(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 111575664 B
(45)授权公告日 2021.08.17

(21)申请号 202010418115.8
(22)申请日 2020.05.18
(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 111575664 A
(43)申请公布日 2020.08.25
(73)专利权人 中国科学院力学研究所
地址 100190 北京市海淀区北四环西路15号
(72)发明人 夏原 李光
(74)专利代理机构 北京和信华成知识产权代理事务所(普通合伙) 11390
代理人 胡剑辉
(51)Int.Cl.
C23C 14/35(2006.01)
C23C 14/02(2006.01)
C23C 14/16(2006.01)
C22C 21/10(2006.01)

(56)对比文件
CN 109402556 A,2019.03.01
CN 1807667 A,2006.07.26
CN 102031522 A,2011.04.27
CN 103374692 A,2013.10.30
JP 2002363734 A,2002.12.18

审查员 冯冰

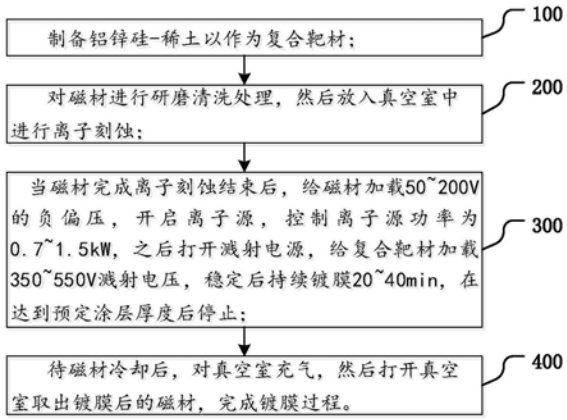
权利要求书2页 说明书7页 附图3页

(54)发明名称

利用离化溅射技术在磁材表面实现冷镀的镀膜方法

(57)摘要

本发明提供一种利用离化溅射技术在磁材表面实现冷镀的镀膜方法，包括如下步骤：制备铝锌硅-稀土以作为复合靶材；对磁材进行研磨清洗处理，然后放入真空室中进行离子刻蚀；当磁材完成离子刻蚀后，在负偏压50～200V下开启离子源和溅射电源，控制离子源的功率在0.7～1.5kW，并将复合靶材加载350～550V电压，然后持续镀膜20～40分钟，在磁材表面的镀膜厚度达到要求后停止；待磁材冷却后，对真空室充气，然后打开真空室取出镀膜后的磁材，完成镀膜过程。本发明在铝锌硅涂层中添加了稀土元素钕，可以提高涂层的致密性，离化磁控溅射制备技术的低温沉积特性不会对磁材本身的性质以及磁材产生影响，而且离化磁控溅射技术更容易精确控制涂层厚度和涂层成分，制备的涂层均匀性更好。



CN 111575664 B

1.利用离化溅射技术在磁材表面实现冷镀的镀膜方法，其特征在于，包括如下步骤：

步骤100，制备铝锌硅-稀土以作为复合靶材；

步骤200，对磁材进行研磨清洗处理，然后放入真空室中进行离子刻蚀；

步骤300，当磁材完成离子刻蚀结束后，给磁材加载50～200V的负偏压，开启离子源，控制离子源功率为0.7～1.5kW，之后打开溅射电源，给复合靶材加载350～550V溅射电压，稳定后持续镀膜20～40min，在达到预定涂层厚度后停止；

步骤400，待磁材冷却后，对真空室充气，然后打开真空室取出镀膜后的磁材，完成镀膜过程；

其中，所述复合靶材含有：1～2％硅、60～65％铝，0.6～1.2％钕，其余为锌。

2.根据权利要求1所述的镀膜方法，其特征在于，

所述复合靶材的制备过程如下：

步骤101，按硅1～2％，铝60～65％，钕0.6～1.2％，其余为锌的百分比含量准备铝、高硅铝合金、锌和钕；

步骤102，首先将铝进行加热熔化，按照硅添加比例加入高硅铝合金，然后向铝硅液态合金中投入锌锭，最后再加入稀土钕熔炼，形成铝锌硅稀土液态合金；

步骤103，经过除渣后浇入模具得到合金铸锭；

步骤104，将获取的合金铸锭经过热锻、轧制和表面处理后，得到铝锌硅-稀土复合靶材。

3.根据权利要求1所述的镀膜方法，其特征在于，

所述步骤200中，对磁材进行研磨清洗处理过程如下：

步骤201，先将磁材置于振动式研磨机内，使用碳化硅与棕刚玉的混料对其进行倒角磨面，直至磁材的边角圆弧不小于0.5mm时停止；

步骤202，然后对磁材喷砂处理20min；

步骤203，再将磁材置于超声波清洗器中，使用金属清洗剂超声清洗30min；然后用去离子水超声波清洗10min，之后使用无水乙醇超声清洗5min脱水；最后用热空气烘干完成清洗过程。

4.根据权利要求1所述的镀膜方法，其特征在于，

所述步骤200中，磁材在真空室中进行离子刻蚀的过程如下：

步骤211，将清洗后的磁材装配于真空室的夹具上，然后分别启动机械泵和分子泵进行抽真空操作；

步骤212，当真空室内的真空度为1×10^{-2}Pa时，向真空室内通入氩气和氢气，同时启动加热装置将磁材温度加热至150～200℃，保温放气30～60min后停止加热与供气；

步骤213，在真空度达到3×10^{-3}Pa时，给磁材加载150～300V的负偏压，打开离子源控制其功率为2～5KW，离化氩气生成氩离子对磁材表面进行离子刻蚀，离子刻蚀持续时间25～35min后停止，完成磁材的刻蚀。

5.根据权利要求1所述的镀膜方法，其特征在于，

所述步骤300中，在对所述磁材进行镀膜前，需要等待所述磁材降温至120～150℃。

6.根据权利要求1所述的镀膜方法，其特征在于，

所述步骤300中，在对所述磁材进行镀膜前，所述真空室需要调整氩气流量至工作真空

度0.3～0.8Pa。

7.根据权利要求1所述的镀膜方法，其特征在于，

所述步骤300中的磁材镀膜厚度为4～6μm。

8.根据权利要求1所述的镀膜方法，其特征在于，

所述步骤400中对所述磁材的冷却时间为10min。

9.根据权利要求4所述的镀膜方法，其特征在于，

所述步骤213中，在刻蚀期间真空室内的气压不低于1×10^{-1}Pa。

10.根据权利要求1所述的镀膜方法，其特征在于，

还包括耐腐蚀实验步骤，将镀膜完成后的所述磁材，放入中性盐雾中，经过300h后取出，磁材表面无腐蚀痕迹表明镀膜成功。

利用离化溅射技术在磁材表面实现冷镀的镀膜方法

技术领域

[0001] 本发明涉及低温等离子体物理与化学中材料表面改性技术领域，具体为一种利用离化溅射技术在磁材表面实现冷镀的镀膜方法。

背景技术

[0002] 作为目前最强的磁性能材料，钕铁硼(NdFeB)永磁材料的应用与发展近年来十分迅速，已经广泛应用于医疗、机械、汽车，电子器件等诸多领域，且应用前景十分广阔；但是钕铁硼磁体是采用粉末烧结技术制成的，具有多相组织结构，容易形成晶间腐蚀，而且疏松多孔的特征导致磁材表面很难形成氧化物保护层，一旦氧化就会发生连锁反应，加速磁材腐蚀，所以对于钕铁硼磁材的防腐蚀性能的提高是目前研究的热点。

[0003] 目前磁材表面防腐蚀涂层一般采用的是镍、锌、铝层，主要是通过电镀或者化学镀技术形成。但是在采用这些方法制备NdFeB防护层的过程中，镀液可能会残留在NdFeB内部并且发生吸氢反应，往往会降低产品的成品率，且污染较严重。另外，锌层是一种牺牲阳极保护材料，因此表面锌层腐蚀速率会很高，其耐腐蚀性与锌层厚度成正比，要达到长期防腐蚀的效果必须沉积一定厚度的涂层；铝层则是通过物理隔离的方法保护磁材，但是一旦涂层出现损伤暴露基材，也会失去保护作用。而铝锌硅涂层内部存在极细的富铝树枝状晶体，在涂层中形成了细微的网络骨架，而在剩余的晶间空隙中存在富锌的共晶组织，这使得铝锌硅涂层既具备了镀铝层较好的耐腐蚀性能和抗氧化性能，晶间富锌组织又可以在涂层破裂时形成与镀锌层一样的阴极保护作用。铝锌硅涂层综合了两者的优点，也克服了其不足，是一种重要的防腐蚀涂层。

[0004] 目前铝锌硅涂层主要用于金属防护涂层，制备技术通常为热浸镀，专利CN 105714229 A就使用热浸镀的方式在金属表面形成了铝锌硅涂层，具有良好的防腐蚀性能。但是热浸镀技术涂层厚度不易控制，在面对不规则样品时不易形成均匀涂层；并且由于热浸镀的温度较高(>500℃)，但是NdFeB中的富钕相的熔点较低，当NdFeB在与铝锌硅镀液接触时，富钕相会首先熔化或溶解在铝锌硅镀液中，并导致NdFeB晶粒向合金镀液中转移，因此磁材表面层不断溶解，破坏磁材表面完整性，也无法形成结合良好的冶金界面层。所以热浸镀方式在钕铁硼磁材表面制备铝锌硅涂层会出现破裂或易脱落的现象。

[0005] 现有的物理气相沉积技术主要包括蒸镀、溅射镀膜等，其具有低温沉积的特点，不易损伤磁材，而且制备的涂层均匀性较好，越来越多的应用在涂层防护技术上。防腐蚀涂层需要具备一定的致密性，由于真空蒸镀蒸发粒子能量低、附着力小、致密性较差，所以不是最佳的真空镀膜防腐蚀涂层制备技术；磁控溅射是通过粒子轰击溅射靶材原子制备涂层，其致密性高、涂层内部针孔少、具有较高的结合力和涂层纯度。但是磁控溅射工艺在NdFeB磁体表面沉积的涂层结构通常为柱状晶结构，与腐蚀环境接触时，晶粒之间的微孔隙容易成为腐蚀电解液渗入薄膜-磁材界面的通道，从而造成膜层的失效，所以无法直接利用磁控溅射技术在磁材表面制备铝锌硅涂层。

发明内容

[0006] 本文发明的目的是提供一种低温下利用离化溅射技术在磁材表面实现冷镀的镀膜方法。

[0007] 具体地，本发明提供一种利用离化溅射技术在磁材表面实现冷镀的镀膜方法，

[0008] 步骤100，制备铝锌硅-稀土以作为复合靶材；

[0009] 步骤200，对磁材进行研磨清洗处理，然后放入真空室中进行离子刻蚀；

[0010] 步骤300，当磁材完成离子刻蚀结束后，给磁材加载50～200V的负偏压，开启离子源，控制离子源功率为0.7～1.5kW，之后打开溅射电源，给复合靶材加载350～550V溅射电压，稳定后持续镀膜20～40mi n，在达到预定涂层厚度后停止；

[0011] 步骤400，待磁材冷却后，对真空室充气，然后打开真空室取出镀膜后的磁材，完成镀膜过程。

[0012] 在本发明的一个实施方式中，所述复合靶材的制备过程如下：

[0013] 步骤101，按硅1～2％，铝60～65％，钕0.6～1.2％，其余为锌的百分比含量准备铝、高硅铝合金、锌和钕；

[0014] 步骤102，首先将铝进行加热熔化，按照硅添加比例加入高硅铝合金，然后向铝硅液态合金中投入锌锭，最后再加入稀土钕熔炼，形成铝锌硅稀土液态合金；

[0015] 步骤103，经过除渣后浇入模具得到合金铸锭；

[0016] 步骤104，将获取的合金铸锭经过热锻、轧制和表面处理后，得到铝锌硅-稀土复合靶材。

[0017] 在本发明的一个实施方式中，所述步骤200中，对磁材进行研磨清洗处理过程如下：

[0018] 步骤201，先将磁材置于振动式研磨机内，使用碳化硅与棕刚玉的混料对其进行倒角磨面，直至磁材的边角圆弧不小于0.5mm时停止；

[0019] 步骤202，然后对磁材喷砂处理20min；

[0020] 步骤203，再将磁材置于超声波清洗器中，使用金属清洗剂超声清洗30min；然后用去离子水超声波清洗10min，之后使用无水乙醇超声清洗5min脱水；最后用热空气烘干完成清洗过程。

[0021] 在本发明的一个实施方式中，所述步骤200中，磁材在真空室中进行离子刻蚀的过程如下：

[0022] 步骤211，将清洗后的磁材装配于真空室的夹具上，然后分别启动机械泵和分子泵进行抽真空操作；

[0023] 步骤212，当真空室内的真空度为1×10^{-2}Pa时，向真空室内通入氩气和氢气，同时启动加热装置将磁材温度加热至150～200℃，保温放气30～60min后停止加热与供气；

[0024] 步骤213，在真空度达到3×10^{-3}Pa时，给磁材加载150～300V的负偏压，打开离子源控制其功率为2～5KW，离化氩气生成氩离子对磁材表面进行离子刻蚀，离子刻蚀持续时间25～35min后停止，完成磁材的刻蚀。

[0025] 在本发明的一个实施方式中，所述步骤300中，在对所述磁材进行镀膜前，需要等待所述磁材降温至120～150℃。

[0026] 在本发明的一个实施方式中，所述步骤300中，在对所述磁材进行镀膜前，所述真

空室需要调整氩气流量至工作真空度0.3～0.8Pa。

[0027] 在本发明的一个实施方式中，所述步骤300中的磁材镀膜厚度为4～6μm。

[0028] 在本发明的一个实施方式中，所述步骤400中对所述磁材的冷却时间为10min。

[0029] 在本发明的一个实施方式中，所述步骤213中，在刻蚀期间真空室内的气压不低于1×10^{-1}Pa。

[0030] 在本发明的一个实施方式中，还包括耐腐蚀实验步骤，将镀膜完成后的所述磁材，放入中性盐雾中，经过300h后取出，磁材表面无腐蚀痕迹表明镀膜成功。

[0031] 本发明制造出铝锌硅-稀土的复合靶材，通过开启离子源，增加合金靶溅射下来的铝、锌、硅粒子的离化率，离子轰击到磁体表面能量增大，从而可以获得足够的动能摆脱柱状晶壁的限制，有效消除柱状晶的生长，避免缝隙和针孔的产生，从而形成防腐蚀效果良好的致密合金涂层。

[0032] 本发明不但能够解决磁材电镀、化学镀镀液对磁材的侵蚀和污染问题，而且能够避免热浸镀方式的高温对磁材的溶解现象。离化磁控溅射制备技术具有绿色环保的特征，其低温沉积特性不会对磁材本身的性质以及磁材产生影响，而且离化磁控溅射技术更容易精确控制涂层厚度和涂层成分，制备的涂层均匀性更好。

附图说明

[0033] 图1是本发明一个实施方式的镀膜方法流程示意图；

[0034] 图2是本发明一个实施方式的复合靶材制备流程示意图；

[0035] 图3是本发明一个实施方式的磁材研磨清洗处理流程示意图；

[0036] 图4是本发明一个实施方式的磁材离子刻蚀流程示意图；

[0037] 图5是本发明一个实施方式的磁材镀膜过程示意图。

具体实施方式

[0038] 本发明在铝锌硅靶材中添加了稀土元素钕并确定了添加含量范围，钕在涂层时可起到细化晶粒的作用，防止了现有技术中直接利用磁控溅射技术在磁材表面制作铝锌硅涂层时其柱状晶结构致密性较差的问题，避免了柱状晶间的孔隙成为腐蚀介质进入的通道的问题，大幅提高了铝锌硅涂层的致密性，从而提高了铝锌硅涂层的抗腐蚀性能；由于磁材也含有钕元素，钕的添加还可以提高涂层的结合力。

[0039] 如图1所示，在本发明的一个实施方式中公开一种利用离化溅射技术在磁材表面实现冷镀的镀膜方法，包括如下步骤：

[0040] 步骤100，制备铝锌硅-稀土以作为复合靶材；

[0041] 铝锌硅混合合金的制作过程采用现有技术的制备方法即可，而本方案为了制备更加致密的铝锌硅涂层，在铝锌硅混合合金的基础上增加了稀土元素钕，形成“铝锌硅-稀土”的复合靶材。该铝锌硅-稀土在基材表面形成涂层后，钕的添加可以在涂层内部生成“铝-钕化合物”抑制晶粒生长，起到细化晶粒的作用，提高涂层的致密性，由于磁材本身也含有钕成分，钕的添加还可以增加涂层与磁材间的结合力。

[0042] 如图2所示，经多组正交实验，给出如下制作复合靶材的步骤：

[0043] 步骤101，按硅1～2％，铝60～65％，钕0.6～1.2％，其余为锌的百分比含量准备

铝、高硅铝合金、锌和钕；

[0044] 这里以高硅铝合金作为硅的载体进行添加，其中硅1～2％需要高硅铝合金中的硅含量满足这个要求，如需要硅1％，则需要使用的高硅铝合金量中硅的含量占到包括了铝、锌、钕的总含量中的1％。此外，高硅铝合金中的铝可计算入整体铝的含量中。

[0045] 添加钕是由于NdFeB磁材中含有钕，钕在抑制晶粒长大的同时还可以提高涂层与磁材的结合力，提高涂层的致密性和结合强度。当钕含量低于0.6-1.2％时晶粒细化不明显，而大于这个范围则会导致晶粒粗大。

[0046] 现有技术使用的铝锌硅涂层中，Al含量通常为55％左右，但是本方案添加稀土元素钕后，可通过细化晶粒提高涂层的均匀性，从而避免了阳极合金局部腐蚀严重导致失效的现象，降低了Zn的消耗速率，提高了阳极材料的使用寿命。因此，本方案可相应减少涂层中的Zn含量，提高Al含量以增强铝锌硅涂层的物理防护功能，进而控制Al的含量为60～65％。

[0047] 步骤102，首先将铝进行加热熔化，按照硅添加比例加入高硅铝合金，然后向铝硅液态合金中投入锌锭，最后再加入稀土钕熔炼，形成铝锌硅稀土液态合金；

[0048] 步骤103，经过除渣后浇入模具得到合金铸锭；

[0049] 在所有添加物全部熔化后，加入造渣剂，静置10mi n，将所造渣料取出即可。

[0050] 步骤104，将获取的合金铸锭经过热锻、轧制和表面处理后，得到铝锌硅-稀土复合靶材。

[0051] 其中的热锻、轧制和表面方法都采用现有技术已有相关处理方案实现。

[0052] 通过上述步骤和含量得到的铝锌硅-稀土靶材，其生成的铝锌硅涂层的晶粒细微化程度最显著。

[0053] 步骤200，对磁材进行研磨清洗处理，然后放入真空室中进行离子刻蚀；

[0054] 经过处理后的磁材可减少其表面形状、油污及杂质对刻蚀的影响，提高最终的涂层的效果。如图3所示，对由钕铁硼构成的磁材研磨清洗处理过程如下：

[0055] 步骤201，先将磁材置于振动式研磨机内，使用碳化硅与棕刚玉的混料对其进行倒角磨面，直至磁材的边角圆弧不小于0.5mm时停止；

[0056] 步骤202，然后对磁材喷砂处理20min；

[0057] 步骤203，再将磁材置于超声波清洗器中，使用金属清洗剂超声清洗30min；然后用去离子水超声波清洗10min，之后使用无水乙醇超声清洗5min脱水；最后用热空气烘干完成清洗过程。

[0058] 通过上述步骤可以完全消除磁材表面的杂质，同时可避免边角出现涂层厚薄不均的现象。

[0059] 如图4所示，磁材在真空室中进行离子刻蚀的过程如下：

[0060] 步骤211，将清洗后的磁材装配于真空室的夹具上，然后分别启动机械泵和分子泵进行抽真空操作；

[0061] 步骤212，当真空室内的真空度为1×10^{-2}Pa时，向真空室内通入氩气和氢气，同时启动加热装置将磁材表面温度加热至150～200℃，保温放气30～60min后停止加热与供气；

[0062] 步骤213，在真空度达到3×10^{-3}Pa时，给磁材加载150～300V的负偏压，打开离子源控制其功率为2～5KW，离化氩气生成氩离子对磁材表面进行离子刻蚀，离子刻蚀持续时间

25～35min后停止，完成磁材的刻蚀。

[0063] 磁材在真空室内的刻蚀期间，真空室内的气压不低于1×10^{-1}Pa，保证刻蚀效果。

[0064] 通过上述步骤刻蚀后可以对磁材表面起到清洁作用，使磁材表面表现均匀一致，能够为后期的镀膜提供优良的基础，使成型后的膜层厚度更均匀，避免缝隙和针孔的产生，提高溅射粒子与磁材的结合强度和均匀性，使铝锌硅涂层不易脱落，保证其阻隔性。

[0065] 步骤300，当磁材完成离子刻蚀结束后，给磁材加载50～200V的负偏压，开启离子源，控制离子源功率为0.7～1.5kW，之后打开溅射电源，给复合靶材加载350～550V溅射电压，稳定后持续镀膜20～40min，在达到预定涂层厚度后停止；

[0066] 由于在对磁材进行离子刻蚀时，磁材表面温度会上升，因此在对磁材进行镀膜前，需要等待磁材降温至120～150℃。

[0067] 在对磁材进行镀膜前，真空室需要调整氩气流量至工作真空度0.3～0.8Pa。

[0068] 在该步骤中，由于磁控溅射技术制备的涂层通常为柱状晶形式生长，使得柱状晶晶粒之间存在微孔隙，导致腐蚀介质容易通过孔隙渗入磁材-涂层界面，从而造成膜层的腐蚀失效。因此开启离子源后可增加合金靶铝锌硅合金原子的离化率，进而提高溅射粒子轰击磁体表面的能量，从而可以获得足够的动能摆脱柱状晶壁的限制，有效消除柱状晶的生长，避免缝隙和针孔的产生，最终形成防腐蚀效果良好的致密合金涂层。

[0069] 不同元素的溅射速率不同，涂层成分与靶材成分存在不一致性，本方案中稀土元素添加量较小，涂层成分很容易偏离“铝锌硅-稀土”靶材的各元素组成比例，导致局部防腐蚀性能下降。经过反复调试，确认在镀膜期间当钕铁硼磁材加载负偏压为50～200V，设计的复合靶材加载电压为350～550V时，所制备的涂层成分与复合靶材成分几乎一致，不会出现局部涂层内金属分布不均匀的现象。

[0070] 由于偏压和离子源功率主要影响的是溅射粒子的能量，如溅射粒子能量较小则不足以消除柱状晶，如溅射粒子能量过高又会导致磁材升温，磁材温度升温过高会促使涂层生长形成粗大的柱状晶。因此，本方案控制磁控溅射的偏压和功率等参数维持在上述范围内，从而保证在低温条件下(<200℃)可以较快的制备速率得到致密性好的铝锌硅涂层。

[0071] 步骤400，待磁材冷却后，对真空室充气，然后打开真空室取出镀膜后的磁材，完成镀膜过程。

[0072] 该步骤中，磁材的冷却时间可定为10min，使其温度降低至室温。

[0073] 经过上述步骤后的磁材表面镀膜厚度为4～6μm。

[0074] 本实施方式制造出铝锌硅-稀土的复合靶材，通过开启离子源，增加合金靶材铝锌硅合金原子的离化率，铝锌硅合金原子轰击到磁体表面能力大，从而可以获得足够的动能摆脱柱状晶壁的限制，有效消除柱状晶的生长，避免缝隙和针孔的产生，从而形成防腐蚀效果良好的致密合金涂层。

[0075] 在铝锌硅涂层中添加稀土元素钕，形成“铝锌硅-稀土”复合涂层，可以提高涂层的致密性，添加钕可以在涂层内部生成“铝-钕化合物”抑制晶粒生长，细化晶粒提高涂层的致密性，由于磁材本身也含有钕成分，钕的添加还可以增加涂层与磁材间的结合力。

[0076] 通过上述步骤不但能够解决磁材电镀、化学镀镀液对磁材的侵蚀和污染问题，而且能够避免热浸镀方式的高温对磁材表面的溶解现象。离化磁控溅射制备技术具有绿色环保的特征，其低温沉积特性不会对磁材本身的性质以及磁材产生影响，而且离化磁控溅射

技术更容易精确控制涂层厚度和涂层成分，制备的涂层均匀性更好。

[0077] 本实施方式中的磁控溅射冷镀沉积温度低于200℃，并且为真空腔内的干式镀膜，涂层不易受到污染，因此制备的涂层均匀性和结合强度较好；磁控溅射可以通过调整参数精确的控制涂层组成成分和厚度，可控性更强；磁控溅射既不排放废液，也无环境污染，具有绿色环保的特点。

[0078] 本实施方式解决了涂层的致密性问题，实现了离化溅射技术在磁材表面冷镀铝锌硅涂层的应用，避免了热浸镀温度较高对磁材的影响，也避免了化学镀和电镀等湿镀对磁材表面的腐蚀和带来的废液污染问题，最大限度的避免涂层制备技术对磁材产生的不利影响。

[0079] 进一步的，镀膜完成后的磁材还包括耐腐蚀实验，将镀膜完成后的磁材放入中性盐雾中，经过300h后取出，磁材表面无腐蚀痕迹表明镀膜成功。

[0080] 现有技术中钕铁硼磁材表面的铝、锌、镍等纯金属镀层在中性盐雾试验时间通常小于200h，而本方案的“铝锌硅-稀土”复合涂层可以达到300h以上，大幅提高了钕铁硼磁材的抗腐蚀性能。

[0081] 如图5所示，以下以具体实施例说明本方案的制作过程：

[0082] 1.首先制作“铝锌硅-稀土”复合靶材。

[0083] 按百分含量准备硅1.5％，铝62％，钕0.8％，其余为锌的比例配比配料，首先将铝进行加热熔化，按照硅添加比例加入适量的高硅铝合金熔炼，然后向铝硅液态合金中投入锌锭，最后再加入钕熔炼，形成铝锌硅稀土液态合金；待添加物全部熔化后，加入造渣剂，静置10min，将所造渣料取出；将剩余的熔化合金浇入水冷模具形成合金铸锭；所获取的合金锭经过热锻、轧制和表面处理后，获得“铝锌硅-稀土”复合靶材，用于后续磁控溅射镀膜。

[0084] 2.再对磁材进行前处理。

[0085] 首先对钕铁硼磁材进行倒角处理，将块状磁材置于振动式研磨机内，使用碳化硅与棕刚玉的混料对其进行倒角磨面，使磁铁的边角圆弧不小于0.5mm，倒角后喷砂处理20min。将喷砂处理后的磁材置于超声波清洗器中，使用金属清洗剂超声清洗30min；使用去离子水超声波清洗10min，之后使用无水乙醇超声清洗5min脱水；最后，用热空气烘干。

[0086] 3.对处理后的磁材进行离子刻蚀。

[0087] 将磁材装配于真空室夹具上，关闭炉门，分别启动机械泵和分子泵抽真空。当真空室真空度为1×10^{-2}Pa时，启动加热装置将磁材表面温度加热至200℃，加热过程中持续通入氩气和氢气防止磁铁氧化，加热保温40min后停止加热与供气。背底真空度至3×10^{-3}Pa时，通入氩气至真空度0.1Pa，给磁铁加载250V的负偏压，打开离子源功率3KW，对磁材表面进行离子刻蚀，离子刻蚀持续时间为30min。

[0088] 4.然后通过以离子源为辅助的磁控射技术对磁材溅射镀膜。

[0089] 离子刻蚀结束后，待磁材降温至120℃后即开始镀膜，调整氩气流量至工作真空度0.4Pa，给磁材加载100V的负偏压，开启离子源，控制离子源功率为1.0kW，之后打开溅射电源，铝锌硅合金靶加载450V电压，稳定后持续镀膜30min，所镀膜层厚度为5.1μm。

[0090] 5.冷却后取出镀膜后磁材成品。

[0091] 镀膜结束后，维持镀膜室在真空下冷却10min后，充气开炉，取出镀制完毕的钕铁硼磁材。

[0092] 6.进行防腐蚀性能检测。

[0093] 制备结束后，开炉取出磁材样品，从块状磁材中任取十块进行中性盐雾试验，经过300h后观察，磁铁均完好，表面未出现任何腐蚀锈点。

[0094] 至此，本领域技术人员应认识到，虽然本文已详尽示出和描述了本发明的多个示例性实施例，但是，在不脱离本发明精神和范围的情况下，仍可根据本发明公开的内容直接确定或推导出符合本发明原理的许多其他变型或修改。因此，本发明的范围应被理解和认定为覆盖了所有这些其他变型或修改。

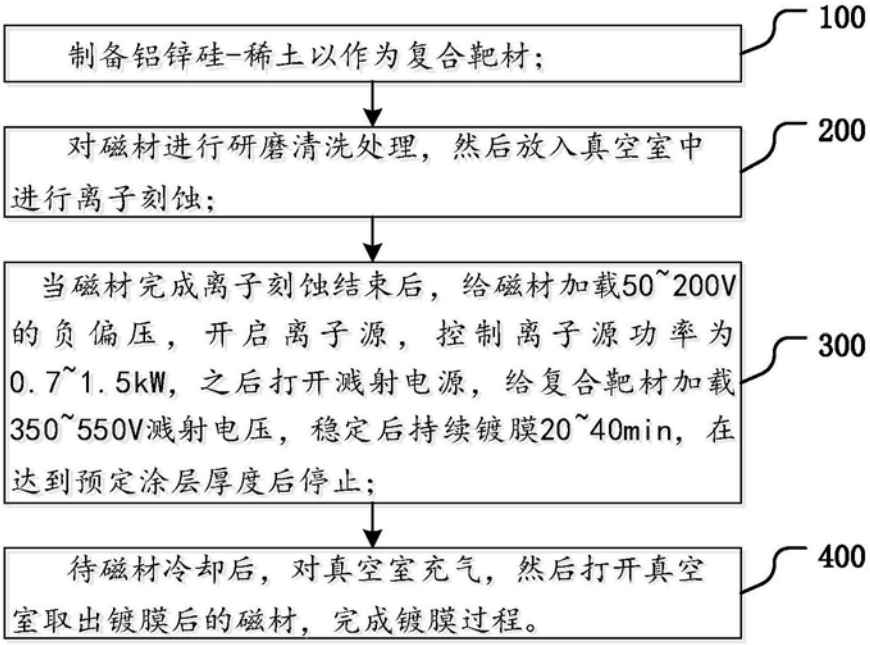

制备铝锌硅-稀土以作为复合靶材；
100
对磁材进行研磨清洗处理，然后放入真空室中进行离子刻蚀；
200
当磁材完成离子刻蚀结束后，给磁材加载50~200V的负偏压，开启离子源，控制离子源功率为0.7~1.5kW，之后打开溅射电源，给复合靶材加载350~550V溅射电压，稳定后持续镀膜20~40min，在达到预定涂层厚度后停止；
300
待磁材冷却后，对真空室充气，然后打开真空室取出镀膜后的磁材，完成镀膜过程。
400

图1

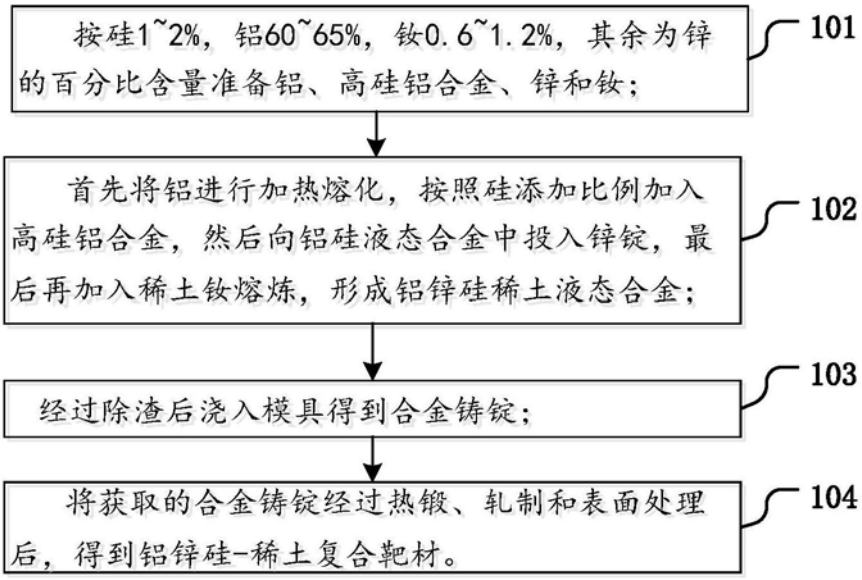

按硅1~2%，铝60~65%，钕0.6~1.2%，其余为锌的百分比含量准备铝、高硅铝合金、锌和钕；
101
首先将铝进行加热熔化，按照硅添加比例加入高硅铝合金，然后向铝硅液态合金中投入锌锭，最后再加入稀土钕熔炼，形成铝锌硅稀土液态合金；
102
经过除渣后浇入模具得到合金铸锭；
103
将获取的合金铸锭经过热锻、轧制和表面处理后，得到铝锌硅-稀土复合靶材。
104

图2

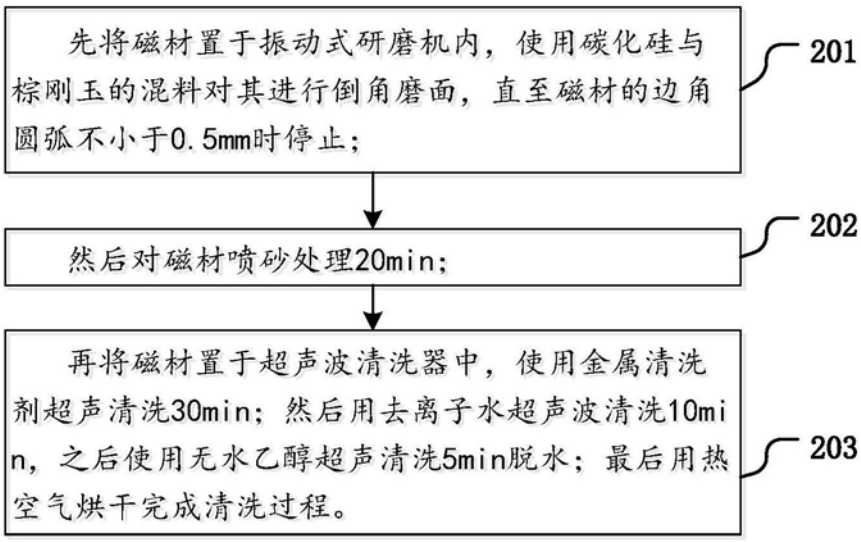

先将磁材置于振动式研磨机内，使用碳化硅与棕刚玉的混料对其进行倒角磨面，直至磁材的边角圆弧不小于0.5mm时停止；
201
然后对磁材喷砂处理20min；
202
再将磁材置于超声波清洗器中，使用金属清洗剂超声清洗30min；然后用去离子水超声波清洗10min，之后使用无水乙醇超声清洗5min脱水；最后用热空气烘干完成清洗过程。
203

图3

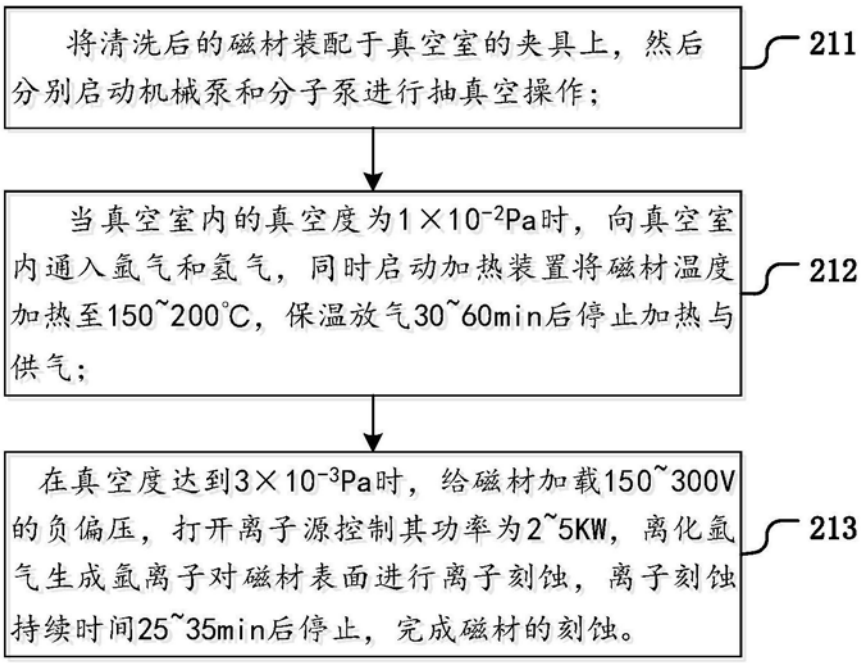

将清洗后的磁材装配于真空室的夹具上，然后分别启动机械泵和分子泵进行抽真空操作；
211
当真空室内的真空度为1×10⁻²Pa时，向真空室内通入氩气和氢气，同时启动加热装置将磁材温度加热至150~200℃，保温放气30~60min后停止加热与供气；
212
在真空度达到3×10⁻³Pa时，给磁材加载150~300V的负偏压，打开离子源控制其功率为2~5KW，离化氩气生成氩离子对磁材表面进行离子刻蚀，离子刻蚀持续时间25~35min后停止，完成磁材的刻蚀。
213

图4

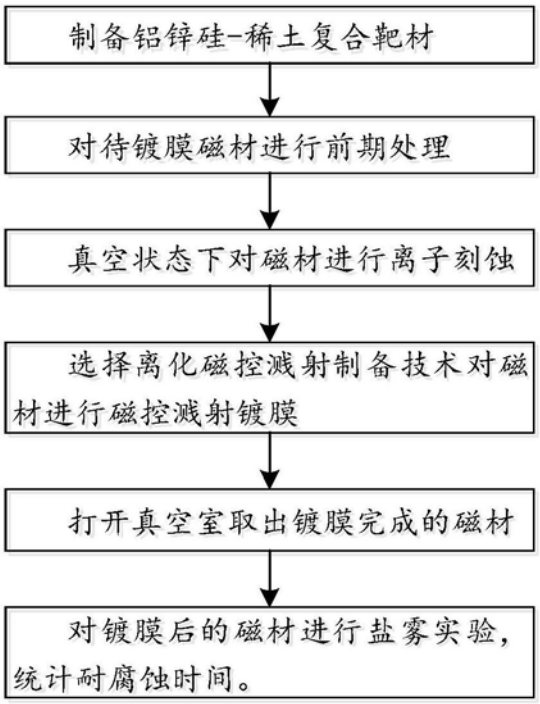

制备铝锌硅-稀土复合靶材
对待镀膜磁材进行前期处理
真空状态下对磁材进行离子刻蚀
选择离化磁控溅射制备技术对磁材进行磁控溅射镀膜
打开真空室取出镀膜完成的磁材
对镀膜后的磁材进行盐雾实验，统计耐腐蚀时间。

图5