



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 103871807 B

(45) 授权公告日 2015. 07. 01

(21) 申请号 201210526109. X

US 6459757 B1, 2002. 10. 01, 全文 .

(22) 申请日 2012. 12. 07

DE 10064341 C2, 2003. 02. 20, 全文 .

US 4911232 A, 1990. 03. 27, 全文 .

(73) 专利权人 上海联影医疗科技有限公司

地址 201815 上海市嘉定区嘉定工业区兴贤路 1180 号 8 幢

审查员 徐颖

(72) 发明人 肖海峰 章健 李冬松

(51) Int. Cl.

H01J 35/08(2006. 01)

H01J 35/24(2006. 01)

H01J 9/02(2006. 01)

(56) 对比文件

US 3795832 A, 1974. 03. 05, 说明书第 7 栏, 图 9.

US 3959685 A, 1976. 05. 25, 说明书第 5 栏, 图 2.

US 6419389 B1, 2002. 07. 16, 全文 .

US 6619841 B2, 2003. 09. 16, 全文 .

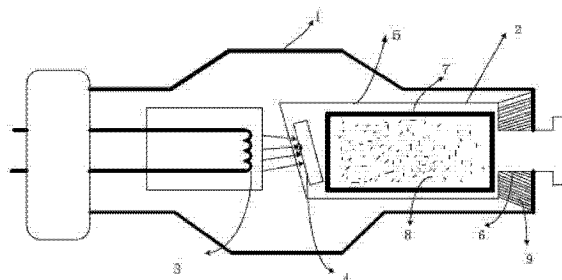
权利要求书1页 说明书5页 附图2页

(54) 发明名称

一种 X 射线管及其制备方法

(57) 摘要

本发明提供一种 X 射线管, 所述真空管内设有阳极和阴极, 所述阳极包括阳极靶、铜体和阳极轴承柱, 其中, 所述铜体的空腔内填充相变材料。本发明还提供了一种 X 射线管的制备方法, 包括如下步骤 :a) 将碳纳米管与无机盐搅拌混料后得到混合物 ;b) 将干燥后的混合物放入模具中, 经预压排气、模压成型, 得到熔融盐 / 碳纳米管复合相变材料 ;c) 将所述复合相变材料填充于所述铜体的空腔内, 得到所述 X 射线管。本发明利用相变材料在相变过程中吸收潜热, 保持恒定温度的特性, 有效地吸收短时间内阳极靶上产生的大量热量, 提高 X 射线管的使用寿命。



1. 一种 X 射线管,包括真空管,所述真空管内设有阳极和阴极,所述阳极包括阳极靶、铜体和阳极轴承柱,其特征在于,所述铜体的空腔内填充熔融盐 / 碳纳米管复合相变材料,所述熔融盐 / 碳纳米管复合相变材料的相变温度为 $200 \sim 1000^{\circ}\text{C}$,比热容为 $1.5 \sim 3\text{J/g}\cdot\text{K}$,相变潜热为 $450 \sim 1000\text{J/g}$ 。

2. 如权利要求 1 所述的 X 射线管,其特征在于,所述铜体的内表面覆有一层石墨层,所述石墨层的厚度为 $0.5 \sim 2$ 毫米。

3. 如权利要求 1 所述的 X 射线管,其特征在于,所述阳极轴承柱和阳极一侧的真空管内表面之间填充有导热材料。

4. 如权利要求 3 所述的 X 射线管,其特征在于,所述导热材料为石墨、碳纳米管或碳化硅。

5. 一种如权利要求 1 所述的 X 射线管的制备方法,其特征在于,包括如下制备步骤:

a) 将预处理的碳纳米管与无机盐搅拌混料后得到混合物,于干燥箱中将所述混合物进行低温干燥;

b) 将干燥后的混合物放入模具中,经预压排气、模压成型,得到所述熔融盐 / 碳纳米管复合相变材料;

c) 将所述熔融盐 / 碳纳米管复合相变材料填充于所述铜体的空腔内。

6. 如权利要求 5 所述的 X 射线管的制备方法,其特征在于,所述步骤 a) 中,所述碳纳米管占所述混合物的质量比为小于或等于 1% ,所述碳纳米管为长度为 $0.5 \sim 2.0\ \mu\text{m}$ 的碳纳米管。

7. 如权利要求 5 所述的 X 射线管的制备方法,其特征在于,所述步骤 a) 中,所述低温干燥的温度为 $50 \sim 80^{\circ}\text{C}$,干燥时间为 $4 \sim 8\text{h}$ 。

8. 如权利要求 5 所述的 X 射线管的制备方法,其特征在于,所述步骤 b) 中,所述预压排气的压强为 $5 \sim 15\text{MPa}$,所述模压成型的压强为 $25 \sim 35\text{MPa}$,模压温度为 $60 \sim 100^{\circ}\text{C}$ 。

9. 如权利要求 5 所述的 X 射线管的制备方法,其特征在于,所述步骤 c) 中,所述熔融盐 / 碳纳米管复合相变材料进行填充前,所述铜体的空腔进行排气操作。

一种 X 射线管及其制备方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种 X 射线管领域,尤其涉及一种 X 射线管及其制备方法。

背景技术

[0002] 在医学成像领域的应用中,对于动态物体成像,为了在较短曝光时间内获得清晰的 X 射线图像,X 射线球管需要在极短的时间内产生强度极大的 X 射线脉冲,如图 1 为 X 射线管产生一束单脉冲的 X 射线强度 - 时间图所示,从 0 至 t_0 时刻产生一束单脉冲强度为 I_0 的 X 射线, t_0 一般为毫秒级,因此 X 射线球管自身需要具有极高的瞬间球管功率,当前高功率的 X 射线球管功率已经达到数百千瓦以上,从而短时间内在阳极靶上产生大量的热量,同时,受制于 X 射线产生的基本物理机制的限制,轰击阳极靶的高能电子束最终只有不到 1% 的能量转化为 X 射线,剩余 99% 以上的能量则转化为热量耗散在 X 射线球管的阳极靶上,使阳极温度迅速升高到 3000℃ 左右,造成阳极局部过热,甚至可能使阳极融化甚至被烧出孔洞,进而可能影响 X 射线球管的正常运行,最终导致球管的报废。

[0003] 现有多种 X 射线阳极靶散热方案,包括:1) 通过旋转阳极的设计提高散热能力,在基于旋转阳极的 X 射线球管的设计中,由于 X 射线球管在运行过程中,阳极靶不断的高速旋转,使得球管运行中阳极靶产生的热量可以分布在一个环形的面积上,大大的增加了散热面积,相比固定阳极靶的设计而言显著的降低了阳极靶的温度。但是,其转速已经达到超过 10000 转 / 分钟,已接近技术瓶颈和理论极限,进一步提高转速并且保持旋转的高度稳定性对于阳极靶的材料选取和设计而言已经非常困难。2) 优化靶材料的选取,在 X 射线球管阳极靶的设计中为了更好的解决阳极靶散热这一难题,常采用热容量大、辐射系数高、导热系数高的材料与阳极相连接以提高阳极靶的散热效率,如 CT 机中靶面材料被镶嵌在钨基的盘座上;又如大功率的球管,为了减轻旋转靶及整个球管的重量,提高球管的热容量,在靶盘的背面用钎焊的方法加上一定厚度和质量的石墨基。3) 阳极靶主动冷却技术。主动阳极冷却方法是目前普遍采用的阳极散热方法,即通过在阳极靶内加入可循环流动的制冷液,甚至将整个 X 射线球管浸泡在绝缘耐压油缸里达到有效散热的目的。以上三种现有技术在一定程度上解决了 X 射线球管阳极靶散热的问题,但是随着对于 X 射线球管功率要求的不断提高,相关的技术手段实现难度大、成本高,针对现有技术面临的这些困难,对发展基于不同原理的新的阳极靶散热技术提出了进一步的需要。

发明内容

[0004] 本发明所要解决的技术问题是提供一种 X 射线管及其制备方法,能够有效控制 X 射线管阳极靶在产生高强度 X 射线脉冲导致的急剧温度升高时,快速地吸收阳极靶上的热量,延长 X 射线管的使用寿命。

[0005] 本发明为解决上述技术问题而采用的技术方案是提供一种 X 射线管,包括真空管,所述真空管内设有阳极和阴极,所述阳极包括阳极靶、铜体和阳极轴承柱,其中所述铜体的空腔内填充相变材料。

- [0006] 进一步地,所述相变材料为无机相变材料或复合相变材料。
- [0007] 进一步地,所述相变材料为熔融盐 / 碳纳米管复合相变材料。
- [0008] 进一步地,所述熔融盐 / 碳纳米管复合相变材料的相变温度为 200 ~ 1000℃,比热容为 1.5 ~ 3J/g·K,相变潜热为 450 ~ 1000J/g。
- [0009] 进一步地,所述铜体的内表面覆有一层石墨层,所述石墨层的厚度为 0.5 ~ 2 毫米。
- [0010] 进一步地,所述阳极轴承柱和所述阳极一侧的真空管内表面之间填充有导热材料。
- [0011] 进一步地,所述导热材料为石墨、碳纳米管或碳化硅。
- [0012] 本发明为解决上述技术问题而采用的另一项技术方案是提供一种所述 X 射线管的制备方法,通过如下步骤制备:
- [0013] a) 将预处理的碳纳米管与无机盐搅拌混料后得到混合物,于干燥箱中将所述混合物进行低温干燥;
- [0014] b) 将所述混合物放入模具中,经预压排气、模压成型,得到所述无机盐 / 碳纳米管复合相变材料;
- [0015] c) 将所述无机盐 / 碳纳米管复合相变材料填充于所述铜体的空腔内。
- [0016] 进一步地,所述步骤 a) 中,所述碳纳米管占所述混合物的质量比为小于 1%,所述碳纳米管为管径从几个纳米到几百个纳米的多壁碳纳米管。
- [0017] 进一步地,所述步骤 b) 中,所述低温干燥的温度为 50 ~ 80℃,干燥时间为 4 ~ 8h。
- [0018] 进一步地,所述步骤 c) 中,所述预压排气的压强为 5 ~ 15MPa,所述模压成型的压强为 25 ~ 35MPa,模压温度为 60 ~ 100℃。
- [0019] 进一步地,所述步骤 d) 中,所述无机盐 / 碳纳米管复合相变材料进行填充前,所述铜体的空腔进行排气操作。
- [0020] 与现有技术相比,本发明的技术方案有如下优点:
- [0021] 1. 本发明通过在阳极铜体的内腔填充相变材料,利用相变材料在相变过程中吸收潜热的特性,有效的吸收 X 射线管运行时阳极靶上产生的热量,提高 X 射线管的使用寿命,此外,由于 X 射线管热容量的提高,可以加大管电流,产生足够的 X 射线,大大提高成像质量,尤其适用产生高强度的 X 射线脉冲。
- [0022] 2. 本发明提出的技术方案具有制备方法简单,原料易得,实现成本低的特点,相变过程可逆,能够多次使用。

附图说明

- [0023] 图 1 为 X 射线管产生一束单脉冲时的 X 射线强度 - 时间图;
- [0024] 图 2 为本发明 X 射线管的结构示意图;
- [0025] 图 3 为本发明 X 射线管的制备流程示意图;
- [0026] 图 4 为 X 射线管在一束单脉冲下阳极靶的温度 - 时间曲线图。

具体实施方式

- [0027] 在下面的描述中阐述了很多具体细节以便于充分理解本发明。但是本发明能够以

很多不同于在此描述的其它方式来实施,本领域技术人员可以在不违背本发明内涵的情况下做类似推广,因此本发明不受下面公开的具体实施的限制。

[0028] 其次,本发明利用示意图进行详细描述,在详述本发明实施例时,为便于说明,所述示意图只是实例,其在此不应限制本发明保护的范围。

[0029] 下面结合附图和实施例对本发明作进一步的描述。

[0030] 本发明为解决上述技术问题而采用的技术方案是提供一种 X 射线管。

[0031] 图 2 为本发明的 X 射线管结构示意图。

[0032] 请参阅图 2,本发明提供的一种 X 射线管包括真空管 1,真空管 1 内设有阳极 2 和阴极 3,所述阳极 2 包括阳极靶 4、铜体 5 和阳极轴承柱 6,其中所述铜体 5 的空腔内填充有相变材料 8。

[0033] 本领域技术人员可以理解,相变材料 8 根据化学成分可以分为:无机相变材料、有机相变材料、复合相变材料和金属相变材料,上述任一种皆可应用于本发明。优选地,采用熔融盐 / 碳纳米管复合材料作为高温相变材料。X 射线管的阳极靶在一个射线脉冲下达到 3000 摄氏度左右,对于适用于阳极 2 散热的相变材料 8,应该有合适的熔化温度,尽可能高的热容量和热导率。有机相变材料的相变温度一般为几十至几百度,在 X 射线管工作条件下,有机相变材料极易发生碳化而失去相变材料吸收潜热的性能;无机相变材料具有较高的相变温度,相变潜热较大,熔化温度范围在 250℃ 到 1680℃ 可控制,热容量在 68J/g 到 1041J/g,适于作为阳极靶散热的相变材料,其中混合熔融盐具有较大的比热容和焓值,结构简单、散热性能高,体积变化小,混合熔融盐的熔融温度可以通过不同的盐配比对相变温度的进行调控。为了提高相变材料的热导率,可以通过在材料中掺杂其他高导热率材料形成复合材料,提高材料总体的热导率,优选地采用碳纳米管掺杂,本发明对此不作具体限定。

[0034] 继续参阅图 2,在阳极 2 空腔内填充相变材料 8 之前,首先在铜体 5 的内表面上生长一层石墨层 7,所述石墨层 7 与所述铜体 5 的内表面完全贴合,分隔铜体 5 与相变材料 8,本发明中优选相变材料 8 为熔融盐 / 碳纳米管复合材料,在 X 射线管的工作环境下熔融状态的无机盐极易腐蚀铜体 5,采用具有优良化学稳定性和耐高温的石墨层 7 可以有效防止相变材料 8 腐蚀铜体 5,此外石墨层 7 具有优良的导热率可以快速地将积聚于阳极靶 4 的热量传导至相变材料 8,利于阳极靶 4 的散热,有效的保护阳极靶料,提高其使用寿命。所述石墨层 7 的厚度为 0.5 ~ 2 毫米。本发明还可以采用其他耐高温抗腐蚀的导热材料,比如金属碳化物,金属氮化物或类金刚石等,本发明对此不作具体限定,优选地,本发明采用石墨层。

[0035] 为了提高散热效果,所述阳极轴承柱 6 和所述阳极 2 一侧的真空管 1 内表面之间填充导热材料 9,形成单向热传导结构,有效地将阳极靶 4 上的热量传导至真空管 1 外部。本发明还可采用多种导热材料形成热传导结构,比如石墨、碳纳米管或碳化硅等,上述材料皆可应用于本发明,本发明对此不作具体限定。

[0036] 为了解决上述技术问题,本发明还提供了另一个技术方案:一种 X 射线管的制备方法,如图 3 所示,包括如下制备步骤:

[0037] 执行步骤 S10,将预处理的碳纳米管与无机盐搅拌混料后得到混合物;于干燥箱中将所述混合物进行低温干燥;本发明采用商业化碳纳米管,规格为长度在 0.5 ~ 2.0 μ m 的碳纳米管,商业化碳纳米管需进行除杂和分离的预处理,可以采用浓硫酸:浓硝酸 =3:1

进行洗涤达到钝化除杂,继续用蒸馏水洗至中性。预处理方式本发明对此不作限定。将已处理的碳纳米管以质量比小于等于 1% 的配比与无机熔融盐进行混料。搅拌方法可以为超声波分散、机械搅拌,磁力搅拌或手动搅拌,本发明对此不作限定。所述低温干燥的温度为 50 ~ 80℃,干燥时间为 4 ~ 8h,使得混合物充分干燥。

[0038] 执行步骤 S20,将所述混合物放入模具中,经预压排气、模压成型,得到所述熔融盐/碳纳米管复合相变材料;所述预压排气的压强为 5 ~ 15MPa,所述模压成型的压强为 25 ~ 35MPa,模压温度为 60 ~ 100℃。

[0039] 执行步骤 S30,将所述熔融盐/碳纳米管复合相变材料填充于所述铜体的空腔内。所述无机盐/碳纳米管复合相变材料进行填充前,所述铜体 5 的空腔进行排气操作,使得相变材料 8 于石墨层紧密贴合 7,相变材料 8 完全填充于铜体 5 的空腔内,利于热传导的进行,提高材料的散热效率。

[0040] 下面将对本发明提供的 X 射线管的具体制备方法进行说明。

[0041] 实施例 1

[0042] 1. 用电子秤称取 LiF (33wt%)/NaF (49.9wt%)/MgF₂ (17.1 wt%);

[0043] 2. 将三元无机盐放入玛瑙钵中研磨 1 小时;

[0044] 3. 将研磨好的物料放入干燥箱中 70℃ 的条件下恒温 6 小时;

[0045] 4. 将干燥好后的物料放入到模具当中进行模压,首先在 5MPa 压强下预压 5min 后脱气 30s 在 30MPa 的压强下模压成型,模压温度在 100℃,获得 LiF (33wt%)/NaF (49.9wt%)/MgF₂ (17.1 wt%)无机相变材料,其相变潜热为 860J/g,比热容为 2.82 J/g·K,相变温度为 650℃;

[0046] 5. 将内表面附有一层 1 毫米的石墨层铜体的空腔排尽空气后,放入模压成型得到 LiF (33wt%)/NaF (49.9wt%)/MgF₂ (17.1 wt%)无机相变材料。

[0047] 实施例 2

[0048] 1. 用高精度电子秤根据一定的配比称量 LiF (67wt%)/MgF₂ (33wt%)和碳纳米管(质量比为 99.5:0.5);

[0049] 2. 在室温干燥的环境中将两者搅拌 1 小时,将混合好后的物料放入玛瑙钵中研磨 2 小时。

[0050] 3. 将研磨好的物料放入干燥箱中以 80℃ 的温度恒温 4 小时。

[0051] 4. 将干燥好后的物料放入到模具当中进行模压,首先在 10MPa 压强下预压 5min 后脱气 30s 在 35MPa 的压强下模压成型,模压温度在 100℃,获得 LiF (67wt%)/MgF₂ (33wt%)/碳纳米管复合相变材料,其相变潜热为 946J/g,比热容为 2.63 J/g·K,相变温度为 746℃;。

[0052] 5. 将内表面附有一层 0.5 毫米的石墨层铜体的空腔排尽空气后,放入模压成型得到 LiF (67wt%)/MgF₂ (33wt%)/碳纳米管复合相变材料。

[0053] 实施例 3

[0054] 1. 用电子秤称取 LiCl (37wt%)/LiOH (63wt%)和碳纳米管(质量比为 99:1);

[0055] 2. 室温机械搅拌 1 小时,将混合后的物料放入玛瑙钵中研磨 2 小时;

[0056] 3. 将研磨好的物料放入干燥箱中 50℃ 的条件下恒温 8 小时;

[0057] 4. 将干燥好后的物料放入到模具当中进行模压,首先在 10MPa 压强下预压 5min 后脱气 30s 在 25MPa 的压强下模压成型,模压温度在 80℃,获得 LiCl (37wt%)-LiOH (63wt%)

/ 碳纳米管复合相变材料,其相变潜热为 485J/g,比热容为 1.55 J/g·K,相变温度为 262℃;

[0058] 5. 将内表面附有一层 2 毫米的石墨层铜体的空腔排尽空气后,放入模压成型得到 LiCl (37wt%)-LiOH (63wt%)/ 碳纳米管复合相变材料。

[0059] 为了更好的说明本发明的效果,我们可通过图 4 来了解 X 射线管在一束单脉冲下阳极靶的温度-时间曲线图。其中图 4 虚线部分所示为现有技术中 X 射线管在一束单脉冲下阳极靶的温度-时间关系曲线,在 0 至 t_0 (一般为毫秒级)时刻,阳极靶的温度迅速达到峰值 T_1 ,此时如果 T_1 温度过高 (一般为 3000℃左右),未对阳极靶进行有效散热,阳极靶会因承受巨大的热应力而产生靶材物料特性的改变,最终导致 X 射线管的报废。图 4 实线部分为本发明设有相变材料的 X 射线管在一束单脉冲下阳极靶的温度-时间曲线图,利用相变材料在高温相变时吸收大量的热量使得球管持续一段时间内保持在相变温度附近,在 0 至 t_1 时间段内,阳极靶温度迅速从 0 上升至相变温度 T_2 ,此时相变材料开始发生相变吸收大量潜热同时保持相变材料本身温度恒定,从而使得阳极靶的整体温度在 $t_1 \sim t_2$ 时间段内上升减缓;当达到 t_2 时刻,相变材料吸热达到完全融化,使得在 $t_2 \sim t_0$ 时间段内阳极靶温度继续升高并达到峰值 T_0' 。附件,由于相变潜热的吸收,阳极靶最终达到的峰值温度 T_0' 相对降低,从而降低阳极靶在操作过程中达到的最高温度,有效的保护阳极靶,提高 X 射线管的使用寿命。

[0060] 综上所述,本发明提供了一种 X 射线管及其制备方法,通过在 X 射线管阳极铜体的空腔内设有相变材料,利用相变材料在相变过程中吸收潜热,保持环境温度不变的特性作为阳极散热材料,因而具备以下优点:1. 能够迅速而有效的吸收 X 射线管运行中阳极靶上产生的热量,降低了阳极靶的最高到达温度,提高 X 射线管使用寿命。2. 提高 X 射线管的热容量,从而可以加大 X 射线管的管电流,提高成像质量,尤其适用于单脉冲大功率的 X 射线球管;3. 制备方法简单,原料易得,实现成本低的特点,相变过程可逆,能够多次使用。

[0061] 本发明虽然已以较佳实施例公开如上,但其并不是用来限定本发明,任何本领域技术人员在不脱离本发明的精神和范围内,都可以利用上述揭示的方法和技术内容对本发明技术方案做出可能的变动和修改,因此,凡是未脱离本发明技术方案的内容,依据本发明的技术实质对以上实施例所作的任何简单修改、等同变化及修饰,均属于本发明技术方案的保护范围。

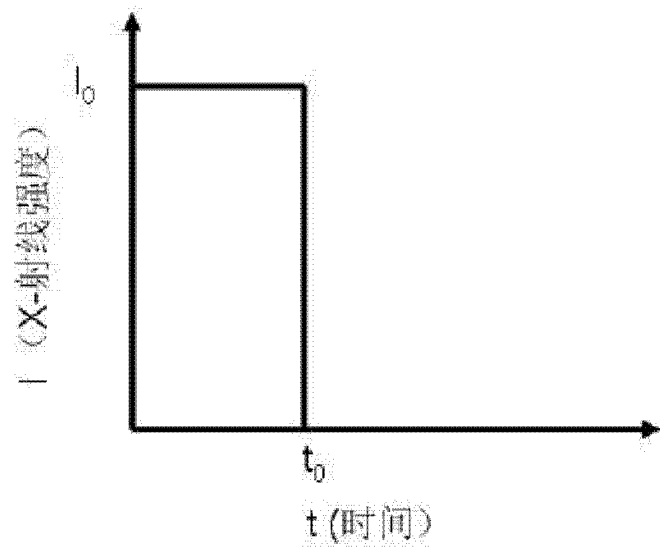


图 1

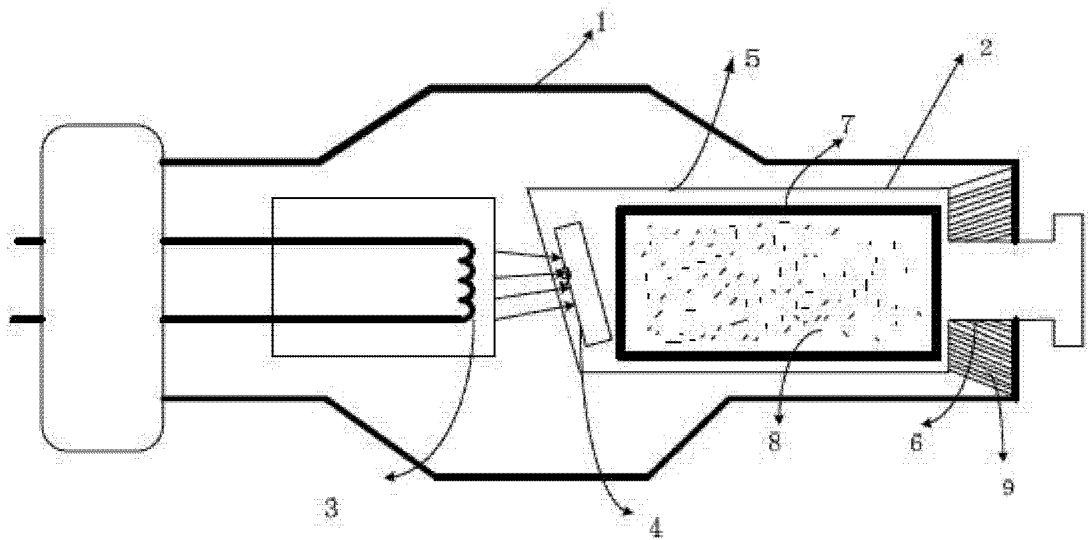


图 2

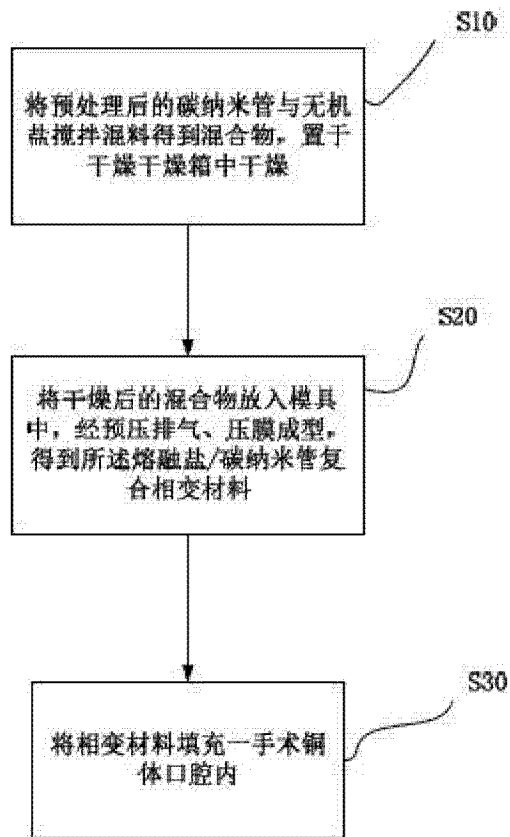


图 3

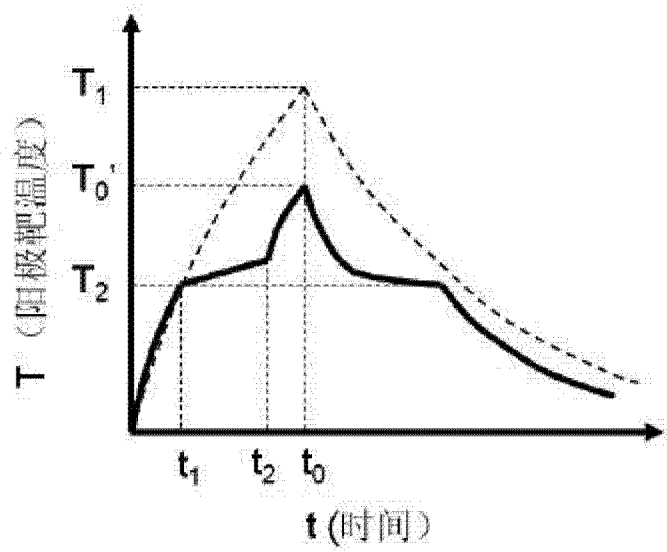


图 4