(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 108993324 A
(43)申请公布日 2018.12.14

(21)申请号 201810927816.7

(22)申请日 2018.08.15

(71)申请人 四川大学
地址 610065 四川省成都市一环路南一段24号

(72)发明人 鲍泽威 闫栋 黄卫星

(74)专利代理机构 成都瑞创华盛知识产权代理事务所(特殊普通合伙) 51270
代理人 邓瑞 辜强

(51)Int.Cl.
B01J 8/02(2006.01)

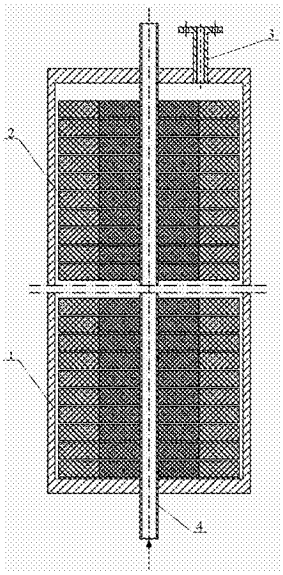
权利要求书1页 说明书4页 附图3页

(54)发明名称

一种梯度填充膨胀石墨的金属氢化物反应器

(57)摘要

本发明公开了一种梯度填充膨胀石墨的金属氢化物反应器，包括壳体、反应床、氢气进出口管、换热管，所述反应床为多层结构，所述反应床各层内填充膨胀石墨，所述反应床内各层膨胀石墨的质量含量呈梯度填充，本发明可以降低高导材料膨胀石墨的用量，使反应床层单位体积储热密度增加，与同等膨胀石墨添加量的金属氢化物反应器相比，本发明可使吸氢反应速率得到提升。



CN 108993324 A

1.一种梯度填充膨胀石墨的金属氢化物反应器，包括壳体(1)、反应床(2)、氢气进出口管(3)、换热管(4)，所述反应床(2)设在壳体(1)的内部形成反应腔，所述氢气进出口管(3)设在壳体(1)的外表面，所述换热管(4)穿过反应床(2)的中心，其特征在于：所述反应床(2)是由多层金属氢化物与膨胀石墨混合压制的复合材料叠合而成，所述反应床(2)由内至外各层膨胀石墨的质量含量逐渐减小。

2.根据权利要求1所述的一种梯度填充膨胀石墨的金属氢化物反应器，其特征在于：所述反应床(2)设为2-8层。

3.基于权利要求1所述的一种梯度填充膨胀石墨的金属氢化物反应器，其特征在于：所述反应床(2)各层的膨胀石墨的质量含量范围为5%-30%。

4.根据权利要求2所述的一种梯度填充膨胀石墨的金属氢化物反应器，其特征在于：所述反应床(2)设为2层，其中反应床(2)的内层的膨胀石墨的质量含量为10%，反应床(2)的外层的膨胀石墨的质量含量为5%。

5.根据权利要求2所述的一种梯度填充膨胀石墨的金属氢化物反应器，其特征在于：所述反应床(2)设为3层，其中反应床(2)的内层的膨胀石墨的质量含量为20%，反应床(2)的中间层的膨胀石墨的质量含量为10%，反应床(2)的外层的膨胀石墨的质量含量为5%。

6.根据权利要求1所述的一种梯度填充膨胀石墨的金属氢化物反应器，其特征在于：所述反应床(2)为以单轴压制的方式对金属氢化物与膨胀石墨混合物进行压制形成。

7.根据权利要求1所述的一种梯度填充膨胀石墨的金属氢化物反应器，其特征在于：所述反应腔由多个反应床(2)叠加组成。

8.根据权利要求1所述的一种梯度填充膨胀石墨的金属氢化物反应器，其特征在于：所述换热管(4)内为单相对流换热流体或相变对流换热流体。

9.根据权利要求8所述的一种梯度填充膨胀石墨的金属氢化物反应器，其特征在于：所述单相对流换热流体为水、空气、熔盐或者导热油；相变对流换热流体为制冷剂或者水。

一种梯度填充膨胀石墨的金属氢化物反应器

技术领域

[0001] 本发明属于固定床反应器技术领域，特别是涉及一种梯度填充膨胀石墨的金属氢化物反应器。

背景技术

[0002] 随着经济与社会的发展，能源问题成为制约社会发展的主要瓶颈之一。面对资源枯竭的压力，以太阳能为首的可持续新能源与废热的回收逐渐成为人们研究的热点。然而，太阳能、非连续生产的工业废热等都存在着能量不能连续供给的问题，因此，实施高效的蓄热技术是解决以上能源供需在时间与空间上不匹配矛盾的必要手段。

[0003] 蓄热技术包括显热、相变潜热和热化学蓄热技术三种。其中，基于金属氢化物分解反应的蓄热技术属于热化学蓄热技术的一种，该技术具有反应可逆性好、反应热大、腐蚀性低和反应易于控制等优点，因此是一种十分具有潜力的蓄热技术。

[0004] 金属氢化物反应器是蓄热系统的核心部件，反应器传热性能对整个蓄热系统的性能具有决定性的影响。金属氢化物蓄热技术面临的主要问题是金属氢化物床层的有效导热系数较低，影响了反应器的性能。目前，最常用的金属氢化物床层传热强化技术为在床层中添加膨胀石墨。例如，通过向镁氢化物压片中添加10％膨胀石墨，反应床径向导热系数高达8W/(m·K)，并且随着填充膨胀石墨含量的增加，反应床层导热系数也随之增加(CHAISE A,DE RANGO P,MARTY P,et al.Enhancement of hydrogen sorption in magnesium hydride using expanded natural graphite[J].International Journal of Hydrogen Energy,2009,34(20):8589-8596)。但其不足之处在于，随着膨胀石墨填充量的增加，由于膨胀石墨不参与吸氢反应，反应床的单位体积储氢密度会下降，体积蓄热密度也会随之减小。例如：中国专利申请号为CN201610606744.7的专利中，公开了一种金属氢化物反应器，包括“多层反应床，每层所述反应床在所述多层反应床的叠加方向上具有上下两层结构，其中下层为复合材料层，所述复合材料层含有储氢合金和/或金属氢化物，所述储氢合金与氢气反应生成金属氢化物并放出热量，或者所述金属氢化物吸收热量反应生成所述储氢合金与所述氢气”，填充物填充量的增加，由于填充物不参与反应，反应床的单位体积储氢密度会下降。

[0005] 因此，如何解决上述问题成为本领域的研究重点。

发明内容

[0006] 本发明的目的就是提供一种梯度填充膨胀石墨的金属氢化物反应器，能有效解决上述随着膨胀石墨填充量的增加，反应床的单位体积储氢密度会下降的不足之处。

[0007] 本发明的目的通过下述技术方案来实现：

[0008] 一种梯度填充膨胀石墨的金属氢化物反应器，包括壳体、反应床、氢气进出口管、换热管，所述反应床设在壳体的内部形成反应腔，所述氢气进出口管设在壳体的外表面，所述换热管穿过反应床的中心，所述反应床是由多层金属氢化物与膨胀石墨混合压制的复合

材料叠合而成，所述反应床由内至外各层膨胀石墨的质量含量逐渐减小。

[0009] 作为优选，所述反应床设为2-8层。

[0010] 作为优选，所述反应床各层的膨胀石墨的质量含量范围为5%-30%。

[0011] 作为优选，所述反应床设为2层，其中反应床的内层的膨胀石墨的质量含量为10%，反应床的外层的膨胀石墨的质量含量为5%。

[0012] 作为优选，所述反应床设为3层，其中反应床的内层的膨胀石墨的质量含量为20%，反应床的中间层的膨胀石墨的质量含量为10%，反应床的外层的膨胀石墨的质量含量为5%。

[0013] 作为优选，所述反应床为以单轴压制的方式对金属氢化物与膨胀石墨混合物进行压制形成。

[0014] 作为优选，所述反应腔由多个反应床叠加组成。

[0015] 作为优选，所述换热管内为单相对流换热流体或相变对流换热流体。

[0016] 作为优选，所述单相对流换热流体为水、空气、熔盐或者导热油；相变对流换热流体为制冷剂或者水。

[0017] 与现有技术相比，本发明的有益效果在于：

[0018] 本发明根据金属氢化物反应器的反应床层热流的方向梯度变化膨胀石墨质量含量，反应床层热流密度大的区域膨胀石墨含量较高，反应床层热流密度小的区域膨胀石墨含量较低。金属氢化物与膨胀石墨混合压制压片的导热系数随膨胀石墨含量增加而增加，反应床层热流密度大的区域膨胀石墨含量较大即该区域导热系数也较大，膨胀石墨梯度分布有利于反应床层温度的均匀分布，吸氢反应速率增加，反应器蓄热效率也随之增加。

附图说明

[0019] 图1是本发明的剖面图；

[0020] 图2是本发明的俯视图；

[0021] 图3是2层反应床结构剖面图；

[0022] 图4是2层反应床俯视图

[0023] 图5是3层反应床结构剖面图；

[0024] 图6是3层反应床俯视图；

[0025] 图7为4层反应床俯视图。

[0026] 附图标记说明：1-壳体，2-反应床，3-氢气进出口管，4-换热管。

具体实施方式

[0027] 下面结合具体实施例和附图对本发明作进一步的说明。

[0028] 实施例一

[0029] 如图1、图2和图7所示，一种梯度填充膨胀石墨的金属氢化物反应器，包括壳体、反应床、氢气进出口管、换热管，所述反应床设在壳体的内部形成反应腔，所述氢气进出口管设在壳体的外表面，所述换热管穿过反应床的中心，所述反应床是由多层金属氢化物与膨胀石墨混合压制的复合材料叠合而成，所述反应床由内至外各层膨胀石墨的质量含量逐渐减小，壳体1为内径104mm，内容积4.25L的柱状壳体，换热管4内径为8mm，壳体1与换热管4的

材料为316L不锈钢，根据反应床2热流的方向梯度变化膨胀石墨质量含量，反应床层热流密度大的区域膨胀石墨含量较高，反应床层热流密度小的区域膨胀石墨含量较低。金属氢化物与膨胀石墨混合压制压片的导热系数随膨胀石墨含量增加而增加，反应床层热流密度大的区域膨胀石墨含量较大即该区域导热系数也较大。

[0030] 本实施例中，膨胀石墨梯度分布有利于反应床层温度的均匀分布，吸氢反应速率增加，反应器蓄热效率也随之增加。

[0031] 实施例二

[0032] 如图1至图4、图7所示，一种梯度填充膨胀石墨的金属氢化物反应器，包括壳体、反应床、氢气进出口管、换热管，所述反应床设在壳体的内部形成反应腔，所述氢气进出口管设在壳体的外表面，所述换热管穿过反应床的中心，所述反应床是由多层金属氢化物与膨胀石墨混合压制的复合材料叠合而成，所述反应床由内至外各层膨胀石墨的质量含量逐渐减小。壳体1为内径104mm，内容积4.25L的柱状壳体，换热管4内径为8mm，壳体1与换热管4的材料为316L不锈钢，换热管3中的换热流体为导热油Dowtherrm A，入口流速为0.3m/s。本实施例反应床层为50片如图3、图4所示的压片，采用2层氢化镁与膨胀石墨混合压制的复合材料组成，压片单轴压制压力为100MPa，内层膨胀石墨质量含量为10％，外层膨胀石墨质量含量为5％。膨胀石墨质量含量为10％的区域为内径10mm、外径55mm的圆环，膨胀石墨质量含量为5％的区域为内径55mm、外径100mm的圆环，每片压片的厚度为9mm。本实施例反应器共填装氢化镁的总质量为3.67kg，膨胀石墨的总质量为0.25kg，氢化镁为平均粒径为1～10μm的活化氢化镁粉末，每一层复合材料中的膨胀石墨为同一种。本实施例反应器配备有加热装置，加热到初始温度300℃，在1.2MPa的氢压下进行吸氢反应。

[0033] 作为对比，金属氢化物反应器材料、尺寸与操作参数等均一致，唯一不同之处在于反应床层的变化，变为均匀填充质量含量为6.5％的膨胀石墨，该种情况与图3、图4所示的2层梯度填充膨胀石墨的金属氢化物床层的膨胀石墨填充量相同，通过商业软件COMSOL Multiphysics进行模拟计算反应器的主要技术指标——单位体积蓄热功率。

[0034] 本实施例中，与反应床均匀填充6.5％膨胀石墨的反应器相比，反应床2层梯度填充膨胀石墨的反应器的单位体积蓄热功率由63.05W·L^{-1}增加为69.17W·L^{-1}，增加了9.7％。

[0035] 实施例三

[0036] 如图1、图2、图5至图7所示，一种梯度填充膨胀石墨的金属氢化物反应器，包括壳体、反应床、氢气进出口管、换热管，所述反应床设在壳体的内部形成反应腔，所述氢气进出口管设在壳体的外表面，所述换热管穿过反应床的中心，所述反应床是由多层金属氢化物与膨胀石墨混合压制的复合材料叠合而成，所述反应床由内至外各层膨胀石墨的质量含量逐渐减小。壳体1为内径104mm，内容积4.25L的柱状壳体，换热管4内径为8mm，壳体1与换热管4的材料为316L不锈钢，换热管3中的换热流体为导热油Dowtherrm A，入口流速为0.3m/s。本实施例反应床层为50片如图5、图6所示的压片，采用3层氢化镁与膨胀石墨混合压制的复合材料组成，压片单轴压制压力为100MPa，内层膨胀石墨质量含量为20％，中间层膨胀石墨质量含量为10％，外层膨胀石墨质量含量为5％。膨胀石墨质量含量为20％的区域为内径10mm、外径40mm的圆环，膨胀石墨质量含量为10％的区域为内径40mm、外径70mm的圆环，膨胀石墨质量含量为20％的区域为内径70mm、外径100mm的圆环，每片压片厚度为9mm。本实施

例反应器共填装氢化镁的总质量为3.63kg，膨胀石墨的总质量为0.36kg，氢化镁为平均粒径为1～10μm的活化氢化镁粉末，每一层复合材料中的膨胀石墨为同一种。本实施例反应器配备有加热装置，加热到初始温度300℃，在1.2MPa的氢压下进行吸氢反应。

[0037] 作为对比，金属氢化物反应器材料、尺寸与操作参数等均一致，唯一不同之处在于反应床层的变化，变为均匀填充质量含量为9.1％的膨胀石墨，该种情况与图5、图6所示的3层梯度填充膨胀石墨的金属氢化物床层的膨胀石墨填充量相同，通过商业软件COMSOL Multiphysics进行模拟计算反应器的主要技术指标——单位体积蓄热功率。

[0038] 本实施例中，与反应床均匀填充9.1％膨胀石墨的反应器相比，反应床3层梯度填充膨胀石墨的反应器的单位体积蓄热功率由68.81W·L^{-1}增加为80.5W·L^{-1}，增加了16.98％。表明在填充同等质量的膨胀石墨的情况下，膨胀石墨梯度填充比均匀填充的强化换热效果更好，可以提高膨胀石墨的利用率。

[0039] 以上所述仅为本发明的较佳实施例而已，并不用以限制本发明，凡在本发明的精神和原则之内所作的任何修改、等同替换和改进等，均应包含在本发明的保护范围之内。

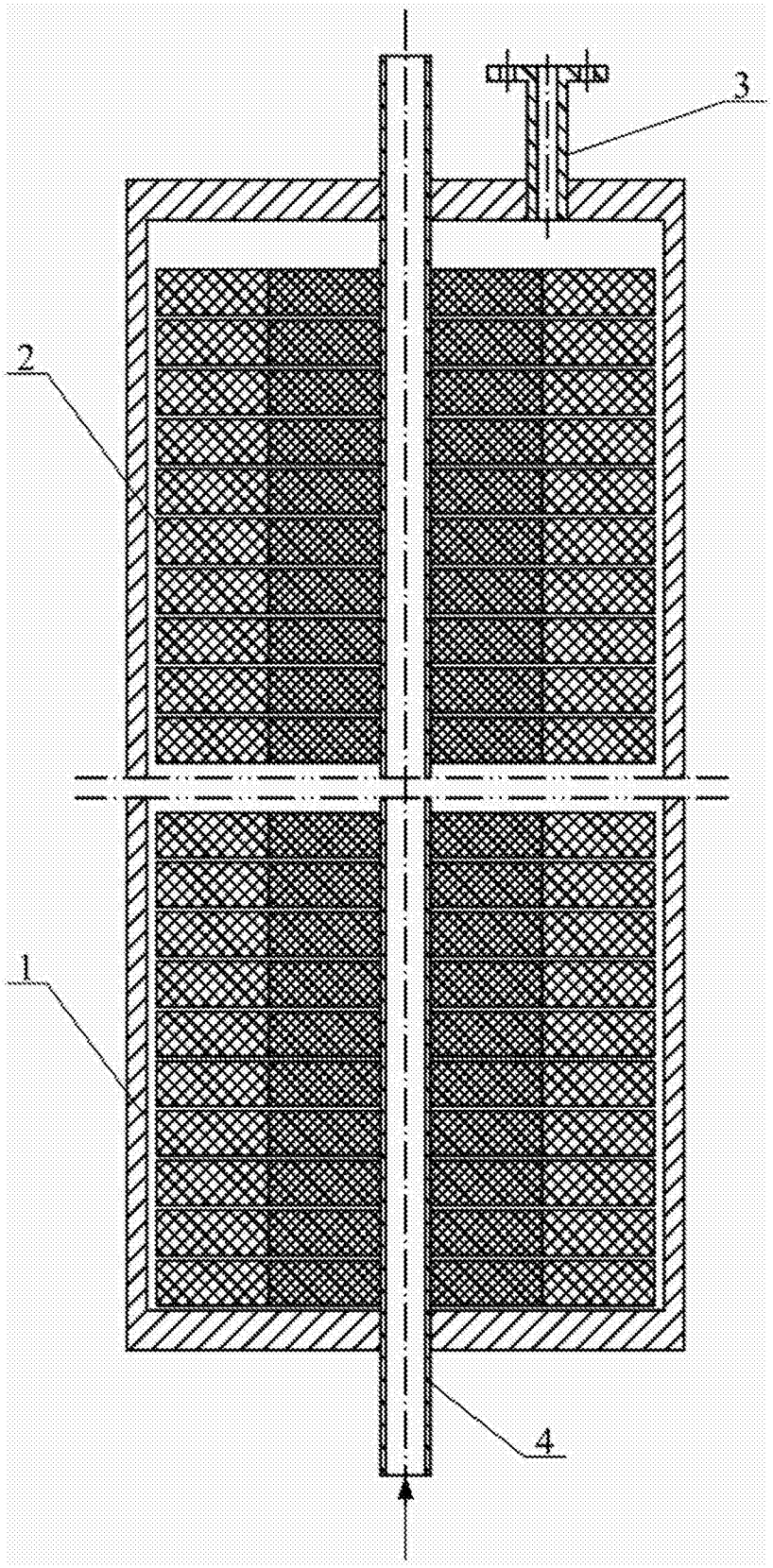


图1

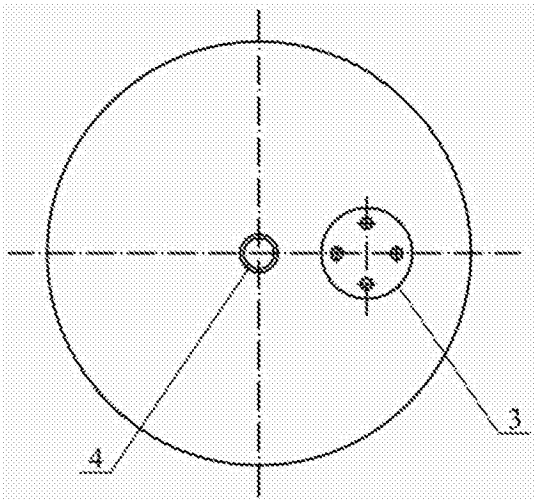


图2

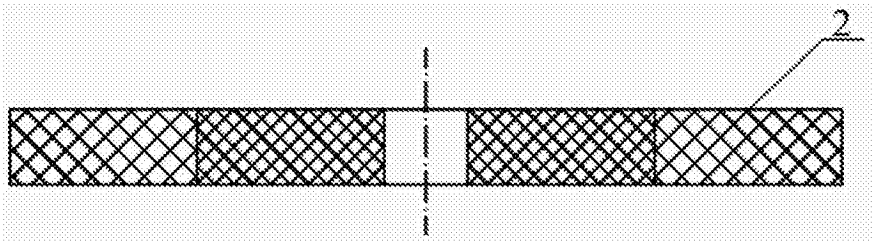


图3

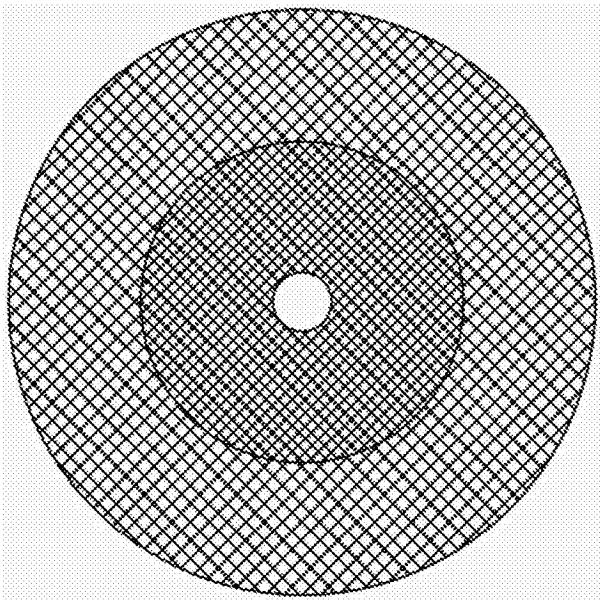


图4

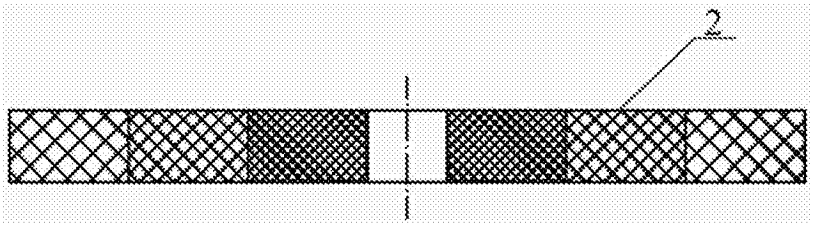


图5

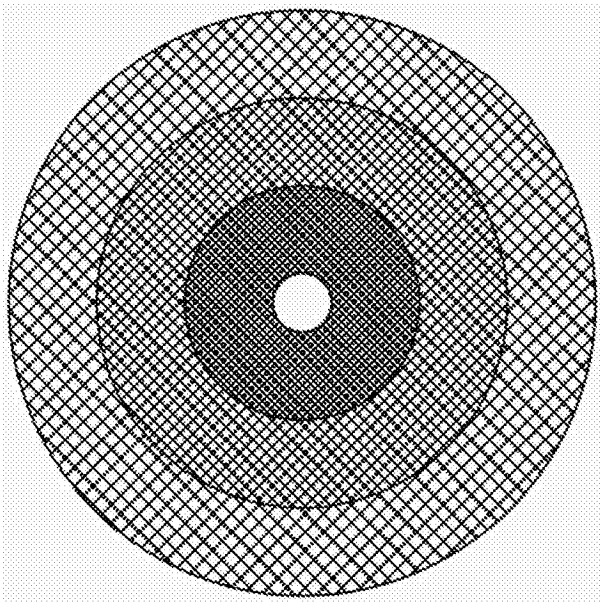


图6

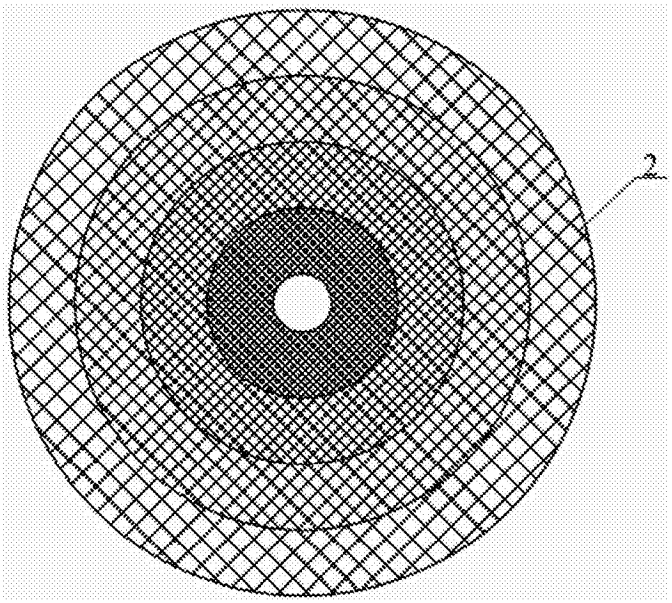


图7