



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 111850485 A

(43)申请公布日 2020.10.30

(21)申请号 201910360325.3

(22)申请日 2019.04.29

(71)申请人 汉能新材料科技有限公司

地址 101407 北京市怀柔区雁栖工业开发  
区五区36号

(72)发明人 刘国军 李胜春 谈笑天 苏志倩  
朱铁军

(74)专利代理机构 北京华夏泰和知识产权代理  
有限公司 11662

代理人 姜波

(51)Int.Cl.

G23C 14/34(2006.01)

G23C 14/14(2006.01)

B22F 3/15(2006.01)

B22F 3/04(2006.01)

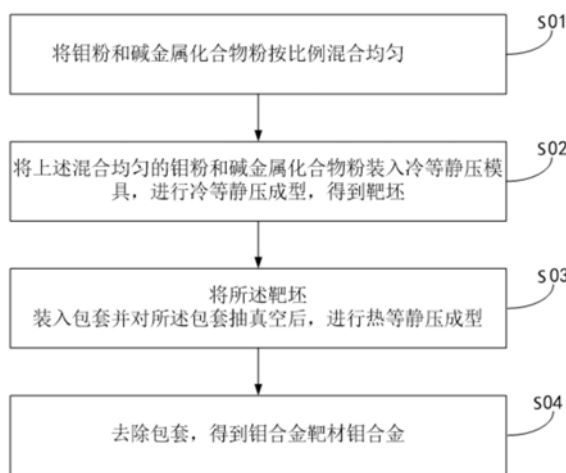
权利要求书1页 说明书7页 附图3页

(54)发明名称

一种钼合金靶材制备方法

(57)摘要

本发明公开了一种钼合金靶材制备方法,所述制备方法包括:将钼粉和碱金属化合物粉按比例混合均匀;将上述混合均匀的钼粉和碱金属化合物粉装入冷等静压模具,进行冷等静压成型,得到靶坯;将所述靶坯装入包套并对所述包套抽真空后,进行热等静压成型;去除包套,得到钼合金靶材。与现有技术相比,本发明提供的钼合金靶材制备方法包括以下优点:通过在热等静压时使用包套避免了碱金属元素的流失,冷等静压和热等静压工艺的结合最大程度的提高了靶材的致密性和收缩的均匀性。



1. 一种钼合金靶材制备方法,其特征在于,所述方法包括:  
将钼粉和碱金属化合物粉按比例混合均匀;  
将上述混合均匀的钼粉和碱金属化合物粉装入冷等静压模具,进行冷等静压成型,得到靶坯;  
将所述靶坯装入包套并对所述包套抽真空后,进行热等静压成型;  
去除包套,得到钼合金靶材。
2. 根据权利要求1所述的钼合金靶材制备方法,其特征在于,所述碱金属化合物为钠化合物,钠元素的质量占钼粉和钠化合物粉质量总和的0.5%-5.0%。
3. 根据权利要求2所述的钼合金靶材制备方法,其特征在于,所述钠化合物为氟化钠或钼酸钠。
4. 根据权利要求1所述的钼合金靶材制备方法,其特征在于,所述碱金属化合物的熔点大于600℃。
5. 根据权利要求1所述的钼合金靶材制备方法,其特征在于,所述将钼粉和碱金属化合物粉按比例混合均匀包括:  
在混粉机中机械混合所述钼粉和碱金属化合物粉,所述混粉机内充有惰性气体。
6. 根据权利要求1所述的钼合金靶材制备方法,其特征在于,所述冷等静压成型的压力为100MPa-240MPa,保压时间为0.5h-1h。
7. 根据权利要求1所述的钼合金靶材制备方法,其特征在于,所述靶坯为管状靶坯,所述包套内部设有支撑件,所述支撑件为长度大于等于所述包套长度的柱体。
8. 根据权利要求7所述的钼合金靶材制备方法,其特征在于,所述支撑件横截面为正多边形或带有凸起的圆形。
9. 根据权利要求7所述的钼合金靶材制备方法,其特征在于,所述支撑件的材料为石墨、钼和钨中的一种。
10. 根据权利要求1-9任一项所述的钼合金靶材制备方法,其特征在于,所述热等静压成型的压力为100MPa-240MPa,温度为1000℃-1550℃,保温时间为2h-10h。

## 一种钼合金靶材制备方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及靶材制备领域,尤其涉及一种钼合金靶材制备方法。

### 背景技术

[0002] 近年来,随着溅射靶材和溅射技术的日益发展,溅射靶材在溅射技术中起到了越来越重要的作用,溅射靶材的质量直接影响到了溅射后的成膜质量。其中,由钼和碱金属源形成的钼基碱金属合金靶材(以下均简称为钼合金靶材)作为铜铟镓硒太阳能电池溅射工艺路线中重要的原材料,主要是用于提供改善铜铟镓硒太阳能电池效率的碱金属来源。所以钼合金靶材材料性能的优劣直接影响到太阳能电池的光电转化效率。

[0003] 当前钼合金靶材的制备方法主要是向钼基靶材添加碱金属的化合物,在高温下烧结以实现钠元素的掺杂,但是,在制备过程中碱金属的化合物在高温烧结时容易挥发,会造成碱金属元素的流失。另外,碱金属化合物的掺杂通常会导致靶材的致密性变差,影响钼合金靶材的性能。

### 发明内容

[0004] 为了解决上述钼合金靶材制备过程中碱金属元素流失,以及钼合金靶材致密性差的问题,本发明提供了一种钼合金靶材的制备方法。

[0005] 本发明提供的钼合金靶材的制备方法包括:

[0006] 将钼粉和碱金属化合物粉按比例混合均匀;

[0007] 将上述混合均匀的钼粉和碱金属化合物粉装入冷等静压模具,进行冷等静压成型,得到靶坯;

[0008] 将所述靶坯装入包套并对所述包套抽真空后,进行热等静压成型;

[0009] 去除包套,得到钼合金靶材。

[0010] 与现有技术相比,本发明的钼合金靶材制备方法包括以下优点:通过在热等静压时使用包套,可以使热等静压过程在密闭环境中进行,从避免了碱金属元素的流失,冷等静压和热等静压工艺的结合,首先通过冷等静压使得靶坯初步成型和致密化,进一步的通过热等静压工艺提高靶材的致密化,从而最大程度的提高了靶材的致密性。

### 附图说明

[0011] 附图用来提供对本发明技术方案的进一步理解,并且构成说明书的一部分,与本申请的实施例一起用于解释本发明的技术方案,并不构成对本发明技术方案的限制。

[0012] 图1为本发明一实施例示出的钼合金靶材制备方法的流程图;

[0013] 图2为本发明一实施例示出的包套内部有支撑件的结构示意图;

[0014] 图3为本发明一实施例示出的支撑件横截面结构示意图;

[0015] 图4为本发明一实施例示出的支撑件横截面结构示意图。

[0016] 附图标记:10-支撑件,20-包套,30-靶坯。

## 具体实施方式

[0017] 为使本发明实施例的目的、技术方案和优点更加清楚,下面将结合本发明实施例的附图,对本发明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发明的一部分实施例,而不是全部的实施例。基于所描述的本发明的实施例,本领域普通技术人员在无需创造性劳动的前提下所获得的所有其他实施例,都属于本发明保护的范围。

[0018] 如图1所示,本发明实施例提供的钼合金靶材的制备方法包括:

[0019] 步骤S01:将钼粉和碱金属化合物粉按比例混合均匀。

[0020] 根据靶材产品规格书要求,选择对应纯度和粒度的钼粉,钼粉的纯度通常为 $\geq 99.95\%$ ,钼粉的费氏粒度在 $1.0\mu\text{m}$ - $20\mu\text{m}$ 。

[0021] 碱金属化合物的熔点高于 $600^\circ\text{C}$ ,可有效避免在制备(铜铟镓硒)薄膜太阳能电池条件或溅射环节的热处理可能导致碱金属化合物局部融化、析出,从而影响到芯片的性能。熔点高于 $600^\circ\text{C}$ 的碱金属化合物,可以是钾化合物,锂化合物,或者钠化合物三种中任意一种化合物,或者三者中两种化合物的混合物,或者是三者的混合物。其中,钾化合物可以是氟化钾或者钼酸钾,锂化合物可以是氟化锂或者钼酸锂,钠化合物可以是钼酸钠或者氟化钠。其中,针对钠化合物,钠元素的质量分数为 $0.5\%$ - $5.0\%$ ,即钠元素的质量占钼粉和钠化合物粉末质量总和的 $0.5\%$ - $5.0\%$ 。优选的,钠元素的质量分数为 $1.0\%$ - $3.0\%$ 。

[0022] 称取相应质量的钼粉和碱金属化合物粉末,两种粉末的混合均匀的方式通常直接在混粉机中机械混合,为了避免在粉末混合环节钼粉氧含量的增加和部分碱金属化合物粉形成结晶物,可在混粉机内充入惰性气体保护。根据粉末处理量和混粉机功率的不同,可以调整相应的粉末混合时间。

[0023] 两种粉末的混合还可以采用制备料浆的方式进行,即先将两种粉末与液体介质在分散剂和粘结剂存在的情况下制备料浆,液体介质可以选择去离子水、乙醇、丙酮等;然后将配制好的料浆加入高速球磨机球磨一定时间,从而保证料浆中钠源、分散剂、粘结剂的均匀性;进一步,将经过球磨处理的料浆可采用喷雾造粒的过程制备得到粒径在 $50\mu\text{m}$ - $500\mu\text{m}$ 的碱金属化合物粉和钼粉混合均匀的球形颗粒。

[0024] 在上述料浆方式制备混合粉末的过程中,分散剂有益于改善混合粉末在液体内的固溶度,粘结剂有益于改善后续成型操作坯料的强度。由于在料浆配置过程中加入了适量的分散剂和粘结剂,在冷等静压处理步骤之后,热等静压处理之前需要将分散剂和粘结剂去除,因此,上述的分散剂和粘结剂一般为通过加热到一定温度(如热等静压的温度)和保温一定时间(如热等静压保温时间)就可以除去的C、H、O有机物,其中,分散剂可以选择聚丙烯酸及其盐类、羟甲基纤维素盐等,粘结剂可以选择聚乙烯醇、聚乙二醇、聚乙二醇缩丁醛。

[0025] 步骤S02:将上述混合均匀的钼粉和碱金属化合物粉装入冷等静压模具,进行冷等静压成型,得到靶坯。

[0026] 等静压技术是利用密闭容器内的制品在各向均等的超高压力状态下成型的技术。根据成型和固结时的温度高低,可分为冷等静压和热等静压。其中,冷等静压是指在常温下,以液体为压力介质,主要用于粉体材料成型,为进一步烧结、锻造或热等静压工序提供靶坯。具体的,冷等静压处理的压力为 $100\text{MPa}$ - $240\text{MPa}$ ,例如可以是 $100\text{MPa}$ 、 $140\text{MPa}$ 、 $180\text{MPa}$ 、 $200\text{MPa}$ 、 $240\text{MPa}$ 。温度为常温,压力保持时间为 $0.5\text{h}$ - $1\text{h}$ 。例如可以是 $0.5\text{h}$ 、 $0.6\text{h}$ 、 $0.7\text{h}$ 、 $0.8\text{h}$ 、 $0.9\text{h}$ 、 $1\text{h}$ 。

[0027] 靶材包括平面靶材和管状靶材。一般的,管状靶材制备过程中,冷等静压采用在含有刚性靶芯的管状模具内直接填充粉料的方式,填充过程中不断的进行振实处理,保证粉末填充的均匀性和避免粉末物料间有空隙。其中,模具材料可以选择橡胶或塑料。

[0028] 冷等静压处理结束之后,可以得到相对密度为60%-75%的管状靶坯。从而可以对靶坯进行初步的成型和致密化处理,为后续的热等静压工序提供管状靶材靶坯。

[0029] 步骤S03:将所述靶坯装入包套并对所述包套抽真空后,进行热等静压成型。

[0030] 热等静压工艺将制品放置到密闭的容器中,一般通过让容器内通入高压气体,向制品施加各向同等的压力,同时施以高温,在高温高压的作用下,制品得以烧结和致密化。具体的,热等静压处理的压力为100MPa-240MPa,例如可以是100MPa、140MPa、180MPa、200MPa、240MPa。温度为1000℃-1550℃,例如可以是1000℃、1100℃、1200℃、1300℃、1400℃、1550℃。温度保持时间为2h-10h。例如可以是2h,4h,5h,8h,9h,10h。

[0031] 具体的,热等静压的操作流程如下:

[0032] (1) 装料。根据冷等静压得到的靶坯的收缩情况,制作满足条件的靶材包套,将经冷等静压得到的靶坯装入到包套内。

[0033] 包套材料根据烧结温度一般选择不锈钢或钛,包套的壁厚在 1.0mm-3.0mm,例如可以是1.0mm、1.5mm、2.0mm、2.5mm、3.0mm。包套内外部要求光滑、无毛刺和凸起。

[0034] (2) 焊封。将包套预留的焊封口进行焊封操作,保证封口完全焊封。用于抽真空的细管通道不需焊封。

[0035] (3) 加热和抽真空。将装有靶坯的包套置于用于加热的箱体或炉膛内,预留真空细管接入真空泵进行抽真空操作。启动加热程序并进行抽真空操作,待达到预设温度且真空度达到 $10^{-3}$ Pa以上不再波动时,将预留的真空细管进行焊封操作。预设温度一般要求高于200℃并低于碱金属化合物熔点。如选择钼酸钠作为碱金属化合物,预设温度可在200℃-687℃。

[0036] (4) 热等静压操作。将密封后的靶坯包套放置于热等静压设备的工作平台上,按照设定的加热程序加热和充入惰性气体,如氩气。热等静压温度为 1000℃-1550℃,腔体内压力为100MPa-200MPa,保温时间视工件大小控制在 2h-10h。待保温结束,按照设定的温度进行降温,完成热等静压操作过程。

[0037] 其中,热等静压设备在达到设定温度后,包套材料机械强度降低,包套壁内、外部压力差促使包套迅速收缩,将压力传导到内部的靶坯上,从而实现靶坯的迅速致密化,提高靶材的致密性,对于靶材,靶坯相对密度从冷等静压后的60%-75%提高到热等静压烧结后的98%以上,靶坯烧结过程会发生明显的收缩。同时,由于包套是一个封闭的容器,最大程度地限制了液相碱金属源中碱金属元素的挥发,有效地控制了碱金属元素的含量。另外,热等静压还可以避免采用传统热挤压或锻压等方式提高靶坯的相对密度,而造成靶坯内部机械裂痕等缺陷。

[0038] 对于管状靶材的制备,冷等静压成型得到的靶坯为管状靶坯,随后管状靶坯装入管状的包套内。管状靶坯热等静压烧结过程一般为竖直摆放。由于受刚性包套结构影响和靶坯自身重力的原因,对于管状靶坯烧结后一般呈现中间收缩大,上下两端收缩小的情况,不规则的变形增加了靶坯机械加工损耗,并影响靶坯的尺寸,因此如何控制管状靶坯烧结过程收缩的均匀性是热等静压工艺的难点。

[0039] 可选的,如图2所示,包套20的内部有支撑件10。即在进行热等静压处理时,将支撑件10插入包套20内部。

[0040] 如图2-4所示,在包套20内插入刚性支撑件10,支撑件10为纵向为长度大于或等于包套20长度的柱体。支撑件10的横向尺寸应小于包套20的横向尺寸,从而为靶坯30烧结之后的收缩留有空隙。支撑件10的加入可以有效的降低由于受刚性包套20结构影响和靶坯30自身重力所带来的靶坯30烧结过程的收缩不均匀问题。同时,考虑到烧结完成后,靶坯30会将刚性支撑件10包覆住,增加了靶坯30与支撑件10的分离难度。

[0041] 支撑件10可采用图3所示的结构,支撑件10的横截面为带有凸起的圆形,凸起可以是三角形,也可以是其它形状的结构,如矩形、半圆形等。凸起的数量为多个,如可以是10个、12个、15个、16个、20个、30个等。支撑件10的结构也可以采用图4所示的结构,支撑件10的截面为正多边形,如可以是正五边形、正六边形、正七边形、正八边形、正十边形等。

[0042] 靶坯30烧结之后支撑件10与包套20内侧壁为线与面的接触,烧结结束后可以降低靶坯30和支撑件10的分离难度。可以理解的是,支撑件10的横截面除了带有凸起的圆形、正多边形以外,只要能实现靶坯30烧结之后支撑件10与包套20内侧壁为线与面的接触,其它结构的支撑件10也都是可行的。

[0043] 支撑件10除了图3和图4所示的实心结构的柱体,也可以采用空心结构的管状柱体,即横截面为环形结构的柱体。具体的,实心结构的支撑件10可选择石墨材料的支撑件10。空心结构的支撑件10可以选用不锈钢、钼、或者钨,空心结构的管的厚度大于等于2mm。

[0044] 步骤S04:将热等静压成型的靶坯去除包套,得到钼合金靶材。

[0045] 将热等静压成型后的靶坯采用机械加工或化学腐蚀的方法去掉外层变形的金属包套,得到可用于机械加工的靶坯。然后根据实际生产需要采用数控车床将靶坯加工成对应的规格和表面粗糙度。

[0046] 本钼合金靶材的制备方法具有以下优势:

[0047] (1) 金属包套材料的引入解决了靶坯在致密化过程中碱金属元素挥发严重的问题,使靶坯烧结后的碱金属含量稳定维持在合理范围内。

[0048] (2) 本技术方案中先采用冷等静压后得到相对密度为60%-75%的靶坯后,再进行热等静压操作,提高了靶材的致密性和收缩的均匀性。若是直接将粉末填充到金属包套中去进行热等静压操作,要求所设计的包套尺寸要远大于冷等静压靶坯要求的尺寸,那就意味着前者包套在热等静压过程中变形更大。虽然在热等静压腔室内的高温、高压的作用下可以使包套实现变形从而使靶坯致密,但包套较大的变形量会影响靶坯的致密度的提高和收缩的均匀性,增加了后工序靶坯机械加工掉量和加工难度。

[0049] (3) 通过在包套内部增加特殊截面形状的刚性支撑件改善靶坯烧结收缩的均匀性,降低加工损耗和加工难度。

[0050] 实施例1

[0051] (1) 将钼粉和钼酸钠粉按比例混合均匀,钠元素的质量分数为0.5%。混合的方式采用在混粉机中机械混合,同时在混粉机内充入惰性气体保护。

[0052] (2) 将上述混合均匀的钼粉和钼酸钠粉装入冷等静压模具,进行冷等静压成型得到管状靶坯,冷等静压处理的压力为100MPa,保压时间为1h。

[0053] (3) 将冷等静压得到的管状靶坯装入包套并对包套抽真空后,进行热等压成型,包

套的材料为不锈钢,热等静压成型的压力为240MPa,温度为1000℃,保温时间为2h。

[0054] (4) 将热等压成型后的靶坯采用机械加工的方式去除包套得到钼钠合金靶材。

[0055] 得到的钼钠合金靶材中钠的质量含量为0.4%,靶材的相对密度为93%。

[0056] 实施例2

[0057] (1) 将钼粉和钼酸钠按比例混合均匀,钠元素的质量分数为5.0%。混合的方式采用在混粉机中机械混合,同时在混粉机内充入惰性气体保护。

[0058] (2) 将上述混合均匀的钼粉和钼酸钠粉装入冷等静压模具,进行冷等静压成型,得到管状靶坯,冷等静压处理的压力为240MPa,保压时间为0.5h。

[0059] (3) 将冷等静压得到的管状靶坯装入包套并对包套抽真空后,进行热等静压成型,包套的材料为不锈钢,同时,在包套的内部插入支撑件,支撑件的材料为石墨,支撑件为纵向为长度大于包套长度的柱体,支撑件的横截面为周边带有毛刺的圆形。热等静压处理的压力为100MPa,温度为1100℃,保温时间为5h。

[0060] (4) 将热等静压成型后的靶坯去除支撑件,然后采用化学腐蚀的方式去除包套得到钼钠合金靶材。

[0061] 得到的钼钠合金靶材中钠的质量含量为4.5%,靶材的相对密度为85%。

[0062] 实施例3

[0063] (1) 将钼粉和氟化钠按比例混合均匀,钠元素的质量分数为1.0%。混合的方式采用浆料混合,液体介质选择去离子水,粘结剂选择聚乙二醇,最终制备得到粒度为100μm左右的钼粉和钼酸钠粉混合均匀的球形颗粒。

[0064] (2) 将上述混合均匀的钼粉和氟化钠粉装入冷等静压模具,进行冷等静压成型得到管状靶坯,冷等静压处理的压力为150MPa,保压时间为0.6h。

[0065] (3) 由于浆料混合方式在浆料配置过程中增加了分散剂和粘结剂,所以在热等处理之前需要将冷等静压得到的管状靶坯去除分散剂和粘结剂。具体的,可以缓慢加热至500℃,保持24h,以去除分散剂和粘结剂。

[0066] (4) 将冷等静压并去除粘结剂和分散剂的管状靶坯装入包套并对包套抽真空后,进行热等静压成型,包套的材料为不锈钢,同时,在包套的内部插入支撑件,支撑件的材料为钨,支撑件为纵向为长度等于包套长度的柱体,支撑件的横截面为外周边带有毛刺的圆环形,即支撑件为管状的空心结构。热等静压处理的压力为150MPa,温度为1200℃,保温时间为7h。

[0067] (5) 将热等静压成型后的靶坯去除支撑件,然后采用机械加工的方式去除包套得到钼钠合金靶材。

[0068] 得到的钼钠合金靶材中钠的质量含量为0.8%,靶材的相对密度为90%。

[0069] 实施例4

[0070] (1) 将钼粉和钼酸钠按比例混合均匀,钠元素的质量分数为2.0%。混合的方式采用在混粉机中机械混合,同时在混粉机内充入惰性气体保护。

[0071] (2) 将上述混合均匀的钼粉和钼酸钠粉装入冷等静压模具,进行冷等静压成型得到管状靶坯,冷等静压成型的压力为200MPa,保压时间为0.7h。

[0072] (3) 将冷等静压得到的管状靶坯装入包套并对包套抽真空后,进行热等静压成型,包套的材料为不锈钢,同时,在包套的内部插入支撑件,支撑件的材料为石墨,支撑件为纵

向为长度大于包套长度的柱体,支撑件的横截面为中心对称的六边形。热等静压处理的压力为180MPa,温度为1300℃,保温时间为8h。

[0073] (4)将热等静压成型后的靶坯去除支撑件,然后采用化学腐蚀的方式去除包套得到钼钠合金靶材。

[0074] 得到的钼钠合金靶材中钠的质量含量为1.8%,靶材的相对密度为95%。

[0075] 实施例5

[0076] (1)将钼粉和氟化钠按比例混合均匀,钠元素的质量分数为3.0%。混合的方式采用在混粉机中机械混合,同时在混粉机内充入惰性气体保护。

[0077] (2)将上述混合均匀的钼粉和氟化钠粉装入冷等静压模具,进行冷等静压成型得到管状靶坯,冷等静压处理的压力为180MPa,保压时间为0.8h。

[0078] (3)将冷等静压得到的管状靶坯装入包套并对包套抽真空后,进行热等静压处理,包套的材料为不锈钢,同时,在包套的内部插入支撑件,支撑件的材料为石墨,支撑件为纵向为长度大于包套长度的柱体,支撑件的横截面为周边带有毛刺的圆形。热等静压成型的压力为200MPa,温度为1550℃,保温时间为10h。

[0079] (4)将热等静压成型后的靶坯去除支撑件,然后采用化学腐蚀的方式去除包套得到钼钠合金靶材。

[0080] 得到的钼钠合金靶材中钠的质量含量为2.7%,靶材的相对密度为92%。

[0081] 实施例6

[0082] (1)将钼粉和钼酸钾按比例混合均匀,钾元素的质量分数为3.0%。混合的方式采用在混粉机中机械混合,同时在混粉机内充入惰性气体保护。

[0083] (2)将上述混合均匀的钼粉和钼酸钾粉装入冷等静压模具,进行冷等静压成型得到管状靶坯,冷等静压处理的压力为240MPa,保压时间为0.5h。

[0084] (3)将冷等静压得到的管状靶坯装入包套并对包套抽真空后,进行热等静压成型,包套的材料为不锈钢,同时,在包套的内部插入支撑件,支撑件的材料为石墨,支撑件为纵向为长度大于包套长度的柱体,支撑件的横截面为周边带有毛刺的圆形。热等静压成型的压力为100MPa,温度为1100℃,保温时间为5h。

[0085] (4)将热等静压成型后的靶坯去除支撑件,然后采用化学腐蚀的方式去除包套得到钼钾合金靶材。

[0086] 得到的钼钾合金靶材中钾的质量含量为2.7%,靶材的相对密度为93%。

[0087] 实施例7

[0088] (1)将钼粉和氟化锂按比例混合均匀,锂元素的质量分数为2.0%。混合的方式采用在混粉机中机械混合,同时在混粉机内充入惰性气体保护。

[0089] (2)将上述混合均匀的钼粉和氟化锂粉装入冷等静压模具,进行冷等静压成型得到管状靶坯,冷等静压处理的压力为150MPa,保压时间为0.5h。

[0090] (3)将冷等静压得到的管状靶坯装入包套并对包套抽真空后,进行热等静压成型,包套的材料为不锈钢,同时,在包套的内部插入支撑件,支撑件的材料为石墨,支撑件为纵向为长度大于包套长度的柱体,支撑件的横截面为周边带有毛刺的圆形。热等静压成型的压力为120MPa,温度为1200℃,保温时间为8h。

[0091] (4)将热等静压成型后的靶坯去除支撑件,然后采用机械加工的方式去除包套得



到钼锂合金靶材。

[0092] 得到的钼锂合金靶材中锂的质量含量为1.7%，靶材的相对密度为94%。

[0093] 实施例8

[0094] (1) 将钼粉和钼酸钠粉按比例混合均匀，钠元素的质量分数为0.5%。混合的方式采用在混粉机中机械混合，同时在混粉机内充入惰性气体保护。

[0095] (2) 将上述混合均匀的钼粉和钼酸钠粉装入冷等静压模具，进行冷等静压成型得到平面靶坯，冷等静压处理的压力为100MPa，保压时间为1h。

[0096] (3) 将冷等静压得到的平面靶坯装入包套，并对包套抽真空后，进行热等压成型，包套的材料为不锈钢，热等静压成型的压力为240MPa，温度为1000℃，保温时间为2h。

[0097] (4) 将热等压成型后的靶坯采用机械加工的方式去除包套得到钼钠合金靶材。

[0098] 得到的钼钠合金靶材中钠的质量含量为0.4%，靶材的相对密度为96%。

[0099] 可以理解的是，本发明中使用的“横截面”、“横向”“纵向”仅是为了便于描述本发明和简化描述，而不是指示或暗示所指的装置或元件必须具有特定的方位、以特定的方位构造和操作，因此不能理解为对本发明的限制。

[0100] 虽然本发明所揭露的实施方式如上，但所述的内容仅为便于理解本发明而采用的实施方式，并非用以限定本发明。任何本发明所属领域内的技术人员，在不脱离本发明所揭露的精神和范围的前提下，可以在实施的形式及细节上进行任何的修改与变化，但本发明的专利保护范围，仍须以所附的权利要求书所界定的范围为准。

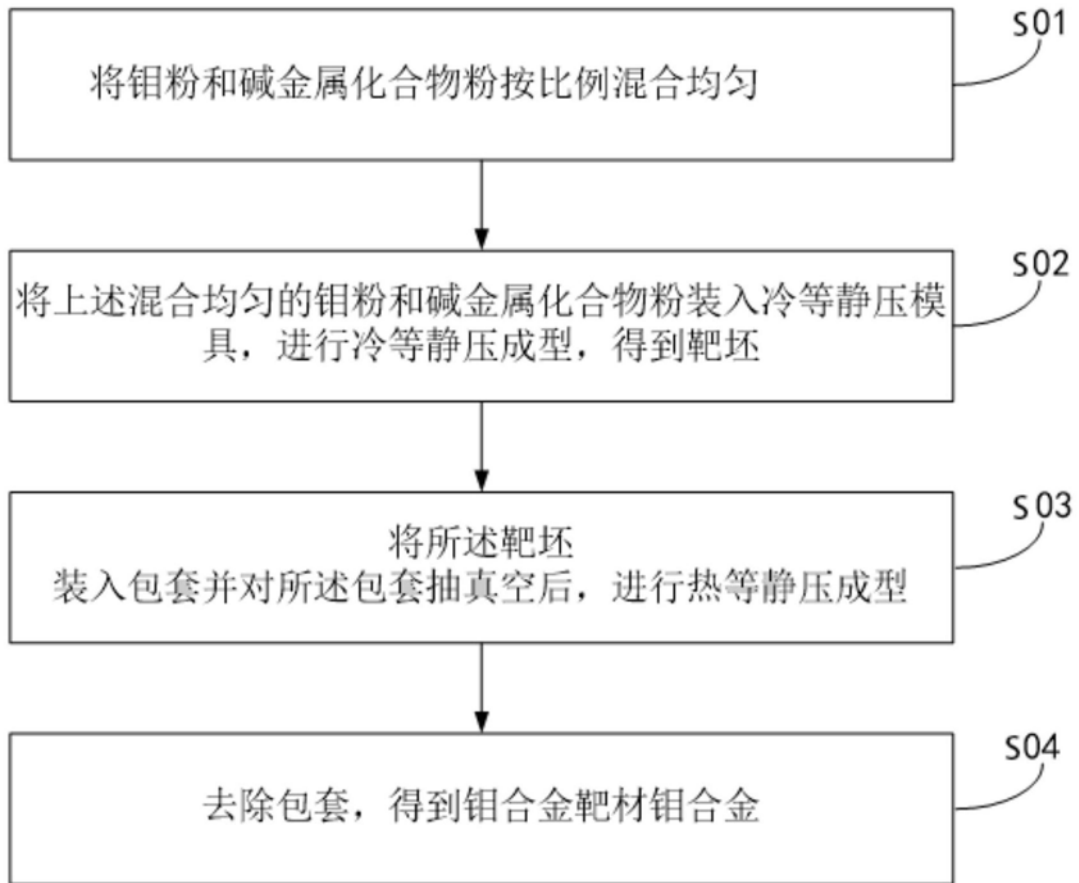


图1

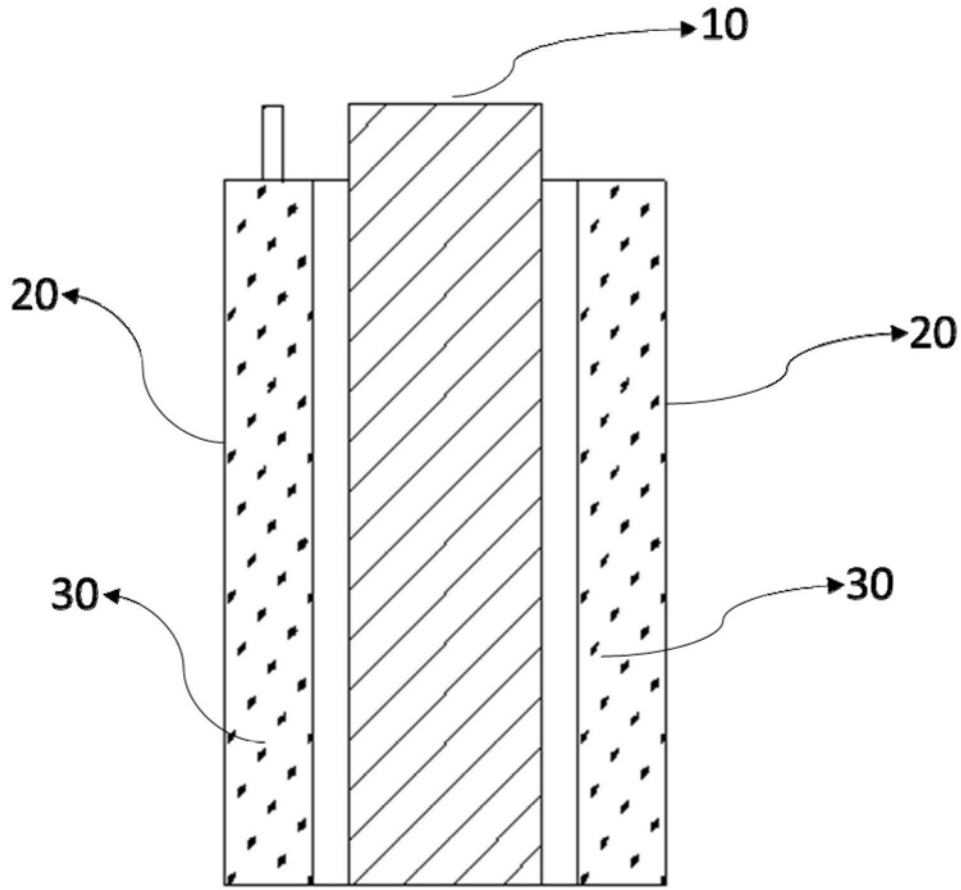


图2

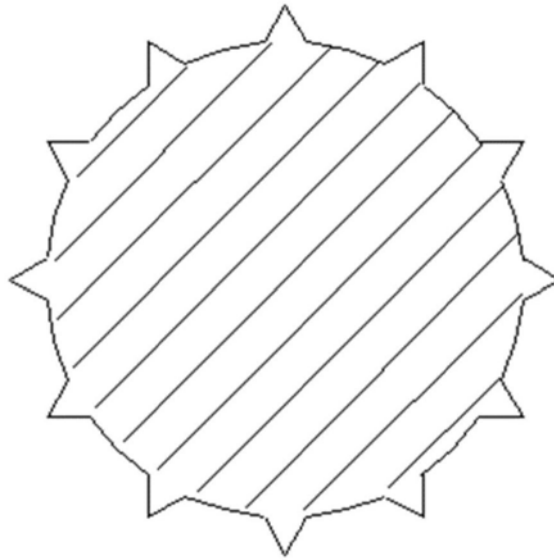


图3

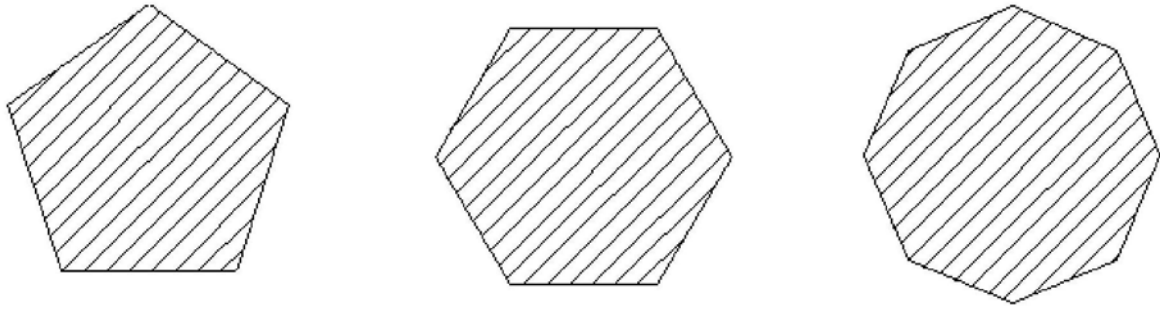


图4