

偏置磁场控制方法、磁性薄膜沉积方法、腔室及设备

技术领域

本发明涉及微电子技术领域，具体地，涉及一种偏置磁场控制方法、磁性薄膜沉积方法、腔室及设备。

背景技术

随着技术的发展，集成电路制造工艺已可以显著缩小处理器的尺寸，但是仍然有一些诸如集成电感、噪声抑制器等的核心元器件在高频化、微型化、集成化等方面面临诸多困难。为了解决此问题，具有高磁化强度、高磁导率、高共振频率及高电阻率的软磁薄膜材料引起人们越来越多的关注。

虽然软磁薄膜材料主要考虑其高磁导率和高磁化强度，以及低矫顽力和低损耗，但是，左右软磁薄膜材料发展的一个主要因素是它的截止频率。而通过调控软磁薄膜的面内单轴各向异性场，可以实现对软磁薄膜材料的截止频率的调节。而调控软磁薄膜的面内单轴各向异性场的一个常用方法是磁场诱导沉积，其具有工艺简单、无需增加工艺步骤、对芯片伤害小等的优点，是工业生产的首选方法。

偏置磁场装置可以用于在沉积腔室中形成水平磁场，使得溅射沉积磁性材料时，磁性材料的磁畴在水平方向排列，形成面内各向异性的磁性薄膜。但是，在有偏置磁场的磁性材料溅射工艺中，增加的偏置磁场与靶材表面相应区域的磁场存在两种耦合叠加效果，一种效果是叠加增强，另一种效果是叠加减弱，这两种效果的差异导致等离子体密度分布不均匀，从而造成磁场叠加增强区域的材料溅射速率高于磁场叠加减弱区域。当处理完一定数量的基板后，靶材表面上对应磁场增强区域的靶材凹陷深度明显大于其对应磁场减弱区域的靶材凹陷深度，即，靶材表面与偏置磁场相对应的区域会出现两种不同深度的凹陷，并在磁性材料溅射工艺中引发很多问题：

其一，靶材表面上凹陷深度较大的区域，其被很快会被溅穿，导致靶材有效寿命被严重缩减，靶材利用率很低。

其二，靶材表面的凹陷深度不均匀可能会导致沉积在整个基板上的溅射材

料的厚度不均匀，并随着靶材消耗的增加，凹陷深度的差异增大，沉积在基板上的磁性薄膜的均匀性也会逐渐变差。

发明内容

本发明旨在至少解决现有技术中存在的技术问题之一，提出了一种偏置磁场控制方法、磁性薄膜沉积方法、腔室及设备，其可以增加靶材的使用寿命，提高靶材利用率和薄膜厚度均匀性，从而降低工业成本。

为实现本发明的目的而提供一种偏置磁场控制方法，所述偏置磁场为水平方向磁场，包括以下步骤：

S1，每间隔靶材的第一预设使用时长，使偏置磁场装置沿基座的周向旋转固定角度，直至所述靶材的总使用时长累积达到上限值；

其中，所述偏置磁场装置每次旋转的方向相同。

可选的，在所述步骤 S1 之前，还包括以下步骤：

S0，在经过靶材的第二预设使用时长之后，测量在所述靶材的表面上形成的最深凹陷区域或者最浅凹陷区域的弧长对应的中心角，所述第二预设使用时长大于或等于所述第一预设使用时长；

在所述步骤 S1 中，所述固定角度小于或者等于所述中心角。

可选的，所述第一预设使用时长和所述第二预设使用时长均为靶材消耗量达到 $n\text{KWh}$ 所需时长， n 为大于或等于 10 的常数。

可选的，在溅射工艺进行时，所述偏置磁场装置的位置不变；在每次达到所述第一预设使用时长时，停止所述溅射工艺，并使所述偏置磁场装置沿所述基座的周向旋转所述固定角度。

可选的， n 等于 50。

可选的，在所述步骤 S1 中，所述偏置磁场装置多次旋转的多个所述固定角度的总和大于或者等于 180° 。

作为另一个技术方案，本发明还提供一种磁性薄膜沉积方法，用于在待加工工件上沉积磁性膜层，使用水平方向的偏置磁场，所述磁性薄膜沉积方法包

括以下步骤：

S10，判断靶材的总使用时长是否累积达到上限值，若是，则流程结束；若否，则进行步骤 S11；

S11，进行溅射工艺，所述溅射工艺停止后进行步骤 S12；

S12，判断是否经过所述靶材的第一预设使用时长，若是，则进行步骤 S13；若否，则返回所述步骤 S10；

S13，使所述偏置磁场装置沿所述基座的周向旋转固定角度，并返回所述步骤 S10；其中，所述偏置磁场装置每次旋转的方向相同。

可选的，所述磁性膜层的材料包括 NiFe 坡莫合金、非晶态磁性材料及包含 Co 基、Fe 基和/或 Ni 基的磁性材料。

作为另一个技术方案，本发明还提供一种磁性薄膜沉积腔室，包括腔室主体和偏置磁场装置，在所述腔室主体内设置有基座，用以承载待加工工件，且在所述腔室主体内的顶部设置有靶材；所述偏置磁场装置用于在所述基座上方形成水平磁场，所述水平磁场用于在所述待加工工件上沉积磁性膜层，还包括偏置磁场控制装置，所述偏置磁场控制装置用于每间隔所述靶材的第一预设使用时长，驱动所述偏置磁场装置沿所述基座的周向旋转固定角度，直至所述靶材的总使用时长累积达到上限值，所述偏置磁场装置每次旋转的方向相同。

可选的，所述偏置磁场控制装置包括：

旋转平台，所述旋转平台为非磁性材料，用于支撑所述偏置磁场装置；

旋转驱动机构，用于驱动所述旋转平台围绕所述基座的轴线旋转所述固定角度。

可选的，所述偏置磁场装置设置在所述腔室主体的侧壁内侧，且环绕在所述基座的周围；或者，所述偏置磁场装置环绕设置在所述腔室主体的侧壁外侧。

作为另一个技术方案，本发明还提供一种磁性薄膜沉积设备，包括至少一个用于沉积磁性膜层的沉积腔室，每个所述沉积腔室采用本发明提供的上述磁性薄膜沉积腔室。

本发明具有以下有益效果：

本发明提供的偏置磁场控制方法、磁性薄膜沉积方法、腔室及设备的技术方案中，通过每间隔靶材的第一预设使用时长，使偏置磁场装置沿基座的周向旋转固定角度，可以周期性的改变偏置磁场作用在靶材表面上的区域，从而可以避免靶材表面局部区域的凹陷深度过大，同时避免靶材表面不同位置之间的靶材凹陷深度差异过大，进而可以增加靶材的使用寿命，提高靶材利用率和薄膜厚度均匀性，从而降低工业成本。

附图说明

图 1 为本发明实施例提供的磁性薄膜沉积腔室的剖视图；

图 2 为本发明实施例采用的偏置磁场装置的分解图；

图 3 为本发明实施例提供的偏置磁场控制方法的流程框图；

图 4 为靶材表面的凹陷区域的分布图；

图 5 为本发明实施例采用的偏置磁场装置的旋转过程图；

图 6 为本发明实施例提供的磁性薄膜沉积方法的流程框图。

具体实施方式

以下揭示内容提供了多种实施方式或例示，其能用以实现本揭示内容的不同特征。下文所述之组件与配置的具体例子系用以简化本揭示内容。当可想见，这些叙述仅为例示，其本意并非用于限制本揭示内容。举例来说，在下文的描述中，将一第一特征形成于一第二特征上或之上，可能包括某些实施例其中所述的第一与第二特征彼此直接接触；且也可能包括某些实施例其中还有额外的组件形成于上述第一与第二特征之间，而使得第一与第二特征可能没有直接接触。此外，本揭示内容可能会在多个实施例中重复使用组件符号和/或标号。此种重复使用乃是基于简洁与清楚的目的，且其本身不代表所讨论的不同实施例和/或组态之间的关系。

再者，在此处使用空间上相对的词汇，譬如「之下」、「下方」、「低于」、

「之上」、「上方」及与其相似者，可能是为了方便说明图中所绘示的一组件或特征相对于另一或多个组件或特征之间的关系。这些空间上相对的词汇其本意除了图中所绘示的方位之外，还涵盖了装置在使用或操作中所处的多种不同方位。可能将所述设备放置于其他方位（如，旋转 90 度或处于其他方位），而这些空间上相对的描述词汇就应该做相应的解释。

虽然用以界定本申请较广范围的数值范围与参数皆是约略的数值，此处已尽可能精确地呈现具体实施例中的相关数值。然而，任何数值本质上不可避免地含有因个别测试方法所致的标准偏差。在此处，「约」通常系指实际数值在一特定数值或范围的正负 10%、5%、1%或 0.5%之内。或者是，「约」一词代表实际数值落在平均值的可接受标准误差之内，视本申请所属技术领域中具有通常知识者的考虑而定。当可理解，除了实验例之外，或除非另有明确的说明，此处所用的所有范围、数量、数值与百分比（例如用以描述材料用量、时间长短、温度、操作条件、数量比例及其他相似者）均经过「约」的修饰。因此，除非另有相反的说明，本说明书与附随申请专利范围所揭示的数值参数皆为约略的数值，且可视需求而更动。至少应将这些数值参数理解为所指出的有效位数与套用一般进位法所得到的数值。在此处，将数值范围表示成由一端点至另一端点或介于二端点之间；除非另有说明，此处所述的数值范围皆包括端点。

图 1 为本发明实施例提供的磁性薄膜沉积腔室的剖视图。请参阅图 1，磁性薄膜沉积腔室包括腔室主体 1 和屏蔽组件，其中，在该腔室主体 1 内的顶部设置有靶材 3，且在该腔室主体 1 内，并且位于靶材 3 的下方设置有基座 2，用以承载待加工工件 7。屏蔽组件包括上屏蔽环 5、下屏蔽环 4 和压环 6，其中，下屏蔽环 4 环绕设置在腔室主体 1 的侧壁内侧。上屏蔽环 5 环绕设置在下屏蔽环 4 的内侧。上屏蔽环 5 和下屏蔽环 4 用于防止溅射出的靶材材料沉积在腔室主体 1 的侧壁。压环 6 用于在基座 2 位于工艺位置时，压住待加工工件 11 上表面的边缘区域，以将待加工工件 11 固定在基座 2 上。图 1 仅示意性地示出了腔室主体

1 位于基座 2 以上及靶材 3 以下的部分，其余部分未示出。

磁性薄膜沉积腔室还包括偏置磁场装置，用于在基座 2 上方形成偏置磁场，该偏置磁场为水平方向磁场，该水平方向磁场用于在待加工工件 11 上沉积磁性膜层。图 2 为本发明实施例采用的偏置磁场装置的分解图。请参阅图 2，在本实施例中，该偏置磁场装置包括设置在腔室主体 1 的侧壁内侧，且环绕在基座 2 的周围，且相对设置的两组磁体组（9，10），两组磁体组（9，10）用于在基座 2 上方形成上述水平磁场。具体地，每组磁体组包括多个磁柱，且沿基座 2 的周向间隔分布，形成圆弧状。并且，每个磁柱水平设置，且其中一组磁体组 10 中的每个磁柱的 N 极与其中另一组磁体组 9 中的每个磁柱的 S 极均朝向基座 2。

当然，在实际应用中，偏置磁场装置还可以采用其他任意结构，只要能够在基座 2 上方形成水平方向磁场，以获得面内各向异性的磁性薄膜即可。例如，磁体组包括两段呈圆弧状的磁体，二者对称环绕在基座的两侧，且其中一段磁体 N 极与其中另一段磁体中的 S 极均朝向基座。又如，磁体组包括闭合的环状磁体，该环状磁体由永磁材料采用整体充磁的方式形成水平方向磁场。另外，上述磁柱或者磁体可以为永磁铁或者电磁铁。

需要说明的是，在本实施例中，偏置磁场装置设置在腔室主体 1 的侧壁内侧，但是，本发明并不局限于此，在实际应用中，偏置磁场装置也可以设置在腔室主体 1 的侧壁外侧。

在本实施例中，磁性薄膜沉积腔室还包括偏置磁场控制装置，该偏置磁场控制装置用于驱动上述偏置磁场装置沿基座 2 的周向旋转固定角度。具体地，偏置磁场控制装置包括旋转平台 7 和旋转驱动机构 8，其中，旋转平台 7 用于支撑上述偏置磁场装置，具体地，旋转平台 7 呈环状，且环绕在基座 2 的周围，两组磁体组（9，10）均设置在旋转平台 7 上；旋转驱动机构 8 用于驱动旋转平台 7 围绕基座 2 的轴线旋转固定角度。

在本实施例中，旋转平台 7 采用非磁性材料制作，以避免对偏置磁场产生

干扰。例如，不锈钢。

请参阅图 3，本发明实施例提供一种偏置磁场控制方法，其采用本实施例采用的上述偏置磁场控制装置进行控制。该方法包括以下步骤：

S1，每间隔靶材 3 的第一预设使用时长，使偏置磁场装置沿基座 2 的周向旋转固定角度，直至靶材 3 的总使用时长累积达到上限值。

在整个溅射工艺过程中，在每沉积一定数量的基片之后，即，靶材的使用时长每达到预设时长（第一预设使用时长），旋转一次偏置磁场装置，且每次旋转的角度相同，即，每次旋转均沿基座 2 的周向顺时针或逆时针旋转固定角度。

优选的，在溅射工艺的进行过程中，偏置磁场装置的位置固定不变，在达到第一预设使用时长时，停止溅射工艺，并使偏置磁场装置沿基座 2 的周向旋转固定角度；然后，重新进行溅射工艺，并重新计时，直至达到下一个第一预设使用时长。如此反复，直至靶材被完全消耗尽。这样，可以避免偏置磁场装置的旋转对溅射工艺产生影响，保证溅射工艺的正常进行。

在偏置磁场装置的旋转角度未发生变化之前，靶材 3 在使用一段时间之后，靶材表面与偏置磁场相对应的区域会出现两种不同深度的凹陷，如图 4 所示，在靶材表面上分别出现了对应磁场增强区域的最深凹陷区域 A，及对应磁场减弱区域的最浅凹陷区域 B，对应两组磁体组（9，10）的圆弧形状，最深凹陷区域 A 和最浅凹陷区域 B 近似为两个对称的圆弧形。最深凹陷区域 A 或者最浅凹陷区域 B 在靶材 3 的圆周方向上的弧长对应的中心角为 α 。

以直径为 444mm，厚度为 2~3mm 的 NiFe 靶材为例，经测量，在靶材消耗 50 KWh 时，靶材表面上的最深凹陷区域 A 的平均深度为 1.64mm，最浅凹陷区域 B 的平均深度为 1.40mm，最深凹陷区域 A 或者最浅凹陷区域 B 在靶材 3 的圆周方向上的弧长对应的中心角 α 为 100° 。

如图 5 所示,在经过第一预设使用时长之后,使偏置磁场装置沿基座 2 的周向旋转固定角度 b 。具体地,在本实施例中,对于磁体组 10,其圆弧的一端自位置 C1 顺时针旋转至位置 C2,且旋转角度为固定角度 b ;同时,对于磁体组 9,其圆弧的一端自位置 D1 顺时针旋转至位置 D2,且旋转角度为固定角度 b 。循环进行上述过程,直至靶材 3 的总使用时长累积达到上限值,靶材 3 的总使用时长为上述第一预设使用时长的总和。该上限值为靶材 3 被消耗尽所需的时长。

可选的,上述第一预设使用时长为靶材消耗量达到 $n\text{KWh}$ 所需时长,其中, KWh 为靶材寿命单位; n 为大于或等于 10 的常数。例如, n 等于 50。

通过每间隔靶材 3 的第一预设使用时长,使偏置磁场装置沿基座的周向旋转固定角度,可以周期性的改变偏置磁场作用在靶材表面上的区域,即使偏置磁场不会始终作用在靶材表面上的同一区域,而是会周期性的作用在靶材表面的周向上的不同区域。由此,可以避免靶材表面局部区域的凹陷深度过大,同时避免靶材表面不同位置之间的靶材凹陷深度差异过大,进而可以增加靶材的使用寿命,提高靶材利用率和薄膜厚度均匀性,从而降低工业成本。

优选的,在步骤 S1 之前,还包括以下步骤:

S0,在经过靶材 3 的第二预设使用时长之后,测量在靶材 3 的表面上形成的最深凹陷区域或者最浅凹陷区域的弧长对应的中心角,第二预设使用时长大于或等于第一预设使用时长;

在上述步骤 S1 中,固定角度小于或者等于中心角。这样,可以避免偏置磁场的作用区域未覆盖靶材表面的整个圆周,从而可以提高靶材表面的凹形深度均匀性。

上述第二预设使用时长为靶材消耗量达到 $n\text{KWh}$ 所需时长,其中, KWh 为靶材寿命单位; n 为大于或等于 10 的常数。例如, n 等于 50。

优选的,以图 4 和图 5 为例,固定角度 b 等于中心角 a 。这样,既能够使偏

置磁场的作用区域覆盖靶材表面的整个圆周，又避免不同角度的偏置磁场装置产生的偏置磁场的作用区域出现重叠，从而可以进一步提高靶材表面的凹形深度均匀性。

优选的，在步骤 S1 中，偏置磁场装置多次旋转的多个固定角度的总和大于或者等于 180° 。这样，可以避免偏置磁场的作用区域未覆盖靶材表面的整个圆周，从而可以提高靶材表面的凹形深度均匀性。

作为另一个技术方案，请参阅图 6，本发明实施例还提供一种磁性薄膜沉积方法，用于在待加工工件上沉积磁性膜层，且使用的偏置磁场为水平方向磁场。该方法包括本发明实施例提供的上述偏置磁场控制方法，具体包括以下步骤：

S10，判断靶材的总使用时长是否累积达到上限值，若是，则流程结束；若否，则进行步骤 S11；

S11，进行溅射工艺，该溅射工艺停止后进行步骤 S12；

S12，判断是否经过靶材的第一预设使用时长，若是，则进行步骤 S13；若否，则返回步骤 S10；

S13，使所述偏置磁场装置沿基座 2 的周向旋转固定角度，并返回步骤 S10。

本发明实施例提供的磁性薄膜沉积方法，其通过采用本发明实施例提供的上述偏置磁场控制方法，可以避免靶材表面局部区域的凹陷深度过大，同时避免靶材表面不同位置之间的靶材凹陷深度差异过大，进而可以增加靶材的使用寿命，提高靶材利用率和薄膜厚度均匀性，从而降低工业成本。

可选的，上述磁性膜层的材料包括 NiFe 坡莫合金、非晶态磁性材料及包含 Co 基、Fe 基和/或 Ni 基的磁性材料等。其中，NiFe 坡莫合金例如为 Ni80Fe20、Ni45Fe55、Ni81Fe19 等；非晶态磁性材料例如为 CoZrTa；包含 Co 基、Fe 基和/或 Ni 基的磁性材料例如为 Co60Fe40、NiFeCr 等。

作为另一个技术方案，本发明还提供一种磁性薄膜沉积设备，其包括至少

一个用于沉积磁性膜层的沉积腔室。该沉积腔室采用了本发明实施例提供的上述磁性薄膜沉积腔室。

本发明提供的磁性薄膜沉积设备，其通过采用本发明实施例提供的上述磁性薄膜沉积腔室，可以增加靶材的使用寿命，提高靶材利用率和薄膜厚度均匀性，从而降低工业成本。

可以理解的是，以上实施方式仅仅是为了说明本发明的原理而采用的示例性实施方式，然而本发明并不局限于此。对于本领域内的普通技术人员而言，在不脱离本发明的精神和实质的情况下，可以做出各种变型和改进，这些变型和改进也视为本发明的保护范围。