



[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 01110497. X

[45] 授权公告日 2005 年 9 月 28 日

[11] 授权公告号 CN 1220864C

[22] 申请日 2001.4.25 [21] 申请号 01110497. X

[30] 优先权

[32] 2000. 5. 2 [33] JP [31] 2000 - 133086

[71] 专利权人 富士胶片株式会社

地址 日本神奈川县

[72] 发明人 户井田昌宏

审查员 王树玲

[74] 专利代理机构 北京北新智诚知识产权代理有限公司

代理人 赵郁军

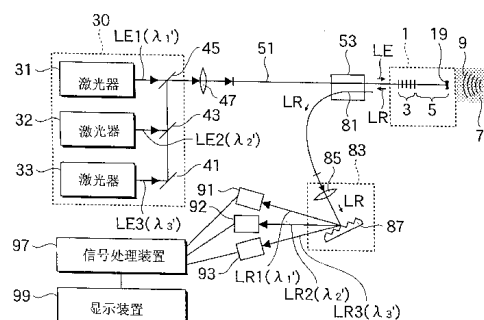
权利要求书 3 页 说明书 10 页 附图 10 页

[54] 发明名称 动态变化的探测方法、动态变化的探测设备以及超声波诊断设备

[57] 摘要

本发明公开了一种动态变化的探测方法，即：

(a) 使至少具有一种波长的光通过光纤从光纤 Bragg 光栅进入包括光透射介质和全反射镜的法布里珀罗谐振器上，并且光透射介质连接到光纤 Bragg 光栅上，探测元件包括光纤和探测部分，探测部分包括光纤 Bragg 光栅和法布里珀罗谐振器；(b) 将全反射镜与目标体接触，并提供一种穿过该目标体传播的超声波的动态变化，通过探测探测部分反射的光来获得探测信号；(c) 在对应于由动态变化的传播所引起的探测部分尺寸变化的探测信号的振幅改变的基础上，探测传播到全反射镜上的动态变化。本发明还公开了利用上述探测方法制造的探测设备和超声波诊断设备，其主要由光源、具有探测部分的探测元件、多个光探测器和信号处理装置构成。



1. 一种动态变化的探测方法，其特征在于：包括以下步骤：

(a) 使至少具有一种波长的光通过光纤从光纤 Bragg 光栅进入包括光透射介质和全反射镜的法布里珀罗谐振器上，并且光透射介质连接到光纤 Bragg 光栅上，探测元件包括光纤和探测部分，探测部分包括光纤 Bragg 光栅和法布里珀罗谐振器；

(b) 将全反射镜与目标体接触，并提供一种穿过该目标体传播的超声波的动态变化，通过探测所述探测部分反射的光来获得探测信号；

(c) 在对应于由动态变化的传播所引起的所述探测部分尺寸变化的探测信号的振幅改变的基础上，探测传播到所述全反射镜上的动态变化。

2. 一种如权利要求 1 所述的动态变化的探测方法，其特征在于：

步骤(a) 包括使具有多个不同波长组成的光进入到所述探测元件上；

步骤(b) 包括将所述探测部分反射的光分成多个不同波长的光，探测被分离的光，获得多个探测信号；并且

步骤(c) 包括在所述多个探测信号的基础上，以多种不同的灵敏度同时探测传播到所述全反射镜上的动态变化。

3. 一种如权利要求 2 所述的动态变化的探测方法，其特征在于：步骤(c) 包括通过采用所述探测部分的反射率曲线的多个具有不同半带宽度的倾斜区域来以多个不同的探测灵敏度探测传播到所述全反射镜上的动态变化。

4. 一种如权利要求 1 所述的动态变化的探测方法，其特征在于：

步骤(a) 包括使具有至少一个波长组成的光进入二维阵列布置的多个探测元件中；

步骤(b) 包括通过探测出包括所述多个探测元件的所述探测部分所反射的光来获得多个探测信号；并且

步骤(c) 包括在所述多个探测信号的振幅变化基础上，探测出传播到所述多个探测元件的所述全反射镜的动态变化。

5. 一种如权利要求 2 所述的动态变化的探测方法，其特征在于：步骤(a) 包括通过采用多个单波长激光器使具有多个不同波长组成的光进入到所述探测元件中。

6. 一种如权利要求 2 所述的动态变化的探测方法，其特征在于：步骤(a) 包括通过宽带光源发射由多个不同波长组成的探测光，使该光进入到所述探测部分中。

7. 一种如权利要求 8 所述的动态变化的探测方法，其特征在于：所述光源为发光二极管。

8. 一种动态变化的探测设备，其特征在于包括：

光源，用来发射至少具有一种波长的光；

探测元件，包括光纤和探测部分，探测部分包括光纤 Bragg 光栅和法布里珀罗谐振器，法布里珀罗谐振器包括光透射介质和全反射镜，并且光透射介质连接到光纤 Bragg 光栅上，光源发出的光通过光纤进入探测部分；

多个光探测器，分别用来探测由所述探测部分反射的多个具有不同波长的光，以获得多个探测信号；

信号处理装置，用来处理所接收到的探测信号，以获得图象信号。

9. 一种如权利要求 8 所述的动态变化的探测设备，其特征在于：它还包括：

分光装置，用来将由所述探测部分反射的光分成多个不同波长的光；

所述光源发射具有多个不同波长组成的光；

所述多个光探测器分别探测由所述分光装置分出的光，以获得多个探测信号；并且

所述信号处理装置根据所述多个探测信号振幅的变化，探测传播到所述探测元件的全反射镜上的动态变化。

10. 一种如权利要求 9 所述的动态变化的探测设备，其特征在于：

所述信号处理装置通过采用所述探测部分的发射率特性曲线的多个具有不同半带宽度的倾斜区域来以多个不同的灵敏度同时探测出传播到所述全反射镜上的动态变化。

11. 一种如权利要求 9 所述的动态变化的探测设备，其特征在于：所述探测元件由多个探测元件组成二维阵列。

12. 一种如权利要求 9 所述的动态变化的探测设备，其特征在于：所述光源包括多个单波长激光器，每个单波长激光器分别发射出不同波长的光。

13. 一种如权利要求 9 所述的动态变化的探测设备，其特征在于：所述光源为能发射多个不同波长的光的宽带光源。

14. 一种如权利要求 13 所述的动态变化的探测设备，其特征在于：所述光源是一种发光二极管。

15. 一种超声波诊断设备，其特征在于：它包括：

发射装置，用来向目标体发射超声波；

光源，用来发射至少具有一种波长的光；

探测元件，包括光纤和探测部分，探测部分包括光纤 Bragg 光栅和法布里珀

罗谐振器，法布里珀罗谐振器包括光透射介质和全反射镜，并且光透射介质连接到光纤 Bragg 光栅上，光源发出的光通过光纤进入探测部分；

多个光探测器，分别用来探测由所述探测部分反射的多个具有不同波长的光，以获得多个探测信号；

信号处理装置，用来处理所接收到的探测信号，以获取图象信号；

图象显示装置，用以显示信号处理装置所输出的信号的图象。

16. 一种如权利要求 15 所述的超声波诊断设备，其特征在于还包括：

分光装置，用来将由所述探测部分所反射的光分成多个不同波长的光；

所述光源为能发射多个不同波长的光的宽带光源；

所述多个光探测器分别探测由所述分光装置分出的光，以获得多个探测信号；

并且

所述信号处理装置根据所述多个探测信号振幅的变化，探测传播到所述探测元件的全反射镜上的动态变化。

动态变化的探测方法、动态变化的 探测设备以及超声波诊断设备

技术领域

本发明涉及一种用于探测超声波等传播通过介质中的动态变化的方法和设备。另外，本发明还涉及一种具有这种动态变化探测设备的超声波诊断设备。

背景技术

在用于所谓的超声波回波观察方法等的超声波诊断设备中，一般采用一种通常由PZT(锆钛酸Pb(铅))表示的压电材料用于超声波探测部分(探头)。

图11A和11B大致地说明了普通探头的结构：图11A为该探头的总体透视图，图11B为放大的透视图，显示出一组振荡器。

探头301整体上为一种薄箱子形状并且具有细长的矩形探测表面302。该探测表面302与人体接触，并且发射出一种超声波以便接收从人体深处反射的超声波回波。在图11A中，传送超声波接收信号的电缆307与探头301的上端相连。

一组同时用作超声波的发射机和接收机的梳形振荡器303装在探测表面302中。该组振荡器303通过在薄的(例如厚度为0.2至0.3mm)带状PZT片中设置许多狭缝306(例如宽度为0.1mm)并且设置许多(例如256个)梳齿形单个振荡器305(例如0.2mm宽20mm长)来形成。

在每个单独的振荡器305中形成有电极，并且电极上连接有信号线。由树脂材料如橡胶制成的声透镜层或声匹配层被粘贴在梳形振荡器303的表面(图11A中下面)上，并且包装材料被粘贴到背面上。声透镜层有效地会聚了所透射的超声波。声匹配层改善了超声波的透射效率。包装材料的作用在于固定振荡器并且促使振荡器的振荡提早完成。

在Toyo Publishing Co.的“超声波观察方法和诊断方法”和Ishiyaku Publishing Co.的“基础超声波医学”中详细说明了这些超声波探头和超声波诊断设备。

在超声波诊断领域中，要求采集三维数据以便获得有关目标体内部的更详细的信息。为了符合这样要求，则要求将超声波探测元件(超声波传感器)做成二维阵列。然而在上述的PZT中，由于下面的原因，在现有技术状态之上难以进行设备的改良和综合。也就是说，PZT材料(陶瓷)的加工技术处在有限的水平上，并且进一步的改良会导致加工产量的极度降低。这还会导致导线数量的增加，从

而导致线路的电阻抗增加。另外，在单独元件（单个振荡器）之间的干扰会增加。因此认为在现有技术的水平上难以采用 PZT 获得二维阵列探头。

在“超声波成像”20, 1-15(1998)中出现了一篇由 Duke 大学的 E.D.Light 等人撰写的题目为“用于实时立体成像(volumetric imaging)的二维阵列方面的进展”的文章，该文章披露了一种具有二维阵列 PZT 超声波传感器的探头。然而该文章认为“为了获得类似质量的图象，必须提供 $128 \times 128 = 16384$ 二维阵列的元件。然而这么多 RF 通道的制作是复杂而又昂贵的，因此，在将来该解决方案只有很小的可能性。还有将这么多元件紧密地连接起来是非常困难的。”（第 2 页，第 14-18 行）。

另一方面，采用了光纤的传感器被用做没有采用压电材料例如 PZT 的超声波传感器。这种光纤超声波传感器适用于在受到磁场巨大影响的场所或在一个狭窄的场所处进行测量。

现在能够得到一种采用了光纤 Bragg 光栅（下文被缩写为“FBG”）的光纤超声波传感器（参见 TAKAHASHI, 国防学院等的“具有光纤 Bragg 光栅的水下声传感器”，光学综述，第 4 卷，第 6 期(1997)第 691-694 页）。FBG 是通过交替地将两种具有不同折射指数的材料层（光传播介质）层叠成几千层来形成的，这样折射指数以满足 Bragg's 反射条件的间距周期地改变。假设该周期性结构的间距为 Δ ，入射光的波长为 λ 并且 N 为任意的整数，则 Bragg 反射条件将以下式来表示：

$$2N\Delta = \lambda$$

在 Bragg 反射的作用下，FBG 选择地反射具有满足上述公式的特定波长的光，并且让具有其它波长的光穿过。

当超声波传播到 FBG 的时候，因为 FBG 的变形会导致上述周期性结构的间距 Δ 的改变，所以该选择地反射的光的波长 λ 也会改变。在实际应用中，存在倾斜区域，在该区域中反射率在显示出最高反射率（最低透射率）的中心波长的之前和之后变化，并且在使具有在这些倾斜区域中的波长的探测光入射到 FBG 上的同时将超声波施加到 FBG 上。从而就有可能观察到反射光（或透射光）的强度对应于超声波强度的变化。该超声波强度可以通过将该光强的变化转换成电信号来确定出。

还有另外一种采用了法布里珀罗谐振器（以下被缩写为“FPR”）的光纤超声波传感器（参见东京技术学院的 UNO 等人的“用于兆赫超声波领域测量的光纤微探头的构成和性能”，T. IEE Japan, 第 118-E 卷，98 年第 11 期）。

UNO 等人的传感器是通过以下步骤制成的：通过金汽相沉积在单模光纤（ $\lambda = 1.3 \mu\text{m}$ ，芯部： $10 \mu\text{m}$ 并且包覆层： $125 \mu\text{m}$ ）处形成半反射镜，通过聚酯树脂组分

($n=1.55$) 在其前端处形成空腔 (长度: $100\ \mu\text{m}$), 并且通过金汽相沉积来进一步在其前端处形成全反射镜。

使波长为 λ 的探测光从半反射镜侧入射进该传感器中, 并且从全反射镜侧发射超声波。当半反射镜的反射率为 r , 单程增益 (gain) 为 G , 空腔的长度为 L 并且折射指数为 n 的时候, 该传感器的反射率 R 由下式来确定:

$$R = \frac{(\sqrt{r} - G)^2 + 4\sqrt{r}G \sin^2 \delta}{(1 - \sqrt{r}G)^2 + 4\sqrt{r}G \sin^2 \delta}$$

其中, δ 是通过下式计算出的:

$$\delta = 2\pi Ln / \lambda$$

该表示了 δ 的公式表明: 由超声波声压的变化所引起的空腔的往复运动的光路长度 $2L$ 的变化, 即光路长度 L 的变化会导致来自传感器的光的反射特性的改变。

在实际应用中, 存在倾斜区域, 在这些区域中反射率在显示出最小反射率的中心波长之前或之后变化, 并且可以在使任意倾斜区域中的探测光入射到 FPR 上的同时, 通过将超声波施加到 FPR 上来观察反射光的强度对应于超声波强度的变化。超声波的强度可以通过将光强度的这种变化进行转换来确定。

但是上述采用了光纤的超声波传感器存在缺陷。如果为了改善探测灵敏度而设计了陡峭的倾斜区域的话, 那么动态范围会不可避免地变窄。相反更平缓的特征曲线设计会导致更宽的动态范围, 但是探测灵敏度更差。

发明内容

本发明是在考虑到这些问题的情况下开发出来的。本发明的第一目的在于在动态变化的探测中能够选择探测灵敏度和动态范围的各种组合条件。本发明的第二目的在于在多个组合条件下同时探测动态变化。

为了解决这些问题, 本发明采用以下技术方案: 一种动态变化的探测方法, 包括以下步骤: (a) 使至少具有一种波长的光通过光纤从光纤 Bragg 光栅进入包括光透射介质和全反射镜的法布里珀罗谐振器上, 并且光透射介质连接到光纤 Bragg 光栅上, 探测元件包括光纤和探测部分, 探测部分包括光纤 Bragg 光栅和法布里珀罗谐振器; (b) 将全反射镜与目标体接触, 并提供一种穿过该目标体传播的超声波的动态变化, 通过探测所述探测部分反射的光来获得探测信号; (c) 在对应于由动态变化的传播所引起的所述探测部分尺寸变化的探测信号的振幅改变的基础上, 探测传播到所述全反射镜上的动态变化。

所述步骤 (a) 包括使具有多个不同波长组成的光进入到所述探测元件上; 步骤 (b) 包括将所述探测部分反射的光分成多个不同波长的光, 探测被分离的光, 获得

多个探测信号；步骤(c)包括在所述多个探测信号的基础上，以多种不同的灵敏度同时探测传播到所述全反射镜上的动态变化。

所述步骤(c)包括通过采用所述探测部分的反射率曲线的多个具有不同半带宽度的倾斜区域来以多个不同的探测灵敏度探测传播到所述全反射镜上的动态变化。

所述步骤(a)包括使具有至少一个波长组成的光进入二维阵列布置的多个探测元件中；步骤(b)包括通过探测出包括所述多个探测元件的所述探测部分所反射的光来获得多个探测信号；步骤(c)包括在所述多个探测信号的振幅变化基础上，探测出传播到所述多个探测元件的所述全反射镜的动态变化。

所述步骤(a)包括通过采用多个单波长激光器使具有多个不同波长组成的光进入到所述探测元件中。

所述步骤(a)包括通过宽带光源发射由多个不同波长组成的探测光，使该光进入到所述探测部分中。

所述光源为发光二极管。

一种动态变化的探测设备，它包括：光源，用来发射至少具有一种波长的光；探测元件，包括光纤和探测部分，探测部分包括光纤 Bragg 光栅和法布里珀罗谐振器，法布里珀罗谐振器包括光透射介质和全反射镜，并且光透射介质连接到光纤 Bragg 光栅上，光源发出的光通过光纤进入探测部分；多个光探测器，分别用来探测由所述探测部分反射的多个具有不同波长的光，以获得多个探测信号；信号处理装置，用来处理所接收到的探测信号，以获得图象信号。

它还包括：分光装置，用来将由所述探测部分反射的光分成多个不同波长的光；所述光源发射具有多个不同波长组成的光；所述多个光探测器分别探测由所述分光装置分出的光，以获得多个探测信号；所述信号处理装置根据所述多个探测信号振幅的变化，探测传播到所述探测元件的全反射镜上的动态变化。

所述信号处理装置通过采用所述探测部分的发射率特性曲线的多个具有不同半带宽度的倾斜区域来以多个不同的灵敏度同时探测出传播到所述全反射镜上的动态变化。

所述探测元件是由多个探测元件组成的二维阵列。

所述光源包括多个单波长激光器，每个单波长激光器分别发射出不同波长的光。所述光源还可以为能发射多个不同波长的光的宽带光源。所述光源还可以是一种发光二极管。

一种超声波诊断设备，它包括：发射装置，用来向目标体发射超声波；光源，用来发射至少具有一种波长的光；探测元件，包括光纤和探测部分，探测部分包

括光纤 Bragg 光栅和法布里珀罗谐振器，法布里珀罗谐振器包括光透射介质和全反射镜，并且光透射介质连接到光纤 Bragg 光栅上，光源发出的光通过光纤进入探测部分；多个光探测器，分别用来探测由所述探测部分反射的多个具有不同波长的光，以获得多个探测信号；信号处理装置，用来处理所接收到的探测信号，以获取图象信号；图象显示装置，用以显示信号处理装置所输出的信号的图象。

所述超声波诊断设备，还包括：分光装置，用来将由所述探测部分所反射的光分成多个不同波长的光：所述光源可以为能发射多个不同波长的光的宽带光源；所述多个光探测器分别探测由所述分光装置分出的光，以获得多个探测信号；所述信号处理装置根据所述多个探测信号振幅的变化，探测传播到所述探测元件的全反射镜上的动态变化。

由于本发明采用了主要由具有随着入射光波长的改变透射/反射特性也跟着改变的 Bragg 光栅和与 Bragg 光栅一端相连的内设有全反射镜的法布里珀罗谐振器构成的探测元件；因此，就有可能通过改变入射光的波长来同时获得高探测灵敏度和宽动态范围。

附图说明

图 1A 为根据本发明的第一实施例包含在动态变化探测设备中的探测元件（传感器）的剖视图；

图 1B 为透视图，显示出根据本发明的第一实施例包含在动态变化探测设备中的以二维阵列布置的多个探测元件的布置；

图 2 所示为根据本发明第一实施例的动态变化探测设备的结构；

图 3 所示为在本发明的第一实施例中的透射/反射部分的反射特性曲线；

图 4A 至 4C 所示为在本发明第一实施例中当半反射镜的反射率为 90%的时候的各个部分的反射特性曲线；

图 5A 至 5C 所示为在本发明第一实施例中当半反射镜的反射率为 50%的时候的各个部分的反射特性曲线；

图 6A 至 6C 所示为在本发明第一实施例中当半反射镜的反射率为 20%的时候的各个部分的反射特性曲线；

图 7 所示为在本发明第一实施例中的探测部分的反射特性；

图 8 所示为根据本发明第二实施例的动态探测设备的结构，该第二实施例具有超级发光二极管（SLD）作为光源；

图 9 所示为 SLD 的光辐射特性；

图 10 为方框图，显示出根据本发明的实施例的超声波诊断设备的总体结构；

图 11A 为透视图，显示出普通探头的总体结构；并且

图 11B 为放大的透视图，显示出在普通探头中所包含的一组振荡器。

具体实施方式

现在将参照附图对本发明的实施例进行详细说明。相同的附图标记指的是相同的部分，并且其说明被省略了。

图 1A 和 1B 大致地表示了根据本发明第一实施例的动态变化探测设备中所包含的探测元件（超声波传感器）：图 1A 为一个探测元件的剖视图；图 1B 为透视图，显示出以二维阵列布置的多个探测元件的布置。

探测元件包括光纤 2 和形成在光纤 2 前端处的探测部分 1。探测部分 1 具有连接在光纤 2 的前端上的透射/反射部分 3 和连接在透射/反射部分 3 上的共振部分 5。该透射/反射部分 3 形成一种光纤 Bragg 光栅（FBG），并且共振部分 5 形成法布里珀罗谐振器（FPR）。因此，光纤 Bragg 光栅类型的法布里珀罗干涉系统由透射/反射部分 3（FBG）和共振部分 5（FPR）构成。

探测光 LE 从光纤 2 进入探测部分 1，并且正相反，反射光 LR 从探测部分 1 进入光纤 2。设置在探测部分 1 前端处的共振部分 5 的全反射镜 19 与目标 7 接触，并且提供一种传播穿过该目标 7 的超声波 9。在该探测元件中，光路的长度是通过动态改变从全反射镜 19 侧传播到共振部分 5 上而引起共振部分 5 偏斜来改变的。所传播的动态改变可以从由在光路长度中的这个改变所导致的反射特性的改变中探测到。因为透射/反射部分 3 的透射率/反射率可以通过改变入射光的波长来改变，所以就有可能引起探测部分 1 的探测灵敏度的改变。

透射/反射部分 (FBG) 3 是通过交替地将两种具有不同折射率的材料层叠几千层来形成的，这样折射率以一个满足 Bragg 反射条件的间距（例如 $0.5\mu\text{m}$ ）周期性变化（参见应用物理，第 67 卷，第 9 期(1998)，第 1029 页）。当每层的周期性结构的间距为 Δ ，入射光的波长为 λ 并且 N 为任意的整数的时候，Bragg 反射条件将以下式表示：

$$2N\Delta = \lambda$$

该 FBG 选择地反射具有满足根据 Bragg 反射条件的上述公式的条件的特定波长的光，并且让具有其它波长的光穿过。

共振部分 5 包括连接在透射/反射部分 3 上的光透射介质 17 以及形成在其前端处的全反射镜 19。该透射/反射部分 3 被当作一种半反射镜并且被假设位于介质

17 的一个端部处。

波长为 λ 的探测光从透射/反射部分 3 进入共振部分 5, 并且超声波从全反射镜侧施加。当半反射镜的反射率为 r , 单程增益(gain)为 G , 介质 17 长度为 L 并且介质 17 的折射指数为 n 的时候, 共振部分 5 的反射率 R 由下式给出:

$$R = \frac{(\sqrt{r} - G)^2 + 4\sqrt{r}G \sin^2 \delta}{(1 - \sqrt{r}G)^2 + 4\sqrt{r}G \sin^2 \delta}$$

其中, δ 是从下式计算出的:

$$\delta = 2\pi Ln / \lambda$$

该公式表明:由超声波声压的变化所引起的介质 17 来回的光路长度 $2L$ 的变化会导致来自共振部分 5 的光的反射特性的变化。

实际上, 存在倾斜区域, 在这些区域中反射率在显示出最小反射率的中心波长之前或之后变化, 并且可以通过将超声波施加到 FPR 上同时使任意倾斜区域的探测光入射进 FPR 来观察反射光的强度对应于超声波强度的变化。

如图 1B 所示, 二维阵列超声波传感器 21 是通过将多个探测元件纵向地和横向地布置成一个矩阵形状来形成的。

图 2 所示为该实施例的动态变化探测设备(超声波探测设备)的结构。

在图 2 中的右边显示了类似于如图 1 所示的探测部分 1, 并且在其中形成的具有所述探测部分 1 的光纤 51 延伸到图 2 中的左边。

在图 2 中, 光源设备 30 被显示在光纤 51 的左边。光源设备 30 具有三个激光器 31、32 和 33。激光器 31 发射波长为 $\lambda 1'$ 的激光束 LE1; 激光器 32 发射波长为 $\lambda 2'$ 的激光束 LE2; 而激光器 33 发射波长为 $\lambda 3'$ 的激光束 LE3。

在激光器 33 的发射侧对角地向上设置有反射镜 41, 从而激光束 LE3 被向上反射。在激光器 32 的发射侧对角地向上设置有分色镜 43, 从而激光束 LE2 被向上反射。另一方面, 激光束 LE3 通过分色镜 43。在激光器 31 的发射侧还对角地设置有另一块分色镜 45。激光束 LE1 穿过该分色镜 45。另一方面, 激光束 LE2 和激光束 LE3 由分色镜 45 反射。总之, 这三条激光束 LE1、LE2 和 LE3 在分色镜 45 处组合在一起并转到右边。

在分色镜 45 的右边设置有透镜 47。所组合的光输送穿过该透镜 47 并且进入光纤 51。光纤 51 通过光耦合器 53 延伸到右边。如上参照附图 1 所述具有透射/反射部分 3 和共振部分 5 的探测部分 1 连接在光纤 51 的前端上。

反射光 LR 从探测部分 1 进入光纤 51。反射光 LR 在光耦合器 53 处进入光纤 81。光纤 81 向下延伸, 并且分光装置 83 设在它前面。分光装置 83 具有透镜 85 和衍

射光栅 87。透镜 85 设置在光纤 81 的出口侧上，并且使得从光纤 81 中发射出的光 LR 传输并导向衍射光栅 87。光 LR 被分成具有不同衍射角的用于单独波长组成的光 LR1、光 LR2 和光 LR3 并且射向左边。

在分光装置 83 的左边上设置了三个光探测器 91、92 和 93。光探测器 91 至 93 接收由分光装置 83 分出的光 LR1（波长： λ_1' ）、光 LR2（波长： λ_2' ）和光 LR3（波长： λ_3' ），并且探测它们相应的强度。每个光探测器 91 至 93 将所探测到的光强度作为电信号发送到信号处理装置 97。信号处理装置 97 处理所接收到的信号以获取一个图象信号并且将该图象信号发送到显示装置 99。对于在该技术领域针对一般的信号处理方法的具体细节，请参照 Toyo Publishing Co. 的“超声波观察方法和诊断方法”，或 Ishiyaku Publishing Co. 的“基础超声波医学”。

图 3 所示为透射/反射部分 (FBG) 3 的反射特性曲线：垂直轴代表反射率，水平轴代表波长。在图 3 中显示出反射率的峰值。该峰值的中心波长由 λ_c 表示；稍微在该峰值之外的反射率为 95% 的波长为 λ_1 ；基本上在该峰值的右边上的斜面（倾斜区域）的中心（反射率 50%）处的波长为 λ_2 ；并且在斜面下面部分（反射率：20%）处的波长为 λ_3 。

图 4A 至 6C 为共振部分 (FPR) 的反射特性曲线的示意图。其中图 4A 说明当半反射镜的反射率为 90% 时，全反射镜的反射特性如图 4B，反射型法布里珀罗的反射特性如图 4C。图 5A 说明半反射镜的反射率为 50% 的时，全反射镜的反射特性如图 5B，反射型法布里珀罗的反射特性如图 5C。图 6A 说明半反射镜的反射率为 20% 的时，全反射镜的反射特性如图 6B，反射型法布里珀罗的反射特性如图 6C。垂直轴代表反射率，水平轴代表波长。

如图 4B、5B 和 6B 所示，全反射镜对于所有上述波长 λ_1 、 λ_2 和 λ_3 来说的发射率基本上为 100%（全反射）。如图 4C、5C 和 6C 所示，最小的反射率周期性地出现，并且半反射镜的反射特性的反射率越高，则反射类型的法布里珀罗谐振器的反射特性的反射率的凹入部分的半带宽度 W 就越窄。

如图 1 中所示的探测部分 1 的反射特性是由透射/反射部分 3 的反射特性、共振部分 5 的反射特性以及透射/反射部分 3 和共振部分 5 之间的共振特性所产生的。该特性可以由下式来表示：

$$GR = \frac{(\sqrt{R} - G_s)^2 + 4\sqrt{R}G_s \sin^2(2\pi mL/\lambda)}{(1 + \sqrt{R}G_s)^2 + 4\sqrt{R}G_s \sin^2(2\pi mL/\lambda)}$$

其中， G_R 总体上代表探测部分的反射率；R 为半反射镜的反射率； G_s 为共振部分 5 的增益 (gain)。

图 7 所示为探测部分的反射特性；垂直轴代表反射率，水平轴代表波长。在图 7 中显示出三个低反射特性的凹入部分。左边的凹入部分被称为倾斜区域 R1，中间的凹入部分为倾斜区域 R2，而右边的凹入部分为 R3。由于透射/反射部分的反射特性，这些凹入部分的中心波长被分别设为 λ_1 、 λ_2 和 λ_3 。

用来探测动态变化的光的激光波长 λ_1' 、 λ_2' 和 λ_3' 被设定在图 7 中所示的单独反射特性的倾斜区域中。例如 λ_1' 被设定在倾斜区域 R1 中。当超声波进入共振器的全反射薄膜表面的时候，在该全反射薄膜表面中引起微小的位移，并且在法布里珀罗谐振器的谐振器长度中出现了细微的变化。因此，如图 7 中所示的反射特性的倾斜区域 R1 沿着波长轴线（水平轴线）方向移动。因此，对于波长 λ_1' 的反射率会改变并且从法布里珀罗谐振器中返回来的波长 λ_1' 的光强度也会改变，这样就能够探测到超声波。

为了改善超声波探测的灵敏度，要减小最小反射率并且要降低反射特性的凹入部分的半带宽度以便增加光强度的变化并且获得具有更陡峭的变化率（倾斜度）倾斜区域。这就导致更高的灵敏度。然而，由于半带宽度变得更窄，所以探测范围如动态范围变得更小。

另一方面，因为透射/反射部分 3 的反射率在不同的波长段中改变，所以探测部分 1 的反射特性总体上与倾斜区域 R2 和倾斜区域 R3 成正比如图 7 所示。因此，通过采用在单个法布里珀罗谐振器中具有多个不同波长 λ_1' 、 λ_2' 和 λ_3' 的光，从而在具有不同探测灵敏度和不同动态范围的多个测量范围内的探测就可以同时进行。因此就有可能同时以高探测灵敏度和宽动态范围来完成探测。

根据该实施例，超声波传感器 21 是以一组使用的。因此，在目标体中超声波扫描、反射和会聚对于超声波传感器而言可以动态地同时进行，并且容易采集到有关目标体的三维数据。由于在探测部分和来自探测部分的信号（反射光）的导出线中使用了纤细的光纤，所以就有可能使用以高度集中的阵列形式的探测元件而不会导致信号传送的阻抗的增加。

另外根据该实施例，包含多个不同波长组成的探测光可以从多个具有不同波长的单一波长激光器中发射出。在这种情况下，光输出就集中在一个窄的波长范围内。因此就有可能改进光学探测的 SN 率并且获得更高的探测灵敏度。

图 8 所示为根据本发明第二实施例的动态变化探测设备的结构。在该动态变化探测设备中，采用了具有宽带波长范围的光源例如含有超级发光二极管 (SLD) 103 的光源装置 101。其它结构与图 2 中所示的相同。根据该实施例，该结构能够发射出含有来自具有宽带中的波长的光源例如超级发光二极管 (SLD) 的多个不同波长组成的探测光。在这种情况下，其优点在于可以用简单结构的光源。

图9所示为SLD的发射特性曲线：垂直轴代表发射强度，水平轴代表波长。

如图9所示，从SLD中发射出的光具有宽的发射波长范围（半波段宽度：20nm到30nm）。由于该光是由具有如图7中所示的特性的法布里珀罗谐振器反射的，所以具有由如图7中所示的倾斜区域R1、R2和R3所组合的光谱特性的光通过光耦合器进入分光装置83。只有具有在倾斜区域R1、R2和R3的特征变化区域中的波长 λ_1' 、 λ_2' 和 λ_3' 的组成才被分别选择地分离。因此具有相应波长组成的光的强度变化以由超声波的入射所引起的法布里珀罗反射率变化为基础出现。因此就可以得到类似于第一实施例的优点。

图10为方框图，显示出根据本发明的实施例的超声波诊断设备的总体结构。

该超声波诊断设备包括发射装置201、探头209、接收装置211、TV扫描转换装置213以及显示装置215（TV监视器）。

发射装置201采用PZT或PVDF将脉冲形驱动信号发送到超声波发射转换器203上。该转换器203发射出超声波，并且使该超声波进入到目标体206中。

在图10中，用于超声波的半反射镜205（例如树脂片）设在转换器203的下面。在目标体206中，超声波回波207向上反射，并且该超声波回波通过用于超声波的半反射镜205被反射到右边，并且进入二维阵列超声波探测元件208中。该探测元件208将超声波转换成光并且将该光发送到接收装置211上。接收装置211将来自探测元件208的光信号转换成电信号。TV扫描转换装置213对来自接收装置211的信号进行放大等操作，然后进行成像处理。经成像的信号被送到显示装置（监视器）215，然后在显示装置215上就显示出一个图象。

已经参照附图对本发明的实施例进行了说明。然而本发明并不限于这些实施例，可以对本发明做各种改变和补充。在上述说明书中，传播穿过目标体的超声波作为动态变化被采集以进行探测。除了这之外，还可能探测动态变化例如声波的变化、加速度、变形、温度和位移。

根据本发明，如上所述，可以在探测动态范围的时候，或者在多个条件下同时探测多个动态变化的时候，选择各种探测灵敏度和动态范围的组合。

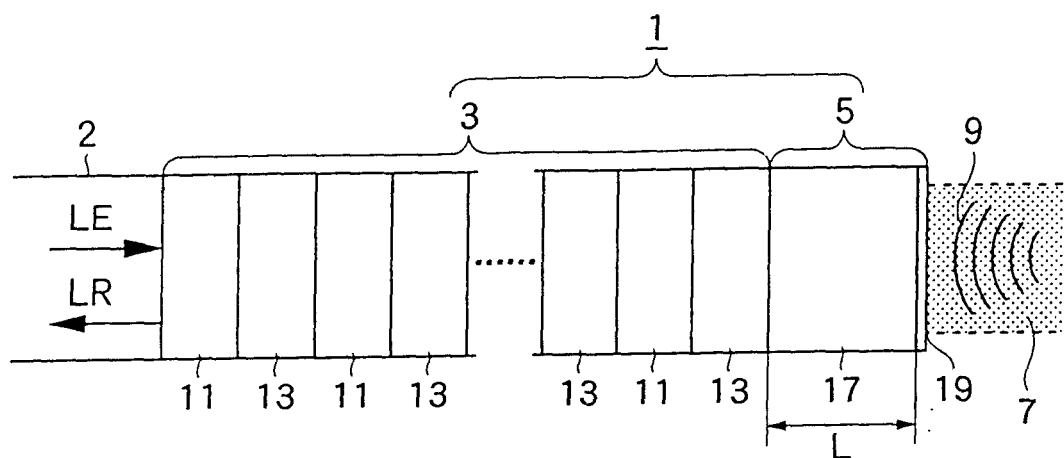


图 1A

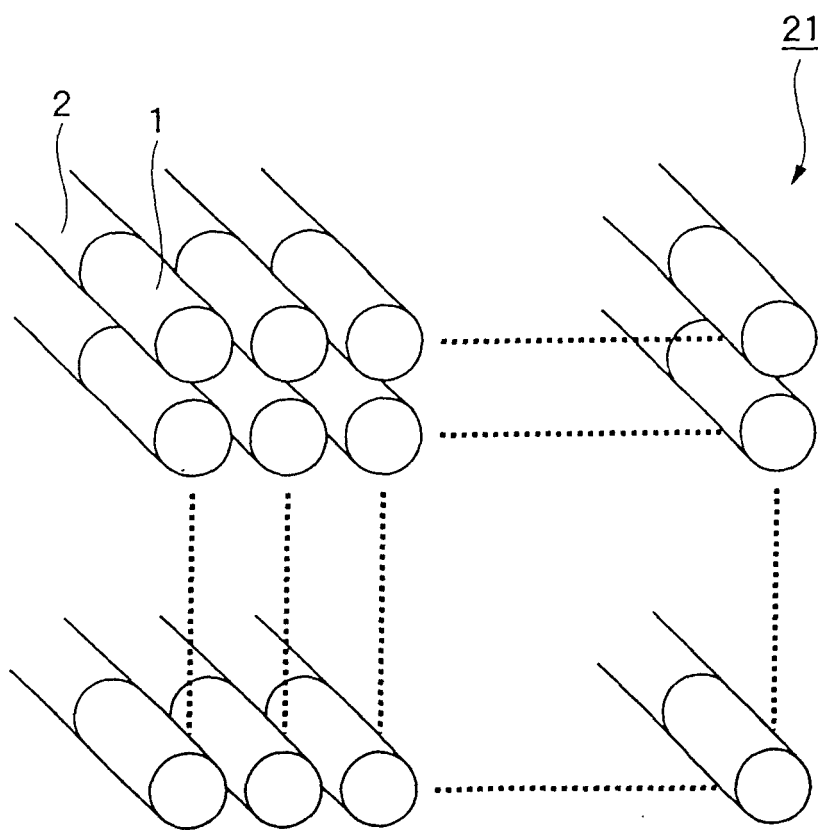


图 1B

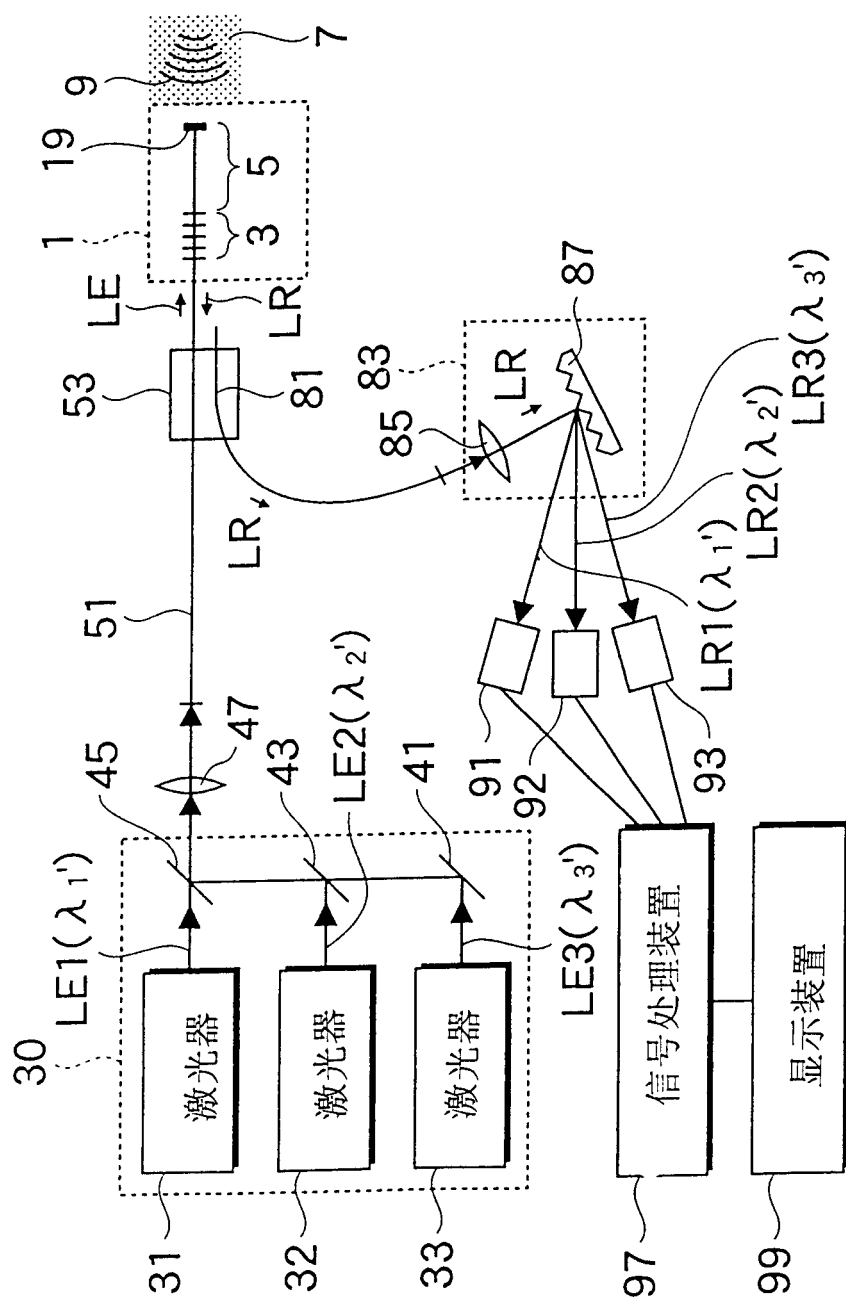


图 2

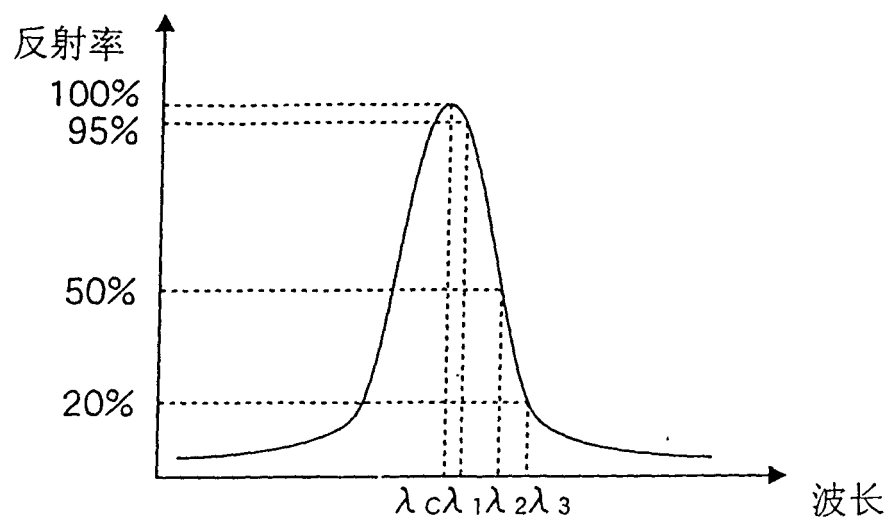


图 3

图 4A

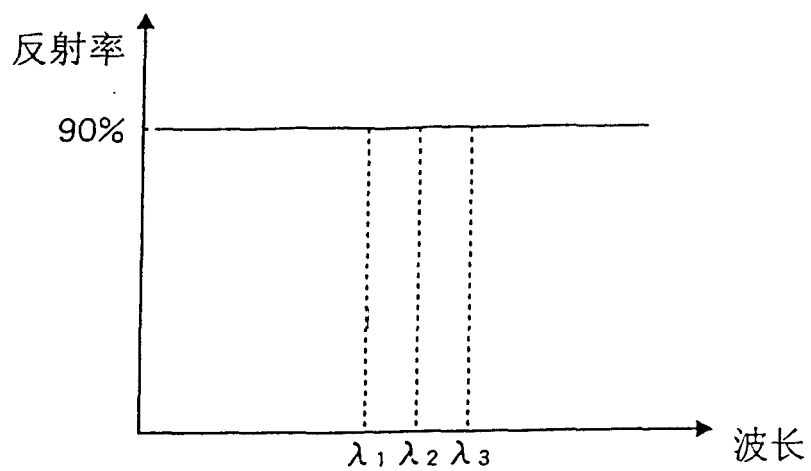


图 4B

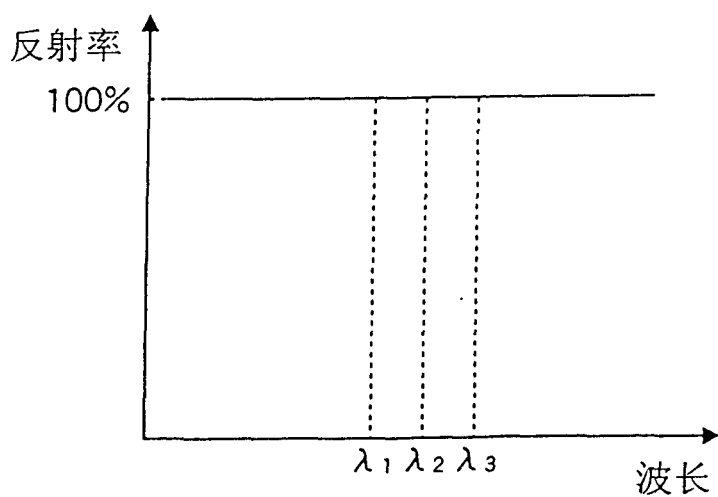


图 4C

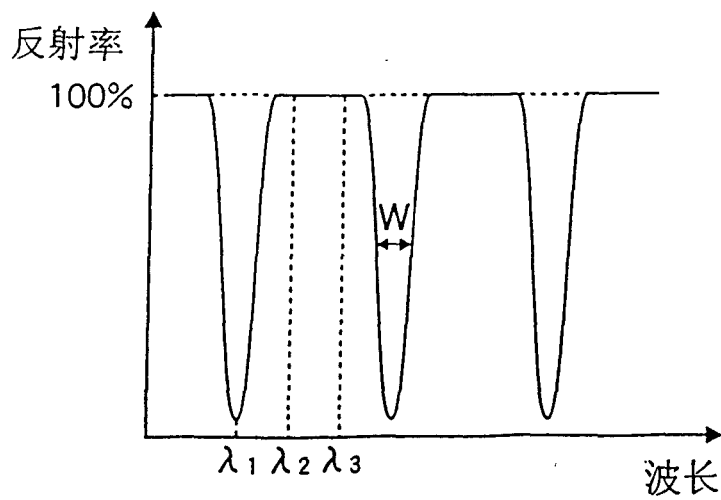


图 5A

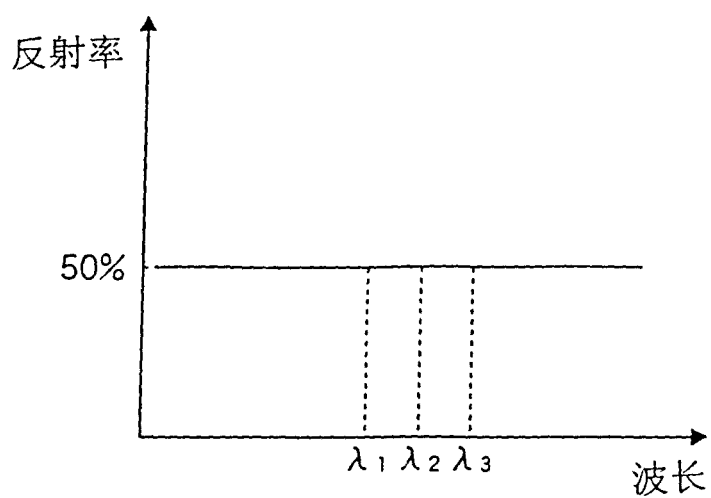


图 5B

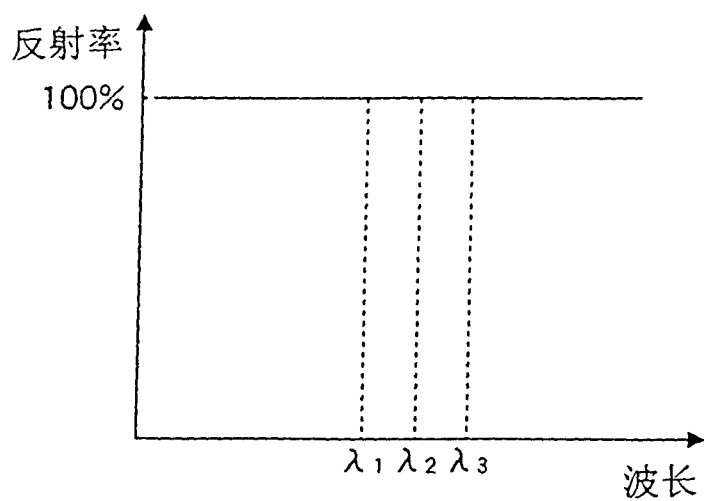


图 5C

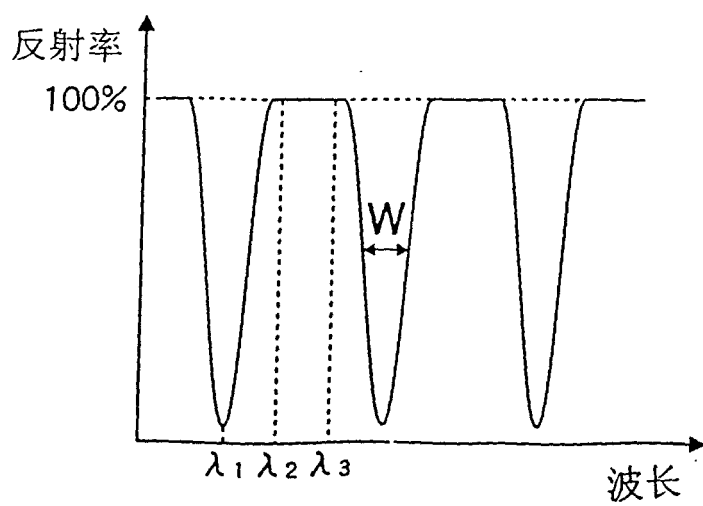


图 6A

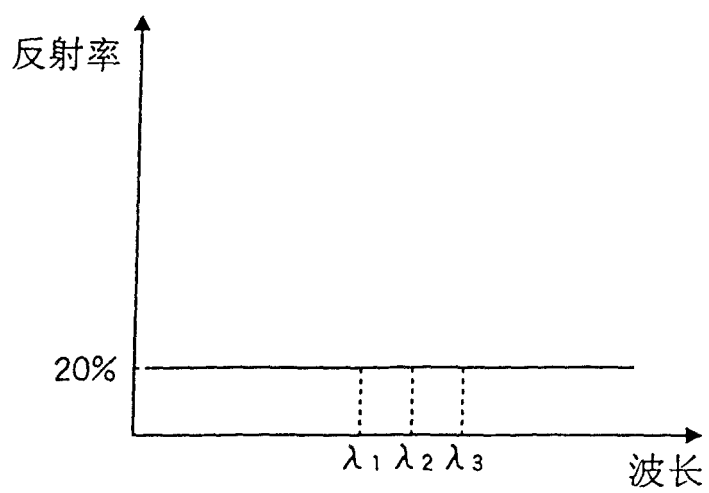


图 6B

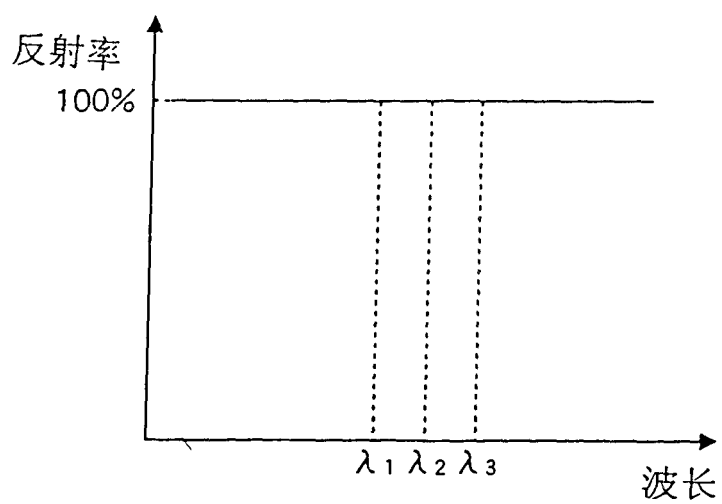
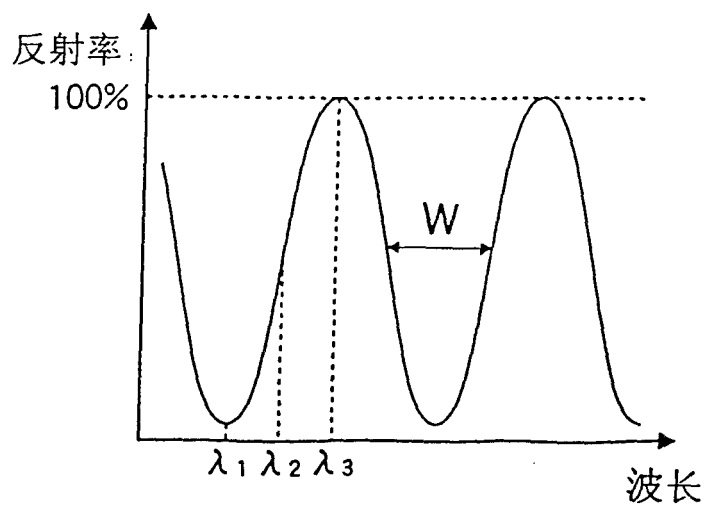


图 6C



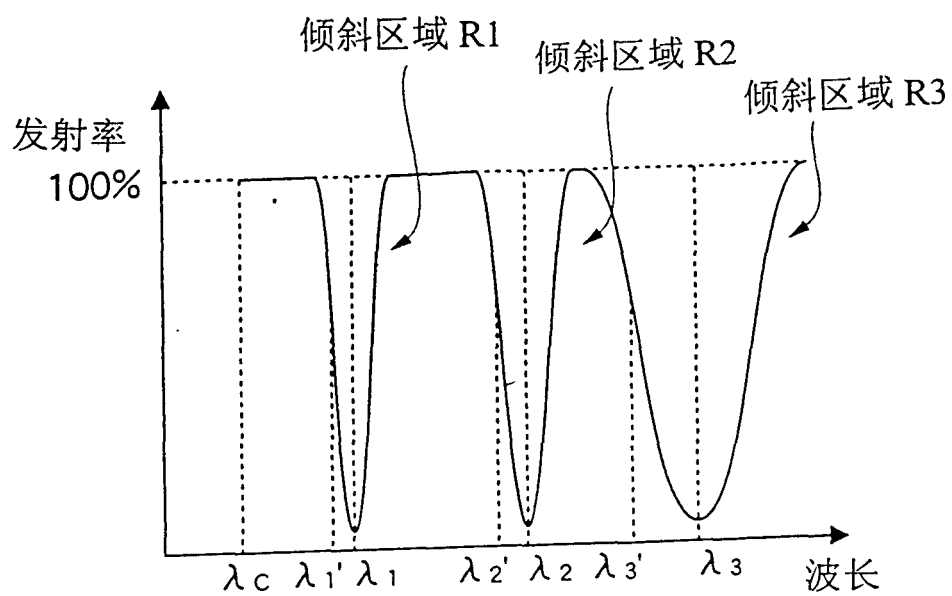


图 7

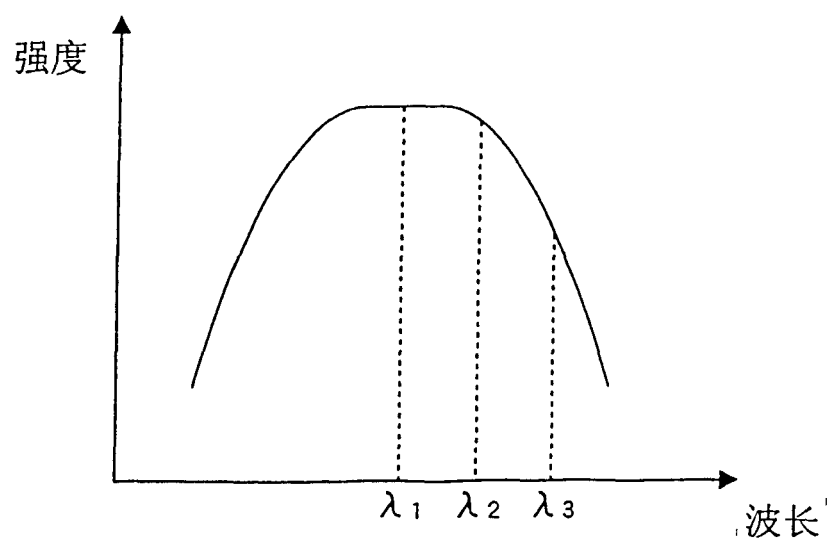


图 9

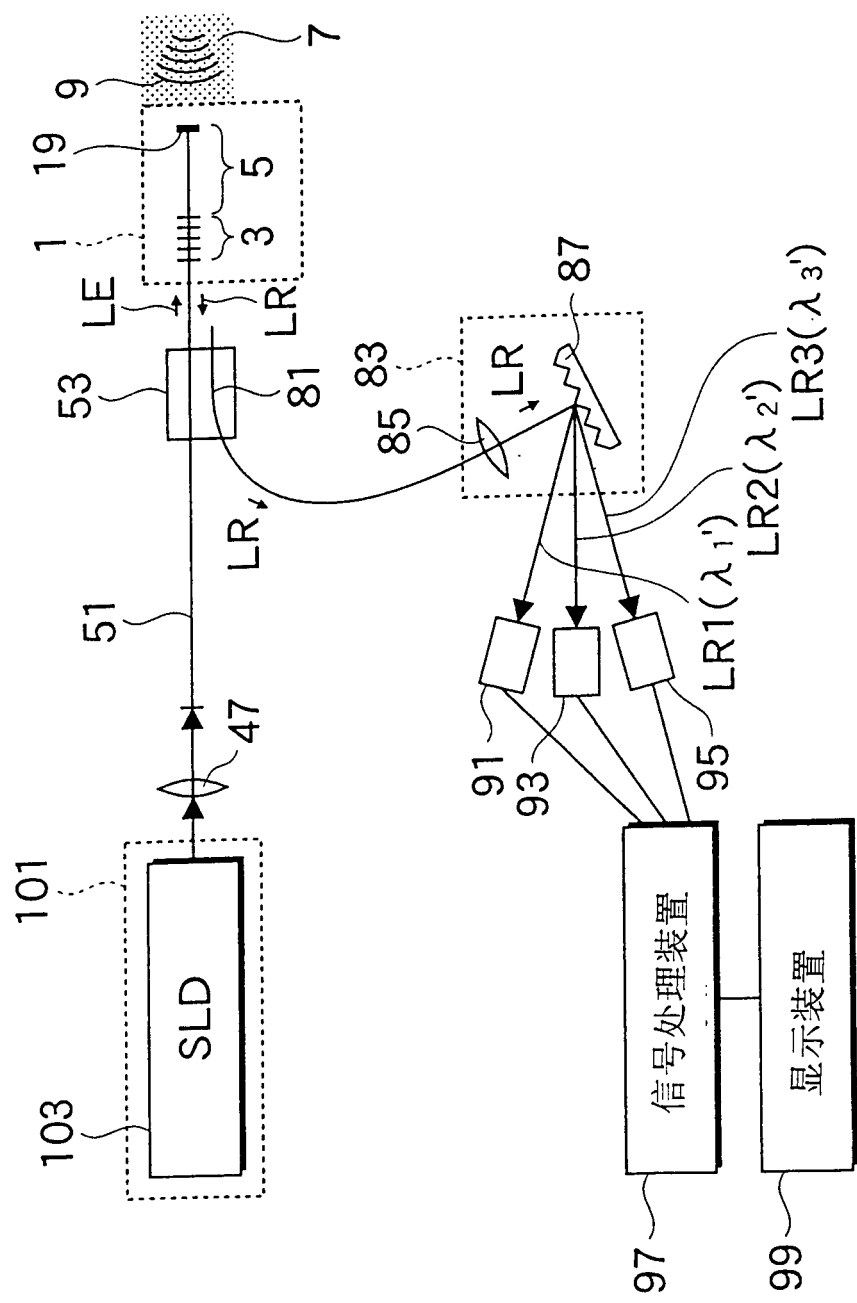


图 8

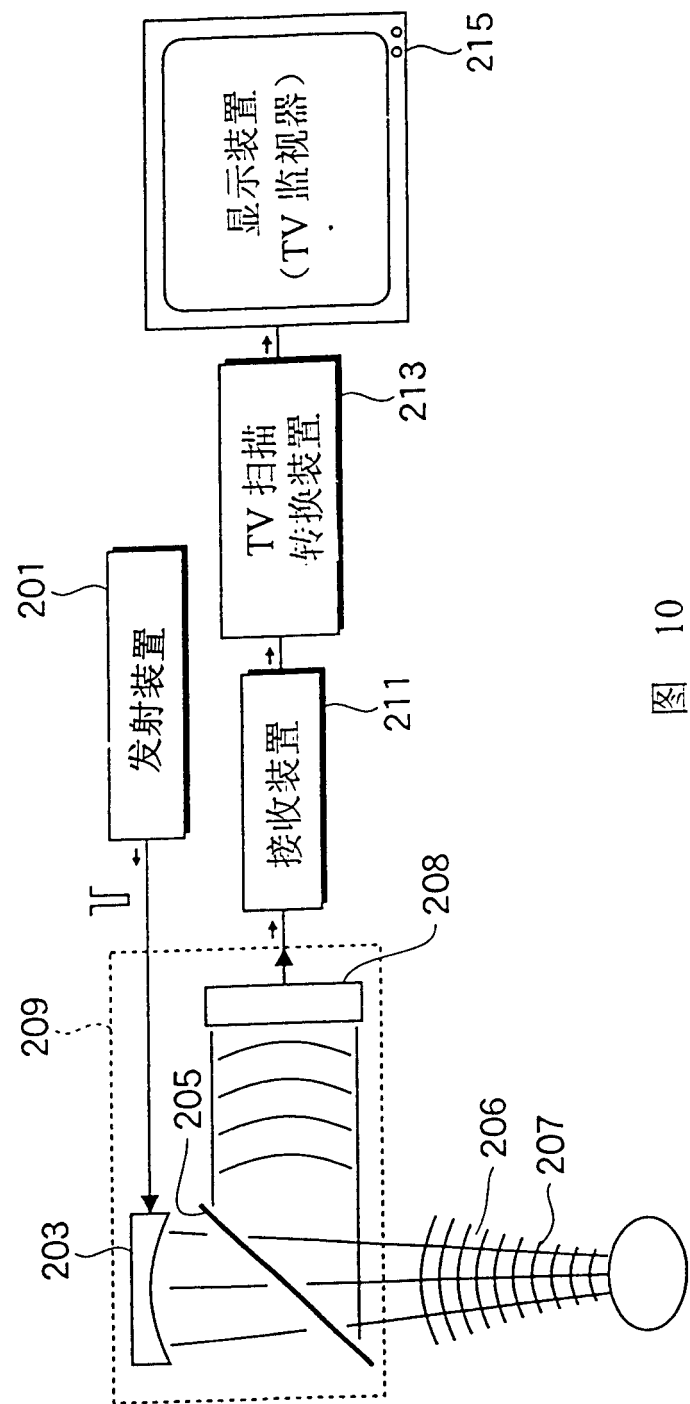


图 10

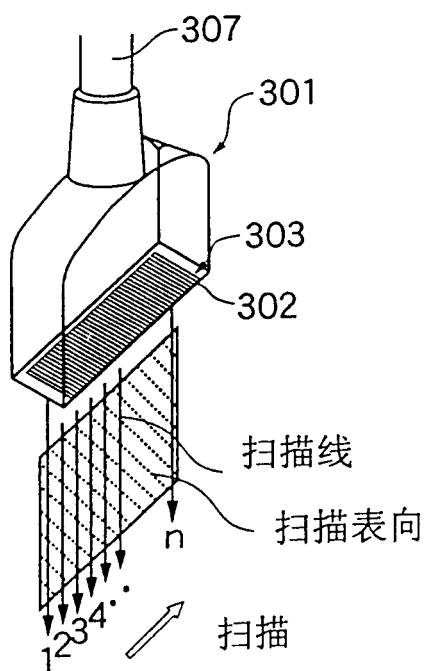


图 11A

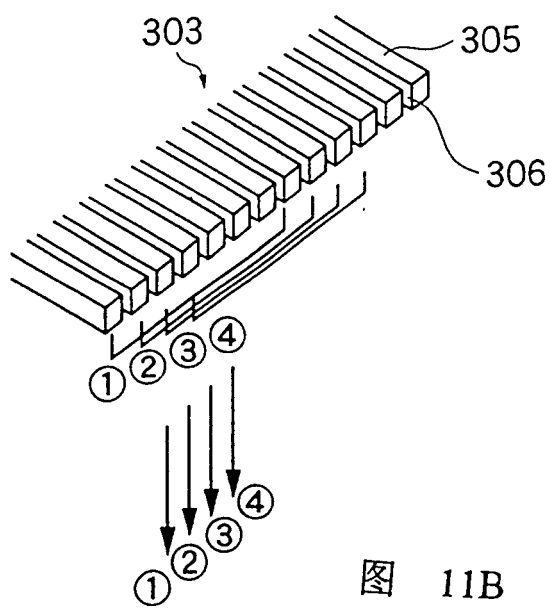


图 11B

专利名称(译)	动态变化的探测方法、动态变化的探测设备以及超声波诊断设备		
公开(公告)号	CN1220864C	公开(公告)日	2005-09-28
申请号	CN01110497.X	申请日	2001-04-25
[标]申请(专利权)人(译)	富士胶片株式会社		
申请(专利权)人(译)	富士胶片株式会社		
当前申请(专利权)人(译)	富士胶片株式会社		
[标]发明人	户井田昌宏		
发明人	户井田昌宏		
IPC分类号	G01B11/00 A61B8/00 G01B17/00 G01B17/06 G01H9/00 G01N29/24 G01N29/34 H01L31/12 H04N7/18 H04R17/00 G01N29/00		
CPC分类号	G01N2291/105 G01H9/00 G01N2291/045 A61B5/0097 G01N29/2418 G01N29/348		
优先权	2000133086 2000-05-02 JP		
其他公开文献	CN1321887A		
外部链接	Espacenet SIPO		

摘要(译)

本发明公开了一种动态变化的探测方法，即：(a)使至少具有一种波长的光通过光纤从光纤Bragg光栅进入包括光透射介质和全反射镜的法布里珀罗谐振器上，并且光透射介质连接到光纤Bragg光栅上，探测元件包括光纤和探测部分，探测部分包括光纤Bragg光栅和法布里珀罗谐振器；(b)将全反射镜与目标体接触，并提供一种穿过该目标体传播的超声波的动态变化，通过探测探测部分反射的光来获得探测信号；(c)在对应于由动态变化的传播所引起的探测部分尺寸变化的探测信号的振幅改变的基础上，探测传播到全反射镜上的动态变化。本发明还公开了利用上述探测方法制造的探测设备和超声波诊断设备，其主要由光源、具有探测部分的探测元件、多个光探测器和信号处理装置构成。

