



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 107101392 A

(43)申请公布日 2017.08.29

(21)申请号 201710367394.8

(22)申请日 2017.05.24

(71)申请人 吴闽强

地址 335200 江西省鹰潭市余江县沿河南
路23号

(72)发明人 吴闽强

(51)Int.Cl.

F24J 2/24(2006.01)

F24J 2/05(2006.01)

F24J 2/48(2006.01)

F24J 2/46(2006.01)

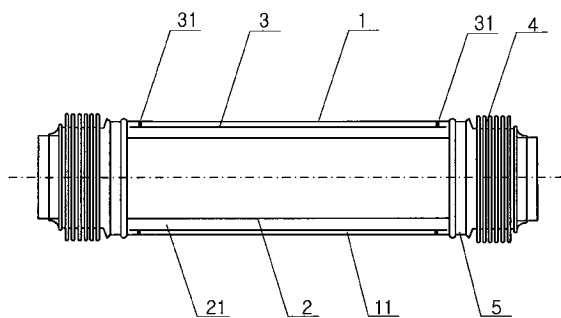
权利要求书1页 说明书5页 附图2页

(54)发明名称

一种太阳能真空集热管

(57)摘要

本发明公开了一种太阳能真空集热管,包括相互套接的内管和外管,且所述内管与所述外管之间围成真空区域,所述内管与所述外管之间套接有至少一根中间玻璃管。通过设置中间玻璃管,使得内管与外管之间的辐射换热需要经过各中间玻璃管,因此,能够增加二者辐射换热过程的热阻,从而减小内管通过辐射换热传递至外管的热量,降低外管的温度,进而减小外管与外界的对流换热和辐射换热的热量,最终减小该太阳能真空集热管的热量损失,提高太阳能集热系统的集热效率。



1. 一种太阳能真空集热管,包括相互套接的内管(2)和外管(1),且所述内管(2)与所述外管(1)之间围成真空区域,其特征在于,所述内管(2)与所述外管(1)之间套接有至少一根中间玻璃管(3)。

2. 根据权利要求1所述的真空集热管,其特征在于,所述中间玻璃管(3)为含铁量低的玻璃结构,其对太阳辐射的透过率大于95%,对红外波段的辐射吸收率大于80%。

3. 根据权利要求1所述的太阳能真空集热管,其特征在于,一根所述中间玻璃管(3)通过支撑件固定于所述内管(2)与所述外管(1)之间。

4. 根据权利要求3所述的太阳能真空集热管,其特征在于,所述中间玻璃管(3)、所述内管(2)与所述外管(1)同轴。

5. 根据权利要求4所述的太阳能真空集热管,其特征在于,所述中间玻璃管(3)与所述外管(1)之间设置有8个低导热支撑块(31),且四个为一组均匀分布于所述中间玻璃管(3)沿轴向的两端部,所述低导热支撑块(31)为所述支撑件。

6. 根据权利要求5所述的太阳能真空集热管,其特征在于,所述低导热支撑块(31)与所述中间玻璃管(3)外壁、所述外管(1)内壁抵接,且能够在所述中间玻璃管(3)与所述外管(1)之间移动。

7. 根据权利要求3所述的太阳能真空集热管,其特征在于,所述中间玻璃管(3)将所述真空区域分为第一真空区域(11)和第二真空区域(21),所述中间玻璃管(3)两端与所述内管(2)两端、所述外管(1)两端均具有预定间隙,以使所述第一真空区域(11)与所述第二真空区域(21)相互连通。

8. 根据权利要求1-7中任一项所述的太阳能真空集热管,其特征在于,所述外管(1)两端通过可伐合金(5)与波纹管(4)封接,且所述内管(2)两端分别与所述波纹管(4)连接,所述中间玻璃管(3)两端与对应的所述波纹管(4)具有预定间隙。

9. 根据权利要求8所述的太阳能真空集热管,其特征在于,所述外管(1)为玻璃结构,所述内管(2)为金属结构,且其外表面涂有选择性吸收涂层(22),所述选择性吸收涂层(22)为金属氧化物陶瓷镀膜结构或黑铬涂层。

一种太阳能真空集热管

技术领域

[0001] 本发明涉及太阳能光热利用技术领域,特别涉及一种太阳能真空集热管。

背景技术

[0002] 槽式太阳能集热系统是一种成熟稳定的太阳能热利用装置,广泛应用于太阳能光热发电、物料干燥、海水淡化等技术领域。传统的槽式太阳能集热管主要结构包括外玻璃管、金属内管和端部的封头,其中,传热介质位于金属内管内。太阳辐射能在该槽式太阳能集热管中被收集的过程为:太阳光线首先透过外玻璃管到达金属内管,金属内管吸收太阳辐射能后温度升高,然后通过对流换热作用将能量传递给管内的传热介质,从而实现传热介质的加热。工作状态下金属内管的温度可达到450℃以上。

[0003] 上述太阳能真空集热管中,为了减小外玻璃管与金属内管之间的热量损失,通常将二者之间的空间作真空处理,以减小二者之间通过空气造成的对流换热损失。

[0004] 但是,通常情况下,工作状态下的金属内管的温度远高于外玻璃管温度,因此,虽然在金属内管与玻璃外管之间的对流换热作用微弱,但是存在较强的辐射换热,因此,该太阳能真空集热管仍然具有较高的热量损失,导致槽式太阳能集热系统换热效率较低。

[0005] 鉴于上述太阳能真空集热管存在的缺陷,亟待提供一种能够有效降低金属内管与玻璃外管之间辐射换热作用,从而降低其换热损失的太阳能真空集热管。

发明内容

[0006] 为解决上述技术问题,本发明的目的为提供一种太阳能真空集热管,包括相互套接的内管和外管,且所述内管与所述外管之间围成真空区域,所述内管与所述外管之间套接有至少一根中间玻璃管。

[0007] 由于上述内管、各中间玻璃管与外管之间均为真空区域,因此,三者之间对流换热十分微弱,因而该太阳能真空集热管的辐射换热过程为:内管首先通过辐射换热作用将热量传递至各中间玻璃管,中间玻璃管温度升高后通过辐射换热作用将热量传递至外管。

[0008] 本发明中,通过设置中间玻璃管,使得内管与外管之间的辐射换热需要经过各中间玻璃管,因此,能够增加二者辐射换热过程的热阻,从而减小内管通过辐射换热传递至外管的热量,降低外管的温度,进而减小外管与外界的对流换热和辐射换热的热量,最终减小该太阳能真空集热管的热量损失,提高槽式太阳能集热系统的集热效率。

[0009] 可选地,所述中间玻璃管为含少量铁的玻璃结构,其对太阳辐射的透过率大于95%,对红外波段的辐射吸收率大于80%。

[0010] 可选地,一根所述中间玻璃管通过支撑件固定于所述内管与所述外管之间。

[0011] 可选地,所述中间玻璃管、所述内管与所述外管同轴。

[0012] 可选地,所述中间玻璃管与所述外管之间设置有8个低导热支撑块,且四个为一组均匀分布于所述中间玻璃管沿轴向的两端部,所述低导热支撑块为所述支撑件;

[0013] 可选地,所述低导热支撑块与所述中间玻璃管外壁、所述外管内壁抵接,且能够在

所述中间玻璃管与所述外管之间移动。

[0014] 可选地,所述中间玻璃管将所述真空区域分为第一真空区域和第二真空区域,所述中间玻璃管两端与所述内管两端、所述外管两端均具有预定间隙,以使所述第一真空区域与所述第二真空区域相互连通。

[0015] 可选地,所述外管两端通过可伐合金与波纹管封接,且所述内管两端分别与所述波纹管连接,所述中间玻璃管两端与对应的所述波纹管具有预定间隙。

[0016] 可选地,所述外管为玻璃结构,所述内管为金属结构,且其外表面涂有选择性吸收涂层,所述选择性吸收涂层为金属氧化物陶瓷镀膜结构或黑铬涂层。

附图说明

[0017] 图1为本发明所提供太阳能真空集热管的剖视图;

[0018] 图2为图1的另一视角的结构示意图;

[0019] 图3为图1所示的太阳能真空集热管的热量损失减小系数与内管外壁面温度的关系图。

[0020] 图1-2中:

[0021] 1外管、11第一真空区域;

[0022] 2内管、21第二真空区域、22选择性吸收涂层;

[0023] 3中间玻璃管、31低导热支撑块;

[0024] 4波纹管、5可伐合金。

具体实施方式

[0025] 为了使本领域的技术人员更好地理解本发明的技术方案,下面结合附图和具体实施例对本发明作进一步的详细说明。

[0026] 请参考附图1-2,其中,图1为本发明所提供太阳能真空集热管的剖视图;图2为图1的另一视角的结构示意图。

[0027] 在一种具体实施例中,本发明提供一种太阳能真空集热管,如图1和2所示,该太阳能真空集热管包括相互套接的内管2和外管1,且该内管2与外管1围成真空区域,如背景技术所述,内管2与外管1之间为真空,从而使得二者之间的对流换热作用十分微弱。

[0028] 另外,如图1和图2所示,该太阳能真空集热管的内管2与外管1之间还套接有至少一根中间玻璃管3。

[0029] 由于上述内管2、各中间玻璃管3与外管1之间均为真空区域,因此,三者之间的对流换热作用十分微弱,该太阳能真空集热管的辐射换热过程为:内管2首先通过辐射换热作用将热量传递至各中间玻璃管3,中间玻璃管3温度升高后通过辐射换热作用将热量传递至外管1。

[0030] 本实施例中,通过设置中间玻璃管3,使得内管2与外管1之间的辐射换热需要经过各中间玻璃管3,因此,能够增加二者辐射换热过程的热阻,从而减小内管2通过辐射换热传递至外管1的热量,降低外管1的温度,进而减小外管1与外界的对流换热和辐射换热的热量,最终减小该太阳能真空集热管的热量损失,提高槽式太阳能集热系统的集热效率。

[0031] 具体地,该中间玻璃管3为含铁量低的玻璃结构,其对太阳辐射的透过率大于

95%，对红外波段辐射的吸收率大于80%。

[0032] 如此设置，由于该中间玻璃管3对太阳辐射的透过率高达95%以上，因此，有利于太阳能辐射作用于内管2，以提高内管2的温度，进而提高该太阳能真空集热管的集热效率。同时，该中间玻璃管3对红外波段辐射具有较强的吸收能力，因此，直射红外波段辐射和经聚焦反射的红外波段辐射照射到该中间玻璃管3后，能够升高中间玻璃管3的温度，从而降低中间玻璃管3与内管2之间的温差，进而降低二者之间的辐射换热热量，能够间接减少该太阳能真空集热管的热量损失。

[0033] 当然，上述中间玻璃管3对太阳辐射的透过率和对红外波段辐射的吸收率并不仅限于此，也可根据实际工况设置，此处不作限定。

[0034] 进一步地，一根中间玻璃管3通过支撑件固定于内管2与外管3之间。

[0035] 可以理解，为了增大内管2与外管1之间的热阻，可在二者之间设置多根中间玻璃管3，但是，由于中间玻璃管3需要通过支撑件固定，而该支撑件的设置必然导致一部分热量因导热而从内管1转移到中间玻璃管3，同时，中间玻璃管3对太阳辐射有一定的吸收作用，因此，必然减小内管2对太阳辐射的吸收量。

[0036] 综上，设置中间玻璃管3在一定程度上损失内管1的热量，因此，综合考虑降低热阻和降低内管1热量损失两方面的因素，本实施例中在内管2与外管1之间套接有一根中间玻璃管3，此时，能够减小由内管2传递至外管1的热量损失，从而有效提高太阳能真空集热管的集热效率。

[0037] 进一步地，如图1和图2所示，中间玻璃管3、内管2与外管1三者同轴设置。

[0038] 可以理解，当三者同轴设置时，该太阳能真空集热管的安装、拆卸及维修更加容易实现，更重要的是，三者同轴时，中间玻璃管3各处与内管2和外管1的距离相同，使得中间玻璃管3各处温度分布更为均匀，避免中间玻璃管3由于各处温度不同而造成的破损。同时，三者同轴时，该中间玻璃管3与内管2和外管1的辐射换热均匀，该太阳能真空集热管的辐射换热损失最小。

[0039] 具体地，中间玻璃管3与外管1之间和/或中间玻璃管3与内管2之间设置有若干低导热支撑块31，且该低导热支撑块31即为上述支撑件。本实施例包括以下三种方案：(1) 中间玻璃管3与外管1之间设置有若干低导热支撑块31；(2) 中间玻璃管3与内管2之间设置有若干低导热支撑块31；(3) 中间玻璃管3与内管2之间、中间玻璃管3与外管1之间均设置有若干低导热支撑块31。同时，上述低导热支撑块31能够将中间玻璃管3固定于内管2与外管1之间的真空区域内。

[0040] 因此，低导热支撑块31为中间玻璃管3的固定装置，且各低导热支撑块31具有耐高温和导热系数低的特点，因此，能够适应太阳能真空集热管的高温环境，同时，中间玻璃管3与内管2和/或外管1通过该低导热支撑块31的导热热量也较小，从而能够最大限度地减小由于设置低导热支撑块31而造成的导热损失增加。

[0041] 具体地，如图1和图2所示的实施例中，中间玻璃管3与外管1之间设置有8个低导热支撑块31，四个为一组位于中间玻璃管3的两端，且四个低导热支撑块31之间的夹角为 90° ，即四个低导热支撑块31均匀分布于中间玻璃管3与外管1之间的环形空间内。同时，各低导热支撑块31与外管1、中间玻璃管3的接触面积小于 1cm^2 。

[0042] 本实施例中，仅通过8个低导热支撑块31即可实现中间玻璃管3的有效定位，且当

低导热支撑块31位于中间玻璃管3与外管1之间时,相较于位于中间玻璃管3与内管2之间,能够避免内管2与低导热支撑块31因温差大而引起的导热损失增加。

[0043] 当然,上述各低导热支撑块31与外管1、中间玻璃管3的接触面积并不是必须小于 1cm^2 ,也可为其它数值,接触面积越小,三者之间因接触产生的导热量越小,从而能够减小换热损失。

[0044] 进一步地,各低导热支撑块31的两端分别与中间玻璃管3外壁和外管1内壁抵接,从而起到定位中间玻璃管3的作用,同时,各低导热支撑块31还能够在中间玻璃管3与外管1之间移动。

[0045] 如此设置,低导热支撑块31仅用于支撑定位中间玻璃管3与外管1,而不需要与外管1固定连接,因此,当中间玻璃管3因温度差异而引起膨胀变形时,该低导热支撑块31能够提供其横向膨胀的空间,从而避免中间玻璃管3膨胀过程中损坏,同时,还具有加工、安装和使用方便、成本低廉的优点。

[0046] 同时,如图1和图2所示,中间玻璃管3将上述真空区域分为第一真空区域11和第二真空区域21,且中间玻璃管3两端与内管2两端、外管1两端均具有预定间隙,以使第一真空区域11与第二真空区域21相互连通。

[0047] 如此设置,当第一真空区域11与第二真空区域21相互连通时,中间玻璃管3仅通过低导热支撑块31支撑定位,其两端不需另外固定,因此具有加工方便的优点。

[0048] 以上各实施例中,如图1和图2所示,外管1两端通过可伐合金5与波纹管4封接,且内管2两端与波纹管4连接,中间玻璃管3两端与波纹管4具有预定间隙,即与波纹管4无接触。

[0049] 当采用波纹管4封接外管1与内管2时,能够降低二者因温度不同产生膨胀差异而导致的破损的风险,同时,中间玻璃管3与波纹管4无接触能够避免二者因接触换热而造成的换热损失,且该预定间隙提供中间玻璃管3沿轴向受热膨胀的空间。

[0050] 具体地,上述各实施例中,外管1为玻璃结构,内管2为金属结构,换热介质位于金属结构的内管2内,且内管2外表面涂有选择性吸收涂层22,该选择性吸收涂层22为金属氧化物陶瓷镀膜结构或黑铬涂层。

[0051] 可以理解,该选择性吸收涂层22对太阳辐射的吸收率较高,同时,自身红外辐射的发射率较低,从而进一步提高该内管2的集热效果。

[0052] 请继续参考附图3,图3为图1所示的太阳能真空集热管的热量损失减小系数与内管外壁面温度的关系图。

[0053] 为定量说明本发明对减小该太阳能真空集热管工作过程中热量损失的有益效果,采用相同外部条件下将本发明的热量损失与传统集热管的热量损失进行对比的方式来说明本发明减小热量损失的效果:

[0054]
$$f = \frac{Q_{\text{loss1}} - Q_{\text{loss2}}}{Q_{\text{loss1}}}$$

[0055] 上式中,分子为未设置中间玻璃管3的传统集热管的热量损失(Q_{loss1})与本发明太阳能真空集热管的热量损失(Q_{loss2})的差值。当分子大于0时,说明本发明的热量损失小于未设置中间玻璃管3的传统集热管的热量损失,比值(f)的大小反映了热量损失的减小程度,(f)越接近1则说明本发明减小热量损失的效果越好。

[0056] 参见图3,采用数值模拟的方法,分析了内管2外壁温度与本发明热量损失减小量的关系。图中横坐标为内管2外壁的温度,纵坐标为本发明热量损失减少量与未设置中间玻璃管3的传统集热管热量损失(Q_{loss2})的比值(f)。数值模拟中,取环境温度为300K,天空温度为292K;外管1与环境的对流换热系数为 $6.8\text{W}/\text{m}^2 \cdot \text{K}$;太阳辐射强度为 $800\text{W}/\text{m}^2$;中间玻璃管3与外管1均采用铁含量低的玻璃,发射率为0.89,对太阳能辐射的透过率和吸收率分别为95%和2%;内管2外壁的选择性吸收涂层22的发射率(ϵ)为温度(T)的函数:

$$[0057] \quad \epsilon = 10.9 \times 10^{-2} - 2.98 \times 10^{-2} \times T + 6.4 \times 10^{-7} \times T^2$$

[0058] 如图3所示,当内管2温度为400K~800K时,本发明的 f 值为7%~18.25%,因此,本发明与未设置中间玻璃管3的传统集热管相比,能够有效减小热量损失,提高集热效率。

[0059] 以上对本发明所提供的一种太阳能真空集热管进行了详细介绍。本文中应用了具体个例对本发明的原理及实施方式进行了阐述,以上实施例的说明只是用于帮助理解本发明的方法及其核心思想。应当指出,对于本技术领域的普通技术人员来说,在不脱离本发明原理的前提下,还可以对本发明进行若干改进和修饰,这些改进和修饰也落入本发明权利要求的保护范围内。

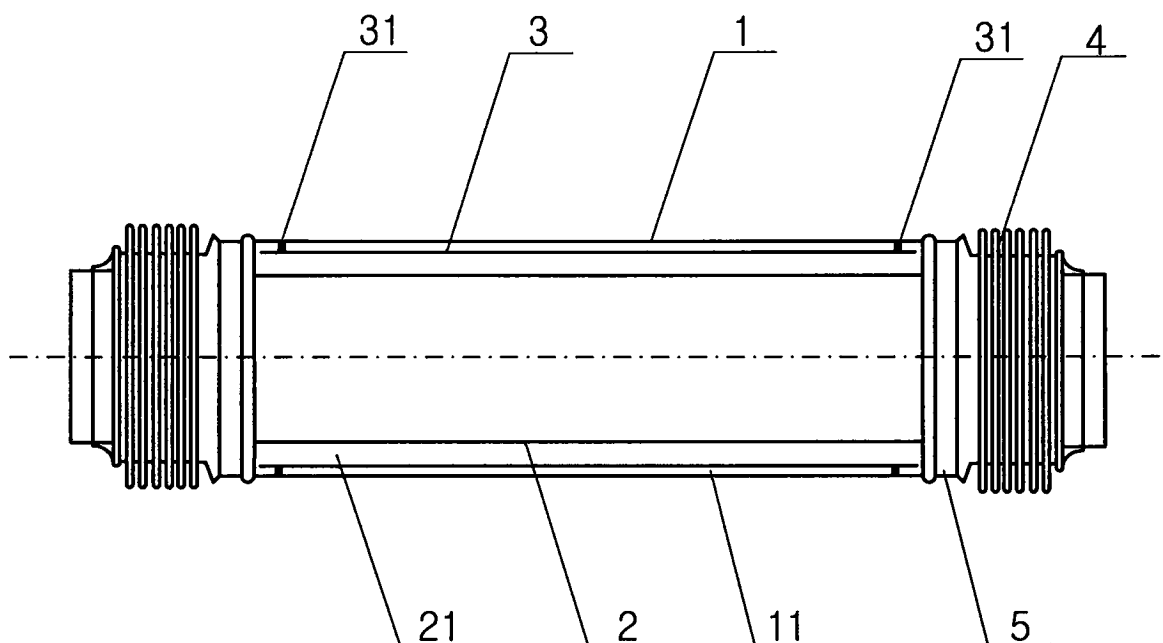


图1

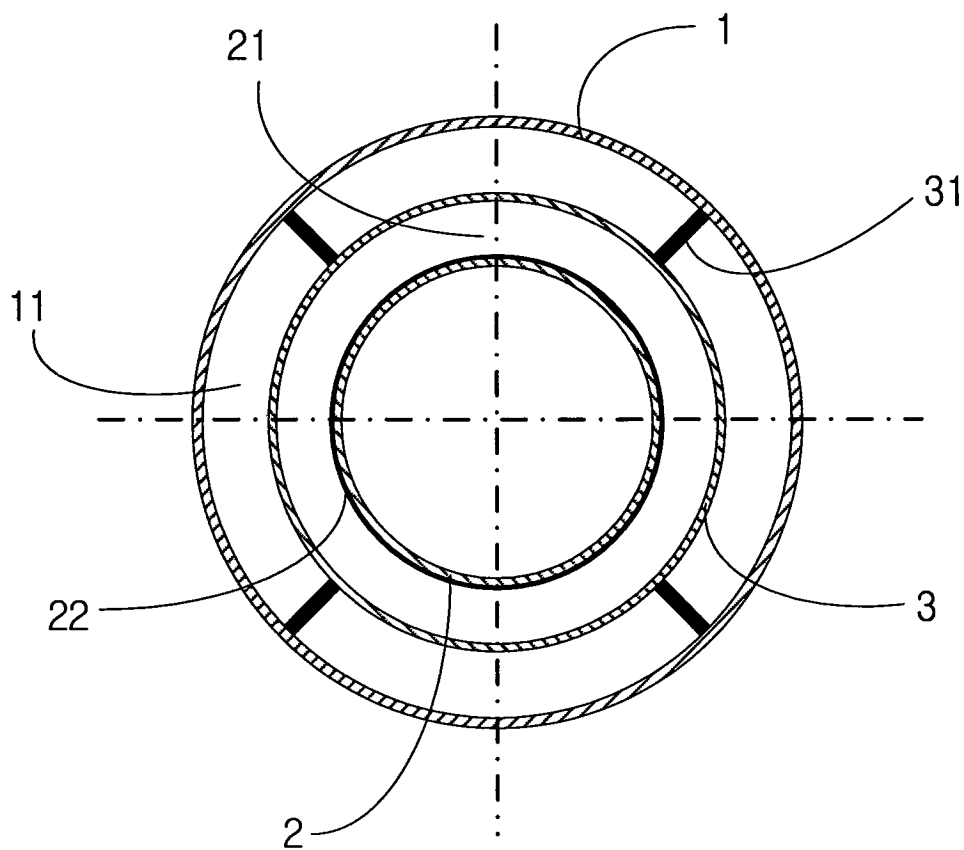


图2

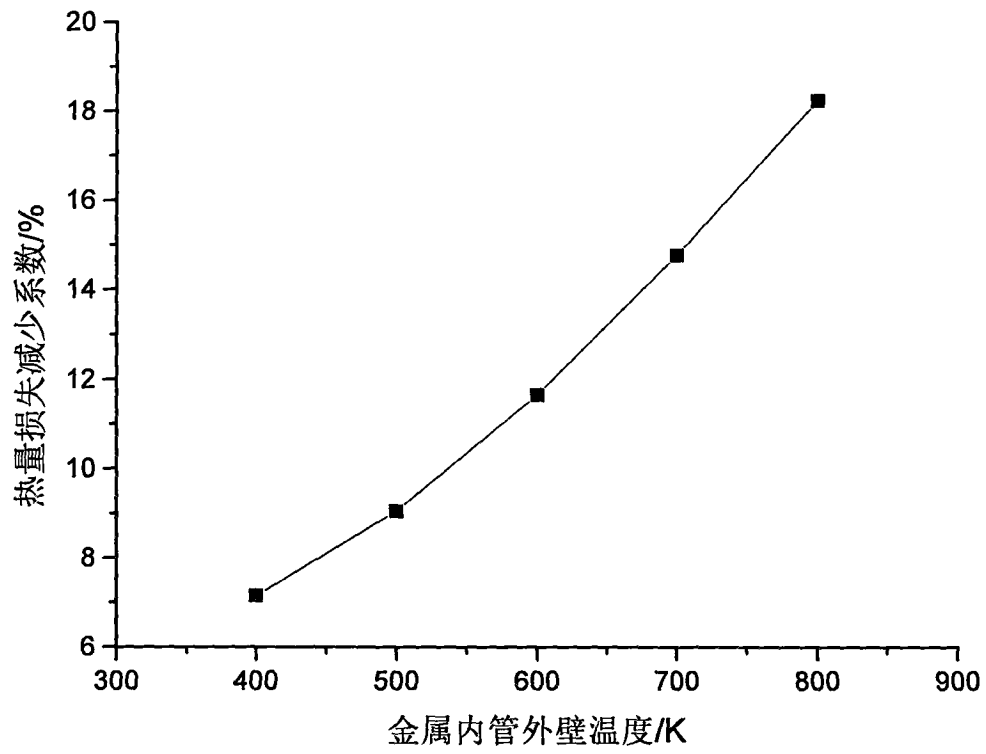


图3