



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 103192536 A

(43) 申请公布日 2013. 07. 10

(21) 申请号 201310098120. 5

(22) 申请日 2013. 03. 26

(71) 申请人 南京航空航天大学

地址 210018 江苏省南京市御道街 29 号

(72) 发明人 袁铁军 周来水 谭昌柏

(74) 专利代理机构 南京经纬专利商标代理有限公司 32200

代理人 张惠忠

(51) Int. Cl.

B29C 70/44 (2006. 01)

B29C 70/54 (2006. 01)

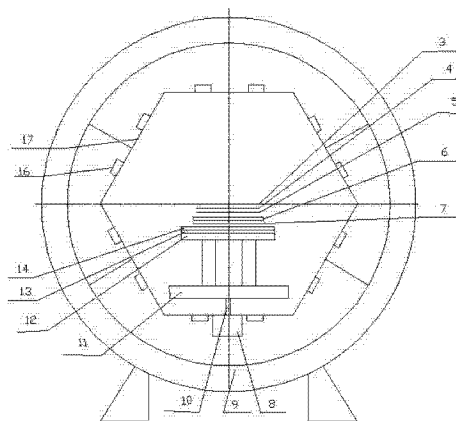
权利要求书1页 说明书4页 附图2页

(54) 发明名称

纤维增强树脂基复合材料的微波高压间歇固化法及模具

(57) 摘要

本发明涉及纤维增强复合材料构件的加工方法及相配套的模具, 本发明应用于加工大厚度或大型纤维增强复合材料构件。该方法在高压惰性气体环境下采用功率线形可调的微波磁控管以间歇、多个升温速率方式加热固化放在处于运动状态的轻质模具上的复合材料预制件, 提高了构件的质量和性能。本发明可以成型高性能、尺寸稳定性好、几何精度高的纤维增强树脂基复合材料构件, 与传统的热压罐固化复合材料构件工艺相比缩短了时间, 减少了能量消耗。



1. 一种纤维增强树脂基复合材料的微波高压间歇固化法,所述的制作方法如下:

1)、准备材料,在模具上分别涂抹脱模剂(7),在复合材料(6)上方覆盖脱模布(5),在脱模布(5)上方覆盖隔离膜(4),隔离膜的上方覆盖均压板(3),均压板(3)的上方覆盖透气毡(2);

2)、用真空袋(1)覆盖整个复合材料构件(6)、脱模剂(7)、脱模布(5)、隔离膜(4)、均压板(3)与透气毡(2);使用密封带(15)将真空袋(1)固定在模具上;在真空袋(1)上安装真空阀门,并抽真空进行预压实;

3)、移除真空袋(1)、透气毡(2)与密封带(15),然后将前述复合材料构件(6)及模具送入正多边形谐振腔的工作台(11)上;往正多边形谐振腔(17)内通入高压惰性气体;

4)启动微波设备进行加热,保证固化的均匀性;

5)加热完成后,打开泄压阀释放罐体内压力,将模具及复合材料构件(6)移出罐体(9)外冷却,制备完成;

其特征在于:所述的步骤2)中进行多次抽真空预压实,每铺2-3层复合材料构件(6)预压实一次,预压实时间为3-5min;

所述步骤3)中正多边形谐振腔(17)内的气压大于等于1.5MPa;

所述步骤4)中启动微波设备进行加热,通过传感器及控制系统保证磁控管按照设定的温度时间曲线间歇地工作,温度时间曲线包括在升温加热阶段至少采用两种不同升温速率进行加热,初始阶段以较高的速率进行加热,再第二阶段以较低的升温速率加热;

所述步骤4)中微波设备进行加热进行加热时,模具在正多边形谐振腔(17)相应运动;

所述步骤5)中复合材料构件(6)采用材料构件上下同时冷却方式进行冷却。

2. 权利要求1的用于制造纤维增强树脂基复合材料的模具,其特征在于:所述的模具包括底层模具(12),中层模具(13),上层模具(14),底层模具(12)内布置上层模具(14),底层模具(12)与上层模具(14)内活动布置中层模具(13)。

3. 根据权利要求2所述的用于制造纤维增强树脂基复合材料的模具,其特征在于:上层模具(14)由高透波高导热性低膨胀系数的轻质材料制成,中层模具(13)由吸收微波发热的轻质材料制成;底层模具(12)由泡沫或中空结构的高透波、高绝热性、高比强轻质材料制成。

4. 根据权利要求2所述的用于制造纤维增强树脂基复合材料的模具,其特征在于:上层模具(14)的高透波高导热性低膨胀系数的轻质材料是氧化铍陶瓷或氮化铝陶瓷或纤维增强氧化铍陶瓷或纤维增强氮化铝陶瓷。

5. 根据权利要求2所述的用于制造纤维增强树脂基复合材料的模具,其特征在于:中层模具(13)的吸收微波发热的轻质材料是短切石墨纤维毡或短切石墨纤维增强氮化铝陶瓷或纤维增强碳化硅陶瓷。

6. 根据权利要求2所述的用于制造纤维增强树脂基复合材料的模具,其特征在于:底层模具(12)的泡沫或中空结构的轻质材料是泡沫玻璃或泡沫陶瓷或泡沫塑料或三维中空纤维增强复合材料。

纤维增强树脂基复合材料的微波高压间歇固化法及模具

技术领域

[0001] 本发明涉及纤维增强复合材料构件的加工方法及相配套的模具，本发明应用于加工大厚度或大型纤维增强复合材料构件。

背景技术

[0002] 纤维增强树脂基复合材料具有比强度高、比模量高、导热、隔热、隔音、减振、耐高(低)温耐疲劳性能和尺寸稳定性好等一系列优点。复合材料构件朝着集成化、整体化、大型化的方向发展,通过采用集成化的整体机身构件结构,显著减少了零件数目和飞机重量,且使生产方式更简单、产品更可靠。随着复合材料应用部位由次承力结构向主承力结构发展,大厚度构件也越来越多。热压罐成型是航空航天复合材料构件传统的制造工艺,它有产品重复性好、纤维体积含量高、孔隙率低或无孔隙、力学性能可靠等优点。但常规的热压罐工艺只适合厚度均匀且较薄的复合材料构件。常规的热压罐工艺加工大厚度复合材料构件(厚度大于 2cm)固化时复合材料构件内部可能产生大量的固化热量,导致热失控、树脂恶化等问题,也可能因存在大的温度梯度产生内外固化不均匀、固化不完全、固化变形大的问题。

[0003] 微波加热从复合材料构件内外同时加热使得复合材料构件有可能均匀固化,但现有微波固化工艺存在不少缺陷:1)主要是以连续加热的方式来加热,微波加热的快速、对材料的选择性特点及谐振腔内场强不均匀的特点容易造成构件内部局部温度失控从而无法保证复合材料构件固化的均匀性;2)现有微波固化工艺要么是在常压、要么是在较低的压力环境下,不能保证最终复合材料构件的密实度和强度;3)现有微波固化用模具要么是导热不好导致构件与模具接触表面温度不均匀,要么热膨胀系数大无法保证复合材料构件尺寸和形状精度,要么是模具很重不方便运输安装且价格很昂贵无法适应固化大型复合材料构件的要求。4)现有微波固化用模具一副模具往往要么适合容易吸收微波且容易让微波穿透的复合材料要么适合对微波不敏感的微波不能较好穿透进去的复合材料,不能同时满足这两种复合材料的固化需求。

发明内容

[0004] 本发明针对上述不足提供了一种用于制造复合材料构件的方法及模具。

[0005] 本发明采用如下技术方案:

1、一种纤维增强树脂基复合材料的微波高压间歇固化法,所述的制作方法如下:

1)、准备材料,在模具上分别涂抹脱模剂,在复合材料上方覆盖脱模布,在脱模布上方覆盖隔离膜,隔离膜的上方覆盖均压板,均压板的上方覆盖透气毡;

2)、用真空袋覆盖整个复合材料构件、脱模剂、脱模布、隔离膜、均压板与透气毡;使用密封带将真空袋固定在模具上;在真空袋上安装真空阀门,并抽真空进行预压实;

3)、移除真空袋、透气毡与密封带,然后将前述复合材料构件及模具送入正多边形谐振腔的工作台上;往正多边形谐振腔内通入惰性气体;

4) 启动微波设备进行加热, 保证固化的均匀性;

5) 加热完成后, 打开泄压阀释放罐体内压力, 将模具及复合材料构件移出罐体外冷却, 制备完成;

所述的步骤 2) 中进行多次抽真空预压实, 每铺 2-3 层复合材料构件预压实一次, 预压实时间为 3-5min;

所述步骤 3) 中正多边形谐振腔内的气压大于等于 1.5MPa;

所述步骤 4) 中启动微波设备进行加热, 通过传感器及控制系统保证磁控管按照设定的温度时间曲线间歇地工作, 温度时间曲线包括在升温加热阶段至少采用两种不同升温速率进行加热, 初始阶段以较高的速率进行加热, 再第二阶段以较低的升温速率加热;

所述步骤 4) 中微波设备进行加热进行加热时, 模具在正多边形谐振腔进行相应运动; 比如边旋转边上升下降等, 目的都是一个保证构件内部吸收的微波能量比较均匀从而保证构件的内部温度尽量均匀。

[0006] 所述步骤 5) 中复合材料构件(6) 采用材料构件上下同时冷却方式进行冷却。

[0007] 本发明所述用于制造纤维增强树脂基复合材料的模具, 所述的模具包括底层模具, 中层模具, 上层模具, 底层模具内布置上层模具, 底层模具与上层模具内活动布置中层模具。

[0008] 本发明所述的用于制造纤维增强树脂基复合材料的模具, 上层模具由高透波高导热性低膨胀系数的轻质材料制成, 中层模具由吸收微波发热的轻质材料制成; 底层模具由泡沫或中空结构的高透波、高绝热性、高比强轻质材料制成。

[0009] 本发明所述的用于制造纤维增强树脂基复合材料的模具, 上层模具的高透波高导热性低膨胀系数的轻质材料是氧化铍陶瓷或氮化铝陶瓷或纤维增强氧化铍陶瓷或纤维增强氮化铝陶瓷。

[0010] 本发明所述的用于制造纤维增强树脂基复合材料的模具, 中层模具的吸收微波发热的轻质材料是短切石墨纤维毡或短切石墨纤维增强氮化铝陶瓷或纤维增强碳化硅陶瓷。

[0011] 本发明所述的用于制造纤维增强树脂基复合材料的模具, 底层模具的泡沫或中空结构的轻质材料是泡沫玻璃或泡沫陶瓷或泡沫塑料或三维中空纤维增强复合材料。

[0012] 有益效果

本发明提供微波高压间歇固化纤维增强树脂基复合材料构件的方法及模具; 该方法在高压惰性气体环境下采用功率线形可调的微波磁控管以间歇、多个升温速率方式加热固化放在处于运动状态的轻质模具上的复合材料预制件, 提高了构件的质量和性能。

[0013] 本发明可以成型高性能、尺寸稳定性好、几何精度高的纤维增强树脂基复合材料构件, 与传统的热压罐固化复合材料构件工艺相比缩短了时间, 减少了能量消耗。

[0014] 本发明采用了轻质材料制作的模具, 方便了大型复合材料构件的固化, 降低在固化过程中模具安装和运输的难度, 降低了模具的制造成本。该发明采用三层不同材料结构的模具, 提高了微波能量利用的有效性, 减少能量损失, 减少模具与复合材料构件接触面的温度梯度, 减少了构件的几何变形和残余应力, 解决了大厚度复合材料构件以传统方式固化时遇到的问题, 中间层的可抽拔特点方便生产者根据生产需要进行组合, 使得模具不仅可以高质量固化不容易直接与微波作用产生热量的复合材料构件, 也适用于添加了易于吸收微波能量的添加剂(碳黑, 短切碳纤维等)的纤维增强复合材料构件的加工, 增加了

模具的通用性。

[0015] 本发明的模具结构使得复合材料构件的上下可以同时冷却，改善了冷却效果，从而提高了复合材料构件的质量。

[0016] 本发明同时采用正多边形截面、保持复合材料构件运动、磁控管间歇加热、多种升温速率、高导热性模具表面层材料这五种措施来协同控制复合材料构件内部的温度均匀性，保证构件的均匀固化。

[0017] 本发明采用高压，保持了热压罐固化复合材料构件所具有的高密实性和高力学性能，解决了常压环境下微波固化复合材料构件容易产生大量气孔而影响力学性能的问题。

附图说明

[0018] 图 1 是本发明的正多边形谐振腔结构示意图；

图 2 是本发明的本发明模具在固化设备外进行真空辅助预压实的示意图

图 3 是本发明另一种模具预压实示意图；

图 4 是本发明的压力容器结构示意图；

图中 1 是真空袋，2 是透气毡，3 是均压板，4 是隔离膜，5 是脱模布，6 是复合材料构件，7 是脱模剂，8 是电机，9 是罐体，10 是转动支撑轴，11 是工作台，12 是底层模具，13 是中层模具，14 是上层模具，15 是密封带，16 是裂缝天线式波导管，17 是正多边形谐振腔，21 是观察窗，22 是测压装置，23 是测温控制装置，24 是照明装置，25 是安全阀，26 是馈入接口，27 是备用接口。

[0019]

具体实施方式

[0020] 下面结合附图对本发明进一步详细说明：

如图所示：如图 1 图 2 图 3 图 4 所示：纤维增强树脂基复合材料构件的微波高压间歇固化法及模具，涉及到真空袋 1，透气毡 2，均压板 3，隔离膜 4，脱模布 5，复合材料构件 6，脱模剂 7，电机 8，罐体 9，转动支撑轴 10，底层模具 12，中层模具 13，上层模具 14，密封带 15，裂缝天线式波导管 16，正多边形谐振腔 17，观察窗 21，测压装置 22，测温控制装置 23，照明装置 24，安全阀 25，馈入接口 26，备用接口 27。

[0021] 微波加热源能够功率线性可调，频率为符合国家标准的 2.45GHz 或 915MHz，微波的多个磁控管以同一方式同时调节功率，尽可能保证正多边形炉腔内微波场的均匀，炉腔内的微波包括 TEM 波，TE 波，TM 波中的至少一种模式。

[0022] 纤维增强树脂基复合材料构件的微波高压间歇固化方法，步骤如下：

1) 制备材料，纤维增强树脂基复合材料构件，由预浸料层层铺叠而成，可以有多个铺放角度。复合材料的纤维增强体包括常用的碳纤维、玻璃纤维、芳纶纤维、玄武岩纤维等先进高性能纤维以及其它各种可以在纤维增强树脂基复合材料中使用的纤维。

[0023] 结合附图 2 说明复合材料构件在模具上的铺放过程：首先将三层结构的模具装配好并清理干净后，在模具表面涂刷脱模剂 7，脱模剂分三次均匀涂抹在模具表面，每次间隔 20 分钟左右。等待脱模剂完全凝固干燥后，将纤维增强预浸料按照工艺要求逐层铺放在模具表面上。铺放工作完成后，在复合材料表面依次铺设脱模布 5，隔离膜 4，均压板 3，透

气毡 2。

[0024] 2)用真空袋 1 覆盖整个复合材料构件及脱模布 5、隔离膜 4、均压板 3、透气毡 2,使用密封带 15 将真空袋 1 固定在模具 (12, 13, 14) 上。在真空袋上安装真空阀门,并抽真空进行预压实。构件较厚时,需要进行多次抽真空预压实,通常每铺 2-3 层预压实一次,预压实时间为 3-5min;

3) 去掉真空袋 1、透气毡 2、密封带 15,然后将前述复合材料构件 6 及模具 (12, 13, 14) 送入正多边形谐振腔 17 内的可运动的工作台 11,关闭微波设备的门后,向温度检测控制系统输入设定好的温度时间固化曲线,向正多边形炉腔内通入惰性气体,压力保持在 1.5MPa,启动保持工作台以 2r/min 的速度进行适当旋转运动,通过观察窗 21 观察工作台 11 是否正常工作,检查压力仪表是否正常工作;

4) 启动微波磁控管进行工作,通过光纤及红外多种传感器检测复合材料构件的温度,控制磁控管以设定的带有 2 个升温速率组合的温度时间曲线间歇地工作,初始阶段以较高的速率进行加热,再第二阶段以较低的升温速率加热,保证固化的均匀性。

[0025] 5) 微波加热完成后,打开泄压阀 28 释放罐体内压力,取出复合材料构件 6 及模具 (12, 13, 14) 至罐体 9 外面,取出模具的中间层 13,对复合材料构件表面和模具同时吹入冷气或液体进行冷却,制备完成。

[0026] 在具体实施中应保持工作台进行适当运动使得工作台上的模具 (12/13/14) 及复合材料构件 6 也进行相应的运动。

[0027] 在具体实施中模具为三明治结构,包括由透波高导热性低膨胀系数的氧化铍陶瓷制成的最靠近复合材料构件 6 的一层 14;由能吸收微波发热的短切石墨纤维毡制成的模具的中间层 13;由透波、绝热、能承受高压、轻质高强的三维了立体中空玻纤环氧树脂复合材料制成的最底层 12。

[0028] 透波高导热性低膨胀系数的轻质材料是氧化铍陶瓷或氮化铝陶瓷或纤维增强氧化铍陶瓷或纤维增强氮化铝陶瓷。

[0029] 中层模具 13 的吸收微波发热的轻质材料是短切石墨纤维毡或短切石墨纤维增强氮化铝陶瓷或纤维增强碳化硅陶瓷。

[0030] 底层模具 12 的泡沫或中空结构的轻质材料制是泡沫玻璃或泡沫陶瓷或泡沫塑料或三维中空纤维增强复合材料。

[0031] 在具体实施中模具 (12/13/14) 为多层结构,且模具的中间层 13 可取出,便于冷却时连接冷却系统通过气体或液体实现加速均匀冷却。模具的中间层是可抽拔移动的,当复合材料构件本身能够良好地吸收微波进行加热时,就可以抽去中间层,当复合材料构件固化后和模具一起移出谐振腔,需要加速、均匀地冷却复合材料构件时,也可抽去模具的中间层,形成可通过气体或液体冷却介质的通道。

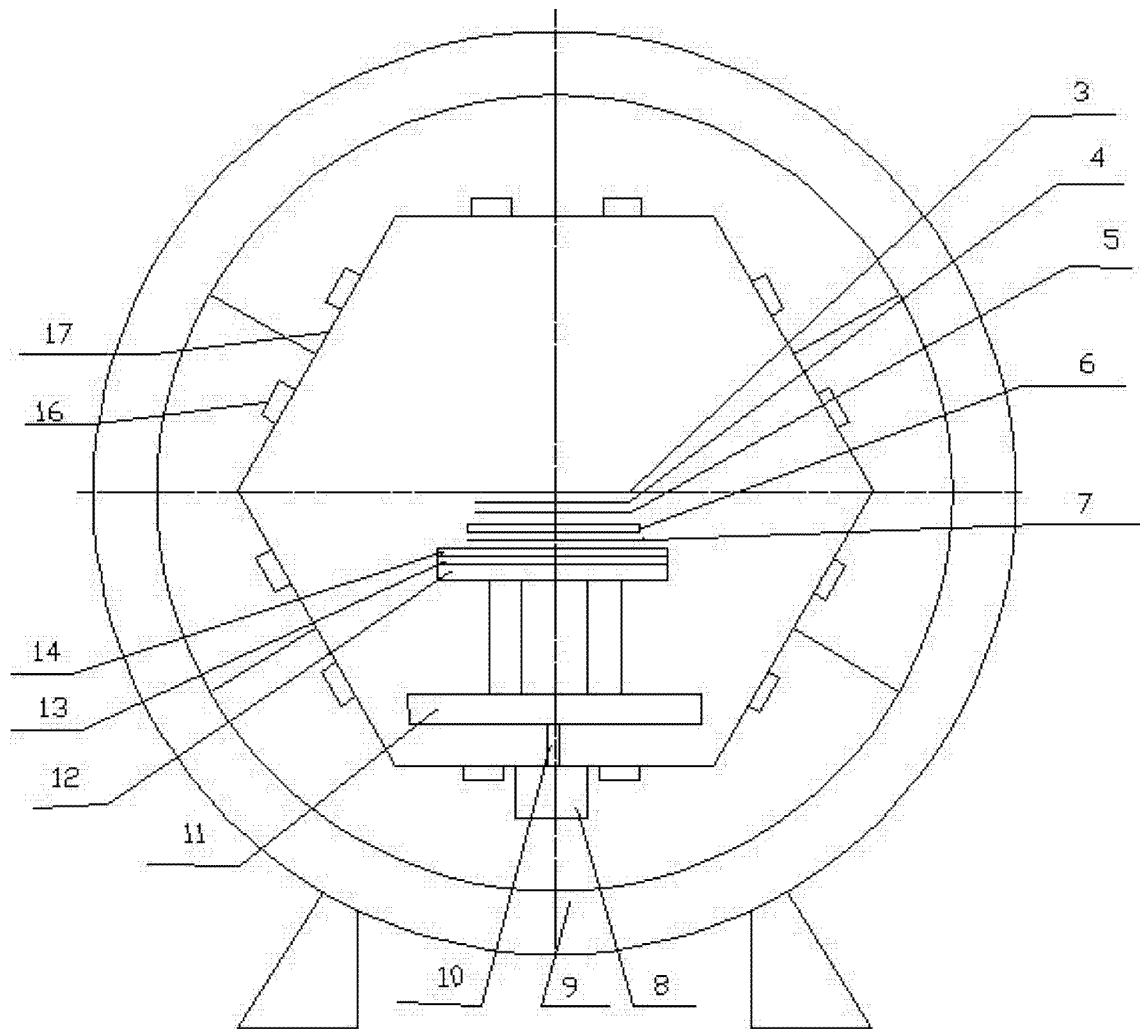


图 1

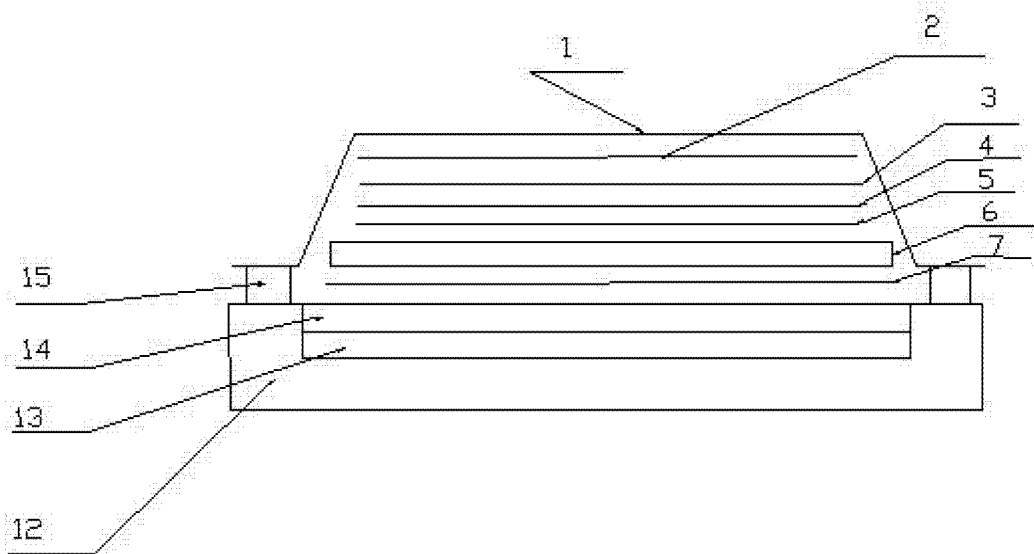


图 2

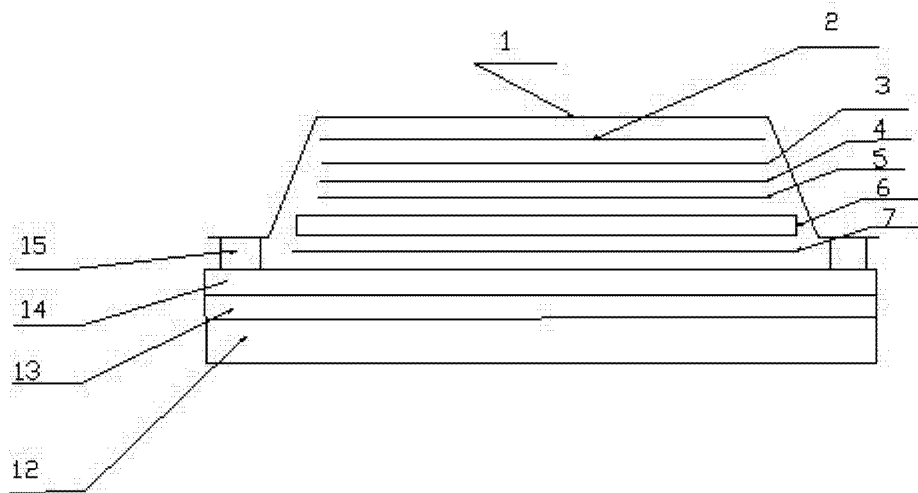


图 3

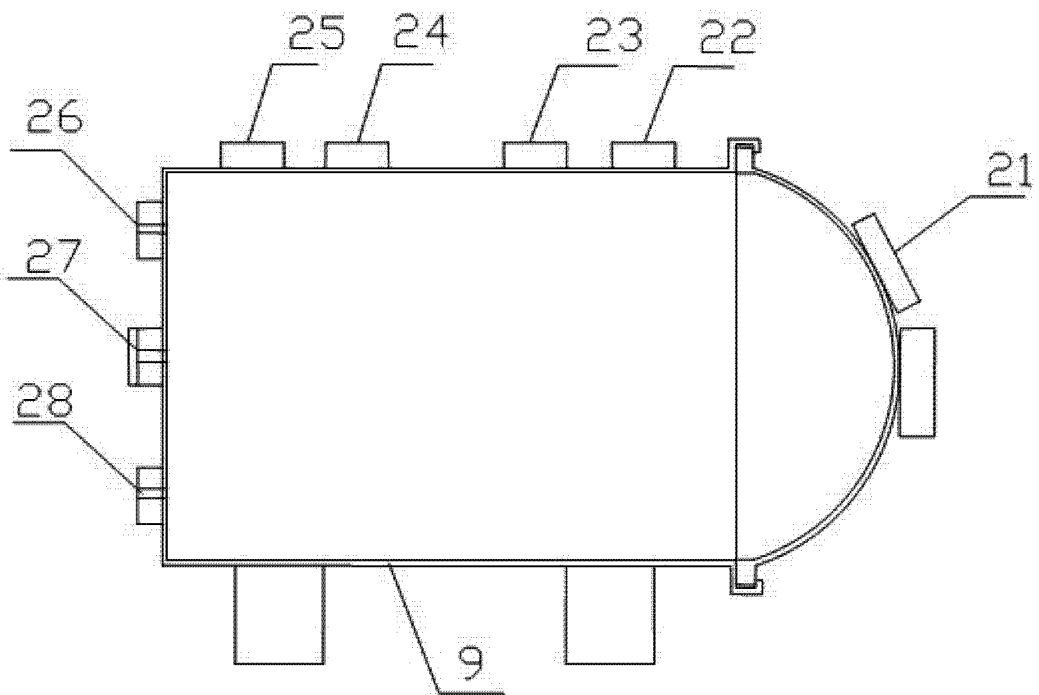


图 4