

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl⁷

C23C 14/35

C23C 14/34 B05D 1/36

B05C 11/00 B05C 13/00



[12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 02816612.4

[43] 公开日 2005 年 2 月 2 日

[11] 公开号 CN 1575350A

[22] 申请日 2002. 8. 23 [21] 申请号 02816612. 4

[30] 优先权

[32] 2001. 8. 24 [33] US [31] 60/314,776

[86] 国际申请 PCT/US2002/026785 2002. 8. 23

[87] 国际公布 WO2003/018865 英 2003. 3. 6

[85] 进入国家阶段日期 2004. 2. 24

[71] 申请人 纳米纳克斯公司

地址 美国加利福尼亚州

[72] 发明人 多纳德·利欧纳多·史密斯

[74] 专利代理机构 北京科龙寰宇知识产权代理有
限责任公司

代理人 孙皓晨

权利要求书 12 页 说明书 11 页 附图 3 页

[54] 发明名称 用于在溅射薄膜中产生均匀、各向同性应力的方法和装置

[57] 摘要

本发明提供一种用于在溅射薄膜中产生均匀的、各向同性的应力的方法和装置。在目前优选实施例中，提出了一种新的溅射几何结构和一种新的传输速度的范围，它们共同实现使薄膜材料能够保持最大应力，而避免 X - Y 应力各向异性并避免应力在基底不均匀分布。

I S S N 1 0 0 8 - 4 2 7 4

1. 用于在基底上沉积薄膜的方法，包括以下步骤：

在所述基底上以所述基底和/或所述沉积源关于所述基底的垂直轴的任何逐次差分的离散沉积旋转角度逐次沉积薄膜的多个层；

就相互的沉积角而言，从每个不同的沉积角度提供基本上相同的沉积量；

其中，所述整个沉积的薄膜在平行于所述基底的所有方向以及关于所述垂直轴的不同旋转角度上表现出基本上各向同性的特性。

2. 权利要求 1 的方法，还包括以下步骤：

减少与在沉积材料内部特征发射距离相似的所述薄膜逐层的厚度；

其中，所述特征发射距离包括一个距离，在该距离从点到点穿过所述薄膜厚度的相应薄膜特征的变化变得非常小，以致于不能在平均穿过所述薄膜厚度时影响所述薄膜的整体特性；并且，

其中所述变化由多层导致。

3. 权利要求 2 的方法，其中所述特征发射距离最小为所述沉积材料的一个原子直径，对于应力和应变最大为十个原子直径，以及对于磁性能最大为一个磁域直径。

4. 权利要求 1 的方法，还包括以下步骤：

以行星的方式移动每个基底，使其经过同一个或者多个沉积材料源；

其中，所述基底每次穿越所述沉积材料源中的一个，就象所述基底运行行星轨道一样，所述基底相对于行星载体关于所述基底的垂直轴旋转，这样，基底可以以相对于静止点和所述沉积源保持不变的旋转方向来穿越所述沉积

材料源。

5. 权利要求 4 的方法，其中，所述基底每次穿越 n 个所述沉积材料源中的一个时相对于行星载体旋转 $360/n$ 度，其中， n 为大于 2 的整数，并且 n 等于沉积源的数量。

6. 权利要求 4 的方法，还包括以下步骤：

提供设置为一个圆环的四个沉积材料源；

并且设置每个沉积材料源相应的各向异性特征使其定位于相对前面的沉积材料源相应的各项异性特征相差 90 度；

其中，当从一个静止的点测量时，每个基底沿轨道运行时关于其垂直轴保持固定的旋转方向；

其中，沉积所述薄膜的各层使每个相继层具有旋转 90 度的各向异性。

7. 权利要求 4 的方法，其中，所述沉积材料源在所述沉积材料源的相应各向异性中显示出双重对称性。

8. 权利要求 7 的方法，其中，当所述源显示出双重对称性时，对于所述薄膜层所述相应特性的所述各向异性，所述基底 270 度旋转等效于所述基底旋转 90 度。

9. 权利要求 7 的方法，还包括以下步骤：

提供两个沉积材料源；

其中，每个沉积材料源都具有双重对称性；

其中，所述沉积材料源彼此相对设置，这样，所述沉积材料源相应的各向异性特性相对于前面的沉积材料源旋转 90 度；

其中，当从一个静止的点测量时，每个基底沿轨道运行时关于其垂直轴

保持固定的旋转方向；

其中，沉积所述薄膜的各层使每个相继层具有旋转 90 度的各向异性。

10. 权利要求 7 的方法，其中，所述沉积材料源包括线性磁控管溅射靶，所述沉积材料从该线性磁控管靶以具有圆角的近似矩形的图案发射。

11. 权利要求 10 的方法，其中沿基底垂直轴并且在基底表面与发射沉积材料的靶表面之间的距离与在材料从所述矩形发射图案末端发射到所述基底的最近边缘之间的距离相比足够小，以致于所述薄膜的相应特性沿所述基底从所述基底的中心到所述基底的边缘足够均匀。

12. 权利要求 11 的方法，还包括以下步骤：

使沿基底垂直轴并且在基底表面与发射沉积材料的靶表面之间的距离与在材料从所述矩形发射图案末端发射到所述基底的最近边缘之间的距离相比足够小，使薄膜应力沿平行于所述基底的方向在整个所述基底分布足够均匀。

13. 权利要求 11 的方法，其中，沿基底垂直轴并且在基底表面与发射沉积材料的靶表面之间的距离与在材料从所述矩形发射图案末端发射到所述基底的最近边缘之间的距离之比为 $1/4$ 或更小。

14. 用于在基底上沉积薄膜的方法，包括以下步骤：

以所述基底和所述沉积源关于所述基底的垂直轴的任何逐次差分的沉积旋转角度对称设置至少一个沉积源；和

在所述基底上逐次沉积薄膜的多个层以实现所述薄膜中应力的水平，其中，所述应力在薄膜平面各向同性并且在整个基底表面的广大区域内均匀。

15. 权利要求 14 的方法，其中，所述沉积步骤包括：

采用长的、近似矩形的靶或沉积材料源密集间隔的磁控管溅射，每次穿越沉积源提供单原子层大小的沉积厚度；

其中，由沉积入射角、离子轰击量和基底方位角方向中的任何一个的周期性变化引起的对薄膜应力的影响减到最小。

16. 权利要求 14 的方法，其中，还包括以下步骤：

在基底相继穿越该源的时，将所述基底旋转基本上 90 度，以用薄片叠成所述薄膜；

其中，消除了薄膜平面内的 X-Y 各向异性。

17. 权利要求 14 的方法，其中，还包括以下步骤：

采用与基底直径相比较，比为获得均匀薄膜厚度所需长度更长的磁控靶；

其中，实现了沿所述靶的长轴的均匀薄膜应力。

18. 权利要求 14 的方法，其中，还包括以下步骤：

提供一种驱动机构以赋予所述基底高速行星运动，该驱动机构包括一条围绕基底圆周设置的环形链条，和一条从一个基底延伸以固定中心链轮的链条。

19. 一种在基底上沉积薄膜的装置，包括：

用于在所述基底上以所述基底和/或所述沉积源关于所述基底的垂直轴的任何逐次差分的离散沉积旋转角度逐次沉积薄膜的多个层的靶；

用于对称地设置用于关于所述垂直轴完全沉积的薄膜的所述逐次差分的离散沉积角度的集合的装置；

就相互的沉积角而言，用于从每个不同的沉积角度提供基本上相同的沉

积量;

其中, 所述全面沉积的薄膜在平行于所述基底的所有方向以及关于所述垂直轴的不同旋转角度上表现出基本上各向同性的特性。

20. 权利要求 19 的装置, 还包括:

用于减少与在沉积材料内部特征发射距离相似的所述薄膜逐层的厚度的装置;

其中, 所述特征发射距离包括一个距离, 在该距离从点到点穿过所述薄膜厚度的相应薄膜特征的变化变得非常小, 以致于不能在平均穿过所述薄膜厚度时影响所述薄膜的整体特性; 并且,

其中所述变化由多层导致。

21. 权利要求 20 的装置, 其中所述特征发射距离最小为所述沉积材料的一个原子直径, 对于应力和应变最大为十个原子直径, 以及对于磁性能最大为一个磁域直径。

22. 权利要求 19 的装置, 还包括:

以行星的方式移动每个基底, 使其经过同一个或者多个沉积材料源的驱动器;

其中, 所述基底每次穿越所述沉积材料源中的一个, 就象所述基底运行行星轨道一样, 所述基底相对于行星载体关于所述基底的垂直轴旋转, 这样, 基底可以以相对于静止点和所述沉积源保持不变的旋转方向来穿越所述沉积材料源。

23. 权利要求 22 的装置, 其中, 所述基底每次穿越 n 个所述沉积材料源中的一个时相对于行星载体旋转 $360/n$ 度, 其中, n 为大于 2 的整数, 并

且 n 等于沉积源的数量。

24. 权利要求 22 的装置, 还包括:

设置为一个圆环的四个沉积材料源; 和

用于设置每个沉积材料源相应的各向异性特征使其相对于前面的沉积材料源相应的各项异性特征相差 90 度的装置;

其中, 当从一个静止的点测量时, 每个基底沿轨道运行时关于其垂直轴保持固定的旋转方向;

其中, 沉积所述薄膜的各层使每个相继层具有旋转 90 度的各向异性。

25. 权利要求 22 的装置, 其中所述沉积材料源在所述沉积材料源的相应各向异性中显示出双重对称性。

26. 权利要求 25 的装置, 其中, 当所述源显示出双重对称性时, 对于所述薄膜层所述相应特性的所述各向异性, 所述基底 270 度旋转等效于所述基底旋转 90 度。

27. 权利要求 25 的装置, 还包括::

两个沉积材料源;

其中, 每个沉积材料源都具有双重对称性;

其中, 所述沉积材料源彼此相对设置, 这样, 所述沉积材料源相应的各向异性特性相对于前面的沉积材料源旋转 90 度;

其中, 当从一个静止的点测量时, 每个基底沿轨道运行时关于其垂直轴保持固定的旋转方向; 和

其中, 沉积所述薄膜的各层使每个相继层具有旋转 90 度的各向异性。

28. 权利要求 25 的装置, 其中, 所述沉积材料源包括线性磁控管溅射

靶，所述沉积材料从该线性磁控管靶以具有圆角的近似矩形的图案发射。

29. 权利要求 28 的装置，其中，沿基底垂直轴并且在基底表面与发射沉积材料的靶表面之间的距离与在材料从所述矩形发射图案末端发射到所述基底的最近边缘之间的距离相比足够小，以致于所述薄膜的相应特性沿所述基底从所述基底的中心到所述基底的边缘足够均匀。

30. 权利要求 29 的装置，还包括：

用于使沿基底垂直轴并且在基底表面与发射沉积材料的靶表面之间的距离与在材料从所述矩形发射图案末端发射到所述基底的最近边缘之间的距离相比足够小，使薄膜应力沿平行于所述基底的方向在整个所述基底分布足够均匀的装置。

31. 权利要求 29 的装置，其中，沿基底垂直轴并且在基底表面与发射沉积材料的靶表面之间的距离与在材料从所述矩形发射图案末端发射到所述基底的最近边缘之间的距离之比为 $1/4$ 或更小。

32. 一种用于在基底上沉积薄膜的装置，包括：

用于以所述基底和所述沉积源关于所述基底的垂直轴的任何逐次差分的沉积旋转角度对称设置至少一个沉积源的装置；和

用于在所述基底上逐次沉积薄膜的多个层以实现所述薄膜中应力的水平高的靶，其中，所述应力在薄膜平面各向同性并且在整个基底表面的广大区域内均匀。

33. 权利要求 32 的装置，其中，所述靶包括：

用于采用长的、近似矩形的靶或沉积材料源密集间隔的磁控管溅射，每次穿越沉积源提供单原子层大小的沉积厚度的装置；

其中，由沉积入射角、离子轰击量和基底方位角方向中的任何一个的周期性变化引起的对薄膜应力的影响减到最小。

34. 权利要求 32 的装置，还包括：

用于在基底相继穿越该源的时，将所述基底旋转基本上 90 度，以用薄片叠成所述薄膜的驱动器；

其中，消除了薄膜平面内的 X-Y 各向异性。

35. 权利要求 32 的装置，还包括：

一个或多个与基底直径相比较，比为获得均匀薄膜厚度所需长度更长的磁控靶；

其中，实现了沿所述靶的长轴的均匀薄膜应力。

36. 权利要求 32 的装置，还包括：

用于赋予所述基底高速行星运动的驱动机构，该驱动机构包括一条围绕基底圆周设置的环形链条，和一条从一个基底延伸以固定中心链轮的链条。

37. 一种驱动机构，包括：

一个中心固定的驱动链轮；

一条围绕基底圆周设置的环形链条；和

一条从一个基底延伸以固定中心链轮，从而赋予所述基底高速行星运动的链条。

38. 一种用于通过溅射沉积在基底上沉积薄膜的方法，包括以下步骤：

提供至少一个安装在基底保持器上的基底，基底保持器固定在基本上为圆形的承载盘上，其中，基底和承载盘都可以关于其各自的轴以不同的速度独立旋转；

提供至少两个长度维度平行于承载盘半径、表面面向基本上共面的基底的长沉积源(靶),所述长度维度比基底尺寸大很多,并且使基底与沉积源表面之间有一个微小的垂直距离;

在承载盘关于其垂直轴沿固定的基底旋转时,所述固定的基底同时还经历在相对于承载盘测量时,以与承载盘旋转速率相等并且方向相反的角速度关于其自身垂直轴的旋转,通过以沉积室内部的低于大气压的气体压力撞击等离子体启动溅射沉积加工;

当基底反复地穿越沉积源时,在基底上逐层沉积薄膜层;

其中,获得的薄膜具有多层以基本上具有均匀厚度和各向同性特性的方式形成的薄膜层。

39. 权利要求 38 的方法,其中,所述沉积源具有 90° 间隔、 45° 间隔、 120° 中的任何一种。

40. 权利要求 38 的方法,其中,所述靶为矩形靶;并且在穿越靶时,其中所述基底位于中心。

41. 权利要求 38 的方法,其中,基底与沉积源表面之间的垂直距离与所述长度维度与最近的基底边缘之间的距离的比为 1:4 或者更小。

42. 权利要求 38 的方法,其中,优选沉积速率为 $1 \sim 60\mu\text{m/hr}$;通常为 $4\mu\text{m/hr}$,并且优选盘旋转速率为 $6 \sim 600\text{rpm}$,通常为 120rpm 。

43. 权利要求 38 的方法,其中,各向同性特性包括应力。

44. 权利要求 38 的方法,其中,所述薄膜层厚度范围约 $1 \sim 10$ 个原子直径。

45. 一种用于通过相对大的包含薄膜材料的靶的溅射在基底上沉积薄

膜的方法，包括以下步骤：

将至少一个基底放置在溅射沉积系统中的沉积源（靶）附近，这样，基底与沉积源表面之间有一个微小的垂直距离；

在沉积源附近提供一个磁性系统，以在溅射过程中促进邻近基底的等离子体的密封；

通过以沉积室内部的低于大气压的气体压力撞击等离子体启动溅射沉积加工，这样，溅射脱离靶的材料造成在沉积源面向基底的表面上侵蚀区域的形成；和

周期性地移动磁性系统和基底中的至少一个，这样，侵蚀区域交替地在至少两个正交方向，或者间隔 120 度的至少三个方向上穿越基底，在每次穿越过程中在基底上沉积一层薄膜层；

其中，获得的薄膜具有多层以基本上具有均匀厚度和各向同性特性的方式形成的薄膜层。

46. 权利要求 45 的方法，其中，基底与沉积源表面之间的垂直距离与所述长度维度与最近的基底边缘之间的距离的比为 1: 4 或者更小。

47. 权利要求 45 的方法，其中，所述薄膜层厚度范围约 1~10 个原子直径。

48. 一种用于在基底上沉积薄膜的方法，包括以下步骤：

当相对于从材料源发射的沉积材料图案的旋转角测量时，在所述基底上以所述基底关于所述基底的垂直轴的任何逐次差分 and 离散（固定）沉积旋转角度逐次沉积薄膜的多个层；

就相互的沉积角而言，从每个不同的所述沉积旋转角度提供基本上相同

的沉积量;

其中, 所述完全沉积的薄膜在平行于所述基底的所有方向上表现出基本上各向同性的(均匀的)特性。

49. 权利要求 48 的方法, 其中, 从一个固定基底的 rf 或 dc 偏置获得离子压缩。

50. 权利要求 48 的方法, 其中, 沉积多个相邻层中的应力不同的薄膜层, 导致在垂直于薄膜表面的方向上具有应力梯度的薄膜的形成。

51. 权利要求 50 的方法, 其中, 薄层中的应力变化从在底部压缩到在表面拉伸。

52. 一种用于通过溅射沉积在基底上沉积薄膜的装置, 包括:

至少一个安装在基底保持器上的基底, 基底保持器固定在基本上为圆形的承载盘上, 其中, 基底和承载盘都可以关于其各自的轴以不同的速度独立旋转;

至少两个长度维度平行于承载盘半径、表面面向基本上共面的基底的长沉积源(靶), 所述长度维度比基底尺寸大很多, 并且使基底与沉积源表面之间有一个微小的垂直距离;

用于通过以沉积室内部的低于大气压的气体压力撞击等离子体启动溅射沉积加工的装置, 在承载盘关于其垂直轴沿固定的基底旋转时, 所述固定的基底同时还经历在相对于承载盘测量时, 以与承载盘旋转速度相等并且方向相反的角速度关于其自身垂直轴的旋转; 和

其中, 当基底反复地穿越沉积源时, 薄膜层在基底上逐层沉积;

其中, 获得的薄膜具有多层以基本上具有均匀厚度和各向同性特性的方

式形成的薄膜层。

用于在溅射薄膜中产生均匀、各向同性应力的方法和装置

技术领域

本发明涉及基底上薄膜的沉积。更特别地，本发明涉及在溅射薄膜中产生均匀、各向同性的应力的方法和装置。

背景技术

薄膜通常通过在辉光放电等离子体中溅射在基底上沉积，其中，超过等离子体的加速离子碰撞原子使其离开靶（源）材料，由此将原子传输至基底。磁聚焦等离子体发生器（磁电管）通常用于提高溅射效率以及减小最小操作压力。溅射是优选的沉积技术，因为该技术可以用于任何材料、沉积原子的能量有助于薄膜粘合，并且基底不会非常热。

薄膜厚度在整个大基底的均匀性通常很重要，并且按照惯例采用两种方法中的一种来实现这种均匀性。

一种方法是将基底相对于基底和靶的直径放置在距离靶的半径范围。为了增加产量和有效地利用靶，许多基底放置在大部分半球的半径内，并且保持行星（双轴）运动，这样，在沉积时间过程中它们占据半球位置的广阔范围。这能在半球上达到沉积速率变化的平均数。

第二种方法是采用靶的长度维度大于基底的矩形靶。该基底放置在靶附近，并且以线性传输向后和向前穿越靶，这样，基底用逐层薄膜的均匀条带涂覆，更象用辊子涂覆。通常每次穿越沉积 100nm 的薄膜。

溅射用于各种微电子结构的形式。在这些结构中，图案弹簧（patterned spring）结构在作为器件检测的这种应用中是有益的。例如，D.Smith 和 S.Alimonda 的光刻图案的弹簧触点（Photolithographically Patterned Spring Contact）、美国专利 US5,613,861（1997 年 3 月 25 日）、美国专利 US5,848,685（1998 年 12 月 15 日）和国际专利申请 PCT/US96/08018（1996 年 5 月 30 日申请）披露了一种光刻图案的弹簧触点，该光刻图案的弹簧触点“在基底上形成，并且电连接两个器件上的触点。该弹簧触点还补偿温度和机械变化以及其它环境因素。弹簧触点中的固有应力梯度导致弹簧自由部分向上弯曲并远离基底。固定部分保持固定在基底上，并且与基底上的第一触点电连接。弹簧触点用弹性材料制成，并且自由部分顺从地接触第二触点，从而接触两个触点。”

这种图案弹簧技术依赖于能够以非常高的水准控制薄膜机械应力均匀地分布在基底上。应力在薄膜中是常见的，并且通常是不希望有的。当然，许多加工控制技术用于行星和线性传输溅射，以及其它薄膜沉积加工中，以减小应力。因此，在认识到影响应力的许多因素的同时，目前工艺水平涉及基本上消除这种应力。

已知离子轰击可以在任何真空沉积加工中增加压缩应力。在磁控管溅射中，低等离子体压力增加压缩应力，更高的压力产生拉伸应力，并且，持续更高的压力导致在薄膜平面中不具备机械强度的多孔薄膜。通过在沉积过程中增加等离子体的压力赋予磁控管溅射沉积薄膜应力梯度的技术是目前用于进行图案弹簧技术的优选技术。

尽管现有技术已知如何减小应力以及如何产生高压压缩或拉伸应力，但是，

用于使应力最大的技术以及控制在整个大基底分布均匀高应力的技术是未知的。在涉及图案弹簧结构的制造中使应力水平最大以及使其均匀分布都是所需要的。提供一种用于在溅射薄膜中产生均匀、各向同性应力的方法和装置是有益的。

发明内容

本发明提供一种用于在溅射薄膜中产生均匀的、各向同性的应力的方法和装置。在目前优选实施例中，提出了一种新的溅射几何结构和一种新的传输速度的范围，它们共同实现使薄膜材料能够保持最大应力，而避免 X-Y 应力各向异性和避免应力在基底不均匀分布，其中，X-Y 是指基底平面内两个正交维数。

本发明的优选实施例包括用于在基底上沉积薄膜的方法和装置，该方法和装置包括以下步骤：在所述基底上，以所述基底和/或所述沉积源关于所述基底的垂直轴的任何逐次差分的离散沉积旋转角度逐次沉积薄膜的多个层；就相互的沉积角而言，从每个不同的沉积角度提供基本上相同的沉积量；其中，所述整个沉积的薄膜在平行于所述基底的所有方向以及关于所述垂直轴的不同旋转角度上表现出基本上各向同性的特性。

在这里公开的方法和装置还包括以下步骤：减少与在沉积材料内部特征发射距离相似的所述薄膜逐层的厚度；其中，所述特征发射距离包括一个距离，在该距离从点到点穿过所述薄膜厚度的相应薄膜特征的变化变得非常小，以致于不能在平均穿过所述薄膜厚度时影响所述薄膜的整体特性；并且，其中所述变化由多层导致。

在一个优选实施例中，所述特征发射距离最小为所述沉积材料的一个原

子直径，对于应力和应变最大为十个原子直径，以及对于磁性能最大为一个磁域直径。

在这里公开的方法和装置还包括以行星的方式移动每个基底，使其经过同一个或者多个沉积材料源；其中，所述基底每次穿越所述沉积材料源中的一个，就象所述基底运行行星轨道一样，所述基底通过相对于所述沉积材料源关于所述基底的垂直轴旋转来穿越所述沉积材料源。

在一个优选实施例中，所述基底每次穿越 n 个所述沉积材料源中的一个时旋转 $360/n$ 度，其中， n 为大于 2 的整数，或者当 n 为 2 时旋转 90 度。

在这里公开的方法和装置中还包括提供设置为一个圆环的四个沉积材料源；并且设置每个沉积材料源相应的各向异性特征使其定位于相对前面的沉积材料源相应的各项异性特征相差 90 度；其中，当从一个静止的点测量时，每个基底沿轨道运行时关于其垂直轴保持固定的旋转方向；其中，沉积所述薄膜的各层使每个相继层具有旋转 90 度的各向异性。

在一个优选的实施例中，所述沉积材料源在所述沉积材料源的相应各向异性中显示出双重对称性。

在一个优选的实施例中，当所述源显示出双重对称性时，对于所述薄膜层所述相应特性的所述各向异性，所述基底 270 度旋转等效于所述基底旋转 90 度。

在这里公开的方法和装置中还包括提供两个沉积材料源；其中，每个沉积材料源都具有双重对称性；其中，所述沉积材料源彼此相对设置，这样，所述沉积材料源相应的各向异性特性相对于前面的沉积材料源旋转 90 度；其中，当从一个静止的点测量时，每个基底沿轨道运行时关于其垂直轴保持

固定的旋转方向；其中，沉积所述薄膜的各层使每个相继层具有旋转 90 度的各向异性。

在一个优选实施例中，所述沉积材料源包括线性磁控管溅射靶，所述沉积材料从该线性磁控管靶以具有圆角的近似矩形的图案发射。

在一个优选实施例中，沿基底垂直轴并且在基底表面与发射沉积材料的靶表面之间的距离与在材料从所述矩形发射图案末端发射到所述基底的最近边缘之间的距离相比足够小，以致于所述薄膜的相应特性沿所述基底从所述基底的中心到所述基底的边缘足够均匀。

在这里公开的方法和装置还包括通过使沿基底垂直轴并且在基底表面与发射沉积材料的靶表面之间的距离与在材料从所述矩形发射图案末端发射到所述基底的最近边缘之间的距离相比足够小，使薄膜应力沿平行于所述基底的方向在整个所述基底分布足够均匀。

在一个优选实施例中，沿基底垂直轴并且在基底表面与发射沉积材料的靶表面之间的距离与在材料从所述矩形发射图案末端发射到所述基底的最近边缘之间的距离之比为 $1/4$ 或更小。

在这里公开的方法和装置的另一个实施例还包括，以所述基底和所述沉积源关于所述基底的垂直轴的任何逐次差分的沉积旋转角度对称设置至少一个沉积源；和在所述基底上逐次沉积薄膜的多个层以实现所述薄膜中应力的水平，其中，所述应力在薄膜平面各向同性并且在整个基底表面的广大区域内均匀。

在这里公开的方法和装置还包括采用长的、基本上矩形的靶密集间隔的磁控管溅射，每次穿越靶提供单原子层大小的沉积厚度；其中，由沉积入射

角、离子轰击量和基底方位角方向中的任何一个的周期性变化引起的对薄膜应力的影响减到最小。

在这里公开的方法和装置还包括在基底相继穿越该源的时，相对于源将所述基底旋转基本上 90° 度，以用薄片叠成所述薄膜；其中，消除了薄膜平面内的 X-Y 各向异性。

在这里公开的方法和装置还包括采用与基底直径相比较，比为获得均匀薄膜厚度所需长度更长的磁控靶；其中，实现了沿所述靶的长轴的均匀薄膜应力。

在这里公开的方法和装置还包括提供一种驱动机构以赋予所述基底高速行星运动，该驱动机构包括一条围绕基底圆周设置的环形链条，和一条从一个基底延伸以固定中心链轮的链条。

附图说明

图 1 为表示根据本发明的行星系统的平面图和靶及离子枪的设置示意图；

图 2 为表示图 1 中所示行星系统的侧视图，并且说明根据本发明基底相对于靶和离子枪的近似和相对尺寸的示意图；

图 3 为表示用于图 1 中所示根据本发明的行星系统的链条耦合装置的平面图的示意图。

具体实施方式

在这里提出一种新的溅射几何结构和一种新的传输速度的范围，它们共同实现使薄膜材料能够保持最大应力，而避免 X-Y 应力各向异性，并且避免应力在整个基底分布不均匀和在薄膜厚度内的应力变化。

本发明部分地依据原子沉积在基底上的入射角是薄膜应力的重要决定因素、更加平直（远离垂直）的角度导致更大的张力或者，如果过度导致多孔性的认识。在基底行星运动中，在行星轴半径范围内的基底上的不同点和给定点的不同方位角必定经历不同的沉积角度时间顺序，并且从而获得不同的薄膜应力。

为了在这里讨论的目的，方位角是在薄膜平面 XY 中从 +X 到 +Y 到 -X 到 -Y 的旋转；并且薄膜应力通常是双轴的，即沿 X 和 Y 都存在。薄膜应力可以是各向异性的，即在给定的点 X 比 Y 不同，并且在整个基底或者在薄膜厚度内 X 或 Y 方向可以不均匀。

在线性传输中，平行于基底传输的方位方向与垂直方向相比在穿越时经历了不同顺序的沉积角度。此外，在线性传输中，单次穿过通常沉积 100nm 或者约 300 层单原子层（单层）的薄膜。在该次穿过的过程中，入射角在从在基底的入口之上掠过至靶，到当基底正好在靶的前面时基本垂直以再次在基底的出口之上掠过的范围内变化。这样，交互层的应力水平产生防止获得最大应力的结果。

在这里公开的几何结构中（参见图 1），在旋转盘 13 上排列成圆环状的基底 14 相对于盘关于它们自身的轴旋转，同时基底圆环和盘同时以基本上相同但相对于固定点具有符号相反的角速率绕盘的轴旋转，这样，基底相对于固定点不旋转。基底接近地通过 19（参见图 2）并且一个或多个矩形靶 15 中的每一个在其上居于中心。每个靶沿盘的半径定向于其长轴，并且具有与基底 14 相比足够长的长度，这样，由于接近靶末端 10 的掠入射沉积的减小不会导致沿那个方向的应力不均匀。靶的长度通常比获得薄膜厚度均匀性所

需的长度更长。

一个特定有效的实施例中采用彼此定向为直角的两个靶，这样，基底 14 在盘 13 旋转每圈的过程中完成两次靶 15 穿越，每次穿越使基底 14 的 X 和 Y 方向相对于穿越方向颠倒。这样用薄片叠成薄膜以平均常规线性传输固有的 X-Y 各向异性。基底相对于盘以基本相同但符号相反的角速率旋转，因为在基底 14 朝向盘的中心的内边缘上的点与外边缘的点以相同的线性速度穿越靶 15，盘关于固定的点旋转同样导致薄膜厚度不均匀性，并且从而累积每次穿越对于相同长度时间的沉积。

图 1 示出具有围绕它们自己的轴 16 同时旋转的基底 14 圆环的旋转盘 13。图 1 还示出两个矩形靶 15 的可能的位置，该两个矩形靶 15 彼此为直角以使盘 13 每旋转一周每个晶片 14 穿越的靶的数量加倍。当晶片 14 经过矩形靶 15 下面时晶片 14 的理想定向 18 也示于图 1 中。对于该实例，晶片相对于固定点旋转 90 度以使同样的定向 18 位于每个靶的下面。本领域技术人员应当理解，可以提供关于本发明的其它设置。例如，可以在上述盘的一个圆周上提供四个靶，每个靶与邻接的靶以 90 度定向。

离子源 17 可以位于盘 13 边缘的一个点以在每次穿越时轰击一次薄膜，并且从而在需要的地方给予压缩应力。图 1 和图 2 示出源 17 的一个位置。可选择地，基底 14 如果是导电的，可以用 DC 电源电偏置，或者如果是绝缘的，可以用 RF 电源偏置，以加速轰击离子脱离由溅射源产生的等离子体，而不使用离子枪。但是，当基底在运动中时 RF 偏置很难传递和控制。

在盘 13 单独旋转的过程中，每个基底 14 经历许多影响应力的加工参数周期性的变化，例如，入射沉积角度、靶的长轴的方位角方向和离子轰击量。

因为本发明的目的是使这些变化不造成周期性的薄膜应力层，所以该变化的周期就等效薄膜厚度而言应当为几个原子间隔量级，这样，产生的原子结构不会显示出变化。同时，作为实际问题，需要以尽可能高的速度沉积薄膜，以提高生产量和减小同时沉积来自真空室中背景气体的杂质的有害影响。因此，需要以比其它方式所需要的速度更高的速度旋转盘。例如，以通常所需的 1nm/sec (3.6um/hr 或约 3 单层/sec) 的时间平均沉积速度，盘应当最好以 3rps 或 60-80rpm 的速度旋转。这比在常规行星沉积中所需要的或者所希望的速度快大约 10 倍，并且比线性传输的穿越时间快大约 100 倍。

在另一个实施例中，常规的线性传输结构也可以实现单层大小的层。还可以在每次穿越结束时外加基底旋转连接实现 X-Y 叠层。

已经开发出构造行星运动连接的各种方式，并且已经投入使用，通常包括齿轮、链条或者摩擦滚轮，由外部马达驱动，以将基底（行星）旋转与盘（轨道）旋转以及进而在真空壁中的旋转连接线耦合。分离的行星和轨道驱动还可以用同轴的旋转连接线结合在一起。

一种用于本发明的新颖的并且更简单的链条耦合轨道和行星驱动的方法在这里公开。图 3 为示出用于图 1 中所示根据本发明的行星系统的链条耦合装置的平面图的示意图。在该方法中，首先，单独的旋转连接线驱动盘 13，这样，所有在它们的平台 22 上的基底一起旋转。最终，基底轴 23 中的一个具有第二链轮 25，该第二链轮 25 通过第二链条 26 连接到在盘 13 中心的同样直径的静止链轮 27。这导致在圆环旋转时，基底和最小的移动部分和部件以相同但符号相反的角速度相对盘 13 旋转，并且因而在高速下具有最大稳定度。可以改变第二链条上链轮比，以提供不同的行星和轨道角速度比。但

是，图3所示的装置中，当基底穿越源时，基底不能相对于沉积材料源旋转，因此，避免了在基底上沉积条件径向不均匀性的可能。也可以使用等效的齿轮连接。

实例

实施本发明的设备安装在常规 10^{-7} torr 的具有弹性体密封低温抽气泵的不锈钢或铝的高真空室中，例如由 Leybold 或其它公司制造的真空室。

该系统包括如上所述设置的至少两个矩形磁控管溅射源，例如，由 Leybold 制造的，和一个具有 6inch 直径射束的离子枪，例如，由 Commonwealth 制造的考夫曼 (Kaufman) 式枪。阴极彼此成 90 度定向。从磁控管靶表面到晶片的距离为 1''。

连接用于晶片运动的行星连接，使得晶片相对于一个固定点关于其自身垂直轴保持与它们关于真空室的中心轴沿轨道运行的旋转方向相同。

盘关于中心轴旋转，在自盘中心 10inch 的轨道半径上承载了 6'' 的晶片，14inch 长的磁控枪和离子枪被置于晶片的中心。这样设置设备使得晶片可以在其整个表面经历均匀的分布角度和沉积源量。

校准过程

校准步骤 1:

通过以在薄晶片上不同的固定压力溅射沉积来测量薄膜应力与 Ar 溅射气体压力的比。然后可以采用常规的方式通过改变由沉积引起的晶片弯曲的方法来计算应力。可以用 200 ~ 1000eV 的可变 Ar 离子量进行通常 1mTorr 的最低压力沉积，以提高压缩应力。

校准步骤 2:

采用沿应力-压力曲线的正斜率部分从压缩到拉伸应力的级数进行多层结构的沉积。形成弹簧图案并显现出弹簧，从显现的高度计算弹簧曲率半径。

典型参数

用于沉积的典型参数如下（范围示于括号中）：

MoCr 合金靶，典型地 0 ~ 20% 的 Cr：功率 2400W (500 ~ 10,000)，气流：Ar80sccm (50 ~ 500)，压力：0.6 ~ 15mT (0.2 ~ 50)，旋转速率：120rpm (10 ~ 300)。

离子枪：射束电流 50 ~ 500mA，离子能量 200 ~ 1000eV。

在某些实施例中，对于第一压缩层，同时运转离子枪和磁控管。

尽管这里已经参照优选实施例描述了本发明，但是，本领域技术人员应当理解，不背离本发明的精神和范围的其它应用可以代替这里提出的方案。

因此，本发明应当仅由下面包括的权利要求来限定。

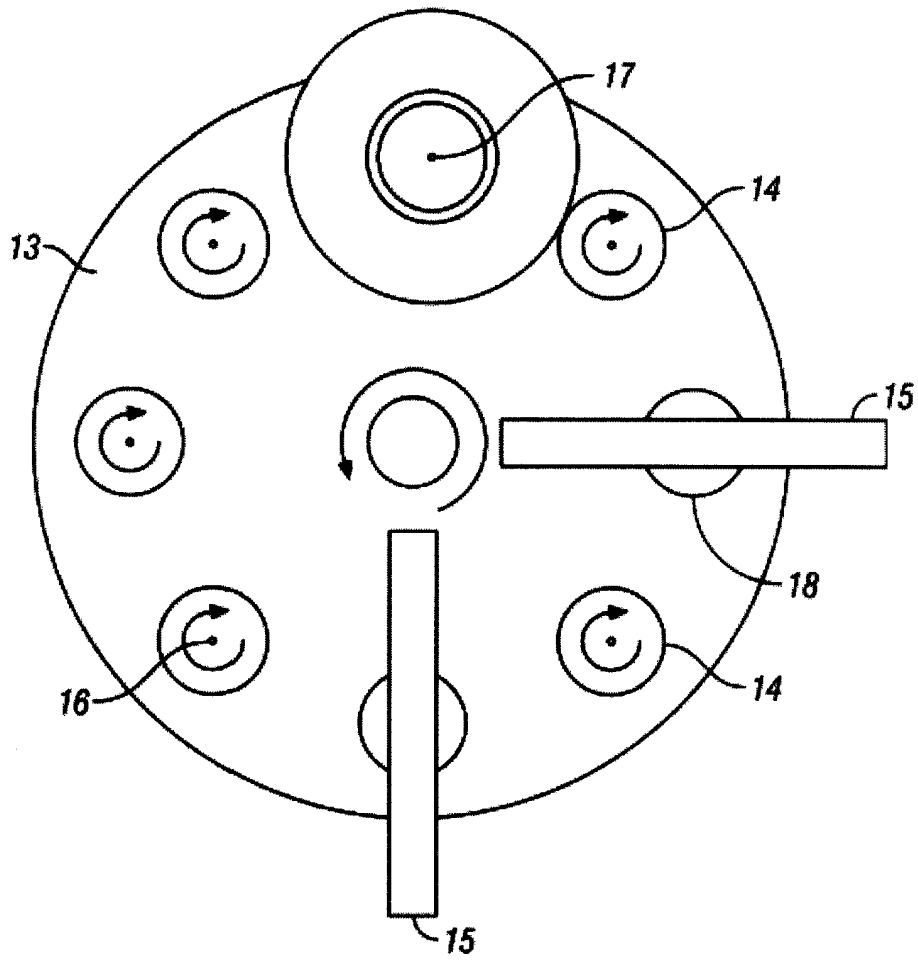


图 1

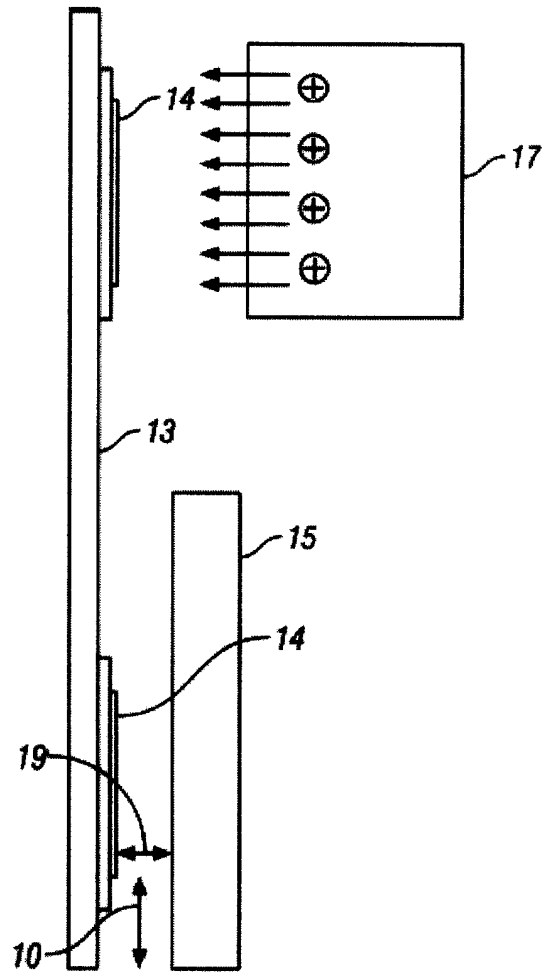


图 2

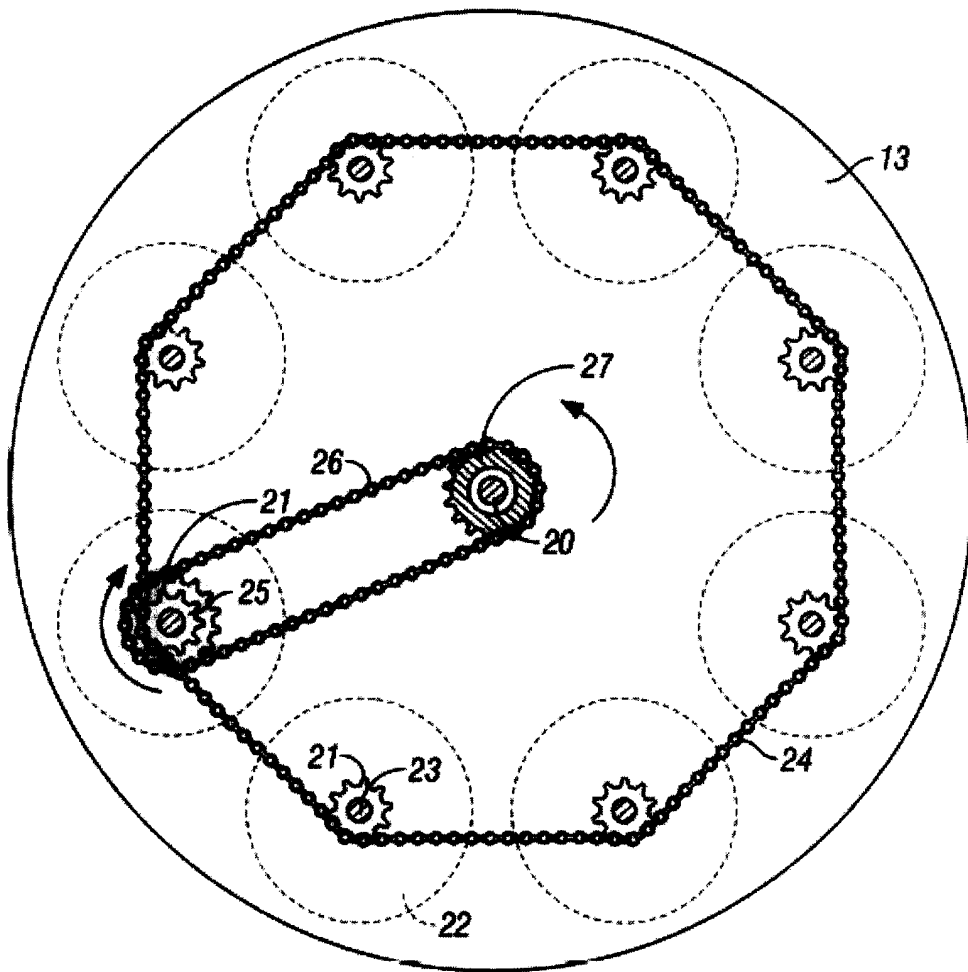


图 3