



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 1393073 B

(45) 授权公告日 2012. 09. 05

(21) 申请号 01802706. 7

(22) 申请日 2001. 07. 10

(85) PCT申请进入国家阶段日
2002. 05. 10

(86) PCT申请的申请数据
PCT/US2001/021813 2001. 07. 10

(87) PCT申请的公布数据
W002/05465 EN 2002. 01. 17

(73) 专利权人 兰姆研究股份公司
地址 奥地利菲拉赫

(72) 发明人 加里·W·菲莱尔

(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 付建军

(51) Int. Cl.

H04B 17/00(2006. 01)

G01N 29/02(2006. 01)

(56) 对比文件

US 5033286 A, 1991. 07. 23, 全文.

GB 806216 A, 1958. 12. 23, 说明书第 1 页
15-20, 63-75 行, 第 2 页 15-20, 80-90 行, 第 3 页
75-125 行、图 1, 4-6.

审查员 刘琼艳

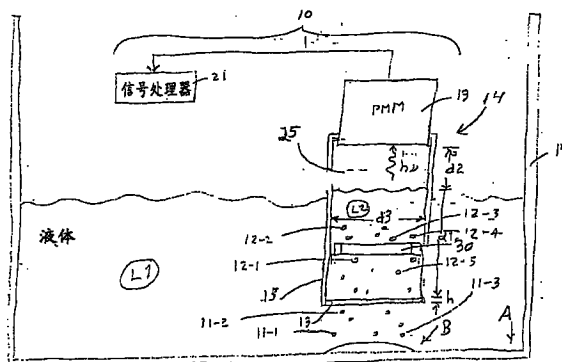
权利要求书 1 页 说明书 6 页 附图 2 页

(54) 发明名称

用于测量空泡的方法

(57) 摘要

用于检测在一种液体中出现空泡以及测量液体中特定地点的空泡密度和强度的方法、探测器(14)和系统。在第一液体(L1)中产生的第一空泡(11-1)和相关的能量扰动在第一液体(L1)内移动,并在一个很薄的板(13)上被接收,该薄板把第一液体(L1)和第二液体(L2)分开,并且组成第二液体(L2)的一个不透光箱室(15)的一部分。在薄板(13)上接收第一液体(L1)中的一个能量扰动,并在第二液体(L2)中产生至少一个空泡或相关的能量扰动(11-1);并且第二液体(L2)中的能量扰动最终被转换成一个电磁信号。该信号被一个光电倍增器(19)所接收并转换为表示空泡存在的电子信号。该系统能区分在一个位置上和/或时间间隔内产生的空泡和在另一个位置上和/或另一个时间间隔内产生的空泡之间。



1. 一种用于检测在一种流体中出现空泡的方法,该方法包括:

在一个薄板上接收与第一流体中一个空泡相关的一个选定的第一能量脉冲,该薄板把第一流体和第二流体隔开,并由此在第二流体中生成第二能量脉冲;

把第二能量脉冲转换成至少一个电磁能量脉冲;

在靠近第二流体的一选定表面的一个光电倍增器上接收表示至少一个电磁能量脉冲的一个信号,由此生成一个电子信号;将该电子信号的出现解释成表示在第一流体中已经出现一个空泡空间,其中所述光电倍增器接收由第二流体内的空泡产生的电磁能量脉冲并将这些电磁能量脉冲转换成被接收的电子信号。

2. 如权利要求 1 所述的方法,进一步包括提供一个在至少一个壁上具有薄板的不透光容器,以便保持第二流体。

3. 如权利要求 2 的方法,进一步包括选择不透光容器,以便至少一个容器壁是由从以下材料组中选取的一种材料构成的,该材料组包括:铝合金,碳复合的聚醚酮,聚(酰胺-酰亚胺)和聚苯硫醚。

4. 如权利要求 1 所述的方法,进一步包括在薄板上接收第一能量脉冲,该薄板的厚度不大于约 0.25mm。

5. 如权利要求 1 所述的方法,进一步包括在第一流体中提供脉冲之后,在一时间间隔中检测电子信号,该时间间隔的结束不迟于大约 1000nsec。

6. 如权利要求 1 所述的方法,进一步包括检测出现在一选择范围 1-1000msec 的时间间隔中的多个电子信号。

7. 如权利要求 1 所述的方法,进一步包括用一个不大于约 100erg 的能级提供第一能量脉冲。

8. 如权利要求 1 所述的方法,进一步包括从一组流体中选择至少第一流体和第二流体之一,该组流体包括:水,去离子水,异丙醇,乙醇,甲醇,四氢呋喃,丙酮,全氟己烷,己烷,醚,氢氟醚, NH_4OH , HCl , H_2SO_4 , HNO_3 和 H_2O_2 。

9. 如权利要求 1 所述的方法,进一步包括对于第一流体和第二流体提供相同的流体。

用于测量空泡的方法

技术领域：

[0001] 本发明涉及测量流体中空泡 (cavitation) 出现, 以及空泡出现的频率。本发明提供对流体中一选择容量内的空泡密度和 / 或强度的测量。

[0002] 背景技术：

[0003] 具有相应的声能和 / 或光能释放的液体中的空泡是通常存在的, 其中在该液体中存在一种扰动力。这种力能产生于一种局部的随机扰动, 比如在液体选定部分 (少于全部) 引入的搅动运动或类似的动作 ; 或者产生于短距离内相关的扰动, 比如通过浸没在液体中的传感器有意地引入一种液体扰动。一个问题是鉴别由所关心的扰动产生的能量脉冲与无关的其他机构引起的能量脉冲。大约从 1920 年, 就已经知道当一个空泡排空或气泡破裂时, 一个或多个电磁脉冲被释放, 并且释放的能量脉冲随排空的真空程度而改变。在由 Lawrence A. Crumm 等编辑的, 由 Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 1999 年发行的图书“声致发光和声化学 (Sonoluminescence and Sonochemistry)”中, 一些工作者讨论了在给定液体中探测空泡运动必须要解决的一些问题和干扰。

[0004] 空泡的一种特殊用途是结合通过超声波和兆声清洁剂 (megasonic cleaner) 产生的声振的幅度和频率以除去在硅晶片和其他半导体表面上的微粒。空泡是液体中微小气泡的快速成形和破裂, 这是由于一个清洁剂中的振动传感器产生的压力波引起的。当空泡均匀出现在晶片表面且它的密度可控时, 微粒去除能不损伤表面地实现。然而, 在许多空泡系统中, 空泡出现是不均匀的, 经常是出现在晶片的某一特定位置上, 这导致凹陷和损害。目前没有装置用于实时地在晶片特定位置的附近测量空泡的均匀性或密度。

[0005] 专利文献 JP 3130625A, SU 815619B 和 US 5074150A 描述与本发明相接近的现有技术, 该 3 篇对比文件全文引入作为参考。

[0006] 需要一种系统, 其 (1) 提供对在一种液体的选定容量中空泡数量的精确测量, 和 (2) 辨别或者充分的去除不是在选定容量中出现而是在其他地方出现的空泡事件的影响。优选地, 该系统应该足够灵活以便允许位置相关空泡探测, 该系统还应该提供对所关心的出现在选定容量内的但由于物理的或几何上的约束而不能由探测器设备感测到的空泡事件的补偿。

[0007] 发明内容：

[0008] 本发明可满足这些需求, 它提供一种系统, 其中出现在选定容量第一部分的空泡的影响被传送到选择容量的第二部分中, 该第二部分免于受到来自无关扰动力的干扰影响。在一个实施例中, 由具有一个很薄的底板的容器产生一个“暗室”, 该薄板允许以相当小的衰减通过该薄板传送声能。该暗室部分地浸入第一选择液体中, 而且箱室内部包含第二选择液体, 它可与第一选择液体相同, 但也可以不同。在暗室的顶部或内部的一面或多个面上安置一个光电倍增器模块 (PMM) 以接收由第二液体内的空泡产生的光子并将这些光子转换成电子脉冲, 由具有相对短的失活时间的一个脉冲传感器接收和感应该电子脉冲。PMM 不完全密封暗室内部的第二液体, 并且应用一个几何修正系数以便提供对暗室内产生的光子总数的更为精确的估计, 根据已知的由 PMM 接收和转换的光子数来进行这种估计。

[0009] 通过改变暗室的直径,该暗室最好是近似圆柱状,可以在第一液体内的不同位置估计靠近薄板的出现在第一液体中的空泡事件数。可以作出空泡的位置相关(location-dependence)估算,其中两个或多个具有相应的 0.1cm^2 大小突出面积的相邻区域的每一个中的空泡能被彼此区分开。

[0010] 本发明提供一种测量一种流体中空泡的方法。该方法包括步骤:在该流体的选定容量中于可变形板的一侧感应与发生在可变形板的另一侧上的多个空泡事件相关的能量脉冲;和辨别该选定容量之外的流体中发生的空泡事件。

[0011] 此外,还提供一种绘制在一种流体选定容量内的空泡事件分布的方法。该方法包括步骤:感应与在流体中第一位置的选定容量内的多个空泡事件相关的能量脉冲;感应与在流体中第二位置的选定容量内的多个空泡事件相关的能量脉冲;和,通过流体内的三维坐标识别第一和第二选定容量的特定位置以及每个选定容量各自的空泡事件。

[0012] 本发明包括一个探测器,用于检测流体中出现的空泡。该探测器包括第一选定流体,其中提供有关第一空泡的第一能量扰动。一个完全不透光的容器,包含选定的第二流体且该容器至少部分地浸入第一流体中,该容器具有一个薄板,最好厚度不大于 0.25mm ,且被安置在分离第一和第二流体的容器壁上,由此,当在薄板上接收到第一能量扰动时在第二流体中产生有关第二空泡的第二能量扰动。靠近或在容器内设置的一个光电倍增器,当第二流体内的第二空泡破裂时接收一个电磁能量脉冲。本发明的系统包括一个连接到光电倍增器的信号处理器,当该光电倍增器接收一个电磁信号时它接收一个电子信号。

[0013] 通过下面的详细描述,本发明的上述以及附加的目的,特点和优点将更加显而易见。

附图说明:

[0014] 发明本身,以及使用的最佳方式,它的其他目的和优点,当结合附图阅读下面详述的说明性实施例时将会更加易于理解,其中:

[0015] 图1示例了一个空泡效应(气泡破裂)和靠近一个很薄的能量传送板的声能产生;

[0016] 图2是一个声压脉冲的图形,该声压脉冲可以在某一个位置上通过一个邻近位置上的空泡;

[0017] 图3是用于实现本发明的装置的一个实施例的示意图;

[0018] 图4更详细的示例了一个液体进入和光隔板控制设备,它们可以被用作图2中系统的一部分;和

[0019] 图5是使用多个用于感应空泡的位置的本发明实施例的一个示意图。

具体实施方式:

[0020] 一个空泡事件,如图1所示,包括被一种液体L包围着的一个气体填充的或空泡11的破裂。破裂产生的一个声和/或光能 ΔE 的脉冲以某些方向发散出来。该能量脉冲可以具有一相应的高达 5500°K 或甚至更高的暂时局部温度升高 ΔT ,并且可能产生一个高达50-150个大气压或甚至更高的暂时局部压力升高 $\Delta p_1(+)$,跟着产生一个稍微大的暂时减压 $\Delta p_1(-)$,如图2所示的图形。如果出现的空泡或相关的能量脉冲11靠近一个很薄板13

产生并由该薄板接收,如图 1 所示,板的厚度 h 是毫米级 ($h \sim 0.025 \sim 0.25\text{mm}$,最好不大于 0.125mm) 或更小,则响应接收的相应的能量扰动(对应于增压 Δp_1 ,如图 2 所示)板将暂时变形,并将在薄板 13 的相对面上产生一个类似(但部分衰减)的空隙或相关的能量脉冲 12 和压力脉冲 Δp_2 。与一个单一空隙相关的能量可以在 $0-100\text{erg}$ 范围之内,但通常较小,不大于 1erg 。薄板 13 适合于使用任何隔膜或边界层,该薄板将响应接收的相应的能量扰动暂时变形,并且在隔膜或边界层的相对面上产生一个类似的空隙或相关的能量脉冲 12。

[0021] 图 3 示意性示例了用于实践本发明的一个系统 10,其包括一个设备或探测器 14,用于在流体内的一个特定地点上感应空泡。该探测器 14 包括具有空心内部 25 的一个暗室 15,该暗室是不透光的,并部分地或全部地浸入在第一选定的液体 L_1 中,该第一选定液体 L_1 包含在一个外部容器或外壳 17 中。暗室内部 25 包含第二选定液体 L_2 ,它可以与第一液体 L_1 相同,或者也可以不同。第一和第二液体 L_1 和 L_2 的液面可以是相同的,但也可以不必相同。第二液体 L_2 可以充分填满,但最好不填满暗室 25 的整个内部。暗室 15 包括一个很薄的板 13(图 1 和 3),最好暗室 15 的至少一个表面(图 3 中为明确起见表示在底部)具有零点几毫米的厚度 ($0.025-0.125\text{mm}$ 或更小)。

[0022] 在薄板 13 上接收一个空泡或相关的能量脉冲 $11-i$ ($i = 1, 2, 3$)。通过薄板传送局部能量扰动 $11-i$ 的脉冲能量以便在暗室 15 内的第二液体 L_2 中产生一个能量脉冲 $12-j$ ($j = 1, 2, 3, 4$)。相关能量脉冲 $12-j$ 最终产生在第二液体内传播的一个或多个电磁(em.)能量的脉冲 $h\nu$ 并最终在一个光电倍增器模块(PMM)19 上被接收,该模块将代表这些 em 能量脉冲的多数或全部信号转换为由一个信号处理器 21 接收的用于显示、电势分析和存储的一个信号。

[0023] 可选的,PMM19 具有多个地理上分散的 em. 能量脉冲传感器,每个这样的传感器被连接到信号处理器 21 内的一个或几个唯一可识别的传感器。利用这种结构配置,在一个小的容差内,到达 PMM19 的每个空隙或相关的能量脉冲 $12-j$ 的位置能被单独确定。

[0024] 令 d_1 和 d_2 分别是第二液体 L_2 的上表面距暗室 15 底部和距 PMM19 最近表面的距离;且令 d_3 是暗室 15 的横向直径。如果距离 d_1 和 d_2 被降低以致于比率 d_1/d_3 和 d_2/d_3 远小于 1(例如, $= 0.1$),到达 PMM19 的每个空隙或相关的能量脉冲 $12-j$ 的位置则与轻击薄板 13 的一个“源”空隙或相关的能量脉冲 $11-i$ 的位置很好地相关,该空隙或相关能量脉冲 $12-j$ 从该薄板产生。这种方法将允许合理精确地估计在第一液体 L_1 中出现的源空隙和有关能量脉冲的位置。例如,一个扰动的区域,比如接近容器 17 底角的“A”每秒每容器表面单位面积可以产生 $10-100$ 个空泡;同时比如远离容器 17 的所有边缘或边界的横卧的一个区域“B”每秒每单位面积可以产生多达 $10^6-3 \times 10^6$ 个空泡,特别是如果区域“B”靠近一个有效的能量变换器时。而且,从一个位置到另一个位置空隙的能量分布的频谱可以不同。如果比率 d_1/d_3 和 d_2/d_3 保持足够小,图 3 中示例的系统 10 能被用于估算容器 17 中的空泡的几何分布和能量分布。

[0025] 暗室 15 最好是不透光的以便没有光源(在此称作一种“虚假源”),除了靠近薄板 13 在第一液体 L_1 中产生的第一能量扰动或脉冲 $11-i$ 之外,将在暗室内部的第二液体 L_2 中产生一个能量扰动或脉冲 $12-j$ 。系统 30 还能够估算在第一液体中产生空泡的时间。如果相对于距离 d_3 距离 d_1 和 d_2 很小,第一空泡和有关能量扰动或脉冲的产生将产生第二液体

内的第二空泡和相关能量扰动或脉冲,将产生出现在 PMM19 上的一个电磁脉冲 $h\nu$,和将产生在信号处理器 21 上被接收和处理的一个电子信号,以上所有过程发生在 1-1,000nsec 这样短的时间间隔内。这允许利用系统 10 来研究空泡的时间相关 (time-dependent) 产生,以及研究在第一液体中位置相关和能量相关的空泡。

[0026] 在本发明的第二实施例中,电子信号在一时间间隔上被积分,该时间间隔具有一选择的长度,比如 $\Delta t = 1-100 \mu \text{ sec}$,或甚至更长,以便估算选择时间间隔内暗室 15 中出现的相关的能量扰动的数目 $N(\Delta t)$ 。如果关心的是出现在非无限小时间间隔中的相关能量扰动的数量 $N(\Delta t)$,而不是这些能量扰动一微秒一微秒的变化,则该实施例是有用的。

[0027] 当第一液体和第二液体是相同的,使用一个装置 30,部分第一液体 L1 可以被许可进入暗室 25 的内部,如图 3 的侧视图和图 4 的俯视图所示。一液体 L1 外部的一部分沿着一个管子 31A 被传送,通过一个不透光的孔进入暗室 25 的内部,其中管子相交于第一曲线管 33A-1 和第二曲线管 33A-2,它们沿着暗室 15 的部分周边被定向,如图 4 的圆柱状俯视图所示。曲线管 33A-1 和 33A-2 沿着由 $-\Phi_1 < \Phi < 0$ 和 $0 < \Phi < \Phi_2$ 定义的扇形角延伸,其中角度 Φ_1 和 Φ_2 可以相等,但也可以不必相等。一个合理的选择是, Φ_1 近似等于 Φ_2 且近似等于 45° 。而且,还可以沿着暗室 15 的周边提供一个或多个附加的液体运送管装置 31B/33B-1, 33B-2,如图 4 所示。

[0028] 第一液体 L1 沿着管子 31A 进入暗室内部,分成沿着管子 33A-1 的第一流和沿着管子 33A-2 的第二流,并当液体 L1 沿着管子 33A-1 和 33A-2 移动时,沉积到第二液体 L2 中(通过箭头的方向表示)。管子 31A 可选地配备一个泵 35A,该泵具有一选择的泵功率,并以一选择的容量流速把液体 L1 的选定部分传送到暗室内部。因为在被沉积到暗室内部之前,传送的液体必须旋转近似 90° ,所以用安装在暗室一个壁上的液体输送管装置 31A/33A-1/33A-2 使暗室 15 充分保持不透光。

[0029] PMM 19 最好具有一个充分透明的窗户,比如石英,通过它 PMM 接收 em. 能量脉冲 $h\nu$,如图 3 所示。可以从一合适的液体集合中选择第一和 / 或第二液体 L1 和 / 或 L2,该合适的液体集合包括水,去离子水,异丙醇,乙醇,甲醇,四氢呋喃,丙酮,全氟己烷,己烷,醚,氢氟醚以及用于半导体元件的清洁液体和漂洗液体,比如 NH_4OH , HCl , H_2SO_4 , HNO_3 , H_2O_2 和选择的表面活性剂。优选地,对于处于一个能量范围中的 em. 能量脉冲,第二液体 L2 是相对透明的,在该能量范围中这些脉冲期望在第二液体中产生。暗室 15 和外部容器 17 可以由金属或其他固体材料构成,只要这些固体材料不会与第一和 / 或第二液体 L1 和 L2 产生相当的反应,比如铝合金,碳复合的聚醚酮 (PEK),聚(酰胺-酰亚胺)和聚苯硫醚 (PPS)。

[0030] 如结合图 3 和 4 所示出和所描述的,本发明的系统 10 可以在一种流体内的一特定地点直接地和连续地测量空泡密度和强度。探测器 14 能从多个同时的或连续的空泡事件中测量能量脉冲,当它们出现在一种流体内的一个两维或三维地点中时。被测量的空泡事件在一个时间周期内或在该地点内的地理上(空间上)可以随机出现。此外,本发明还在选定容量中通过事件的发生,地理上(空间上),频率,声致发光,或其他电学的或电子特性测量空泡事件的分布。

[0031] 探测器 14 在流体中具有一个固定位置以在连续的时间周期内监视空泡。该时间周期可以是相同的或者变化的。可替换的,该单一的探测器 14 可以在多个具体地点之间移动以便测量相对空泡均匀度。在容器 17 中液体 L1 内的不同具体地点之间移动探测器 14

以测量相对空泡,这在三维空间和时间中提供空泡密度和强度的一张图。在一不变的幅度和频率上,容器 17 内的空泡能被容易地测量和显示成一三维图。

[0032] 图 5 示例了用于测量或监视一流体内多个不同地点上出现的空泡事件的优选实施例。在第一阵列 50 中的各个相同的探测器 14 被彼此相对地附着在一个固定位置上,但不必相对于容器 17 处于一固定的位置。如果需要的话,该第一阵列 50 能在容器内移动。每个独立的相同的探测器 14 发送一个信号到信号处理器 21。一个单一的容器 17 可以具有多个像 50 一样的阵列。

[0033] 利用针对空泡事件的同时感应点的另一个优选实施例使用了如上述与薄板 13 有关的各个薄板 54 的第二阵列 52。每个薄板 54 终接在一个暗室 56 的末端,该暗室与所述的暗室 15 有关。在每个空泡事件的感应点上,来自局部能量扰动的能量脉冲穿过各个暗室 56 中的各个薄板 54 传送。通过一个 PMM 58 远程接收该能量脉冲,该 PMM 58 把能量信号转换成发射到一个信号处理器 60 用于显示和电势分析以及存储的一个信号。每个薄板 54 和暗室 56 可以包含在一个光纤 62,波道,或类似物中,它们对外部光线是不能透过的。PMM 58 能使每个测量的能量脉冲与作为源的一个适当的薄板 54 相关。

[0034] 本发明包括一个探测器,它包括具有至少一个容器壁的一个不透光容器,该容器壁由从铝合金,碳复合的聚醚酮 (PEK),聚(酰胺-酰亚胺)和聚苯硫醚 (PPS) 组成的材料组中提取的一种材料所构成。更优选地,薄板的厚度不大于约 0.125mm。在第二流体中产生第二能量扰动之后,由信号处理器在一时间间隔中接收电子信号,该时间间隔不迟于大约 1000nsec。至少一个光电倍增器和信号处理器检测出现在一选择范围 1-1000 毫秒中的时间间隔内的多个电子信号。由一个不大于约 100ergs 的能级提供第一能量扰动。至少第一流体和第二流体之一从以下流体组中选择,该流体组包括水,去离子水,异丙醇,乙醇,甲醇,四氢呋喃,丙酮,全氟己烷,己烷,醚,氢氟醚, NH_4OH , HCl , H_2SO_4 < HNO_3 和 H_2O_2 。选择第一流体和第二流体是相同的流体。选择第一流体和第二流体是不同的流体。

[0035] 在此所使用的术语流体包括响应施加于其上的一个外力而均匀改变形状和方向的任何材料或物质。该术语不局限于液体,气体,或细碎的固体。术语液体涉及处于气体和固体之间的一种非定形的物质媒介,其中它的分子比气体集中得多但远不如固体的分子集中。

[0036] 本发明的一个优选应用是测量和关联超声波和兆声波清洗器的能力,以便去除硅晶片和其他半导体表面上的微粒。本发明能提供有效微粒去除所需的空泡均匀性和空泡密度信息而不会引起表面损伤。而且,该微粒去除过程能被实时监控。

[0037] 另一个优选应用是监视涉及任何类型的空泡的化学处理。本发明允许在原位置实时地测量局部的能量扰动。可以使用一个化学处理进程的状态或速率与空泡密度和 / 或强度之间的相关性来远程监视化学处理的完成或效率。

[0038] 本发明提供一种精确测量在一种液体中一选定容量内出现的空泡事件数量,以及辨别或充分去除不在该选定容量内的其他地方出现的空泡事件的影响的方法。该系统非常灵活地允许位置相关的空泡探测,并提供对由于物理的或几何的约束而未被探测装置感应的发生在选定容量内的感兴趣的空泡事件的补偿。

[0039] 尽管本发明已经结合一优选实施例进行了特别的显示和描述,但应该理解的是,本领域的技术人员在不背离本发明的精神和范围的情况下,可以在形式和细节上做出各种

改变。

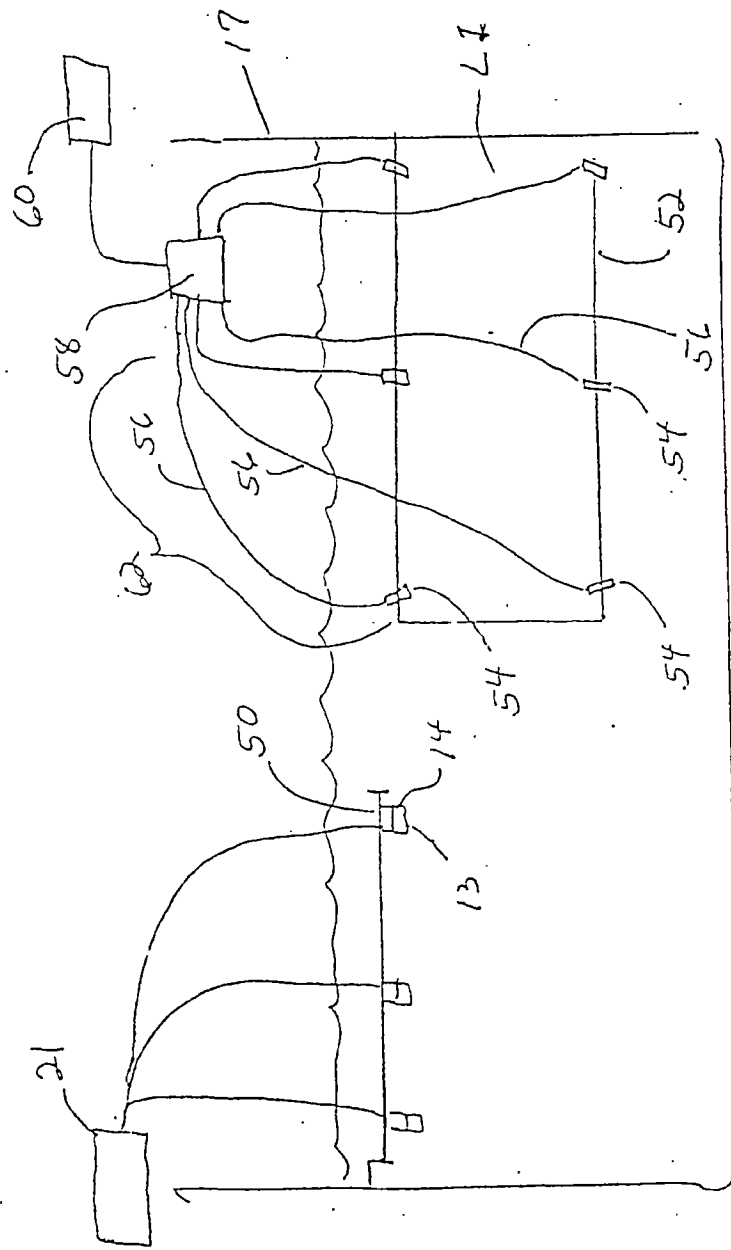


图5