

一种磁控管的形成方法、磁控管和磁控溅射设备

技术领域

本申请涉及半导体加工技术领域，具体涉及一种磁控管的形成方法、磁控管和磁控溅射设备。

背景技术

磁控溅射属于物理气相沉积（Physical Vapor Deposition, PVD）的一种，其通过使电子与工艺气体（如氩气）碰撞，来产生包括正离子和新的电子的等离子体，并通过使等离子体中的正离子与靶材碰撞，将靶材中的材料溅射出来并沉积成薄膜。

为了提高溅射率，通常会在磁控溅射设备的靶材背面设置磁控管，并通过磁控管产生的磁场延长电子的运动轨迹，以增加电子与工艺气体的碰撞几率，提高等离子体密度。但是，因为靶材表面磁场密集处的等离子体密度高于靶材其他位置处的等离子体密度，而等离子体密度高处的腐蚀概率会大于其他位置处的腐蚀概率，所以，会导致靶材表面磁场密集处的腐蚀概率大于靶材其他位置处的腐蚀概率，导致靶材其他位置处的材料利用率较低。

虽然可以通过设计具有特定磁极分布图形的磁控管，来提高靶材的利用率，但是，在设计磁控管的过程中，需要根据磁控溅射实验数据获得相应靶材的腐蚀数据，进而确定磁控管的设计是否符合要求。但是，因为靶材特别是贵金属靶材的成本较高，且磁控溅射实验的时间也较长，因此，会导致磁控管的设计成本较高，设计周期较长。

发明内容

本申请公开一种磁控管的形成方法、磁控管和磁控溅射设备，以降低磁

控管的设计成本和设计周期。

第一方面，本申请公开了一种磁控管的形成方法，包括：根据磁控管的磁极排布，获得所述磁控管在靶材表面任一半径处的磁场弧线上各点的水平磁场强度；根据所述靶材表面任一半径处的磁场弧线上各点的水平磁场强度以及所述水平磁场强度与靶材腐蚀概率的关系，获得所述靶材表面任一半径处的腐蚀概率；根据所述靶材表面多个半径处的腐蚀概率，确定所述磁控管的磁极排布。

在一些实施例中，所述根据所述靶材表面任一半径处的磁场弧线上各点的水平磁场强度以及所述水平磁场强度与靶材腐蚀概率的关系，获得所述靶材表面任一半径处的腐蚀概率包括：根据所述靶材表面任一半径处的磁场弧线上各点的水平磁场强度的径向分量以及磁控管静止状态下水平磁场强度与所述靶材腐蚀概率的关系，获得所述靶材表面任一半径处的径向腐蚀概率；根据所述靶材表面任一半径处的磁场弧线上各点的水平磁场强度的切向分量以及磁控管旋转状态下水平磁场强度与所述靶材腐蚀概率的关系，获得所述靶材表面任一半径处的切向腐蚀概率；根据所述靶材表面任一半径处的径向腐蚀概率和切向腐蚀概率，获得所述靶材表面任一半径处的腐蚀概率，所述靶材表面任一半径处的腐蚀概率等于所述半径处径向腐蚀概率和切向腐蚀概率之和。

在一些实施例中，所述根据所述靶材表面任一半径处的磁场弧线上各点的水平磁场强度的径向分量以及磁控管静止状态下水平磁场强度与所述靶材腐蚀概率的关系，获得所述靶材表面任一半径处的径向腐蚀概率包括：

根据所述靶材表面任一半径处的磁场弧线上各点的水平磁场强度的径向分量以及函数关系式 $E_{radial}(r) = \sum B_{xyr}(L_{Arc}(r)) / \text{Max}(\sum B_{xyr}(L_{Arc}(r)))$ ，获得所述靶材表面任一半径处的径向腐蚀概率；其中， r 表示所述靶材表面的任一半径， $B_{xyr}(L_{Arc}(r))$ 表示所述靶材表面任一半径处的磁场弧线上任一点

的水平磁场强度的径向分量, $\sum B_{xyr}(L_{Arc}(r))$ 表示所述靶材表面任一半径处的磁场弧线上各点的水平磁场强度的径向分量之和, $Max(\sum B_{xyr}(L_{Arc}(r)))$ 表示所述靶材表面各个半径处的磁场弧线上各点的水平磁场强度的径向分量之和的最大值, $E_{radial}(r)$ 表示所述靶材表面任一半径处的径向腐蚀概率。

在一些实施例中, 所述根据所述靶材表面任一半径处的磁场弧线上各点的水平磁场强度的切向分量以及磁控管旋转状态下水平磁场强度与所述靶材腐蚀概率的关系, 获得所述靶材表面任一半径处的切向腐蚀概率包括:

根据所述靶材表面任一半径处的磁场弧线上各点的水平磁场强度的切向分量以及函数关系式 $E_{vertical}(r) = \frac{\sum B_{xyv}(L_{Arc}(r))}{r \times Max(\sum B_{xyv}(L_{Arc}(r)))}$, 获得所述靶材表面任一半径处的切向腐蚀概率;

其中, r 表示所述靶材表面的任一半径, $B_{xyv}(L_{Arc}(r))$ 表示所述靶材表面任一半径处的磁场弧线上任一点的水平磁场强度的切向分量, $\sum B_{xyv}(L_{Arc}(r))$ 表示所述靶材表面任一半径处的磁场弧线上各点的水平磁场强度的切向分量之和, $Max(\sum B_{xyv}(L_{Arc}(r)))$ 表示所述靶材表面各个半径处的磁场弧线上各点的水平磁场强度的切向分量之和的最大值, $E_{vertical}(r)$ 表示所述靶材表面任一半径处的切向腐蚀概率。

在一些实施例中, 所述根据所述靶材表面的多个半径处的腐蚀概率, 确定所述磁控管的磁极排布包括: 根据所述靶材表面的多个半径处的腐蚀概率, 获得所述靶材的利用率; 若所述靶材的利用率小于目标利用率, 则对所述磁控管的磁极排布进行调整。

在一些实施例中, 所述根据所述靶材表面的多个半径处的腐蚀概率, 获得所述靶材的利用率包括: 根据所述靶材表面的多个半径处的腐蚀概率, 获得所述靶材表面的腐蚀概率曲线或腐蚀面积占比; 根据所述靶材表面的腐蚀概率曲线或腐蚀面积占比, 获得所述靶材的利用率。

在一些实施例中, 还包括: 若所述靶材的利用率大于或等于所述目标利

用率，则获取具有所述磁控管的磁控溅射设备形成的薄膜的均匀度；若所述薄膜的均匀度小于目标均匀度，则对所述磁控管的磁极排布进行微调。

在一些实施例中，所述对所述磁控管的磁极排布进行调整包括：根据所述靶材表面的多个半径处的腐蚀概率中的最大腐蚀概率或最小腐蚀概率，调整相应半径处的磁极排布；和/或，对所述磁控管的磁极个数、排布图形螺旋个数和螺旋曲率变化中的至少一个进行调整。

第二方面，本申请公开了一种磁控管，磁控管采用如上任一项所述的形成方法形成。

第三方面，本申请公开了一种磁控溅射设备，包括如上任一项所述的磁控管。

本申请公开的磁控管的形成方法、磁控管和磁控溅射设备，根据磁控管的磁极排布，获得磁控管在靶材表面任一半径处的磁场弧线上各点的水平磁场强度，根据靶材表面任一半径处的磁场弧线上各点的水平磁场强度以及水平磁场强度与靶材腐蚀概率的关系，获得靶材表面任一半径处的腐蚀概率，根据靶材表面多个半径处的腐蚀概率，确定磁控管的磁极排布，从而不需要利用靶材进行磁控溅射实验，来获得靶材表面的腐蚀数据，进而可以降低磁控管的设计成本，缩短磁控管的设计周期。

附图说明

为了更清楚地说明本申请实施例或背景技术中的技术方案，下面将对本申请实施例或背景技术中所需要使用的附图进行说明。

图1为本申请实施例公开的一种磁控溅射设备的结构示意图。

图2为本申请实施例公开的一种磁控管的形成方法的流程图。

图3为本申请实施例公开的磁控管在靶材表面各点的水平磁场强度分布示意图。

图4为本申请其他一些实施例公开的磁控管在靶材表面各个磁场弧线上

的各点的水平磁场强度分布示意图。

图 5 为本申请实施例公开的一种靶材表面各个磁场弧线的分布示意图。

图 6 为本申请另一些实施例公开的控管的示意图。

图 7 为本申请实施例公开的一种靶材表面多个半径处的磁场弧线上的各点的水平磁场强度的径向分量分布示意图。

图 8 为本申请实施例公开的一种靶材表面多个半径处的磁场弧线上的各点的水平磁场强度的切向分量分布示意图。

图 9 为本申请实施例公开的一种径向腐蚀概率随半径变化的曲线示意图。

图 10 为本申请实施例公开的一种切向腐蚀概率随半径变化的曲线示意图。

图 11 为本申请实施例公开的一种腐蚀概率随半径变化的曲线与实际的腐蚀概率随半径变化的曲线的示意图。

图 12 为本申请实施例公开的一种靶材表面各个磁场弧线上的各点的水平磁场强度与径向分量和切向分量的关系示意图。

具体实施方式

下面将结合本申请实施例中的附图，对本申请实施例中的技术方案进行清楚、完整地描述，显然，所描述的实施例仅仅是本申请一部分实施例，而不是全部的实施例。基于本申请中的实施例，本领域普通技术人员在没有做出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施例，都属于本申请保护的范围。

如图 1 所示，磁控溅射设备包括溅射腔室 1，该溅射腔室 1 包括：腔室主体 2、工艺组件 3 和阴极溅射系统 4。腔室主体 2 包括工艺气体接口 8、腔室壁 9、基座 11 和真空系统 12，工艺气体接口 8 用于向腔室内通入工艺气体（如氩气），基座 11 用于承载晶圆 10 等被加工工件，真空系统 12 用于将腔室抽到真空状态，工艺组件 3 包括下内衬 13、沉积环 14、盖环 15 和上内衬 16，工艺组件 3 可以环绕设置在腔室主体 2 内，以对腔室主体 2 的各个侧壁

进行遮挡,保证腔室主体2的侧壁不受污染。阴极溅射系统4包括磁控管5、靶材6和直流电源7。

在进行磁控溅射工艺之前,将晶圆10等被加工工件放置在基座11上,然后由真空系统12将腔室抽到真空状态。当腔室内达到指定的真空度后,通过工艺气体接口8向腔室内通入一定量的氩气作为工艺气体,并通过直流电源7在靶材6上施加一负偏压,使腔室内的氩气电离,在磁控管5产生的磁场对电子的束缚作用下,在靶材6的表面磁场18的密集区域形成稳定的等离子体17。在电场的作用下等离子体17中氩离子持续轰击靶材6的表面,使靶材6的原子被溅射出来并沉积在晶圆10等被加工工件的表面形成镀膜。

目前通常会在磁控溅射设备工作的过程中控制磁控管5旋转,以通过提高磁控管5产生的磁场的分布均匀性,来提高靶材表面的腐蚀均匀性和靶材利用率,但是,靶材6的腐蚀均匀性和利用率仍有待进一步提高。虽然也可以通过设计具有特定磁极分布图形的磁控管,来提高靶材腐蚀的均匀性和靶材利用率,但是,在设计磁控管的过程中,需要根据磁控溅射实验获得相应靶材的腐蚀数据,来确定磁控管的设计是否符合要求,导致磁控管的设计成本较高,设计周期较长。

研究发现,电子主要被磁控管的水平磁场束缚在靶材表面附近的磁控跑道内,导致靶材表面与磁控跑道对应区域的等离子体浓度远高于靶材表面其它区域的等离子体浓度,导致靶材表面与磁控跑道对应区域的腐蚀概率远高于靶材表面其它区域的腐蚀概率,因此,可以确定等离子体分布与水平磁场分布相似,并根据等离子体密度与腐蚀概率的关系获得水平磁场强度与腐蚀概率的关系,进而根据水平磁场强度与腐蚀概率的关系,获得靶材表面的腐蚀概率。

基于此,本申请公开了一种磁控管的形成方法,通过对磁控管进行获得磁控管在靶材表面任一半径处的磁场弧线上各点的水平磁场强度,并根据靶

材表面任一半径处的磁场弧线上各点的水平磁场强度以及水平磁场强度与靶材腐蚀概率的关系，获得靶材表面任一半径处的腐蚀概率，从而不需要利用靶材进行磁控溅射实验，来获得靶材表面的腐蚀数据，进而可以降低磁控管的设计成本，缩短磁控管的设计周期。

需要说明的是，磁控管在靶材表面任一半径处的磁场弧线上各点的水平磁场强度的可以是通过对磁控管进行仿真的方式获得，也可以采用其他方式获得，本申请不作限制。另外，水平磁场强度与靶材腐蚀概率的关系，可以是函数关系，也可以是其他关系，本申请同样不作限制。

下面以对磁控管进行仿真的方式为例，对本申请实施例公开了一种磁控管的形成方法进行具体说明，如图2所示，该形成方法包括：

S101：根据磁控管的磁极排布，仿真获得磁控管在靶材表面任一半径处的磁场弧线各点的水平磁场强度。

在本申请的实施例中，通过建立磁控管的仿真模型，仿真获得磁控管在靶材表面多个半径处的磁场弧线上各点的水平磁场强度，以根据水平磁场强度与靶材腐蚀概率的函数关系，获得靶材表面多个半径处的腐蚀概率。

在本申请的一些实施例中，根据初始设计的磁控管的磁极排布建立仿真模型，并根据直流磁控管溅射原理以及仿真模型，仿真获得磁控管在靶材表面任一半径处的磁场弧线上各点的水平磁场强度。

在一些实施例中，可以根据直流磁控管溅射原理以及仿真模型，仿真获得如图3所示的磁控管在靶材表面各点的水平磁场强度 $B_{10} \sim B_{1n}$ ，然后根据磁控管在靶材表面各点的水平磁场强度 $B_{10} \sim B_{1n}$ ，获得磁控管在靶材表面任一半径处的磁场弧线上各点的水平磁场强度 $B_{20} \sim B_{2n}$ ，即获得磁控管在靶材表面各个半径处的磁场弧线的水平磁场强度点阵 $B_{20} \sim B_{2n}$ 。

当然，本申请并不仅限于此，在另一些实施例中，也可以根据直流磁控管溅射原理以及仿真模型，直接仿真获得如图4所示的磁控管在靶材表面任

一半径处的磁场弧线上各点的水平磁场强度 $B_{20} \sim B_{2n}$ ，即获得磁控管在靶材表面各个半径处的磁场弧线的水平磁场强度点阵 $B_{20} \sim B_{2n}$ 。其中， n 为大于 2 的整数。

如图 5 所示，靶材 6 表面的多个半径处为靶材 6 表面与靶材中心 O 距离不同的多个圆环处。任一半径处的磁场弧线为任一半径处的圆环与水平磁场强度分布图的重叠线。磁场弧线上的各点是通过将磁场弧线等弧长间隔划分或等角度间隔划分得到的。

需要说明的是，如图 3 至图 5 所示的实施例中仅以靶材为圆形靶材、磁控管在靶材表面的水平磁场强度分布图为中心形图为例进行说明，当然，本申请并不仅限于此，在其他一些实施例中，水平磁场强度分布图还可以是图 6 所示的螺旋状磁控管的磁场分布图。其中，磁场强度分布图由磁极分布图决定，并且，磁场强度分布图可以与磁极分布图相同。

S102：根据靶材表面任一半径处的磁场弧线上各点的水平磁场强度以及水平磁场强度与靶材腐蚀概率的函数关系，获得靶材表面任一半径处的腐蚀概率。

可以理解的是，因为等离子体密度分布主要由水平磁场强度分布决定，所以，等离子体密度分布图与水平磁场强度分布图相似，根据水平磁场强度分布图上的各个半径处的磁场弧线上各点的水平磁场强度以及水平磁场强度与靶材腐蚀概率的函数关系，即可获得靶材表面各个半径处的腐蚀概率。

在本申请的一些实施例中，若在磁控溅射设备工作的过程中磁控管始终处于静止状态，则可以根据磁控管静止状态下的水平磁场强度与靶材腐蚀概率的对应关系，获得靶材表面的腐蚀概率；若在磁控溅射设备工作的过程中磁控管始终处于旋转状态，则可以根据磁控管旋转状态下的水平磁场强度与靶材腐蚀概率的对应关系，获得靶材表面的腐蚀概率。

但是，发明人研究发现，虽然在磁控溅射设备工作的过程中磁控管始终

处于旋转状态，但是，水平磁场的径向分量与角速度无关，水平磁场的切向分量与角速度正相关，若仅根据磁控管旋转状态下的水平磁场强度与靶材腐蚀概率的对应关系，获得靶材表面的腐蚀概率，会导致腐蚀概率的准确度较低。

基于此，为了提高腐蚀概率的准确度，可以将磁控管静止状态下的水平磁场强度与靶材腐蚀概率的函数关系认为是水平磁场强度的径向分量与靶材腐蚀概率的函数关系，并据此获得靶材表面的径向腐蚀概率，可以将磁控管旋转状态下的水平磁场强度与靶材腐蚀概率的对应关系认为是水平磁场强度的切向分量与靶材腐蚀概率的对应关系，并据此获得靶材表面的切向腐蚀概率，然后根据靶材表面的径向腐蚀概率和切向腐蚀概率获得靶材表面的腐蚀概率。

需要说明的是，可以按磁控管的旋转方向将水平磁场分为径向磁场和切向磁场，其中，如图 12 所示，水平磁场强度的径向分量等于水平磁场强度与 $\cos \theta$ 的乘积，水平磁场强度的切向分量等于水平磁场强度与 $\sin \theta$ 的乘积， θ 表示水平磁场方向与径向的夹角。其中，磁控管在靶材表面任一半径处的磁场弧线上各点的水平磁场强度的径向分量如图 7 所示，磁控管在靶材表面任一半径处的磁场弧线上各点的水平磁场强度的切向分量如图 8 所示。

基于此，在本申请的一些实施例中，根据靶材表面任一半径处的磁场弧线上各点的水平磁场强度的径向分量以及磁控管静止状态下水平磁场强度与靶材腐蚀概率的函数关系，获得靶材表面任一半径处的径向腐蚀概率；根据靶材表面任一半径处的磁场弧线上各点的水平磁场强度的切向分量以及磁控管旋转状态下水平磁场强度与靶材腐蚀概率的函数关系，获得靶材表面任一半径处的切向腐蚀概率；根据靶材表面任一半径处的径向腐蚀概率和切向腐蚀概率，获得靶材表面任一半径处的腐蚀概率，靶材表面任一半径处的腐蚀概率等于半径处径向腐蚀概率和切向腐蚀概率之和。

在本申请一些实施例中,可以根据靶材表面任一半径处的磁场弧线上各点的水平磁场强度的径向分量以及函数关系式 $E_{radial}(r) = \sum B_{xyr}(L_{Arc}(r)) / \text{Max}(\sum B_{xyr}(L_{Arc}(r)))$, 获得靶材表面任一半径处的径向腐蚀概率。

其中, r 表示靶材表面的任一半径, $B_{xyr}(L_{Arc}(r))$ 表示靶材表面任一半径处的磁场弧线上任一点的水平磁场强度的径向分量, $\sum B_{xyr}(L_{Arc}(r))$ 表示靶材表面任一半径处的磁场弧线上各点的水平磁场强度的径向分量之和, $\text{Max}(\sum B_{xyr}(L_{Arc}(r)))$ 表示靶材表面各个半径处的磁场弧线上各点的水平磁场强度的径向分量之和的最大值, $E_{radial}(r)$ 表示靶材表面任一半径处的径向腐蚀概率。

在本申请一些实施例中,可以根据靶材表面任一半径处的磁场弧线上各点的水平磁场强度的切向分量以及函数关系式 $E_{vertical}(r) = \frac{\sum B_{xyv}(L_{Arc}(r))}{r \times \text{Max}(\sum B_{xyv}(L_{Arc}(r)))}$, 获得靶材表面任一半径处的切向腐蚀概率。

其中, r 表示靶材表面的任一半径, $B_{xyv}(L_{Arc}(r))$ 表示靶材表面任一半径处的磁场弧线上任一点的水平磁场强度的切向分量, $\sum B_{xyv}(L_{Arc}(r))$ 表示靶材表面任一半径处的磁场弧线上各点的水平磁场强度的切向分量之和, $\text{Max}(\sum B_{xyv}(L_{Arc}(r)))$ 表示靶材表面各个半径处的磁场弧线上各点的水平磁场强度的切向分量之和的最大值, $E_{vertical}(r)$ 表示靶材表面任一半径处的切向腐蚀概率。

需要说明的是, 假设各个半径分别为 $r1$ 、 $r2 \dots rm$, m 为大于 2 的整数, 则 $\text{Max}(\sum B_{xyr}(L_{Arc}(r)))$ 为 $\sum B_{xyr}(L_{Arc}(r1))$ 、 $\sum B_{xyr}(L_{Arc}(r2)) \dots \sum B_{xyr}(L_{Arc}(rm))$ 中的最大值, $\text{Max}(\sum B_{xyv}(L_{Arc}(r)))$ 为 $\sum B_{xyv}(L_{Arc}(r1))$ 、 $\sum B_{xyv}(L_{Arc}(r2)) \dots \sum B_{xyv}(L_{Arc}(rm))$ 中的最大值。

在此基础上, 根据靶材表面任一半径处的径向腐蚀概率和切向腐蚀概率

之和，即可得到靶材表面任一半径处的腐蚀概率。在一些实施例中，可以根据靶材表面的多个半径处的径向腐蚀概率，获得靶材表面的径向腐蚀概率曲线，该径向腐蚀概率曲线为靶材表面的径向腐蚀概率随半径变化的曲线，该径向腐蚀概率曲线如图 9 所示。可以根据靶材表面的多个半径处的切向腐蚀概率，获得靶材表面的切向腐蚀概率曲线，该切向腐蚀概率曲线为靶材表面的切向腐蚀概率随半径变化的曲线，该切向腐蚀概率曲线如图 10 所示。其中，靶材被腐蚀程度最重的半径处的腐蚀概率为 1，靶材腐蚀程度较轻的半径处的腐蚀概率小于 1。

如图 11 所示，本申请实施例公开的方法计算得到的靶材表面的腐蚀概率随半径变化的曲线和实际的靶材表面的腐蚀概率随半径变化的曲线基本相似，由此可验证本申请实施例公开的腐蚀概率计算方法的正确性。在获得初始设计的磁控管对应的靶材腐蚀概率之后，即可根据靶材腐蚀概率对磁控管的设计进行优化，获得靶材利用率较高的磁控管。也就是说，本申请实施例公开的形成方法，不仅可以降低磁控管的设计成本，缩短磁控管的设计周期，而且可以提高靶材的利用率，具有较好的工程应用前景。

需要说明的是，本申请实施例仅以靶材是圆形靶材为例对腐蚀概率的预估过程进行了说明，但是，本申请并不仅限于此，在另一些实施例中，靶材还可以是方形或菱形靶材等其他形状的靶材，在此不再赘述。

S103：根据靶材表面多个半径处的腐蚀概率，确定磁控管的磁极排布。

根据水平磁场强度与靶材腐蚀概率的函数关系式可知，靶材腐蚀概率主要与水平磁场的磁场弧线长度（或磁场弧线上的点数）及强度有关，磁控管的初始设计的磁场分布形状可以为图 6 所示的多螺旋形状，该形状可以包含更多的磁场分布路径，因此，可以增大腐蚀区域的面积，进而可以得到高利用率的磁控管。但是，设计的磁场分布路径也不能过长，如果在某一半径处路径过长会导致该半径处最先被腐蚀殆尽，而其它半径处腐蚀较少，导致靶

材的利用率不高。基于此，在获得靶材表面的多个半径处的腐蚀概率，还需根据靶材的利用率判断磁控管的磁极排布。

在本申请的一些实施例中，可以根据靶材表面的多个半径处的腐蚀概率，获得靶材的利用率，其中，若一个半径处的腐蚀概率为 1，则靶材的利用率等于或接近 100%，根据多个半径处的靶材的利用率的平均值，即可得到整个靶材的利用率。若靶材的利用率小于目标利用率，则说明磁控管的磁极排布未达到设计要求，需要对磁控管的磁极排布进行调整，若靶材的利用率大于或等于目标利用率，则说明磁控管的磁极排布达到设计要求，可以不对磁控管的磁极排布进行调整，或者，可以对磁控管的磁极排布进行微调。基于此，本申请的实施例公开的方法不仅可以降低磁控管的设计成本，缩短磁控管的设计周期，而且可以通过调整磁控管的磁极排布，保证靶材腐蚀的均匀性。

在一些实施例中，可以根据靶材表面的多个半径处的腐蚀概率，获得靶材表面的腐蚀概率曲线或腐蚀面积占比，并根据靶材表面的腐蚀概率曲线或腐蚀面积占比，获得靶材的利用率。

在此基础上，在本申请的一些实施例中，磁控管的形成方法还包括：若靶材的利用率大于或等于目标利用率，则获取具有该磁控管的磁控溅射设备形成的薄膜的均匀度，若薄膜的均匀度大于或等于目标均匀度，则不对磁控管的磁极排布进行调整，将磁控管的磁极排布确定为最终排布结果，若薄膜的均匀度小于目标均匀度，则对磁控管的磁极排布进行微调（例如对磁控管的局部区域的磁极排布进行调整）。若多次微调磁极排布以及工艺条件（如气压、功率和靶基间距）后，薄膜的均匀度仍小于目标均匀度，则对磁控管的磁极排布进行重新设计。基于此，本申请的实施例公开的方法不仅可以降低磁控管的设计成本，缩短磁控管的设计周期，而且可以通过调整磁控管的磁极排布，保证靶材腐蚀的均匀性和沉积薄膜的均匀性。在一些实施例中，对磁控管的磁极排布进行调整包括：根据靶材表面的多个半径处的腐蚀概率中

的最大腐蚀概率（图 11 中曲线尖峰处的腐蚀概率）或最小腐蚀概率（图 11 中曲线低谷处的腐蚀概率），调整相应半径处的磁极排布，具体地，可以调整最大腐蚀概率对应半径处的磁极排布或调整最小腐蚀概率对应半径处的磁极排布。和/或，对磁控管的磁极个数、排布图形螺旋个数和螺旋曲率变化中的至少一个进行调整。当然，本申请并不仅限于此，在具体应用中可以根据具体情况确定磁极排布的调整方案，在此不再赘述。

作为本申请公开内容的另一实施例，本申请实施例还公开了一种磁控溅射设备，如图 1 所示，该磁控溅射设备包括磁控管 5 等，其中，磁控管 5 可以采用上述任一实施例公开的形成方法形成。

以上实施例的各技术特征可以进行任意的组合，为使描述简洁，未对上述实施例中的各个技术特征所有可能的组合都进行描述，然而，只要这些技术特征的组合不存在矛盾，都应当认为是本说明书记载的范围。

以上实施例仅表达了本说明书的几种实施方式，其描述较为具体和详细，但并不能因此而理解为对发明专利范围的限制。应当指出的是，对于本领域的普通技术人员来说，在不脱离本说明书构思的前提下，还可以做出若干变形和改进，这些都属于本说明书的保护范围。因此，本说明书专利的保护范围应以所附权利要求为准。

权 利 要 求 书

1、一种磁控管的形成方法，其特征在于，包括：

5 根据磁控管的磁极排布，获得所述磁控管在靶材表面任一半径处的磁场弧线上各点的水平磁场强度；

根据所述靶材表面任一半径处的磁场弧线上各点的水平磁场强度以及所述水平磁场强度与靶材腐蚀概率的关系，获得所述靶材表面任一半径处的腐蚀概率；

10 根据所述靶材表面多个半径处的腐蚀概率，确定所述磁控管的磁极排布。

2、根据权利要求 1 所述的形成方法，其特征在于，所述根据所述靶材表面任一半径处的磁场弧线上各点的水平磁场强度以及所述水平磁场强度与靶材腐蚀概率的关系，获得所述靶材表面任一半径处的腐蚀概率包括：

15 根据所述靶材表面任一半径处的磁场弧线上各点的水平磁场强度的径向分量以及磁控管静止状态下水平磁场强度与所述靶材腐蚀概率的关系，获得所述靶材表面任一半径处的径向腐蚀概率；

根据所述靶材表面任一半径处的磁场弧线上各点的水平磁场强度的切向分量以及磁控管旋转状态下水平磁场强度与所述靶材腐蚀概率的关系，获得所述靶材表面任一半径处的切向腐蚀概率；

20 根据所述靶材表面任一半径处的径向腐蚀概率和切向腐蚀概率，获得所述靶材表面任一半径处的腐蚀概率，所述靶材表面任一半径处的腐蚀概率等于所述半径处径向腐蚀概率和切向腐蚀概率之和。

3、根据权利要求 2 所述的形成方法，其特征在于，所述根据所述靶材表面任一半径处的磁场弧线上各点的水平磁场强度的径向分量以及磁控管静止状态下水平磁场强度与所述靶材腐蚀概率的关系，获得所述靶材表面任一半径处的径向腐蚀概率包括：

25 根据所述靶材表面任一半径处的磁场弧线上各点的水平磁场强度的径向分量以及函数关系式 $E_{radial}(r) = \sum B_{xyr}(L_{Arc}(r)) /$

$Max(\sum B_{xyr}(L_{Arc}(r)))$), 获得所述靶材表面任一半径处的径向腐蚀概率;

其中, r 表示所述靶材表面的任一半径, $B_{xyr}(L_{Arc}(r))$ 表示所述靶材表面任一半径处的磁场弧线上任一点的水平磁场强度的径向分量, $\sum B_{xyr}(L_{Arc}(r))$ 表示所述靶材表面任一半径处的磁场弧线上各点的水平磁场强度的径向分量之和, $Max(\sum B_{xyr}(L_{Arc}(r)))$ 表示所述靶材表面各个半径处的磁场弧线上各点的水平磁场强度的径向分量之和的最大值, $E_{radial}(r)$ 表示所述靶材表面任一半径处的径向腐蚀概率。

4、根据权利要求 2 所述的形成方法, 其特征在于, 所述根据所述靶材表面任一半径处的磁场弧线上各点的水平磁场强度的切向分量以及磁控管旋转状态下水平磁场强度与所述靶材腐蚀概率的关系, 获得所述靶材表面任一半径处的切向腐蚀概率包括:

根据所述靶材表面任一半径处的磁场弧线上各点的水平磁场强度的切向分量以及函数关系式 $E_{vertical}(r) = \frac{\sum B_{xyv}(L_{Arc}(r))}{r \times Max(\sum B_{xyv}(L_{Arc}(r)))}$, 获得所述靶材表面任一半径处的切向腐蚀概率;

其中, r 表示所述靶材表面的任一半径, $B_{xyv}(L_{Arc}(r))$ 表示所述靶材表面任一半径处的磁场弧线上任一点的水平磁场强度的切向分量, $\sum B_{xyv}(L_{Arc}(r))$ 表示所述靶材表面任一半径处的磁场弧线上各点的水平磁场强度的切向分量之和, $Max(\sum B_{xyv}(L_{Arc}(r)))$ 表示所述靶材表面各个半径处的磁场弧线上各点的水平磁场强度的切向分量之和的最大值, $E_{vertical}(r)$ 表示所述靶材表面任一半径处的切向腐蚀概率。

5、根据权利要求 1 所述的形成方法, 其特征在于, 所述根据所述靶材表面的多个半径处的腐蚀概率, 确定所述磁控管的磁极排布包括:

根据所述靶材表面的多个半径处的腐蚀概率, 获得所述靶材的利用率;

若所述靶材的利用率小于目标利用率, 则对所述磁控管的磁极排布进行调整。

6、根据权利要求 5 所述的形成方法，其特征在于，所述根据所述靶材表面的多个半径处的腐蚀概率，获得所述靶材的利用率包括：

根据所述靶材表面的多个半径处的腐蚀概率，获得所述靶材表面的腐蚀概率曲线或腐蚀面积占比；

5 根据所述靶材表面的腐蚀概率曲线或腐蚀面积占比，获得所述靶材的利用率。

7、根据权利要求 5 所述的形成方法，其特征在于，还包括：

若所述靶材的利用率大于或等于所述目标利用率，则获取具有所述磁控管的磁控溅射设备形成的薄膜的均匀度；

10 若所述薄膜的均匀度小于目标均匀度，则对所述磁控管的磁极排布进行微调。

8、根据权利要求 5 所述的形成方法，其特征在于，所述对所述磁控管的磁极排布进行调整包括：根据所述靶材表面的多个半径处的腐蚀概率中的最大腐蚀概率或最小腐蚀概率，调整相应半径处的磁极排布；和/或，对所述
15 磁控管的磁极个数、排布图形螺旋个数和螺旋曲率变化中的至少一个进行调整。

9、一种磁控管，其特征在于，所述磁控管采用权利要求 1~8 任一项所述的形成方法形成。

10、一种磁控溅射设备，其特征在于，包括权利要求 9 所述的磁控管。