



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 104783929 A

(43) 申请公布日 2015. 07. 22

(21) 申请号 201510197651. 9

*C08L 61/06*(2006. 01)

(22) 申请日 2015. 04. 23

(71) 申请人 西安交通大学

地址 710049 陕西省西安市咸宁西路 28 号

申请人 宁波创导三维医疗科技有限公司

(72) 发明人 刘亚雄 黄亚江 王玲 李涤尘  
靳忠民

(74) 专利代理机构 西安通大专利代理有限责任  
公司 61200

代理人 闵岳峰

(51) Int. Cl.

*A61F 2/28*(2006. 01)

*C08L 75/04*(2006. 01)

*C08K 3/04*(2006. 01)

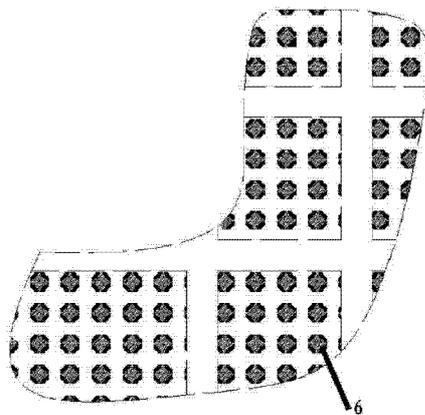
权利要求书2页 说明书10页 附图3页

(54) 发明名称

一种个性化定制型钽植入物的制造方法

(57) 摘要

本发明公开一种个性化定制型多孔钽植入物的制造方法,包括如下步骤:采用 CT、MRI 等扫描图像重建植入物假体的外形,根据植入物假体外形设计植入物的三维负型模型,然后利用增材制造获得支架的负型模具,其中负型模具的残碳量极低,向模具中填充可烧失球形珠粒以及高残碳量的树脂与固化剂混合物或石墨粉与树脂、固化剂的混合物。在真空环境中或在保护气氛炉热解,由于模具的残碳量较低,便得到具有球形孔洞的植入物碳支架,最后利用化学气相沉积的方法在碳支架表面沉积钽涂层,完成个性化定制型钽植入物的制造。最终的钽植入物是表面沉积有金属钽,内部为碳支架的混合物,其中碳支架所占质量比为 1%~10%。



1. 一种个性化定制型钽植入物的制造方法,其特征在于,包括如下的步骤:

1) 在三维建模软件中重建骨组织三维模型,然后将骨组织三维模型导入到反求软件中,设计出个性化骨修复植入物模型;

2) 对个性化骨修复植入物模型进行抽壳处理,得到抽壳后模型外壳,然后在抽壳后模型外壳内部添加纵横交错的网架(1),得到内部含有网架(1)的植入物负型模具,其中,植入物负型模具的厚度 $h$ 为 $0.5 \sim 2.5\text{mm}$ ,网架(1)直径 $d$ 为 $0.5 \sim 2.5\text{mm}$ ,相邻网架(1)之间的间距为 $1 \sim 10\text{mm}$ ;

3) 利用3D打印机制备步骤2)中的内部含有网架的植入物负型模具;

4) 向内部含有网架(1)的植入物负型模具中填满可烧失球形珠粒(2),得到填充了可烧失球形珠粒(2)的植入物负型模具;

5) 将树脂与固化剂或者树脂、固化剂与石墨粉按照一定的比例均匀混合,形成液态混合物或者混合浆料(3);

6) 将步骤5)得到的液态混合物或者混合浆料(3)注入步骤4)中已经填充了可烧失球形珠粒的植入物负型模具;

7) 将步骤6)的植入物负型模具固化,得到固化后的植入物负型模具;

8) 在真空炉或者保护气氛炉中热解步骤7)固化后的植入物负型模具,制备具有球形孔洞(5)的碳支架(4);

9) 利用气相沉积的方法在步骤8)得到的具有球形孔洞(5)的碳支架(4)表面沉积钽涂层(6),得到个性化定制型钽植入物。

2. 根据权利要求1所述的个性化定制型钽植入物的制造方法,其特征在于,步骤1)中,利用临床患者骨组织的CT或MRI多平面重建图像在三维建模软件中重建骨组织三维模型。

3. 根据权利要求1所述的个性化定制型钽植入物的制造方法,其特征在于,步骤4)中,可烧失球形珠粒(2)为可发性聚苯乙烯树脂,可发性聚甲基丙烯酸甲酯,可发性甲基丙烯酸甲酯与苯乙烯共聚树脂珠粒,或者球形石蜡珠粒中的一种。

4. 根据权利要求3所述的个性化定制型钽植入物的制造方法,其特征在于,步骤4)中,可烧失球形珠粒(2)的尺寸大小为 $100 \sim 1000 \mu\text{m}$ 。

5. 根据权利要求1所述的个性化定制型钽植入物的制造方法,其特征在于,步骤5)中,选用糠醛树脂,以对甲苯磺酸和糠醇作为固化剂,将糠醛树脂与糠醇混合均匀后,在温度为 $80^\circ\text{C}$ 的环境下保温5小时,然后加入对甲苯磺酸并搅拌均匀,得到液态混合物;其中,糠醛树脂与糠醇的质量比为 $3 \sim 5:1$ ,对甲苯磺酸占液态混合物的质量分数为 $2\% \sim 6\%$ 。

6. 根据权利要求1所述的个性化定制型钽植入物的制造方法,其特征在于,步骤5)中,选用酚醛树脂粉末,以六次甲基四胺作为固化剂,将酚醛树脂和六次甲基四胺混合均匀,得到混合浆料;其中,六次甲基四胺占混合浆料的质量分数为 $5\% \sim 15\%$ 。

7. 根据权利要求1所述的个性化定制型钽植入物的制造方法,其特征在于,步骤5)中,选用聚氨酯A胶,以B胶作为固化剂,将石墨粉与聚氨酯A胶混合均匀,再加入B胶;其中,石墨粉的粒径为 $0.5 \mu\text{m} \sim 5 \mu\text{m}$ ,A胶与B胶的质量比为 $1:1$ ,石墨粉的占混合浆料的质量分数为 $40\% \sim 70\%$ 。

8. 根据权利要求1所述的个性化定制型钽植入物的制造方法,其特征在于,步骤9)中,钽涂层(6)在个性化定制型钽植入物中的厚度为 $5 \sim 70 \mu\text{m}$ ;具有球形孔洞(5)的碳支架

(4) 在个性化定制型钽植入物中所占质量比为 1%~10%。

## 一种个性化定制型钽植入物的制造方法

### 技术领域：

[0001] 本发明属于植入物的制造技术领域，具体涉及一种个性化定制型钽植入物的制造方法。

### 背景技术：

[0002] 与目前医学上使用最普遍的钛合金相比，多孔钽在两个方面存在优势。一方面，多孔钽的生物相容性相较于钛合金更好，钽是生物惰性材料，常温下不与酸碱反应，在人体内不会被腐蚀。另一方面，多孔钽的弹性模量在 2.5 ~ 20GPa，与人体骨骼弹性模量接近，可以有效避免应力屏蔽现象的发生，从而降低植入失败的风险。然而，钽属于难熔金属，难以用传统的机械加工方式加工。个性化定制型钽植入物的加工更是困难。

### 发明内容：

[0003] 本发明的目的在于克服现有技术的缺点，提供了一种个性化定制型钽植入物的制造方法，该制造方法将快速成型、化学气相沉积技术以及添加造孔剂的方法结合起来，解决了定制化钽植入物的制造难题。

[0004] 为达到上述目的，本发明采用如下的技术方案予以实现：

[0005] 一种个性化定制型钽植入物的制造方法，包括如下的步骤：

[0006] 1) 在三维建模软件中重建骨组织三维模型，然后将骨组织三维模型导入到反求软件中，设计出个性化骨修复植入物模型；

[0007] 2) 对个性化骨修复植入物模型进行抽壳处理，得到抽壳后模型外壳，然后在抽壳后模型外壳内部添加纵横交错的网架，得到内部含有网架的植入物负型模具，其中，植入物负型模具的厚度  $h$  为 0.5 ~ 2.5mm，网架直径  $d$  为 0.5 ~ 2.5mm，相邻网架之间的间距为 1 ~ 10mm；

[0008] 3) 利用 3D 打印机制备步骤 2) 中的内部含有网架的植入物负型模具；

[0009] 4) 向内部含有网架的植入物负型模具中填满可烧失球形珠粒，得到填充了可烧失球形珠粒的植入物负型模具；

[0010] 5) 将树脂与固化剂或者树脂、固化剂与石墨粉按照一定的比例均匀混合，形成液态混合物或者混合浆料；

[0011] 6) 将步骤 5) 得到的液态混合物或者混合浆料注入步骤 4) 中已经填充了可烧失球形珠粒的植入物负型模具；

[0012] 7) 将步骤 6) 的植入物负型模具固化，得到固化后的植入物负型模具；

[0013] 8) 在真空炉或者保护气氛炉中热解步骤 7) 固化后的植入物负型模具，制备具有球形孔洞的碳支架；

[0014] 9) 利用气相沉积的方法在步骤 8) 得到的具有球形孔洞的碳支架表面沉积钽涂层，得到个性化定制型钽植入物。

[0015] 本发明进一步的改进在于，步骤 1) 中，利用临床患者骨组织的 CT 或 MRI 多平面重

建图像在三维建模软件中重建骨组织三维模型。

[0016] 本发明进一步的改进在于,步骤 4) 中,可烧失球形珠粒为可发性聚苯乙烯树脂,可发性聚甲基丙烯酸甲酯,可发性甲基丙烯酸甲酯与苯乙烯共聚树脂珠粒,或者球形石蜡珠粒中的一种。

[0017] 本发明进一步的改进在于,步骤 4) 中,可烧失球形珠粒的尺寸大小为 100 ~ 1000  $\mu\text{m}$ 。

[0018] 本发明进一步的改进在于,步骤 5) 中,选用糠醛树脂,以对甲苯磺酸和糠醇作为固化剂,将糠醛树脂与糠醇混合均匀后,在温度为 80 $^{\circ}\text{C}$  的环境下保温 5 小时,然后加入对甲苯磺酸并搅拌均匀,得到液态混合物;其中,糠醛树脂与糠醇的质量比为 3 ~ 5:1,对甲苯磺酸占液态混合物的质量分数为 2% ~ 6%。

[0019] 本发明进一步的改进在于,步骤 5) 中,选用酚醛树脂粉末,以六次甲基四胺作为固化剂,将酚醛树脂和六次甲基四胺混合均匀,得到混合浆料;其中,六次甲基四胺占混合浆料的质量分数为 5% ~ 15%。

[0020] 本发明进一步的改进在于,步骤 5) 中,选用聚氨酯 A 胶,以 B 胶作为固化剂,将石墨粉与聚氨酯 A 胶混合均匀,再加入 B 胶;其中,石墨粉的粒径为 0.5  $\mu\text{m}$  ~ 5  $\mu\text{m}$ , A 胶与 B 胶的质量比为 1:1,石墨粉的占混合浆料的质量分数为 40% ~ 70%。

[0021] 本发明进一步的改进在于,步骤 9) 中,钽涂层在个性化定制型钽植入物中的厚度为 5 ~ 70  $\mu\text{m}$ ;具有球形孔洞的碳支架在个性化定制型钽植入物中所占质量比为 1% ~ 10%。

[0022] 相对于现有技术,本发明具有如下的优点:

[0023] 1、多孔钽的弹性模量在 2.5 ~ 20GPa,与人体骨骼的弹性模量接近,可以有效避免应力屏蔽效应,从而使植入的成功率提高。

[0024] 2、采用本制造方法,可以根据不同的病人个性化定制植入物,避免了由于植入物尺寸外形不合适造成的植入失败。

[0025] 3、个性化定制型多孔钽内部有球形孔洞,有利于骨细胞的生存进而促进病人术后康复。

[0026] 4、制得的个性化定制型多孔钽植入内部有连通的管道,有利于营养物质的输送,有利于成骨。

#### 附图说明:

[0027] 图 1 是个性化定制型植入物负型模具的示意图。

[0028] 图 2 是向负型模具中添加可烧失球形珠粒的示意图。

[0029] 图 3 是向负型模具中可烧失球形珠粒间隙填充树脂混合液或者浆料的示意图。

[0030] 图 4 是热解之后具有球形孔洞的碳支架示意图。

[0031] 图 5 是碳支架表面沉积钽涂层之后的最终植入物示意图。

[0032] 图中:1 是网架;2 是可烧失球形珠粒;3 是液态混合物或者混合浆料;4 是碳支架;5 是球形孔洞;6 是钽涂层。

#### 具体实施方式:

[0033] 下面结合附图和实施例对本发明做进一步详细描述。

[0034] 实施例 1：

[0035] 1) 利用临床患者骨组织的 CT 或 MRI 多平面重建图像在三维建模软件中重建骨组织三维模型,然后将骨组织三维模型导入到反求软件中,设计出个性化骨修复植入物模型；

[0036] 2) 对个性化骨修复植入物模型进行抽壳处理,得到抽壳后模型外壳,然后在抽壳后模型外壳内部添加纵横交错的网架 1,得到内部含有网架 1 的植入物负型模具,其中,植入物负型模具的厚度  $h$  为 0.5mm,网架 1 直径  $d$  为 0.5mm,相邻网架 1 之间的间距为 1mm；

[0037] 3) 利用 3D 打印机制备步骤 2) 中的内部含有网架的植入物负型模具,如图 1 所示；

[0038] 4) 向内部含有网架 1 的植入物负型模具中填满直径 450 ~ 600  $\mu\text{m}$  的可发性甲基丙烯酸甲脂与苯乙烯共聚树脂 (STMMA-2) 球形珠粒,得到填充了可烧失球形珠粒 2 的植入物负型模具,如图 2 所示；

[0039] 5) 将糠醛树脂与糠醇均匀混合,在温度为 80 $^{\circ}\text{C}$  的环境下保温 5 小时,然后加入对甲苯磺酸,形成液态混合物 3；其中糠醇糠醛的比例为 1:3,对甲苯磺酸的占液态混合液质量分数的 2%；

[0040] 6) 将步骤 5) 得到的液态混合物 3 注入步骤 4) 中已经填充了可烧失球形珠粒 2 的植入物负型模具,如图 3 所示；

[0041] 7) 将模具放置于烘箱中,在温度为 40 $^{\circ}\text{C}$  情况下保温 5 小时,然后升温至 100 $^{\circ}\text{C}$ ,保温 24 小时,使其固化,得到固化后的植入物负型模具；

[0042] 8) 在真空下热解步骤 7) 固化后的植入物负型模具,制备具有球形孔洞 5 的碳支架 4；其中,热解工艺为:以 2 $^{\circ}\text{C}/\text{min}$  的升温速率由室温升温至 240 $^{\circ}\text{C}$ ,再以 1 $^{\circ}\text{C}/\text{min}$  的升温速率升温至 320 $^{\circ}\text{C}$ ,随后以 2 $^{\circ}\text{C}/\text{min}$  的升温速率升温至 800 $^{\circ}\text{C}$ ,然后在 800 $^{\circ}\text{C}$  保温 1h,最后随炉冷却至室温,如图 4 所示；

[0043] 9) 利用气相沉积的方法在步骤 8) 得到的具有球形孔洞 5 的碳支架 4 表面沉积钽涂层 6,得到个性化定制型钽植入物；其中,钽涂层 6 的厚度为 5  $\mu\text{m}$ 。最终的个性化定制型钽植入物是表面沉积有钽涂层 6,内部为碳支架 4 的混合物,其中具有球形孔洞 5 的碳支架 4 在个性化定制型钽植入物中所占质量比为 10%,如图 5 所示。

[0044] 实施例 2：

[0045] 1) 利用临床患者骨组织的 CT 或 MRI 多平面重建图像在三维建模软件中重建骨组织三维模型,然后将骨组织三维模型导入到反求软件中,设计出个性化骨修复植入物模型；

[0046] 2) 对个性化骨修复植入物模型进行抽壳处理,得到抽壳后模型外壳,然后在抽壳后模型外壳内部添加纵横交错的网架 1,得到内部含有网架 1 的植入物负型模具,其中,植入物负型模具的厚度  $h$  为 0.5mm,网架 1 直径  $d$  为 0.5mm,相邻网架 1 之间的间距为 1mm；

[0047] 3) 利用 3D 打印机制备步骤 2) 中的内部含有网架的植入物负型模具,如图 1 所示；

[0048] 4) 向内部含有网架 1 的植入物负型模具中填满直径 450 ~ 600  $\mu\text{m}$  的可发性甲基丙烯酸甲脂与苯乙烯共聚树脂 (STMMA-2) 球形珠粒,得到填充了可烧失球形珠粒 2 的植入物负型模具,如图 2 所示；

[0049] 5) 将糠醛树脂与糠醇均匀混合,在温度为 80 $^{\circ}\text{C}$  的环境下保温 5 小时,然后加入对

甲苯磺酸,形成液态混合物 3;其中糠醇糠醛的比例为 1:4,对甲苯磺酸的占液态混合液质量分数的 4%;

[0050] 6) 将步骤 5) 得到的液态混合物 3 注入步骤 4) 中已经填充了可烧失球形珠粒 2 的植入物负型模具,如图 3 所示;

[0051] 7) 将模具放置于烘箱中,在温度为 40℃ 情况下保温 5 小时,然后升温至 100℃,保温 24 小时,使其固化,得到固化后的植入物负型模具;

[0052] 8) 在真空下热解步骤 7) 固化后的植入物负型模具,制备具有球形孔洞 5 的碳支架 4;其中,热解工艺为:以 2℃/min 的升温速率由室温升温至 240℃,再以 1℃/min 的升温速率升温至 320℃,随后以 2℃/min 的升温速率升温至 800℃,然后在 800℃ 保温 1h,最后随炉冷却至室温,如图 4 所示;

[0053] 9) 利用气相沉积的方法在步骤 8) 得到的具有球形孔洞 5 的碳支架 4 表面沉积钽涂层 6,得到个性化定制型钽植入物;其中,钽涂层 6 的厚度为 30 μm。最终的个性化定制型钽植入物是表面沉积有钽涂层 6,内部为碳支架 4 的混合物,其中具有球形孔洞 5 的碳支架 4 在个性化定制型钽植入物中所占质量比为 5%,如图 5 所示。

[0054] 实施例 3:

[0055] 1) 利用临床患者骨组织的 CT 或 MRI 多平面重建图像在三维建模软件中重建骨组织三维模型,然后将骨组织三维模型导入到反求软件中,设计出个性化骨修复植入物模型;

[0056] 2) 对个性化骨修复植入物模型进行抽壳处理,得到抽壳后模型外壳,然后在抽壳后模型外壳内部添加纵横交错的网架 1,得到内部含有网架 1 的植入物负型模具,其中,植入物负型模具的厚度 h 为 0.5mm,网架 1 直径 d 为 0.5mm,相邻网架 1 之间的间距为 1mm;

[0057] 3) 利用 3D 打印机制备步骤 2) 中的内部含有网架的植入物负型模具,如图 1 所示;

[0058] 4) 向内部含有网架 1 的植入物负型模具中填满直径 450 ~ 600 μm 的可发性甲基丙烯酸甲脂与苯乙烯共聚树脂 (STMMA-2) 球形珠粒,得到填充了可烧失球形珠粒 2 的植入物负型模具,如图 2 所示;

[0059] 5) 将糠醛树脂与糠醇均匀混合,在温度为 80℃ 的环境下保温 5 小时,然后加入对甲苯磺酸,形成液态混合物 3;其中糠醇糠醛的比例为 1:5,对甲苯磺酸的占液态混合液质量分数的 6%;

[0060] 6) 将步骤 5) 得到的液态混合物 3 注入步骤 4) 中已经填充了可烧失球形珠粒 2 的植入物负型模具,如图 3 所示;

[0061] 7) 将模具放置于烘箱中,在温度为 40℃ 情况下保温 5 小时,然后升温至 100℃,保温 24 小时,使其固化,得到固化后的植入物负型模具;

[0062] 8) 在真空下热解步骤 7) 固化后的植入物负型模具,制备具有球形孔洞 5 的碳支架 4;其中,热解工艺为:以 2℃/min 的升温速率由室温升温至 240℃,再以 1℃/min 的升温速率升温至 320℃,随后以 2℃/min 的升温速率升温至 800℃,然后在 800℃ 保温 1h,最后随炉冷却至室温,如图 4 所示;

[0063] 9) 利用气相沉积的方法在步骤 8) 得到的具有球形孔洞 5 的碳支架 4 表面沉积钽涂层 6,得到个性化定制型钽植入物;其中,钽涂层 6 的厚度为 70 μm。最终的个性化定制型钽植入物是表面沉积有钽涂层 6,内部为碳支架 4 的混合物,其中具有球形孔洞 5 的碳支架

4 在个性化定制型钽植入物中所占质量比为 1%，如图 5 所示。

[0064] 实施例 4：

[0065] 1) 利用临床患者骨组织的 CT 或 MRI 多平面重建图像在三维建模软件中重建骨组织三维模型，然后将骨组织三维模型导入到反求软件中，设计出个性化骨修复植入物模型；

[0066] 2) 对个性化骨修复植入物模型进行抽壳处理，得到抽壳后模型外壳，然后在抽壳后模型外壳内部添加纵横交错的网架 1，得到内部含有网架 1 的植入物负型模具，其中，植入物负型模具的厚度  $h$  为 2.5mm，网架 1 直径  $d$  为 2.5mm，相邻网架 1 之间的间距为 10mm；

[0067] 3) 利用 3D 打印机制备步骤 2) 中的内部含有网架的植入物负型模具，如图 1 所示；

[0068] 4) 向内部含有网架的植入物负型模具中填满直径 450 ~ 600  $\mu\text{m}$  的可发性甲基丙烯酸甲酯与苯乙烯共聚树脂 (STMMA-2) 球形珠粒，得到填充了可烧失球形珠粒的植入物负型模具，如图 2 所示；

[0069] 5) 将酚醛树脂与六次甲基四胺均匀混合，形成混合浆料 3；其中六次甲基四胺占混合浆料质量分数为 5%；

[0070] 6) 将步骤 5) 得到的混合浆料 3 注入步骤 4) 中已经填充了可烧失球形珠粒 2 的植入物负型模具，如图 3 所示；

[0071] 7) 将模具放置于烘箱中，由室温开始缓慢升温 (20 $^{\circ}\text{C}$  /12h) 至 200 $^{\circ}\text{C}$ ，保温 12 小时使其固化，得到固化后的植入物负型模具；

[0072] 8) 在真空下热解步骤 7) 固化后的植入物负型模具，制备具有球形孔洞 5 的碳支架 4；

[0073] 9) 利用气相沉积的方法在步骤 8) 得到的具有球形孔洞 5 的碳支架 4 表面沉积钽涂层 6，得到个性化定制型钽植入物；其中，钽涂层 6 的厚度为 5  $\mu\text{m}$ 。最终的个性化定制型钽植入物是表面沉积有钽涂层 6，内部为碳支架 4 的混合物，其中具有球形孔洞 5 的碳支架 4 在个性化定制型钽植入物中所占质量比为 10%，如图 5 所示。

[0074] 实施例 5：

[0075] 1) 利用临床患者骨组织的 CT 或 MRI 多平面重建图像在三维建模软件中重建骨组织三维模型，然后将骨组织三维模型导入到反求软件中，设计出个性化骨修复植入物模型；

[0076] 2) 对个性化骨修复植入物模型进行抽壳处理，得到抽壳后模型外壳，然后在抽壳后模型外壳内部添加纵横交错的网架 1，得到内部含有网架 1 的植入物负型模具，其中，植入物负型模具的厚度  $h$  为 2.5mm，网架 1 直径  $d$  为 2.5mm，相邻网架 1 之间的间距为 10mm；

[0077] 3) 利用 3D 打印机制备步骤 2) 中的内部含有网架的植入物负型模具，如图 1 所示；

[0078] 4) 向内部含有网架的植入物负型模具中填满直径 450 ~ 600  $\mu\text{m}$  的可发性甲基丙烯酸甲酯与苯乙烯共聚树脂 (STMMA-2) 球形珠粒，得到填充了可烧失球形珠粒的植入物负型模具，如图 2 所示；

[0079] 5) 将酚醛树脂与六次甲基四胺均匀混合，形成混合浆料 3；其中六次甲基四胺占混合浆料质量分数为 10%；

[0080] 6) 将步骤 5) 得到的混合浆料 3 注入步骤 4) 中已经填充了可烧失球形珠粒 2 的植入物负型模具，如图 3 所示；

[0081] 7) 将模具放置于烘箱中,由室温开始缓慢升温(20℃/12h)至200℃,保温12小时使其固化,得到固化后的植入物负型模具;

[0082] 8) 在真空下热解步骤7)固化后的植入物负型模具,制备具有球形孔洞5的碳支架4;

[0083] 9) 利用气相沉积的方法在步骤8)得到的具有球形孔洞5的碳支架4表面沉积钽涂层6,得到个性化定制型钽植入物;其中,钽涂层6的厚度为30 μm。最终的个性化定制型钽植入物是表面沉积有钽涂层6,内部为碳支架4的混合物,其中具有球形孔洞5的碳支架4在个性化定制型钽植入物中所占质量比为5%,如图5所示。

[0084] 实施例6:

[0085] 1) 利用临床患者骨组织的CT或MRI多平面重建图像在三维建模软件中重建骨组织三维模型,然后将骨组织三维模型导入到反求软件中,设计出个性化骨修复植入物模型;

[0086] 2) 对个性化骨修复植入物模型进行抽壳处理,得到抽壳后模型外壳,然后在抽壳后模型外壳内部添加纵横交错的网架1,得到内部含有网架1的植入物负型模具,其中,植入物负型模具的厚度h为2.5mm,网架1直径d为2.5mm,相邻网架1之间的间距为10mm;

[0087] 3) 利用3D打印机制备步骤2)中的内部含有网架的植入物负型模具,如图1所示;

[0088] 4) 向内部含有网架的植入物负型模具中填满直径450~600 μm的可发性甲基丙烯酸甲酯与苯乙烯共聚树脂(STMMA-2)球形珠粒,得到填充了可烧失球形珠粒的植入物负型模具,如图2所示;

[0089] 5) 将酚醛树脂与六次甲基四胺均匀混合,形成混合浆料3;其中六次甲基四胺占混合浆料质量分数为15%;

[0090] 6) 将步骤5)得到的混合浆料3注入步骤4)中已经填充了可烧失球形珠粒2的植入物负型模具,如图3所示;

[0091] 7) 将模具放置于烘箱中,由室温开始缓慢升温(20℃/12h)至200℃,保温12小时使其固化,得到固化后的植入物负型模具;

[0092] 8) 在真空下热解步骤7)固化后的植入物负型模具,制备具有球形孔洞5的碳支架4;

[0093] 9) 利用气相沉积的方法在步骤8)得到的具有球形孔洞5的碳支架4表面沉积钽涂层6,得到个性化定制型钽植入物;其中,钽涂层6的厚度为70 μm。最终的个性化定制型钽植入物是表面沉积有钽涂层6,内部为碳支架4的混合物,其中具有球形孔洞5的碳支架4在个性化定制型钽植入物中所占质量比为1%,如图5所示。

[0094] 实施例7:

[0095] 1) 利用临床患者骨组织的CT或MRI多平面重建图像在三维建模软件中重建骨组织三维模型,然后将骨组织三维模型导入到反求软件中,设计出个性化骨修复植入物模型;

[0096] 2) 对个性化骨修复植入物模型进行抽壳处理,得到抽壳后模型外壳,然后在抽壳后模型外壳内部添加纵横交错的网架1,得到内部含有网架的植入物负型模具,其中,植入物负型模具的厚度h为1mm,网架1直径d为1mm,相邻网架1之间的间距为5mm;

[0097] 3) 利用3D打印机制备步骤2)中的内部含有网架的植入物负型模具,如图1所示;

[0098] 4) 向内部含有网架的植入物负型模具中填满直径 450 ~ 600  $\mu\text{m}$  的可发性甲基丙烯酸甲酯与苯乙烯共聚树脂 (STMMMA-2) 球形珠粒, 得到填充了可烧失球形珠粒 2 的植入物负型模具, 如图 2 所示;

[0099] 5) 将石墨粉与聚氨酯 A 胶混合均匀, 再加入 B 胶, 形成混合浆料 3; 其中, 石墨粉的粒径为 0.5  $\mu\text{m}$ , A 胶与 B 胶的质量比为 1:1, 石墨粉的质量分数为 40%;

[0100] 6) 将步骤 5) 得到的混合浆料 3 注入步骤 4) 中已经填充了可烧失球形珠粒 2 的植入物负型模具, 如图 3 所示;

[0101] 7) 将模具在常温下放置 30 分钟, 使其固化, 得到固化后的植入物负型模具;

[0102] 8) 在真空下热解步骤 7) 固化后的植入物负型模具, 制备具有球形孔洞 5 的碳支架 4;

[0103] 9) 利用气相沉积的方法在步骤 8) 得到的具有球形孔洞 5 的碳支架表面沉积钽涂层 6, 得到个性化定制型钽植入物; 其中, 钽涂层 6 的厚度为 5  $\mu\text{m}$ 。最终的个性化定制型钽植入物是表面沉积有钽涂层 6, 内部为碳支架 4 的混合物, 其中具有球形孔洞 5 的碳支架 4 在个性化定制型钽植入物中所占质量比为 10%, 如图 5 所示。

[0104] 实施例 8:

[0105] 1) 利用临床患者骨组织的 CT 或 MRI 多平面重建图像在三维建模软件中重建骨组织三维模型, 然后将骨组织三维模型导入到反求软件中, 设计出个性化骨修复植入物模型;

[0106] 2) 对个性化骨修复植入物模型进行抽壳处理, 得到抽壳后模型外壳, 然后在抽壳后模型外壳内部添加纵横交错的网架 1, 得到内部含有网架的植入物负型模具, 其中, 植入物负型模具的厚度  $h$  为 1mm, 网架 1 直径  $d$  为 1mm, 相邻网架 1 之间的间距为 5mm;

[0107] 3) 利用 3D 打印机制备步骤 2) 中的内部含有网架的植入物负型模具, 如图 1 所示;

[0108] 4) 向内部含有网架的植入物负型模具中填满直径 450 ~ 600  $\mu\text{m}$  的可发性聚苯乙烯树脂 (EPS) 球形珠粒, 得到填充了可烧失球形珠粒 2 的植入物负型模具, 如图 2 所示;

[0109] 5) 将石墨粉与聚氨酯 A 胶混合均匀, 再加入 B 胶, 形成混合浆料 3; 其中, 石墨粉的粒径为 5  $\mu\text{m}$ , A 胶与 B 胶的质量比为 1:1, 石墨粉的质量分数为 70%;

[0110] 6) 将步骤 5) 得到的混合浆料 3 注入步骤 4) 中已经填充了可烧失球形珠粒 2 的植入物负型模具, 如图 3 所示;

[0111] 7) 将模具在常温下放置 30 分钟, 使其固化, 得到固化后的植入物负型模具;

[0112] 8) 在真空下热解步骤 7) 固化后的植入物负型模具, 制备具有球形孔洞 5 的碳支架 4;

[0113] 9) 利用气相沉积的方法在步骤 8) 得到的具有球形孔洞 5 的碳支架表面沉积钽涂层 6, 得到个性化定制型钽植入物; 其中, 钽涂层 6 的厚度为 30  $\mu\text{m}$ 。最终的个性化定制型钽植入物是表面沉积有钽涂层 6, 内部为碳支架 4 的混合物, 其中具有球形孔洞 5 的碳支架 4 在个性化定制型钽植入物中所占质量比为 5%, 如图 5 所示。

[0114] 实施例 9:

[0115] 1) 利用临床患者骨组织的 CT 或 MRI 多平面重建图像在三维建模软件中重建骨组织三维模型, 然后将骨组织三维模型导入到反求软件中, 设计出个性化骨修复植入物模型;

[0116] 2) 对个性化骨修复植入物模型进行抽壳处理,得到抽壳后模型外壳,然后在抽壳后模型外壳内部添加纵横交错的网架 1,得到内部含有网架的植入物负型模具,其中,植入物负型模具的厚度  $h$  为 1mm,网架 1 直径  $d$  为 1mm,相邻网架 1 之间的间距为 5mm;

[0117] 3) 利用 3D 打印机制备步骤 2) 中的内部含有网架的植入物负型模具,如图 1 所示;

[0118] 4) 向内部含有网架的植入物负型模具中填满直径  $450 \sim 600 \mu\text{m}$  的可发性聚甲基丙烯酸甲酯 (EPMMA) 球形珠粒,得到填充了可烧失球形珠粒 2 的植入物负型模具,如图 2 所示;

[0119] 5) 将石墨粉与聚氨酯 A 胶混合均匀,再加入 B 胶,形成混合浆料 3;其中,石墨粉的粒径为  $2.5 \mu\text{m}$ ,A 胶与 B 胶的质量比为 1:1,石墨粉的质量分数为 55%;

[0120] 6) 将步骤 5) 得到的混合浆料 3 注入步骤 4) 中已经填充了可烧失球形珠粒 2 的植入物负型模具,如图 3 所示;

[0121] 7) 将模具在常温下放置 30 分钟,使其固化,得到固化后的植入物负型模具;

[0122] 8) 在真空下热解步骤 7) 固化后的植入物负型模具,制备具有球形孔洞 5 的碳支架 4;

[0123] 9) 利用气相沉积的方法在步骤 8) 得到的具有球形孔洞 5 的碳支架表面沉积钽涂层 6,得到个性化定制型钽植入物;其中,钽涂层 6 的厚度为  $5 \mu\text{m}$ 。最终的个性化定制型钽植入物是表面沉积有钽涂层 6,内部为碳支架 4 的混合物,其中具有球形孔洞 5 的碳支架 4 在个性化定制型钽植入物中所占质量比为 10%,如图 5 所示。

[0124] 实施例 10:

[0125] 1) 利用临床患者骨组织的 CT 或 MRI 多平面重建图像在三维建模软件中重建骨组织三维模型,然后将骨组织三维模型导入到反求软件中,设计出个性化骨修复植入物模型;

[0126] 2) 对个性化骨修复植入物模型进行抽壳处理,得到抽壳后模型外壳,然后在抽壳后模型外壳内部添加纵横交错的网架 1,得到内部含有网架 1 的植入物负型模具,其中,植入物负型模具的厚度  $h$  为 1mm,网架 1 直径  $d$  为 1mm,相邻网架 1 之间的间距为 5mm;

[0127] 3) 利用 3D 打印机制备步骤 2) 中的内部含有网架的植入物负型模具,如图 1 所示;

[0128] 4) 向内部含有网架 1 的植入物负型模具中填满球形直径  $100 \sim 200 \mu\text{m}$  石蜡珠粒,得到填充了球形石蜡珠粒的植入物负型模具,如图 2 所示;

[0129] 5) 将石墨粉与聚氨酯 A 胶混合均匀,再加入 B 胶,形成混合浆料 3;其中,石墨粉的粒径为  $0.5 \mu\text{m}$ ,A 胶与 B 胶的比例为 1:1,石墨粉的质量分数为 40%;

[0130] 6) 将步骤 5) 得到的混合浆料 3 注入步骤 4) 中已经填充了球形石蜡珠粒的植入物负型模具,如图 3 所示;

[0131] 7) 将模具在常温下放置 30 分钟,使其固化,得到固化后的植入物负型模具;

[0132] 8) 在真空下热解步骤 7) 固化后的植入物负型模具,制备具有球形孔洞的碳支架 4;

[0133] 9) 利用气相沉积的方法在步骤 8) 得到的具有球形孔洞 5 的碳支架表面沉积钽涂层 6,得到个性化定制型钽植入物;其中,钽涂层 6 的厚度为  $5 \mu\text{m}$ 。最终的个性化定制型钽植入物是表面沉积有钽涂层 6,内部为碳支架 4 的混合物,其中具有球形孔洞 5 的碳支架 4 在个性化定制型钽植入物中所占质量比为 10%,如图 5 所示。

[0134] 实施例 11：

[0135] 1) 利用临床患者骨组织的 CT 或 MRI 多平面重建图像在三维建模软件中重建骨组织三维模型,然后将骨组织三维模型导入到反求软件中,设计出个性化骨修复植入物模型；

[0136] 2) 对个性化骨修复植入物模型进行抽壳处理,得到抽壳后模型外壳,然后在抽壳后模型外壳内部添加纵横交错的网架 1,得到内部含有网架 1 的植入物负型模具,其中,植入物负型模具的厚度  $h$  为 1mm,网架 1 直径  $d$  为 1mm,相邻网架 1 之间的间距为 5mm；

[0137] 3) 利用 3D 打印机制备步骤 2) 中的内部含有网架的植入物负型模具,如图 1 所示；

[0138] 4) 向内部含有网架 1 的植入物负型模具中填满球形直径  $800 \sim 1000 \mu\text{m}$  石蜡珠粒,得到填充了球形石蜡珠粒的植入物负型模具,如图 2 所示；

[0139] 5) 将石墨粉与聚氨酯 A 胶混合均匀,再加入 B 胶,形成混合浆料 3；其中,石墨粉的粒径为  $5 \mu\text{m}$ ,A 胶与 B 胶的比例为 1:1,石墨粉的质量分数为 70%；

[0140] 6) 将步骤 5) 得到的混合浆料 3 注入步骤 4) 中已经填充了球形石蜡珠粒的植入物负型模具,如图 3 所示；

[0141] 7) 将模具在常温下放置 30 分钟,使其固化,得到固化后的植入物负型模具；

[0142] 8) 在真空下热解步骤 7) 固化后的植入物负型模具,制备具有球形孔洞的碳支架 4；

[0143] 9) 利用气相沉积的方法在步骤 8) 得到的具有球形孔洞 5 的碳支架表面沉积钽涂层 6,得到个性化定制型钽植入物；其中,钽涂层 6 的厚度为  $30 \mu\text{m}$ 。最终的个性化定制型钽植入物是表面沉积有钽涂层 6,内部为碳支架 4 的混合物,其中具有球形孔洞 5 的碳支架 4 在个性化定制型钽植入物中所占质量比为 5%,如图 5 所示。

[0144] 实施例 12：

[0145] 1) 利用临床患者骨组织的 CT 或 MRI 多平面重建图像在三维建模软件中重建骨组织三维模型,然后将骨组织三维模型导入到反求软件中,设计出个性化骨修复植入物模型；

[0146] 2) 对个性化骨修复植入物模型进行抽壳处理,得到抽壳后模型外壳,然后在抽壳后模型外壳内部添加纵横交错的网架 1,得到内部含有网架 1 的植入物负型模具,其中,植入物负型模具的厚度  $h$  为 1mm,网架 1 直径  $d$  为 1mm,相邻网架 1 之间的间距为 5mm；

[0147] 3) 利用 3D 打印机制备步骤 2) 中的内部含有网架的植入物负型模具,如图 1 所示；

[0148] 4) 向内部含有网架 1 的植入物负型模具中填满球形直径  $500 \sim 600 \mu\text{m}$  石蜡珠粒,得到填充了球形石蜡珠粒的植入物负型模具,如图 2 所示；

[0149] 5) 将石墨粉与聚氨酯 A 胶混合均匀,再加入 B 胶,形成混合浆料 3；其中,石墨粉的粒径为  $2.5 \mu\text{m}$ ,A 胶与 B 胶的比例为 1:1,石墨粉的质量分数为 55%；

[0150] 6) 将步骤 5) 得到的混合浆料 3 注入步骤 4) 中已经填充了球形石蜡珠粒的植入物负型模具,如图 3 所示；

[0151] 7) 将模具在常温下放置 30 分钟,使其固化,得到固化后的植入物负型模具；

[0152] 8) 在真空下热解步骤 7) 固化后的植入物负型模具,制备具有球形孔洞的碳支架 4；

[0153] 9) 利用气相沉积的方法在步骤 8) 得到的具有球形孔洞 5 的碳支架表面沉积钽涂

层 6, 得到个性化定制型钽植入物 ; 其中, 钽涂层 6 的厚度为  $70\ \mu\text{m}$ 。最终的个性化定制型钽植入物是表面沉积有钽涂层 6, 内部为碳支架 4 的混合物, 其中具有球形孔洞 5 的碳支架 4 在个性化定制型钽植入物中所占质量比为 1%, 如图 5 所示。

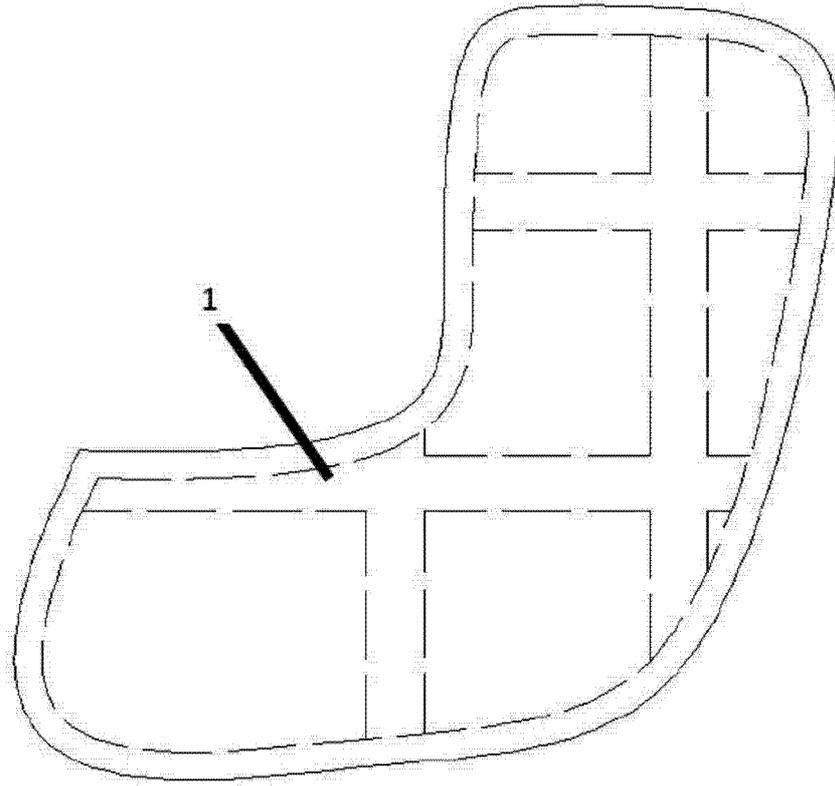


图 1

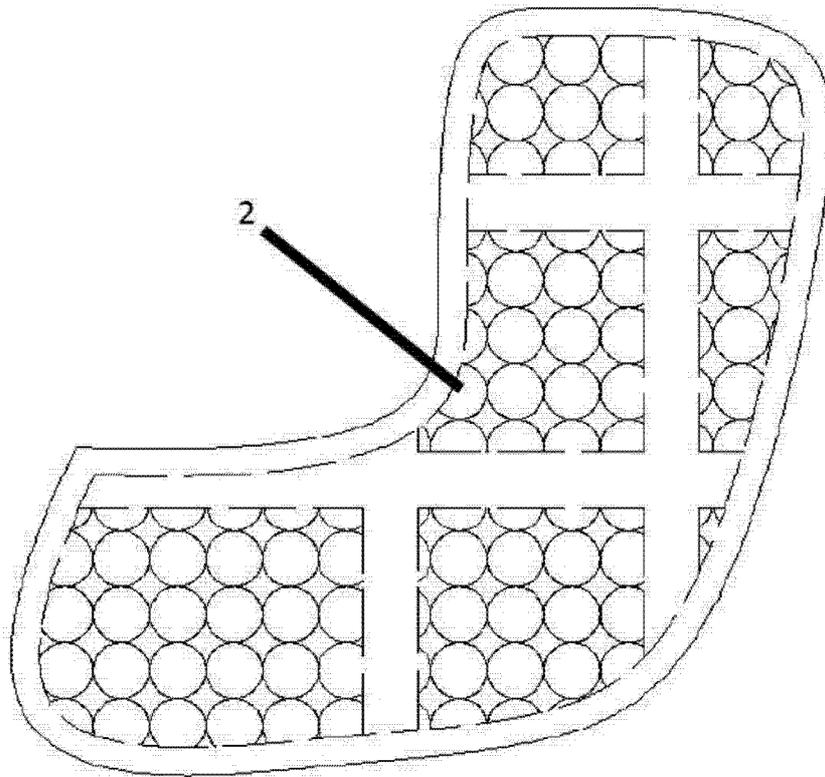


图 2

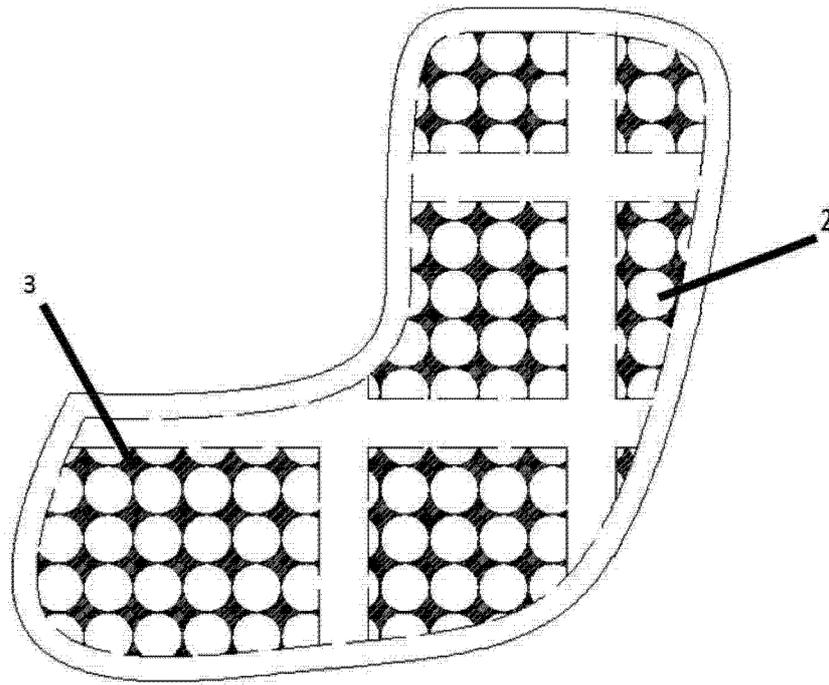


图 3

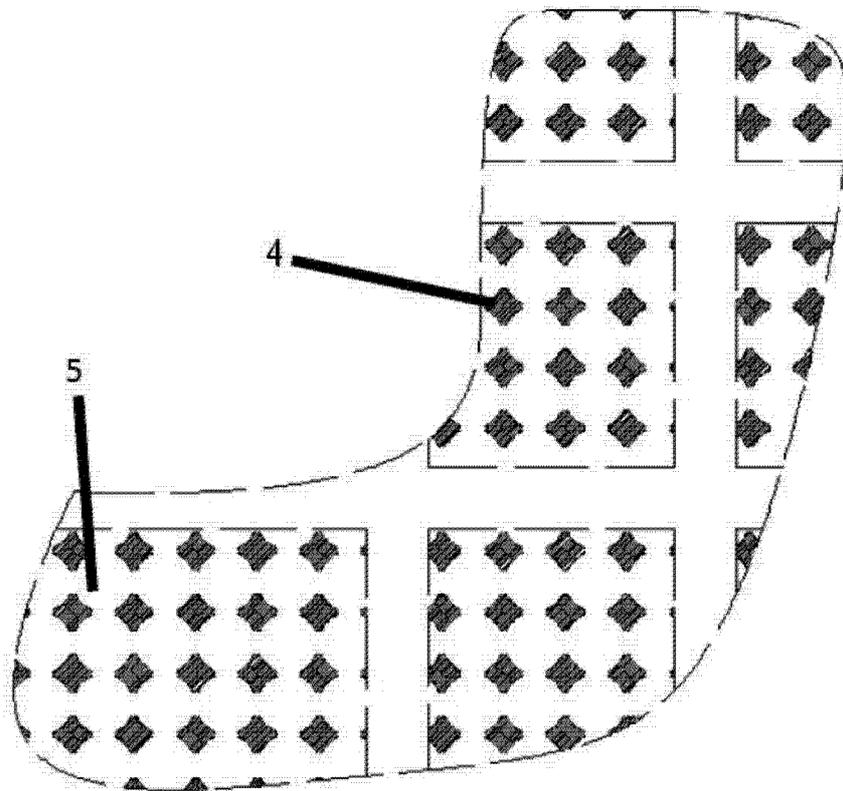


图 4

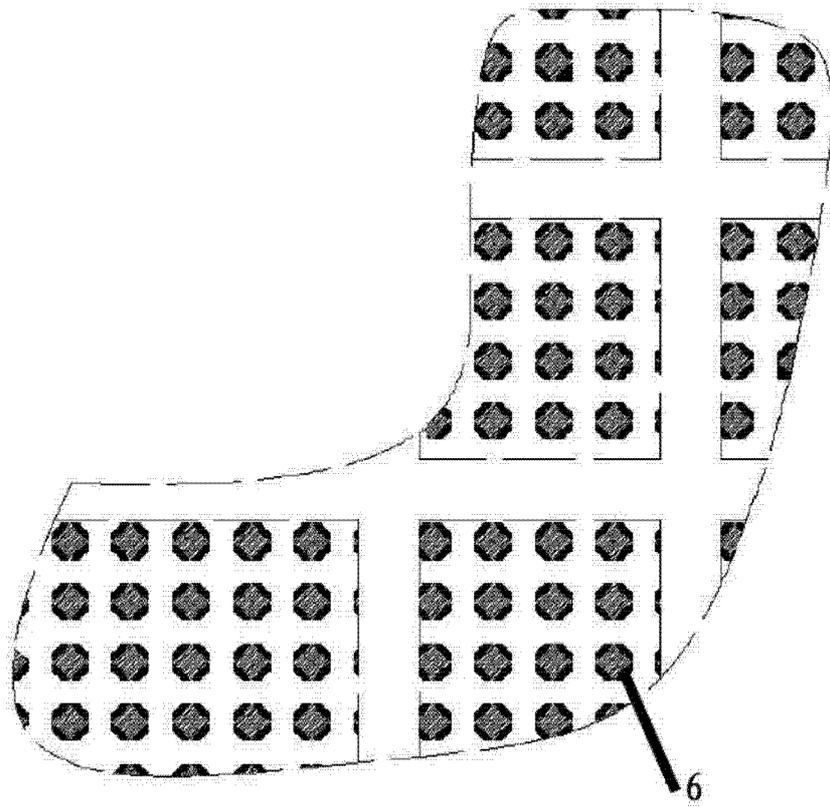


图 5