



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 105008916 A

(43) 申请公布日 2015. 10. 28

(21) 申请号 201480005254. 0

(51) Int. Cl.

(22) 申请日 2014. 02. 03

G01N 33/28(2006. 01)

G01N 22/00(2006. 01)

(30) 优先权数据

20130180 2013. 02. 05 NO

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2015. 07. 17

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/EP2014/052036 2014. 02. 03

(87) PCT国际申请的公布数据

W02014/122093 EN 2014. 08. 14

(71) 申请人 朗盛流量测量公司

地址 挪威斯塔万格

(72) 发明人 埃伯·古斯塔夫·耐福斯

(74) 专利代理机构 北京派特恩知识产权代理有

限公司 11270

代理人 王琳 武晨燕

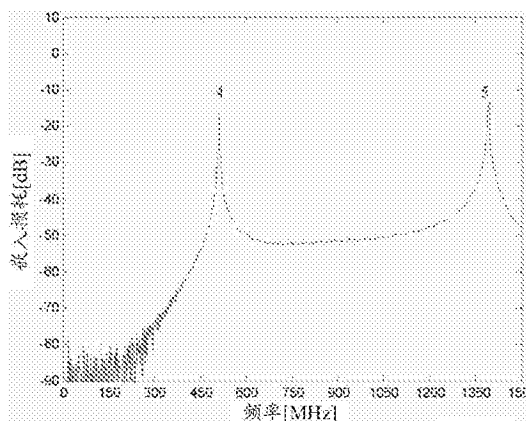
权利要求书1页 说明书6页 附图4页

(54) 发明名称

传导率测量

(57) 摘要

本发明涉及一种用于测量多相流体流的传导率的系统,该多相流体流包括一部分水,系统包括测量区段,测量区段包括:用于在至少一个选定频率范围内将电磁信号发射到包含所述流的管中的装置以及用于在所述范围内检测谐振频率的装置。测量区段包括用于在所述至少一个频率范围内提供至少两个谐振频率的特征,系统还包括基于至少第一谐振频率和与相应谐振峰相关的第一Q因数以及第二谐振峰的Q因数来计算所述流中的水的传导率的装置。



1. 一种用于测量多相流体流的传导率的系统,所述多相流体流包括一部分水,所述系统包括测量区段,所述测量区段包括:用于在至少一个选定频率范围内将电磁信号发射到包含所述流的管中的装置,以及用于在所述范围内检测谐振的装置,

所述测量区段包括用于在所述至少一个频率范围内提供至少两个谐振的特征,所述系统还包括基于至少第一谐振频率以及与相应谐振峰相关的第一 Q 因数以及第二谐振峰的 Q 因数来计算所述流中的水的传导率的装置。

2. 根据权利要求 1 所述的系统,其中,所述测量区段包括所述流中的嵌件,例如,限定所述管中的谐振器的圆锥体或鳍。

3. 根据权利要求 1 所述的系统,其中,所述计算包括基于已知测量情况将测量值与至少局部的经验模型进行比较。

4. 根据权利要求 1 所述的系统,其中,所述第二谐振频率被检测。

5. 根据权利要求 1 所述的系统,其中,所述计算传导率在神经网络模型中完成。

6. 根据权利要求 1 所述的系统,其中,所述计算谐振频率的传导率和 Q 因数在神经网络模型中完成。

7. 根据权利要求 1 所述的系统,其中,所述谐振中的至少一个在所述管的最小截止频率处。

8. 根据权利要求 7 所述的系统,包括两个测量区段,每个测量区段包括用于在至少一个选定频率范围内将电磁信号发射到包含所述流的管中的装置,以及用于在所述范围内检测谐振频率的装置,所述两个测量区段具有不同的谐振频率,针对第一测量单元和第二测量单元来获得所述第一 Q 因数和所述第二 Q 因数。

9. 根据权利要求 8 所述的系统,其中,两个谐振器在所述截止频率处提供谐振,例如,一个谐振器在所述管中,而另一个谐振器在类似文丘里喉管这样的限制部分中或者扩大部分中。

10. 根据权利要求 1 所述的系统,包括用于在每个谐振频率周围的范围内测量相位响应的装置,其中,所述 Q 因数根据测量的所述相位响应的斜率来计算。

11. 根据权利要求 1 所述的系统,其中,所述谐振器中的至少一个由末端栅格构成,所述末端栅格为电磁波提供缩短末端但是允许流经过。

12. 根据权利要求 1 所述的系统,其中,所述谐振器中的至少一个低于所述管的最小截止频率。

13. 根据权利要求 1 所述的系统,其中,所述至少两个谐振在相同管中的不同波模的截止频率处。

## 传导率测量

### 技术领域

[0001] 本发明涉及一种用于对流体流的特性、特别是包括一部分水的多相流体流的特性进行测量的测量系统。

### 背景技术

[0002] 在油和气体生产和处理中,因为油、气体和水的分数以及水的盐度将在生产过程中改变并影响进一步的处理,所以有必要对流体流的含量和特性进行监视。多种类型的技术已经被用于对发现分数和盐度所必需的信息进行采样,诸如声学测量值、压强、伽马射线和电学测量值。本发明涉及电学测量值,电学测量值被用于确定油、气体和水的混合物中的含量,并特别用于确定流中的水的传导率,因此指示流中的盐度和 / 或水含量。水中的溶解盐使水具有传导性。传导率取决于溶液中的离子的量和类型以及温度。油工业中的多相流中的水可以含有多种类型的离子,但是目前最为常见的是来自氯化钠的  $\text{Na}^+$  (钠离子) 和  $\text{Cl}^-$  (氯离子)。这里的盐度指的是氯化钠的当量,其具有与实际溶液相同的传导率,并且以盐水的重量百分比 (% weight) 来表示。

[0003] 如下所述,根据本发明的溶液使用微波方法,微波方法主要提供对传导率的测量。盐度能够通过使用已知模型根据传导率和温度来计算。传导率能够随时以相同方式通过反向使用相同的模型根据盐度和温度来计算。

[0004] 在 US 6182504 中对测量混合物的介电常数以及温度的解决方案进行了论述,并随后根据这些测量值来决定流是否是水连续或油连续的,并且基于该决定来决定待完成的测量的类型。

[0005] 在 PCT 申请 W02005/057142 中对一种用于测量多相流的方法进行了说明。在该情况下,依据通过换能器施加的电场的频率来测量流的特性。在流中的至少两个方向上测量流的特性、或更准确说是电磁损耗和相位测量值,并且环流度 (degree of annular flow) 被确定。因此, W02005/057142 中公开的解决方案的目的是对主要是环流的具体体系中的测量误差进行修正。该解决方案测量横截面以及更接近壁以查明是否存在差别。

[0006] 在国际申请 W02007/018434 中发现了一种用于对多相流中的水的盐度 / 传导率进行测量的解决方案。该解决方案是关于使用传输传感器来测量两个或更多频率下的差分相位移位,传输传感器由安装在管壁中的三个小型天线制成。该专利申请仅涉及在水连续条件下进行测量。

[0007] 在 W02006/019311 中对一种用于测量湿润气体流中的水的盐度 / 传导率的方法。该专利申请涉及对截止频率下的相位响应的陡度进行测量。该方法与由传导率产生的损耗有关,该损耗与盐度 / 传导率有关。该方法的问题是,尽管在专利中并未提及,但是在下文显示,该现象并不是单调的。

[0008] 在 W02008085065 中说明了一种在湿润气体流中在管壁上的液体膜上进行测量的谐振器。该谐振器对于湿润气体,即极少量的水来说是最佳的,并且可以对多相流过度灵敏。

[0009] 上述的已知技术的一个问题是,对油或气体连续多相(包括湿润气体)流中的传导率/盐度进行测量,以便提供诸如湿润气体中的形成水(formation water)的检测/测量之类的重要信息,并且用于制作与盐度的改变无关的含水率或湿润气体计。

[0010] 正如 US 6182504 中所述,谐振可以被用于获得流中的传导率。在 Ebbe Gustaf Nyfors 的技术理学博士学位论文“Cylindrical microwave resonator sensors for measuring materials under flow”(用于测量流中的材料的圆柱形微波谐振器传感器),报告 S243,2000 年 5 月,赫尔辛基理工大学(ISBN 951-22-4983-9)。如该论文中所述,微波谐振器存储电磁能。在测量情况下,能量由激励源提供用于谐振,并且被各种损耗源耗散。在对包含水滴的混合物进行测量的情况下,在滴液中感生的电流是一个损耗源。因而,传导率影响谐振。谐振器具有两个主要特征:谐振频率和 Q 因数(品质因数)。这两个特征受到复电容率(permittivity)(也被称为介电常数)的影响。电容率是复数意味着具有实部和虚部。虚部受到传导率的影响。对于被认为是低损耗情况(虚部远小于实部)的油或气体连续混合物,由于该混合物整体不具有传导性,因此谐振频率主要取决于电容率的实部,且 Q 因数(质量因数)还取决于虚部。

[0011] 该论文还解释了微波谐振器能够按照传输线中(例如在空心波导中)的波导模进行说明。谐振器能够形成在以两个反射间断点(就像是栅格,或者截止频率的改变)界定的区段,或者由如下所述的截止频率处的空心波导形成。

[0012] 电磁能够以波模(wave mode)在空心管(波导)中传播。理论上来说,波模是给定的场型(field pattern),该场型是在考虑到边界条件的情况下(例如,与金属壁平行的电场在表面处必须为零),针对该环境中的电磁问题的具体解决方案,存在许多种解决方案,即波模。空心管中的全部波模有一个共同点,就是所谓的截止频率。这意味着波模仅能够在高于截止频率的频率下传播。但是全部模具有不同的截止频率。

[0013] 如果将谐振器置于管中,且谐振频率高于最小截止频率,则能量能够逃逸并且在管中传播开来(除非是被例如反射栅格界定)。这增加了谐振器的损耗,即 Q 因数变得更小。因为本发明涉及基于传导率在谐振器中造成的损耗(即传导率降低 Q 因数)来测量传导率,所以很容易理解由于辐射造成的损耗降低测量的灵敏度和精确度。如果在另一方面谐振频率低于管的最小截止频率,则没有能量能够通过辐射逃逸到管中并以波模传播开来。因而,谐振器结构能够相对开放(如 W000/063331 中公开的鳍传感器),而不会造成额外的降低 Q 因数的损耗。

[0014] 波模的另一独特之处在于,能量的传播速度取决于(在频率上)与截止频率的距离。距离截止频率越近,能量传播越慢。确切来说,能量在截止频率处完全不传播。波模无论以何种方式被激励或发起,但能量停留在被激励之处。这实际上是谐振。也就是说,各个波模在截止频率下具有谐振。这还能够被用于测量目的。然而,该谐振并不很好。峰具有给定宽度,即在频域中具有一定分布。在谐振/截止频率的峰顶端的较低侧,管提供了辐射保护。在较高侧,由于频率大于截止频率,能量能够泄露出。因而,这样的谐振峰稍许不对称,在低频侧更陡。然而,这能够被用于测量目的。一种方式是仅测量较低的一半,且随后在较高侧制作镜像以构造整个峰。该类型的谐振器的一个优点是该谐振器是完全不侵入的。仅需要一些用于耦合能量的探头/天线。高质量截止频率谐振器的一个示例是上述的鳍传感器。谐振是在具有鳍的区段的截止频率下的截止频率谐振。另外,谐振器被没有鳍的区段

界定,该区段具有更高的截止频率。被界定(即被限制在具有鳍的区段)还对在更高频率下的其他谐振模式的存在和位置有影响,并因而与下文中所述的本发明有关。

[0015] 因此,谐振器传感器可以被用于对低损耗条件下的复电容率进行测量,并因而提供良好的解决方案。传导率影响电容率的虚部,并因而影响谐振器的Q因数,例如在WO 2003/034051中所述的那样。问题在于,油或气体连续混合物的电容率的虚部不是水的传导率的单调函数。因而,Q因数并不随传导率单调变化。因而,测量值是模糊的。这在实践中能够看出且使用布吕热曼(Bruggeman)方程预计到,布吕热曼方程是用于根据组分的电容率和体积分数来计算混合物的电容率的方程。

[0016] 基于传导率的Q因数的模糊度在被用于根据本发明的基于频率的系统中。如下所述,通过在两个频率下完成相同测量,则能够明确解出传导率。

### 发明内容

[0017] 因此,本发明的一个额外目的是提供一种用于精确且明确监视油或气体连续多相或者湿润气体流中的水的传导率的简化测量系统。这通过使用下文中所述且按照独立权利要求所述进行表征的测量系统来完成。

[0018] 因此,根据本发明的方法和系统通过在两个谐振频率下提供测量值来提供对流的传导率的改进测量,第一谐振频率提供与水含量有关的信息(含水率或水的体积分数),而两个Q因数也提供了与水的传导率有关的信息。两个谐振频率可以在相同的位置和谐振器处,但是也可以被提供在两个不同的谐振器中,例如,两个不同的谐振器在例如具有两个不同直径的管中具有不同的谐振频率。都可以使用在流中提供清楚谐振的任何传感器解决方案。同样,可以使用多于两个谐振频率。

[0019] 第一谐振频率可以接近于“截止频率”。通常来说,包括微波分数测量系统的湿润气体计或含水率计使用一个谐振频率来获得混合物的电容率。根据混合物的电容率和组分的电容率能够获得混合比率,即分数。峰的Q因数受到由水中的传导率造成的损耗的影响,但是Q因数不是模糊的。但是因为该现象与频率无关,所以能够通过测量两个峰的Q因数来得到传导率的明确测量值。也就是说,选择一种可获得两个峰的设计。一个峰的谐振频率被用于获得分数(含水量或水体积分数),并且两个峰的Q因数被用于获得传导率。这是最低限度。当然可以实现关联,例如通过使用神经网络来将谐振频率、Q因数和分数以及传导率之间彼此联系。两个谐振之一(或者,如果管直径像文丘里管那样改变,甚至可以是两个谐振)可以是截止频率型谐振。

[0020] 如上所述,谐振之一可以是或可以不是截止频率谐振。实际上,如果管直径改变,那么两者都可以是截止频率谐振,例如,一个谐振能够在文丘里喉管中测量,且另一个谐振在文丘里管上游或下游的较大管中测量。本发明的核心是在测量不同频率的两个谐振的Q因数。据此能够计算传导率。但是,一般需要知道水含量,并粗略知道Q因数的频率。因而,一种推荐程序是测量谐振频率和Q因数,根据一个谐振频率计算水含量,并随后根据两个峰计算水的传导率。

[0021] 当使用两个(或更多)探针在传输中测量时,任何谐振器在嵌入损耗(即,通过的信号的衰减)中具有峰。相同地,当仅使用一个探针在反射中进行测量时,任何谐振器表现出反射功率(回波损耗)的突降(dip)。

[0022] 同样需要注意,如 Nyfors 的论文中所述,无论是在传输还是在反射中测量的谐振器的频率响应都具有幅度(功率)和相位。因而,谐振频率和 Q 因数、或者与损耗相关的其他参数(例如,相位响应的陡度)还能够通过测量相位而非功率或者测量相位和功率来确定。

[0023] 在本说明书中,“谐振峰”也可以被理解为频谱中的“突降”(dip),谐振峰取决于所提供的传感器,并且术语“Q 因数”还包括诸如峰宽度之类的相关变量,所述变量与谐振峰的质量和定义有关。微波也可以被广义地理解为本质上覆盖在流中获得谐振的电磁频谱范围。另外,术语 WVF 被用于水体积分数、含水量或水含量。

## 附图说明

[0024] 以下将参考附图对本发明进行说明,附图以示例方式示出了本发明。

[0025] 图 1a 示出了管中的圆锥形嵌件的原理设计。仅示出了一个探针,该探针足够用于反射中的测量。

[0026] 图 1b 示出了使用两个探针进行测量时测量到的典型的圆锥形嵌件的传输频率响应。示出了可用于本发明的两个第一谐振。在此情况下,两个谐振属于相同谐振器。

[0027] 图 2a 示出了鳍谐振器的原理设计。

[0028] 图 2b 示出了使用所示的可用于本发明的前两个谐振测量的鳍谐振器的频率响应。在此情况下,两个谐振属于相同谐振器。

[0029] 图 3 示出了使用布吕热曼方程来计算柴油和水(WC = 5%)的混合物的 Q 因数的一个示例。

[0030] 图 4 示出了与之前使用布吕热曼方程预测的 Q 因数相比,测量的具有柴油和水(WC = 5%)的混合物的同轴谐振器的 Q 因数。T = 53.5°C。

[0031] 图 5 示出了测量的在 300MHz 的频率下在湿润气体流中的 Q 因数随盐度的变化。WVF(water volume fraction,水体积分数)为 0.1%,且 CVF(condensate volume fraction,浓缩体积分数)为 0.332%。

[0032] 图 6 示出了所计算的在 500MHz 和 1000MHz 下由传导率引起的 Q 的改变。点表示 0、1、5、10 和 15%的盐度。温度为 20°C。

## 具体实施方式

[0033] 图 1a 示出了被用作管 2 中的谐振器的圆锥形嵌件 1,如上述 W02010/115883 所论述的,管包括耦合设备 3。耦合设备 3 可以构造为探针,探针被用于施加电磁场和/或感应电磁场以确定谐振频率和 Q 因数。图 1b 示出了典型的圆锥形嵌件在包括两个谐振频率 4、5 的频率范围内的频率响应。典型的管直径可以在 50mm 和 245mm 的范围内,但是该管直径可以根据情况的不同而变化。

[0034] 图 2a 示出了由延伸到流中的鳍 6 构成的替代性谐振器。图 2b 示出了该配置中的两个第一谐振峰,该配置基于 146.4mm 的内管直径以及大约为一个管直径的鳍长度。

[0035] 可以设想到多种配置,这对本领域的技术人员来说是显而易见的。平坦无障碍的管具有截止频率处的单个谐振频率。然而,在本发明的范围内可以使用基于两个不同的管直径的两个谐振器,每个谐振器在截止频率处谐振,对 Q 因数(或者与损耗相关的其他参

数,例如,相位响应的峰宽度或陡度)进行比较以根据本发明来测量传导率。截止频率处的谐振还具有由于在管中的高于谐振频率的频率(即在峰的右边,其导致非对称峰)的传播的辐射造成的一些额外损耗,这降低了Q因数的测量的精确度。因此,为了高测量精确度,较优地提供某些结构,从而提供了小于截止频率的谐振频率,同时上述平坦的截止频率谐振器由于完全非侵入而具有吸引力。

[0036] 图3示出了本发明的一个重要方面,这是因为所测量的Q因数取决于流中的水的传导率和谐振频率。在任何单一频率下,传导率造成的Q因数的改变不是单调的。因此,对于水传导率的两个不同值,能够获得相同值的Q因数。但是,由于频率相关性,在两个不同频率下测量Q因数将提供对流中的水的传导率的唯一测量。

[0037] 这同样在图4和5中示出。在图4中,在改变已知的柴油和水的混合物的水的盐度的同时,在941MHz的谐振频率下测量(\*)并计算(-)Q因数。在图5中,在300MHz频率下测量在湿润气体流的Q因数随盐度的变化。WVF(water volume fraction,水体积分数)为0.1%,且CVF(condensate volume fraction,浓缩体积分数)为0.332%。

[0038] 图6示出了在含水量为2.5%和5%的情况下,以从0%开始沿逆时针方向在0、1、5、10和15%的盐度,在500MHz和1000MHz这两个谐振频率处两组测量值之间的比较。在500MHz和1000MHz下,在上述两个含水量比率下的各个盐度之间的Q因数改变 $\Delta Q$ 限定了不同的曲线,并因此还可以通过获知含水量获得盐度。

[0039] 谐振频率主要受到含水量或WVF的影响,同时其次受到盐度的影响。因而,盐度或者水传导率通常作为通过含水量或湿润气体计中的用户接口进行人工输入给定。如果在各种原因下盐度随时间变化,则该变化会影响读数的精确度。因而,根据本发明来使用仪表测量盐度的能力将为含水量或WVF测量提供更高的精确度,并特别是在盐度改变的同时随着时间的推移维持精确度。并且额外地,盐度是重要的信息,以至于并且因而是作为含水量或湿润气体计的额外特征的重要输出参数。特别是对于湿润气体,盐度是形成水的生产的指示符,是非常重要的信息。但是对于盐度和含水量或WVF的检索:图中的每个点定义了含水量或WVF和传导率的唯一组合。因而,并不需要含水量/WVF的现有知识能够计算传导率。也就是说,人们将仅根据Q因数来获得含水量或WVF和传导率。另一方面,谐振频率将提供对含水量/WVF的更精确测量。因而,推荐做法是根据峰中的一个的谐振频率推导出含水量/WVF的第一估计值,根据Q因数推导出传导率,随后根据谐振频率来计算更精确的含水量/WVF,之后改善传导率结果等。因此,迭代过程为两者提供最高的精确度。

[0040] 总而言之,根据本发明的系统因此涉及一种用于测量流体流中的水的传导率的系统,流体流由油或气体连续混合物构成,系统包括测量区段,测量区段包括:用于在至少一个选定频率范围内将电磁信号发射到包含流的管中的装置,以及用于在范围内检测谐振频率的装置。较优地,测量通过将频率扫描传输到所述管中并测量响应来完成,以提供关于谐振频率和Q因数的信息。根据本发明的Q因数还可以被理解为包括相位响应或峰宽度,而不直接计算Q因数值。

[0041] 测量区段包括用于在所述至少一个频率范围内提供至少两个谐振频率的特征。系统还包括,基于谐振频率中的至少一个、与相应谐振峰相关的第一Q因数以及第二谐振峰的Q因数来计算所述流的水的传导率的装置。计算因此基于最少一个测量的谐振频率和两个Q因数。第二谐振频率可选地还可以被确定以增加精确度。

[0042] 测量区段较优地可以包括在所述流中的嵌件或其它结构,这导致小于管的截止频率或小于测量区段的各个末端的截止频率的谐振频率,并因此可以允许结构相对开放且几乎不侵入,但仍具有高 Q 因数。高 Q 因数(即,低整体损耗)使得对由水的传导率造成的损耗能够具有高灵敏度。嵌件可以从各种不同的结构中进行选择,诸如圆锥形嵌件、鳍或者在两个位置处提供所限定的反射的任何结构(诸如两个金属栅格、或者传输线结构的其他开路或短路端,如圆锥形嵌件的开放末端或臂缩短的末端、或鳍的末端),以便在反射位置之间获得谐振。两个不同的谐振频率可以使用具有两个不同的谐振频率的两种结构来获得,又或者较优地通过提供嵌件来获得,该嵌件在发射频率范围内提供两个谐振频率。还可以使用多于两个谐振频率和 Q 因数。

[0043] 如上所述,测量区段较优地还可以包括平坦管,在此情况下,平坦管为截止频率谐振器。如果非侵入性具有最高优先级的话,那么这种结构是优选的。通过使用嵌件形成谐振器中的反射点来类推,由于截止频率下的传播是纯径向的,故而管的对侧形成反射点。因为本发明最少需要两个谐振,所以截止频率谐振器必须与管直径不同(如在文丘里喉管中)的另一截止频率谐振器结合,或者与基于另一结构的谐振器(诸如嵌件)结合,或者可以使用另一波模。因为波导能够支持许多具有不同的截止频率的不同波模,所以可以在相同的管中使用两个不同的截止频率谐振。那么必须注意模的选择以及耦合设备的类型和位置的选择,以致功率不会从较高截止频率的模泄漏到较低截止频率的模。较优地,针对最少两个模可以使用独立的耦合设备。这两个独立的耦合设备则能够被安装在其他模具有零点场的位置处,并因而仅耦合到期望的模上。

[0044] 计算包括基于存储在系统中的已知测量情况将测量值与至少局部的经验模型进行比较。替代性地,谐振频率和 Q 因数的计算在神经网络模型中完成,因此与以下模型相关:由于之前的测量和/或预定的模型而被计算机发现并存储的模型。谐振频率和 Q 因数通常首先以“正态(normal)”方式根据所测量的频率响应/扫描来计算。随后,神经网络或者基于多变量分析的模型可以被用于获得水的传导率。还可以设想,在完全不计算谐振频率和 Q 因数的情况下,直接输入原始测量值。

[0045] 谐振(谐振频率和 Q 因数)的测量可以通过不同类型的测量来完成,正如在 Nyfors 报告的第 3 章或者其他参考文献中所述的那样,并且在此不进行详述。各个 Q 因数的确定同样是公知的,例如,根据上述公开中可知。



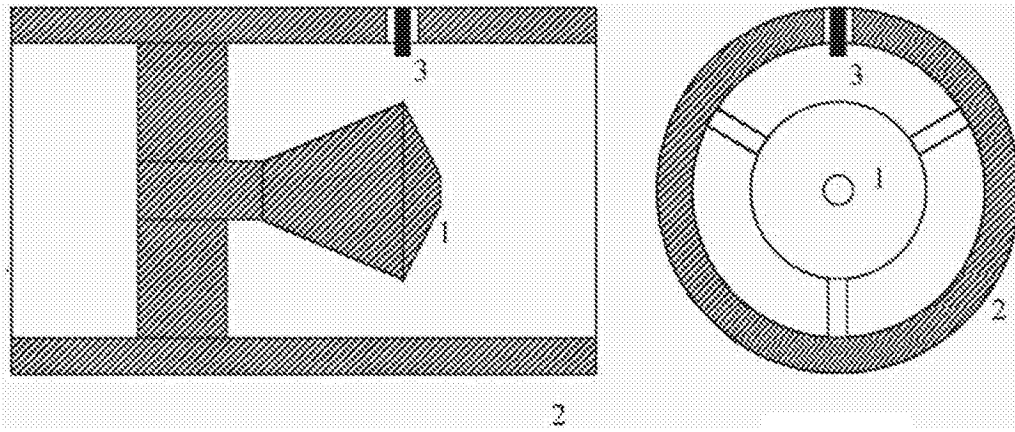


图 1a

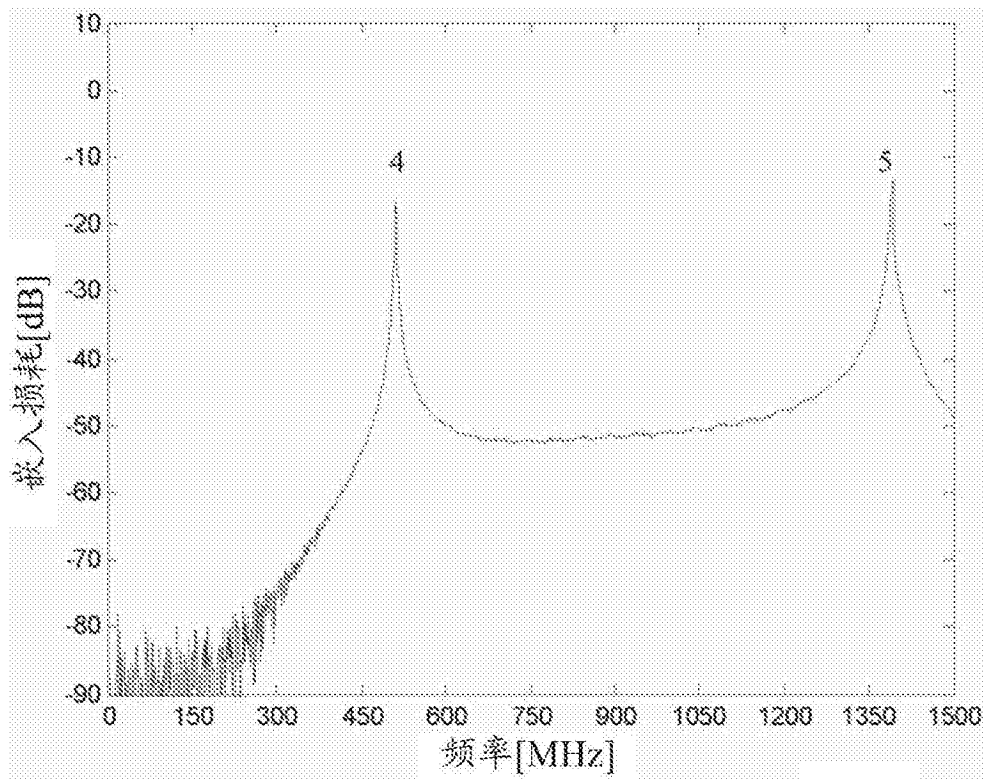


图 1b

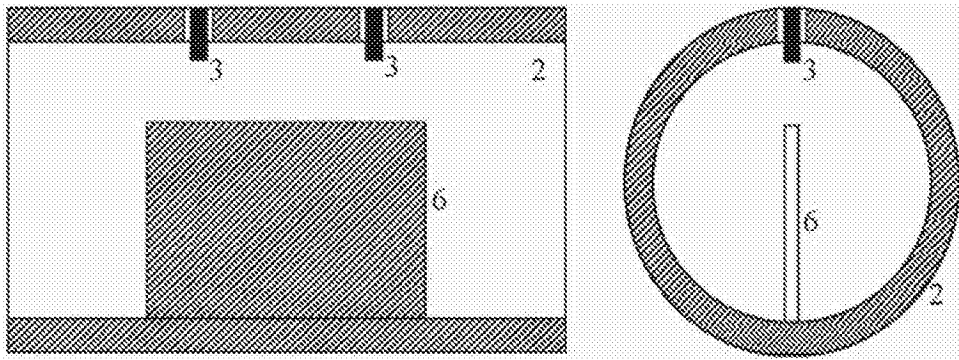


图 2a

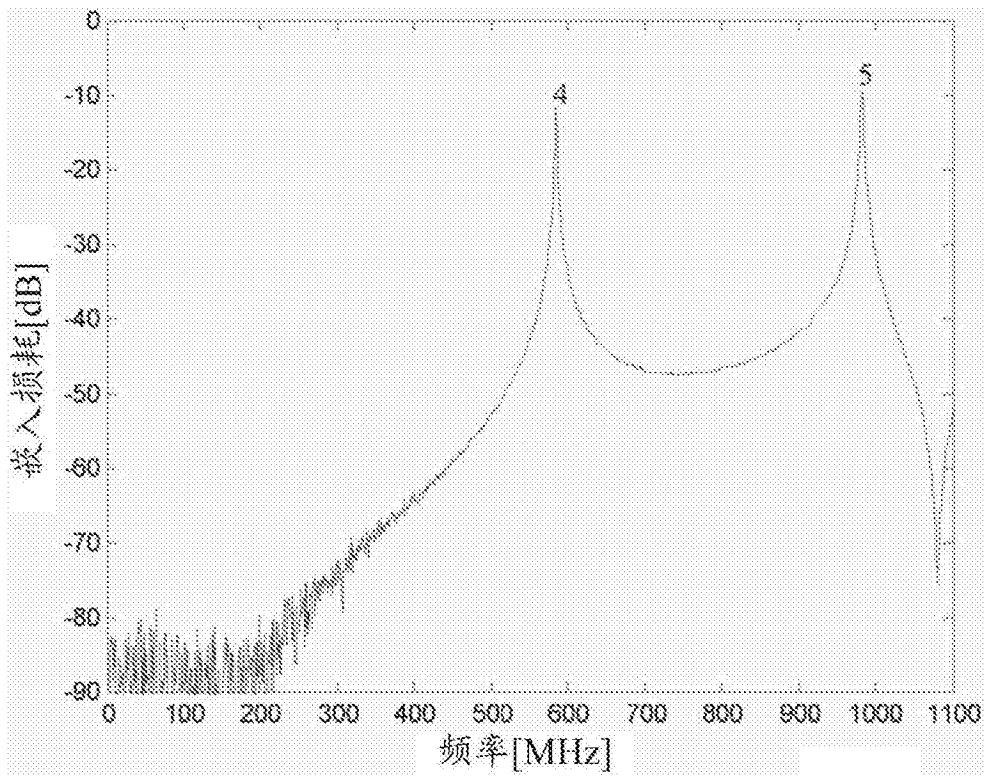


图 2b

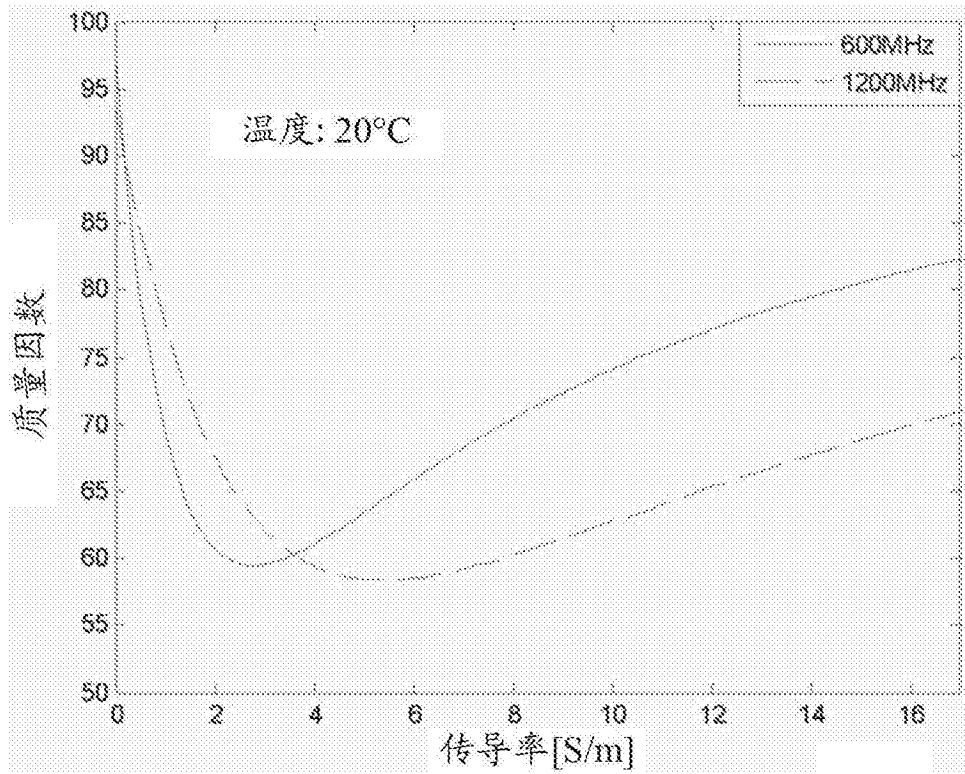


图 3

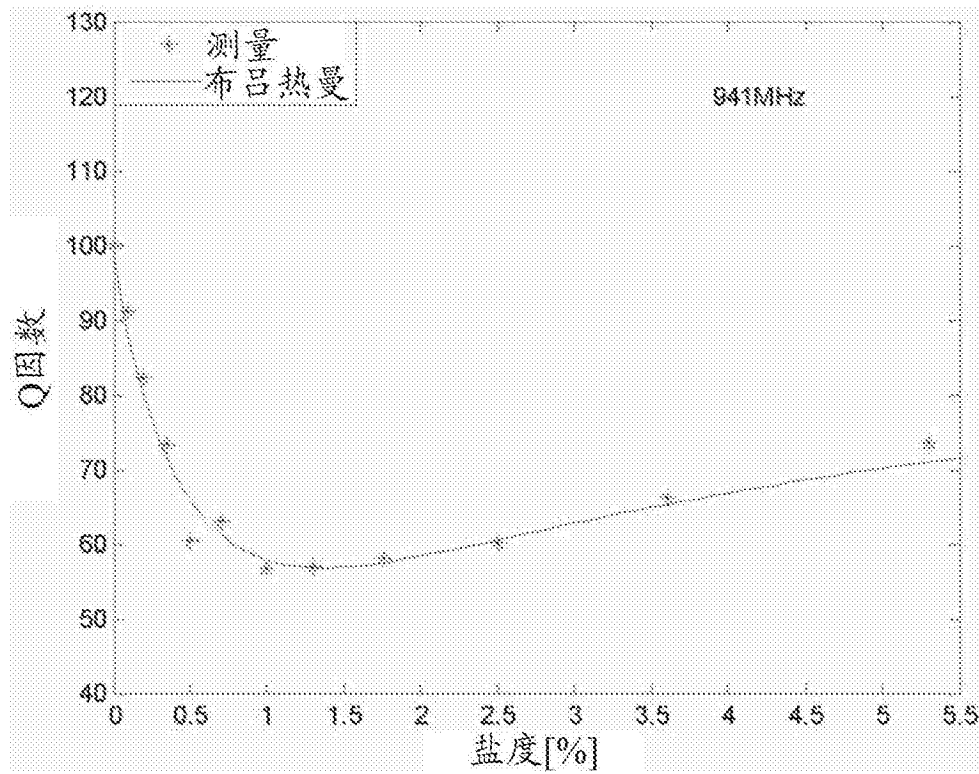


图 4

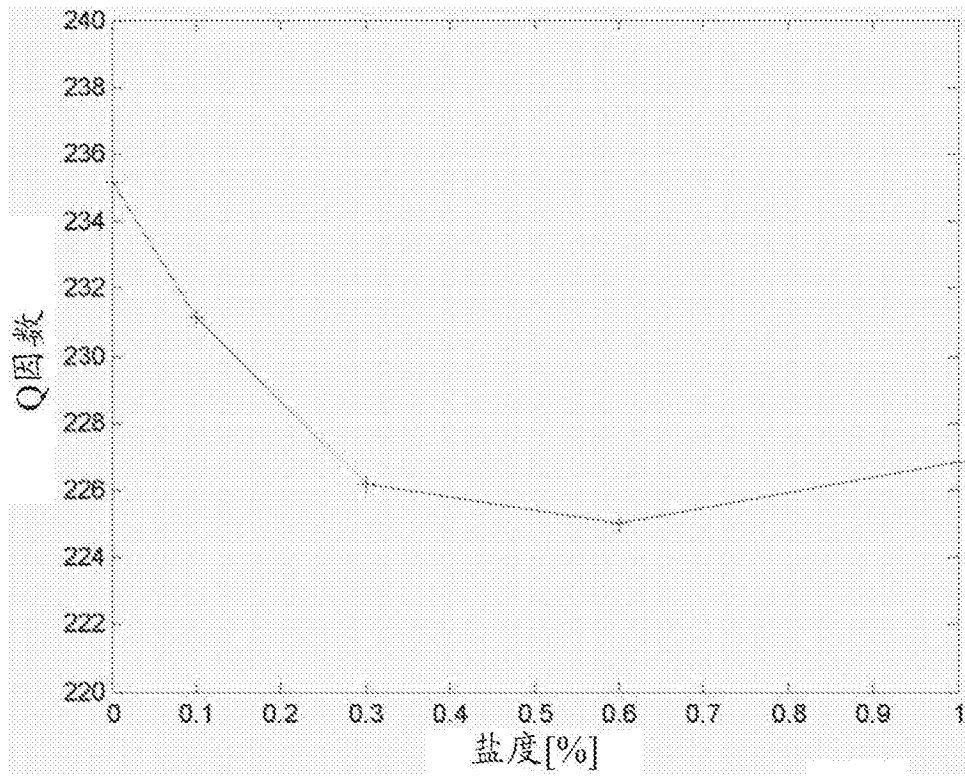


图 5

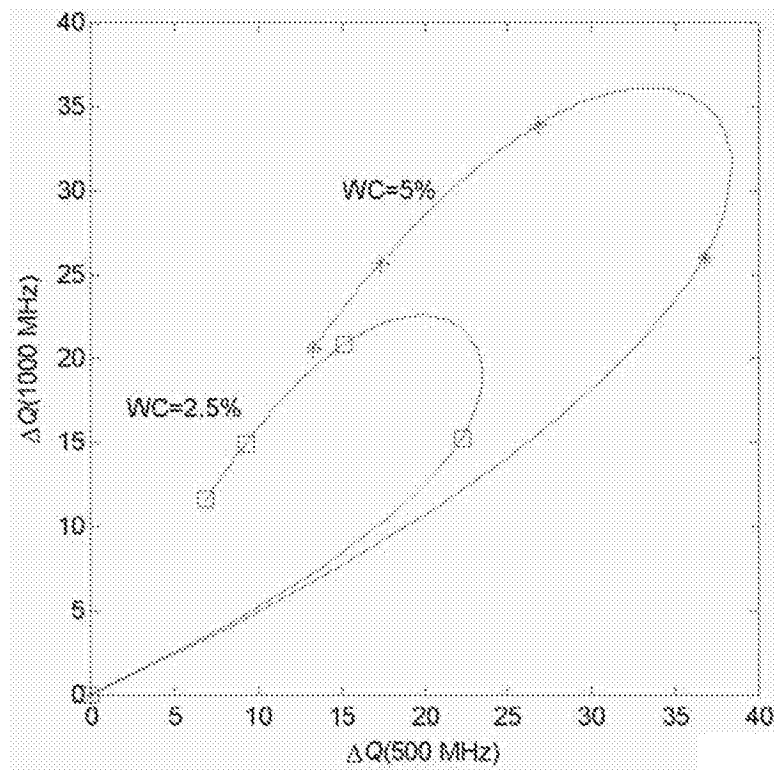


图 6