



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 105193445 A

(43) 申请公布日 2015. 12. 30

(21) 申请号 201510551128. 1

(22) 申请日 2015. 09. 01

(71) 申请人 中国科学院深圳先进技术研究院

地址 518055 广东省深圳市南山区西丽大学
城学苑大道 1068 号

(72) 发明人 温铁祥 辜嘉 谢耀钦 王磊

(74) 专利代理机构 深圳市科进知识产权代理事
务所(普通合伙) 44316

代理人 宋鹰武

(51) Int. Cl.

A61B 8/00(2006. 01)

权利要求书2页 说明书5页 附图4页

(54) 发明名称

一种超声探头标定体模、超声探头标定系统
及其标定方法

(57) 摘要

本发明提供的超声探头标定体模及系统,在所述超声探头标定体模的上表面的中间位置开设有凹形槽,其侧面开设有若干锥形孔,所述凹形槽内固定连接有二维超声探头,所述锥形孔中插入有 NDI 穿刺探针,通过超声图像可以获取所述 NDI 穿刺探针的尖端,本发明采用上述结构的超声探头标定系统,可以让超声平面的中性面沿着中间的缝隙正好过超声探头标定体模的中性面,使得超声平面的中性面正好采用 NDI 穿刺探针的尖端,这样很好的解决了“点型”体模和二维“面型”体模与超声平面不能对准的问题。另外,本发明还提供了一种超声探头标定方法。



1. 一种超声探头标定体模, 其特征在于, 所述超声探头标定体模的上表面的中间位置开设有凹形槽, 其一侧面上开设有若干锥形孔。

2. 一种超声探头标定系统, 其特征在于, 包括:

超声水槽, 其内盛放有纯净水;

超声探头标定体模, 固定于所述超声水槽内, 且所述纯净水刚好没过所述超声探头标定体模, 所述超声探头标定体模的上表面的中间位置开设有凹形槽, 其一侧面上开设有若干锥形孔;

二维超声探头, 固定于所述凹形槽内, 所述二维超声探头中还固定有定位跟踪装置; 以及

NDI 穿刺探针, 固定插入所述锥形孔中, 通过超声图像可以获取所述 NDI 穿刺探针的尖端。

3. 如权利要求 2 所述的超声探头标定系统, 其特征在于, 所述超声探头标定体模采用超声波通透性好的材料。

4. 如权利要求 3 所述的超声探头标定系统, 其特征在于, 所述超声探头标定体模采用有机玻璃。

5. 一种超声探头标定方法, 其特征在于, 包括下述步骤:

将所述超声探头标定体模固定于所述超声水槽中, 且使所述超声水槽中的纯净水刚好没入所述超声探头标定体模, 所述超声探头标定体模的上表面的中间位置开设有凹形槽, 其一侧面上开设有若干锥形孔;

将所述二维超声探头固定于所述凹形槽中, 所述二维超声探头中还固定有定位跟踪装置;

将所述 NDI 穿刺探针插入所述锥形孔中, 并通过超声图像获取所述 NDI 穿刺探针的尖端;

通过所述 NDI 穿刺探针同时获取所述尖端和所述定位跟踪装置在世界坐标系的位置信息, 并分别记为 y_i 及 $T_{S \rightarrow W}$;

记录所述尖端在所述超声图像平面上的像素位置信息, 记为 x_i , 且 $y_i = T_{S \rightarrow W} \cdot T_{P \rightarrow S} \cdot x_i$, 其中, $T_{P \rightarrow S}$ 为待求的超声成像平面坐标系 P 到超声探头定位装置坐标系 S 的变换矩阵;

采用基于迭代最邻近点的图像配准算法求解变换矩阵 $T_{P \rightarrow S}$, 可同步获取空间标定和时间标定。

6. 如权利要求 5 所述的超声探头标定方法, 其特征在于, 还包括下述步骤:

变换所述 NDI 穿刺探针在所述超声探头标定体模中的位置, 获取一些列所述尖端位置的点集对, 记为 $Y = \{y_i, i \in m\}$ 和 $X = \{x_i, i \in n\}$, 其中 $m \neq n$, m, n 为自然数;

基于迭代最邻近点的图像配准算法, 构建下述公式, 并对下述公式迭代地求解过程可看作对如下两个方程进行迭代地进行最小化的过程,

$$c_i^k = \arg \min_{y_i \in Y} \sum_{i=1}^m |T^k(x_i) - y_i|^2, \quad T^{k+1} = \arg \min_T \sum_{i=1}^n |T(x_i) - c_i^k|^2;$$

通过当前变换矩阵 T^k 将 X 集合的每一点 $x_i \in X$ 进行变换, 再在 Y 集合中寻找离 $T^k(x_i)$ 最近的点, 并将这一点标记为在第 k 次迭代的对应点 c_i^k , 这一步的结果为一组对应点对的

集合 (x_i, c_i^k) ;

反复进行上述操作,寻找一个变换矩阵 T 使得 $Y = \{y_i, i \in m\}$ 和 $X = \{x_i, i \in n\}$, 这两个点集对齐。

7. 如权利要求 5 所述的超声探头标定方法,其特征在于,所述超声探头标定体模采用超声波通透性好的材料。

8. 如权利要求 7 所述的超声探针标定方法,其特征在于,所述超声探头标定体模采用有机玻璃。

一种超声探头标定体模、超声探头标定系统及其标定方法

技术领域

[0001] 本发明涉及超声图像技术领域,尤其涉及一种超声探头标定体模、系统及其标定方法。

背景技术

[0002] 超声成像已经广泛应用于超声图像引导的介入手术、三维体数据的重建中。但是,普通二维超声探头没有外围定位设备,进而超声图像数据不能直接用于手术中。因此,必须有一种定位装置能和超声成像平面建立一种对应的变换关系。而超声探头标定就是确定固定在超声探头上的位置传感器坐标系转换为二维超声成像平面坐标系变换关系的过程。

[0003] 在超声探头的标定算法中,标定模型的设计和制作至关重要。模型设计的好坏直接影响到标定操作是否简易、标定特征点成像是否清晰、特征点提取是否方便以及后续的标定求解是否精确。经典的超声探头标定模型可分为两类:基于体模(Phantom-based)的标定模型和基于定位探针(Stylus-based)的标定模型。

[0004] 单点体模标定是通过对一个圆形的物体(如图1a)或交叉线的交点(如图1b)进行多角度的扫描成像,然后在扫描图像中分割出该点物体,并通常将该点物体看作该体模对象的坐标原点进行求解。这一类方法的标定精度依赖于超声图像上对特征点物体的定位精度,要确保超声图像平面刚好经过特征点物体的中心点。多点和交叉线体模的内部由多个交叉线形成多个可成像的圆形交点,同样要求超声图像平面通过交点所在平面。多个交点之间通常形成三点共线或三点共面三角形的关系(如图1c),并利用这些几何约束关系求解标定方程。二维形状体模的标定思想类似于多点体模,它是通过扫描二维平面物体的几何角点代替交叉线的交点(如图1d),在扫描图像上角点通常都表现出更高的亮度值。三交叉线体模由三个两两垂直的交叉线组成(如图1e),该体模的设计初衷是将三交叉线组成的坐标系统作为体模的局部坐标系统,使得超声扫描平面不需要垂直于超声探头标定体模,可相对简化扫描操作。

[0005] 面体模的标定方法以在水槽底部或在水槽中固定一个可在超声中清晰成像的平板作为超声探头标定体模,体模在超声中所成的像为一条直线,使得后续的图像特征(直线)提取更加容易,直线上的点个数对标定方程的求解是非常丰富的。N形体模由一层或多层尼龙线组成N形目标(如图1f),当超声平面切过这些N形目标时,每个N形靶线在图像上产生3个亮斑特征点。手动识别和拾取三个亮斑的坐标后,通过左右2个亮斑到中间亮斑的距离之比,并结合模型的设计约束,可以求解出N形目标与成像平面交点在设计坐标系中的三维坐标值。

[0006] 近年来,N形体模由于其制作简单,扫描方便快捷,因此得到广泛应用。然而超声探头的声场随着扫描深度增加而扩散,超声成像面并非理想的几何平面。有一定厚度的成像面与线形目标相交,发射目标在理想成像平面上的投影比不上一个点,从而形成线状甚至弧形的亮斑特征点,但是,这一的光斑在手工或者自动拾取标志点坐标时存在很大的误差和不确定性,引起N形目标三维坐标重建计算中的误差增大,导致这个过程中原本存在

的共面性丢失,进而引起标定精度的下降。

发明内容

[0007] 基于此,本发明提供一种超声探头标定体模,以有效解决现有技术存在的问题。

[0008] 一方面本发明提供了一种超声探头标定体模,所述超声探头标定体模的上表面的中间位置开设有凹形槽,其一侧面上开设有若干锥形孔。

[0009] 另一方面本发明还提供了一种超声探头标定系统,包括:

[0010] 超声水槽,其内盛放有纯净水;

[0011] 超声探头标定体模,固定于所述超声水槽内,且所述纯净水刚好没过所述超声探头标定体模,所述超声探头标定体模的上表面的中间位置开设有凹形槽,其一侧面上开设有若干锥形孔;

[0012] 二维超声探头,固定于所述凹形槽内,所述二维超声探头中还固定有定位跟踪装置;以及

[0013] NDI 穿刺探针,固定插入所述锥形孔中,通过超声图像可以获取所述 NDI 穿刺探针的尖端。

[0014] 在一些实施例中,所述超声探头标定体模采用超声波通透性好的材料。

[0015] 在一些实施例中,所述超声探头标定体模采用有机玻璃。

[0016] 再一方面,本发明还提供了一种超声探头标定方法,包括下述步骤:

[0017] 将所述超声探头标定体模固定于所述超声水槽中,且使所述超声水槽中的纯净水刚好没入所述超声探头标定体模,所述超声探头标定体模的上表面的中间位置开设有凹形槽,其一侧面上开设有若干锥形孔;

[0018] 将所述二维超声探头固定于所述凹形槽中,所述二维超声探头中还固定有定位跟踪装置;

[0019] 将所述 NDI 穿刺探针插入所述锥形孔中,并通过超声图像获取所述 NDI 穿刺探针的尖端;

[0020] 通过所述 NDI 穿刺探针同时获取所述尖端和所述定位跟踪装置在世界坐标系的位置信息,并分别记为 y_i 及 $T_{S \rightarrow W}$;

[0021] 记录所述尖端在所述超声图像平面上的像素位置信息,记为 x_i , 且 $y_i = T_{S \rightarrow W} \cdot T_{P \rightarrow S} \cdot x_i$, 其中, $T_{P \rightarrow S}$ 为待求的超声成像平面坐标系 P 到超声探头定位装置坐标系 S 的变换矩阵;

[0022] 采用基于迭代最邻近点的图像配准算法求解变换矩阵 $T_{P \rightarrow S}$, 可同步获取空间标定和时间标定。

[0023] 在一些实施例中,还包括下述步骤:

[0024] 变换所述 NDI 穿刺探针在所述超声探头标定体模中的位置,获取一些列所述尖端位置的点集对,记为 $Y = \{y_i, i \in m\}$ 和 $X = \{x_i, i \in n\}$, 其中 $m \neq n$, m, n 为自然数;

[0025] 基于迭代最邻近点的图像配准算法,构建下述公式,并对下述公式迭代地求解过程可看作对如下两个方程进行迭代地进行最小化的过程,

$$[0026] \quad c_i^k = \arg \min_{y_i \in Y} \sum_{i=1}^m |T^k(x_i) - y_i|^2, \quad T^{k+1} = \arg \min_T \sum_{i=1}^n |T(x_i) - c_i^k|^2;$$

[0027] 通过当前变换矩阵 T^k 将 X 集合的每一点 $x_i \in X$ 进行变换, 再在 Y 集合中寻找离 $T^k(x_i)$ 最近的点, 并将这一点标记为在第 k 次迭代的对应点 c_i^k , 这一步的结果为一组对应点对的集合 (x_i, c_i^k) ;

[0028] 反复进行上述操作, 寻找一个变换矩阵 T 使得 $Y = \{y_i, i \in m\}$ 和 $X = \{x_i, i \in n\}$, 这两个点集对齐。

[0029] 在一些实施例中, 所述超声探头标定体模采用超声波通透性好的材料。

[0030] 在一些实施例中, 所述超声探头标定体模采用有机玻璃。

[0031] 本发明采用上述技术方案具有下述有益效果:

[0032] 本发明提供的超声探头标定体模, 在上表面的中间位置开设有凹形槽, 其侧面开设有若干锥形孔, 由于该超声探头标定体模的这种结构使得二维超声探头可以固定在超声探头标定体模上, 这样避免了手持等造成的意外抖动误差, 极大的提高了标定系统的实用性。

[0033] 本发明提供的超声探头标定系统, 在所述超声探头标定体模的上表面的中间位置开设有凹形槽, 其侧面开设有若干锥形孔, 所述凹形槽内固定连接有二维超声探头, 所述锥形孔中插入有 NDI 穿刺探针, 通过超声图像可以获取所述 NDI 穿刺探针的尖端, 本发明采用上述结构的超声探头标定系统, 可以让超声平面的中性面沿着中间的缝隙正好过超声探头标定体模的中性面, 使得超声平面的中性面正好采用 NDI 穿刺探针的尖端, 这样很好的解决了“点型”体模和二维“面型”体模与超声平面不能对准的问题。

[0034] 本发明提供的超声探头标定方法, 采用基于迭代最邻近点的图像配准算法: i) 能自动找到两个点集 (超声探头标定体模上的特征点和超声成像平面上对应的特征点) 之间的对应关系, 因此并不需要两个点集之间在时间上的同步; ii) 不需要两个点集之间集合个数相等; iii) 一旦变换矩阵求解获得, 可逆向求解出标定系统中图像数据和定位数据之间的延时, 因此, 上述算法很好的解决了超声探头空间标定和时间标定的问题。

附图说明

[0035] 图 1 中 (a) 为现有技术提供的超声探头标定体模的点体模的结构示意图;

[0036] 图 1 中 (b) 为现有技术提供的超声探头标定体模的单交叉线体模的结构示意图;

[0037] 图 1 中 (c) 为现有技术提供的超声探头标定体模的多交叉线体模的结构示意图;

[0038] 图 1 中 (d) 为现有技术提供的超声探头标定体模的二维形状体模的结构示意图;

[0039] 图 1 中 (e) 为现有技术提供的超声探头标定体模的三交叉线体模的结构示意图;

[0040] 图 1 中 (f) 为现有技术提供的超声探头标定体模的 N 形体模的结构示意图;

[0041] 图 2 为本发明实施例提供的超声探头标定体模的结构示意图;

[0042] 图 3 为本发明实施例提供的超声探头标定系统的结构示意图;

[0043] 图 4 为本发明实施例提供的超声探头标定方法的步骤流程图;

[0044] 图 5 为本发明实施例提供的 NDI 穿刺探针在超声探头上的成像。

具体实施方式

[0045] 为了便于理解本发明, 下面将参照相关附图对本发明进行更全面的描述。附图中

给出了本发明的较佳实施方式。以上仅为本发明的优选实施例,并非因此限制本发明的专利范围,凡是利用本发明说明书及附图内容所作的等效结构或等效流程变换,或直接或间接运用在其他相关的技术领域,均同理包括在本发明的专利保护范围内。

[0046] 请参阅图 2,本发明实施例提供一种超声探头标定体模 100,其上表面的中间位置开设有凹形槽 110,其一侧面上开设有若干锥形孔(图未示)。

[0047] 可以理解,所述超声探头标定体模 100 采用超声波通透性好的材料;特别地,所述超声探头标定体模 100 采用有机玻璃。

[0048] 本发明提供的超声探头标定体模 100,由于在上表面的中间位置开设有凹形槽 110,其侧面开设有若干锥形孔,由于该超声探头标定体模的这种结构使得二维超声探头可以固定在超声探头标定体模上,这样避免了手持等造成的意外抖动误差,极大的提高了标定系统的实用性。

[0049] 请参阅图 3,本发明实施例提供一种超声探头标定系统,包括:超声水槽 210、超声探头标定体模 100、二维超声探头 220 以及 NDI 穿刺探针 230。

[0050] 其中,超声水槽 210,其内盛放有纯净水;超声探头标定体模 100,固定于所述超声水槽 210 内,且所述纯净水刚好没过所述超声探头标定体模 100;所述二维超声探头 220,固定于所述凹形槽 110 内,所述二维超声探头 220 中还固定有定位跟踪装置(图未示);NDI 穿刺探针 230,固定插入所述锥形孔中,通过超声图像可以获取所述 NDI 穿刺探针 230 的尖端。

[0051] 本发明采用上述结构的超声探头标定系统 200,可以让超声平面的中性面沿着中间的缝隙正好过超声探头标定体模的中性面,使得超声平面的中性面正好采用 NDI 穿刺探针的尖端,这样很好的解决了“点型”体模和二维“面型”体模与超声平面不能对准的问题。

[0052] 请参阅图 4,为本发明实施例提供的超声探头标定方法的步骤流程图,包括下述步骤:

[0053] 步骤 S310:将所述超声探头标定体模固定于所述超声水槽中,且使所述超声水槽中的纯净水刚好没入所述超声探头标定体模;

[0054] 步骤 S320:将所述二维超声探头固定于所述凹形槽中,所述二维超声探头中还固定有定位跟踪装置;

[0055] 步骤 S330:将所述 NDI 穿刺探针插入所述锥形孔中,并通过超声图像获取所述 NDI 穿刺探针的尖端;可以理解,获取的尖端图像理论上说应该是与缝隙中另一侧壁的交点,但由于实际超声平面具有一定的厚度,存在一个非常小的误差,可得如图 5 中圈内小圆点,成像效果表明 NDI 穿刺探针尖端特征点成像质量非常好,可以满足手动好自动分割的精度要求。

[0056] 步骤 S340:通过所述 NDI 穿刺探针同时获取所述尖端和所述定位跟踪装置在世界坐标系的位置信息,并分别记为 y_i 及 $T_{S \rightarrow W}$;

[0057] 步骤 S350:记录所述尖端在所述超声图像平面上的像素位置信息,记为 x_i ,且 $y_i = T_{S \rightarrow W} \cdot T_{P \rightarrow S} \cdot x_i$,其中, $T_{P \rightarrow S}$ 为待求的超声成像平面坐标系 P 到超声探头定位装置坐标系 S 的变换矩阵;可以理解,在空间上 x_i 和 y_i 是同一点在两个不同坐标系统表示下的不同表示;

[0058] 步骤 S360:采用基于迭代最邻近点的图像配准算法求解变换矩阵 $T_{P \rightarrow S}$,可同步获

取空间标定和时间标定。

[0059] 可以理解,本发明采用基于迭代最邻近点 (Iterative Closest Point, ICP) 的图像配准算法来对待求解变换矩阵进行求解,可同时解决空间标定和时间标定,能极大的提高了标定的精准度。

[0060] 在另一实施例中,还包括下述步骤:

[0061] 步骤 S370:变换所述 NDI 穿刺探针在所述超声探头标定体模中的位置,获取一些列所述尖端位置的点集对,记为 $Y = \{y_i, i \in m\}$ 和 $X = \{x_i, i \in n\}$,其中 $m \neq n$, m, n 为自然数;

[0062] 步骤 S380:基于迭代最邻近点的图像配准算法,构建下述公式,并对下述公式迭代地求解过程可看作对如下两个方程进行迭代地进行最小化的过程,

$$[0063] \quad c_i^k = \arg \min_{y_i \in Y} \sum_{i=1}^m |T^k(x_i) - y_i|^2, \quad T^{k+1} = \arg \min_T \sum_{i=1}^n |T(x_i) - c_i^k|^2;$$

[0064] 可以理解,ICP 算法的一个最显著特点是:它不要求点集 X 和 Y 中的点是完全一一对应的。反之,如果这两个点集对应的变换矩阵 T 是已知的,那么可用 ICP 确定两个点集间的一一对应关系。在数学上,ICP 算法的求解过程可看作对上述两个方程进行迭代地进行最小化的过程。

[0065] 步骤 S390:通过当前变换矩阵 T^k 将 X 集合的每一点 $x_i \in X$ 进行变换,再在 Y 集合中寻找离 $T^k(x_i)$ 最近的点,并将这一点标记为在第 k 次迭代的对应点 c_i^k ,这一步的结果为一组对应点对的集合 (x_i, c_i^k) ;

[0066] 步骤 S410:反复进行上述操作,寻找一个变换矩阵 T 使得 $Y = \{y_i, i \in m\}$ 和 $X = \{x_i, i \in n\}$,这两个点集对齐。

[0067] 本发明提供的超声探头标定方法,采用基于迭代最邻近点的图像配准算法:i) 能自动找到两个点集(超声探头标定体模上的特征点和超声成像平面上对应的特征点)之间的对应关系,因此并不需要两个点集之间在时间上的同步;ii) 不需要两个点集之间集合个数相等;iii) 一旦变换矩阵求解获得,可逆向求解出标定系统中图像数据和定位数据之间的延时,因此,上述算法很好的解决了超声探头空间标定和时间标定的问题。

[0068] 以上所述实施例仅表达了本发明的几种实施方式,其描述较为具体和详细,但并不能因此而理解为对本发明专利范围的限制。应当指出的是,对于本领域的普通技术人员来说,在不脱离本发明构思的前提下,还可以做出若干变形和改进,这些都属于本发明的保护范围。因此,本发明的保护范围应以所附权利要求为准。

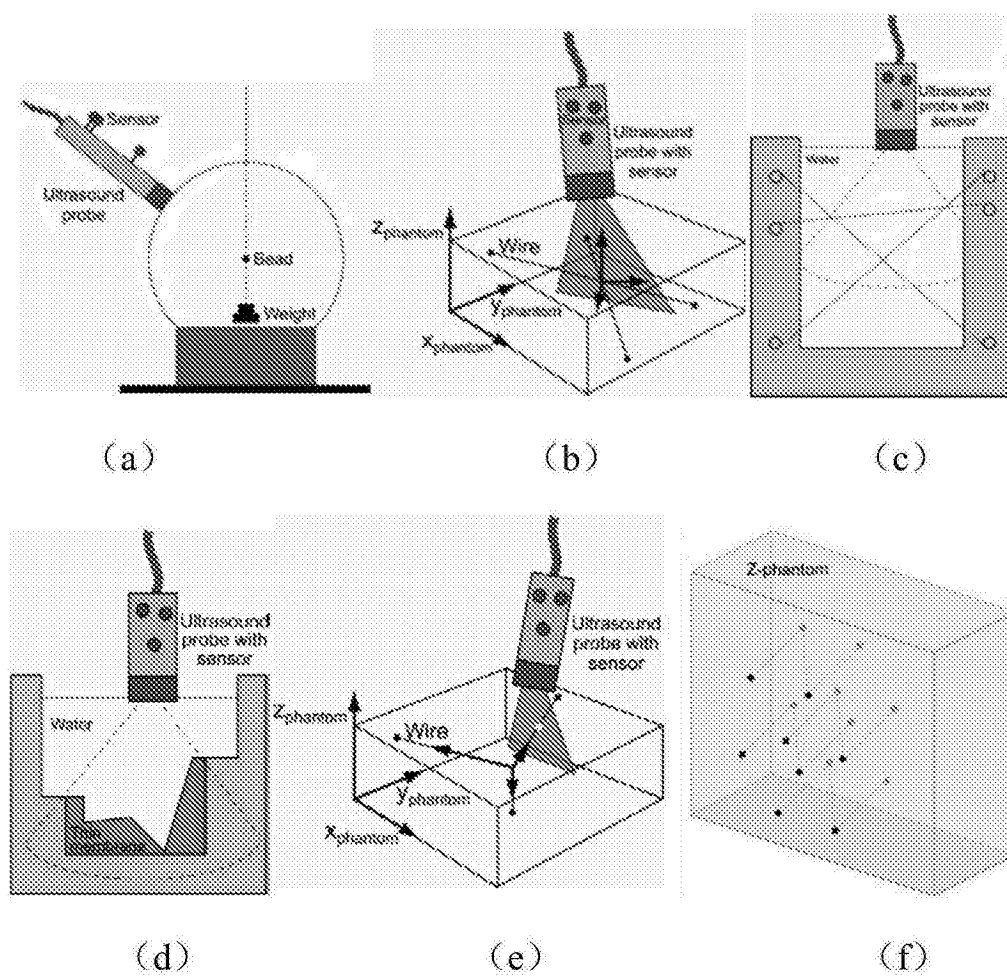


图 1

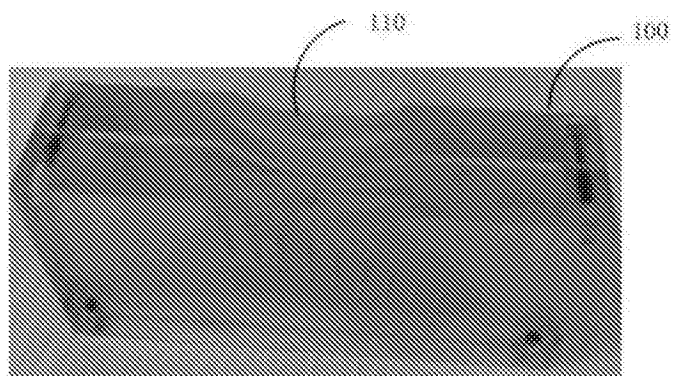


图 2

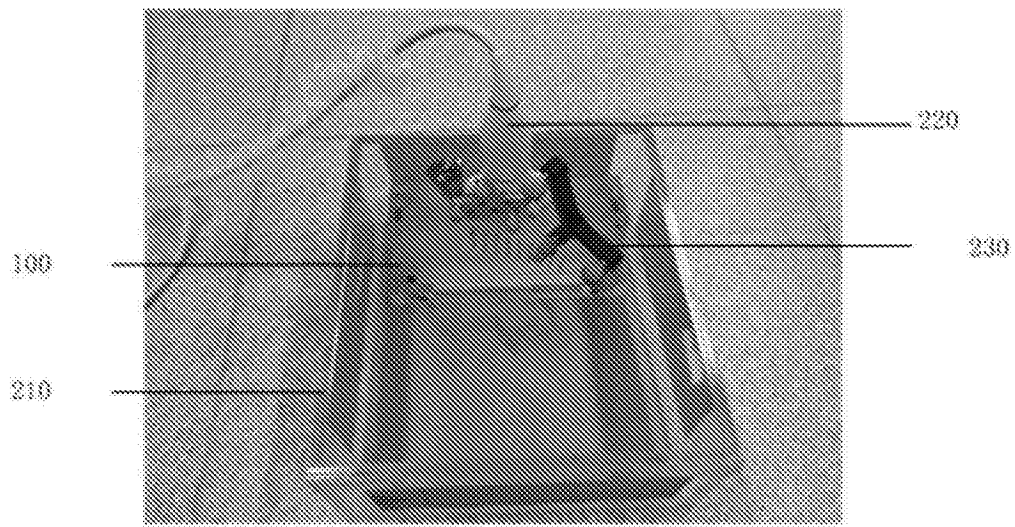


图 3



图 4

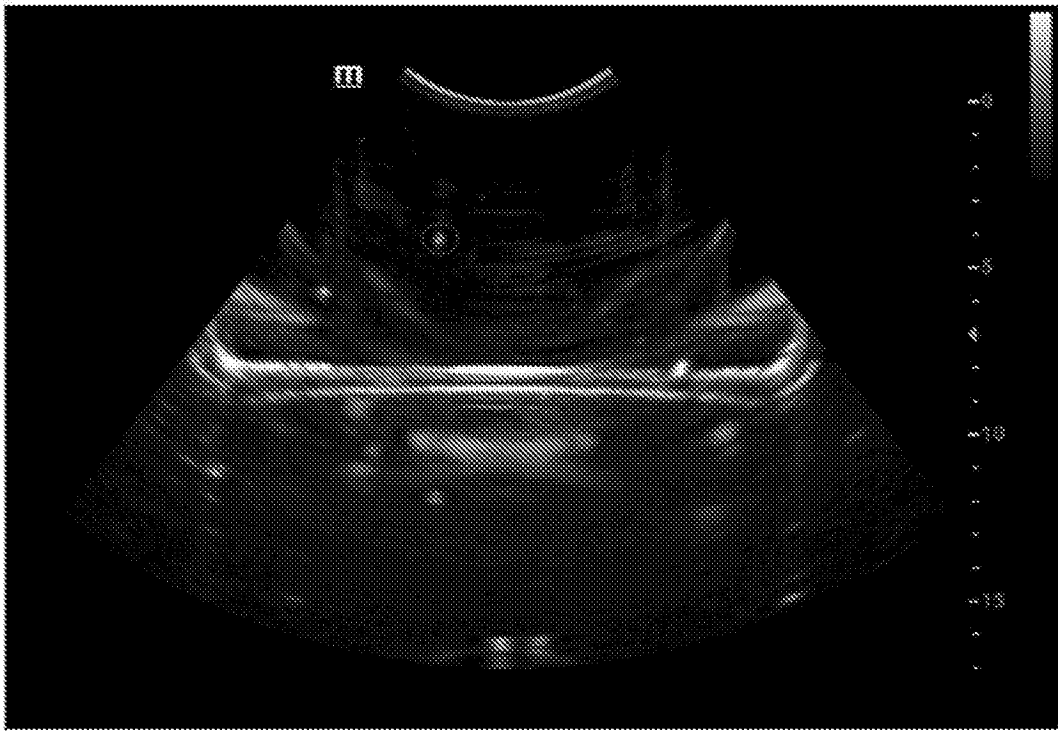


图 5

专利名称(译)	一种超声探头标定体模、超声探头标定系统及其标定方法		
公开(公告)号	CN105193445A	公开(公告)日	2015-12-30
申请号	CN201510551128.1	申请日	2015-09-01
[标]申请(专利权)人(译)	深圳先进技术研究院		
申请(专利权)人(译)	中国科学院深圳先进技术研究院		
当前申请(专利权)人(译)	中国科学院深圳先进技术研究院		
[标]发明人	温铁祥 辜嘉 谢耀钦 王磊		
发明人	温铁祥 辜嘉 谢耀钦 王磊		
IPC分类号	A61B8/00		
CPC分类号	A61B8/4254 A61B8/587 A61B8/4444		
其他公开文献	CN105193445B		
外部链接	Espacenet SIPO		

摘要(译)

本发明提供的超声探头标定体模及系统，在所述超声探头标定体模的上表面的中间位置开设有凹形槽，其侧面开设有若干锥形孔，所述凹形槽内固定连接有二维超声探头，所述锥形孔中插入有NDI穿刺探针，通过超声图像可以获取所述NDI穿刺探针的尖端，本发明采用上述结构的超声探头标定系统，可以让超声平面的中性面沿着中间的缝隙正好过超声探头标定体模的中性面，使得超声平面的中性面正好采用NDI穿刺探针的尖端，这样很好的解决了“点型”体模和二维“面型”体模与超声平面不能对准的问题。另外，本发明还提供了一种超声探头标定方法。

