



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 114014677 A

(43) 申请公布日 2022.02.08

(21) 申请号 202111562959.0

C04B 35/622 (2006.01)

(22) 申请日 2021.12.20

(71) 申请人 中南大学

地址 410083 湖南省长沙市岳麓区麓山南路932号

(72) 发明人 陈腾飞

(74) 专利代理机构 长沙惟盛赞鼎知识产权代理
事务所(普通合伙) 43228

代理人 黄敏华

(51) Int. Cl.

C04B 35/66 (2006.01)

C04B 35/80 (2006.01)

C04B 35/83 (2006.01)

C04B 35/52 (2006.01)

C04B 35/524 (2006.01)

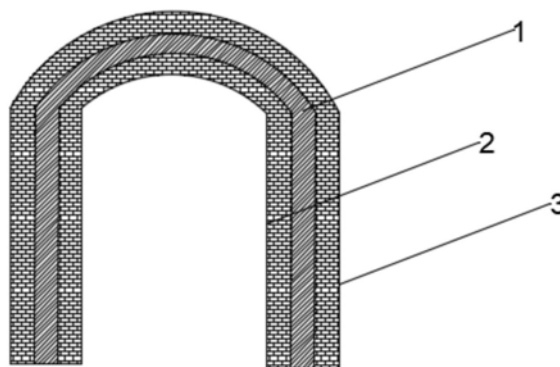
权利要求书2页 说明书5页 附图1页

(54) 发明名称

一种石英纤维/碳纤维增强炭基复合材料坩埚及其制备方法

(57) 摘要

本发明提供了一种石英纤维/碳纤维增强炭基复合材料坩埚及其制备方法,属于单晶硅炉及炭基复合材料制备技术领域。该坩埚由坩埚预制件经固化定型、化学增密、高温石墨化制备而成。坩埚预制件的中间层为碳纤维,内外表面层为石英纤维组成,分别采用碳纤维平纹布或斜纹布加短碳纤维网胎交替叠层针刺或石英纤维无纬布+短石英纤维网胎交替叠层针刺而成。所得石英纤维/碳纤维增强炭基复合材料坩埚强度高,内外表面由石英纤维+碳化硅界面层+基体炭组成,可以有效降低或避免坩埚内外表面层与硅蒸气反应,能提高坩埚的使用寿命50%以上,适合高效单晶硅坩埚、坩帮的批量生产。



1. 一种石英纤维/碳纤维增强炭基复合材料坩埚预制件,其特征在於,包括:中间层(1)、内表面层(2)和外表面层(3);由面密度 $180\sim 300\text{g}/\text{m}^2$ 的石英纤维无纬布和/或面密度为 $30\sim 120\text{g}/\text{m}^2$ 短石英纤维网胎交替叠层针刺成内表面层(2),其表观体积密度为 $0.3\sim 0.6\text{g}/\text{cm}^3$;在所述内表面层(2)的外表面上交替叠层面密度为 $280\sim 600\text{g}/\text{m}^2$ 的碳纤维平纹布或斜纹布和面密度为 $80\sim 120\text{g}/\text{m}^2$ 的短纤维网胎层,针刺成整体,得到表观体积密度为 $0.5\sim 0.8\text{g}/\text{cm}^3$ 的中间层(1);在中间层(1)表面交替叠层面密度 $180\sim 300\text{g}/\text{m}^2$ 的石英纤维无纬布和/或面密度为 $30\sim 120\text{g}/\text{m}^2$ 短石英纤维网胎,针刺成整体,得到外表面层(3)表观体积密度为 $0.3\sim 0.6\text{g}/\text{cm}^3$ 的预制件。

2. 根据权利要求1所述的一种石英纤维/碳纤维增强炭基复合材料坩埚预制件,其特征在於,所述内表面层(2)的厚度为 $3\sim 10\text{mm}$;所述内表面层(2)由石英纤维无纬布和短石英纤维网胎针刺而成时,所述石英纤维无纬布和所述短石英纤维网胎的重量比为 $6:4\sim 9:1$ 。

3. 根据权利要求1所述的一种石英纤维/碳纤维增强炭基复合材料坩埚预制件,其特征在於,所述中间层(1)的厚度为 $6\sim 15\text{mm}$;其中碳纤维平纹布或斜纹布与短纤维网胎层的重量比为 $9:1\sim 7:3$ 。

4. 根据权利要求1所述的一种石英纤维/碳纤维增强炭基复合材料坩埚预制件,其特征在於,所述外表面层(3)的厚度为 $1\sim 6\text{mm}$;所述外表面层(3)由石英纤维无纬布和短石英纤维网胎针刺而成时,所述石英纤维无纬布和所述短石英纤维网胎的重量比为 $6:4\sim 9:1$ 。

5. 一种石英纤维/碳纤维增强炭基复合材料坩埚,其特征在於,由权利要求1-4任一项所述的一种石英纤维/碳纤维增强炭基复合材料坩埚预制件经固化定型、化学增密、高温石墨化制备而成。

6. 权利要求5所述的一种石英纤维/碳纤维增强炭基复合材料坩埚的制备方法,其特征在於,包括以下步骤:

S1、预制件的制备:按重量比将面密度 $180\sim 300\text{g}/\text{m}^2$ 的石英纤维无纬布和/或面密度为 $30\sim 120\text{g}/\text{m}^2$ 短石英纤维网胎交替叠层针刺成内表面层(2),其表观体积密度为 $0.3\sim 0.6\text{g}/\text{cm}^3$;在所述内表面层(2)的外表面上按重量比交替叠层面密度为 $280\sim 600\text{g}/\text{m}^2$ 的碳纤维平纹布或斜纹布和面密度为 $80\sim 120\text{g}/\text{m}^2$ 的短纤维网胎层,针刺成整体,得到表观体积密度为 $0.5\sim 0.8\text{g}/\text{cm}^3$ 的中间层(1);在中间层(1)表面按重量比交替叠层面密度 $180\sim 300\text{g}/\text{m}^2$ 的石英纤维无纬布和/或面密度为 $30\sim 120\text{g}/\text{m}^2$ 短石英纤维网胎,针刺成整体,得到外表面层(3)表观体积密度为 $0.3\sim 0.6\text{g}/\text{cm}^3$ 的预制件;

S2、预制件的固化:将步骤S1制得的预制件内部放入与内表面相适应的内模具,喷淋树脂或有机粘接剂,阴干,在外表面加装与预制件外表面相适应的外模具,送入烘箱中固化定型,定型完成后,降温,脱模,得到坩埚坯;

S3、增密、石墨化处理:将步骤S2制得的坩埚坯采用化学气相沉积增密工艺或树脂或沥青浸渍-碳化增密工艺,把坩埚坯增密到 $1.4\sim 1.6\text{g}/\text{cm}^3$ 后,进行高温处理,处理温度为 $1300\sim 1800^\circ\text{C}$,保温时间 $3\sim 15$ 小时,加工至设计尺寸,得到石英纤维/碳纤维增强炭基复合材料坩埚。

7. 根据权利要求6所述的一种石英纤维/碳纤维增强炭基复合材料坩埚的制备方法,其特征在於,步骤S1中,所述内表面层(2)的厚度为 $3\sim 10\text{mm}$;若所述内表面层(2)由石英纤维无纬布和短石英纤维网胎针刺而成时,所述石英纤维无纬布和所述短石英纤维网胎的重量

比为6:4~9:1。

8. 根据权利要求6所述的一种石英纤维/碳纤维增强炭基复合材料坩埚的制备方法,其特征在于,步骤S1中,所述中间层(1)的厚度为6~15mm;其中碳纤维平纹布或斜纹布与短纤维网胎层的重量比为9:1~7:3。

9. 根据权利要求6所述的一种石英纤维/碳纤维增强炭基复合材料坩埚的制备方法,其特征在于,步骤S1中,所述外表面层(3)的厚度为1~6mm;若所述外表面层(3)由石英纤维无纬布和短石英纤维网胎针刺而成时,所述石英纤维无纬布和所述短石英纤维网胎的重量比为6:4~9:1。

10. 根据权利要求6所述的一种石英纤维/碳纤维增强炭基复合材料坩埚的制备方法,其特征在于,步骤S2中,所述树脂包括酚醛树脂或呋喃树脂中的任意一种;所述定型的温度控制在150~300℃,待烘箱不往外冒烟时,保温1~10小时。

一种石英纤维/碳纤维增强炭基复合材料坩埚及其制备方法

技术领域

[0001] 本发明涉及单晶硅炉及炭基复合材料制备技术领域,具体涉及一种石英纤维/碳纤维增强炭基复合材料坩埚及其制备方法。

背景技术

[0002] 炭/炭复合材料是一种碳纤维增强炭基体复合材料,具有密度低、比强度高、耐高温、热膨胀系数小、尺寸稳定性好、结构可设计性强、耐腐蚀等优异性能而广泛应用于军工和民用领域,特别是随着技术进步、制造成本降低,在制造大规格产品和结构可设计性强等方面的优势,近些年炭/炭复合材料在大型单晶硅炉的热场部件上的应用非常广泛,其中,炭/炭复合材料坩埚是单晶硅炉热场系统的关键部件之一。

[0003] 在单晶硅拉制时,热场部件处于硅蒸气和惰性气体的混合气氛中,硅蒸气会在热场部件表面沉积并部分与炭/炭复合材料或石墨材料表面反应生成碳化硅或者渗透到表面一定深度的孔隙中与炭反应生成碳化硅,由于碳化硅与炭/炭或石墨的热膨胀系数不匹配,容易脱落和粉化,从而影响热场部件的进一步使用,进而影响热场部件的使用寿命。而且在单晶拉制时,硅料是放在石英坩埚里面,石英坩埚外面套一个炭/炭复合材料或石墨坩埚,由于石英坩埚与炭/炭或石墨坩埚底部型面结合较好,高温下容易部分反应或粘连,给石英坩埚清除带来困难,有时需要敲击坩埚底部区域才能清除干净,这严重影响坩埚的使用寿命。专利CN113149686A公开了一种具有复合陶瓷涂层的炭/炭复合材料坩埚及其制备方法,该坩埚由炭/炭复合材料坩埚基体以及附着于坩埚内表面的复合陶瓷涂层组成,成分为(按质量比计):碳化硅50~70%,氮化硼10~40%,硅10~20%,厚度为1~5mm,他先将树脂、氮化硼、硅粉混合,然后把混合料热压成形,得到复合陶瓷层生坯,在碳化处理得到复合陶瓷层坯体,再用树脂加氮化硅的混合粘结剂将复合陶瓷涂层坯体粘接到炭/炭复合材料坩埚基体内,进行固化及碳化、渗硅处理,机械加工,得到具有复合陶瓷涂层的炭/炭复合材料坩埚,该方法存在陶瓷坯体制备及加工难度大(涂层1~5mm厚度)、与炭/炭坩埚基体粘结结合后,拉制单晶时容易导致涂层分层和局部裂开,不利于批量生产和使用;CN11848201A提出采用等离子体喷涂工艺在炭坩埚表面形成一种碳化硅/硅涂层,以达到改善炭坩埚的抗硅化腐蚀能力,从而达到提高坩埚的使用寿命,但坩埚的外形特点,采用等离子体喷涂工艺实现坩埚内外表面均匀涂层难度大,且得到的涂层薄、热膨胀系数不匹配,对于抑制硅蒸气侵蚀的能力非常有限。

发明内容

[0004] 针对现有单晶硅炉用炭/炭复合材料或石墨坩埚容易受硅蒸气硅化影响的弊端,本发明提供一种石英纤维/碳纤维增强炭基复合材料坩埚及其制备方法,坩埚表面碳含量低,使得坩埚的内、外表面与硅蒸气基本不反应,提高了坩埚的使用寿命。

[0005] 本发明提供了一种石英纤维/碳纤维增强炭基复合材料坩埚预制件,包括:中间层、内表面层和外表面层;由面密度180~300g/m²的石英纤维无纬布和/或面密度为30~

120g/m²短石英纤维网胎交替叠层针刺成内表面层,其表观体积密度为0.3~0.6g/cm³;在上述内表面层的外表面上交替叠层面密度为280~600g/m²的碳纤维平纹布或斜纹布和面密度为80~120g/m²的短纤维网胎层,针刺成整体,得到表观体积密度为0.5~0.8g/cm³的中间层;在中间层表面交替叠层面密度180~300g/m²的石英纤维无纬布和/或面密度为30~120g/m²短石英纤维网胎,针刺成整体,得到外表面层表观体积密度为0.3~0.6g/cm³的预制件。

[0006] 优选地,所述内表面层的厚度为3~10mm;所述内表面层由石英纤维无纬布和短石英纤维网胎针刺而成时,所述石英纤维无纬布和所述短石英纤维网胎的重量比为6:4~9:1。

[0007] 优选地,所述中间层的厚度为6~15mm;其中碳纤维平纹布或斜纹布与短纤维网胎层的重量比为9:1~7:3。

[0008] 优选地,所述外表面层的厚度为1~6mm;所述外表面层由石英纤维无纬布和短石英纤维网胎针刺而成时,所述石英纤维无纬布和所述短石英纤维网胎的重量比为6:4~9:1。

[0009] 本发明还提供了一种石英纤维/碳纤维增强炭基复合材料坩埚,由上述的一种石英纤维/碳纤维增强炭基复合材料坩埚预制件经固化定型、化学增密、高温石墨化制备而成。

[0010] 本发明还提供了一种石英纤维/碳纤维增强炭基复合材料坩埚的制备方法,包括以下步骤:

[0011] S1、预制件的制备:按重量比将面密度180~300g/m²的石英纤维无纬布和/或面密度为30~120g/m²短石英纤维网胎交替叠层针刺成内表面层,其表观体积密度为0.3~0.6g/cm³;在上述内表面层的外表面上按重量比交替叠层面密度为280~600g/m²的碳纤维平纹布或斜纹布和面密度为80~120g/m²的短纤维网胎层,针刺成整体,得到表观体积密度为0.5~0.8g/cm³的中间层;在中间层表面按重量比交替叠层面密度180~300g/m²的石英纤维无纬布和/或面密度为30~120g/m²短石英纤维网胎,针刺成整体,得到外表面层(3)表观体积密度为0.3~0.6g/cm³的预制件;

[0012] S2、预制件的固化:将步骤S1制得的预制件内部放入与内表面相适应的内模具,喷淋树脂或有机粘接剂(淀粉胶等),阴干,在外表面加装外模具,送入烘箱中固化定型,定型完成后,降温,脱模,得到坩埚坯;

[0013] S3、增密、石墨化处理:将步骤S2制得的坩埚坯采用化学气相沉积增密工艺或树脂或沥青浸渍-碳化增密工艺,把坩埚坯增密到1.4~1.6g/cm³后,进行高温处理,处理温度为1300~1800℃,保温时间3~15小时,加工至设计尺寸,得到石英纤维/碳纤维增强炭基复合材料坩埚。

[0014] 优选地,步骤S1中,所述内表面层的厚度为3~10mm;若所述内表面层由石英纤维无纬布和短石英纤维网胎针刺而成时,所述石英纤维无纬布和所述短石英纤维网胎的重量比为6:4~9:1。

[0015] 优选地,步骤S1中,所述中间层的厚度为6~15mm;其中碳纤维平纹布或斜纹布与短纤维网胎层的重量比为9:1~7:3。

[0016] 优选地,步骤S1中,所述外表面层的厚度为1~6mm;若所述外表面层由石英纤维无

纬布和短石英纤维网胎针刺而成时,所述石英纤维无纬布和所述短石英纤维网胎的重量比为6:4~9:1。

[0017] 优选地,步骤S2中,所述树脂包括酚醛树脂或呋喃树脂中的任意一种,还可以是其他残炭率较高的树脂;

[0018] 优选地,步骤S2中,所述定型的温度控制在150~300℃,待烘箱不往外冒烟时,保温1~10小时。

[0019] 优选地,步骤S2中,所述内模具的材料为石墨或不锈钢;所述外模具为不锈钢模具,具体为3-6瓣等大的模具块组合而成,模具块表面设有限位槽,通过箍环固定密封。

[0020] 本发明中石英纤维与基体炭界面处,在高温下发生反应,反应方程式为: $\text{SiO}_2 + 2\text{C} = \text{Si} + 2\text{CO}$; $\text{Si} + \text{C} = \text{SiC}$;反应生成碳化硅界面层以后,进一步反应比较困难,因此,只有石英纤维表面部分转化成碳化硅;由于上下表面层以石英纤维+碳化硅+基体炭组成,降低了炭含量,同时降低了硅蒸气与坩埚表面的反应速度和反应程度,有利于提高坩埚的使用寿命。且由于预制件的设计,在气相沉积增密过程中,碳源气利用率达到85%以上。

[0021] 本发明技术方案,具有如下优点:

[0022] 本发明设计制备的一种石英纤维/碳纤维增强炭基复合材料平坩埚,预制件中间层为碳纤维,内外表面层为石英纤维组成,分别采用碳纤维平纹布或斜纹布加短碳纤维网胎交替叠层针刺或石英纤维无纬布+短石英纤维网胎交替叠层针刺而成石英纤维/碳纤维复合预制件;然后用化学气相沉积增密或液相浸渍-碳化增密到所需密度,再高温处理,石英纤维与基体炭间的界面层部分或全部转化成碳化硅;碳源气利用率得到85%以上。而且由于采用内外模具进行固化定型,坩埚内、外型面加工量减少,坩埚的纤维体积含量增加,所得石英纤维/碳纤维增强炭基复合材料坩埚强度高,内外表面由石英纤维+碳化硅界面层+基体炭组成,可以有效降低或避免坩埚内外表面层与硅蒸气反应,相对比与目前普遍使用的炭/炭复合材料坩埚,能提高坩埚的使用寿命50%以上,在单晶炉中正常拉制单晶,使用12个月后,还能继续使用,适合高效单晶炉坩埚、坩帮的批量生产。

附图说明

[0023] 为了更清楚地说明本发明具体实施方式或现有技术中的技术方案,下面将对具体实施方式或现有技术描述中所需要使用的附图作简单地介绍,显而易见地,下面描述中的附图是本发明的一些实施方式,对于本领域普通技术人员来讲,在不付出创造性劳动的前提下,还可以根据这些附图获得其他的附图。

[0024] 图1是本发明实施例1中的预制件的剖视图;

[0025] 图2是本发明中外模具的俯视图。

[0026] 附图标记:

[0027] 1、中间层;2、内表面层;3、外表面层。

具体实施方式

[0028] 实施例1

[0029] 一种石英纤维/碳纤维增强炭基复合材料坩埚预制件,如图1所示,包括:中间层1、内表面层2和外表面层3;由面密度180~300g/m²的石英纤维无纬布和/或面密度为30~

120g/m²短石英纤维网胎交替叠层针刺成内表面层2,其表观体积密度为0.3~0.6g/cm³;在所述内表面层2的外表面上交替叠层面密度为280~600g/m²的碳纤维平纹布或斜纹布和面密度为80~120g/m²的短纤维网胎层,针刺成整体,得到表观体积密度为0.5~0.8g/cm³的中间层1;在中间层1表面交替叠层面密度180~300g/m²的石英纤维无纬布和/或面密度为30~120g/m²短石英纤维网胎,针刺成整体,得到外表面层3表观体积密度为0.3~0.6g/cm³的预制件。

[0030] 其中,所述内表面层2的厚度为5mm;所述内表面层2由石英纤维无纬布和短石英纤维网胎针刺而成,所述石英纤维无纬布和所述短石英纤维网胎的重量比为6:4。

[0031] 其中,所述中间层1的厚度为15mm;其中碳纤维平纹布或斜纹布与短纤维网胎层的重量比为9:1。

[0032] 其中,所述外表面层3的厚度为4mm;所述外表面层3由石英纤维无纬布和短石英纤维网胎针刺而成,所述石英纤维无纬布和所述短石英纤维网胎的重量比为6:4。

[0033] 实施例2

[0034] 其中,所述内表面层2的厚度为10mm;所述内表面层2由石英纤维无纬布和短石英纤维网胎针刺而成,所述石英纤维无纬布和所述短石英纤维网胎的重量比为9:1。

[0035] 其中,所述中间层1的厚度为6mm;其中碳纤维平纹布或斜纹布与短纤维网胎层的重量比为7:3。

[0036] 其中,所述外表面层3的厚度为6mm;所述外表面层3由石英纤维无纬布和短石英纤维网胎针刺而成,所述石英纤维无纬布和所述短石英纤维网胎的重量比为6:4。

[0037] 其余同实施例1。

[0038] 实施例3

[0039] 其中,所述内表面层2的厚度为3mm;所述内表面层2由短石英纤维网胎针刺而成。

[0040] 其中,所述中间层1的厚度为15mm;其中碳纤维平纹布或斜纹布与短纤维网胎层的重量比为9:1。

[0041] 其中,所述外表面层3的厚度为1mm;所述外表面层3由短石英纤维网胎针刺而成。

[0042] 实施例4

[0043] 一种石英纤维/碳纤维增强炭基复合材料坩埚,由实施例1或实施例2或实施例3的一种石英纤维/碳纤维增强炭基复合材料坩埚预制件经固化定型、化学增密、高温石墨化制备而成,其制备方法,包括以下步骤:

[0044] S1、预制件的制备:按重量比将面密度180~300g/m²的石英纤维无纬布和/或面密度为30~120g/m²短石英纤维网胎交替叠层针刺成内表面层2,其表观体积密度为0.3~0.6g/cm³;在所述内表面层2的外表面上按重量比交替叠层面密度为280~600g/m²的碳纤维平纹布或斜纹布和面密度为80~120g/m²的短纤维网胎层,针刺成整体,得到表观体积密度为0.5~0.8g/cm³的中间层1;在中间层1表面按重量比交替叠层面密度180~300g/m²的石英纤维无纬布和/或面密度为30~120g/m²短石英纤维网胎,针刺成整体,得到外表面层3表观体积密度为0.3~0.6g/cm³的预制件;

[0045] S2、预制件的固化:将步骤S1制得的预制件内部放入与内表面相适应的内模具,喷淋树脂或有机粘接剂(淀粉胶等),阴干,在外表面加装外模具,送入烘箱中固化定型,定型完成后,降温,脱模,得到坩埚坯;

[0046] S3、增密、石墨化处理：将步骤S2制得的坩埚坯采用化学气相沉积增密工艺或树脂或沥青浸渍-碳化增密工艺，把坩埚坯增密到 $1.4\sim 1.6\text{g}/\text{cm}^3$ 后，进行高温处理，处理温度为 $1300\sim 1800^\circ\text{C}$ ，保温时间 $3\sim 15$ 小时，加工至设计尺寸，得到石英纤维/碳纤维增强炭基复合材料坩埚。

[0047] 其中，步骤S1中，所述内表面层2的厚度为 $3\sim 10\text{mm}$ ；若所述内表面层2由石英纤维无纬布和短石英纤维网胎针刺而成时，所述石英纤维无纬布和所述短石英纤维网胎的重量比为 $6:4\sim 9:1$ 。

[0048] 其中，步骤S1中，所述中间层1的厚度为 $6\sim 15\text{mm}$ ；其中碳纤维平纹布或斜纹布与短纤维网胎层的重量比为 $9:1\sim 7:3$ 。

[0049] 其中，步骤S1中，所述外表面层3的厚度为 $1\sim 6\text{mm}$ ；若所述外表面层3由石英纤维无纬布和短石英纤维网胎针刺而成时，所述石英纤维无纬布和所述短石英纤维网胎的重量比为 $6:4\sim 9:1$ 。

[0050] 其中，步骤S2中，所述树脂包括酚醛树脂或呋喃树脂中的任意一种，还可以是其他残炭率较高的树脂；

[0051] 其中，步骤S2中，所述定型的温度控制在 $150\sim 300^\circ\text{C}$ ，待烘箱不往外冒烟时，保温 $1\sim 10$ 小时。

[0052] 其中，步骤S2中，所述内模具的材料为石墨或不锈钢；所述外模具为不锈钢模具，如图2所示，由3-6瓣等大的模具块组合而成，模具块表面设有限位槽，通过箍环固定密封。

[0053] 对比例1

[0054] 采用碳纤维平纹布加短碳纤维网胎交替叠层针刺成坩埚预制件，碳纤维平纹布的面密度为 $380\sim 390\text{g}/\text{m}^2$ ，短碳纤维网胎的面密度为 $80\sim 90\text{g}/\text{m}^2$ ，碳纤维平纹布和短碳纤维网胎的重量比为 $7:3$ ，坩埚预制件表观体积密度为 $0.45\sim 0.46\text{g}/\text{cm}^3$ ，经固化定型、化学增密到密度 $1.45\text{g}/\text{cm}^3$ 、高温石墨化、加工到尺寸，表面涂层热解炭，密度达到 $1.48\text{g}/\text{cm}^3$ 而成，使用寿命7个月，相较于本发明，使用寿命低了70%以上。

[0055] 这主要归结于硅蒸气与炭/炭坩埚表面容易反应生成碳化硅，一方面损伤表面一定深度的炭/炭复合材料，尤其是R角接触处，另一方面生成的碳化硅与炭/炭复合材料基体的热膨胀系数不匹配，容易脱落，起不到保护里面的炭/炭复合材料进一步反应。而本发明的内外表面为石英纤维+碳化硅界面层+热解炭层，可有效降低或避免其与硅蒸气反应。

[0056] 显然，上述实施例仅仅是为清楚地说明所作的举例，而并非对实施方式的限定。对于所属领域的普通技术人员来说，在上述说明的基础上还可以做出其它不同形式的变化或变动。这里无需也无法对所有的实施方式予以穷举。而由此所引伸出的显而易见的变化或变动仍处于本发明创造的保护范围之内。

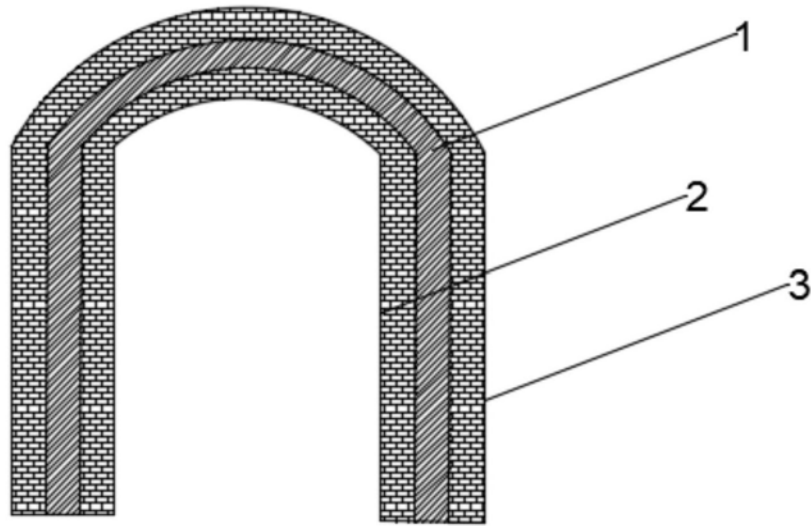


图1

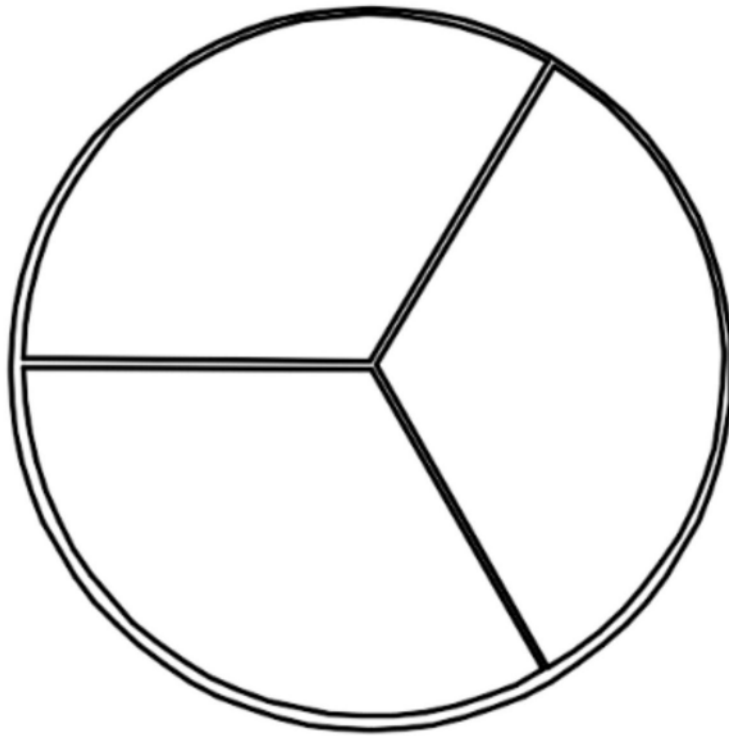


图2