

用于硅片的外延生长的基座、装置及方法、外延硅晶圆

相关申请的交叉引用

本申请主张在 2024 年 4 月 25 日在中国提交的中国专利申请 No. 202410508018.6 的优先权，其全部内容通过引用包含于此。

技术领域

本公开涉及半导体制造技术领域，尤其涉及一种用于硅片的外延生长的基座、装置及方法、外延硅晶圆。

背景技术

在单晶抛光晶圆上生长一层单晶薄膜称为外延硅晶圆。相比抛光晶圆，外延硅晶圆具有表面缺陷少、结晶性优异和电阻率可控的特性，被广泛用于高集成化的集成电路

(Integrated Circuit, IC)元件和金属氧化物半导体场效应晶体管(Metal-Oxide-Semiconductor Field-Effect Transistor, MOS)制程中。一般通过化学气相沉积法对晶圆进行外延生长，首先将晶圆传送至反应腔室承载晶圆的基座上，然后反应腔室升温，达到预设的温度后送入清洁气体(比如氢气)去除晶圆表面的自然氧化物，再送入硅源气体在晶圆正面连续均匀的生长外延层。

晶圆外延层制备主要分为 2 个阶段，第一阶段反应腔室自清洁，通入氢气(H_2)和刻蚀气体(HCl)；第二阶段进行外延层生长，通入氢气(H_2)、硅源气体($SiHCl_3/H_2$)和掺杂气体(B_2H_6/H_2)。第一阶段中，氢气作为主气流运载刻蚀气体(HCl)与沉积在反应腔室的副产物反应，清洁反应腔室；第二阶段，氢气与晶圆表面的自然氧化层反应可以获得洁净的外延衬底，沉积阶段氢气作为主气流运载成膜气体和掺杂气体在晶圆表面生长电阻率可控的外延层。

随着半导体制程工艺的不断发展，对于外延硅晶圆的平坦度要求越来越严格。平坦度不佳的外延硅晶圆可能导致失焦(Defocus)，甚至可能影响到化学机械抛光(Chemical Mechanical Polishing, CMP)的制程，影响产品良率。当外延硅晶圆局部平坦度不佳时，会产生过度抛光或抛光不足的现象；过度抛光可能导致元件的提早崩溃(Early breakdown)，抛光不足可能导致元件接触上的错误。

发明内容

为了解决上述技术问题，本公开提供一种用于硅片的外延生长的基座、装置及方法、外延硅晶圆，能够提高外延硅晶圆的平坦度。

为了达到上述目的，本公开实施例采用的技术方案是：

一种用于硅片的外延生长的基座，包括：

用于承载所述硅片的圆盘形承载部；

从所述圆盘形承载部径向向外延伸的环形周缘，所述环形周缘形成有多个间隔排布的沟槽区域，所述沟槽区域沿所述环形周缘的周向均匀分布，所述沟槽区域呈扇环形，每一所述沟槽区域设置有多个阵列排布的凹坑。

一些实施例中，所述沟槽区域所在扇形对应的圆心角为 40° - 60° 。

一些实施例中，沿所述环形周缘的周向均匀分布有四个沟槽区域。

一些实施例中，所述凹坑的深度为 0.1 毫米-1 毫米；和/或

所述凹坑的面积为 0.1 平方毫米-0.4 平方毫米。

本公开实施例还提供了一种用于硅片的外延生长的装置，包括：

如上所述的基座；

用于容纳所述基座的反应腔室，其中，所述基座将所述反应腔室分隔成上反应腔室和下反应腔室，所述硅片放置在所述上反应腔室中；

用于将硅源气体输送到所述上反应腔室中以在所述硅片上生长外延层的进气口；

用于将外延生长产生的反应尾气排出所述反应腔室的排气口。

本公开实施例还提供了一种用于硅片的外延生长的方法，所述方法应用于如上所述的装置，所述方法包括：

将所述硅片在所述基座上放置成使得所述硅片的<100> 晶体方向与所述环形周缘的沟槽区域的中心轴对准；

经由所述进气口将硅源气体输送到所述上反应腔室中以在所述硅片上生长外延层；

流经所述沟槽区域的所述硅源气体的流量大于流经所述环形周缘其他区域的所述硅源气体的流量，以使在所述硅片上生长的外延层的厚度均匀；

经由所述排气口将外延生长产生的反应尾气排出所述反应腔室。

一些实施例中，所述将所述硅片在所述基座上放置成使得所述硅片的<100> 晶体方向与所述环形周缘的沟槽区域的中心轴对准包括：

获取所述硅片的 V 型槽对应的晶体方向；

若所述 V 型槽在所述硅片的<110>晶体方向，将所述硅片放置在所述基座上，使得所述 V 型槽的中心轴与所述沟槽区域的中心轴之间所成的角度为 45° 。

一些实施例中，所述将所述硅片在所述基座上放置成使得所述硅片的<100> 晶体方向与所述环形周缘的沟槽区域的中心轴对准包括：

获取所述硅片的 V 型槽对应的晶体方向；

若所述 V 型槽在所述硅片的<100>晶体方向，将所述硅片放置在所述基座上，使得所述 V 型槽的中心轴与所述沟槽区域的中心轴之间所成的角度为 0° 。

本公开实施例还提供了一种外延硅晶圆，采用如上所述的用于硅片的外延生长的方法制作得到，

在所述外延硅晶圆的外延层厚度不大于 6 微米时，所述外延硅晶圆的边缘部位正面基

准最小二乘范围 ESFQR 值的最大值不大于 57.1 纳米。

一些实施例中,所述外延硅晶圆的外延层厚度为 3-4 微米时,所述外延硅晶圆的 ESFQR 值的范围为 23-33.9 纳米;所述外延硅晶圆的外延层厚度为 4-6 微米时,所述外延硅晶圆的 ESFQR 值的范围为 37.4-57.1 纳米。

本公开的有益效果是:

本实施例中,在环形周缘形成沟槽区域,沟槽区域设置有多个凹坑,在进行外延生长,向反应腔室通入硅源气体时,由于凹坑的设置,能够使得流经沟槽区域的硅源气体的流量大于流经环形周缘其他区域的硅源气体的流量;硅片不同晶体方向的生长速率不同,在进行外延生长时,可以根据硅片 V 型槽对应的晶体方向将硅片旋转不同的角度,使得硅片的晶体方向与沟槽区域的位置相匹配,将外延层生长速率较慢的晶体方向对准沟槽区域,提高该晶体方向上的外延层生长速率,这样可以对硅片不同晶体方向的外延层生长速率进行补偿,改善外延硅晶圆的平坦度。

附图说明

图 1 表示外延反应腔室气体流动的示意图;

图 2 和图 3 表示硅片晶体方向的示意图;

图 4 表示现有技术制备的外延硅晶圆的边缘平坦度示意图;

图 5 表示现有技术制备外延硅晶圆的流程示意图;

图 6 表示现有技术中用于硅片的外延生长的基座的示意图;

图 7 和图 8 表示本公开实施例用于硅片的外延生长的基座的示意图;

图 9 表示本公开实施例制备外延硅晶圆的流程示意图;

图 10 表示本公开实施例将 V 型槽在<100> 晶体方向的硅片放置在基座上的示意图;

图 11 和图 12 表示本公开实施例将 V 型槽在<110> 晶体方向的硅片放置在基座上的示意图;

图 13 表示本公开实施例制备的外延硅晶圆的边缘平坦度示意图。

具体实施方式

为使本公开实施例的目的、技术方案和优点更加清楚,下面将结合本公开实施例的附图,对本公开实施例的技术方案进行清楚、完整地描述。显然,所描述的实施例是本公开的一部分实施例,而不是全部的实施例。基于所描述的本公开的实施例,本领域普通技术人员所获得的所有其他实施例,都属于本公开保护的范围。

外延硅晶圆的平坦度通常包括边缘部位正面基准最小二乘范围 (Edge Site Frontsurface referenced least sQuares/Range, ESFQR)、部位正面基准最小二乘范围 (Site Frontsurface referenced least sQuares/Range, SFQR)、整体背面-基准理想平面范围 (Global Backsurface-referenced Ideal plane/Range, GBIR)等平坦度指标,其中,ESFQR 用于衡量外

延硅晶圆的边缘平坦度。

图1表示外延反应腔室气体流动的示意图，其中，箭头所示为气体的流动方向，在将硅片(Wafer)传送至外延反应腔室承载硅片的基座(Susceptor)2上后，基座2承载硅片以一定的速率匀速旋转。反应腔室升温达到预设的温度后，送入清洁气体(H_2)经过预热环1和基座2边缘到达硅片表面去除硅片表面的自然氧化物，然后主气流运载成膜气体和掺杂气体经过预热环1和基座2边缘到达硅片表面生长电阻率可控的外延层。

图2和图3表示硅片晶体方向的示意图，如图2所示，如果硅片的三点钟方向是 $0^\circ/360^\circ$ 的径向方向并且是 $\langle 110 \rangle$ 晶体方向的话，则相对于 $0^\circ/360^\circ$ 的径向方向顺时针旋转的 90° 、 180° 和 270° 的径向方向也为硅片的 $\langle 110 \rangle$ 晶体方向，而相对于 $0^\circ/360^\circ$ 的径向方向顺时针旋转的 45° 、 135° 、 225° 和 315° 的径向方向为硅片的 $\langle 100 \rangle$ 晶体方向。也就是说，对于该硅片而言，4个 $\langle 110 \rangle$ 晶体方向与沿硅片的周向间隔 90° 分布的4个径向方向相对应，4个 $\langle 100 \rangle$ 晶体方向同样与沿硅片的周向间隔 90° 分布的4个径向方向相对应，而相邻的 $\langle 110 \rangle$ 晶体方向和 $\langle 100 \rangle$ 晶体方向沿硅片的周向间隔 45° 。如图3所示，为了对硅片进行定位，在硅片3上设置有V型槽4，V型槽4可以对应硅片的 $\langle 100 \rangle$ 晶体方向，也可以对应硅片的 $\langle 110 \rangle$ 晶体方向。

图4表示现有技术制备的外延硅晶圆的边缘平坦度示意图，图4示出了在使用常规的用于硅片的外延生长的基座的情况下，直径为300mm的硅片在距离径向边缘1mm的位置处的ESFQR结果。在图4中，横坐标表示硅片的径向方向的角度，纵坐标表示硅片在对应角度位置处的ESFQR值(单位为纳米)。如图4所示， $0^\circ/360^\circ$ 、 90° 、 180° 和 270° 的径向方向对应硅片的 $\langle 100 \rangle$ 晶体方向区域， 45° 、 135° 、 225° 和 315° 的径向方向对应硅片的 $\langle 110 \rangle$ 晶体方向区域，可以看出， $0^\circ/360^\circ$ 、 90° 、 180° 和 270° 的径向方向位置处的边缘平坦度较好， 45° 、 135° 、 225° 和 315° 的径向方向位置处的边缘平坦度较差。外延硅晶圆 $\langle 100 \rangle$ 晶体方向和 $\langle 110 \rangle$ 晶体方向的边缘平坦度品质波动较大，这是因为单晶硅片不同晶体方向物理特性不同，硅片不同晶体方向的外延层生长速率不同，硅片 $\langle 110 \rangle$ 晶体方向的外延层生长速率大于硅片 $\langle 100 \rangle$ 晶体方向的外延层生长速率。

为了解决上述问题，本公开提供一种用于硅片的外延生长的基座、装置及方法、外延硅晶圆，能够提高外延硅晶圆的平坦度。

本公开实施例提供一种用于硅片的外延生长的基座，包括：

用于承载所述硅片的圆盘形承载部；

从所述圆盘形承载部径向向外延伸的环形周缘，所述环形周缘形成有多个间隔排布的沟槽区域，所述沟槽区域沿所述环形周缘的周向均匀分布，所述沟槽区域呈扇环形，每一所述沟槽区域设置有多个阵列排布的凹坑。

本实施例中，在环形周缘形成沟槽区域，沟槽区域设置有多个凹坑，在进行外延生长，向反应腔室通入硅源气体时，由于凹坑的设置，能够使得流经沟槽区域的硅源气体的流量大于流经环形周缘其他区域的硅源气体的流量；硅片不同晶体方向的生长速率不同，在进

行外延生长时，可以根据硅片 V 型槽对应的晶体方向将硅片旋转不同的角度，使得硅片的晶体方向与沟槽区域的位置相匹配，将外延层生长速率较慢的晶体方向对准沟槽区域，提高该晶体方向上的外延层生长速率，这样可以对硅片不同晶体方向的外延层生长速率进行补偿，改善外延硅晶圆的平坦度。

图 5 表示现有技术制备外延硅晶圆的流程示意图，图 6 表示现有技术中用于硅片的外延生长的基座的示意图，如图 6 所示，现有的基座 2 包括用于承载硅片的圆盘形承载部 21 和从圆盘形承载部 21 径向向外延伸的环形周缘 22。如图 5 所示，在制备外延硅晶圆时，先制备单晶硅晶棒，并对单晶硅晶棒进行切段，根据产品需求，在晶段特定结晶方向上加工 V 型槽，然后对晶段进行切片、研磨、抛光、清洗和测量，得到衬底硅片。对衬底硅片进行判级和分选，如果衬底硅片被判断合格 (OK)，将合格的衬底硅片分选至对应的载具，开始外延生长工艺；如果衬底硅片被判断不合格 (NG)，则对衬底硅片进行返工或报废。

图 7 和图 8 表示本公开实施例用于硅片的外延生长的基座的示意图，基座 5 包括圆盘形承载部 51 和从所述圆盘形承载部 51 径向向外延伸的环形周缘 52。如图 7 所示，与图 6 所示的基座相比，本公开实施例在基座 5 的环形周缘 52 上增加了沟槽区域 6，环形周缘 52 形成有多个间隔排布的沟槽区域 6，所述沟槽区域 6 沿所述环形周缘 52 的周向均匀分布，所述沟槽区域 6 呈扇环形，即所述沟槽区域 6 为轴对称图形，且沟槽区域 6 的中心轴在基座 5 的径向上；每一所述沟槽区域 6 设置有多个阵列排布的凹坑 61，凹坑 61 相比于环形周缘 52 的其他区域向下凹陷，在进行外延生长时，通过凹坑 61 的设置可以使得流经沟槽区域 6 到达硅片的表面的气体量增加，从而增加沟槽区域 6 对应的硅片区域的外延层生长速率。

本实施例中，在进行外延生长时，可以将硅片的<100>晶体方向对准基座的沟槽区域 6，即硅片的<100>晶体方向在沟槽区域 6 的中心轴所在方向上，这样在进行外延生长时，可以使得硅片的<100>晶体方向所在区域处的外延层生长速率提高，减少硅片<110>晶体方向的外延层生长速率与<100>晶体方向的外延层生长速率之间的差值，进而改善外延硅晶圆的<110>晶体方向处的边缘平坦度。

本实施例的技术方案中，并不局限于硅片的<100>晶体方向一定位于沟槽区域 6 的中心轴所在方向，只要保证硅片的<100>晶体方向与沟槽区域 6 的中心轴所在方向之间的夹角不大于 20° 即可，即硅片的<100>晶体方向与沟槽区域 6 的中心轴所在方向之间的夹角可以为 0°、5°、10°、15° 或 20°。另外，由于硅片<110>晶体方向的外延层生长速率比较大，为了减少硅片<110>晶体方向的外延层生长速率与<100>晶体方向的外延层生长速率之间的差值，优选地，所述环形周缘 52 的与所述硅片的<110>晶体方向对应的径向方向上未设置所述沟槽区域 6。

一些实施例中，如图 7 所示，D1、D2、D3 或 D4 为基座的 45° 方向，外延反应腔室的气体注入方向、排气口方向、硅片进出口方向或辅助气体主入口方向为基座的 0° 方向，可以在环形周缘 52 的周向均匀设置四个沟槽区域 6，分别对应外延反应腔室的气体注

入口方向、排气口方向、硅片进出口方向和辅助气体主入口方向。如图2和图3所示，硅片包括四个<100>晶体方向，这样将硅片放置在本实施例的基座5上进行外延生长时，可以使得硅片每个<100>晶体方向都对应一个沟槽区域6，提高每个<100>晶体方向外延层的生长速度，有效改善外延硅晶圆的<110>晶体方向处的边缘平坦度。

一些实施例中，如图8所示，所述沟槽区域6所在扇形对应的圆心角 α 可以为 40° - 60° ，比如可以为 40° 、 45° 、 50° 、 55° 或 60° ，这样在将硅片<100>晶体方向对准基座的沟槽区域6的中心轴后，能够有效改善硅片<100>晶体方向及附近区域的边缘平坦度。

本实施例中，凹坑61可以沿基座5的径向排布，所述凹坑61的深度可以为0.1毫米-1毫米，比如为0.1毫米、0.2毫米、0.3毫米、0.4毫米、0.5毫米、0.6毫米、0.7毫米、0.8毫米、0.9毫米或1毫米，在凹坑61的深度采用上述尺寸时，可以有效提高外延生长时流经沟槽区域6到达硅片的表面的硅源气体量。

所述凹坑61的面积可以为0.1平方毫米-0.4平方毫米，比如可以为0.1平方毫米、0.2平方毫米、0.3平方毫米或0.4平方毫米，在凹坑61的面积采用上述尺寸时，可以有效提高外延生长时流经沟槽区域6到达硅片的表面的硅源气体量。

本实施例中，凹坑61在水平面上的正投影的形状可以为矩形、圆形、平行四边形等规则形状，也可以为不规则形状。

一些实施例中，沿从所述沟槽区域的中间到所述沟槽区域的边缘的方向，所述凹坑的分布密度逐渐减小，这样在进行外延生长时，在将硅片<100>晶体方向对准基座的沟槽区域6的中心轴后，可以使得硅片从<100>晶体方向至<110>晶体方向生长速率的减小程度逐渐减小，从而使硅片的整个周向上的生长速率更为均衡，在硅片上生长的外延层的厚度更加均匀，由此能够获得平坦度更好的外延硅晶圆。

本公开实施例还提供了一种用于硅片的外延生长的装置，包括：

如上所述的基座；

用于容纳所述基座的反应腔室，其中，所述基座将所述反应腔室分隔成上反应腔室和下反应腔室，所述硅片放置在所述上反应腔室中；

用于将硅源气体输送到所述上反应腔室中以在所述硅片上生长外延层的进气口；

用于将外延生长产生的反应尾气排出所述反应腔室的排气口。

除此以外，与现有的用于硅片的外延生长的装置一样，该装置还可以包括：基座支撑架、一起围闭出反应腔室的上部石英钟罩和下部石英钟罩、多个加热灯泡、安装部件等，并且基座的径向边缘与相邻部件之间也具有较小的间隙，以使基座能够通过基座支撑架的驱动以一定速度绕自身的中心轴线旋转，在此不再赘述。

本公开实施例还提供了一种用于硅片的外延生长的方法，所述方法应用于如上所述的装置，所述方法包括：

将所述硅片在所述基座上放置成使得所述硅片的<100>晶体方向与所述环形周缘的沟槽区域的中心轴对准；

经由所述进气口将硅源气体输送到所述上反应腔室中以在所述硅片上生长外延层；

流经所述沟槽区域的所述硅源气体的流量大于流经所述环形周缘其他区域的所述硅源气体的流量，以使在所述硅片上生长的外延层的厚度均匀；

经由所述排气口将外延生长产生的反应尾气排出所述反应腔室。

本实施例中，在进行外延生长时，可以根据硅片 V 型槽对应的晶体方向将硅片旋转不同的角度，使得硅片的晶体方向与沟槽区域的位置相匹配，将外延层生长速率较慢的晶体方向对准沟槽区域，提高该晶体方向上的外延层生长速率，这样可以对硅片不同晶体方向的外延层生长速率进行补偿，改善外延硅晶圆的平坦度。

图 9 表示本公开实施例制备外延硅晶圆的流程示意图，在制备外延硅晶圆时，先制备单晶硅晶棒，并对单晶硅晶棒进行切段，根据产品需求，在晶段特定结晶方向上加工 V 型槽，然后对晶段进行切片、研磨、抛光、清洗和测量，得到衬底硅片。对衬底硅片进行判级和分选，如果衬底硅片被判断合格（OK），将合格的衬底硅片分选至对应的载具，开始外延生长工艺；如果衬底硅片被判断不合格（NG），则对衬底硅片进行返工或报废。

如图 9 所示，本公开实施例制备外延硅晶圆的方法还包括：

步骤 101、根据 V 型槽方向设定衬底硅片分选规则；

硅片的 V 型槽被用于判定硅片的结晶方向，根据不同的产品需求，有些硅片的 V 型槽在<110> 晶体方向，有些硅片的 V 型槽在<100> 晶体方向，本实施例中，需要获取硅片的 V 型槽对应的晶体方向。

步骤 102：不同 V 型槽方向的合格衬底硅片分选至对应的载具时，旋转不同的角度；

相关技术中，在将硅片放置在基座上时，硅片的 V 型槽一般对准基座的 0° 方向，也就是外延反应腔室的气体注入口方向、排气口方向、硅片进出口方向或辅助气体主入口方向。

步骤 103：将 V 型槽在<110> 晶体方向的衬底硅片旋转 45° ；

若所述 V 型槽在所述硅片的<110>晶体方向，在进入外延反应腔室前，将 V 型槽在<110>晶体方向的衬底硅片旋转 45°，使得所述硅片放置在所述基座上后，所述 V 型槽的中心轴与所述沟槽区域的中心轴之间所成的角度为 45°。这样可以使得硅片的<100>晶体方向对准基座的沟槽区域 6，即硅片的<100>晶体方向在沟槽区域 6 的中心轴所在方向上，在进行外延生长时，可以使得硅片的<100>晶体方向所在区域的外延层生长速率提高，减少硅片<110>晶体方向的外延层生长速率与<100>晶体方向的外延层生长速率之间的差值，改善外延硅晶圆的<110>晶体方向位置处的边缘平坦度。

步骤 104：将 V 型槽在<100> 晶体方向的衬底硅片旋转 0°。

若所述 V 型槽在所述硅片的<100>晶体方向，在进入外延反应腔室前，将 V 型槽在<100>晶体方向的衬底硅片旋转 0°，即不旋转，使得所述硅片放置在所述基座上，所述 V 型槽的中心轴与所述沟槽区域的中心轴之间所成的角度为 0°。这样可以使得硅片的<100>晶体方向对准基座的沟槽区域 6，即硅片的<100>晶体方向在沟槽区域 6 的中心轴所在方向上，

在进行外延生长时,可以使得硅片的<100>晶体方向所在区域的外延层生长速率提高,减少硅片<110>晶体方向的外延层生长速率与<100>晶体方向的外延层生长速率之间的差值,改善外延硅晶圆的<110>晶体方向位置处的边缘平坦度。

图 10 表示本公开实施例将 V 型槽在<100> 晶体方向的硅片 3 放置在基座上的示意图;如图 2 所示,硅片的 V 型槽 4 在硅片<100>晶体方向,则该硅片与 V 型槽 4 间隔 45° 和 135° 的区域为硅片的<110>晶体方向,该硅片与 V 型槽 4 间隔 90° 和 180° 的区域为硅片的<100>晶体方向。

如图 7 所示,基座 0° 方向边缘区域存在沟槽区域 6,与基座 45° 方向相比,在进行外延生长时,该基座 0° 方向的沟槽区域 6 的气体流量增加,气体流量增加则外延层生长速率加快。因此,为了保证外延生长时硅片不同区域的生长速率相同,需要使硅片<100>晶体方向和基座 0° 方向(基座的沟槽区域所在方向)匹配,使硅片<110>晶体方向和基座 45° 方向匹配,这样在进行外延生长时,硅片<100>晶体方向的外延层生长速率增加,使外延层在硅片<100> 晶体方向和<110>晶体方向的厚度相同。

如图 10 所示,由于在外延反应腔室安装时基座的方向固定,基座边缘存在沟槽区域 6 的 0° 方向为外延反应腔室的气体注入口方向、排气口方向、硅片进出口方向或辅助气体主入口方向,将 V 型槽在<100>晶体方向的硅片旋转 0° ,即不旋转,这样可以使硅片<100>晶体方向和基座 0° 方向(基座沟槽区域对应的方向,硅片表面气体流量增加)匹配,使硅片<110>晶体方向和基座 45° 方向匹配,补偿硅片不同晶体方向导致外延层生长速率的差异,改善硅外延晶圆的边缘平坦度。

图 11 和图 12 表示本公开实施例将 V 型槽在<110> 晶体方向的硅片放置在基座上的示意图。如图 11 所示,硅片 3 的 V 型槽 4 在硅片<110>晶体方向,则该硅片与 V 型槽 4 间隔 45° 和 135° 的区域为硅片的<100>晶体方向,该硅片与 V 型槽 4 间隔 90° 和 180° 的区域为硅片的<110>晶体方向。

如图 7 所示,基座 0° 方向边缘区域存在沟槽区域 6,与基座 45° 方向相比,在进行外延生长时,该基座 0° 方向的沟槽区域 6 的气体流量增加,气体流量增加则外延层生长速率加快。因此,为了保证外延生长时硅片不同区域的生长速率相同,需要使硅片<100>晶体方向和基座 0° 方向(基座的沟槽区域所在方向)匹配,使硅片<110>晶体方向和基座 45° 方向匹配,这样在进行外延生长时,硅片<100>晶体方向的外延层生长速率增加,使外延层在硅片<100> 晶体方向和<110>晶体方向的厚度相同。

如图 12 所示,由于在外延反应腔室安装时基座的方向固定,基座边缘存在沟槽区域 6 的 0° 方向为外延反应腔室的气体注入口方向、排气口方向、硅片进出口方向或辅助气体主入口方向,将 V 型槽在<110>晶体方向的硅片旋转 45° ,这样可以使硅片<100>晶体方向和基座 0° 方向(基座沟槽区域对应的方向,硅片表面气体流量增加)匹配,使硅片<110>晶体方向和基座 45° 方向匹配,补偿硅片不同晶体方向导致外延层生长速率的差异,改善硅外延晶圆的边缘平坦度。

本公开实施例还提供了一种外延硅晶圆，采用如上所述的用于硅片的外延生长的方法制作得到，

在所述外延硅晶圆的外延层厚度不大于 6 微米时，所述外延硅晶圆的边缘部位正面基准最小二乘范围 ESFQR 值的最大值不大于 57.1 纳米。

图 13 表示本公开实施例制备的外延硅晶圆的边缘平坦度示意图，在图 13 中，横坐标表示硅片的径向方向的角度，纵坐标表示硅片在对应角度位置处的 ESFQR 值（单位为纳米）。可以看出，外延硅晶圆边缘平坦度间隔 45° 周期性波动的现象得到改善，外延硅晶圆边缘平坦度品质得到改善，外延硅晶圆的 ESFQR 值可以减小 14 纳米，有效提高了外延硅晶圆的品质和良率。

一些实施例中，所述外延硅晶圆的 ESFQR 值与所述凹坑的深度成反比，与所述凹坑的面积成反比。在基座其他参数不变的情况下，凹坑的深度增加，外延生长过程中沟槽区域参与成膜反应的气体量增加，对硅片不同晶体方向的外延层生长速率差异的补偿效果更好，ESFQR 值更小，制备的外延硅晶圆边缘平坦度品质改善效果更显著。在基座其他参数不变的情况下，凹坑的面积增加，外延生长过程中沟槽区域参与成膜反应的气体量增加，对硅片不同晶体方向的外延层生长速率差异的补偿效果更好，ESFQR 值更小，制备的外延硅晶圆边缘平坦度品质改善效果更显著。

一些实施例中，所述外延硅晶圆的外延层厚度为 3 微米-4 微米时，所述外延硅晶圆的 ESFQR 值的范围为 23 纳米-33.9 纳米；所述外延硅晶圆的外延层厚度为 4 微米-6 微米时，所述外延硅晶圆的 ESFQR 值的范围为 37.4 纳米-57.1 纳米。

具体实施例 1 中，选用 V 型槽在<100> 晶体方向的硅片，基座的沟槽区域所在扇形对应的圆心角为 40° -50°，比如可以为 45°；所述凹坑的深度为 0.1 毫米-1 毫米，比如可以为 0.48 毫米-0.52 毫米，进一步，可以为 0.5 毫米；所述凹坑的面积为 0.1 平方毫米-0.4 平方毫米，比如可以为 0.18 平方毫米-0.22 平方毫米，进一步，可以为 0.2 平方毫米；将硅片放置在所述基座上，所述 V 型槽的中心轴与所述沟槽区域的中心轴之间所成的角度为 0°，使得硅片的<100>晶体方向对准基座的沟槽区域，进行外延生长。外延生长过程中，运载气体氢气 H₂ 的流量为 80000sccm，成膜气体 SiHCl₃/H₂ 的流量为 6000sccm，成膜反应温度为 1100℃，生长厚度为 3.3 微米-3.5 微米的外延层，比如生长厚度为 3.5 微米的外延层，获得的外延硅晶圆的 ESFQR 值为 29.3 ± 4.6 纳米，相比常规技术能够使外延硅晶圆的 ESFQR 值减小 8.6 纳米，提高了外延硅晶圆的品质。这是因为，通过沟槽区域设置的凹坑，使得沟槽区域的工艺气体流量增加，使得硅片<100>晶体方向的外延层生长速率加快，补偿了外延层生长过程中<110>晶体方向和<100>晶体方向的生长速率差异。

具体实施例 2 中，选用 V 型槽在<100> 晶体方向的硅片，基座的沟槽区域所在扇形对应的圆心角为 40° -50°，比如可以为 45°；所述凹坑的深度为 0.78 毫米-0.82 毫米，比如可以为 0.8 毫米；所述凹坑的面积为 0.38 平方毫米-0.42 平方毫米，比如可以为 0.4 平方毫米；将硅片放置在所述基座上，所述 V 型槽的中心轴与所述沟槽区域的中心轴之间所成的

角度为 0° ，使得硅片的 $\langle 100 \rangle$ 晶体方向对准基座的沟槽区域，进行外延生长。外延生长过程中，运载气体氢气 H_2 的流量为 80000sccm，成膜气体 $SiHCl_3/H_2$ 的流量为 6000sccm，成膜反应温度为 $1100^{\circ}C$ ，生长厚度为 3.3 微米-3.5 微米的外延层，比如生长厚度为 3.5 微米的外延层，获得的外延硅晶圆的 ESFQR 值为 26.8 ± 3.8 纳米，相比常规技术能够使外延硅晶圆的 ESFQR 值减小 11.1 纳米，提高了外延硅晶圆的品质。这是因为，通过沟槽区域设置的凹坑，使得沟槽区域的工艺气体流量增加，使得硅片 $\langle 100 \rangle$ 晶体方向的外延层生长速率加快，补偿了外延层生长过程中 $\langle 110 \rangle$ 晶体方向和 $\langle 100 \rangle$ 晶体方向的生长速率差异。另外，相比具体实施例 1，沟槽区域的凹坑的深度和面积增加，外延生长过程中沟槽区域参与成膜反应的气体量增加，对硅片不同晶体方向的外延层生长速率差异的补偿效果更好，ESFQR 值更小，制备的外延硅晶圆边缘平坦度品质改善效果更显著。

具体实施例 3 中，选用 V 型槽在 $\langle 100 \rangle$ 晶体方向的硅片，基座的沟槽区域所在扇形对应的圆心角为 40° - 50° ，比如可以为 45° ；所述凹坑的深度为 0.1 毫米-1 毫米，比如可以为 0.48 毫米-0.52 毫米，进一步，可以为 0.5 毫米；所述凹坑的面积为 0.1 平方毫米-0.4 平方毫米，比如可以为 0.18 平方毫米-0.22 平方毫米，进一步，可以为 0.2 平方毫米；将硅片放置在所述基座上，所述 V 型槽的中心轴与所述沟槽区域的中心轴之间所成的角度为 0° ，使得硅片的 $\langle 100 \rangle$ 晶体方向对准基座的沟槽区域，进行外延生长。外延生长过程中，运载气体氢气 H_2 的流量为 80000sccm，成膜气体 $SiHCl_3/H_2$ 的流量为 6000sccm，成膜反应温度为 $1100^{\circ}C$ ，生长厚度为 4.8 微米-5 微米的外延层，比如生长厚度为 5 微米的外延层，获得的外延硅晶圆的 ESFQR 值为 48.4 ± 8.7 纳米，相比常规技术能够使外延硅晶圆的 ESFQR 值减小，提高了外延硅晶圆的品质。这是因为，通过沟槽区域设置的凹坑，使得沟槽区域的工艺气体流量增加，使得硅片 $\langle 100 \rangle$ 晶体方向的外延层生长速率加快，补偿了外延层生长过程中 $\langle 110 \rangle$ 晶体方向和 $\langle 100 \rangle$ 晶体方向的生长速率差异。

具体实施例 4 中，选用 V 型槽在 $\langle 100 \rangle$ 晶体方向的硅片，基座的沟槽区域所在扇形对应的圆心角为 40° - 50° ，比如可以为 45° ；所述凹坑的深度为 0.78 毫米-0.82 毫米，比如可以为 0.8 毫米；所述凹坑的面积为 0.38 平方毫米-0.42 平方毫米，比如可以为 0.4 平方毫米；将硅片放置在所述基座上，所述 V 型槽的中心轴与所述沟槽区域的中心轴之间所成的角度为 0° ，使得硅片的 $\langle 100 \rangle$ 晶体方向对准基座的沟槽区域，进行外延生长。外延生长过程中，运载气体氢气 H_2 的流量为 80000sccm，成膜气体 $SiHCl_3/H_2$ 的流量为 6000sccm，成膜反应温度为 $1100^{\circ}C$ ，生长厚度为 4.8 微米-5 微米的外延层，比如生长厚度为 5 微米的外延层，获得的外延硅晶圆的 ESFQR 值为 43.8 ± 6.4 纳米，相比常规技术能够使外延硅晶圆的 ESFQR 值减小，提高了外延硅晶圆的品质。这是因为，通过沟槽区域设置的凹坑，使得沟槽区域的工艺气体流量增加，使得硅片 $\langle 100 \rangle$ 晶体方向的外延层生长速率加快，补偿了外延层生长过程中 $\langle 110 \rangle$ 晶体方向和 $\langle 100 \rangle$ 晶体方向的生长速率差异。另外，相比具体实施例 3，沟槽区域的凹坑的深度和面积增加，外延生长过程中沟槽区域参与成膜反应的气体量增加，对硅片不同晶体方向的外延层生长速率差异的补偿效果更好，ESFQR 值更小，制备的外延

硅晶圆边缘平坦度品质改善效果更显著。

需要说明，本说明书中的各个实施例均采用递进的方式描述，各个实施例之间相同相似的部分互相参见即可，每个实施例重点说明的都是与其他实施例的不同之处。尤其，对于实施例而言，由于其基本相似于产品实施例，所以描述得比较简单，相关之处参见产品实施例的部分说明即可。

除非另外定义，本公开使用的技术术语或者科学术语应当为本公开所属领域内具有一般技能的人士所理解的通常意义。本公开中使用的“第一”、“第二”以及类似的词语并不表示任何顺序、数量或者重要性，而只是用来区分不同的组成部分。“包括”或者“包含”等类似的词语意指出现该词前面的元件或者物件涵盖出现在该词后面列举的元件或者物件及其等同，而不排除其他元件或者物件。“连接”或者“相连”等类似的词语并非限定于物理的或者机械的连接，而是可以包括电性的连接，不管是直接的还是间接的。“上”、“下”、“左”、“右”等仅用于表示相对位置关系，当被描述对象的绝对位置改变后，则该相对位置关系也可能相应地改变。

可以理解，当诸如层、膜、区域或基板之类的元件被称作位于另一元件“上”或“下”时，该元件可以“直接”位于另一元件“上”或“下”，或者可以存在中间元件。

在上述实施方式的描述中，具体特征、结构、材料或者特点可以在任何的一个或多个实施例或示例中以合适的方式结合。

以上所述，仅为本公开的具体实施方式，但本公开的保护范围并不局限于此，任何熟悉本技术领域的技术人员在本公开揭露的技术范围内，可轻易想到变化或替换，都应涵盖在本公开的保护范围之内。因此，本公开的保护范围应以所述权利要求的保护范围为准。

权利要求书

1. 一种用于硅片的外延生长的基座，包括：
用于承载所述硅片的圆盘形承载部；
从所述圆盘形承载部径向向外延伸的环形周缘，所述环形周缘形成有多个间隔排布的沟槽区域，所述沟槽区域沿所述环形周缘的周向均匀分布，所述沟槽区域呈扇环形，每一所述沟槽区域设置有多个阵列排布的凹坑。
2. 根据权利要求 1 所述的基座，其中，所述沟槽区域所在扇形对应的圆心角为 40° - 60° 。
3. 根据权利要求 1 所述的基座，其中，沿所述环形周缘的周向均匀分布有四个沟槽区域。
4. 根据权利要求 1 所述的基座，其中，所述凹坑的深度为 0.1 毫米-1 毫米；和/或所述凹坑的面积为 0.1 平方毫米-0.4 平方毫米。
5. 一种用于硅片的外延生长的装置，包括：
如权利要求 1 至 4 中任一项所述的基座；
用于容纳所述基座的反应腔室，其中，所述基座将所述反应腔室分隔成上反应腔室和下反应腔室，所述硅片放置在所述上反应腔室中；
用于将硅源气体输送到所述上反应腔室中以在所述硅片上生长外延层的进气口；
用于将外延生长产生的反应尾气排出所述反应腔室的排气口。
6. 一种用于硅片的外延生长的方法，所述方法应用于如权利要求 5 所述的装置，所述方法包括：
将所述硅片在所述基座上放置成使得所述硅片的<100> 晶体方向与所述环形周缘的沟槽区域的中心轴对准；
经由所述进气口将硅源气体输送到所述上反应腔室中以在所述硅片上生长外延层；
流经所述沟槽区域的所述硅源气体的流量大于流经所述环形周缘其他区域的所述硅源气体的流量，以使在所述硅片上生长的外延层的厚度均匀；
经由所述排气口将外延生长产生的反应尾气排出所述反应腔室。
7. 根据权利要求 6 所述的方法，其中，所述将所述硅片在所述基座上放置成使得所述硅片的<100> 晶体方向与所述环形周缘的沟槽区域的中心轴对准包括：
获取所述硅片的 V 型槽对应的晶体方向；
若所述 V 型槽在所述硅片的<110>晶体方向，将所述硅片放置在所述基座上，使得所述 V 型槽的中心轴与所述沟槽区域的中心轴之间所成的角度为 45° 。
8. 根据权利要求 6 所述的方法，其中，所述将所述硅片在所述基座上放置成使得所述硅片的<100> 晶体方向与所述环形周缘的沟槽区域的中心轴对准包括：
获取所述硅片的 V 型槽对应的晶体方向；

若所述 V 型槽在所述硅片的<100>晶体方向，将所述硅片放置在所述基座上，使得所述 V 型槽的中心轴与所述沟槽区域的中心轴之间所成的角度为 0° 。

9. 一种外延硅晶圆，采用如权利要求 6-8 中任一项所述的用于硅片的外延生长的方法制作得到，

在所述外延硅晶圆的外延层厚度不大于 6 微米时，所述外延硅晶圆的边缘部位正面基准最小二乘范围 ESFQR 值的最大值不大于 57.1 纳米。

10. 根据权利要求 9 所述的外延硅晶圆，所述外延硅晶圆的外延层厚度为 3 微米-4 微米时，所述外延硅晶圆的 ESFQR 值的范围为 23 纳米-33.9 纳米；所述外延硅晶圆的外延层厚度为 4 微米-6 微米时，所述外延硅晶圆的 ESFQR 值的范围为 37.4 纳米-57.1 纳米。