



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 102983050 A

(43) 申请公布日 2013. 03. 20

(21) 申请号 201110262822. 3

(22) 申请日 2011. 09. 06

(71) 申请人 上海凯世通半导体有限公司

地址 201203 上海市浦东新区张江高科技园
区牛顿路 200 号 7 号楼 1 号

(72) 发明人 钱锋

(74) 专利代理机构 上海智信专利代理有限公司

31002

代理人 薛琦 王婧荷

(51) Int. Cl.

H01J 37/317(2006. 01)

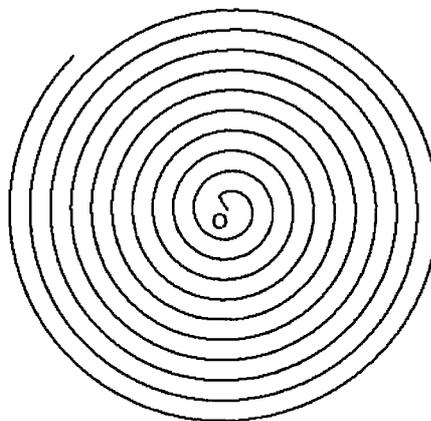
权利要求书 2 页 说明书 6 页 附图 5 页

(54) 发明名称

离子注入设备

(57) 摘要

本发明公开了一种离子注入设备,其包括一制程真空腔、一用于移动工件的工件移动装置以及一用于移动离子束的离子束移动装置,该工件移动装置和该离子束移动装置用于协同运行以在该制程真空腔中完成离子束对工件的注入,所述离子束为斑状束流,该工件移动装置和该离子束移动装置使离子束在工件表面上的注入轨迹为螺旋线。本发明的该离子注入设备能够提高离子束的利用率、保证注入的剂量均匀性和角度均匀性、降低离子束的束流调整难度及耗时、提高离子注入的生产效率、降低设备的机械设计难度及制造费用、并提高设备的运行稳定性。



1. 一种离子注入设备,其包括一制程真空腔、一用于移动工件的工件移动装置以及一用于移动离子束的离子束移动装置,该工件移动装置和该离子束移动装置用于协同运行以在该制程真空腔中完成离子束对工件的注入,所述离子束为斑状束流,其特征在于,该工件移动装置和该离子束移动装置使离子束在工件表面上的注入轨迹为螺旋线。

2. 如权利要求 1 所述的离子注入设备,其特征在于,所述工件为晶圆。

3. 如权利要求 2 所述的离子注入设备,其特征在于,该工件移动装置和该离子束移动装置使离子束在工件表面上的注入轨迹为一螺旋中心位于工件表面的中心处的等距螺旋线。

4. 如权利要求 2 所述的离子注入设备,其特征在于,该工件移动装置和该离子束移动装置使离子束在工件表面上的注入轨迹为两根相同的等距螺旋线,该两根等距螺旋线的螺旋中心均位于工件表面的中心处、但相互错位 180° 。

5. 如权利要求 2 所述的离子注入设备,其特征在于,该工件移动装置和该离子束移动装置使离子束在工件表面上的注入轨迹为至少三根等距螺旋线,该至少三根等距螺旋线的螺旋中心均位于工件表面的中心处。

6. 如权利要求 1-5 中任意一项所述的离子注入设备,其特征在于,所述离子束的束流强度分布为近高斯分布或近三角分布。

7. 如权利要求 1-5 中任意一项所述的离子注入设备,其特征在于,该工件移动装置包括:

一密封地穿设于该制程真空腔的腔壁上的滑动杆,该滑动杆能够轴向运动以及绕轴向旋转;

一固设于该滑动杆的位于该制程真空腔中的一端处的工件支架,该工件支架用于固定工件、并能够支承工件在工件表面的平面内绕工件表面的中心旋转。

8. 如权利要求 7 所述的离子注入设备,其特征在于,该离子束移动装置用于使离子束的位置固定,该工件移动装置用于通过该滑动杆的绕轴向旋转使工件与离子束之间呈一预设注入角度、并通过该滑动杆的轴向运动使工件沿该滑动杆的轴向移动、同时通过该工件支架使工件在工件表面的平面内绕工件表面的中心旋转。

9. 如权利要求 7 所述的离子注入设备,其特征在于,该离子束移动装置用于使离子束做一维扫描,该工件移动装置用于通过该滑动杆的绕轴向旋转使工件与离子束之间呈一预设注入角度、并通过该工件支架使工件在工件表面的平面内绕工件表面的中心旋转。

10. 如权利要求 7 所述的离子注入设备,其特征在于,该离子束移动装置用于使离子束做一维扫描,该工件移动装置用于通过该滑动杆的绕轴向旋转使工件与离子束之间呈一预设注入角度、并通过该滑动杆的轴向运动使工件沿该滑动杆的轴向移动、同时通过该工件支架使工件在工件表面的平面内绕工件表面的中心旋转。

11. 如权利要求 7 所述的离子注入设备,其特征在于,该离子注入设备包括两个以上的所述工件移动装置,这些工件移动装置用于交替地、连续地与该离子束移动装置协同运行,以交替地、连续地完成离子束对各工件移动装置上的工件的注入。

12. 如权利要求 11 所述的离子注入设备,其特征在于,所述工件移动装置的数量为两个,该两个工件移动装置的滑动杆的轴向均沿横向或均沿纵向。

13. 如权利要求 11 所述的离子注入设备,其特征在于,所述工件移动装置的数量为三

个或四个, 这些工件移动装置中的两个工件移动装置的滑动杆的轴向均沿横向、其余工件移动装置的滑动杆的轴向均沿纵向, 或者, 这些工件移动装置中的两个工件移动装置的滑动杆的轴向均沿纵向、其余工件移动装置的滑动杆的轴向均沿横向。

离子注入设备

技术领域

[0001] 本发明涉及半导体制造领域,特别是涉及一种离子注入设备。

背景技术

[0002] 离子注入技术是把某种元素的原子电离成离子,并使其在几十至几百千伏的电压下进行加速,在获得较高速度后射入置于真空靶室中的工件表面的一种离子束技术。工件在经过离子注入后,其表面的物理、化学及机械性能均会发生显著的改变。

[0003] 目前,采用离子注入技术在单晶或多晶硅中掺杂,已经成为了制造现代集成电路的一种常规工艺过程。由于半导体产品的生产逐渐趋向于较大的半导体晶圆(从8英寸到12英寸,而现在已向18英寸发展),单晶圆工艺(一次处理一片晶圆)最近已被广泛地采用。

[0004] 随着晶圆工件越来越大,一方面,离子注入所需的时间越来越长,因此要想达到一定的注入剂量均匀性和注入角度均匀性也越来越难,另一方面,单晶圆工艺对注入到晶圆工件的离子束的束流角度分布和均匀性的要求又十分严格,因此这便给针对离子束的束流角度分布和束流强度分布的控制技术提出了新的较高的要求。

[0005] 到目前为止,人们已经陆续提出了下述的几种离子注入技术:

[0006] 第一类离子注入技术所采用的是带状束流。所谓带状束流是指,该离子束横截面的高宽比非常大,即其横截面在高度方向上的尺寸远大于宽度方向上的尺寸,当然这里的“高度方向”和“宽度方向”仅表示相对方向而非绝对方向。这类技术的典型例子如美国专利5,350,926和7,326,941所述。在这类技术中,将离子束横截面在高度方向上的尺寸调节为超过晶圆工件的尺寸,并把离子束在该高度方向上的束流角度分布和束流强度分布调整均匀,然后使离子束相对于工件在该宽度方向上做扫描运动,便可以完成对工件的离子注入加工。这类技术的优点是:简单易行、注入剂量均匀性较高、生产效率较高。而该类技术的缺点则是:1)随着晶圆工件的尺寸越来越大,要想在将离子束横截面在该高度方向上的尺寸调节为超过晶圆工件的尺寸的情况下,将离子束在该高度方向上的束流角度分布和束流强度分布均调整均匀已经变得越来越困难,随之而来的便是调整束流所需的时间越来越长,这会对生产效率造成很大的影响;2)角度和剂量分布的耦合性还会使注入角度的控制变得比较困难,这容易导致产品的良品率降低;3)由于晶圆是圆形的,因此离子束在扫描的过程中会不断地进出晶圆,这会使得部分的离子束最终打在了晶圆外面,从而造成大量的离子束被浪费掉。

[0007] 第二类技术采用的是斑状束流。这类技术的典型例子如美国专利7,326,941和7,276,712所述。斑状束流的横截面尺寸相对于晶圆尺寸来说较小,因此通常是使离子束相对于晶圆工件做二维扫描运动,图1-4所示便为几种常见的扫描方式,其中的实线表示的均是离子束第一轮在晶圆的表面上扫描通过时的注入轨迹,而虚线表示的则均是在晶圆旋转180°后离子束第二轮在晶圆的表面上扫描通过时的注入轨迹。该类技术的优点为:相对于采用带状束流的技术而言,注入剂量的均匀性以及注入角度的均匀性均更好。然而,

该类技术的缺点也是比较显著的：1) 离子束的扫描次数过多，导致生产效率不高，尤其是当晶圆的注入剂量要求较低的时候，由于出于注入均匀性的考虑仍然需要满足一定的扫描次数，此时甚至需要降低束流流强来满足注入剂量的要求，这对生产效率的提高非常不利；2) 与采用带状束流的技术一样，离子束在扫描的过程中会不断地进晶圆，因此同样会有部分的离子束打在了晶圆外面，造成大量的离子束被浪费掉；3) 离子束与晶圆之间的相对二维扫描运动实际上是通过使用于固定晶圆的工件支架做高速的一维直线式或圆弧式轨迹的往复机械扫描来实现的，而这样的工件移动装置的机械设计难度显然较高，并且制造费用也会较高，在运行时的稳定性也会较差；4) 工件支架除了需要高速扫描以外，还需要在与扫描方向相垂直的方向上逐渐步进，这使得工件移动装置所需实现的运动模式更加复杂，机械设计难度进一步提高，制造费用进一步提高，而运行稳定性则进一步降低。

发明内容

[0008] 本发明要解决的技术问题是为了克服现有技术中的离子注入技术生产效率较低、离子束利用率较低、机械设计难度较高的缺陷，提供一种能够提高离子束的利用率、保证注入的剂量均匀性和角度均匀性、降低离子束的束流调整难度及耗时、提高离子注入的生产效率、降低设备的机械设计难度及制造费用、并提高设备的运行稳定性的离子注入设备。

[0009] 本发明是通过下述技术方案来解决上述技术问题的：一种离子注入设备，其包括一制程真空腔、一用于移动工件的工件移动装置以及一用于移动离子束的离子束移动装置，该工件移动装置和该离子束移动装置用于协同运行以在该制程真空腔中完成离子束对工件的注入，所述离子束为斑状束流，其特点在于，该工件移动装置和该离子束移动装置使离子束在工件表面上的注入轨迹为螺旋线。

[0010] 较佳地，所述工件为晶圆。

[0011] 较佳地，该工件移动装置和该离子束移动装置使离子束在工件表面上的注入轨迹为一螺旋中心位于工件表面的中心处的等距螺旋线。

[0012] 较佳地，该工件移动装置和该离子束移动装置使离子束在工件表面上的注入轨迹为两根相同的等距螺旋线，该两根等距螺旋线的螺旋中心均位于工件表面的中心处、但相互错位 180° 。

[0013] 较佳地，该工件移动装置和该离子束移动装置使离子束在工件表面上的注入轨迹为至少三根等距螺旋线，该至少三根等距螺旋线的螺旋中心均位于工件表面的中心处。

[0014] 较佳地，所述离子束的束流强度分布为近高斯分布或近三角分布。

[0015] 较佳地，该工件移动装置包括：一密封地穿设于该制程真空腔的腔壁上的滑动杆，该滑动杆能够轴向运动以及绕轴向旋转；一固设于该滑动杆的位于该制程真空腔中的一端处的工件支架，该工件支架用于固定工件、并能够支承工件在工件表面的平面内绕工件表面的中心旋转。

[0016] 较佳地，该离子束移动装置用于使离子束的位置固定，该工件移动装置用于通过该滑动杆的绕轴向旋转使工件与离子束之间呈一预设注入角度、并通过该滑动杆的轴向运动使工件沿该滑动杆的轴向移动、同时通过该工件支架使工件在工件表面的平面内绕工件表面的中心旋转。

[0017] 较佳地，该离子束移动装置用于使离子束做一维扫描，该工件移动装置用于通过

该滑动杆的绕轴向旋转使工件与离子束之间呈一预设注入角度、并通过该工件支架使工件在工件表面的平面内绕工件表面的中心旋转。

[0018] 较佳地,该离子束移动装置用于使离子束做一维扫描,该工件移动装置用于通过该滑动杆的绕轴向旋转使工件与离子束之间呈一预设注入角度、并通过该滑动杆的轴向运动使工件沿该滑动杆的轴向移动、同时通过该工件支架使工件在工件表面的平面内绕工件表面的中心旋转。

[0019] 较佳地,该离子注入设备包括两个以上的所述工件移动装置,这些工件移动装置用于交替地、连续地与该离子束移动装置协同运行,以交替地、连续地完成离子束对各工件移动装置上的工件的注入。

[0020] 较佳地,所述工件移动装置的数量为两个,这两个工件移动装置的滑动杆的轴向均沿横向或均沿纵向。

[0021] 较佳地,所述工件移动装置的数量为三个或四个,这些工件移动装置中的两个工件移动装置的滑动杆的轴向均沿横向、其余工件移动装置的滑动杆的轴向均沿纵向,或者,这些工件移动装置中的两个工件移动装置的滑动杆的轴向均沿纵向、其余工件移动装置的滑动杆的轴向均沿横向。

[0022] 本发明的积极进步效果在于:

[0023] 1、得益于螺旋线式的注入轨迹,在本发明中,离子束只需进出晶圆工件一次,便可以均匀地把晶圆上所需的注入剂量注入完毕,这能够将离子束的利用率提升至最佳程度。

[0024] 2、在本发明中,由于离子束与工件之间进行的是相对的旋转运动,因此工件表面上的各个位置与离子束之间的相对角度将始终不变,这样一来,只要将离子束与工件表面上某一位置之间的相对角度调整至预设的注入角度,便可以保证整个工件表面上的注入角度均匀性。

[0025] 3、在本发明中,工件只需在工件表面的平面内做机械旋转运动,以及可选地再同时做较慢的一维机械运动,而无需再像现有技术中那样进行高速的一维直线式或圆弧式轨迹的往复机械扫描运动以及较慢的另一维机械步进运动,由于一方面降低了线性机械运动的维数,另一方面机械旋转运动的实现难度相较于一维直线式或圆弧式往复机械扫描的实现难度又要低得多,因此本发明将能够大幅地降低设备的机械设计难度、降低设备的制造成本,并同时提升设备的运行稳定性。

[0026] 4、当螺旋线式注入轨迹的圈数足够多、且圈与圈之间的步进间距足够小时,本发明几乎不用再耗时耗力地预先调整离子束的束流强度分布,在注入制程之后便可以直接满足注入剂量的均匀性要求,这将能够大幅地减少注入开始之前的束流状态调整时间,提高生产效率。

附图说明

[0027] 图 1 为现有的离子注入技术所采用的第一种注入轨迹的示意图。

[0028] 图 2 为现有的离子注入技术所采用的第二种注入轨迹的示意图。

[0029] 图 3 为现有的离子注入技术所采用的第三种注入轨迹的示意图。

[0030] 图 4 为现有的离子注入技术所采用的第四种注入轨迹的示意图。

[0031] 图 5 为本发明的该离子注入设备所采用的第一种注入轨迹的示意图。

- [0032] 图 6 为本发明的该离子注入设备所采用的第二种注入轨迹的示意图。
- [0033] 图 7 为本发明的该离子注入设备所采用的第一种注入方式的示意图。
- [0034] 图 8 为本发明的该离子注入设备所采用的第二种注入方式的示意图。
- [0035] 图 9 为本发明的该离子注入设备采用两个工件移动装置时的示意图。
- [0036] 图 10 为本发明的该离子注入设备采用三个工件移动装置时的示意图。

具体实施方式

[0037] 下面结合附图给出本发明较佳实施例,以详细说明本发明的技术方案。

[0038] 参考图 7-10 所示,本发明的该离子注入设备与现有的离子注入设备同样地包括有一制程真空腔 1、一用于移动工件 2 的工件移动装置 3 以及一用于移动离子束 4 的离子束移动装置,该工件移动装置 3 与该离子束移动装置相互协作使离子束 4 与工件 2 之间进行相对运动,以完成离子束对工件表面的注入加工,其中,本发明所针对的是采用斑状束流来执行离子注入的应用场合。

[0039] 与现有技术不同的是,参考图 5 和图 6 所示,本发明对离子束 4 与工件 2 之间的相对运动模式进行了改进,使离子束 4 在工件 2 表面上沿一螺旋线式的注入轨迹来执行离子注入。由此可见,本发明的该离子注入设备特别适用于对待注入区域呈圆形的工件进行加工,其中,晶圆便是一个较佳的加工对象。

[0040] 图 5 所示为本发明的该离子注入设备可以采用的第一种注入轨迹,该注入轨迹为一螺旋中心 0 位于工件 2 表面的中心处的等距螺旋线。从图中可以看出,此时,离子束 4 仅在开始对该工件 2 进行离子注入以及结束对该工件 2 的离子注入时才会进出一次工件,而在该两个时间点之间的整个时段中,该离子束 4 均将打进该工件 2 的表面中,由此始终保持对该工件 2 的有效加工,这便使得对离子束的利用率提升至了最佳程度。

[0041] 另外,由于图 5 所示的该螺旋线的圈与圈之间始终保持等距,因此操作人员只需根据离子束的横截面尺寸以及预设的注入均匀性要求,适当地调整该螺旋线式相对运动的圈数以及圈与圈之间的步进间距的大小,同时根据预设的注入剂量的要求,适当地调整该螺旋线式相对运动的螺旋速度,便可以充分地保证满足注入剂量均匀性以及注入剂量的参数要求。而至于注入角度均匀性的参数要求,则更容易满足,由于离子束 4 与该工件 2 之间仅做相对的螺旋运动,因此只需将该工件 2 表面上某一位置与离子束 4 之间的相对角度调整至预设的注入角度,便可以充分地保证整个工件 2 上的注入角度均匀性。

[0042] 图 5 所示的该注入轨迹较为适于在既定螺旋运动圈数较多、且既定螺旋速度较快的情况下使用,而在既定螺旋运动圈数较少、且既定螺旋速度较慢的情况下,则可以采用图 6 所示的第二种注入轨迹。图 6 中的该注入轨迹由两根相同的等距螺旋线构成,该两根螺旋线的螺旋中心 0 在工件 2 表面的中心处重合,但该两根螺旋线的位置相互错位 180° ,这样一来,若其中一根螺旋线的圈与圈之间的步进间距为 L 的话,那么相邻的分属于不同螺旋线的两圈轨迹之间的步进间距便将为 $0.5L$ 。如图 6 所示,在实际注入时,相对于工件 2,离子束 4 可以沿着其中一根螺旋线逐圈向工件 2 表面的中心旋进,并沿着另一根螺旋线逐圈旋出。

[0043] 然而,本发明中可以采用的注入轨迹并不受上述的第一种和第二种注入轨迹的限制,根据离子束的具体横截面尺寸以及预设的具体的注入均匀性要求,操作人员也可以灵

活地采用其它的注入轨迹,例如采用由三根或三根以上的等距螺旋线构成的注入轨迹,并且保证这些螺旋线的螺旋中心均在工件表面的中心处重合。由于这些实施方式均与上述的实施方式类似,故在此不做赘述。

[0044] 在开始实际注入之前,通常需要通过束流光学元件把离子束的束流强度分布调整为近高斯分布或是近三角分布,以保证注入的均匀性,然而,在本发明中,当螺旋运动的圈数足够多、且圈与圈之间的步进间距足够小时,甚至可以几乎不用预先调整束流强度分布,直接就可以保证在注入完毕之后满足注入剂量均匀性的参数要求。

[0045] 在本发明中,离子束移动装置可以利用各种公知的电扫描或者磁扫描技术来实现,故在此不做赘述。

[0046] 而对于工件移动装置 3 而言,参考图 7-10 所示,其中一个较佳的结构可以包括一滑动杆 31 以及一工件支架 32。该滑动杆 31 利用空气轴承密封地穿设于该制程真空腔 1 的腔壁上,一端处于大气环境中、另一端处于真空环境中,其能够在马达的驱动之下沿其自身的轴向做一维运动,还可以绕其自身的轴向进行旋转。该工件支架 32 则固设于该滑动杆 31 的位于该制程真空腔 1 中的一端处,其可以利用公知的电磁原理或是采用机械手段将工件固定在其上。并且,该工件支架 32 能够在马达的驱动之下带动工件 2 在工件表面的平面内绕工件表面的中心做旋转运动。

[0047] 这样一来,利用该滑动杆 31 的轴向运动、绕轴向旋转以及该工件支架 32 的旋转,便可以灵活地倾斜工件、旋转工件或是一维移动工件。

[0048] 通过使离子束的位置固定不变或是使离子束在任意方向上做一维扫描,同时结合工件的旋转,以及可选地再额外结合工件的一维移动,便可以合成离子束与工件之间的上述螺旋线式相对运动,具体的合成方式可以有多种,这些合成方式均可以利用公知的物理学运动合成原理计算获得,故其具体的计算实现方法在此不做赘述,以下仅示例性地对其中三种合成方式进行说明。

[0049] 第一种合成方式:参考图 7,该离子束移动装置使离子束的位置固定,该工件移动装置 3 通过该滑动杆 31 的绕轴向旋转使工件 2 与离子束 4 之间满足预设的注入角度,并通过该滑动杆 31 的轴向运动使工件沿该滑动杆 31 的轴向做较慢的一维移动、同时通过该工件支架 32 使工件在工件表面的平面内绕工件表面的中心做高速的旋转运动,从而利用工件的该较慢的一维移动和该高速的旋转运动合成上述的螺旋线式相对运动。

[0050] 第二种合成方式:参考图 8,该离子束移动装置使离子束沿例如纵向做较慢的一维扫描,该工件移动装置 3 通过该滑动杆 31 的绕轴向旋转使工件 2 与离子束 4 之间满足预设的注入角度,并通过该工件支架 32 使工件在工件表面的平面内绕工件表面的中心做高速的旋转运动,从而利用离子束的该较慢的一维扫描与工件的该高速的旋转运动合成上述的螺旋线式相对运动。

[0051] 第三种合成方式:该离子束移动装置使离子束做任意方向上的较慢的一维扫描,该工件移动装置 3 通过该滑动杆 31 的绕轴向旋转使工件 2 与离子束 4 之间满足预设的注入角度,并通过该滑动杆 31 的轴向运动使工件沿该滑动杆 31 的轴向做较慢的一维移动,同时通过该工件支架 32 使工件在工件表面的平面内绕工件表面的中心做高速的旋转运动,从而利用离子束的该较慢的一维扫描与工件的该较慢的一维移动合成一较慢的一维相对运动,然后再由该较慢的一维相对运动与工件的该高速旋转运动合成上述的螺旋线式相对

运动。

[0052] 如图 9 和图 10 所示,本发明的该离子注入设备中甚至可以包括有两个以上的该工件移动装置 3,例如图 9 中包括有两个该工件移动装置 3,它们的滑动杆 31 均沿水平方向,而在图 10 中则包括有三个该工件移动装置 3,其中两个的滑动杆 31 沿水平方向,而另一个的滑动杆 31 则沿竖直方向,当然,本领域技术人员可以根据实际需要对工件移动装置 3 的数量以及各个工件移动装置 3 的位置进行灵活的设计。在这种情况下,这些工件移动装置 3 交替地并且连续地运行,即当其中一个工件移动装置 3 上的工件正处于离子注入过程中时,其它工件移动装置 3 则可以执行工件的装载或卸载过程,这样便可以最大程度地有效利用离子束,从而极大地提高本发明的该离子注入设备的生产效率。

[0053] 综上所述,本发明的该离子注入设备能够提高离子束的利用率、保证注入的剂量均匀性和角度均匀性、降低离子束的束流调整难度及耗时、提高离子注入的生产效率、降低设备的机械设计难度及制造费用、并提高设备的运行稳定性。

[0054] 虽然以上描述了本发明的具体实施方式,但是本领域的技术人员应当理解,这些仅是举例说明,本发明的保护范围是由所附权利要求书限定的。本领域的技术人员在不背离本发明的原理和实质的前提下,可以对这些实施方式做出多种变更或修改,但这些变更和修改均落入本发明的保护范围。

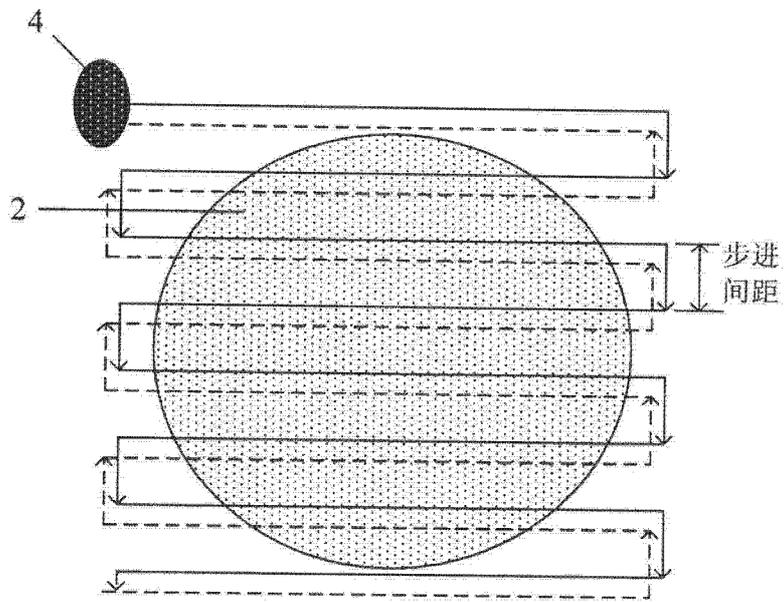


图 1

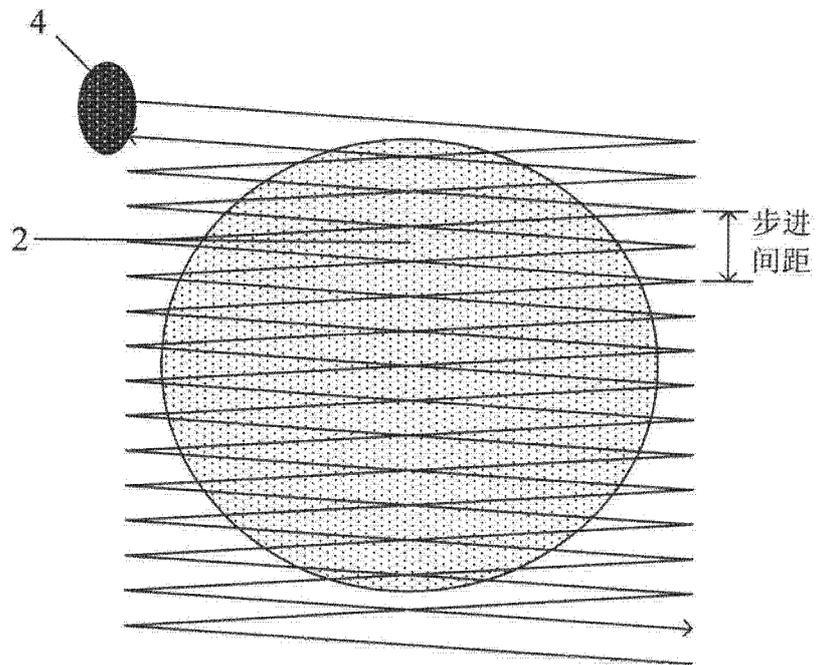


图 2

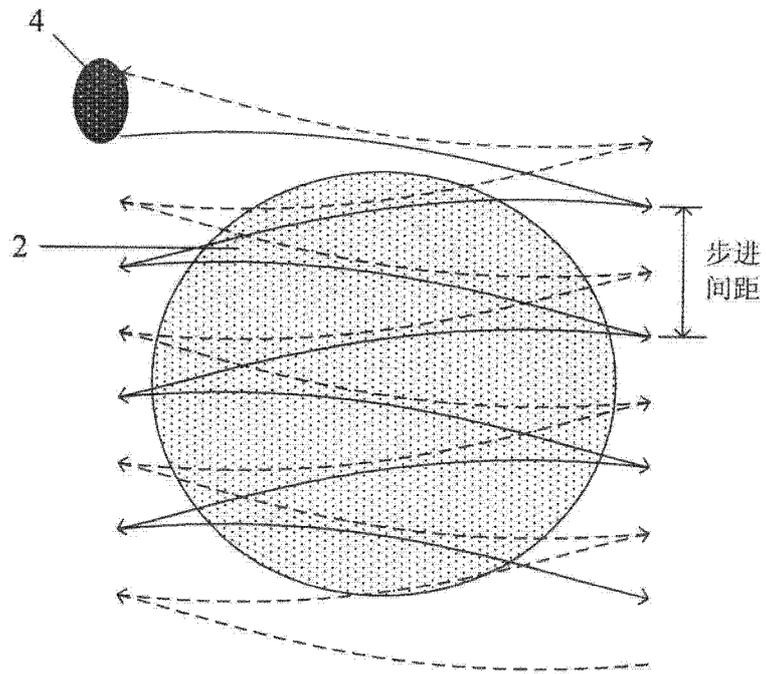


图 3

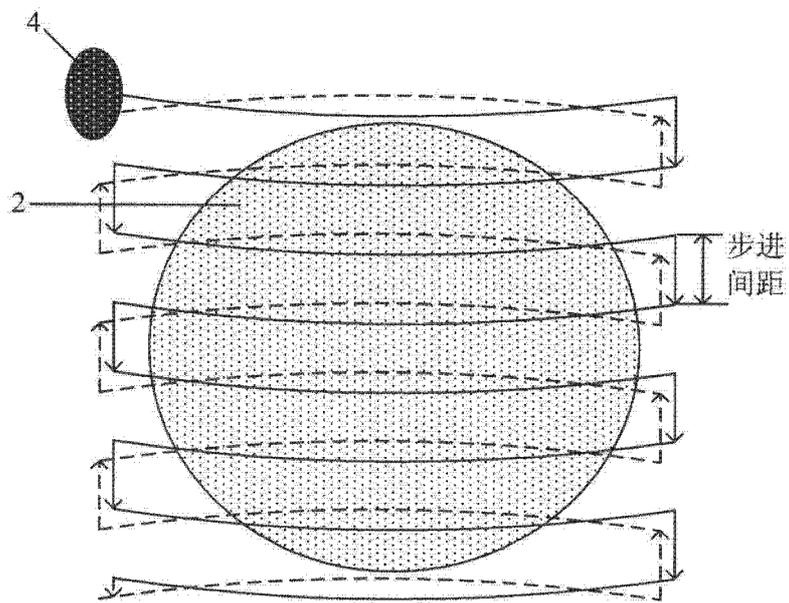


图 4

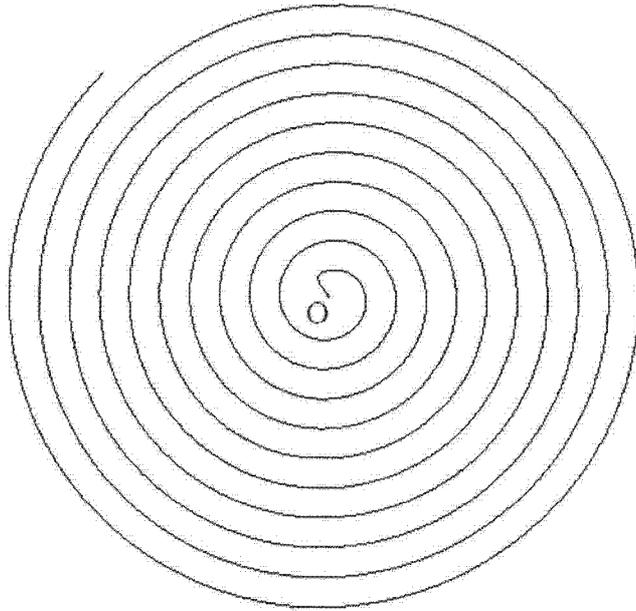


图 5

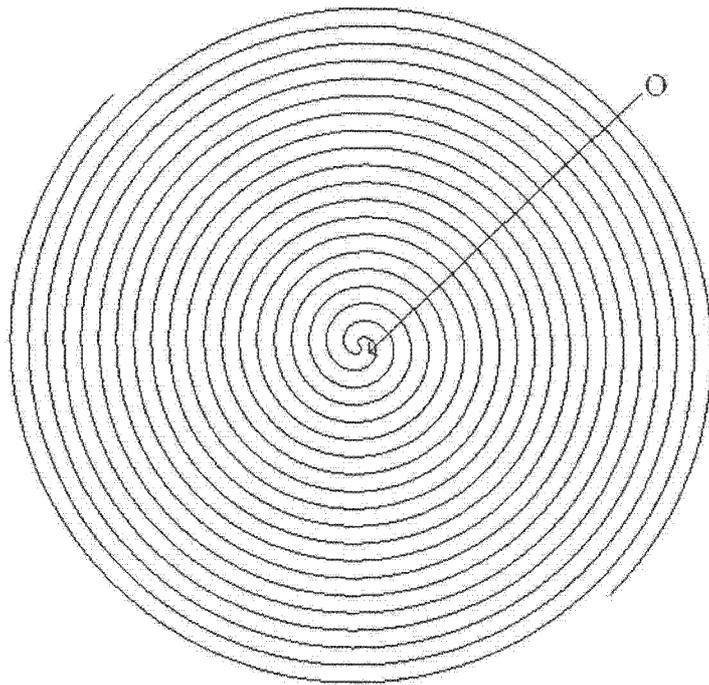


图 6

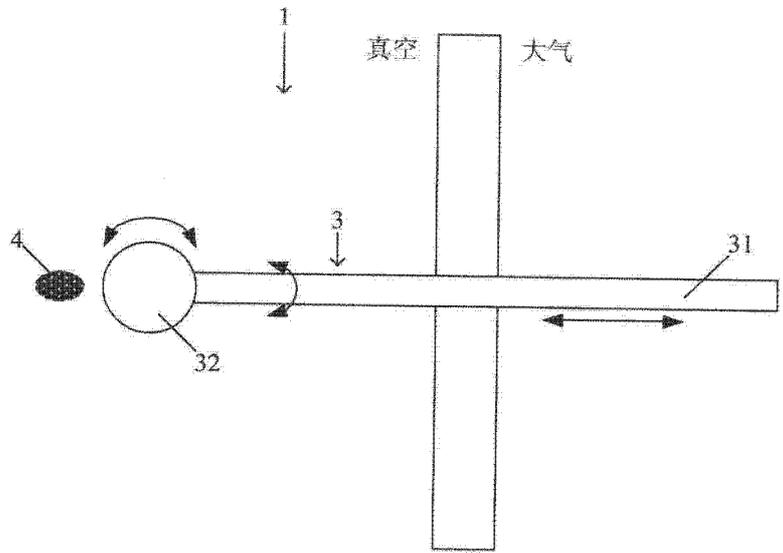


图 7

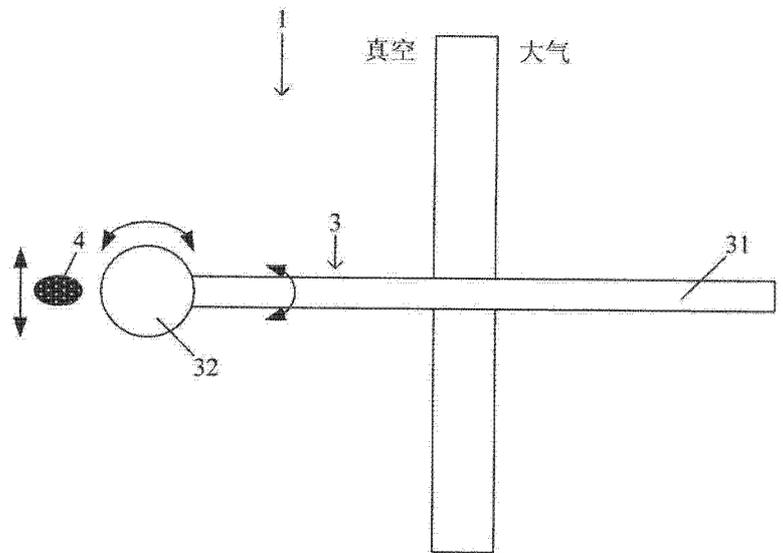


图 8

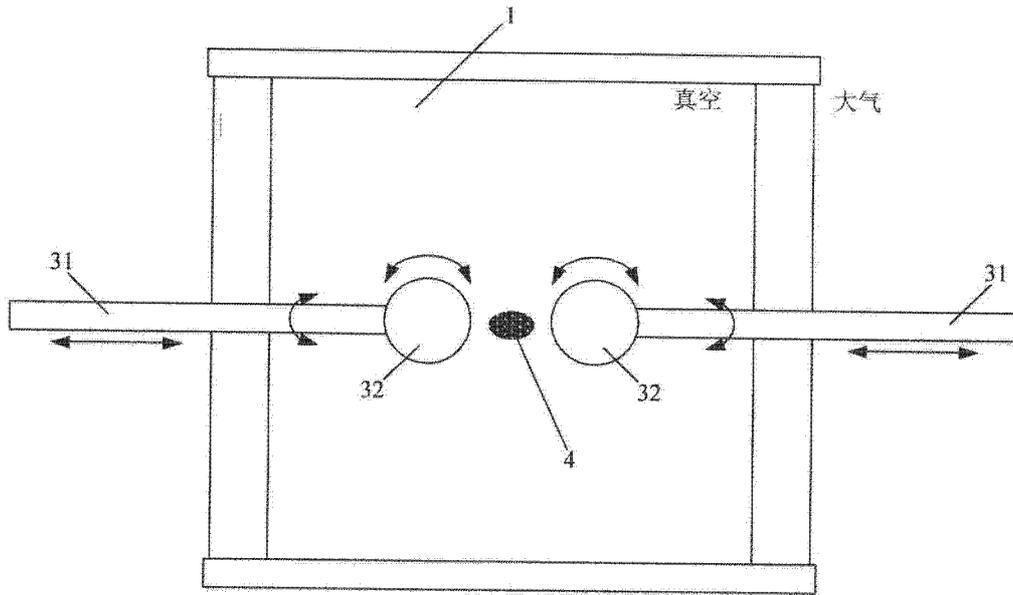


图 9

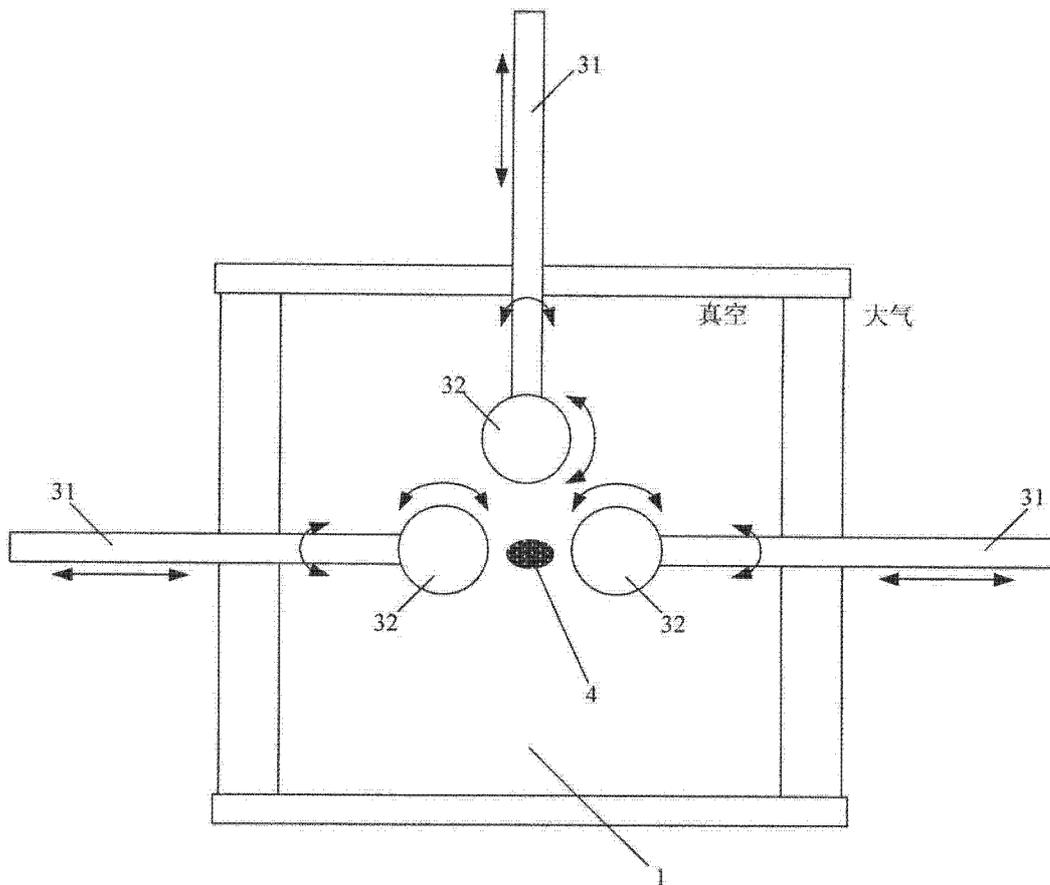


图 10