



## (12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 108903975 A

(43)申请公布日 2018.11.30

(21)申请号 201810429105.7

(22)申请日 2018.05.07

(71)申请人 华中科技大学

地址 430074 湖北省武汉市洪山区珞喻路  
1037号

(72)发明人 朱本鹏 雷爽 张桃 欧阳君  
杨晓非

(74)专利代理机构 华中科技大学专利中心  
42201

代理人 李智 曹葆青

(51)Int.Cl.

A61B 8/10(2006.01)

A61B 8/06(2006.01)

权利要求书1页 说明书4页 附图1页

### (54)发明名称

一种用于眼科的高频超声相控阵阵列及其  
制备方法

### (57)摘要

本发明公开了一种用于眼科的高频超声相控阵阵列及其制备方法,其中制备方法包括:从两个垂直方向切割压电单晶,形成多个单晶棒,单晶棒之间的切口用环氧树脂填充,对于每个单晶棒从两个垂直方向进行切割,形成多个新的单晶棒,新的单晶棒之间的切口用环氧树脂填充,得到单晶和环氧树脂的复合物;将单晶和环氧树脂的复合物中每一行新的单晶棒以及新的单晶棒之间的环氧树脂作为一个阵元,在每一个阵元的上表面和下表面添加电极层,在下表面的电极层上添加背衬层,在上表面的电极层依次添加柔性电路和匹配层,得到高频超声相控阵阵列。本发明成像时分辨能力强,可以实时监测眼底血流状况。

从两个垂直方向切割压电单晶,形成多个单晶棒,单晶棒之间的切口用环氧树脂填充,对于每个单晶棒从两个垂直方向进行切割,形成多个新的单晶棒,新的单晶棒之间的切口用环氧树脂填充,得到单晶和环氧树脂的复合物

将单晶和环氧树脂的复合物中每一行新的单晶棒以及新的单晶棒之间的环氧树脂作为一个阵元,在每一个阵元的上表面和下表面添加电极层,在下表面的电极层上添加背衬层,在上表面的电极层依次添加柔性电路和匹配层,得到高频超声相控阵阵列

1. 一种用于眼科的高频超声相控阵阵列的制备方法,其特征在于,包括:

(1) 从两个垂直方向切割压电单晶,形成多个单晶棒,单晶棒之间的切口用环氧树脂填充,对于每个单晶棒从两个垂直方向进行切割,形成多个新的单晶棒,新的单晶棒之间的切口用环氧树脂填充,得到单晶和环氧树脂的复合物;

(2) 将单晶和环氧树脂的复合物中每一行新的单晶棒以及新的单晶棒之间的环氧树脂作为一个阵元,在每一个阵元的上表面和下表面添加电极层,在下表面的电极层上添加背衬层,在上表面的电极层依次添加柔性电路和匹配层,得到高频超声相控阵阵列。

2. 如权利要求1所述的一种用于眼科的高频超声相控阵阵列的制备方法,其特征在于,所述高频超声相控阵阵列的频率大于等于20MHz。

3. 如权利要求1或2所述的一种用于眼科的高频超声相控阵阵列的制备方法,其特征在于,所述高频超声相控阵阵列的阵元大于等于128个。

4. 如权利要求1或2所述的一种用于眼科的高频超声相控阵阵列的制备方法,其特征在于,所述步骤(1)包括:

(1-1) 从两个垂直方向切割压电单晶,形成多个单晶棒,单晶棒之间的切口用环氧树脂填充,所述单晶棒之间的中心距离为70 $\mu$ m-140 $\mu$ m,所述单晶棒之间的切口的宽为10 $\mu$ m-15 $\mu$ m;

(1-2) 当环氧树脂固化后,在真空中除去单晶棒之间的切口的气泡,然后对于每个单晶棒利用干法刻蚀或者激光切割从两个垂直方向进行切割,形成多个新的单晶棒,新的单晶棒之间的切口用环氧树脂填充,所述新的单晶棒之间的中心距离为35 $\mu$ m-70 $\mu$ m,所述新的单晶棒之间的切口的宽为10 $\mu$ m-15 $\mu$ m,当环氧树脂固化后,在真空中除去新的单晶棒之间的切口的气泡,得到单晶和环氧树脂的复合物。

5. 如权利要求1或2所述的一种用于眼科的高频超声相控阵阵列的制备方法,其特征在于,所述切割为激光切割、干法刻蚀或者机械切割。

6. 如权利要求1或2所述的一种用于眼科的高频超声相控阵阵列的制备方法,其特征在于,所述压电单晶为PIN-PMN-PT、PMN-PT、PMN-PZT或者KNN。

7. 一种用于眼科的高频超声相控阵阵列,其特征在于,所述高频超声相控阵阵列由权利要求1-6任一所述的一种用于眼科的高频超声相控阵阵列的制备方法制备得到。

## 一种用于眼科的高频超声相控阵阵列及其制备方法

### 技术领域

[0001] 本发明属于超声换能器成像领域,更具体地,涉及一种用于眼科的高频超声相控阵阵列及其制备方法。

### 背景技术

[0002] 超声成像技术凭借安全、实时、便捷的特点,在眼科成像中发挥着重要的作用。一般来说,医学成像用超声换能器主要分为两类:单元件换能器和阵列换能器(包括线性阵列和相控阵)。单元件换能器依靠机械扫描进行声学成像,并且只能在换能器的焦点处获得最佳图像质量。与单元件换能器相比,阵列换能器在声学图像扫描中具有更高的稳定性。因此,超声换能器阵列与超声换能器单元相比具有几个优势,如实时测量血流量,高帧率(P100帧/秒),便于临床应用和动态聚焦能力。这些优势表明,相控阵超声换能器具有潜在的临床成像应用,特别是在血管内超声(FL-IVUS)和预期内窥镜超声成像(f1-eus)应用中。

[0003] 一般而言,由于机电耦合因子增强以及超声波和水声换能器应用的较大应变而导致较高的投射声能密度,因此单晶具有较宽带宽的潜力。然而,对于这些应用,单晶的相对较高的声阻抗(约30Mrayls)会导致与人体组织(1.5Mrayls)和水的声阻抗失配问题。目前的超声在眼科疾病诊断仍然存在着如下的问题:(1)常规临床眼科超声工作频率为10MHz,可以呈现玻璃体、眼球壁及近临眼眶组织的理想医学影像;但由于其分辨能力有限,无法区分视网膜、脉络膜和巩膜;(2)虽然工作频率50MHz的超声生物显微镜可以高清呈现角膜、晶状体、虹膜、睫状体和房角,但其穿透深度有限(<5mm),无法检测玻璃体和视网膜;(3)在屈光间质不清的情况下,常规眼科血流检测手段(光学方法)不适合检测眼底血流情况。

[0004] 由此可见,现有技术存在成像时分辨能力有限、无法实时监测眼底血流状况。

### 发明内容

[0005] 针对现有技术的以上缺陷或改进需求,本发明提供了一种用于眼科的高频超声相控阵阵列及其制备方法,由此解决现有技术存在成像时分辨能力有限、无法实时监测眼底血流状况。

[0006] 为实现上述目的,按照本发明的一个方面,提供了一种用于眼科的高频超声相控阵阵列的制备方法,包括:

[0007] (1)从两个垂直方向切割压电单晶,形成多个单晶棒,单晶棒之间的切口用环氧树脂填充,对于每个单晶棒从两个垂直方向进行切割,形成多个新的单晶棒,新的单晶棒之间的切口用环氧树脂填充,得到单晶和环氧树脂的复合物;

[0008] (2)将单晶和环氧树脂的复合物中每一行新的单晶棒以及新的单晶棒之间的环氧树脂作为一个阵元,在每一个阵元的上表面和下表面添加电极层,在下表面的电极层上添加背衬层,在上表面的电极层依次添加柔性电路和匹配层,得到高频超声相控阵阵列。

[0009] 进一步地,高频超声相控阵阵列的频率大于等于20MHz。

[0010] 进一步地,高频超声相控阵阵列的阵元大于等于128个。

[0011] 进一步地,步骤(1)包括:

[0012] (1-1)从两个垂直方向切割压电单晶,形成多个单晶棒,单晶棒之间的切口用环氧树脂填充,所述单晶棒之间的中心距离为 $70\mu\text{m}$ – $140\mu\text{m}$ ,所述单晶棒之间的切口的宽为 $10\mu\text{m}$ – $15\mu\text{m}$ ;

[0013] (1-2)当环氧树脂固化后,在真空中除去单晶棒之间的切口的气泡,然后对于每个单晶棒利用干法刻蚀或者激光切割从两个垂直方向进行切割,形成多个新的单晶棒,新的单晶棒之间的切口用环氧树脂填充,所述新的单晶棒之间的中心距离为 $35\mu\text{m}$ – $70\mu\text{m}$ ,所述新的单晶棒之间的切口的宽为 $10\mu\text{m}$ – $15\mu\text{m}$ ,当环氧树脂固化后,在真空中除去新的单晶棒之间的切口的气泡,得到单晶和环氧树脂的复合物。

[0014] 进一步地,所述切割为激光切割、干法刻蚀或者机械切割。

[0015] 进一步地,压电单晶为PIN-PMN-PT、PMN-PT、PMN-PZT或者KNN。

[0016] 按照本发明的另一方面,提供了一种用于眼科的高频超声相控阵阵列,所述高频超声相控阵阵列由上述制备方法制备得到。

[0017] 总体而言,通过本发明所构思的以上技术方案与现有技术相比,能够取得下列有益效果:

[0018] (1)本发明在压电单晶的切口中填充环氧树脂形成复合结构能提高材料的机电耦合系数以及降低其声阻抗,该相控阵阵列提高成像质量和提高横向、纵向分辨率,成像深度加深,方便实时监测眼底血流状况。

[0019] (2)本发明使用压电单晶具有较高的压电系数,压电单晶与环氧树脂形成复合结构能提高材料的机电耦合系数以及降低其声阻抗,中心频率大于等于 $20\text{MHz}$ 相较于 $10\text{MHz}$ 的超声诊断仪器具有更高的成像分辨率;相较于 $50\text{MHz}$ 的超声诊断仪器,超声在器官中衰减减小,穿透深度更深; $128$ 个阵元的相控阵能够提高成像效率和质量。

[0020] (3)本发明中新的单晶棒之间的中心距离为 $35\mu\text{m}$ – $70\mu\text{m}$ ,使得高频超声相控阵阵列具有较好的波束偏转能力,进而提高成像时分辨能力,实现实时监测眼底血流状况。

## 附图说明

[0021] 图1是本发明实施例提供的一种用于眼科的高频超声相控阵阵列的制备方法的流程图。

## 具体实施方式

[0022] 为了使本发明的目的、技术方案及优点更加清楚明白,以下结合附图及实施例,对本发明进行进一步详细说明。应当理解,此处所描述的具体实施例仅仅用以解释本发明,并不用于限定本发明。此外,下面所描述的本发明各个实施方式中所涉及到的技术特征只要彼此之间未构成冲突就可以相互组合。

[0023] 如图1所示,一种用于眼科的高频超声相控阵阵列的制备方法,包括:

[0024] (1)利用干法刻蚀或者激光切割从两个垂直方向切割压电单晶,形成多个单晶棒,单晶棒之间的切口用环氧树脂填充,所述单晶棒之间的中心距离为 $70\mu\text{m}$ – $140\mu\text{m}$ ,所述单晶棒之间的切口的宽为 $10\mu\text{m}$ – $15\mu\text{m}$ ;当环氧树脂固化后,在真空中除去单晶棒之间的切口的气泡,然后对于每个单晶棒利用干法刻蚀或者激光切割从两个垂直方向进行切割,形成多个

新的单晶棒,新的单晶棒之间的切口用环氧树脂填充,所述新的单晶棒之间的中心距离为 $35\mu\text{m}$ – $70\mu\text{m}$ ,所述新的单晶棒之间的切口的宽为 $10\mu\text{m}$ – $15\mu\text{m}$ ,当环氧树脂固化后,在真空中除去新的单晶棒之间的切口的气泡,得到单晶和环氧树脂的复合物。

[0025] (2) 将单晶和环氧树脂的复合物中每一行新的单晶棒以及新的单晶棒之间的环氧树脂作为一个阵元,在每一个阵元的上表面和下表面添加电极层,在下表面的电极层上添加背衬层,在上表面的电极层依次添加柔性电路和匹配层,得到高频超声相控阵阵列。高频超声相控阵阵列的频率大于等于 $20\text{MHz}$ ,高频超声相控阵阵列的阵元大于等于128个。

[0026] 实施例1

[0027] 一种用于眼科的高频超声相控阵阵列的制备方法,包括:

[0028] (1) 利用干法刻蚀从两个垂直方向切割PIN-PMN-PT,形成多个PIN-PMN-PT棒,PIN-PMN-PT棒之间的切口用环氧树脂填充,所述PIN-PMN-PT棒之间的中心距离为 $70\mu\text{m}$ ,所述PIN-PMN-PT棒之间的切口的宽为 $10\mu\text{m}$ ;当环氧树脂固化后,在真空中除去PIN-PMN-PT棒之间的切口的气泡,然后对于每个PIN-PMN-PT棒利用干法刻蚀从两个垂直方向进行切割,形成多个新的PIN-PMN-PT棒,新的PIN-PMN-PT棒之间的切口用环氧树脂填充,所述新的PIN-PMN-PT棒之间的中心距离为 $35\mu\text{m}$ ,所述新的PIN-PMN-PT棒之间的切口的宽为 $10\mu\text{m}$ ,当环氧树脂固化后,在真空中除去新的PIN-PMN-PT棒之间的切口的气泡,得到PIN-PMN-PT和环氧树脂的1-3复合物。

[0029] (2) 将PIN-PMN-PT和环氧树脂的1-3复合物中每一行新的PIN-PMN-PT棒以及新的PIN-PMN-PT棒之间的环氧树脂作为一个阵元,在每一个阵元的上表面和下表面添加电极层,在下表面的电极层上添加背衬层,在上表面的电极层依次添加柔性电路和匹配层,得到高频超声相控阵阵列。高频超声相控阵阵列的频率大于等于 $20\text{MHz}$ ,高频超声相控阵阵列具有128个阵元。

[0030] 实施例2

[0031] 一种用于眼科的高频超声相控阵阵列的制备方法,包括:

[0032] (1) 利用激光切割从两个垂直方向切割PMN-PT,形成多个PMN-PT棒,PMN-PT棒之间的切口用环氧树脂填充,所述PMN-PT棒之间的中心距离为 $140\mu\text{m}$ ,所述PMN-PT棒之间的切口的宽为 $15\mu\text{m}$ ;当环氧树脂固化后,在真空中除去PMN-PT棒之间的切口的气泡,然后对于每个PMN-PT棒利用干法刻蚀从两个垂直方向进行切割,形成多个新的PMN-PT棒,新的PMN-PT棒之间的切口用环氧树脂填充,所述新的PMN-PT棒之间的中心距离为 $70\mu\text{m}$ ,所述新的PMN-PT棒之间的切口的宽为 $15\mu\text{m}$ ,当环氧树脂固化后,在真空中除去新的PMN-PT棒之间的切口的气泡,得到PMN-PT和环氧树脂的1-3复合物。

[0033] (2) 将PMN-PT和环氧树脂的1-3复合物中每一行新的PMN-PT棒以及新的PMN-PT棒之间的环氧树脂作为一个阵元,在每一个阵元的上表面和下表面添加电极层,在下表面的电极层上添加背衬层,在上表面的电极层依次添加柔性电路和匹配层,得到高频超声相控阵阵列。高频超声相控阵阵列的频率大于等于 $20\text{MHz}$ ,高频超声相控阵阵列具有192个阵元。

[0034] 实施例3

[0035] 一种用于眼科的高频超声相控阵阵列的制备方法,包括:

[0036] (1) 利用镍/金刚石刀片从两个垂直方向切割PMN-PZT,形成多个PMN-PZT棒,PMN-PZT棒之间的切口用环氧树脂填充,所述PMN-PZT棒之间的中心距离为 $100\mu\text{m}$ ,所述PMN-PZT

棒之间的切口的宽为 $12\mu\text{m}$ ;当环氧树脂固化后,在真空中除去PMN-PZT棒之间的切口的气泡,然后对于每个PMN-PZT棒利用镍/金刚石刀片从两个垂直方向进行切割,形成多个新的PMN-PZT棒,新的PMN-PZT棒之间的切口用环氧树脂填充,所述新的PMN-PZT棒之间的中心距离为 $50\mu\text{m}$ ,所述新的PMN-PZT棒之间的切口的宽为 $12\mu\text{m}$ ,当环氧树脂固化后,在真空中除去新的PMN-PZT棒之间的切口的气泡,得到PMN-PZT和环氧树脂的1-3复合物。

[0037] (2) 将PMN-PZT和环氧树脂的1-3复合物中每一行新的PMN-PZT棒以及新的PMN-PZT棒之间的环氧树脂作为一个阵元,在每一个阵元的上表面和下表面添加电极层Au/Cr ( $150\text{nm}/100\text{nm}$ ),在下表面的电极层上添加背衬层,在上表面的电极层依次添加带有金图案的 $30\mu\text{m}$ 聚酰亚胺柔性电路和匹配层,柔性电路具有 $3.4\text{Mrayl}$ 的特定声阻抗,得到高频超声相控阵阵列。高频超声相控阵阵列的频率大于等于 $20\text{MHz}$ ,高频超声相控阵阵列具有256个阵元。最后,将256个阵元的侧视相控阵阵列封装在3D打印的外壳中。

#### [0038] 实施例4

[0039] 一种用于眼科的高频超声相控阵阵列的制备方法,包括:

[0040] (1) 利用镍/金刚石刀片从两个垂直方向切割KNN,形成多个KNN棒,KNN棒之间的切口用环氧树脂填充,所述KNN棒之间的中心距离为 $100\mu\text{m}$ ,所述KNN棒之间的切口的宽为 $12\mu\text{m}$ ;当环氧树脂固化后,在真空中除去KNN棒之间的切口的气泡,然后对于每个KNN棒利用镍/金刚石刀片从两个垂直方向进行切割,形成多个新的KNN棒,新的KNN棒之间的切口用环氧树脂填充,所述新的KNN棒之间的中心距离为 $50\mu\text{m}$ ,所述新的KNN棒之间的切口的宽为 $12\mu\text{m}$ ,当环氧树脂固化后,在真空中除去新的KNN棒之间的切口的气泡,得到KNN和环氧树脂的1-3复合物。

[0041] (2) 将KNN和环氧树脂的1-3复合物中每一行新的KNN棒以及新的KNN棒之间的环氧树脂作为一个阵元,在每一个阵元的上表面和下表面添加电极层Au/Cr ( $150\text{nm}/100\text{nm}$ ),在下表面的电极层上添加背衬层,在上表面的电极层依次添加带有金图案的 $30\mu\text{m}$ 聚酰亚胺柔性电路和匹配层,柔性电路具有 $3.4\text{Mrayl}$ 的特定声阻抗,得到高频超声相控阵阵列。高频超声相控阵阵列的频率大于等于 $20\text{MHz}$ ,高频超声相控阵阵列具有256个阵元。最后,将256个阵元的侧视相控阵阵列封装在3D打印的外壳中。

[0042] 本领域的技术人员容易理解,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。

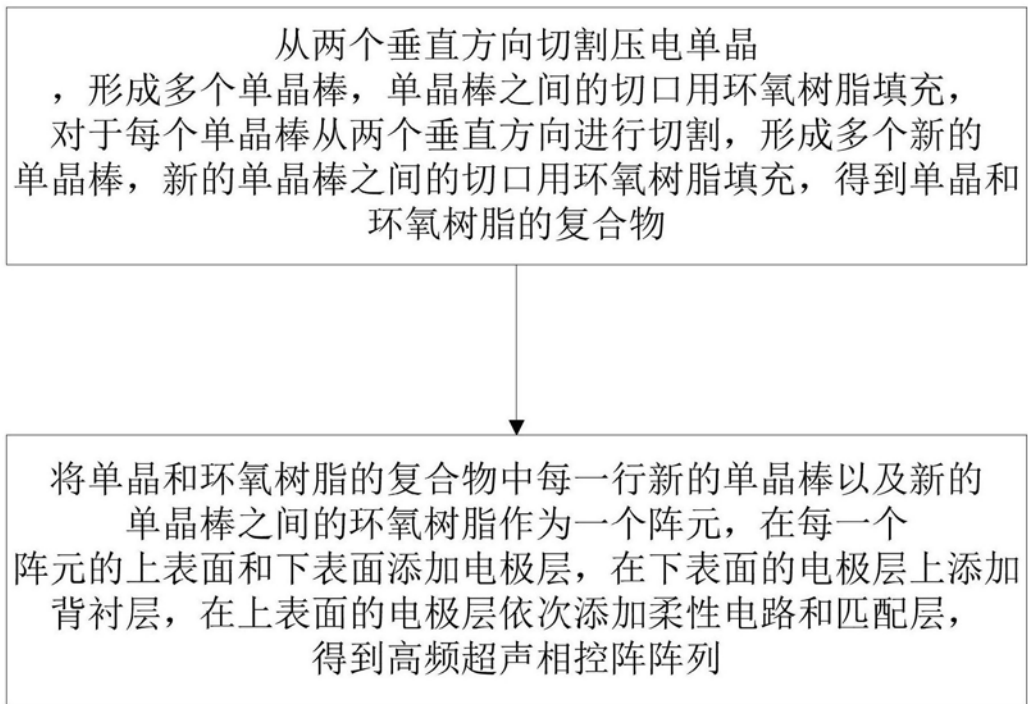


图1

专利名称(译)	一种用于眼科的高频超声相控阵阵列及其制备方法		
公开(公告)号	<a href="#">CN108903975A</a>	公开(公告)日	2018-11-30
申请号	CN201810429105.7	申请日	2018-05-07
[标]申请(专利权)人(译)	华中科技大学		
申请(专利权)人(译)	华中科技大学		
当前申请(专利权)人(译)	华中科技大学		
[标]发明人	朱本鹏 雷爽 张桃 欧阳君 杨晓非		
发明人	朱本鹏 雷爽 张桃 欧阳君 杨晓非		
IPC分类号	A61B8/10 A61B8/06		
CPC分类号	A61B8/06 A61B8/10		
代理人(译)	李智		
外部链接	<a href="#">Espacenet</a> <a href="#">SIPO</a>		

#### 摘要(译)

本发明公开了一种用于眼科的高频超声相控阵阵列及其制备方法，其中制备方法包括：从两个垂直方向切割压电单晶，形成多个单晶棒，单晶棒之间的切口用环氧树脂填充，对于每个单晶棒从两个垂直方向进行切割，形成多个新的单晶棒，新的单晶棒之间的切口用环氧树脂填充，得到单晶和环氧树脂的复合物；将单晶和环氧树脂的复合物中每一行新的单晶棒以及新的单晶棒之间的环氧树脂作为一个阵元，在每一个阵元的上表面和下表面添加电极层，在下表面的电极层上添加背衬层，在上表面的电极层依次添加柔性电路和匹配层，得到高频超声相控阵阵列。本发明成像时分辨能力强，可以实时监测眼底血流状况。

从两个垂直方向切割压电单晶，形成多个单晶棒，单晶棒之间的切口用环氧树脂填充，对于每个单晶棒从两个垂直方向进行切割，形成多个新的单晶棒，新的单晶棒之间的切口用环氧树脂填充，得到单晶和环氧树脂的复合物



将单晶和环氧树脂的复合物中每一行新的单晶棒以及新的单晶棒之间的环氧树脂作为一个阵元，在每一个阵元的上表面和下表面添加电极层，在下表面的电极层上添加背衬层，在上表面的电极层依次添加柔性电路和匹配层，得到高频超声相控阵阵列