



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 110584713 A

(43)申请公布日 2019.12.20

(21)申请号 201910936944.2

(22)申请日 2019.09.29

(71)申请人 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 蔡飞燕 夏向向 郑海荣 邹峰  
刘佳妹 周慧

(74)专利代理机构 深圳中一联合知识产权代理有限公司 44414

代理人 张杨梅

(51)Int.Cl.

A61B 8/08(2006.01)

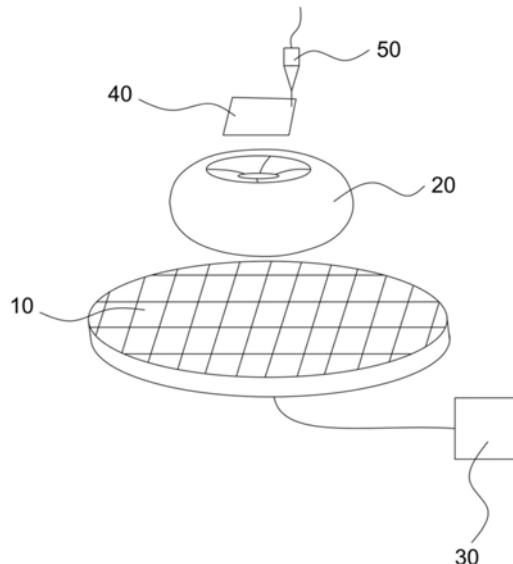
权利要求书1页 说明书4页 附图2页

(54)发明名称

超分辨超声显微装置

(57)摘要

本发明涉及超声成像技术领域，提供一种超分辨超声显微装置包括平面超声换能器、声人工结构件以及成像装置。平面超声换能器的发射端发射出一定频率的超声声波信号，超声声波经过声人工结构件后发生衍射现象，并且，沿超声声波的传输方向在声人工结构件的后于声人工结构件远离平面超声换能器的一侧形成超衍射极限聚焦声场区域，置于超衍射极限聚焦声场区域内的待成像对象阻挡的超声声波反射至平面超声换能器并接收，最后，接收的信号传输至成像装置进行超声成像，并且，其成像图像的分辨率更高。



1. 一种超分辨超声显微装置，其特征在于，包括用于发射超声声波信号的平面超声换能器、位于所述平面超声换能器的发射端的一侧且用于调控声波超衍射极限聚焦的声人工结构件以及用于接收所述平面超声换能器的成像反射信号的成像装置，超声声波经过所述声人工结构件后于所述声人工结构件远离所述平面超声换能器的一侧形成用于对待成像对象进行成像的超衍射极限聚焦声场区域。

2. 根据权利要求1的所述超分辨超声显微装置，其特征在于，所述声人工结构件为首尾连接且封闭的圆环柱体，所述圆环柱体的中部具有供超声声波穿过用以超衍射极限聚焦声场的第一衍射通道。

3. 根据权利要求2的所述超分辨超声显微装置，其特征在于，所述圆环柱体的圆环直径范围为大于等于 $4\lambda$ 且小于等于 $12\lambda$ ，其中， $\lambda$ 为超声声波的波长。

4. 根据权利要求3的所述超分辨超声显微装置，其特征在于，所述圆环柱体的柱体直径范围为大于等于 $0.2\lambda$ 且小于等于 $6\lambda$ 。

5. 根据权利要求1的所述超分辨超声显微装置，其特征在于，所述声人工结构件为片状柱体，所述片状柱体的中部开设有供超声声波穿过用以超衍射极限聚焦声场的第二衍射通道。

6. 根据权利要求5的所述超分辨超声显微装置，其特征在于，所述片状柱体的直径范围为大于等于 $2.4\lambda$ 且小于等于 $12\lambda$ ，其中， $\lambda$ 为超声声波的波长。

7. 根据权利要求6的所述超分辨超声显微装置，其特征在于，所述第二衍射通道的直径范围为大于等于 $0.4\lambda$ 且小于等于 $10\lambda$ 。

8. 根据权利要求7的所述超分辨超声显微装置，其特征在于，所述片状柱体的厚度范围为大于等于 $0.2\lambda$ 且小于等于 $\lambda$ 。

9. 根据权利要求1至8任一项的所述超分辨超声显微装置，其特征在于，所述超衍射极限聚焦声场区域的声波聚焦焦斑小于等于 $0.61\lambda$ ，其中， $\lambda$ 为超声声波的波长。

10. 根据权利要求1至8任一项的所述超分辨超声显微装置，其特征在于，所述超分辨超声显微装置还包括针式超声探测器，所述针式超声探测器沿超声声波传播方向设置且设于所述超衍射极限聚焦声场区域内。

## 超分辨超声显微装置

### 技术领域

[0001] 本发明涉及超声成像技术领域,具体涉及一种超分辨超声显微装置。

### 背景技术

[0002] 超声作为一种机械波,是由物体(声源)振动产生,并通过压缩和膨胀媒质导致其传播。超声除了具有波的一般属性,还有一个重要特点,即在水、肌肉等人体组织内的衰减很小,可以抵达较深的人体组织。医学超声波与人体组织相互作用,主要应用了声波与物质相互作用的基本物理特性,具有波动效应、力学效应和热效应等三大声学效应,这些效应在生物医学中有着重要的应用或重大潜力。传统的超声基于波动效应和热效应,已经发展成为具有成像诊断和热消融治疗两大基本功能。波动效应可用于B超、彩超、造影等在临床具有十分广泛应用的超声成像诊断技术;热效应可用于肿瘤的热消融和神经核团毁损治疗,比如高强度聚焦超声。

[0003] 超声成像,尤其是B超成像一直作为人体器官诊断的主要检测方法,随着超声的迅速发展,超声成像如内径超声、造影超声、三维成像、弹性成像等均在B超成像的基础上快速发展。现今B超成像均是利用传统曲面超声换能器,或者利用凸面声透镜结合平面超声换能器进行超声成像。而由于经典波本身存在衍射极限的限制,一般情况下很难打破限制实现超分辨。由此超声成像的分辨率不是很高,无法分辨人体组织的细微结构及形态。

### 发明内容

[0004] 本发明的目的在于提供一种超分辨超声显微装置及其应用,旨在解决现有的超声成像设备成像分辨率低的问题。

[0005] 为实现上述目的,本发明采用的技术方案是:超分辨超声显微装置,包括用于发射超声声波信号的平面超声换能器、位于所述平面超声换能器的发射端的且用于调控声波超衍射极限聚焦的声人工结构件以及用于接收所述平面超声换能器的成像反射信号的成像装置,超声声波经过所述声人工结构件后形成用于对待成像对象进行成像的超衍射极限聚焦声场区域。

[0006] 在一个实施例中,所述声人工结构件为首尾连接且封闭的圆环柱体,圆环柱体的中部具有供超声声波穿过用以超衍射极限聚焦声场的第一衍射通道。

[0007] 在一个实施例中,所述圆环柱体的圆环直径范围为大于等于 $4\lambda$ 且小于等于 $12\lambda$ ,其中, $\lambda$ 为超声声波的波长。

[0008] 在一个实施例中,所述圆环柱体的柱体直径范围为大于等于 $0.2\lambda$ 且小于等于 $6\lambda$ 。

[0009] 在一个实施例中,所述圆环柱体的材质为树脂、橡胶以及聚甲基丙烯酸甲酯中的任意一种。

[0010] 在一个实施例中,所述声人工结构件为片状柱体,所述片状柱体的中部开设有供超声声波穿过用以超衍射极限聚焦声场的第二衍射通道。

[0011] 在一个实施例中,所述片状柱体的直径范围为大于等于 $2.4\lambda$ 且小于等于 $12\lambda$ ,其

中,  $\lambda$  为超声声波的波长。

[0012] 在一个实施例中, 所述第二衍射通道的直径范围为大于等于  $0.4\lambda$  且小于等于  $10\lambda$ 。

[0013] 在一个实施例中, 所述片状柱体的厚度范围为大于等于  $0.2\lambda$  且小于等于  $\lambda$ 。

[0014] 在一个实施例中, 所述片状柱体的材质为树脂、橡胶以及聚甲基丙烯酸甲酯中的任意一种。

[0015] 在一个实施例中, 所述平面超声换能器的发射频率范围为  $0.2\text{MHz} \sim 100\text{MHz}$ 。

[0016] 在一个实施例中, 所述超衍射极限聚焦声场区域的声波聚焦焦斑小于等于  $0.61\lambda$ , 其中,  $\lambda$  为超声声波的波长。

[0017] 在一个实施例中, 所述超分辨超声显微装置还包括针式超声探测器, 所述针式超声探测器沿超声声波传播方向设置且设于所述超衍射极限聚焦声场区域内。

[0018] 第二方面, 提供了一种上述超分辨超声显微装置的应用, 将所述超分辨超声显微装置应用于超分辨成像。

[0019] 在一个实施例中, 所述超分辨超声显微装置用于超分辨成像的对象的尺寸小于等于  $0.61\lambda$ , 其中,  $\lambda$  为超声声波的波长。

[0020] 本发明的有益效果: 本发明提供的超分辨超声显微装置, 其工作原理如下: 平面超声换能器的发射端发射出一定频率的超声声波信号, 超声声波经经过声人工结构件后发生衍射现象, 并且, 沿超声声波的传输方向在声人工结构件后于声人工结构件远离平面超声换能器的一侧形成超衍射极限聚焦声场区域, 置于超衍射极限聚焦声场区域内的被待成像对象阻挡超声声波反射至平面超声换能器并接收, 最后, 接收的信号传输至成像装置进行超声成像, 并且, 获得分辨率更高成像图像。

## 附图说明

[0021] 为了更清楚地说明本发明实施例中的技术方案, 下面将对实施例或现有技术描述中所需要使用的附图作简单地介绍, 显而易见地, 下面描述中的附图仅仅是本发明的一些实施例, 对于本领域普通技术人员来讲, 在不付出创造性劳动性的前提下, 还可以根据这些附图获得其他的附图。

[0022] 图1是本申请一实施例提供的超分辨超声显微装置的结构示意图;

[0023] 图2是本申请一实施例提供的超分辨超声显微装置的声人工结构的剖面图;

[0024] 图3是本申请另一实施例提供的超分辨超声显微装置的声人工结构的结构示意图。

## 具体实施方式

[0025] 下面详细描述本发明的实施例, 所述实施例的示例在附图中示出, 其中自始至终相同或类似的标号表示相同或类似的元件或具有相同或类似功能的元件。下面通过参考附图描述的实施例是示例性的, 旨在用于解释本发明, 而不能理解为对本发明的限制。

[0026] 在本发明的描述中, 需要理解的是, 术语“长度”、“宽度”、“上”、“下”、“前”、“后”、“左”、“右”、“竖直”、“水平”、“顶”、“底”“内”、“外”等指示的方位或位置关系为基于附图所示的方位或位置关系, 仅是为了便于描述本发明和简化描述, 而不是指示或暗示所指的装置或元件必须具有特定的方位、以特定的方位构造和操作, 因此不能理解为对本发明的限

制。

[0027] 此外,术语“第一”、“第二”仅用于描述目的,而不能理解为指示或暗示相对重要性或者隐含指明所指示的技术特征的数量。由此,限定有“第一”、“第二”的特征可以明示或者隐含地包括一个或者更多个该特征。在本发明的描述中,“多个”的含义是两个或两个以上,除非另有明确具体的限定。

[0028] 在本发明中,除非另有明确的规定和限定,术语“安装”、“相连”、“连接”、“固定”等术语应做广义理解,例如,可以是固定连接,也可以是可拆卸连接,或成一体;可以是机械连接,也可以是电连接;可以是直接相连,也可以通过中间媒介间接相连,可以是两个元件内部的连通或两个元件的相互作用关系。对于本领域的普通技术人员而言,可以根据具体情况理解上述术语在本发明中的具体含义。

[0029] 请参考图1,本申请实施例提供的超分辨超声显微装置,包括用于发射超声声波信号的平面超声换能器10、位于平面超声换能器10的发射端的且用于调控声波超衍射极限聚焦的声人工结构件20以及用于接收平面超声换能器10的成像反射信号的成像装置30。超声声波经过声人工结构件20后形成用于对待成像对象进行成像的超衍射极限聚焦声场区域40。

[0030] 本申请实施例提供的超分辨超声显微装置,其工作原理如下:平面超声换能器10的发射端发射出一定频率的超声声波信号,超声声波经过声人工结构件20后发生衍射现象,并且,沿超声声波的传输方向在声人工结构件20后于声人工结构件20远离平面超声换能器10的一侧形成超衍射极限聚焦声场区域40,置于超衍射极限聚焦声场区域40内的被待成像对象阻挡的超声声波反射至平面超声换能器10并接收,最后,接收的信号传输至成像装置30进行超声成像,并且,获得分辨率更高的成像图像。

[0031] 请参考图1和图2,在一个实施例中,声人工结构件20为首尾连接且封闭的圆环柱体,圆环柱体的中部具有供超声声波穿过用以超衍射极限聚焦声场的第一衍射通道20a。可以理解地,圆环柱体是由一柱状杆体首尾连接形成封闭的且中部具有第一衍射通道20a的圆环结构。平面超声换能器10发射端发射的超声声波在第一衍射通道20a处发生衍射,并形成超衍射极限聚焦声场区域40。

[0032] 产生超衍射极限聚焦声场区域40需要满足下列条件:圆环柱体的圆环直径D1范围为大于等于 $4\lambda$ 且小于等于 $12\lambda$ 。可以理解地,圆环柱体的圆环直径D1可为 $4\lambda$ 、 $4.5\lambda$ 、 $5\lambda$ 、 $5.5\lambda$ 、 $6\lambda$ 、 $6.5\lambda$ 、 $7\lambda$ 、 $7.5\lambda$ 、 $8\lambda$ 、 $8.5\lambda$ 、 $9\lambda$ 、 $9.5\lambda$ 、 $10\lambda$ 、 $10.5\lambda$ 、 $11\lambda$ 、 $11.5\lambda$ 以及 $12\lambda$ 。圆环柱体的柱体直径d1范围为大于等于 $0.2\lambda$ 且小于等于 $6\lambda$ 。圆环柱的柱体直径d1可为 $0.2\lambda$ 、 $0.4\lambda$ 、 $0.6\lambda$ 、 $0.8\lambda$ 、 $1$ 、 $1.2\lambda$ 、 $1.4\lambda$ 、 $1.6\lambda$ 、 $1.8\lambda$ 、 $2\lambda$ 、 $2.2\lambda$ 、 $2.4\lambda$ 、 $2.6\lambda$ 、 $2.8\lambda$ 、 $3\lambda$ 、 $3.2\lambda$ 、 $3.4\lambda$ 、 $3.6\lambda$ 、 $3.8\lambda$ 、 $4\lambda$ 、 $4.2\lambda$ 、 $4.4\lambda$ 、 $4.6\lambda$ 、 $4.8\lambda$ 、 $5\lambda$ 、 $5.2\lambda$ 、 $5.4\lambda$ 、 $5.6\lambda$ 、 $5.8\lambda$ 以及 $6\lambda$ 。其中, $\lambda$ 为超声声波的波长。即通过限定圆环柱体的圆环直径D1和柱体直径d1,进而限制第一衍射通道20a的内径大小。并且,平面超声换能器10的发射频率范围为 $0.2\text{MHz} \sim 100\text{MHz}$ 。可以理解地,平面超声换能器10的发射频率可为 $0.2\text{MHz}$ 、 $1\text{MHz}$ 、 $2\text{MHz}$ 、 $5\text{MHz}$ 、 $10\text{MHz}$ 、 $15\text{MHz}$ 、 $20\text{MHz}$ 、 $25\text{MHz}$ 、 $30\text{MHz}$ 、 $35\text{MHz}$ 、 $40\text{MHz}$ 、 $45\text{MHz}$ 、 $50\text{MHz}$ 、 $55\text{MHz}$ 、 $60\text{MHz}$ 、 $65\text{MHz}$ 、 $70\text{MHz}$ 、 $75\text{MHz}$ 、 $80\text{MHz}$ 、 $85\text{MHz}$ 、 $90\text{MHz}$ 、 $95\text{MHz}$ 以及 $100\text{MHz}$ 。并且,圆环柱体的材质为树脂、橡胶以及聚甲基丙烯酸甲酯中的任意一种。

[0033] 在一个实施例中,平面超声换能器10的发射频率为 $1\text{MHz}$ ,超声声波的波长为 $\lambda = 1.5\text{mm}$ ,圆环柱体的材质为光敏树脂,圆环柱体的圆环直径D1为 $9\text{mm}$ ,圆环柱体的柱体直径d1

为3.6mm,即第一衍射通道20a的内径为1.8mm。

[0034] 请参考图1和图3,在另一实施例中,声人工结构件20为片状柱体,片状柱体的中部开设有供超声声波穿过用以超衍射极限聚焦声场的第二衍射通道20b。可以理解地,当超声声波通过片状柱体的第二衍射通道20b时,同样能形成超衍射极限聚焦声场区域40。

[0035] 产生超衍射极限聚焦声场区域40需要满足下列条件:片状柱体的直径D2范围为大于等于 $2.4\lambda$ 且小于等于 $12\lambda$ 。可以理解地,片状柱体的直径D2可为 $2.4\lambda$ 、 $2.6\lambda$ 、 $2.8\lambda$ 、 $3\lambda$ 、 $3.2\lambda$ 、 $3.4\lambda$ 、 $3.6\lambda$ 、 $3.8\lambda$ 、 $4\lambda$ 、 $4.2\lambda$ 、 $4.4\lambda$ 、 $4.6\lambda$ 、 $4.8\lambda$ 、 $5\lambda$ 、 $5.2\lambda$ 、 $5.4\lambda$ 、 $5.6\lambda$ 、 $5.8\lambda$ 、 $6\lambda$ 、 $6.2\lambda$ 、 $6.4\lambda$ 、 $6.8\lambda$ 、 $7\lambda$ 、 $7.2\lambda$ 、 $7.4\lambda$ 、 $7.6\lambda$ 、 $7.8\lambda$ 、 $8\lambda$ 、 $8.2\lambda$ 、 $8.4\lambda$ 、 $8.6\lambda$ 、 $8.8\lambda$ 、 $9\lambda$ 、 $9.2\lambda$ 、 $9.4\lambda$ 、 $9.6\lambda$ 、 $9.8\lambda$ 、 $10\lambda$ 、 $10.2\lambda$ 、 $10.4\lambda$ 、 $10.6\lambda$ 、 $10.8\lambda$ 、 $11\lambda$ 、 $11.2\lambda$ 、 $11.4\lambda$ 、 $11.6\lambda$ 、 $11.8\lambda$ 以及 $12\lambda$ 。第二衍射通道20b的直径范围为大于等于 $0.4\lambda$ 且小于等于 $10\lambda$ 。可以理解地,第二衍射通道20b的直径为 $0.4\lambda$ 、 $0.6\lambda$ 、 $0.8\lambda$ 、 $\lambda$ 、 $1.2\lambda$ 、 $1.6\lambda$ 、 $1.8\lambda$ 、 $2\lambda$ 、 $2.2\lambda$ 、 $2.4\lambda$ 、 $2.6\lambda$ 、 $2.8\lambda$ 、 $3\lambda$ 、 $3.2\lambda$ 、 $3.4\lambda$ 、 $3.6\lambda$ 、 $3.8\lambda$ 、 $4\lambda$ 、 $4.2\lambda$ 、 $4.4\lambda$ 、 $4.6\lambda$ 、 $4.8\lambda$ 、 $5\lambda$ 、 $5.2\lambda$ 、 $5.4\lambda$ 、 $5.6\lambda$ 、 $5.8\lambda$ 、 $6\lambda$ 、 $6.2\lambda$ 、 $6.4\lambda$ 、 $6.8\lambda$ 、 $7\lambda$ 、 $7.2\lambda$ 、 $7.4\lambda$ 、 $7.6\lambda$ 、 $7.8\lambda$ 、 $8\lambda$ 、 $8.2\lambda$ 、 $8.4\lambda$ 、 $8.6\lambda$ 、 $8.8\lambda$ 、 $9\lambda$ 、 $9.2\lambda$ 、 $9.4\lambda$ 、 $9.6\lambda$ 、 $9.8\lambda$ 以及 $10\lambda$ 。并且,片状柱体的厚度范围为大于等于 $0.2\lambda$ 且小于等于 $\lambda$ 。可以理解地,片状柱体的厚度为 $0.2\lambda$ 、 $0.3\lambda$ 、 $0.4\lambda$ 、 $0.5\lambda$ 、 $0.6\lambda$ 、 $0.7\lambda$ 、 $0.8\lambda$ 、 $0.9\lambda$ 以及 $\lambda$ 。并且,片状柱体的材质为树脂、橡胶以及聚甲基丙烯酸甲酯中的任意一种。

[0036] 在一个实施例中,平面超声换能器10的发射频率为1MHz,超声声波的波长为 $\lambda=1.5\text{mm}$ ,片状柱体的材质为光敏树脂,片状柱体的直径D2为 $10.2\text{mm}$ ,圆环第一衍射通道20a的内径为 $0.6\text{mm}$ ,片状柱体的厚度为 $0.6\text{mm}$ 。

[0037] 在一个实施例中,超衍射极限聚焦声场区域40的声波聚焦焦斑小于等于 $0.61\lambda$ ,其中, $\lambda$ 为超声声波的波长。这里,超衍射极限成像为对 $0.61$ 倍波长以下尺寸的物体进行成像。即当待成像对象的尺寸小于 $0.61\lambda$ 时,传统的超声成像设备无法实现高分辨率的成像。

[0038] 请参考图1,在一个实施例中,超分辨超声显微装置还包括针式超声探测器50,针式超声探测器50沿超声声波传播方向设置且设于超衍射极限聚焦声场区域40内。针式超声探测器50是用于接收透过待成像对象的超声声波,实现透射式超声成像,即该超分辨超声显微装置可根据成像需求进行成像方式的选择。

[0039] 本申请还提供一种上述超分辨超声显微装置的应用,将超分辨超声显微装置应用于超分辨成像。即通过声人工结构件20实现超声波的超衍射极限聚焦,并且利用此超衍射极限聚焦声场可进行物体的超分辨成像。尤其适合对无法分辨的人体组织的细微结构进行超分辨成像。

[0040] 在一个实施例中,超分辨超声显微装置用于超分辨成像的对象的尺寸小于等于 $0.61\lambda$ ,其中, $\lambda$ 为超声声波的波长。

[0041] 以上所述仅为本发明的较佳实施例而已,并不用以限制本发明,凡在本发明的精神和原则之内所作的任何修改、等同替换和改进等,均应包含在本发明的保护范围之内。

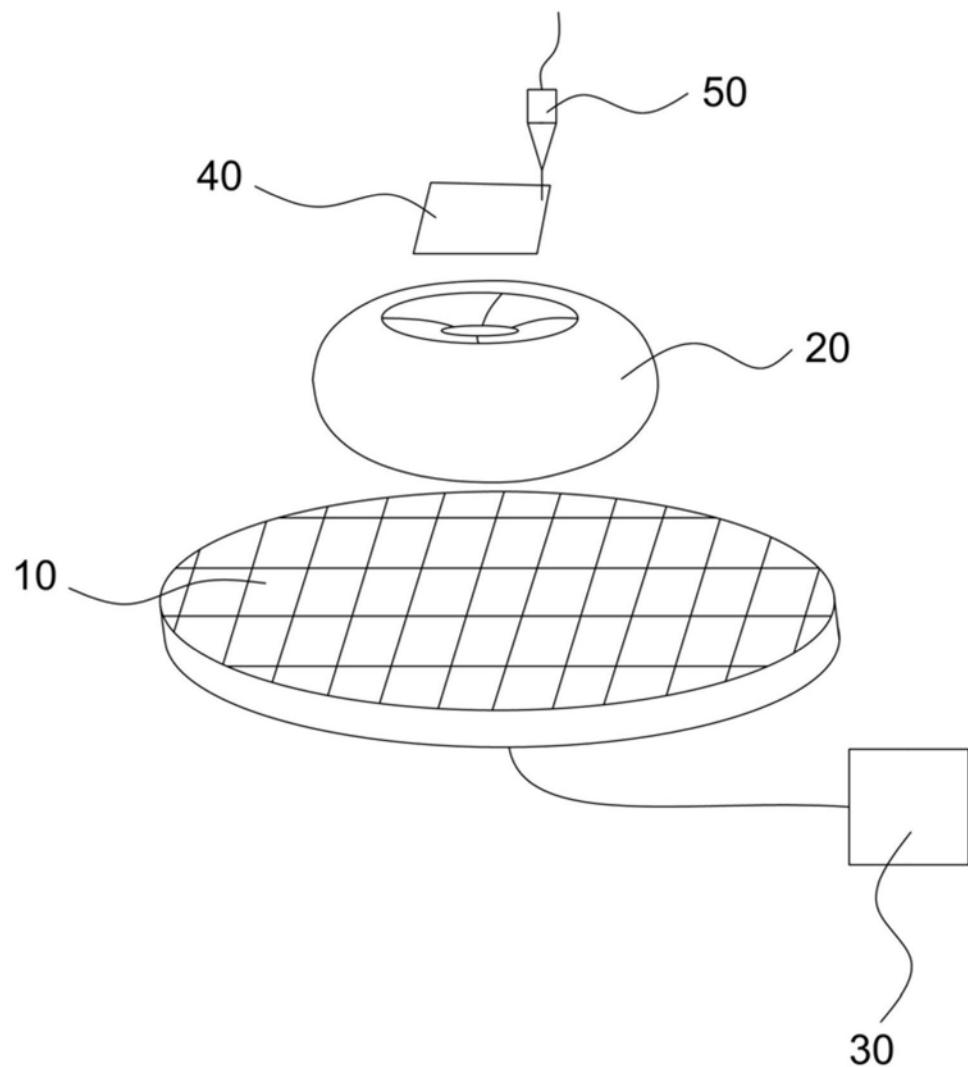


图1

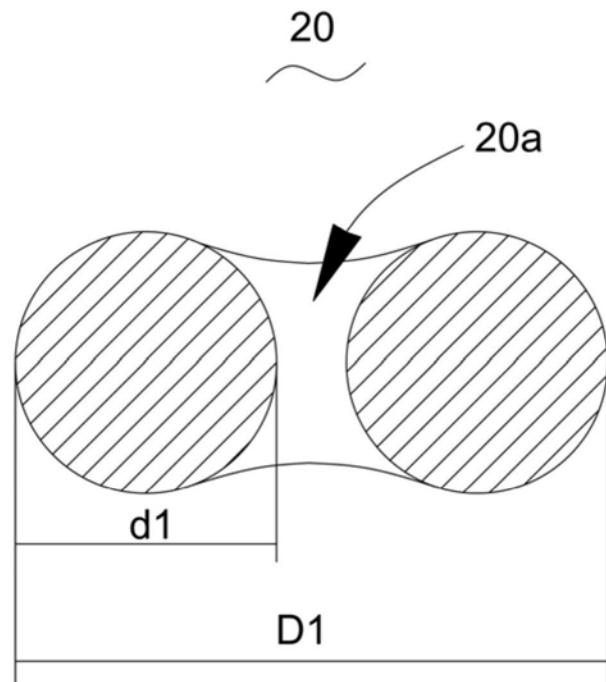


图2

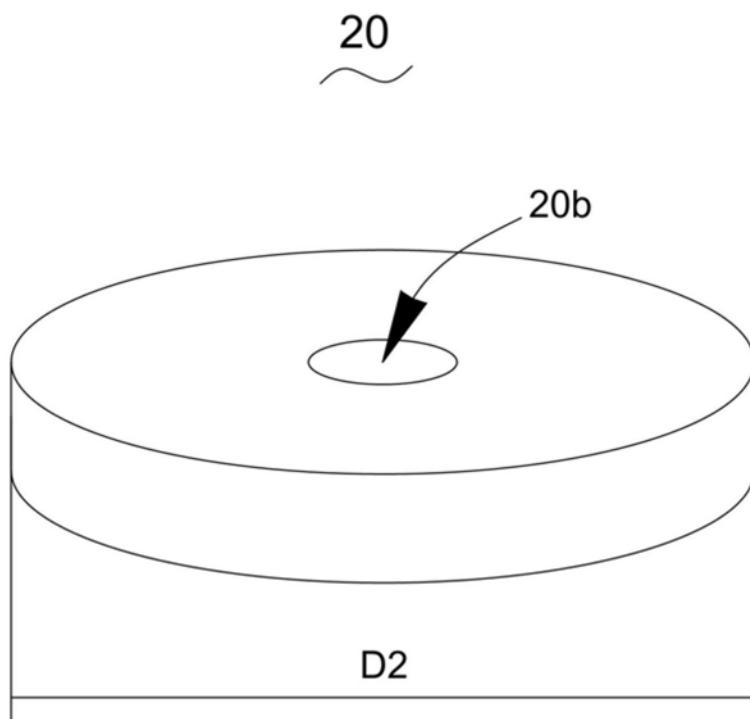


图3

专利名称(译)	超分辨超声显微装置		
公开(公告)号	<a href="#">CN110584713A</a>	公开(公告)日	2019-12-20
申请号	CN201910936944.2	申请日	2019-09-29
[标]申请(专利权)人(译)	深圳先进技术研究院		
申请(专利权)人(译)	深圳先进技术研究院		
当前申请(专利权)人(译)	深圳先进技术研究院		
[标]发明人	蔡飞燕 夏向向 郑海荣 邹峰 刘佳妹 周慧		
发明人	蔡飞燕 夏向向 郑海荣 邹峰 刘佳妹 周慧		
IPC分类号	A61B8/08		
CPC分类号	A61B8/085		
外部链接	<a href="#">Espacenet</a> <a href="#">Sipo</a>		

### 摘要(译)

本发明涉及超声成像技术领域，提供一种超分辨超声显微装置包括平面超声换能器、声人工结构件以及成像装置。平面超声换能器的发射端发射出一定频率的超声声波信号，超声声波经过声人工结构件后发生衍射现象，并且，沿超声声波的传输方向在声人工结构件的后于声人工结构件远离平面超声换能器的一侧形成超衍射极限聚焦声场区域，置于超衍射极限聚焦声场区域内的待成像对象阻挡的超声声波反射至平面超声换能器并接收，最后，接收的信号传输至成像装置进行超声成像，并且，其成像图像的分辨率更高。

