



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 103298410 B

(45) 授权公告日 2015. 07. 15

(21) 申请号 201280004853. 1

HO4R 19/00(2006. 01)

(22) 申请日 2012. 01. 05

(56) 对比文件

(30) 优先权数据

2011-001485 2011. 01. 06 JP

CN 101878658 A, 2010. 11. 03, 参见说明书第【0048】—【0095】段, 说明书附图 1—6.

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2013. 07. 08

US 2005075571 A1, 2005. 04. 07, 权利要求书全文, 说明书第【0025】—【0027】段, 第【0029】—【0038】段.

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/JP2012/000047 2012. 01. 05

CN 101002690 A, 2007. 07. 25, 全文.

CN 101605288 A, 2009. 12. 16, 全文.

(87) PCT国际申请的公布数据

W02012/093662 JA 2012. 07. 12

JP 2000115892 A, 2000. 04. 21, 全文.

张旭萍. 压电陶瓷超声波探头吸收层的研制. 《电子器件》. 1997, 第 20 卷 (第 1 期), 711-714.

(73) 专利权人 株式会社日立医疗器械

地址 日本东京都

审查员 桂叶晨

(72) 发明人 佐光晓史 竹中智子 石田一成

(74) 专利代理机构 北京银龙知识产权代理有限公司

11243

代理人 张敬强 严星铁

(51) Int. Cl.

A61B 8/00(2006. 01)

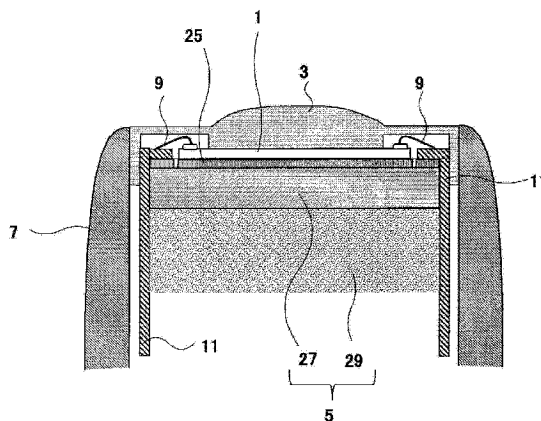
权利要求书1页 说明书10页 附图13页

(54) 发明名称

超声波探头

(57) 摘要

本发明提供一种超声波探头, 具备将超声波与电信号相互转换的 CMUT 元件(13)、在表面形成多个 CMUT 元件(13) 的半导体基板(15)、设在 CMUT 元件(13) 的表面侧的声透镜(3)、以及设在半导体基板(15) 的背面侧的衬垫层(5), 衬垫层(5) 由与半导体基板接触的第一衬垫层(27)、以及设在衬垫层(27) 的背面侧的第二衬垫层(29) 形成, 第一衬垫层(27) 根据半导体基板(15) 的板厚设定声阻抗, 衬垫层(29) 由能使透过衬垫层(27) 的超声波衰减的衰减材料形成, 声阻抗与衬垫层(27) 的声阻抗一致地设定, 从而抑制反射回波的多重反射。



1. 一种超声波探头,具备将超声波与电信号相互转换的容量性振动单元、在表面形成多个上述容量性振动单元的半导体基板、设在上述容量性振动单元的表面侧的声透镜、以及设在上述半导体基板的背面侧的衬垫层,该超声波探头的特征在于,

上述衬垫层具有与上述半导体基板接触的第一衬垫层、以及设在该第一衬垫层的背面侧的第二衬垫层,

上述第一衬垫层根据上述半导体基板的板厚设定声阻抗,上述第一衬垫层的声阻抗与上述半导体基板的声阻抗相比,设定为更接近上述声透镜的声阻抗的值,

上述第二衬垫层由能使透过上述第一衬垫层的超声波衰减的衰减材料形成,且上述第二衬垫层由接近第一衬垫层的声阻抗的材料形成。

2. 根据权利要求 1 所述的超声波探头,其特征在于,

上述第一衬垫层由树脂形成,上述第一衬垫层通过在该树脂中混入使该第一衬垫层的线膨胀系数接近上述半导体基板的线膨胀系数的调整材料而形成。

3. 根据权利要求 2 所述的超声波探头,其特征在于,

上述调整材料是碳纤维或玻璃纤维,使纤维的长度方向与上述第一衬垫层的长度方向一致地混入上述树脂。

4. 根据权利要求 1 所述的超声波探头,其特征在于,

上述第一衬垫层通过在多孔质陶瓷中填充树脂而形成。

5. 根据权利要求 2 所述的超声波探头,其特征在于,

上述第二衬垫层的超声波衰减率比上述第一衬垫层的超声波衰减率高。

6. 根据权利要求 5 所述的超声波探头,其特征在于,

上述第二衬垫层通过使用弹性率比用于上述第一衬垫层的树脂小的树脂而形成。

7. 根据权利要求 6 所述的超声波探头,其特征在于,

上述第二衬垫层的声阻抗通过在形成上述第二衬垫层的树脂中混合钨或硅而接近上述第一衬垫层的声阻抗。

8. 根据权利要求 2 所述的超声波探头,其特征在于,

上述半导体基板的板厚是  $25\ \mu\text{m}$  以上且  $50\ \mu\text{m}$  以下。

9. 根据权利要求 2 所述的超声波探头,其特征在于,

上述超声波的频率范围是  $2\text{MHz}$  以上且  $15\text{MHz}$  以下,

第一衬垫层的声阻抗设定为  $1.5\text{MRayl}$  以上且  $6\text{MRayl}$  以下。

10. 根据权利要求 2 所述的超声波探头,其特征在于,

上述超声波的频率范围是  $2\text{MHz}$  以上且  $15\text{MHz}$  以下,

第一衬垫层的声阻抗设定为  $4\text{MRayl}$  以上且  $6\text{MRayl}$  以下。

## 超声波探头

### 技术领域

[0001] 本发明涉及超声波探头,尤其涉及利用容量性的振动单元使超声波与电信号相互转换的超声波探头。

### 背景技术

[0002] 在向被检测体发送超声波,并接收其反射波而得到图像的超声波诊断装置中使用在与被检测体之间收发超声波的超声波探头。已知在超声波探头上设置与被检测体接触的声透镜、使超声波与电信号相互转换的转换器、吸收在该转换器的背面侧所放射的超声波的衬垫层。

[0003] 作为这种转换器,在专利文献 1 中记载了 CMUT (Capacitive Micromachined Ultrasonic Transducers)。CMUT 使用平版印刷技术在半导体基板上图案形成多个 CMUT 元件(以下适当称为容量性振动单元)而形成。CMUT 元件为在形成在半导体基板上的绝缘层内形成凹部,用膜体堵塞该凹部的开口而形成真空(或气体封入)间隙,隔着真空空隙在膜体的表面与绝缘层的背面相对地设置一对电极的结构。并且,CMUT 元件通过在一对电极间施加超声波频率的电信号,使膜体振动而向被检测体内发送超声波。另外,用膜体接收来自被检测体内的反射回波,并将膜体的位移作为一对电极间的静电容量的变化转换为电信号。另外,多个 CMUT 元件相互间用由绝缘层构成的框体隔离。利用具有这种结构的多个 CMUT 元件的集合体形成一个振动件,在相同的半导体基板上将这种振动件一次元或二次元地排列多列而形成超声波探头。CMUT 与压电陶瓷制的转换器相比,具有能使用的超声波的频带区域宽,并且是高灵敏度等优点。

[0004] 另一方面,CMUT 在电极间施加直流偏压,通过增减该直流偏压,能够增减电性机械结合系数。但是,为了提高超声波的声压,需要减小电性机械结合系数。因此,当想要得到期望的声压时,将超声波转换为电信号的效率下降,因此一般 CMUT 与压电陶瓷制的转换器相比,超声波的转换效率低。当转换效率低时,来自被检测体的反射回波未转换为电信号而透过半导体基板,并到达衬垫层的界面并反射。其结果,产生反射回波在被检测体与衬垫层的界面之间反复反射的多重反射的问题。为了抑制这种多重反射,在专利文献 1 中提出了整合半导体基板与衬垫层的声阻抗的方案。

[0005] 现有技术文献

[0006] 专利文献

[0007] 专利文献 1 :美国专利第 6831394 号公报

[0008] 非专利文献 :基于 CMUT 技术的超声波探头“Mappie”的开发, MEDIX,

[0009] 株式会社日立医学,2009, vol. 51, pp31-34

### 发明内容

[0010] 发明所要解决的课题

[0011] 但是,在专利文献 1 中,未考虑即使使衬垫层的声阻抗与半导体基板一致,由于半

导体基板的板厚,多重反射的抑制效果不同的情况。

[0012] 本发明所要解决的课题在于,在使用了 CMUT 的超声波探头中,考虑半导体基板的板厚地抑制反射回波的多重反射。

[0013] 用于解决课题的方法

[0014] 为了解决上述课题,本发明的超声波探头具备将超声波与电信号相互转换的容量性振动单元、在表面形成多个容量性振动单元的半导体基板、设在容量性振动单元的表面侧的声透镜、以及设在半导体基板的背面侧的衬垫层,该超声波探头的特征在于,衬垫层具有与半导体基板接触的第一衬垫层、设在第一衬垫层的背面侧的第二衬垫层,第一衬垫层根据半导体基板的板厚设定声阻抗,第二衬垫层由能使透过第一衬垫层的超声波衰减的材料形成,声阻抗与第一衬垫层的声阻抗一致地设定。

[0015] 在该场合,第一衬垫层的声阻抗与半导体基板的声阻抗相比,能够设定为接近声透镜的声阻抗的值。

[0016] 另外,第一衬垫层能够在树脂中混入使第一衬垫层的线膨胀系数接近半导体基板的线膨胀系数的调整材料而形成。调整材料例如能够使用碳纤维或玻璃纤维,能够使这些纤维的长度方向与第一衬垫层的长度方向一致地混入树脂。

[0017] 另外,第一衬垫层能够通过多孔质陶瓷中填充树脂而形成。

[0018] 发明效果

[0019] 根据本发明,能够在使用 CMUT 的超声波探头中考虑半导体基板的板厚地抑制反射回波的多重反射。

## 附图说明

[0020] 图 1 是本发明的一个实施方式的超声波探头的短轴方向的剖视图。

[0021] 图 2 是 CMUT 元件的截面的示意图。

[0022] 图 3 是 CMUT 片的立体图。

[0023] 图 4 是表示半导体基板、衬垫层的界面的声压反射率及半导体基板的板厚的关系的图表。

[0024] 图 5 (a) 是实施例一的第一衬垫层的概念图,(b) 是(a) 的短边方向的剖视图。

[0025] 图 6 是表示实施例一的半导体基板与衬垫层的界面的声压反射率的图表。

[0026] 图 7 是表示实施例一的半导体基板与衬垫层的粘接体的折叠量的图表。

[0027] 图 8 是表示实施例二的半导体基板与衬垫层的界面的声压反射率的图表。

[0028] 图 9 是实施例三的超声波探头的短轴方向的剖视图。

[0029] 图 10 是表示实施例四的第二衬垫层的超声波的衰减率与微球的配合量的关系的图表。

[0030] 图 11 是表示实施例四的半导体基板与衬垫层的界面的声压反射率的图表。

[0031] 图 12 是实施例五的超声波探头的短轴方向的剖视图。

[0032] 图 13 是表示实施例六的半导体基板与衬垫层的界面的声压反射率的图表。

## 具体实施方式

[0033] 下面,根据实施方式说明本发明。

[0034] (实施方式)

[0035] 如图 1 ~ 3 所示,本实施方式的超声波探头通过将容量性的振动单元即 CMUT 元件 13、由在表面形成有多个 CMUT 元件 13 的半导体基板 15 形成的 CMUT 片 1、设在 CMUT 片 1 的表面侧的声透镜 3、设在 CMUT 片 1 的背面侧的衬垫层 5 安装在壳体 7 上形成。在 CMUT 片 1 上通过金属丝 9 连接挠性基板 11。挠性基板 11 通过电线连接在电源等未图示的外部装置上。由此,能够向 CMUT 片 1 发送驱动信号,并且能够施加直流偏压。另外,能够将由 CMUT 片 1 接收的反射回波转换为电信号并发送到外部装置。

[0036] 如图 2 所示,各 CMUT 元件 13 为具有用膜体 18 堵塞形成在由绝缘材料构成的绝缘层 17 内的凹部的开口而形成的真空(或气体封入)间隙 19,隔着真空空隙 19,在膜体 18 的表面与绝缘层 17 的背面相对地设置一对电极 21、23 的结构。并且,CMUT 元件 13 通过在在一对电极 21、23 间施加超声波频率的电信号,以静电力使膜体 18 振动而将超声波发送到被检测体内。另外,用膜体 18 接收来自被检测体内的反射回波,将膜体 18 的位移作为一对电极 21、23 间的静电容量的变化转换为电信号。另外,各 CMUT 元件 13 的相互间被由绝缘层 17 形成的框体隔离。如图 3 所示,各 CMUT 元件 13 利用平板印刷技术等半导体制造技术,通过在半导体基板 15 上进行图案成形而形成。利用具有这种结构的多个 CMUT 元件 13 的集合体形成一个振动件,在相同的半导体基板 15 上一次元或二次元地排列多列这种振动件而形成 CMUT 片 1。另外,利用导体装置的制造技术进行图案成形,在半导体基板 15 上,通过具有一次元或二次元地配置多个的这种结构的多个 CMUT 元件 13 的集合体形成一个振动件。另外,半导体基板 15 例如由硅形成。

[0037] 如图 1 所示,在 CMUT 片 1 的表面侧安装有对从 CMUT 片 1 照射的超声波进行聚束的声透镜 3。声透镜 3 是具备在超声波的照射方向上突出的凸部的、凸形的声透镜。声透镜 3 由接近被检测体的声阻抗的材料形成。例如,在使生物体为被检测体的场合,利用接近生物体的声阻抗即  $1.5\text{MRayl}$  的声阻抗的材料形成声透镜 3。

[0038] 在 CMUT 片 1 的背面侧设有吸收向 CMUT 片 1 的后方的超声波的衬垫层 5。衬垫层 5 与 CMUT 片 1 的半导体基板 15 通过粘接层 25 粘接。另外,使粘接层 25 的厚度比使用的超声波的使用频率的波长薄、例如优选使粘接层 25 的厚度为  $10\ \mu\text{m}$  以下。由此,因为使用频率的超声波的大部分透过粘接层 25,因此能够忽略粘接层 25 的声阻抗的影响。

[0039] 接着,说明本实施方式的特征结构。如图 1 所示,衬垫层 5 具备通过粘接层 25 与半导体基板 5 接触的第一衬垫层 27、设在第一衬垫层的背面侧的第二衬垫层 29。衬垫层 27 由根据半导体基板 15 的板厚设定的设定值的声阻抗的材料形成。衬垫层 29 的超声波的衰减率比衬垫层 27 高,并且,由接近衬垫层 27 的声阻抗的声阻抗的材料形成。

[0040] 说明这样形成的本实施方式的超声波探头的动作。在 CMUT 元件 13 的电极 21、23 间从外部装置通过挠性基板 11 施加规定的直流偏压,将 CMUT 元件 13 的电性机械结合系数设定为规定值。并且,当从外部装置通过挠性基板 11 向电极 21、23 间发送规定的驱动信号时,根据电性机械结合系数产生超声波。所产生的超声波被声透镜 3 聚束并照射到被检测体。由被检测体反射的超声波的反射回波通过声透镜 3 而使 CMUT 元件 13 的膜体 18 振动。通过该振动,真空隙 19 的静电容量变化,从电极 21、23 间输出与该变化相应的电信号。该电信号通过挠性基板 11 从 CMUT 片 1 发送到外部装置,通过适当处理而产生超声波图像。

[0041] 接着,说明本实施方式的超声波探头的特征动作。为了得到规定的声压,较小地设

定 CMUT 元件 13 的电性机械结合系数。因此,与压电陶瓷制的转换器相比,CMUT 将超声波转换为电信号的效率低,未转换为电信号的反射回波透过半导体基板 15。当该反射回波在半导体基板 15 与衬垫层 5 的界面反射时,成为多重反射的原因。此时,在半导体基板 15 的板厚,例如板厚为  $200\ \mu\text{m}$  的场合,当使半导体基板 15 与衬垫层 5 的声阻抗一致时,能够降低半导体基板 15 与衬垫层 5 的界面的声压反射率。但是,当使半导体基板 15 的板厚比  $200\ \mu\text{m}$  薄时,半导体基板 15 与衬垫层 5 的界面的声压反射率增加。例如,根据后述的图 4,在半导体基板 15 的板厚为  $5\ \mu\text{m}$ 、 $25\ \mu\text{m}$ 、 $50\ \mu\text{m}$  的场合,使衬垫层 5 的声阻抗比半导体基板 15 的声阻抗 ( $20\text{MRayl}$ ) 小,能够降低半导体基板 15 与衬垫层 5 的界面的声压反射率。这是因为,与使用的超声波的波长相比,当半导体基板 15 的板厚充分薄、例如为  $1/20$  以下时,能够忽略半导体基板 15 的声阻抗的影响。因此,因为能够将半导体基板 15 与衬垫层 5 的界面视为声透镜 3 与衬垫层 5 的界面,因此通过降低衬垫层 5 的声阻抗,接近声透镜 3 的声阻抗 ( $1.5\text{MRayl}$ ),能够降低半导体基板 15 与衬垫层 5 的界面的声压反射率。因此,透过半导体基板 15 的反射回波透过半导体片 15 与衬垫层 5 的界面,因此能够抑制反射回波在该界面与被检测体之间反复反射的多重反射。另外,当使半导体基板 15 的板厚薄时,具有半导体基板 15 与衬垫层 5 的界面的声压反射率下降的倾向,因此优选使半导体基板 15 的板厚薄。另一方面,当使半导体基板 15 的板厚薄时,产生半导体基板 15 的强度下降等问题,因此优选半导体基板 15 的板厚为  $25\ \mu\text{m}$  以上,优选  $25\ \mu\text{m}$  以上且  $50\ \mu\text{m}$  以下。

[0042] 并且,为了降低衬垫层 5 的声阻抗,在衬垫层 5 的材料中使用 6-尼龙那样的热塑性树脂。这种树脂一般线膨胀系数大。另一方面,半导体基板 15 由线膨胀系数小的硅等形成。因此,由于将半导体基板 15 粘接在衬垫层 5 上时的热应力,在半导体基板 15 和衬垫层 5 的接合体上产生折叠等结构歪斜。尤其当衬垫层 5 的长度方向变形大时,结构歪斜越大。当这样产生结构歪斜时,无法得到目标的尺寸,装置的可靠性下降。因此,本实施方式在与半导体基板 15 接触的一侧配置使线膨胀系数下降且接近半导体基板 15 的第一衬垫层 27。例如,以纤维的长度方向沿衬垫层 27 的长度方向的方式在树脂中混合碳纤维或玻璃纤维,形成衬垫层 27。

[0043] 另一方面,使线膨胀系数下降的衬垫层 27 的超声波的衰减率低,只利用衬垫层 27 无法使超声波全部衰减。因此,本实施方式在衬垫层 27 的背面侧配置超声波的衰减率比衬垫层 27 高的第二衬垫层 29。衬垫层 29 的材料能够使用超声波的衰减率比衬垫层 27 高,并且弹性率比用于衬垫层 27 的树脂小的树脂、例如聚氨酯、环氧树脂、铁橡胶等。当衬垫层 27 与衬垫层 29 的声阻抗的差大时,衬垫层 27 与衬垫层 29 的界面的声压反射率变大。因此,在形成衬垫层 29 的树脂中混合钨、硅等,使衬垫层 29 的声阻抗接近衬垫层 27 的声阻抗。由此,能够减小衬垫层 27 与衬垫层 29 的界面的声压反射率,因此能够利用衰减率高的衬垫层 29 使反射回波衰减。下面,根据实施例详细地说明第一衬垫层 27 与第二衬垫层 29 的详细结构。

[0044] 实施例一

[0045] 本发明的发明人发现即使使半导体基板与衬垫层的声阻抗一致,当半导体基板的板厚薄时,多重反射的抑制程度也低。说明基于当根据半导体基板的板厚改变衬垫层的声阻抗时,对多重反射的抑制有效的本发明的原理。

[0046] 通过来自被检测体的反射回波透过半导体基板,在半导体基板与衬垫层的界面反

射,在该界面与被检测体之间反复反射,产生多重反射。因此,只要能够降低半导体基板与衬垫层的界面的超声波的反射率(声压反射率),便能够抑制多重反射。该声压反射率( $mr$ )能够由以下的式 1 计算。

[0047] [式 1]

$$[0048] \quad mr = \frac{\left(\frac{Z_1 - Z_2}{Z_1 + Z_2}\right) + \left(\frac{Z_3 - Z_1}{Z_3 + Z_1}\right) e^{-2\gamma_1 d_1}}{1 + \left(\frac{Z_1 - Z_2}{Z_1 + Z_2}\right) \left(\frac{Z_3 - Z_1}{Z_3 + Z_1}\right) e^{-2\gamma_1 d_1}}$$

[0049]  $mr$ : 半导体基板与衬垫层的界面的声压反射率

[0050]  $Z_1$ : 半导体基板的声阻抗

[0051]  $Z_2$ : 声透镜的声阻抗

[0052]  $Z_3$ : 衬垫层的声阻抗

[0053]  $\gamma_1$ : 半导体基板的传播常数

[0054]  $d_1$ : 半导体基板的板厚

[0055] 将半导体基板的声阻抗( $Z_1$ )作为 20MRayl, 将声透镜的声阻抗( $Z_2$ )作为 1.5MRayl, 将衬垫层的声阻抗( $Z_3$ )作为 1.5MRayl、4MRayl、6MRayl、20MRayl, 将半导体基板的板厚( $d_1$ )作为 5  $\mu\text{m}$ 、25  $\mu\text{m}$ 、50  $\mu\text{m}$ 、200  $\mu\text{m}$ , 利用式 1 计算半导体基板与衬垫层的界面的声压反射率( $mr$ )。并且,根据半导体基板的板厚对计算出的声压反射率进行分类,得到图 4 (a)至(d)的图表。(a)表示半导体基板的板厚为 5  $\mu\text{m}$  的场合,(b)表示半导体基板的板厚为 25  $\mu\text{m}$  的场合,(c)表示半导体基板的板厚为 50  $\mu\text{m}$  的场合,(d)表示半导体基板的板厚为 200  $\mu\text{m}$  的场合。另外,(a)至(d)是将纵轴作为半导体基板与衬垫层的界面的声压反射率、将横轴作为用于超声波诊断的超声波的使用频率的图表。另外,半导体基板的声阻抗( $Z_1$ )与半导体基板的传播常数( $\gamma_1$ )使用半导体基板的一般的材料即硅的声阻抗和超声波的传播常数。

[0056] 当比较半导体基板的板厚薄的(a)至(c)、半导体基板的板厚厚的(d)时,在半导体基板的板厚薄的场合,当将衬垫层的声阻抗设定为比半导体基板的声阻抗即 20MRayl 低时,能够降低半导体基板与衬垫层的界面的声压反射率。相对于此,在半导体基板的板厚厚的场合,将衬垫层的声阻抗设定为半导体基板的声阻抗即 20MRayl 能够降低半导体基板与衬垫层的界面的声压反射率。这是因为,当半导体基板的板厚薄时,半导体基板的声阻抗的影响变小。即,超声波探头按照声透镜、半导体基板、衬垫层的顺序形成,因此当忽略半导体基板时,半导体基板与衬垫层的界面能够视为声透镜与衬垫层的界面。因此,通过使衬垫层的声阻抗下降并接近声透镜,在半导体基板与衬垫层,界面的声压反射率降低。

[0057] 根据这种发现,本发明的超声波探头的实施例一如图 1~3 所示,在具备将超声波与电信号相互转换的容量性振动单元即 CMUT 元件 13、在表面形成多个容量性振动单元的半导体基板 15、设在容量性振动单元的表面侧的声透镜 3、设在半导体基板 15 的背面侧的衬垫层 5 的超声波探头中,其特征在于,衬垫层 5 具有与半导体基板接触的第一衬垫层 27、设在第一衬垫层 27 的背面侧的第二衬垫层 29,第一衬垫层 27 根据半导体基板 15 的板厚设定声阻抗,第二衬垫层 29 由能使透过了第一衬垫层 27 的超声波衰减的衰减材料形成,声阻抗与第一衬垫层 27 的声阻抗一致地设定。

[0058] 即,即使衬垫层 5 的声阻抗相同,根据半导体基板 15 的板厚,半导体基板 15 与衬

垫层 5 的界面的声压反射率变化,因此多重反射的抑制程度变化。因此,根据半导体基板 15 的板厚,将与半导体基板 15 接触的第一衬垫层 27 的声阻抗设定为对多重反射的抑制有效的声阻抗。由此,能够提高多重反射的抑制程度,因此能够降低由成为超声波图像的虚像的描绘原因的多重反射引起的不必要应答。

[0059] 另外,第一衬垫层 27 与半导体基板 15 接触,因此在能够使用的材料上有制约,有时无法使用超声波的衰减率高的材料。因此,优选设置超声波的衰减率比第一衬垫层 27 大的第二衬垫层 29,使透过了第一衬垫层 27 的反射回波衰减。

[0060] 并且,根据图 4 (b),在超声波诊断的超声波的使用频率为 5MHz 以下的场合,当将第一衬垫层 27 的声阻抗设定为 1.5MRayl 时,半导体基板 15 与衬垫层 27 的界面的声压反射率最低。另一方面,在超声波的使用频率为 15MHz 的场合,当将第一衬垫层 27 的声阻抗设定为 6MRayl 时,半导体基板 15 与衬垫层 27 的界面的声压反射率也最低。因此,第一衬垫层 27 的声阻抗优选设定为 1.5MRayl 以上且 6MRayl 以下。尤其用于超声波诊断的超声波的使用频率一般为 2 ~ 15MHz,因此在利用一个超声波探头发送该使用频率的超声波的场合,通过将第一衬垫层 27 的声阻抗设定为 4MRayl 以上且 6MRayl 以下,能够在频率宽的区域提高多重反射的抑制程度。

[0061] 另外,在图 4 (c)的半导体基板的板厚为 50  $\mu\text{m}$  的场合,当超声波的使用频率超过 7MHz 时,在第一衬垫层 27 的声阻抗为 1.5MRayl 时,多重反射的抑制效果比以往低。因此,在该场合,通过将第一衬垫层 27 的声阻抗的设定值设定为超过 1.5MRayl 的值、优选 4MRayl 以上且 6MRayl 以下,能够在频率宽的区域提高多重反射的抑制程度。

[0062] 并且,为了将第一衬垫层 27 的声阻抗设定为 1.5MRayl、4MRayl、6MRayl 等低的值,利用声阻抗低的树脂形成第一衬垫层 27。因此,第一衬垫层 27 的线膨胀系数变大。另一方面,半导体基板 15 由线膨胀系数小的硅等形成,因此,当在高温下进行半导体基板 15 与第一衬垫层 27 的粘接作业时,有可能由于在半导体基板 15 与第一衬垫层 27 粘接时产生的热应力而产生结构歪斜。

[0063] 在该场合,优选使半导体基板 15 与第一衬垫层 27 的线膨胀系数接近。例如,优选使碳纤维或玻璃纤维的长度方向与第一衬垫层的长度方向一致地混入树脂,从而形成第一衬垫层。另外,通过多孔质陶瓷中填充树脂而形成第一衬垫层 27,能够使半导体基板 15 与第一衬垫层 27 的线膨胀系数接近。

[0064] 图 5 (a)、(b)表示实施例一的第一衬垫层 27。实施例一的声阻抗通过将接近声透镜 3 的 6-尼龙作为基体 31,在该基体 31 中作为调整材料混入碳纤维 33,形成第一衬垫层 27。衬垫层 27 例如能够通过将 6-尼龙与碳纤维 33 的混合物挤入模具中的注塑成形形成。此时,模具的壁面侧由于摩擦而导致混合物的流速下降,碳纤维 33 的长度方向为注射方向。因此,通过使 6-尼龙与碳纤维 33 的混合物的注入方向和衬垫层 27 的长度方向一致,能够使衬垫层 27 与碳纤维 33 的长度方向一致。由此,将衬垫层 27 的声阻抗设定为 4MRayl,将衬垫层 27 的长度方向的线膨胀系数调整为 5ppm /  $^{\circ}\text{C}$ 。通过适当改变基体 31 的树脂的种类或调整材料的种类及混合量,能够将衬垫层 27 的声阻抗与线膨胀系数设定为期望的值。另外,半导体基板 15 的材料即硅的线膨胀系数是 3ppm /  $^{\circ}\text{C}$ 。另一方面,6-尼龙单体的线膨胀系数是 90 ~ 100ppm /  $^{\circ}\text{C}$ ,碳纤维的线膨胀系数大约是 0ppm /  $^{\circ}\text{C}$ 。另外,衬垫层 27 是在长度方向与短边方向,线膨胀系数不同的各向异性的材料。

[0065] 将衬垫层 27 粘接在形成有 CMUT 元件 13 的半导体基板 15 上。半导体基板 15 以硅为材料,将板厚形成为  $40\ \mu\text{m}$ 。在该状态下,在衬垫层 27 的背面侧安装第二衬垫层 29 的模具,使衬垫层 29 的材料流入该模具中,在衬垫层 27 的背面侧形成衬垫层 29。衬垫层 29 的材料使用将热固化型的聚氨酯作为基体,并在该基体中添加了钨的混合物。由此,将衬垫层 29 的声阻抗设定为  $4\text{MRayl}$ ,将弹性率设定为  $500\text{MPa}$ 。另外,将衬垫层 29 的厚度设为  $6\text{mm}$ ,将衬垫层 29 的固化温度设定为  $40^\circ\text{C}$ 。另外,衬垫层 29 的声阻抗与弹性率通过适当改变基体的树脂的种类、添加剂的种类及添加量,能够设定为期望的值。另外,衬垫层 29 的厚度能够根据衬垫层 27 的超声波的衰减率适当设定。

[0066] 将形成有衬垫层 27、29 的 CMUT 片 1 安装在壳体 7 上,成为实施例一的超声波探头。图 6 表示该超声波探头的半导体基板 15 与衬垫层 27 的界面的超声波的声压反射率。图 6 是将纵轴作为半导体基板 15 与衬垫层 27 的界面的声压反射率、将横轴作为用于超声波诊断的超声波的使用频率的图表。另外,图 6 记载了比较例一,该比较例一为了与半导体基板的声阻抗一致,使用 PVC-钨的复合材料将声阻抗设定为  $20\text{MRayl}$ ,其他结构将与实施例一相同的超声波探头。

[0067] 从图 6 可以看出,与使衬垫层 27 的声阻抗与半导体基板 15 的声阻抗一致的比较例一相比,接近声透镜 3 的声阻抗的实施例一在普通的超声波的使用频率(2 至  $15\text{MHz}$ )中,半导体基板 15 与衬垫层 27 的界面的声压反射率低。例如,在超声波的使用频率为  $5\text{MHz}$  时,比较例一的声压反射率是  $85\%$ ,实施例一能够降低到  $63\%$ 。即,实施例一的超声波探头的多重反射的抑制程度高,因此能抑制由多重反射引起的虚线出现在超声波图像中,从而能够得到可靠性高的超声波图像。

[0068] 另一方面,由于半导体基板 15 与衬垫层 27 的粘接时的加热,在半导体基板 15 与衬垫层 27 的粘接体上产生折叠。图 7 表示该折叠量。图 7 是使纵轴为粘接体的折叠量,使横轴为衬垫层的长度方向的距离的图表。另外,作为比较例 2,在图 7 中记载了使用尼龙与钨的混合材料而形成的线膨胀系数  $60\text{ppm}/^\circ\text{C}$  的衬垫层。根据图 7,比较例 2 产生  $70\text{mm}$  左右的折叠,但实施例一能够将折叠量降低到  $10\text{mm}$  左右。因此,能够降低由折叠引起的结构歪斜,从而提高超声波探头的精度及可靠性。

[0069] 另外,第二衬垫层 29 的线膨胀系数是  $100\text{ppm}/^\circ\text{C}$ 。但是,通过使第二衬垫层 29 使用比第一衬垫层 27 弹性率小,并且固化温度低的材料,能够由衬垫层 29 吸收在衬垫层 27、29 之间产生的热应力。由此,能够抑制衬垫层 27、29 间的结构歪斜。

[0070] 另外,能够将第一衬垫层 27 的碳纤维 33 的混合量设定为例如  $40\text{vol}\%$ 。但是,当碳纤维 33 多时,碳纤维 33 占据衬垫层 27 的截面的比例多,声阻抗增加,因此优选碳纤维 33 的混合量的上限设定为  $50\text{vol}\%$  以下。另外,碳纤维 33 的长度能够适当选择,例如能够使用长度  $3\text{mm}$  的碳纤维 33。

[0071] 另外,实施例一利用碳纤维 33 调整衬垫层 27 的线膨胀系数,但能够代替碳纤维 33 而利用玻璃纤维调整线膨胀系数。

[0072] 另外,能调在衬垫层 27 中混合硅石或钨,从而调整衬垫层 27 的声阻抗。

[0073] 实施例二

[0074] 图 8 表示实施例二的超声波探头的、半导体基板 15 与衬垫层 27 的界面的超声波的声压反射率。实施例二与实施例一不同点在于将半导体基板 15 的板厚设定为  $30\ \mu\text{m}$  这

一点。另外,在于由环氧树脂与钨的混合材料形成第二衬垫层 29 这一点。另外,其他结构与实施例一相同,因此省略说明。另外,实施例二的衬垫层 29 将声阻抗设定为  $4\text{MRayl}$ ,将弹性率设定为  $500\text{MPa}$ ,将厚度设定为  $6\text{mm}$ ,将线膨胀系数设定为  $100\text{ppm}/^\circ\text{C}$ ,将固化温度设定为  $40^\circ\text{C}$ 。即,实施例二的衬垫层 29 其他结构与实施例一相同。

[0075] 图 8 是将纵轴作为半导体基板 15 与衬垫层 27 的界面的声压反射率,将横轴作为用于超声波诊断的超声波的使用频率的图表。另外,图 8 作为比较例三记载了为了与半导体基板的声阻抗一致,使用通过使用 PVC-钨的复合材料而将声阻抗设定为  $20\text{MRayl}$  的第一衬垫层,其他结构与实施例二相同的超声波探头。

[0076] 从图 8 可以看出,就衬垫层 27 的声阻抗而言,与比较例三相比,实施例二在一般的超声波使用频率(2 至  $15\text{MHz}$ )中,半导体基板 15 与衬垫层 27 的界面的声压反射率低。例如,在超声波的使用频率为  $5\text{MHz}$  时,比较例三的声压反射率是  $85\%$ ,但在实施例二中,能够将声压反射率降低到  $58\%$ 。

[0077] 另外,当比较实施例一与实施例二时,实施例二的半导体基板 15 和衬垫层 27 的界面的反射率低。因此,半导体基板 15 的板厚薄能够使半导体基板 15 和衬垫层 27 的界面的声压反射率低,从而多重反射的抑制效果高。

[0078] 另外,即使在实施例二中,也与实施例一相同,能够将半导体基板 15 与衬垫层 27 的粘接体的折叠量抑制为  $10\text{mm}$  左右。

[0079] 实施例三

[0080] 图 9 表示实施例三的超声波探头的短轴方向的剖视图。实施例三与实施例一不同点在于由铁橡胶形成第二衬垫层 29,由热固化型环氧树脂粘接剂粘接第一衬垫层 27 与第二衬垫层 29。其他结构与实施例一相同,因此标注相同的符号并省略说明。

[0081] 铁橡胶成形为设定尺寸,或切割为适当尺寸而形成。将该铁橡胶作为衰减材料,用于衬垫层 29。衬垫层 27 与衬垫层 29 通过粘接材料的环氧树脂层 35 粘接。此时,将环氧树脂层 35 的厚度减薄到  $10\mu\text{m}$  以下。由此,与在超声波的使用频率的波长比较,材料厚度显著变小,因此能够忽略环氧树脂层 35 的声阻抗,能够抑制环氧树脂层 35 的界面的超声波的反射。

[0082] 实施例三的超声波探头也与实施例一相同,能够降低半导体基板 15 与衬垫层 27 的界面的声压反射率。另外,半导体基板 15 与衬垫层 27 的接合体的折叠量比实施例一小,为  $5\text{mm}$ 。

[0083] 另外,作为衬垫层 29,除了铁橡胶以外,也能够使用含钨氯乙烯将等通常的超声波探头的衬垫材料作为基体的材料。

[0084] 另外,粘接材料未限定于环氧树脂,能够使用固化温度接近室温,并且弹性率低材料。

[0085] 实施例四

[0086] 以下说明实施例四。实施例四与图 1 的实施例一不同点在于使半导体基板 15 的板厚为  $25\mu\text{m}$  这一点。另外,在于使第二衬垫层 29 利用在热固化型的环氧树脂中混合了钨及微球的复合材料形成成为厚度  $3\text{mm}$  这一点。其他结构与实施例一相同,因此省略说明。

[0087] 衬垫层 29 通过在环氧树脂中混合钨与作为空心粒子的微球而形成。当混合微球时,是相同声阻抗,能够增大超声波的衰减率。因此,与实施例一相比,实施例四能够使衬垫

层 29 的厚度为一半。

[0088] 图 10 表示衬垫层 29 的超声波的衰减率与微球的配合量的关系。图 10 是将纵轴作为衬垫层 29 的超声波衰减率,将横轴作为微球的配合比的图表。从图 10 的图表可以看出,当微球的配合量增加时,超声波的衰减率增加。因此,能够使衬垫层 29 薄,因此能够使超声波探头轻量化。另外,实施例四的衬垫层 29 使声阻抗为  $4\text{MRayl}$ ,使线膨胀系数为  $100\text{ppm} / ^\circ\text{C}$ ,使弹性率为  $500\text{MPa}$ ,使固化温度为  $40^\circ\text{C}$ 。

[0089] 图 11 表示实施例四的超声波探头的半导体基板 15 与衬垫层 27 的界面的超声波的声压反射率。图 11 是将纵轴作为半导体基板 15 与衬垫层 27 的界面的声压反射率,将横轴作为用于超声波诊断的超声波的使用频率的图表。另外,为了比较,图 11 记载了为了使第一衬垫层 27 与半导体基板的声阻抗一致,使用 PVC-钨的复合材料将声阻抗设定为  $20\text{MRayl}$ ,其他结构形成为与实施例四相同的比较例四的声压反射率。

[0090] 如图 11 所示,实施例四的超声波探头与比较例四相比,能够降低半导体基板 15 与第一衬垫层 27 的界面的声压反射率。例如,超声波的使用频率在  $5\text{MHz}$  时能将声压反射率从  $85\%$  降低到  $55\%$ 。另外,即使超声波的使用频率在  $10\text{MHz}$  附近的声压反射率,也能够从  $85\%$  降低到  $70\%$  左右。即使半导体基板 15 与第一衬垫层 27 粘接时的折叠量,也能够将折叠量降低到  $5\text{mm}$  左右。

[0091] 实施例五

[0092] 图 12 表示实施例五的超声波探头的截面结构。实施例五与实施例一的不同点在于在半导体基板 15 的背面侧通过粘接层 25 粘接支架材料 39 这一点。并且,在于挖出支架材料 39 的中央部,在该挖出部插入第一衬垫层 27,将第一衬垫层 27 通过粘接层 25 粘接在半导体基板 15 的背面侧这一点。其他结构与实施例一相同,因此标注相同的符号并省略说明。

[0093] 支架材料 39 由陶瓷或合金等材料形成,起到固定 CMUT 片 1 与挠性基板 11 的基台的作用。在支架材料 39 的中央部形成能插入衬垫层 27 的挖出部。衬垫层 27 插入挖出部而固定。衬垫层 27 形成为比 CMUT 片 1 小。这是因为,CMUT 片 1 的音响放射部(超声波放射部)不是位于 CMUT 片 1 的整体,因此只在具有音响放射部的中央部配置衬垫层 27,由衬垫层 27 覆盖音响放射部。

[0094] 根据这种结构,能够由结构比衬垫层 27 稳定的支架材料 39 支撑 CMUT 片 1,因此能够提高超声波探头的组装作业等的实用性。另外,实施例五的多重反射的抑制效果、以及结构歪斜的降低效果与实施例一相同。

[0095] 实施例六

[0096] 以下说明实施例六的超声波探头。实施例六与图 1 的实施例一不同点在于,在多孔质陶瓷中填充树脂,并形成第一衬垫层 27 这一点。另外,还在于在热固化型环氧树脂中混合钨而形成第二衬垫层 29 这一点。其他结构与实施例一相同,因此省略说明。

[0097] 衬垫层 27 将声阻抗设定为  $6\text{MRayl}$ ,将线膨胀系数设定为  $10\text{ppm} / ^\circ\text{C}$ 。衬垫层 29 将声阻抗设定为  $6\text{MRayl}$ ,将线膨胀系数设定为  $80\text{ppm} / ^\circ\text{C}$ ,将弹性率设定为  $500\text{MPa}$ ,将厚度设定为  $6\text{mm}$ 。衬垫层 29 与实施例一相同,通过在固化温度  $40^\circ\text{C}$  下流入而形成。另外,将半导体基板 15 的厚度设为  $40\ \mu\text{m}$ 。

[0098] 图 13 表示实施例六的超声波探头的、半导体基板 15 与衬垫层 27 的界面的超声波

的声压反射率。图 13 是将纵轴作为半导体基板 15 和衬垫层 27 的界面的声压反射率,将横轴作为用于超声波诊断的超声波的使用频率的图表。另外,为了比较,在图 13 中记载了为了使第一衬垫层 27 与半导体基板的声阻抗一致,使用 PVC-钨复合材料,并将声阻抗设定为 20MRayl,其他结构与实施例六形成为相同的比较例五的声压反射率。

[0099] 如图 13 所示,实施例六的超声波探头与比较例五相比,能够降低半导体基板 15 与衬垫层 27 的界面的声压反射率。例如,在超声波的使用频率为 5MHz 时,能够将声压反射率从 85% 降低到 70%。另一方面,实施例六与实施例一相比,声阻抗大,因此实施例六与实施例一相比,声压反射率大。因此,在将半导体基板 15 与衬垫层 27 的界面的声压反射率设定为例如比 85% 低的场合,衬垫层 27 的声阻抗优选设定为 6MRayl 以下。

[0100] 符号说明

[0101] 1—CMUT 片,3—声透镜,5—衬垫层,13—CMUT 元件,15—半导体基板,27—第一衬垫层,29—第二衬垫层,33—碳纤维。

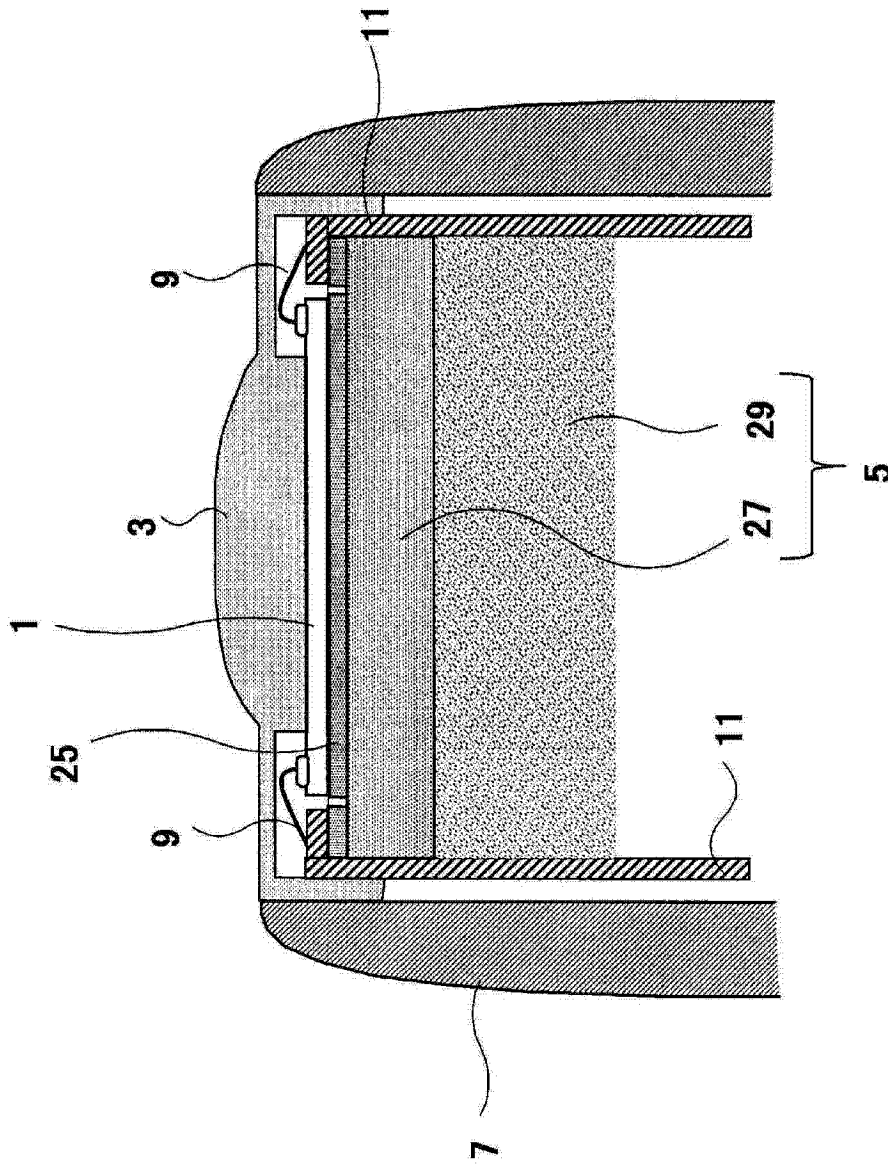


图 1

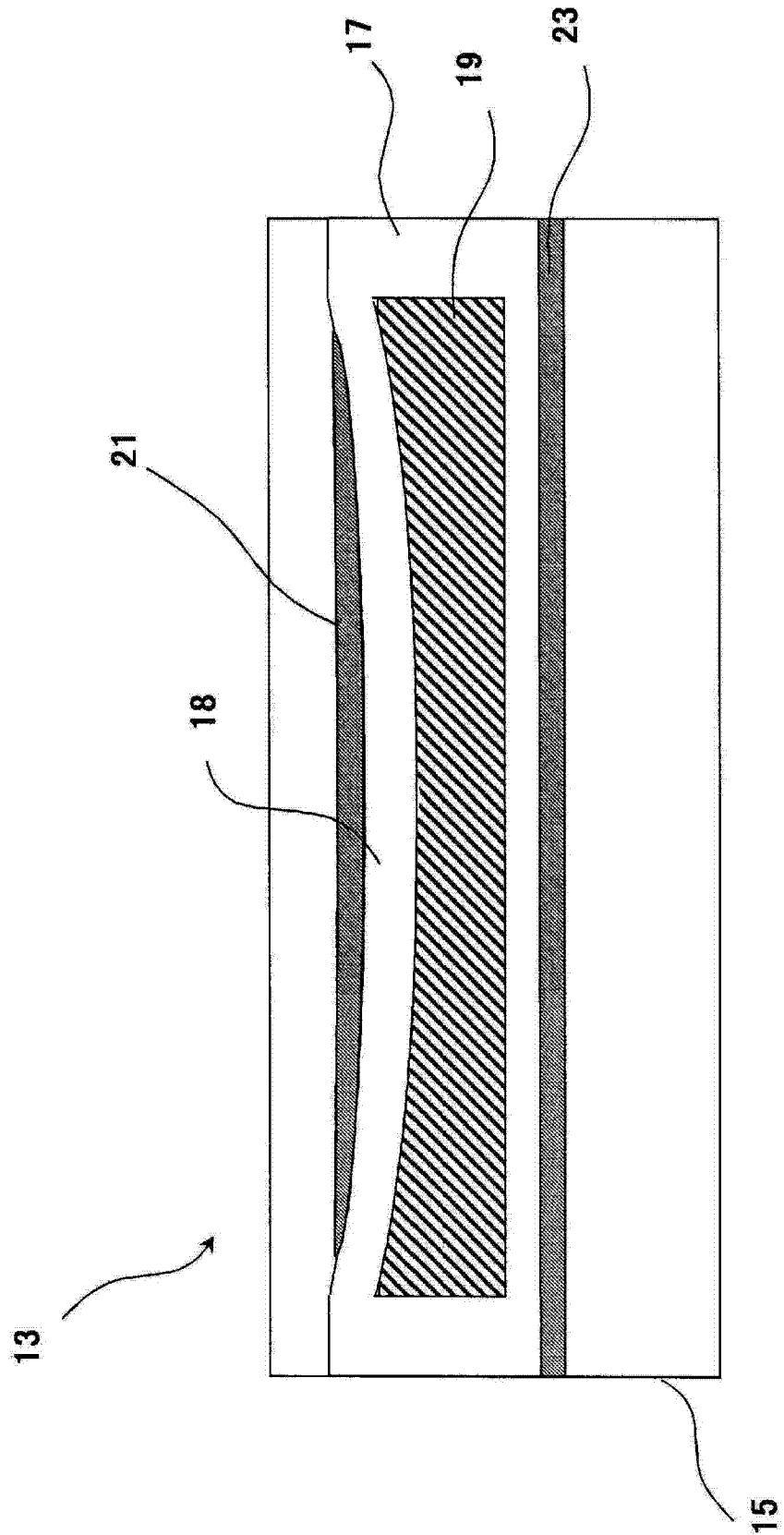


图 2

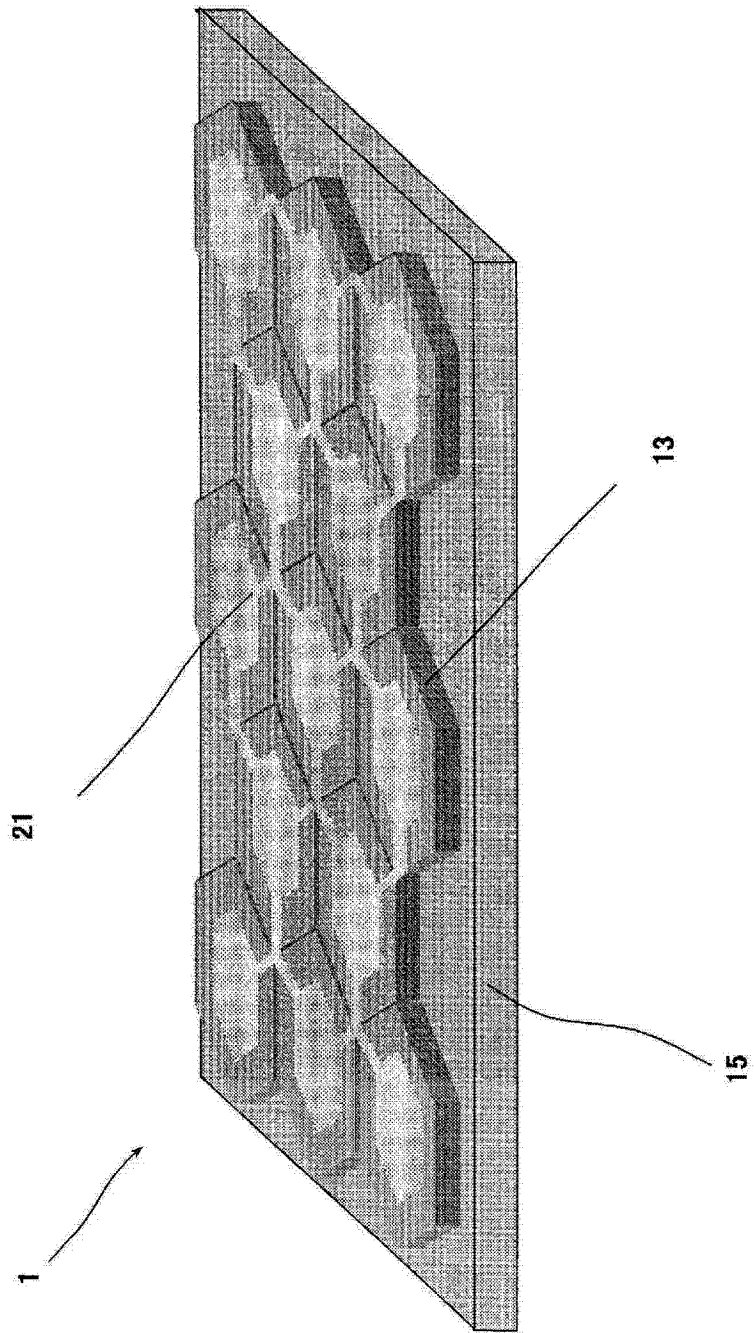


图 3

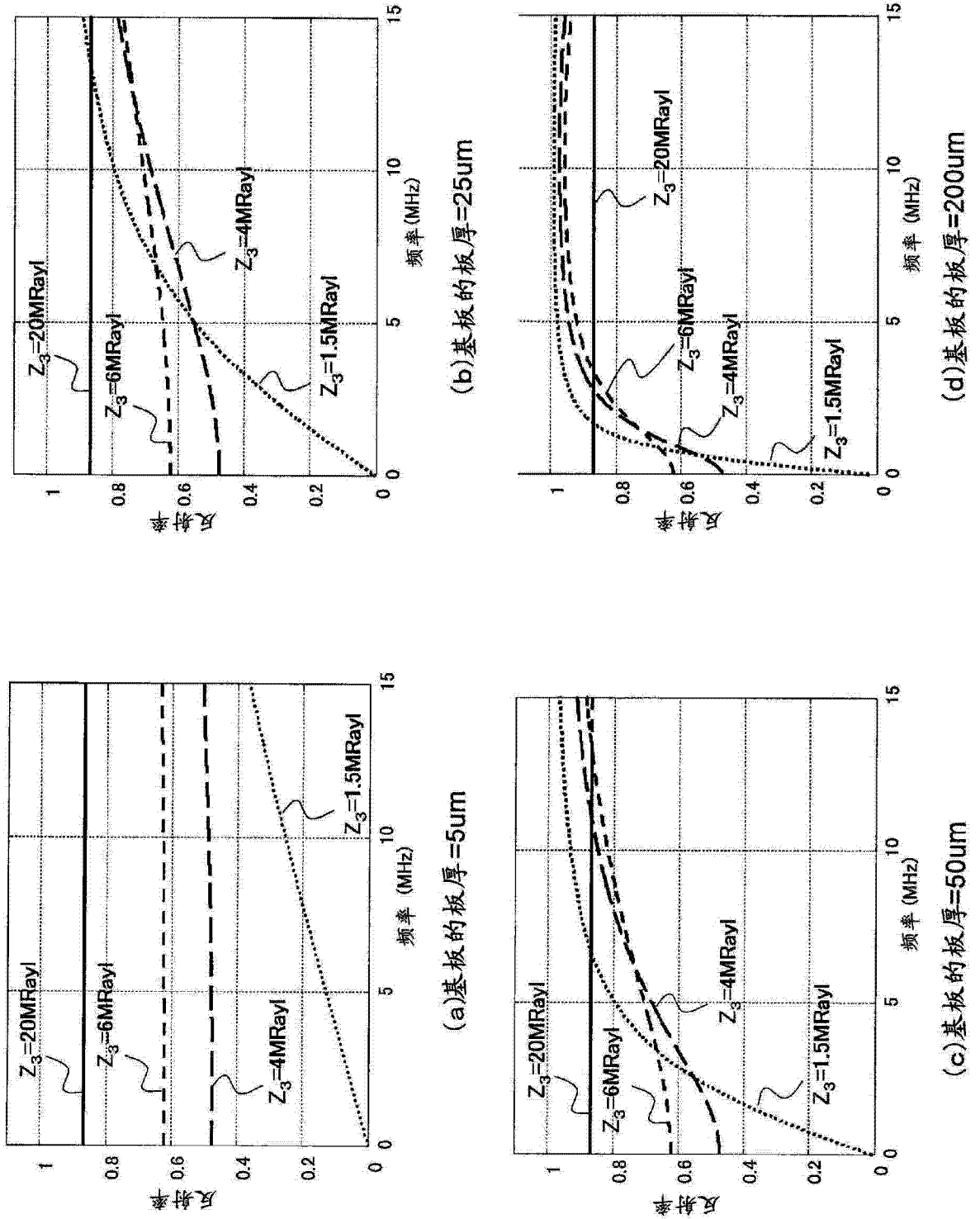


图 4

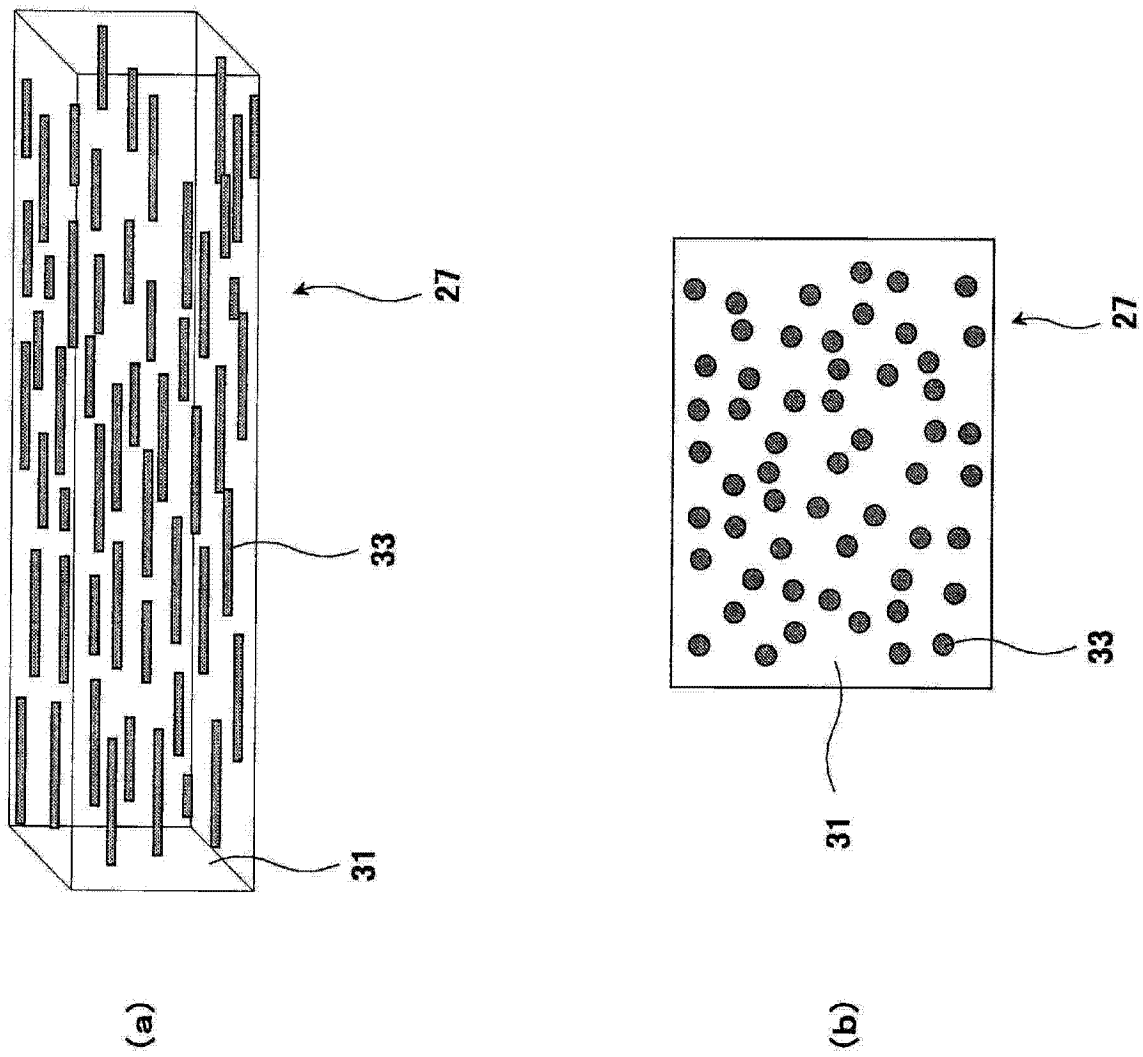


图 5

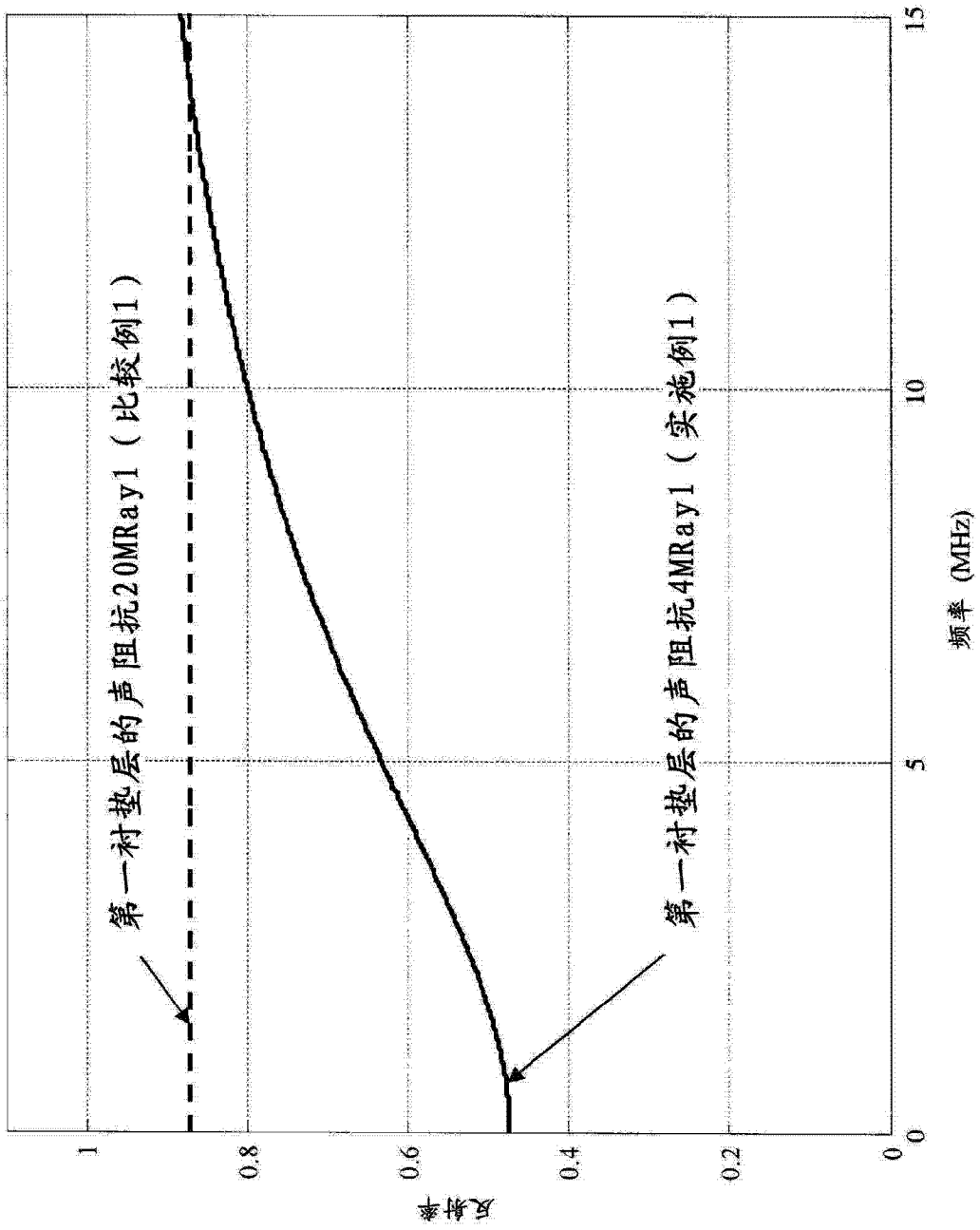


图 6

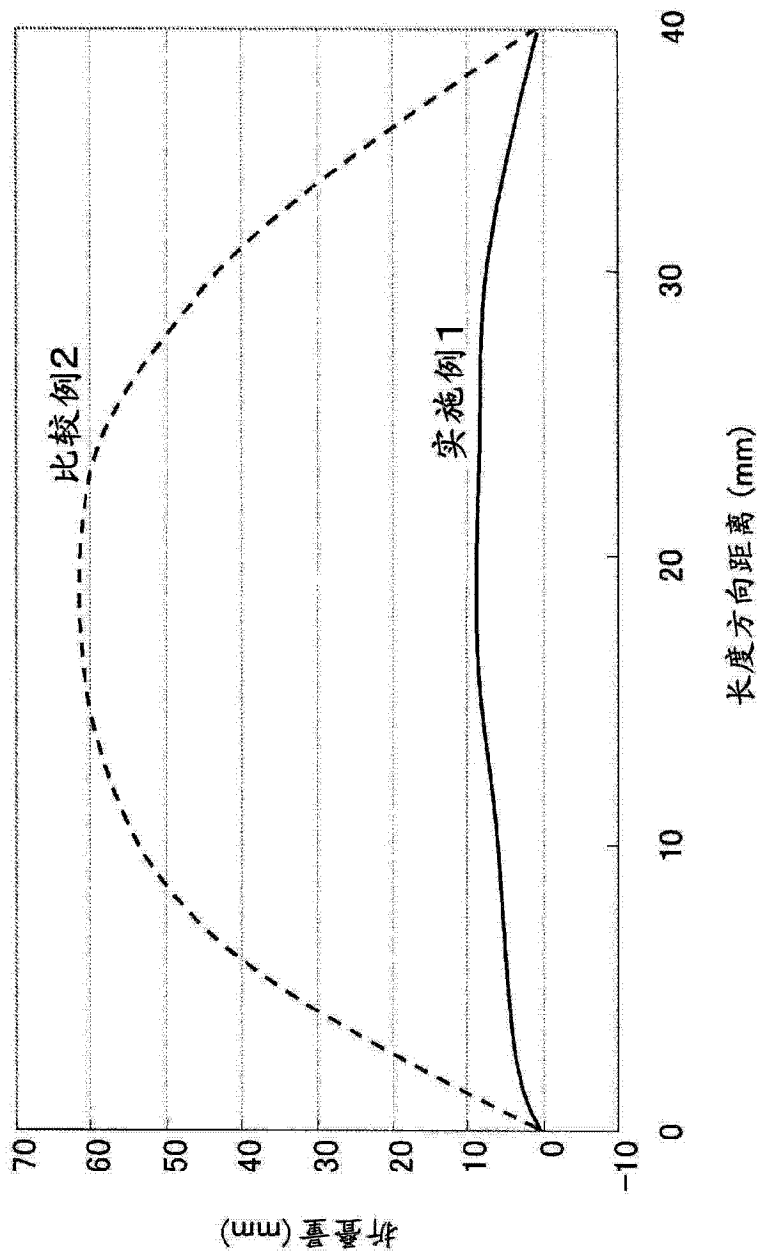


图 7

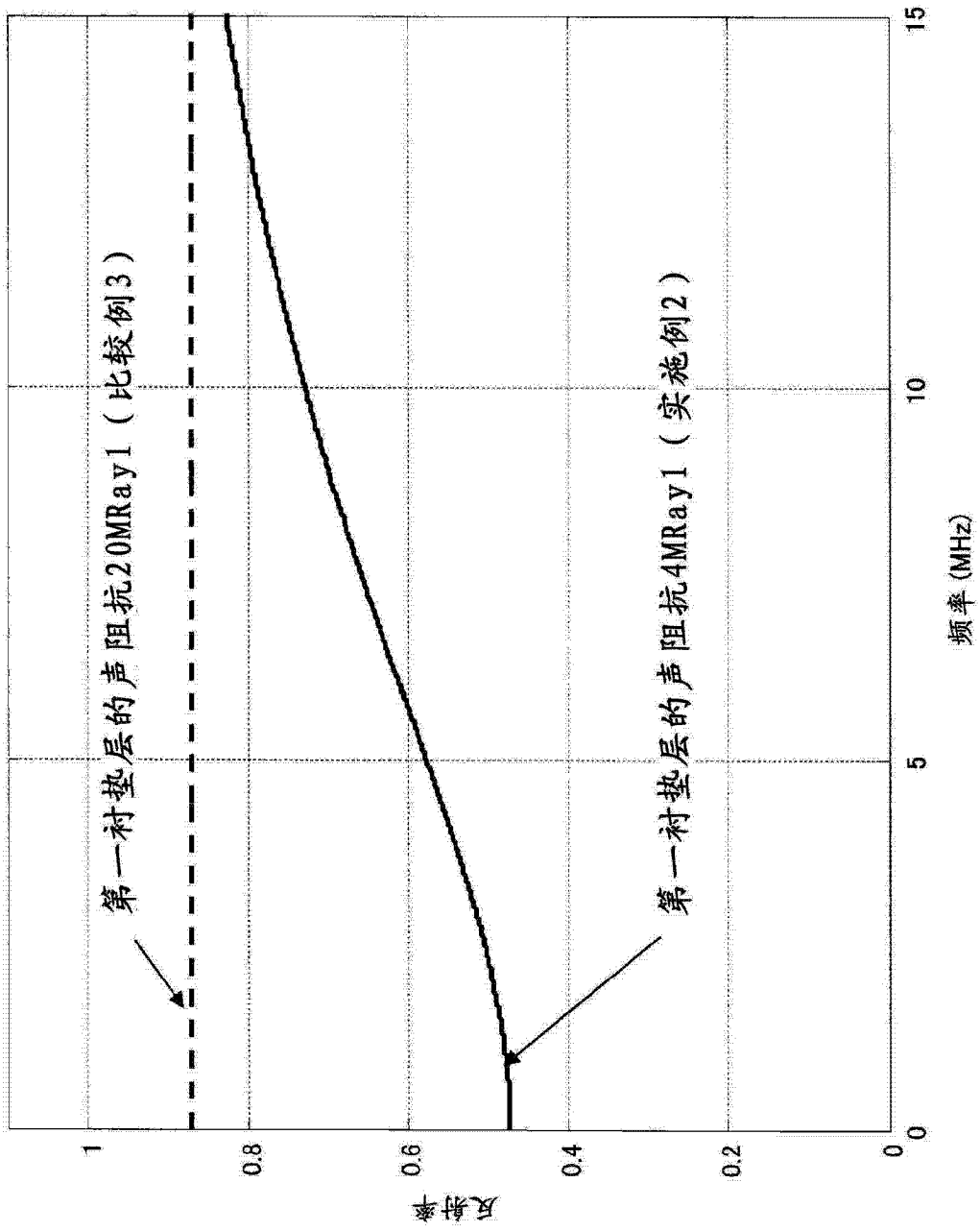


图 8

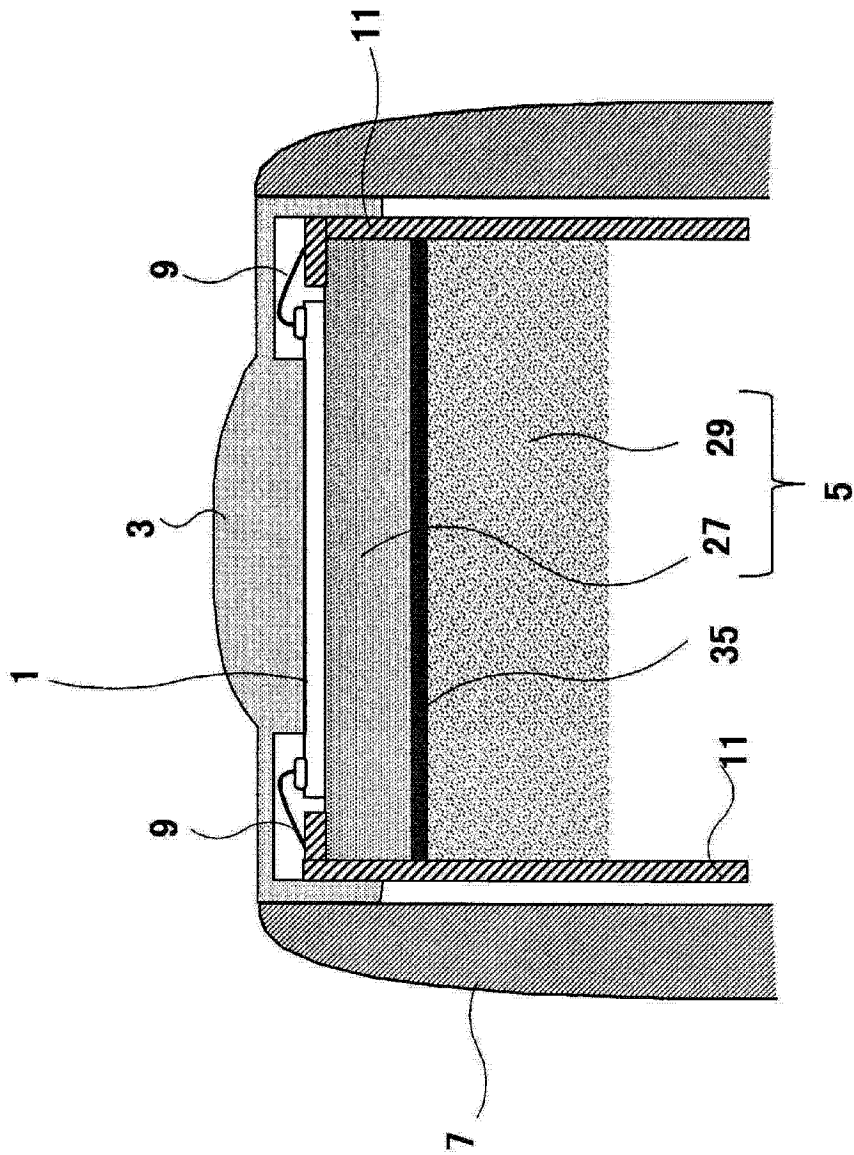


图 9

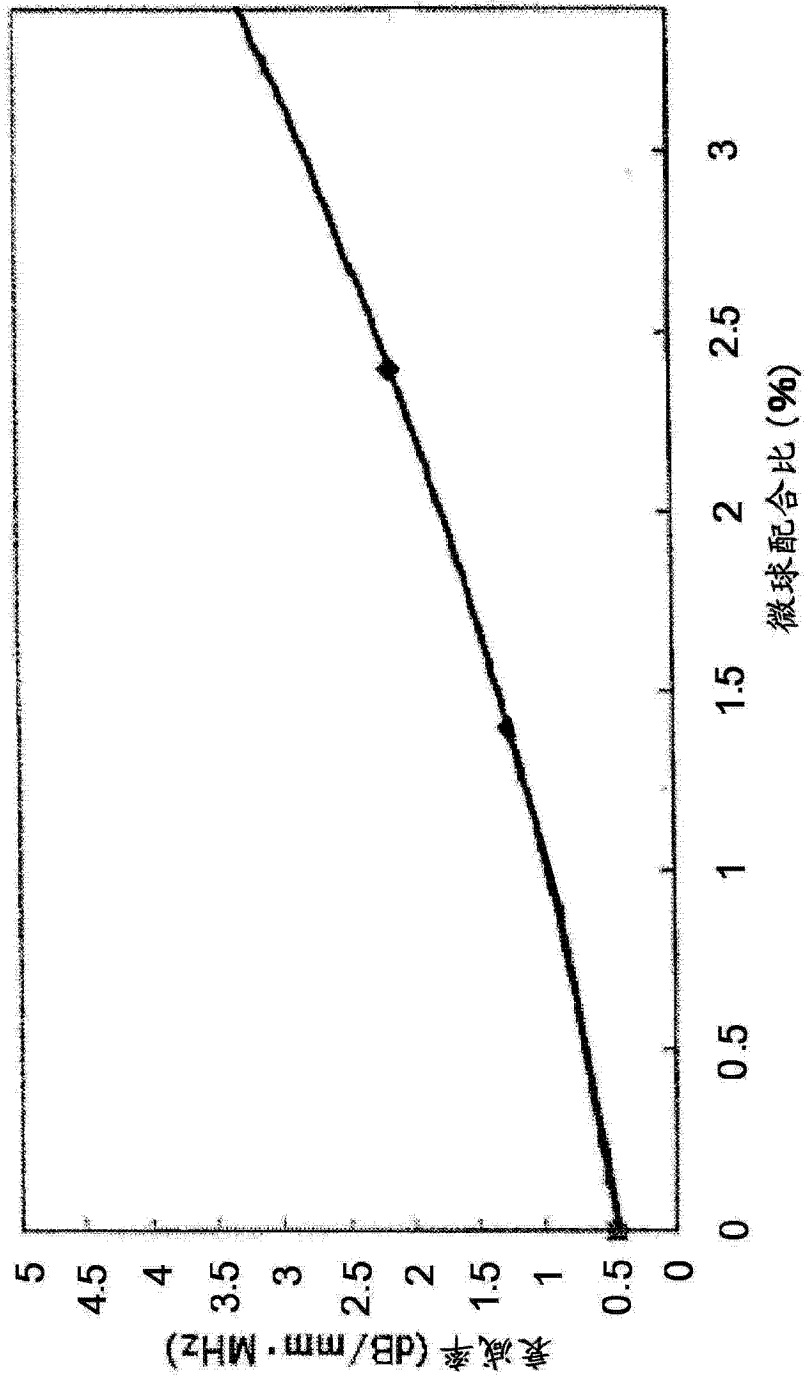


图 10

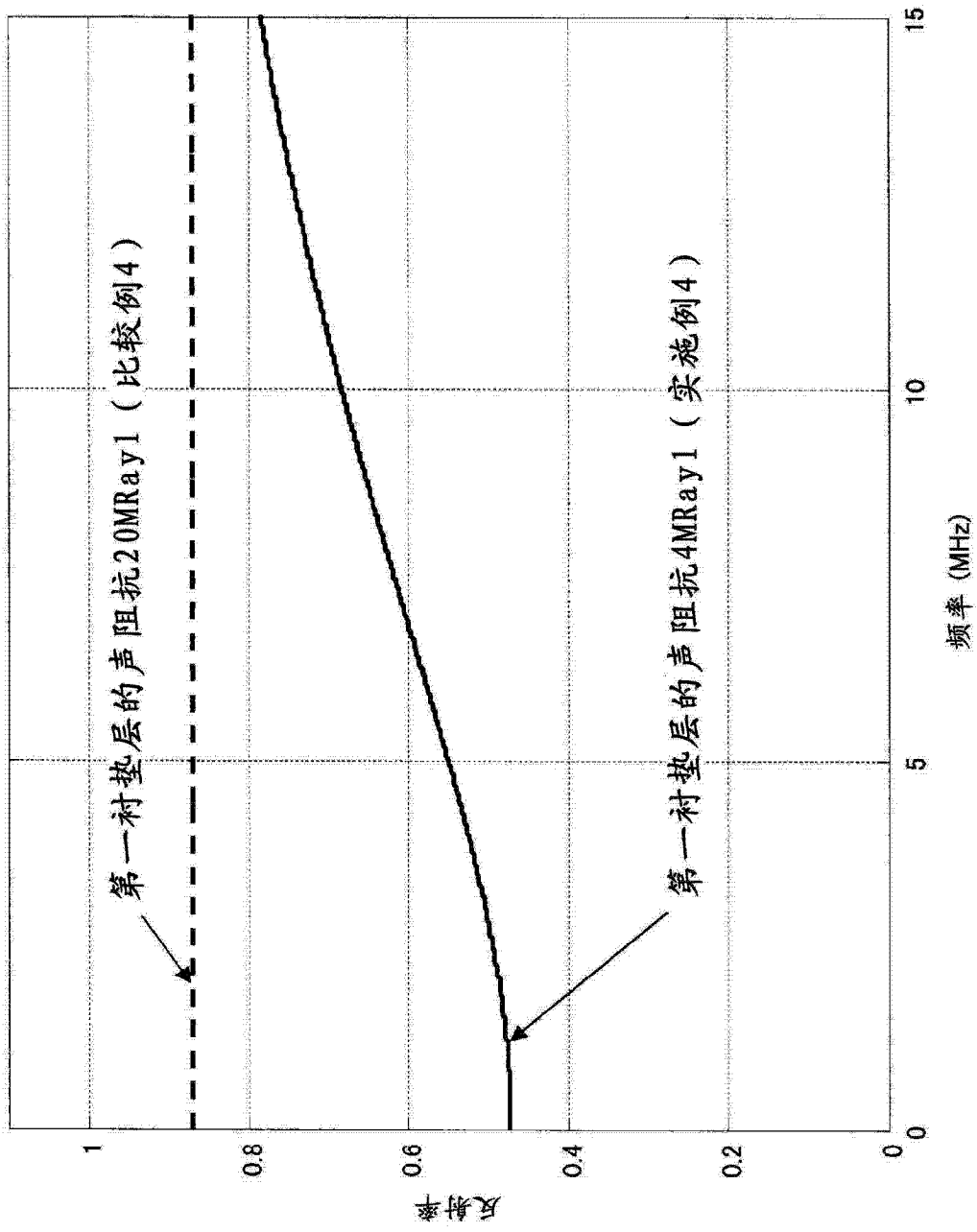


图 11

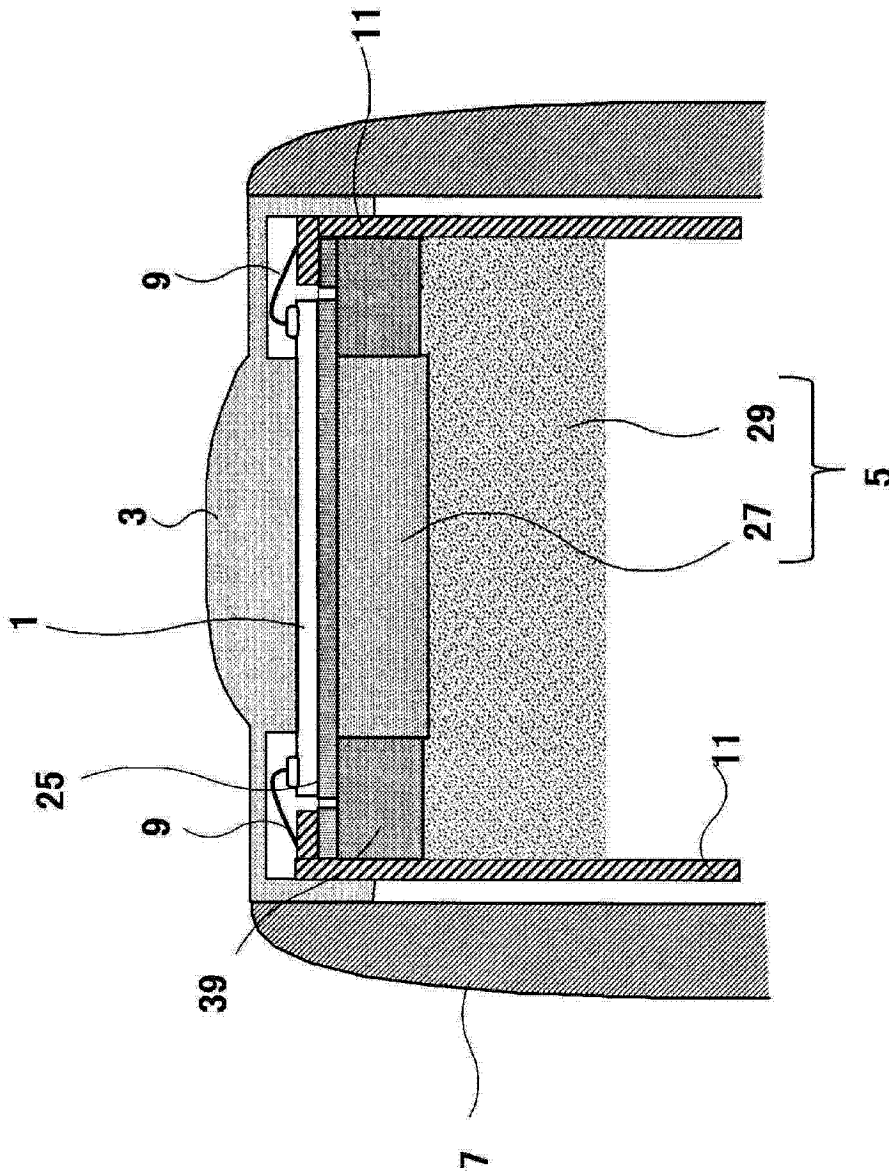


图 12

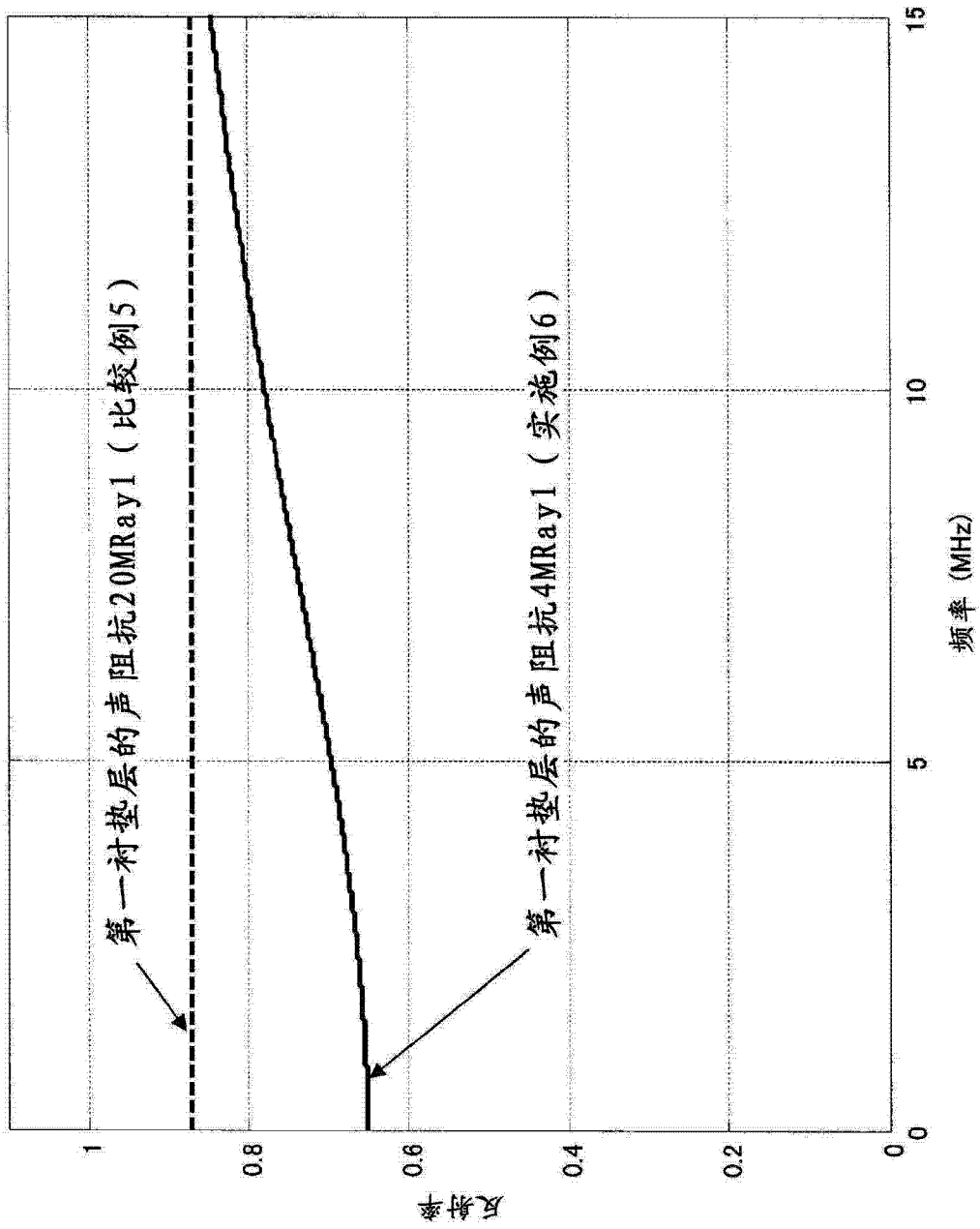


图 13

专利名称(译)	超声波探头		
公开(公告)号	<a href="#">CN103298410B</a>	公开(公告)日	2015-07-15
申请号	CN201280004853.1	申请日	2012-01-05
[标]申请(专利权)人(译)	株式会社日立医药		
申请(专利权)人(译)	株式会社日立医疗器械		
当前申请(专利权)人(译)	株式会社日立医疗器械		
[标]发明人	佐光晓史 竹中智子 石田一成		
发明人	佐光晓史 竹中智子 石田一成		
IPC分类号	A61B8/00 H04R19/00		
CPC分类号	B06B1/0292 A61B8/4444 H01L29/84 G10K11/002 Y10T29/49005		
代理人(译)	张敬强		
优先权	2011001485 2011-01-06 JP		
其他公开文献	CN103298410A		
外部链接	<a href="#">Espacenet</a> <a href="#">SIPO</a>		

摘要(译)

本发明提供一种超声波探头，具备将超声波与电信号相互转换的CMUT元件（13）、在表面形成多个CMUT元件（13）的半导体基板（15）、设在CMUT元件（13）的表面侧的声透镜（3）、以及设在半导体基板（15）的背面侧的衬垫层（5），衬垫层（5）由与半导体基板接触的第一衬垫层（27）、以及设在衬垫层（27）的背面侧的第二衬垫层（29）形成，第一衬垫层（27）根据半导体基板（15）的板厚设定声阻抗，衬垫层（29）由能使透过衬垫层（27）的超声波衰减的衰减材料形成，声阻抗与衬垫层（27）的声阻抗一致地设定，从而抑制反射回波的多重反射。

