶体管 720 是无意义的。

[0047] 在本方法的第三步骤中,工件再次以顺时针方向旋转 90° 。因此,如图 7c 所示两

个晶体管将出现在工件上。在此步骤期间,当工件暴露于离子束时,离子沿着晶体管 710 的左闸极边缘 712 被注入。晶体管 710 的右闸极边缘 711 不被注入。再次地,在这个时候引导至晶体管 720 的离子束是无意义的。

[0048] 最后,在本方法的第四步骤中,工件以顺时针方向旋转 90° 。因此,如图 7d 所示两个晶体管将出现在工件上。在此步骤期间,当工件暴露于离子束时,离子沿着晶体管 720 的左闸极边缘 721 被注入。晶体管 720 的右闸极边缘 722 不被注入。再次地,在这个时候引导至晶体管 720 的离子束是无意义的。

[0049] 请注意水平定向的晶体管 720 在步骤 2 和步骤 4 期间被注入,而垂直定向的晶体管 710 在步骤 1 和步骤 3 期间被注入。

[0050] 这两项技术间的差异是显著的。在前项技术中,入射角是基于离子束在 Y 维度 (YZ 平面) 内的平行和工件支座运动的精确度。在后项技术中,入射角是基于离子小束在 X 维度 (XZ 平面) 内的平行和工件支座运动的精确度。因为工件支座在两个轴中同样精确,误差的区别完全归因于入射离子束的特征。如上所述,在 XZ 平面内此束被非常严格地控制及测量。然而,在 Y 维度却既不被控制也不被测量。因此,前项技术角度误差的大小可为后项技术角度误差的许多倍。而且,后项技术考虑到今后的改进,因为在 X 维度内的离子束平行早已是可测量和可控的。因此,对平行的进一步提高具有可减少高倾斜注入的角度误差之相应效果。

[0051] 本发明不仅限于由每一者均为 90° 的 4 个旋转所组成的注入。旋转的个数和旋转的总量都可被改变。例如,所有晶体管均具有单个定向是本领域公知的布局。利用具有此布局的工件,如上所述的注入可通过使用每一者均为 180° 的 2 个旋转来实现。在此情况下,工件将如图 7a 所示被注入,图 7a 中所有的晶体管如同晶体管 710 一样被定向在同样的方向。然后将工件旋转 180° ,以便实现如图 7c 所示的配置。因为所有晶体管被定向在同样的方向,故在两个旋转中注入所有晶体管被。

[0052] 在另一个实施例中,工件的布局可以是在超过 2 个的垂直方向上定向各种晶体管,因此工件必须在超过 4 个的方向上被注入。例如,如果工件具有需要藉由 n 次注入而定向的晶体管,那么较佳地此工件将旋转 n 次,其中每次旋转为 $360/n$ 度。因此,具有定向在 8 个等距离方向的晶体管的工件将需要每一者均为 45° 的 8 个旋转。虽然晶体管的方向相互偏移固定的数额是较佳的,但这并不需要。换句话说,在需要 6 个旋转的情况下,晶体管定向在 0° 、 60° 、 120° 、 180° 、 240° 、 300° 和 360° 是较佳的。因此,每一者均为 60° 的 6 个旋转足以将晶体管注入。然而,晶体管可以不固定之间距定向,如 0° 、 30° 、 120° 、 180° 、 210° 和 300° 。在这种情况下,工件的旋转数量不固定。

[0053] 上述的描述假定了一平面工件并使用了垂直于此工件表面的旋转轴。然而,本发明并不受此限制。在某些情况下,工件可以是非平面的,或者可存在更恰当的轴。本公开使用了术语“旋转”以表明涉及工件注入区域相对于离子束的顺时针或逆时针运动。虽然使用垂直于工件平表面的轴是较佳的旋转方法,但其他轴也是可行的。只要待注入的表面经过相对于离子束的顺时针或逆时针的运动,这种操作就被认为是“旋转”。术语“倾斜”指的是绕实质上平行于工件表面的轴的运动,较佳地是绕由工件平表面所限定的平面内的轴运动。

[0054] 可使用如前所述的高精度高倾斜注入制程是本方法的另外特征。源极漏极扩展

(source drain extension) 对所属领域的技术人员是公知制程,且可通过使用本发明实施。图 10 示出了具有源极漏极扩展的晶体管的侧视图。基板 1020 在闸极 1010 的任一边上被掺杂以形成源极 1030 和漏极 1040。间隙壁 (Spacers) 1050 设置在闸极 1010 的任一边上以便将此源极和漏极与闸极分开。为了提高晶体管的效能,希望将源极和 / 或漏极靠近闸极 1010 扩展 (或许在闸极 1010 以下扩展)。源极扩展 1060 将经掺杂的源极 1030 靠近闸极 1010 扩展,同时漏极扩展 1070 将经掺杂的漏极 1040 靠近闸极 1010 扩展。每个扩展区域可通过使用此处所描述的高倾斜注入法注入。

[0055] 还有其他装置结构例如双重或三重闸极晶体管 (未示出),其中对射束的入射角的精确控制对于离子注入法的使用非常重要。这种装置可以是非平面的。在这种装置中,需要高倾斜注入以选择性地装置的将装置的不同部分掺杂而且这种注入制程可因此从本发明获益。

[0056] 另外,还有某些制程步骤需要高精度高倾斜注入,但不需要多重旋转。公知的一个这种制程是如美国专利第 6426526 和其他专利所描述的单边埋带。单边埋带通常用于动态随机存取存储器 (dynamic ram, DRAM) 单元生产中并需要在高倾斜角度实施注入。典型地,槽存在于工件中,且有必要注入槽的仅一个壁。工件的布局,连同高倾斜角度注入使这一切成为可能。图 9 示出了此操作的一个例子。在工件 900 上设槽 910。通过使用高倾斜角度将离子束 940 暴露于工件 900。槽 910 的布局使近壁 (near wall) 930 仍然被遮蔽且因此不被暴露于离子束 940。然而,远壁 (far wall) 920 暴露于离子束且因此被注入。

[0057] 为了执行此制程步骤及诸如环形注入的其他制程步骤,有必要将工件定向以便待注入的工件特定部处于可暴露于离子束的位置。也就是说,假定绕 Y 轴倾斜,则必须将远壁 920 定向以便其处于槽 910 的左侧。类似地,上面对环形注入的描述是假定工件是被正确定向的以便待注入的晶圆部分处在可暴露于射束的位置。在较佳的实施例中,当工件绕垂直于具有更高平行度的离子束维度的轴倾斜时,将待注入的部分定位以便将它暴露。本项技术的使用提供了用于这种操作的被精确控制的注入角度。

[0058] 本发明的一个结果在于减少的射束使用。离子注入机 600 的扫描器 650 设立了大于待注入工件宽度的扫描离子束宽度。工件支座的平移运动与将工件在 Y 轴方向移动以便离子束扫描整个工件有关。绕 X 轴的高倾斜转动减小了工件所需的机械运动范围,但不影响工件的有效宽度。

[0059] 本发明通过将工件绕 Y 轴转动,可显著影响提供给离子束而用于注入的工件的有效宽度。当垂直于离子束提供时,如果工件具有直径 D,它将具有 $D \times \cos(\theta)$ 的有效直径,其中 θ 是注入角度。如果所需的注入角度较大,如为 60° 时,工件的有效直径显著减少 (例如, $D \times \cos(\theta)$, 或 $D/2$)。因此,由于更宽的射束并不在冲击 (impact) 工件,能量和离子束的很大一部分被浪费了。为弥补这一点,施加至扫描器的波形可根据注入角度而被修改,因此产生足够宽的扫描离子束以扫描工件的有效宽度,而不造成浪费。这种修改可通过根据注入角度 (θ) 而修改波形的振幅来实施。

[0060] 虽然上述说明描述了源自点离子束的扫描离子束,本发明不限制于此实施例。或者,可使用带束。美国专利第 5350926 号公开了具有严格受控带束的系统。带束系统包括许多同样的如图 6 所图示的构件。然而,因为离子束以带状产生,故不再需要以离子扫描器为主的一些构件。然而,带束系统同样与沿其宽度的带束平行性有关。因此,带束系统仍使用某些类型的平行装置,如校正磁铁或静电平行透镜。再次,如有关于扫描离子束之描述,

带束通常更严格地受控于一个维度内。带束系统通常控制掺杂均匀度及在 XZ 平面内的平行度,而较少关注 Y 维度。因此,常规的带束系统将根据受控的平行性来产生具有相似特征的离子束作为扫描离子束。

[0061] 本发明利用了离子束在一个维度内比在另一个维度内(例如,一个维度比另一个具有更高的平行程度)更严格的测量和控制的事实,并且将其用于确定合适的倾斜轴。在大多数习知的离子束注入系统中,射束在其宽度方向(被称为 X 维度或 XZ 平面)被更严格地控制。因此,由于较佳的倾斜轴正交于最严格受控和具有更高平行度的平面,通过将工件绕 Y 轴倾斜而产生最准确的角度注入。然而,本发明并不限于此实施例。例如,附加的平行透镜可加到上述系统以便将离子束在 Y 维度内的平行提高某一水平,在此水平中,相较于在 X 维度内的离子小射束平行性,可更严格地控制离子束。在这种情况下,有利于工件绕 X 轴转动。因此,工件绕轴倾斜,其中此轴垂直于拥有更高平行度之维度。

[0062] 通过利用离子束具有一个拥有更高平行度之维度的事实,大大提高各种注入制程的精确度是可能的。本工艺制程的许多阶段,例如环形注入和单边埋带需要高精度地,在高倾斜角度实施注入。通过将工件绕轴倾斜,其中此轴垂直于具有更高平行度的维度,该等制程的角度精确度可大大提高。

[0063] 虽然本发明结合如上所公开的具体实施例来描述,但,于所属本领域的技术人员而言,许多变更和修改是显而易见的。因此,本发明所提出的实施例仅意图作为说明,而不是用来限制本发明。在不偏离本发明精神的前提下,可设想出各种实施例。

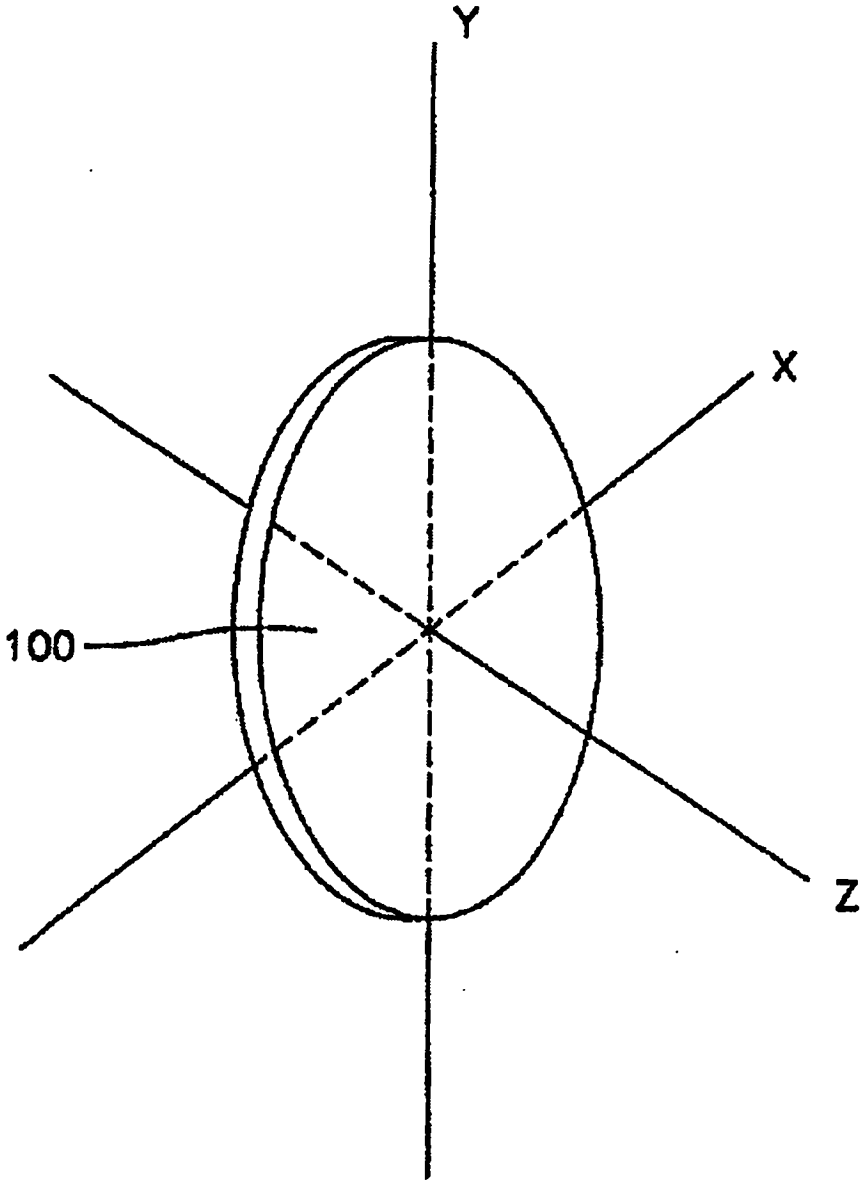


图 1 现有技术

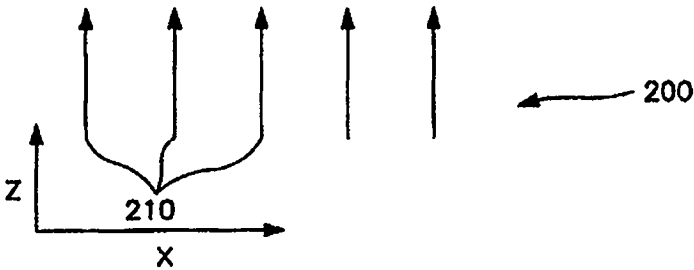


图 2a

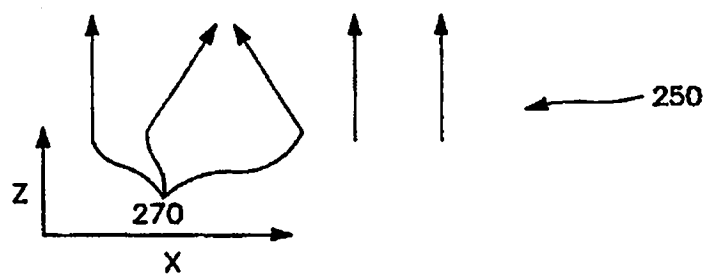


图 2b

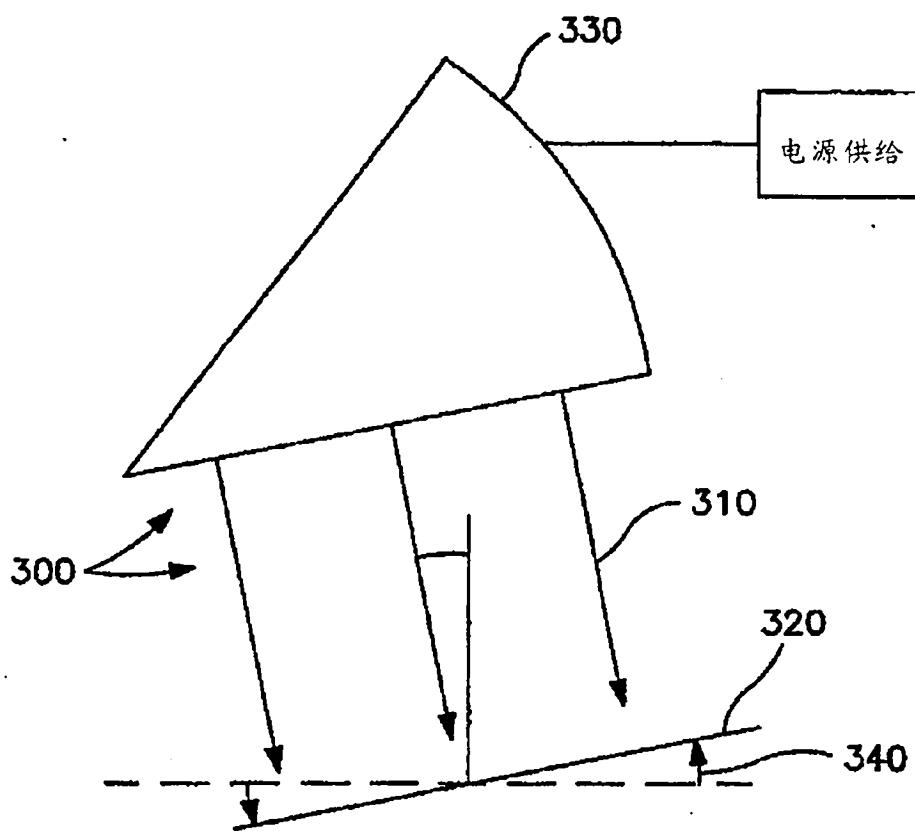


图 3

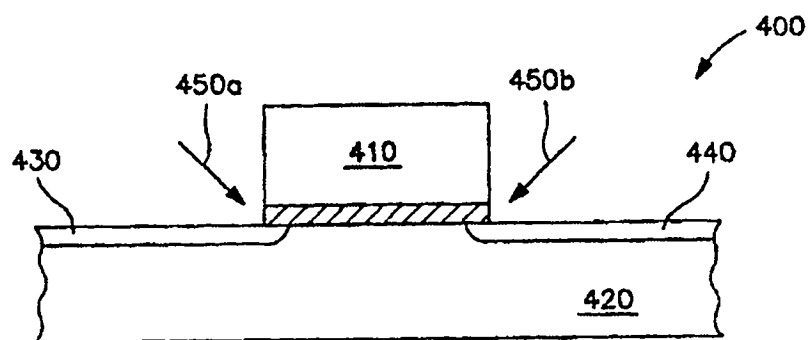


图 4

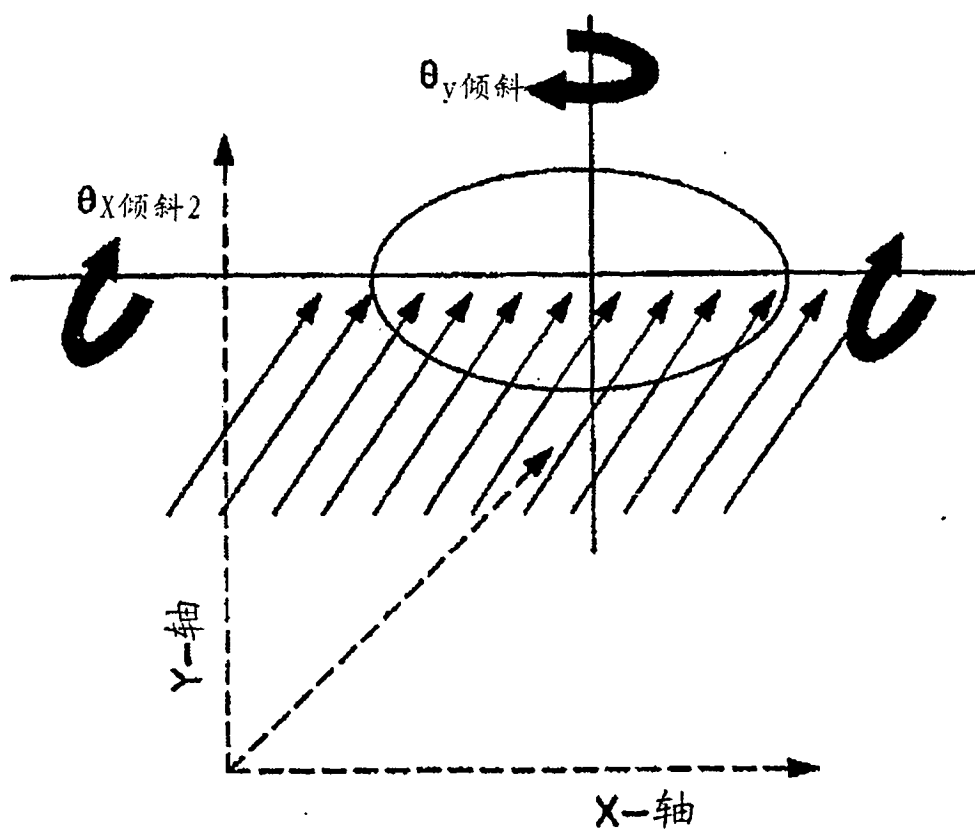


图 5

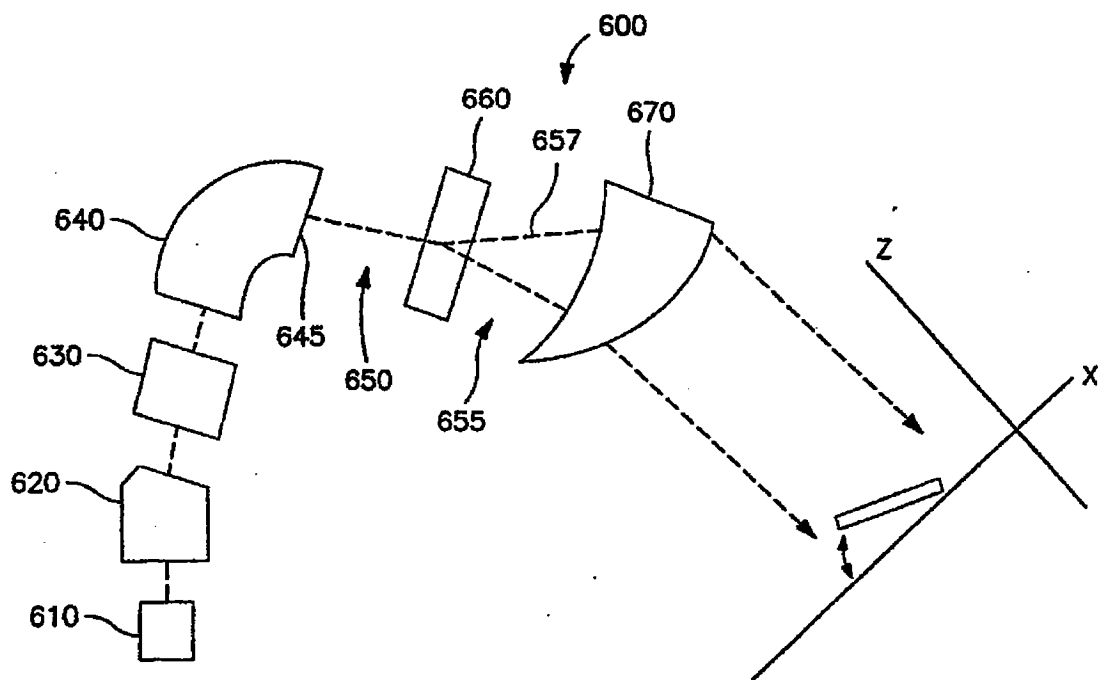


图 6

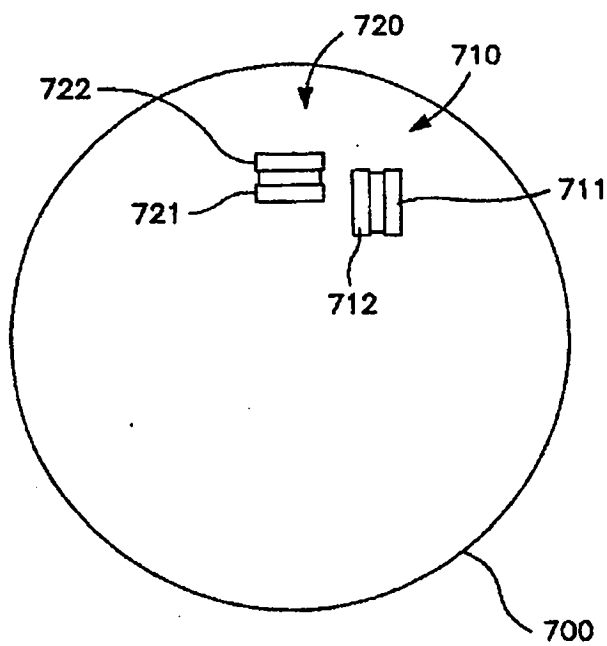


图 7a

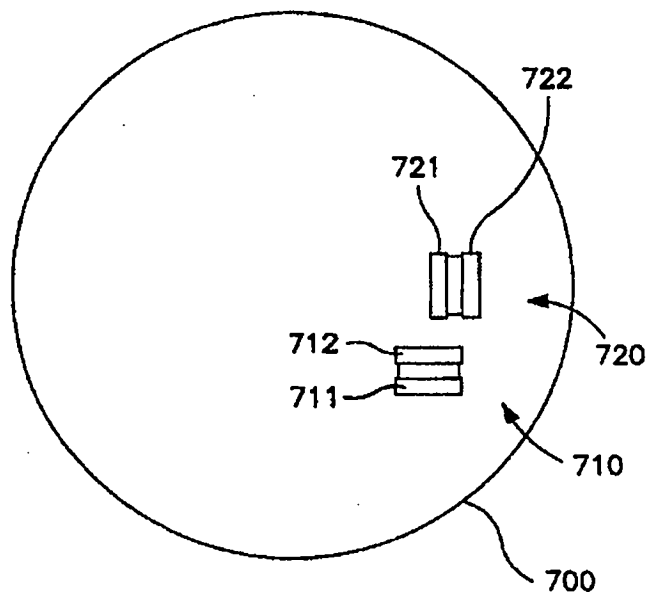


图 7b

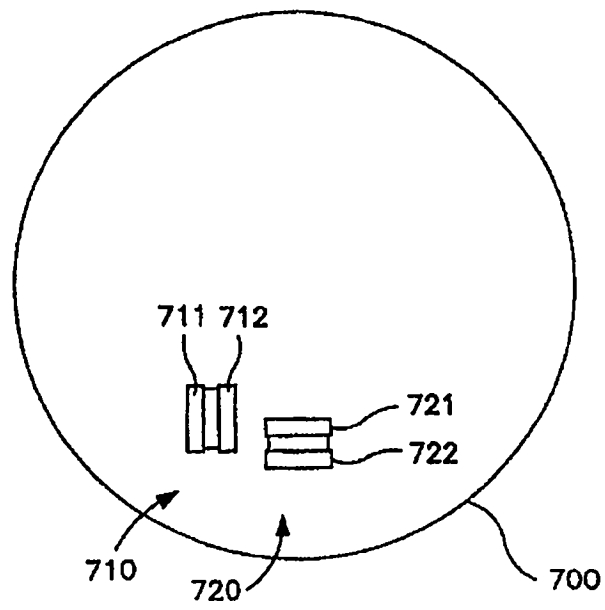


图 7c

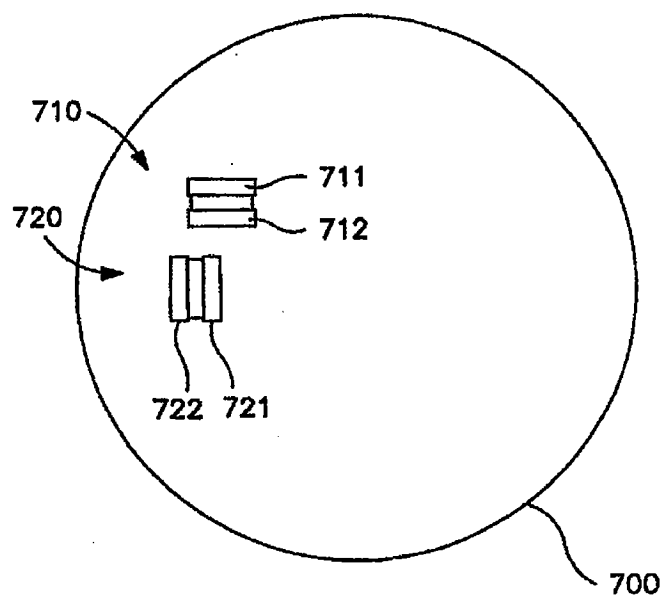


图 7d

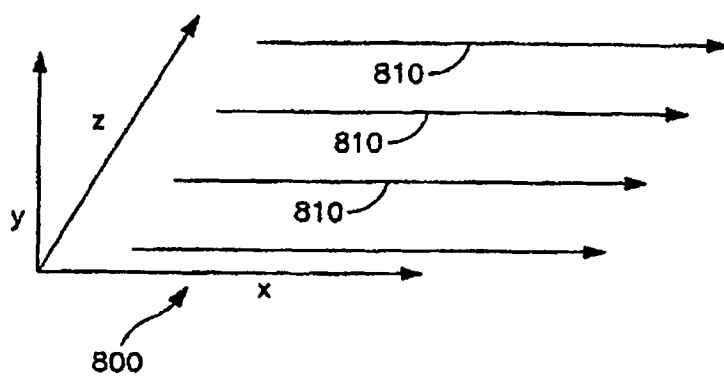


图 8a

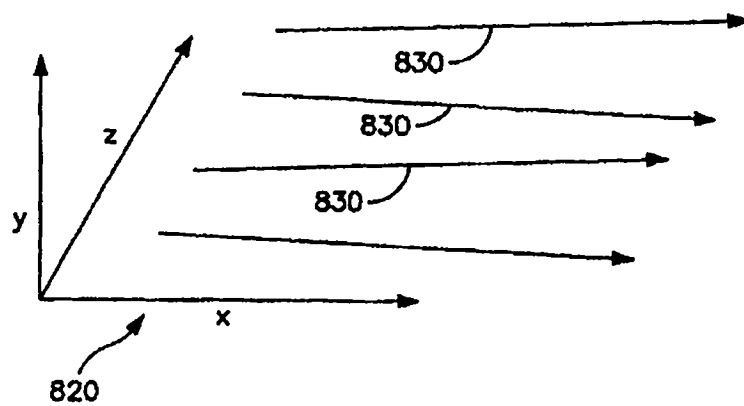


图 8b

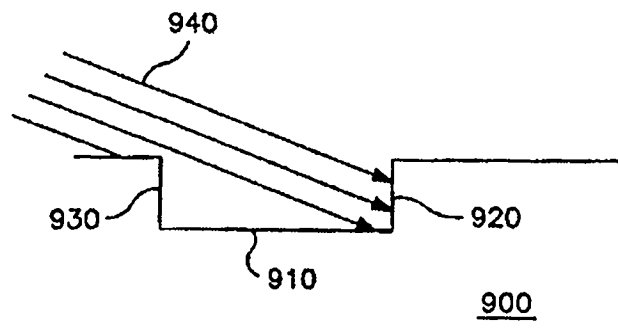


图 9

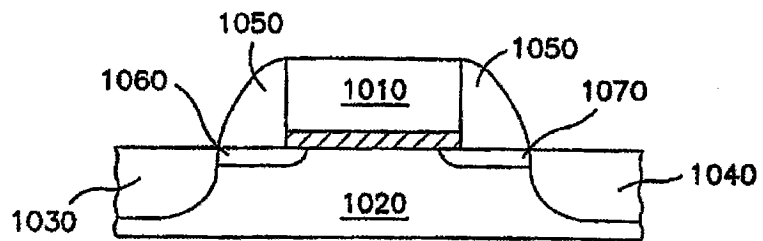


图 10