



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102077219 B

(45) 授权公告日 2014. 12. 17

(21) 申请号 200980124400. 0

(22) 申请日 2009. 05. 08

(30) 优先权数据

12/117, 468 2008. 05. 08 US

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2010. 12. 27

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/US2009/002887 2009. 05. 08

(87) PCT国际申请的公布数据

W02009/137105 EN 2009. 11. 12

(73) 专利权人 索纳维森股份有限公司

地址 美国佛罗里达

(72) 发明人 R·M·施米特

(74) 专利代理机构 中国国际贸易促进委员会专

利商标事务所 11038

代理人 蒋世迅

(51) Int. Cl.

G06K 9/00 (2006. 01)

(56) 对比文件

US 2007/0132342 A1, 2007. 06. 14, 说明书第

【0003】、【0068】、【0070】、【0072】、【0096】、【0107】、

【113】、【0122】—【0123】、【0134】、【0153】，附图
11、附图 13A、13B、附图 15.

US 2007/0132342 A1, 2007. 06. 14, 说明书第

【0003】、【0068】、【0070】、【0072】、【0096】、【0107】、
【113】、【0122】—【0123】、【0134】、【0153】，附图

11、附图 13A、13B、附图 15.

US 5689576 A, 1997. 11. 18, 说明书第 7 列第
18 行—第 8 列第 41 行.

CN 1619816 A, 2005. 05. 25, 全文.

审查员 刘申

权利要求书1页 说明书6页 附图8页

(54) 发明名称

用于多模机械谐振器的方法和系统

(57) 摘要

提供一种包含一个或多个用于采集指纹的机械装置的指纹传感器。该谐振器被构造成根据施加的负载而被机械地阻尼。

1. 一种传感器,包括:
一个或多个机械装置,用于采集指纹的图像;
所述装置的每一个包含小柱矩阵;并且
其中在所述矩阵中所考虑的小柱是
(a) 电连接到一个或多个对角线邻接的小柱,并且是
(b) 没有电连接到任何垂直地和水平地邻接的小柱。
2. 根据权利要求1所述的传感器,其中该小柱是由一个或多个谐振器和一个或多个振荡器中的至少之一形成的。
3. 根据权利要求1所述的传感器,其中通过按照工作波长的 $1/4$ 切变波波长调节小柱之间的距离,使每个所述矩阵中各个小柱的 q 因子最佳化。
4. 根据权利要求3所述的传感器,其中通过降低基体材料的声阻抗,能够改进所述 q 因子,该降低通过如下至少之一而被促进:(i) 降低基体材料的密度和(ii) 降低基体材料的刚度。
5. 根据权利要求4所述的传感器,其中该传感器被构造成经由压电力、磁力或电力而被激励。
6. 根据权利要求5所述的传感器,其中指纹图像是通过按一种方式扫描指纹结构而被采集的,该方式包含含有机电方式和电子学方式的组中的至少之一。
7. 根据权利要求6所述的传感器,其中阻尼是用一组中的至少之一观察的,该组包含电压、电流、阻抗、位移、应力、应变和光反射。
8. 根据权利要求7所述的传感器,还包括匹配层,被构造成用于降低传感器与手指结构之间在声阻抗上的差别。
9. 根据权利要求8所述的传感器,其中该匹配层包含预定的厚度和声阻抗。
10. 根据权利要求1所述的传感器,其中所考虑小柱被电连接到对角线邻接的小柱。
11. 根据权利要求1所述的传感器,其中当所考虑的小柱是激活的时,该垂直地和水平地邻接的小柱关于所考虑的小柱是非激活的。
12. 根据权利要求1所述的传感器,其中该垂直地和水平地邻接的小柱关于所考虑的小柱只提供无源反射。
13. 根据权利要求1所述的传感器,其中该小柱是正方形断面的。
14. 根据权利要求13所述的传感器,其中所考虑的小柱被四个面对面的小柱环绕并且没有电连接到该四个小柱。
15. 一种用于采集指纹图像的方法,包括:
使用一个或多个机械装置采集指纹的图像,每个装置包含小柱矩阵;
其中在该矩阵中所考虑的小柱是(a) 电连接到一个或多个对角线邻接的小柱和(b) 没有电连接到任何垂直地和水平地邻接的小柱;并且
监控与所考虑小柱水平地或垂直地邻接的小柱的激励,当所考虑的小柱是激活的时,该水平地或垂直地邻接的小柱关于所考虑的小柱是非激活的。

用于多模机械谐振器的方法和系统

技术领域

[0001] 本发明一般涉及生物测量术。

现有技术

[0002] 已有各种用于感测、测量和识别生物测量特征的熟知的技术。这些技术聚焦在与形成生物测量术的结构关联的独有特征上。举例说,由手指中的脊和谷定义的指纹,是一种这样的生物测量术。

[0003] 本领域熟练技术人员熟知,指纹由手指表面上称为脊和谷的独有结构所定义。能够根据许多不同的模态,感测、测量和识别这些脊和谷。

[0004] 例如,一些指纹测量模态依靠与脊和谷相关联的密度值。其他的则依靠当电流如果通过脊和谷时所测量的介质介电常数。关于介质介电常数,例如脊(即指纹细胞组织)的介电常数与谷(即脊之间的空气)的介电常数是不同的。

[0005] 电容性感测是一种能被用于检测介电常数变化的技术。对电容性感测,当传感器平板(电极)碰触脊时产生的电容值不同于当传感器暴露于谷时产生的那些电容值。

[0006] 还有另一种模态是热导率,它是脊和谷之间的温度差的度量。光学是又一种模态。光学技术依靠脊和谷之间的光学折射率和反射的变化。

[0007] 虽然模态不同,但每一种途径都寻找精确地区分脊与谷以便使指纹成像。如将在下面更充分地讨论的,有关区分脊与谷,一些模态或技术,固有地比其他的更为精确。该精确度的相对评定能够由反差比表征。按生物测量术的角度,反差比是细胞组织(即指纹脊)对空气(即指纹谷)之间的反差的度量。

[0008] 从另一个视角看,把基于热的模态、那些依靠介质介电常数的模态与基于光学的模态和其他模态之间在精确度上的潜在差别定量化,反差比是一种客观的手段。反差比越高,更精确生物测量术感测的潜力越大。当构造结合例如上面指出的模态之一的感测系统时,设计者必须考虑的不仅是反差比,还有可制造性以及成本。

[0009] 如将在下面更充分讨论的,基于热的和介质介电常数的感测系统,例如有相对低的反差比。就是说,在理想的情况下,且在设计和/或制造期间极端小心和考虑,这些系统在它们的测量输出数据的精确度上固有地受到限制。

[0010] 因此,需要的是非常可靠的用于感测生物测量的技术。还需要的是用于感测生物测量,诸如指纹脊和谷的技术,该技术有比传统感测系统更高的反差比。

发明内容

[0011] 在一个实施例中,本发明包含指纹传感器,该传感器包含一个或多个用于采集指纹的机械装置。该谐振器被构造成根据施加的负载而被机械地阻尼。

[0012] 本发明更多的特性和优点将在下面的描述中阐明,且部分地将从该描述明显看到,或通过本发明的实践可以学到。本发明的优点将由该结构实现和获得,并在该书面描述及其权利要求书以及附图中特别指出。

[0013] 应当理解,前面的一般描述和下面的详细描述都是示例性和解释性的,且力图提供如所要求保护的本发明的进一步解释。

附图说明

[0014] 附图示出本发明,并与描述一起进一步起解释本发明原理的作用,并使有关领域熟练技术人员能制作及使用本发明。

[0015] 图 1A 是指纹基本结构的例图;

[0016] 图 1B 是示于图 1A 中的指纹结构的更传统的视图;

[0017] 图 2 是表格式例图,传达不同生物测量感测技术之间的反差比;

[0018] 图 3 是图 2 中所示感测技术的反差比的图解式例图;

[0019] 图 4A 是按照本发明实施例排列的示例性小柱矩阵的例图;

[0020] 图 4B 是有沿对角线连接的小柱的示例性矩阵的例图;

[0021] 图 4C 是有无源的环绕的小柱的图 4B 的矩阵的例图;

[0022] 图 5 是按照本发明实施例构造的声阻抗感测系统的各单元的例图;和

[0023] 图 6 是实践本发明实施例的示例性方法。

具体实施方式

[0024] 下面参照附图详细描述本发明,附图示出与本发明一致的示例性实施例。其他的实施例是可能的,且可以在本发明的精神和范围内对这些实施例作出修改。因此,下面详细的描述不意味对本发明的限制。更准确地说,本发明的范围由所附权利要求书限定。

[0025] 本领域熟练技术人员应当明白,如下面所描述的本发明,可以按许多不同的实施例实施。任何实际的实施本发明的软件代码都不限制本发明。因而,本发明的操作情况将按照如下理解被描述,该理解是,已知本文给出的细节详情,这些实施例的修改和变化是可能的。

[0026] 声学超声阻抗描计术感测的优点

[0027] 如上面所指出,本发明提供一种更精确和可靠的传统生物测量术感测系统的替代物。尤其是,本发明使用声学超声阻抗描计术作为感测诸如指纹脊和谷的生物测量的技术。

[0028] 图 1A 是指纹的基本结构 100 的例图。在图 1A 中,基本指纹结构 100 包含脊 102 和谷 104,它们组合形成完整的指纹。图 1B 是这样一种指纹 106 的例图。因而,本发明利用声学超声阻抗描计术的原理,更精确地和可靠地区分与该指纹 106 相关联的脊 102 与谷 104。

[0029] 声学超声阻抗描计术最显著的优点,是当与依靠例如介质介电常数和热导率的其他模态比较时,有高得多的反差比

[0030] 图 2 是用介质介电常数、热导率和声阻抗感测细胞组织和空气的比較的表格式例图 200。在此指出,每一种技术以与该特定技术独有关联的测量单位表示。

[0031] 在图 2 中,例如,相对介质介电常数是以前单位量 202 表示。热导率是以瓦 (W) 每米 (m)-摄氏度 (C) 204 表示。声阻抗是以密度 (N) 乘每米 (m) 声速 206 表示。这些表达式的每一个都以指纹细胞组织(即脊)的列 208 和指纹空气(即谷)的列 210 画出。反差比的列 212 是对相应的介质、热导率和声阻抗技术,比较脊的列 208 与空气的列 210。

[0032] 如图 2 所示,声阻抗与其他技术相比,在反差比 212 上有显著的改进。例如,例图

200 表明,细胞组织中的热导率与空气中的热导率相比的反差比约为 8 : 1。细胞组织中的介质介电常数对空气中的介质介电常数的反差比约为 32 : 1(为热导率的反差比的 4 倍)。然而,细胞组织中的声阻抗对空气中的声阻抗的反差比约为 4000 : 1,即使与已改进的介质介电常数的反差比相比也超过 100 倍。因而能够看到,有更高反差比的声学超声阻抗描计术,固有地比热导率和介质介电常数更能区分脊和谷。

[0033] 图 3 是图解式例图 300,它如上面关于图 2 所讨论的,沿垂直轴 301 展示声学超声阻抗描计术的优异反差比。尤其是,沿垂直轴 301,点 302 代表热导率的反差比,而点 304 代表介质介电常数的反差比。沿垂直轴 301 的点 306 代表声阻抗的反差比。如在图 3 中图解式所画出的,声阻抗比介质介电常数和热导率,对细胞组织和空气有显著更好的反差比。虽然图 2 和 3 仅仅把声阻抗与热导率和介质介电常数比较,但声阻抗与其他生物测量术感测模态相比提供明显的优点。

[0034] 上面的讨论主要聚焦在作为固有地优于其他已知感测技术的声学超声阻抗描计术的优点上。然而,为了按切实可行的方式发扬用声学超声阻抗描计术使指纹成像的优势,基于声学超声阻抗描计术的技术必须被结合进构成感测装置和 / 或谐振器中。

[0035] 基于声学超声阻抗描计术的感测装置

[0036] 作为背景,1970 年代和 1980 年代在医学界,曾经尝试应用声学超声阻抗描计术感测以使细胞组织样品成像。然而,这些尝试充其量也不过只是一定程度成功,因为要使该技术对医学使用有效,超声信号必须被发射进入细胞组织。在发射进入细胞组织之后,人们必须观察反射并根据全部细胞组织的各种阻抗,从该反射重构该细胞组织的图像。换句话说,这些早期应用依靠声学超声阻抗描计术作为与感测技术相反的重构技术。然而,这些早期应用被证明对重构是太易出错且无效,从而被大规模抛弃。

[0037] 但是,本发明的实施例能有效地利用声学超声阻抗描计术作为生物测量术感测技术。这种使用变为可能,部分地因为在本发明中,只有细胞组织表面特性被分析。本申请的主题的发明人已经发现,使用声学超声阻抗描计术感测这些表面特性(即指纹脊和谷),能够导致对生物测量术感测和测量显著的增强。

[0038] 尤其是,本发明把声学超声阻抗描计术的原理结合进机械谐振器 / 振荡器的构造和使用中。例如,本发明的一个实施例使用被埋入空隙材料中的压电小柱的排列,该空隙材料适合把这些小柱固定在恰当位置,以形成用于感测指纹的脊和谷的压电谐振器的矩阵。

[0039] 作为背景,举例说,小柱传感器矩阵能够被用于使指纹的脊和谷成像。在本发明的示例性实施例中,传感器矩阵包括被埋入诸如聚合物的基体材料(matrix material)中的压电小柱,形成 1-3 压电复合结构。使用网纹电极图形,小柱被电输入信号激励,由于逆压电效应,在小柱内产生声波。如果传感器被照此构造,则小柱的振荡或多或少地被与传感器上表面物理接触的指纹结构的脊或谷阻尼。该阻尼例如当暴露于脊时更高,而如果暴露于谷时则更低。与该阻尼有关的对应的物理性质是声阻抗,该阻抗对谷近似是 400 雷耳,而对脊近似是 1,500,000 雷耳。

[0040] 通过监控小柱的机械振荡能够测量该实际阻尼,该机械振荡经由正压电效应被转换成电流振荡。

[0041] 这等价于测量谐振的小柱的机械 Q(代表机械振动谐振系统的等效串联电路中电抗对电阻的比值),如果声负载从谷切换到脊,该 Q 从更高的值切换到更低的值。如果声负

载从低切换到高,这也等价于测量流经该单元的电流 I_p 。更高的负载与更低的 I_p 电流相关联,而低的负载与更高的 I_p 电流相关联。使用如这里所描述的超声阻抗描计术方法,在每一小柱顶部上的阻抗负载能够按多种方式从小柱谐振器性质 Q_m 估算。例如,该阻抗负载能够被 (i) 解析地和 (ii) 通过校准确定。

[0042] 在情形 i) 中,通过建立小柱的复数阻抗与顶部和底部负载状况的关系式,能够导出单个小柱的最小阻抗的近似方程式,该负载状况包含小柱的机电和压电性质。在情形 ii) 中,小柱的谐振性质,如机械品质因子 Q_{mn} ,对各种顶部负载 Z_n 被估算,从而产生校准曲线,对给定 Q_m ,能够用查阅表(未画出)从该曲线确定该负载的对应的未知声阻抗。该查阅表能够被整合成数据处理流,由此从横过小柱矩阵的个别小柱响应获得声阻抗的定量映射。

[0043] 然而,对指纹应用,不要求直接地和定量地估算该表面声阻抗,观察在直接测量的性质 (I_p 、 Q_m) 中的确实的差别,足以在脊和谷之间作出区分。

[0044] 重要的是,要避免声能量的任何横向损耗(即能量耗散)或使之最小,该声能量从小柱振荡的纵模,较好是从棒的伸展模,进入由于横向材料耦合而从纵模产生的横模。这些横模将使能量泄露进入小柱被埋入其中的相邻的媒介中。随着小柱以纵模振荡,由面对基体材料的小柱的侧面区域产生切变波。这些切变波传播离开小柱,造成能量的实质损耗从而这些波阻尼小柱的振荡。这一过程在下面更充分地被讨论。

[0045] 由超声阻抗描计术获得的任何指纹图像的空间分辨率,基本上由矩阵结构,更准确地说是小柱的节距限定。

[0046] 为清楚起见,小柱矩阵阵列能够用许多不同途径制造,诸如:

[0047] 1. 小片和装填 (Dice&fill)

[0048] 2. 注入式模铸 (Injection molding)

[0049] 3. 软模铸 (Soft molding)

[0050] 4. “曲奇饼刀具 (Cookie cutter)”

[0051] 5. 微型机加工超声换能器技术 (MUT-Technology)

[0052] 6. 溶胶凝胶处理 (Sol Gel process)

[0053] 7. 厚 PZT 膜激光清除 (lift off)

[0054] 切变波反射

[0055] 然而,本发明的各方面都聚焦在矩阵结构上。该结构中的一个重要因素,是考虑切变波的产生和在基体材料内的传播。如本领域熟练技术人员所理解的,切变波是一类地震波,它涉及垂直于波传播方向的材料振荡。

[0056] 使用实验结果和有限元数值模拟,能够证明,在基体材料通常被用作 1-3 压电复合物,诸如各种类型的聚合物 [参见 CUE 数据库, CUEMaterial Data Base R L O' Leary, G Hayward, G Smillie and A C SParr The Centre for Ultrasonic Engineering, University of Strathclyde, Glasgow, Scotland Version 1.2 Updated August 2005] 的情形下,从所考虑的小柱 (poi) 泄露进入相邻媒介的能量是如此之高,以致小柱振荡被阻尼达到这样的程度,顶部负载作用于小柱的阻尼变得小于通过矩阵的阻尼。这样的传播使得脊和谷之间的区分更困难。

[0057] 在本申请中,所提供的技术是降低这种切变波泄露的作用。在一种这样的技术中,小柱矩阵按这样的方式排列,以致邻接的小柱把切变波反射回该切变波从其中发出的小

柱。

[0058] 如果反射的邻接的小柱是在该 poi 产生的切变波的波长的一定距离（曲线）内，则这种切变波反射作用对小柱的 Q 有贡献。尤其是，如果该距离是切变波的 1/4 波长，该反射作用从而小柱的 Q 被最佳化。如果小柱是正方形断面的，则这种作用被增强。这样，每一所考虑的小柱有 4 个提供增强反射的平行表面的相邻者。

[0059] 图 4A 是 3×3 小柱矩阵 400 的示例性例图，小柱矩阵 400 包含有正方形断面的小柱。举例说，小柱矩阵 400 包含 poi 402，以及相邻的邻接的小柱 404、406、408 和 410。随着 poi 402 的振动，切变波 412 被产生并被反射进入相邻的邻接的小柱 404、406、408 和 410，并且还进入角部小柱 414。相反，切变波 416 和 418 被产生并被反射离开该角部小柱 414 且被反射回去进入 poi 402。这种角部反射情况在下面更充分地讨论。

[0060] 如果任一邻接的小柱 404、406、408 或 410 与 poi 402 同时振荡，来自这些相邻者的直接在 poi 402 上反射的切变波，与其正在进行的振荡发生可能的相消干涉。然而，本申请的发明人已经发现，该负面作用能够被实质上降低。本申请证明，如果相对于图 4B 中所示的矩阵取向，小柱是沿对角线被电连接的，与沿垂直方向或沿水平方向相反，则该负面作用能够被降低。

[0061] 例如，图 4B 是示例性矩阵 420 的例图，矩阵 420 有沿对角线与周围小柱 424 和 426 连接的 poi 422。在图 4B 中，虽然 poi 422 被 4 个小柱 428、430、432 和 434 面对面地包围，但 poi 422 不被电连接到这 4 个小柱的任一个。相反，poi 422 被电连接到小柱 424 和 426。因为小柱 428、430、432 和 434 不被连接到 poi 422，这些小柱是非激活的，从而与 poi 422 的关系只是提供无源的反射。这些小柱不再直接反射进入 poi 422。

[0062] 如果小柱被沿对角线驱动，诸如图 4A 中的小柱 402、414 和 415，矩阵中激活的小柱是角部单元（414 和 415）。在图 4A 中，被弯曲的切变波 416 和 418 是从这些角部单元 414 和 415 发出并入射在 poi 402 的角部上。然而，这些切变波 416 和 418 因为它们被弯曲而没有恒定相位。因为这些波缺乏恒定相位，因为它们必须传播更远的距离以到达 poi 402，而事实上它们的能量的一部分沿着小柱 404 和 406 的侧面耗散，它们对 poi 402 的 Q 的作用被降低。

[0063] 图 4C 是图 4B 的有无源的环绕的小柱的矩阵的例图。就是说，图 4C 是切变波的直接传输的例图，该切变波与来自邻接的单元的无源反射重叠。

[0064] 如果周围基体材料的声阻抗变得更低，则通过能量从该 poi 泄漏进入该材料的阻尼被降低。如果声阻抗可以如空气的声阻抗一样低，则泄漏能够被完全忽略，而这应当是获得机械振荡的高谐振器 q 的理想状况。可是小柱不能被保持在恰当位置。因此，为操作提供足够的稳定性和在为传感器应用处理 1-3 压电基底期间，要求小柱和基体材料之间的附着力最小。呈现基本上较低声阻抗的基体材料的适当候选材料，可以是多孔聚合物。

[0065] 就是说，例如在流体聚合物状态期间，nm 尺寸的气泡淹没在聚合物中。在聚合物气泡混合物被倾注在该 1-3 复合物的的小柱矩阵周围之后，聚合物气泡混合物将硬化成非常低密度的空隙材料。

[0066] 如上面所指出的，压电谐振器代表一类机械谐振器。所有机械谐振器不管类型如何，都由施加某些类型的负载或力驱动或激励。有许多不同的方式能够施加这种力。

[0067] 作为背景，谐振器由品质因子 Q_m ，或它的谐振的品质限定。如果谐振是优良的（即

非常低的阻尼),该谐振器能够被描述为非常高 Q 的谐振器。如果谐振器不是很好,它可以是低 Q 的谐振器。例如,典型的振荡器(如四线组振荡器(quad oscillator))有粗略为 200,000 到一百万的 Q。本发明实施例中使用的谐振器的 Q 仅约 30 到 40 等等。声阻抗感测的基本概念是当谐振器被触摸时,声阻抗向振荡器提供摩擦。然而,因为该摩擦,谐振器被阻尼。当谐振器被阻尼时,它损耗能量。该能量损耗被表示为 Q 的变化。Q 的变化接着被用于检测阻抗方面的变化。例如,当声负载从谷切换到脊时,谐振小柱的机械 Q 从较高值切换到较低值。

[0068] 图 5 是按照本发明的实施例构造的声阻抗感测系统 500 的例图。在本发明中,声阻抗物体 501(如手指)的感测是根据三个根本的变量:激励力 502、谐振器扫描原理 504 和被测量的性质 506,它们决定阻尼度、阻尼观察机构和阻尼的方式。

[0069] 在图 5 中,机械谐振器/振荡器 508 能够按照机械的或电的扫描原理 504,或两者的组合操作。初始振荡推动的施加能够经由激励力 502 之一发生。这些初始激励力 502 包含,举出少数例子,压电的、电的、机械的、光的、热的、基于射频(RF)的和磁的。机械谐振器 508 能够被许多不同的力驱动。一旦谐振器 508 开始振荡,它的振动能够根据许多的不同性质 506 被测量。

[0070] 测量性质 506 能够包含,举例说,电压、电流、阻抗、位移、应力、应变、光反射、以及许多别的。

[0071] 被提供的匹配层 510 用于降低能量从声阻抗物体 501 被传输进入机械谐振器 508 的反射。没有匹配层 510,反射能够高达 90%。匹配层 510 能够有任何合适的与预定声阻抗值匹配的厚度。

[0072] 图 6 是实践本发明的实施例的示例性方法 600。在方法 600 中,在步骤 602,指纹被采集并储存在计算机存储器中。在步骤 604,用声感测原理分析存储的指纹。

[0073] 结论

[0074] 虽然本发明的各种实施例已经在上面描述,但应当理解,它们只作为例子给出,并不是限制。有关领域的熟练技术人员应当理解,在不偏离如在所附权利要求书中定义的本发明的精神和范围下,可以对其中的形式和细节作出各种改变。因此,本发明的广度和范围应当不受任一上述示例性实施例的限制,而只能按照下面的权利要求书及其等价叙述而被限定。

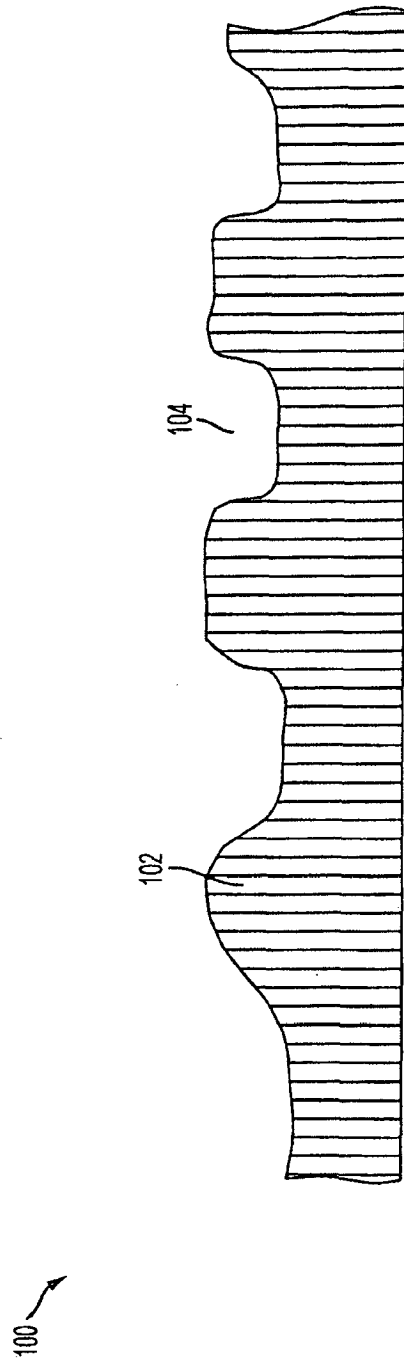


图 1A



图 1B

200

被感测的性质	单位	202 细胞组织 (脊)	208 空气(谷)	210 比值 脊/谷
相对介质 介电常数	无单位	32 ¹	1	32:1
热导率	W/ (m °C)	0.2 ²	0.025 ³	8:1
声阻抗	N s/m	1.6 10 ⁶	400	4000:1

206 204

图 2

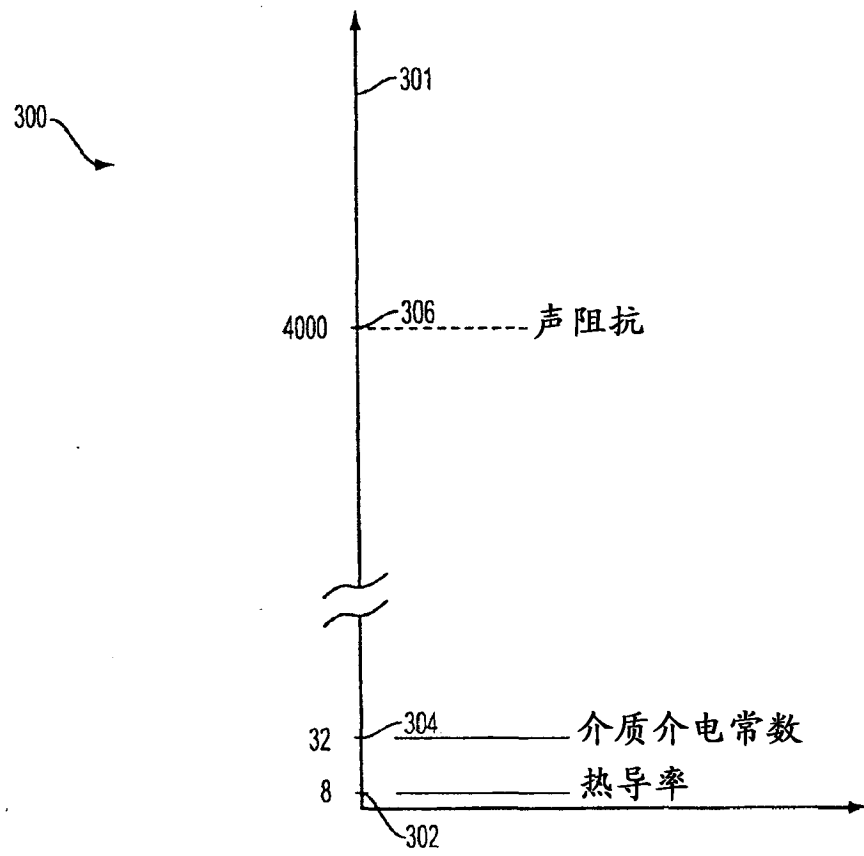


图 3

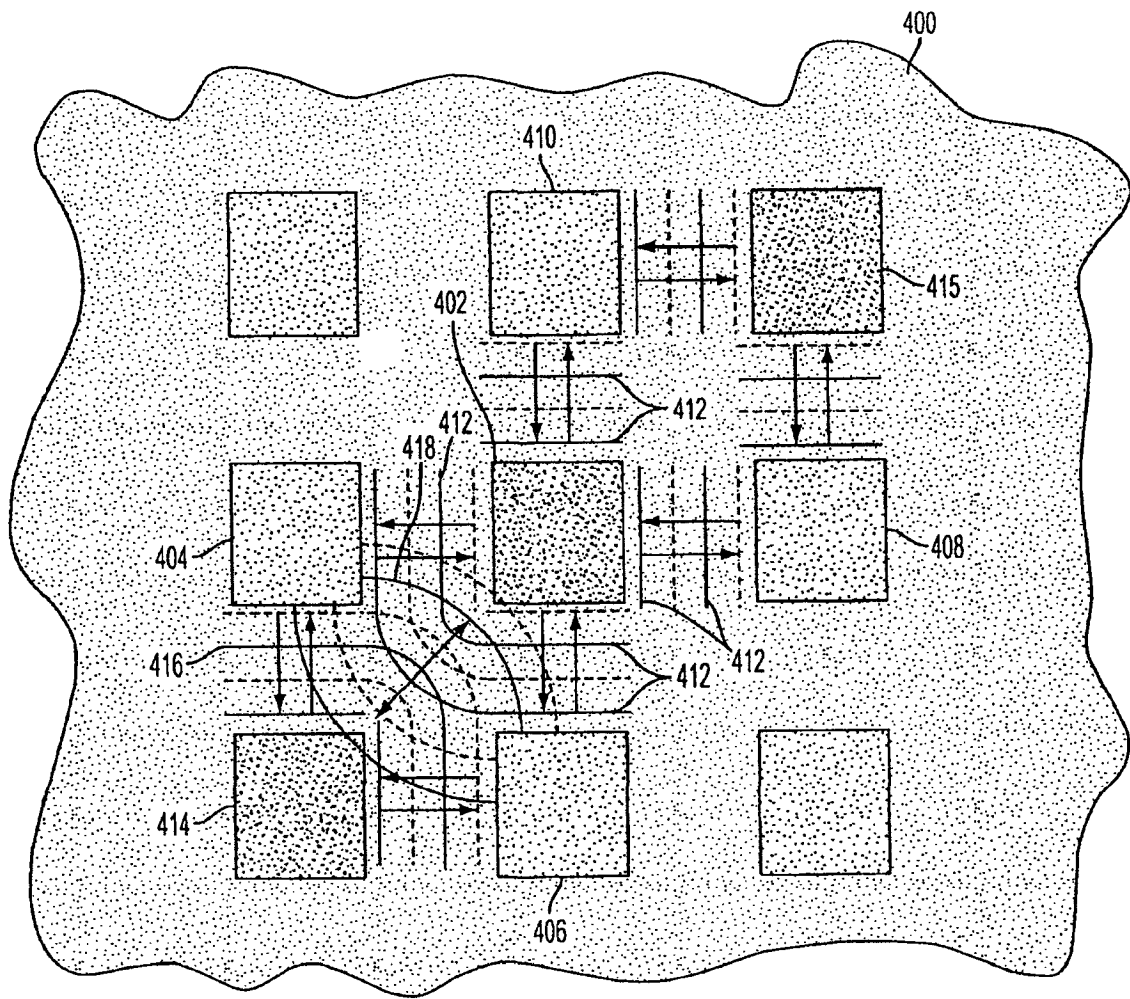


图 4A

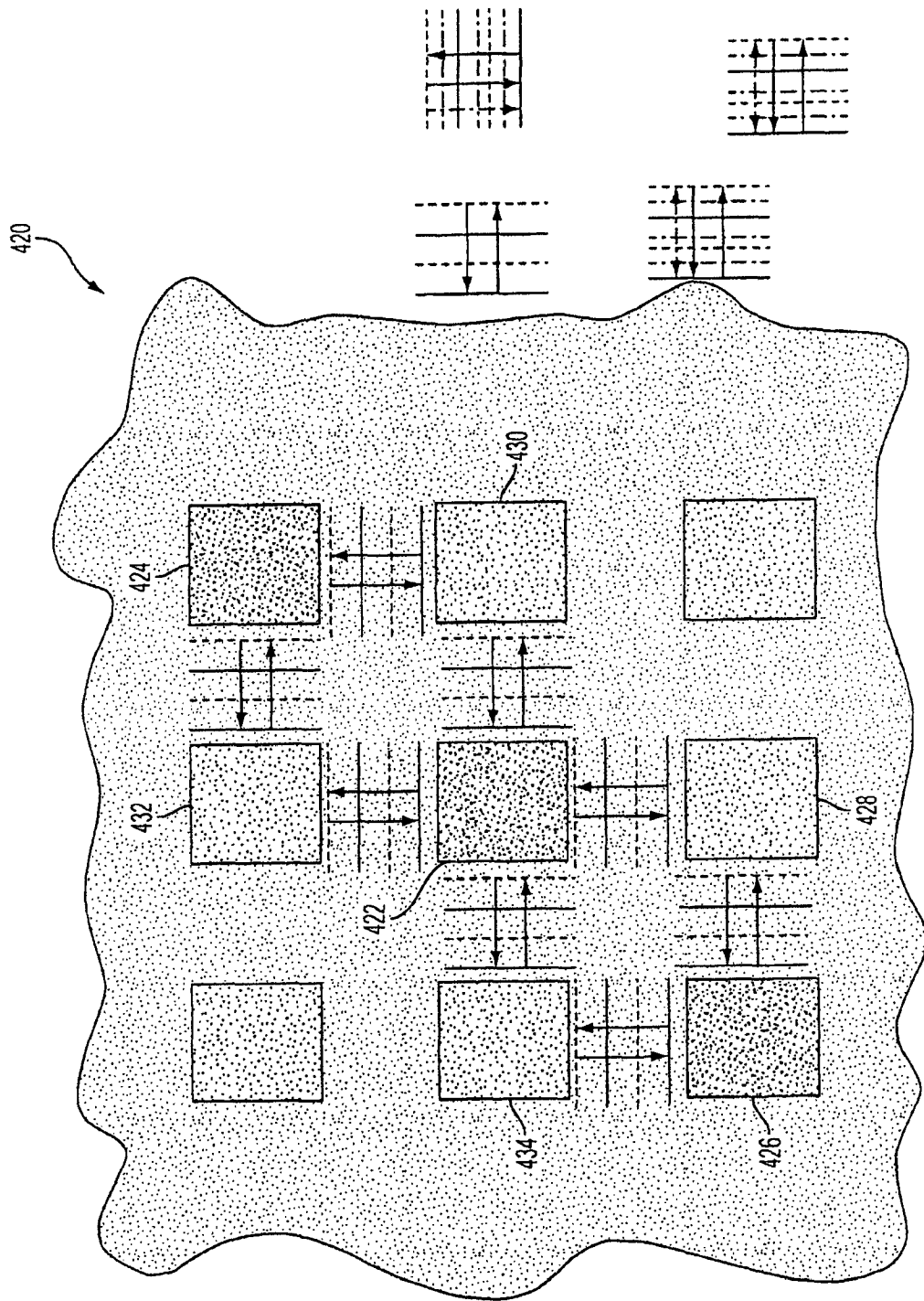


图 4B

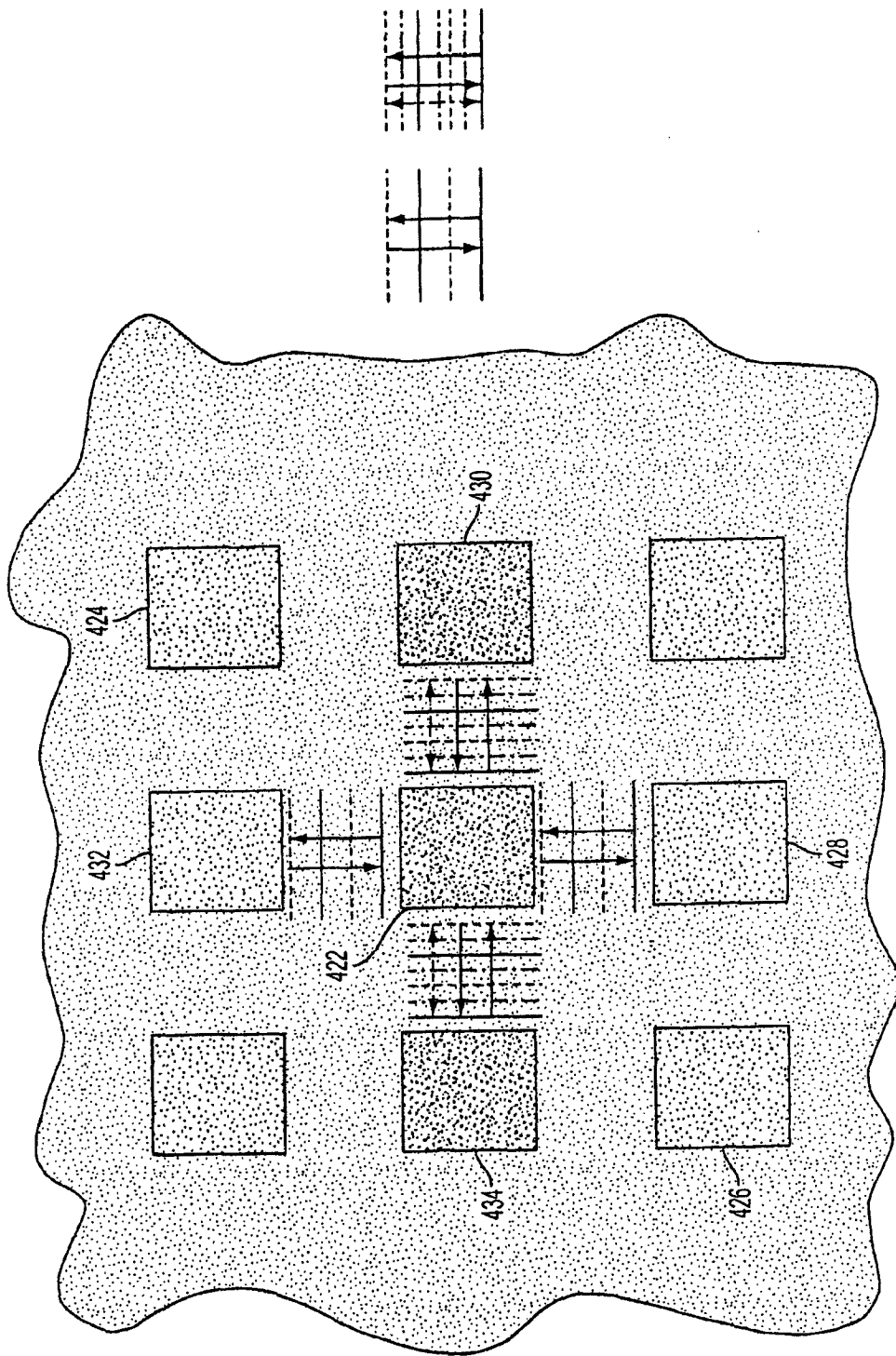


图 4C

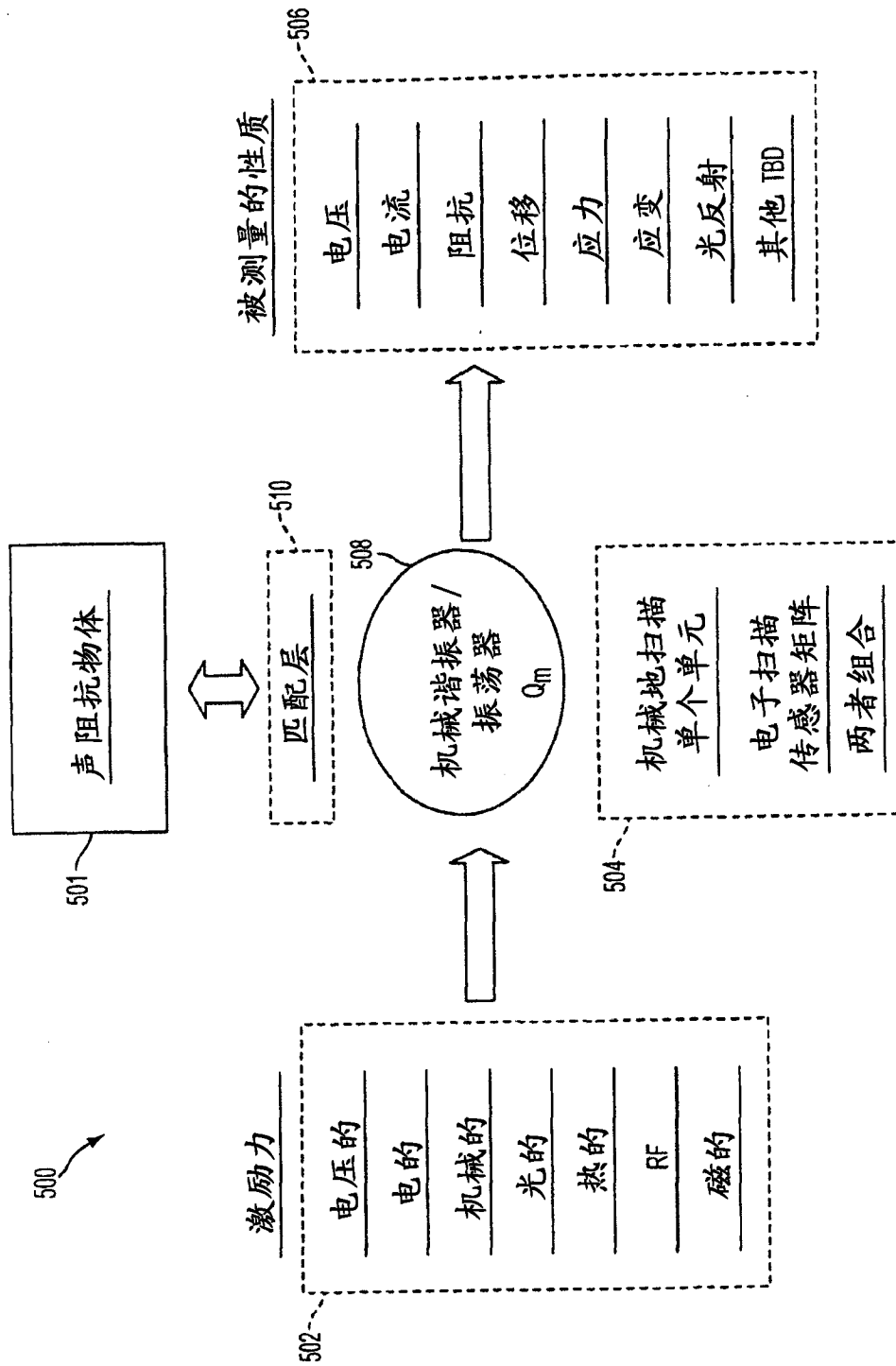


图 5

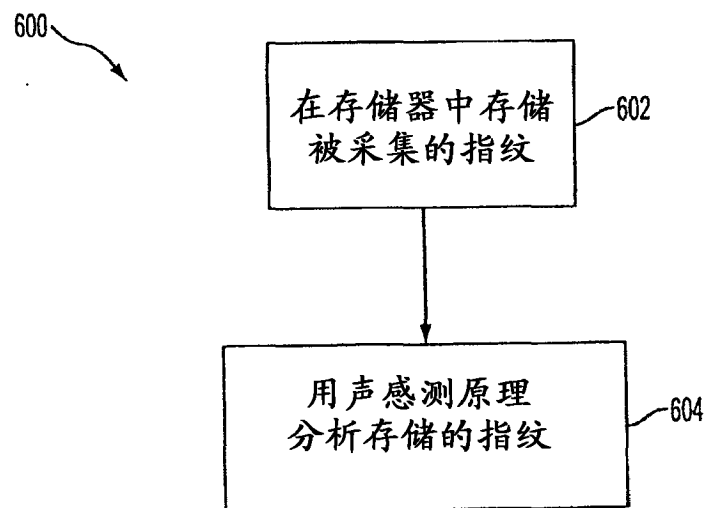


图 6