

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.
G01L 19/00 (2006.01)



[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 200410010432.7

[45] 授权公告日 2009年6月24日

[11] 授权公告号 CN 100504330C

[22] 申请日 2004.11.26

[21] 申请号 200410010432.7

[30] 优先权

[32] 2003.11.26 [33] US [31] 10/723969

[73] 专利权人 通用电气公司

地址 美国纽约州

[72] 发明人 S·M·霍伊特 R·D·斯拉特斯

S·A·克拉克

[56] 参考文献

US5797840A 1998.8.25

JP2003-42878A 2003.2.13

JP23003-42878A 2003.2.13

WO9319472A 1993.9.30

US5544478A 1996.8.13

审查员 金波

[74] 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司
代理人 傅康 陈景峻

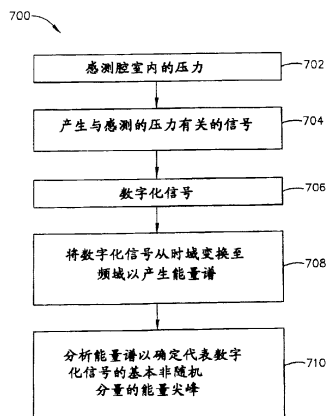
权利要求书1页 说明书11页 附图7页

[54] 发明名称

在压力测量中使用涡流转换器的方法和系统

[57] 摘要

提供一种产生表示腔室内压力振动的信号的方法(700)。该方法包括感测腔室内的压力(702)，产生与感测的压力有关的信号(704)，数字化所述信号(706)，将数字化信号从时域变换到频域以产生能量谱(708)，和分析该能量谱以确定表示数字化信号的基本上非随机分量的能量尖峰(710)。



1、一种用于产生代表腔室内压力振动的信号的方法（700），所述方法包括：

利用涡流传感器，通过感测与腔室流体连通的膜的变形，感测腔室内的压力（702）；

产生与感测的压力有关的信号（704）；

数字化所述信号（706）；

将数字化信号从时域变换到频域以产生能量谱（708）；和

分析能量谱以确定表示数字化信号的基本上非随机分量的能量尖峰（710）。

2、根据权利要求1所述的方法，其中，腔室是燃烧室（202），其中感测腔室内的压力包括感测表示燃烧室内的蜂鸣的动态压力。

3、一种用于产生表示腔室内压力振动的信号的系统，所述系统包括：

传感器（216），所述传感器包括膜，所述膜设计成相对于腔室内的压力变化而变形并且定位成与腔室流体连通；涡流转换器，所述涡流转换器设计成产生与所述膜的变形有关的输出信号；

采样电路（90），设计成周期地接收所述输出信号，所述采样电路设计成将接收的信号进行数字化；

傅里叶变换电路，设计成产生所述数字化信号的能量谱；和

分析仪，设计成处理该能量谱，以确定表示数字化信号的基本上非随机分量的能量尖峰。

4、根据权利要求3所述的系统，其中所述传感器包括涡流转换器（12）。

5、根据权利要求3所述的系统，其中，所述腔室是燃烧室（202），所述传感器（202）设计成感测表示燃烧室内蜂鸣的动态压力。

6、根据权利要求5所述的系统，其中，燃烧室包括静态压力成分和动态压力成分，所述传感器设计成产生与所述动态压力成分有关的信号。

在压力测量中使用涡流转换器的方法和系统

技术领域

本发明通常涉及一种数字阻抗测量系统，特别涉及一种用来帮助提高压力测量的灵敏度的数字涡流系统。

背景技术

气体涡轮发动机典型地包括压缩机部分、燃烧室部分和至少一个涡轮部分。压缩机压缩与燃料混合并且被导入至燃烧室的空气。然后点燃该混合物以产生热燃烧气体。燃烧气体被导入涡轮，涡轮从燃烧气体吸取能量以为压缩机提供动力，而且产生有用功以驱动负载，例如发电机，或者推进飞行中的飞机。

气体涡轮发动机在许多不同工作条件下工作，而燃烧室的性能有利于发动机工作在较宽范围的发动机工作条件下。通常，稳定的燃烧有利于减少发动机的熄火，而不会牺牲发动机的额定推力或功率水平。还有，为满足环境规定的要求和为了有利于减少 NO_x 的排放，至少一些已知的气体涡轮使用干低氮氧化物(DLN)技术工作，其中，燃烧稳定性同样有利于控制氮氧化物(NO_x)和一氧化碳(CO)的排放。

至少一些已知的 DLN 燃烧系统使用预混合的燃料和空气，并且在低燃料/空气比(FAR)条件下工作，以有利于减少 NO_x 的排放。当燃料与空气比低于在现场工作条件期间提供的燃料所需的化学计量值时，出现低燃料/空气比。然而，工作在这种低燃料 / 空气比、预混合操作条件下的一个结果是燃烧系统可以在临近预定的低熄火 (LBO) 边界工作。将低熄火或弱熄灭定义为燃料与空气的混合物是不再可燃时的工作条件。而且，在预混合的多喷嘴系统里，特别是对那些由扩散引燃或临近化学计量燃烧的系统，可以将弱熄灭定义为燃烧效率有明显下降和 / 或燃烧完全熄灭的点。

当工作在低 FAR 混合物条件下时，气体涡轮可能受诱发的燃烧稳定性的影响，该诱发的燃烧稳定性是像压力振动一样可测量的。这种振动

可以是蜂鸣声，可以是 LBO 和超时的前兆，还可以增加到被称为啸叫的水平，该啸叫可能损坏机器。另外，这种压力振动是可以用压力转换器检测到的，然而，由蜂鸣声引起的压力转换器膜的微小移动（峰到峰的幅度），与在燃烧室附近存在的任何环境噪声相结合，将使得蜂鸣声难于检测。

发明内容

一方面，提供一种用于产生代表腔室内压力振动的信号的方法，所述方法包括：

利用涡流传感器，通过感测与腔室流体连通的膜的变形，感测腔室内的压力；

产生与感测的压力有关的信号；

数字化所述信号；

将数字化信号从时域变换到频域以产生能量谱；和

分析能量谱以确定表示数字化信号的基本上非随机分量的能量尖峰。

另一方面，提供一种用于产生表示腔室内压力振动的信号的系统，所述系统包括：

传感器，所述传感器包括膜，所述膜设计成相对于腔室内的压力变化而变形并且定位成与腔室流体连通；涡流转换器，所述涡流转换器设计成产生与所述膜的变形有关的输出信号；

采样电路，设计成周期地接收所述输出信号，所述采样电路设计成将接收的信号进行数字化；

傅里叶变换电路，设计成产生所述数字化信号的能量谱；和

分析仪，设计成处理该能量谱，以确定表示数字化信号的基本上非随机分量的能量尖峰。

附图说明

图 1 是一个典型的数字涡流系统的示意框图；

图 2 是包括有多个环形燃烧室的气体涡轮发动机的简化示意图；

图 3 是可以与图 2 所示发动机一起使用的、在压力感测应用中的典型传感器的输出的示波器波形；

图 4 是用典型的 1 微英寸、100Hz 信号激励的图 2 所示传感器的示波器波形;

图 5 是经过实时 FFT 变换的传感器输出的示波器波形;

图 6 是图 2 所示的从传感器采集的典型数据绘制在计算机上的示波器波形。

图 7 是用于产生表示腔室内压力振动的信号的示例性方法的流程图。
具体实施方式

图 1 是一个典型的数字涡流系统 10 的示意框图, 系统 10 包括与系统 10 可操作连接的转换器 12。系统 10 包括用于数字测量转换器 12 的未知电阻器抗的电压比方法 (VR 方法)。转换器 12 包括完整感测部件或线圈 14 和多导体转换器电缆 15。感测部件 14 包括第一电线 16 和第二电线 18。转换器电缆 15 包括从转换器电缆 15 的第一末端 26 延伸至第二末端 28 的第一导体 22 和第二导体 24。

在电缆第一末端 26, 每个第一导体 22 和第二导体 24 分别可操作地连接到感测部件 14 的第一电线 16 和第二电线 18。在电缆第二末端 28, 第一导体 22 在节点 46 处与电阻器 40 的第二接线端 42 连接, 第二导体 24 与地节点 48 连接, 由此, 将未知动态转换器阻抗 Z_{unknown} 的一端导线接地。

在典型的实施方式中, 转换器 12 与感测原始动态数据的机器连接, 该原始动态数据与限定在转换器 12 和导电的或金属的目标 30 之间的间隙距离 29 有关, 该目标 30 例如但不限于机器的转动轴或被监测的滚动部件轴承的外座圈。

数字涡流系统 10 包括电阻值为 R 并且具有第一接线端 41 和第二接线端 42 的电阻器 40, 第一接线端 41 和第二接线端 42 分别连接在第一节点 44 和第二节点 46 之间。

转换器 12 具有值为 Z_{unknown} 并且连接在节点 46 处的电阻器 40 的第二接线端 42 与地接点 48 之间的未知动态转换器阻抗。所以, 电阻器 40 和转换器 12 形成一串联电连接。

数字涡流系统 10 还包括滤波器 50、信号发生器 70、计时控制电路 80、采样电路 90、卷积电路 100 和数字信号处理器(DSP)110。为了驱动

通过电阻器 40 和转换器 12 的信号, 信号发生器 70 通过滤波器 50 在节点 44 处可操作地与电阻器第一接线端 41 连接, 因此, 施加了串联连接的电阻器 40 和转换器 12 上的第一电压 V_1 , 以及仅仅转换器 12 上的第二电压 V_2 。正如这里所应用的, 术语“处理器”也可以是微处理器、中央处理单元(CPU)、专用集成电路(ASIC)、逻辑电路, 以及任何其他如这里所述的能够执行检查系统的电路或处理器。

在典型的实施方式中, 为了驱动一个或多个频率的可编程动态信号, 通过滤波器 50 和电阻器 40/转换器 12 组合的串联连接, 信号发生器 70 通过滤波器 50 在节点 44 处可操作地与电阻器 40 连接, 并且还连接到数字信号处理器(DSP)110。特别地, 为驱动动态信号或波形通过电阻器 40 和转换器 12, 信号发生器 70 包括经由滤波器 50 及缓冲、增益和补偿电路 60 后可操作地连接到电阻器第一接线端 41 的直接数字合成(DDS)装置 72。

所述动态信号产生施加到串联连接的电阻器 40 和转换器 12 上的第一电压 V_1 , 以及仅施加到转换器 12 上的第二电压 V_2 。在典型实施方式中, 转换器感测部件 14 与最接近的目标 30 连接, 这样所述动态信号引起感测部件 14 产生一个交变磁场, 交变磁场在金属目标 30 内引起涡流。反过来, 目标 30 里的涡流引起感测部件 14 中的电压, 以及转换器 12 的阻抗的变化, 该变化作为例如转换器 12 与目标 30 之间间隙距离 29 变化的函数而变化。

在典型的实施方式中, 为驱动多个动态信号以不同频率通过电阻器 40 和转换器 12, 信号发生器 70 包括经由滤波器 50 及缓冲、增益和补偿电路 60 后连接到电阻器第一接线端 41 的多个直流数字合成(DDS)装置 72, 并且进行随后的包括卷积的处理以实现在不同频率时转换器 12 的同步阻抗测量, 所述不同频率与转换器 12 与目标 30 之间的间隙距离 29 有关。

每个 DDS 装置 72 可以经由接口 114 连接到 DSP110, 并且产生纯频率 / 相位可编程动态信号, 例如正弦波。DSP110 可以包括对输出信号的频率和相位进行编程的算法, 所述输出信号依次可以用于驱动具有频率 / 相位可编程动态模拟信号的转换器 12, 所述频率 / 相位可编程动态模

拟信号具有在全数字控制下可以精确操作的输出频率 / 相位。所以，每个 DDS 装置 72 可以在多个频率 / 相位进行数字编程以精确地输出用作驱动信号或参考信号的正弦波。在一个实施方式中，DDS 装置 72 是例如从 Analog Devives,Norwood,MA 购买的、部件号为 AD9850 的装置。

滤波器 50 电连接在 DDS 装置 72 和电阻器 40 之间，以滤波从 DDS 装置 72 输出的模拟动态信号。在典型的实施方式中，滤波器 50 包括至少一个电连接在每个 DDS 装置 72 和电阻器 40 的第一接线端 41 之间的低通滤波器 52，以去除例如 DDS 装置 72 产生的谐波而使每个 DDS 装置 72 的输出动态信号或波形净化。例如，当 DDS 装置 72 的输出结果是 10 加比特 (ten plus bit) 数字到模拟转换器时，利用低通滤波器可以滤掉定量的噪声。所以，滤波器 52 移除该步骤并且有利于平滑 DDS 装置 72 输出的模拟动态信号。另外，滤波器 52 有利于减少系统 10 的噪声带宽以改善信噪比。在一个实施方式中，低通滤波器 52 是五极椭圆滤波器 (five pole elliptical filter) 装置。

在典型的实施方式中，为缓冲和放大模拟动态信号以及提供任何所希望的模拟动态信号的补偿，缓冲、增益和补偿电路 60 电连接在滤波器 50 和电阻器 40 之间。采样电路 90 连接到第一节点 44，以采样和数字化施加到串联连接的电阻器 40 / 转换器 12 组合上的电压 V_1 。另外，采样电路 90 连接到第二节点 46，以采样和数字化仅施加到转换器 12 的电压 V_2 。在典型实施方式中，采样电路 90 包括一对模数转换器 (ADC) 92 和 94，这对模数转换器 (ADC) 92 和 94 分别连接到第一节点 44 和第二节点 46，以采样和数字化第一动态电压 V_1 和第二动态电压 V_2 。在一个实施方式中，ADC92 和 94 是 14 比特、宽带宽的转换器，例如从 Analog Devives,Norwood,MA 购买的、部件号为 AD6644 的转换器。

计时控制电路 80 能使信号发生器 70 的输出信号与采样电路 90 的采样速度同步，这样，保持了输出信号和采样之间的相位关系。计时控制电路 80 可操作地连接到每个 DDS 装置 72、ADC92 和 94，并连接到 DSP110。所以，DDS 装置 72 被计时控制电路 80 锁定，这样，正确设置了 DDS 装置 72 输出的频率。另外，计时控制电路 80 能使 DDS 装置 72 的输出与 ADC92 和 94 的采样速度同步，这样，保持了动态驱动信号和

采样信号之间的相位关系。所以，采样可以与动态驱动信号同步执行。

计时控制电路 80 包括可操作地连接到每个 DDS 装置 72 的石英时钟振荡器 84，以向每个 DDS 装置 72 提供时钟信号。

DDS 装置 72 和 ADC92 和 94 还被振荡器 84 锁定，以确保信号发生器 70 与采样电路 90 之间的相位一致。

卷积电路 100 可以是独立装置，例如，以数字降值计数器(digital down counter)的形式。在典型的实施方式中，卷积电路 100 连接在采样电路 90 与 DSP110 之间，以进行卷积操作。模数转换后的电压 V_{1D} 和 V_{2D} 被卷积电路 100 接收并卷积，然后作为复电压数字 V_{1C} 和 V_{2C} 输送到 DSP110。可以编程卷积电路 100 编程以处理预定的频率。在一个实施方式中，卷积电路 100 是数字降值计数器(DDC)，例如从 Intersil Corporation ,Milpitas,CA 购买的、部件号为 HSP50216 的计数器。

在可替换实施方式中，数字卷积电路 100 与数字信号处理器 110 一体形成，其中，DSP110 可操作地连接到 ADC92 和 94，以接收来自 ADC92 和 94 的第一和第二数字化的电压信号 V_{1D} 和 V_{2D} ，并且由积分卷积电路 100 将数字化的电压卷积成相应的复电压 (complex voltage) 数字 V_{1C} 和 V_{2C} 。具有积分卷积电路 100 如 210XX 系列装置的 DSP110 可以从 Analog Devives,Norwood,MA 购买到。经由卷积电路 100 将数字化的电压卷积成相应的复电压数字 V_{1C} 和 V_{2C} 的处理被定义为同相和求积分 (quadrature) 检测或求积分合成。计算出的阻抗可以由处理器 110 转换成电压或与转换器 12 与目标 30 之间的间隙距离 29 有关的间隙值，该电压或间隙值使用存储在例如与处理器 110 连接的存储器 120 内的公式、算法、数字方法或查表进行监测。可以将阻抗或间隙值经由数模转换器 140 输出到模拟输出 142。模拟输出 142 可以包括例如警报器、继电器和电路断路器，当模拟输出超过预定的正常操作范围时，该电路断路器可以跳闸。

可以将阻抗或间隙值通过通信线路 144 输出到用于进一步处理的主机 146，以用于监测旋转或往复式机器。可以通过菜单驱动界面将输入装置 148，例如但不限于键盘、指点器、声音命令电路和/或触摸屏，用于输入数据或修改系统 10 的设置，该菜单驱动界面可以在显示器 150 上看到。该输入数据能立即用于计算或存储在存储器 120 中以备后用。显

示器 150 可以包括例如 CRT 或 LCD 监视器、和/或硬拷贝装置。

在操作中，从转换器线圈 14 发射射频(RF)信号，这样在转换器顶端周围产生 RF 场。在典型实施方式中，RF 场扩展到大于近似 0.1 英寸（100 密耳）的间隙距离 29。当目标 30 在 RF 场内的时候，涡流流入目标 30 的表面。涡流的渗透深度由目标 30 的导电率和磁导率（permeability）决定。例如，E4140 钢的渗透深度大约为 0.003 英寸（3 密耳）。当转换器 12 离目标 30 足够近以致于引起流入目标 30 的涡流时，RF 信号受到影响，由于在转换器 12 与目标 30 之间的间隙距离 29 最小时 RF 信号幅值也最小，因而导致流入目标 30 内的涡流最大。相似地，在转换器 12 与目标 30 之间的间隙距离 29 最大时 RF 信号幅值最大，因而导致了目标 30 内的涡流最小。另外，当目标 30 在 RF 场内慢慢地移动时，RF 信号幅值就会慢慢地增加或减小。如果目标在 RF 场内快速地移动时，RF 信号幅值就会快速地增加或减小。例如当目标 30 相对于转换器 12 振动时，则目标 30 的振动会引起 RF 信号调制。

图 2 是包括有多个环形燃烧室 202 的气体涡轮发动机 200 的简化示意图。每个燃烧室 202 与压缩机部分 204 和涡轮部分 206 以串联连通方式排列。主燃料供给 208 通过主管道 210 和多个分支管道 212 与每个燃烧室 202 以流动连通方式连接。将压缩机 204 里的高压空气导入每个燃烧室，这样，将燃料和空气混合物供给到每个燃烧室 202。

燃烧传感器 216 可位于一个或多个燃烧室 202 内以监测那里的压力波动。在典型的实施方式中，传感器 216 把表示燃烧室 202 内的燃烧情况的信号传送到数字涡流系统 10。传感器 216 包括一个转换器 12（图 1 所示），转换器 12 与目标 30 最接近（图 1 所示），这样，目标 30 与燃烧室 202 是压力连通，并且感测燃烧室 202 内的静态压力和动态压力变化。转换器 12 与目标 30 是 RF 连通，这样，间隙距离 29（图 1 所示）和间隙距离 29 的变化作为转换器 12 的阻抗的变化被转换器 12 感测。传感器 216 可以与转换器 12 和目标 30 一体形成，或转换器 12 和目标 30 是彼此分离的元件。尽管只示出了四个燃烧室 202，应当理解，气体涡轮发动机 200 可以包括多于或少于四个燃烧室，这取决于发动机的结构尺寸。例如，在一个典型实施方式中，气体涡轮发动机 200 包括 24 个燃烧室 202。

数字涡流系统 10 可通过适当的管道 220 例如但不限于电信号电缆、光纤光缆或无线连接，可以以通信的方式连接到快速傅里叶变换分析仪 (FFT) 218。在典型实施方式中，FFT218 是独立部件。在可替换实施方式中，FFT218 的功能可以合并到数字涡流系统 10，例如作为可选的可用电路。在另一实施方式中，FFT218 可以嵌入到软件程序中，该程序要么在专用的独立 FFT218 中执行，要么在数字涡流系统 10 中执行。在另一实施方式中，FFT218 可连通地连接到数模转换器 226，该数模转换器 226 将数字频谱转换成模拟信号，该模拟信号可以输出到示波器 228 以作为示波器波形显示所述频谱。FFT218 也可以以通信的方式连接到计算机 230，该计算机 230 可以接收数字数据以产生图谱。

在一个实施方式中，FFT218 包括处理器 222，该处理器 222 包括装置 224，例如软盘驱动器、CD-ROM 驱动器、DVD 驱动器、磁光盘 (MOD) 装置或任何其他包括网络连接装置的数字装置，该网络连接装置例如是从计算机可读媒质 (未示出) 读取指令和 / 或数据的以太网装置，该计算机可读介质例如是软盘、CD-ROM、DVD 或其他例如网络或互联网以及将被开发的数字装置的数字源。在另一个实施方式中，FFT218 执行存储在固件 (未示出) 中的指令。将 FFT218 编程为执行这里所描述的功能，并且，在此使用的术语处理器不仅限于那些通常称作计算机的集成电路，而泛指计算机、处理器、微控制器、微型计算机、可编程逻辑控制器、专用集成电路和其他可编程电路，这些术语在此可互换地使用。另外，尽管这里所描述的方法和系统是在工业装置中描述的，但是应当理解，本发明的优点适用于非工业系统，例如那些典型的应用于交通装置例如但不限于飞机中的系统。

图 3 是在压力感测应用中典型传感器 216 的输出的示波器波形 300。在典型实施方式中，传感器 216 中的目标材料是具有一些已知的产生大约 2 至 5 磅/平方英寸 (psi) 动态压力的蜂鸣声的膜，该动态压力调制基本上较高的静态压力 (250-500psi)，预先选择所述膜以提供每磅/平方英寸大约 3.6 微英寸膜位移或变形。这种膜的微小变形很难在传感器 216 的输出上检测。例如，1 微英寸的位移，其相当于 0.27 磅/平方英寸 (psi) 的压力信号，在传感器 216 的定标设置为 200Mv/mil 时，在传感器 216 的

输出上仅产生 0.2mV。这么小的信号可能降低到低于系统 10 的固有噪声电平，因而难以识别。波形 300 示出了传感器 216 的时基波形输出，该波形输出以 100Hz 频率大约 10 微英寸的位移距离振动。将示波器设置为每一横向分度显示 10 毫秒，以及每一纵向分度显示 1 毫伏。在典型实施方式中，这个位移值相应于燃烧室 202 内压力的大约 3psi 的振动。波形 300 相应于大约 3psi 的蜂鸣声。位于波形 300 上的多个噪声波形 302 阻止了波形 300 幅值的精确确定，所以阻止了燃烧室 202 内压力波动的精确确定。尽管噪声波形 302 阻止了波形 300 幅值的精确确定，但它可以在存在 100Hz 信号时进行识别。

图 4 是由 1 微英寸、100Hz 信号激励的传感器 216 的示波器波形 400。1 微英寸信号相应于大约 0.27psi 压力变化和 0.2 毫伏的传感器 216 的输出。将示波器设置为每一横向分度显示 10 毫秒，每一纵向分度显示 1 毫伏。当在系统 10 内存在这种信号幅度和大约 1 毫伏的噪声时，则不存在可识别信号（该可识别信号在波形 400 中可以确定）。1 毫伏的噪声相应于大约 5 微英寸的位移，并且大于燃烧室 202 内的 1psi。为了从噪声中识别来自传感器 216 的信号，就要进行额外的处理。

图 5 是经过实时 FFT218 处理的传感器 216 输出的示波器波形 500，它是将数据变换成频域振幅谱并且提供这个频域振幅谱来控制并使逻辑电路（未示出）报警，进而控制发动机 200 的操作。正如这里所使用的，实时是指在影响结果的输入改变后，在相当短的期间内发生的结果。该期间可以是有规律重复任务的每个重叠之间的时间值。这样的重复任务被称为周期任务。时间周期是实时系统的设计参数，它可以基于结果的重要性和 / 或系统对输入执行处理以产生结果的能力、或者是组成系统的部件中的固有延迟来进行选择。FFT218 能使来自传感器 216 的小位移幅度信号从噪声信号中识别。可以在可选择的时间周期内采样传感器 216 的输出。将输出波形应用于 FFT218。在典型实施方式中，FFT218 是 4096 点 4-基的（4096-point radix-4）FFT。可选择采样时间以提供最佳的带宽 / 分辨率的折衷。利用 FFT218，由于在非随机频率采样的能量大于随机频率时的能量，因而输出信号分量是非随机分量可以比随机分量以更大的幅度显示。更长的采样时间对应于信号的随机分量与非随机分量之间

的幅度更大的差异。峰 502 表示传感器 216 的膜在 100Hz、50 微英寸的振动变形的实时信号。峰 502 指示出在 100Hz 处的信号能量大于在频谱中的其他频率处的能量。波形 500 的部分 504 表示频率的较低幅度带，本实施例中，它们构成传感器 216 的输出信号。波形 500 的部分 506 表示来自频带的噪声，它们基本上已经被低通滤波器（未示出）滤掉。

图 6 是表示从传感器 216 采集的典型数据绘制在计算机 230 上的示波器波形 600。点 602 代表对应于 50 微英寸、信号的 100Hz 分量的输出信号中的能量。点 604、606 和 608 每个代表对应于 1 微英寸膜位移分别在 100Hz、500Hz 和 1000Hz 处的输出信号分量中的能量。如图 4 所示，那些用标准处理不能识别的相对小的位移，利用 FFT218 在 100Hz、500Hz 和 1000Hz 的非随机频率时收集的数据清楚地显示出可识别的幅值。波形 600 上的每一点代表其所在频率处的输出信号中的能量值。在特定频率分量处的能量越大，这个点在波形 600 上的位置就越高。基线 610 代表系统 10 的大约为 1mV 峰-峰的固有噪声电平。基线 610 对应于图 5 所示的点 504。点 604 对应于在 100Hz 的膜的 1 微英寸(0.27psi)的移动。利用 FFT218 来处理输出信号，点 604 代表 4 倍于信号噪声幅度的信号分量。

图 7 是用于产生信号的典型方法 700 的流程图，所述信号表示腔室内的压力振动。该方法包括感测腔室内的压力 702。在典型实施方式中，传感器包括对腔室内的压力敏感的膜和与数字涡流系统连接的涡流转换器，所述腔室例如但不限于气体涡轮发动机燃烧室。涡流转换器从与膜最接近的表面发射 RF 波，这样，RF 波与膜相互作用以在膜内产生涡流。进而，涡流影响转换器的复阻抗（complex impedance），所述复阻抗与转换器发射表面与膜之间的间隙距离有关。由于正常燃烧和/或燃烧不稳定，压力在燃烧室内产生波动，转换器的输出信号成比例地发生变化，产生与感测的压力有关的信号 704。输出信号被采样电路采样并数字化 706，利用 FFT 分析仪将数字化信号从时域变换到频域以产生能量谱 708。分析能量谱以确定能量尖峰，该尖峰指示出数字化信号的基本上非随机的分量。相当一部分信号可以归因于电路和/或部件，这些电路和/或部件生成相对于包含信号部分的信息的噪声。信号的噪声分量通过多个频率基本上均匀地散布。重复信号，例如燃烧室蜂鸣声中产生的信号通常基本

上集中于一个或多个特性频率上。信号的快速傅里叶变换可以显示包含在多个频率的信号的每个频率电平内的能量。相对于噪声或信号的随机分量,FFT有强调信号的非随机变量的效果,这样,在典型实施方式中,可以处理由蜂鸣声引起的和位于较大噪声静态压力信号上的小信号强度,以产生与燃烧室的操作有关的重要信息。

通过测量发动机燃烧室里动态压力的相对小的、非随机振动,可以检测气体涡轮发动机的蜂鸣声。利用数字涡流系统和FFT分析仪可以监测发生在可确定频率处的非随机振动,进而确定发动机燃烧室的频谱输出。从所监测的频谱的变化可以确定是蜂鸣声或者蜂鸣声的开始。变化可以作为频谱幅度中的峰出现,该峰随着工作参数变化,该工作参数例如但不限于发动机负载、发动机气流、燃料质量或进气口空气温度。

上面所述的方法和系统提供了一种用于测量燃烧室动态压力变化的有成本效益的而且可靠的装置,该压力变化被作为蜂鸣声。更特别的,这种方法和系统有利于利用涡流转换器来测量压力传感器膜的接近性和/或变化,并且利用FFT分析仪对传感器输出信号进行处理以确定该信号的非随机频率分量,所述信号可以代表发动机的蜂鸣声。所以,这里所描述的方法和系统有利于以节省成本且可靠的方式监测设备。

尽管本发明是参照对气体涡轮发动机的蜂鸣测量来描述的,但许多其他的应用也是可行的。例如,可以预期的是,本发明可以应用到任何系统,在这些系统中,相对小的非随机频率信号会受固有噪声电平影响,该噪声固有电平至少部分地使信号模糊,这些系统例如但不限于是处理系统测量和仪表系统。

上面详细描述了压力测量系统的典型实施方式。这种测量系统不局限于这里所描述的特定实施方式,而且,每个系统的元件可以与这里所述的其他元件独立和分别使用。每一系统元件还可以与其他系统元件结合使用。

尽管本发明已经依照不同的特定实施方式进行了描述,本领域的技术人员可以理解,可以在不脱离权利要求的精神和范围的情况下对本发明进行修改。

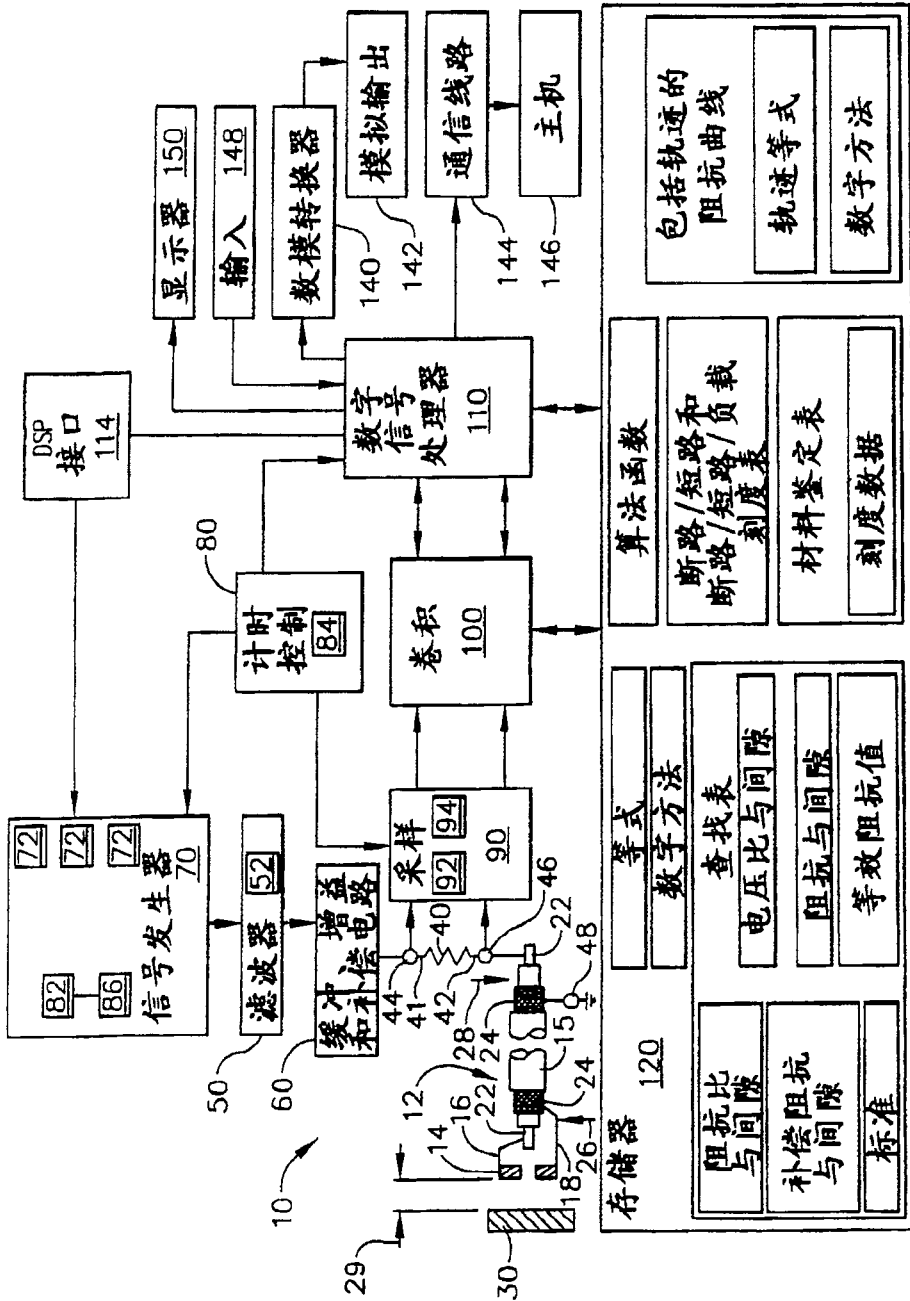


图 1

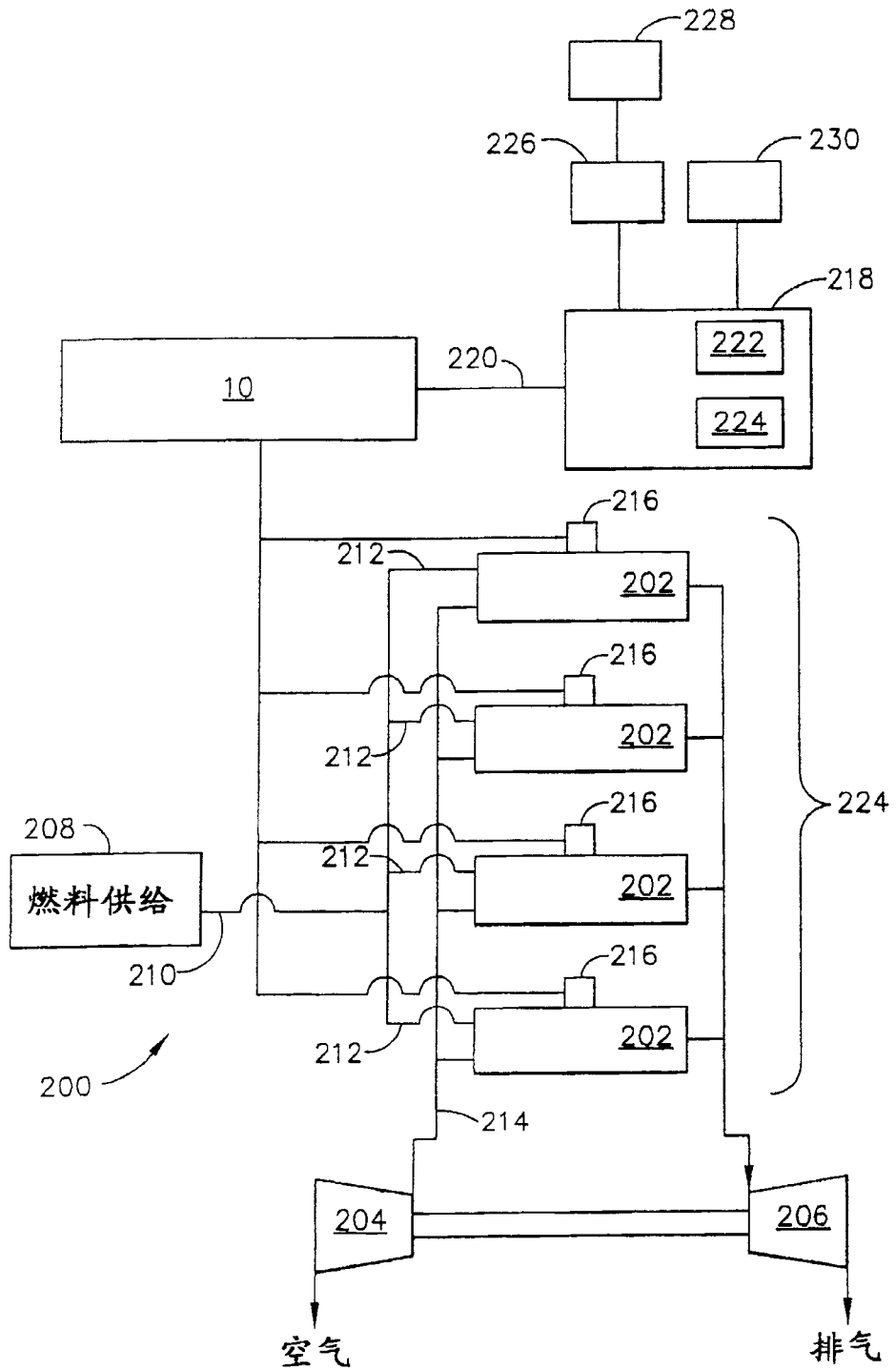


图 2

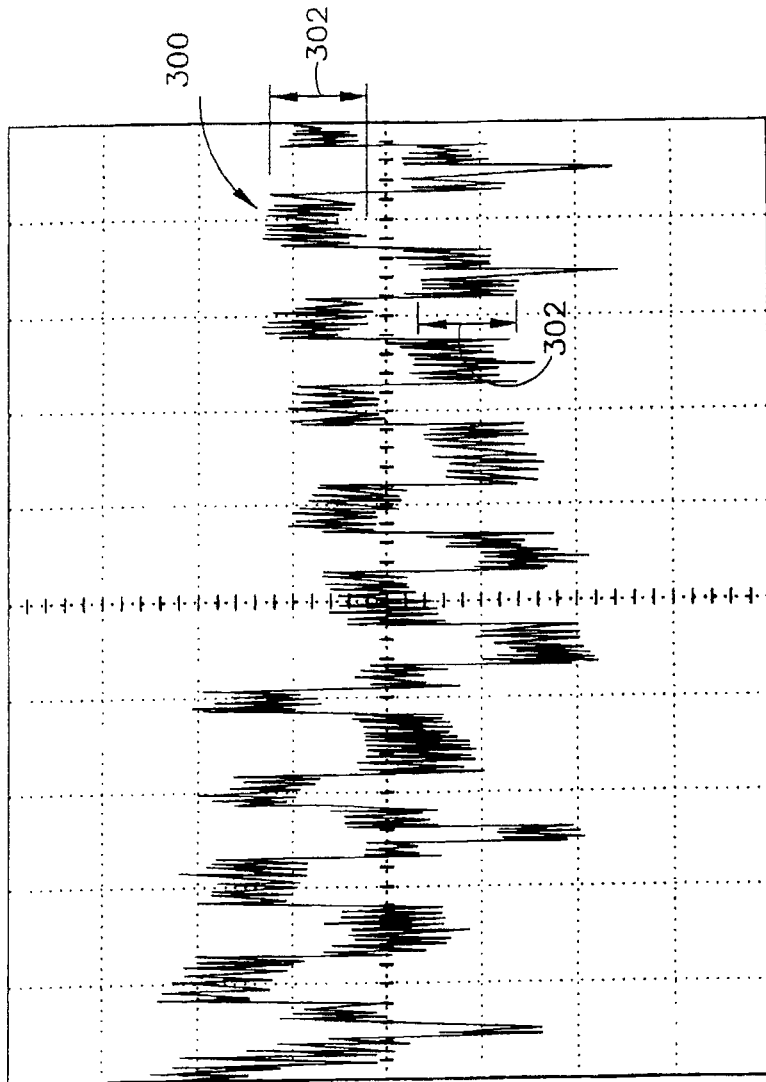


图 3

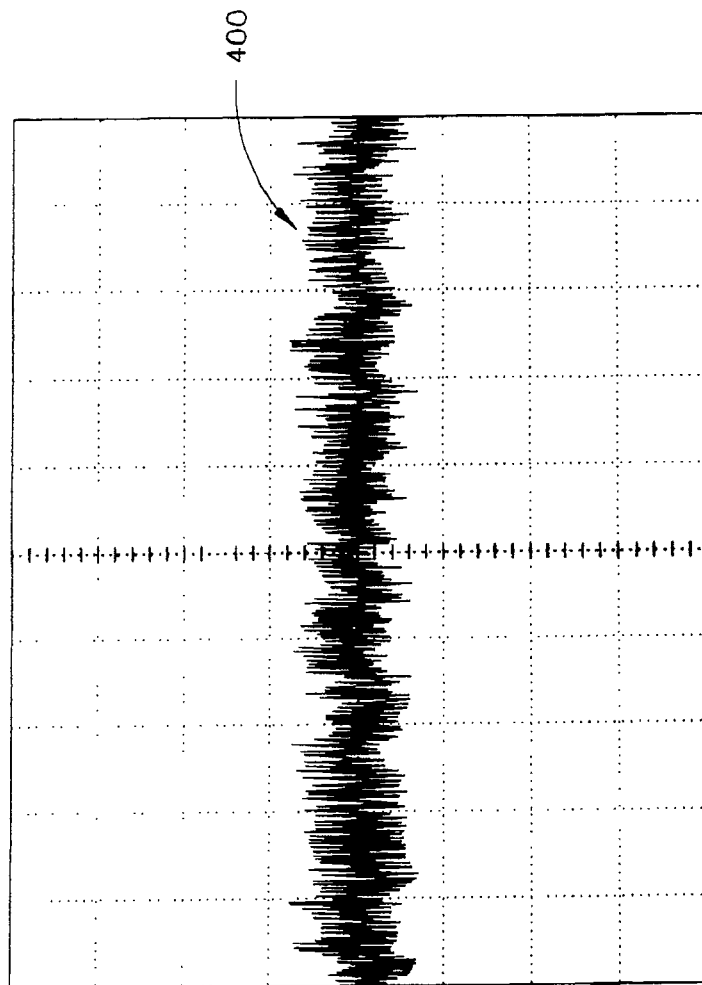


图 4

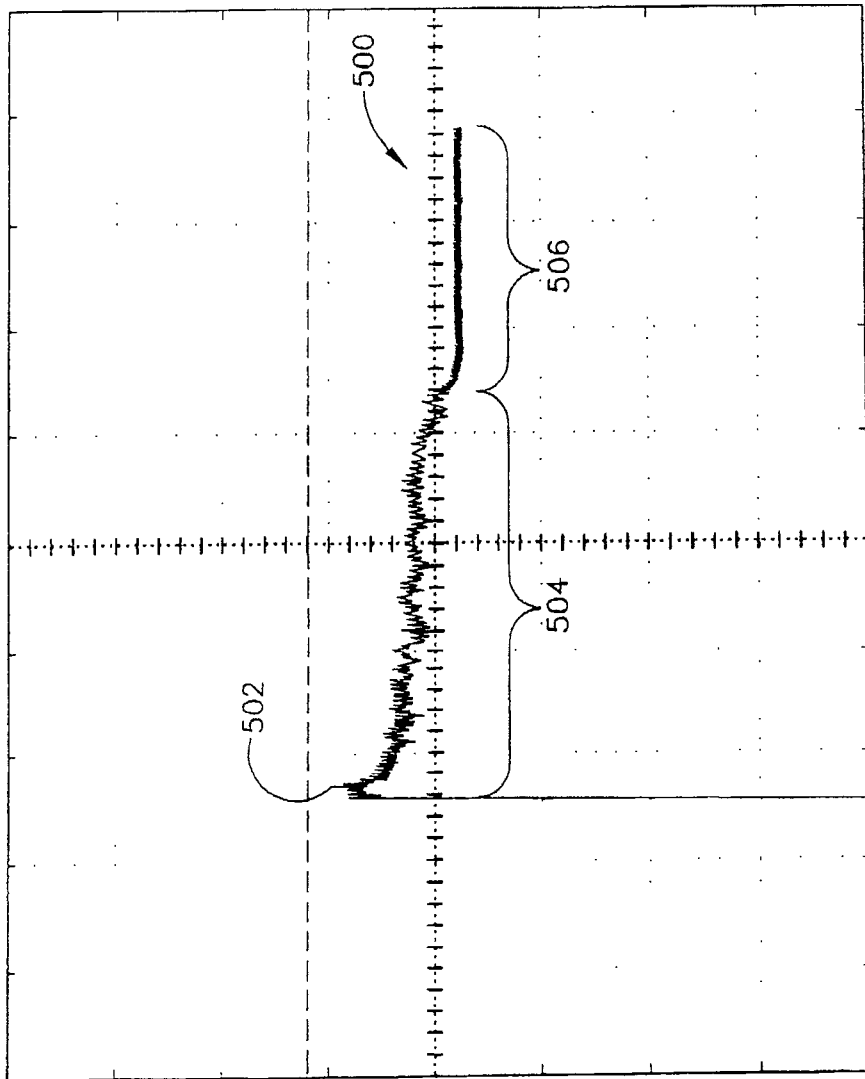


图 5

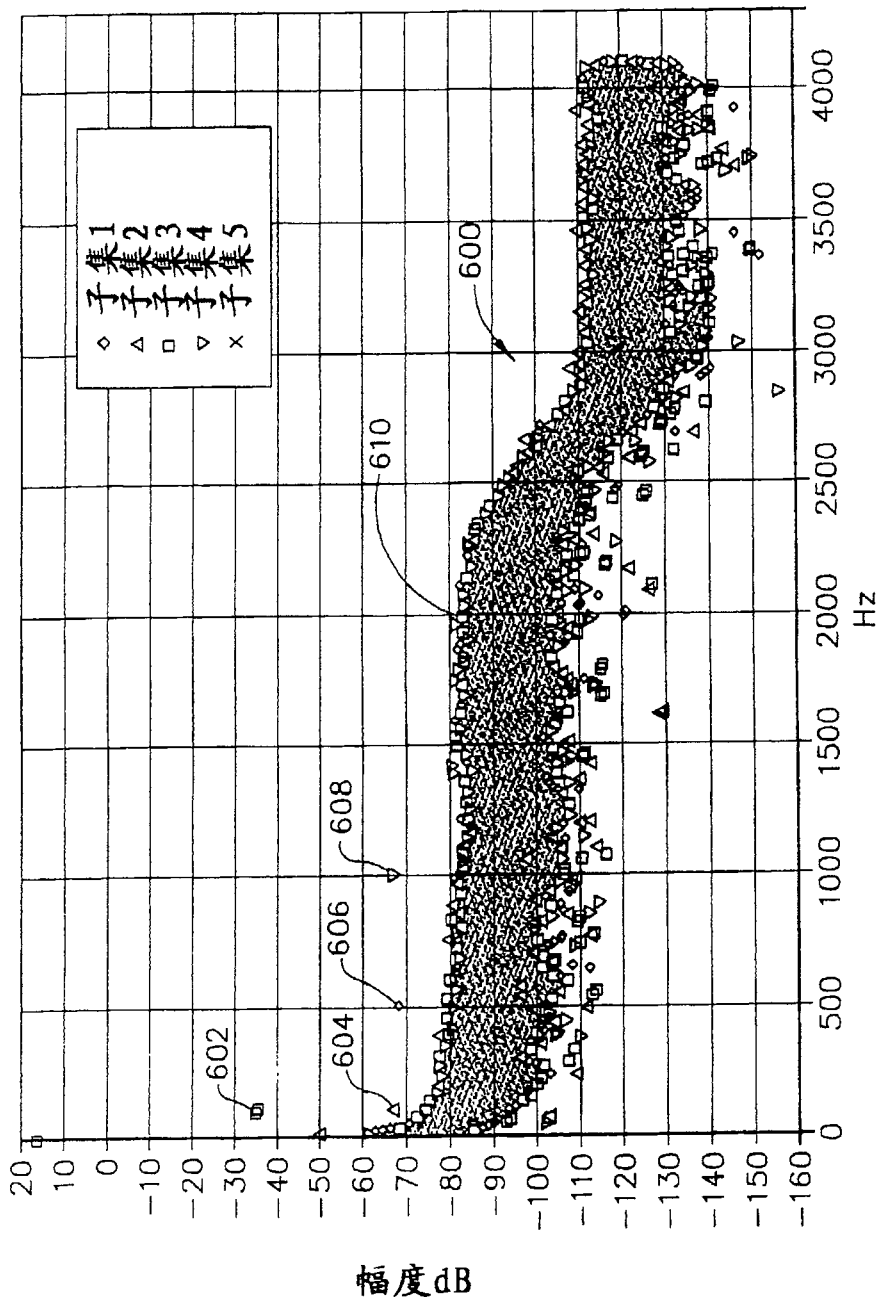


图 6

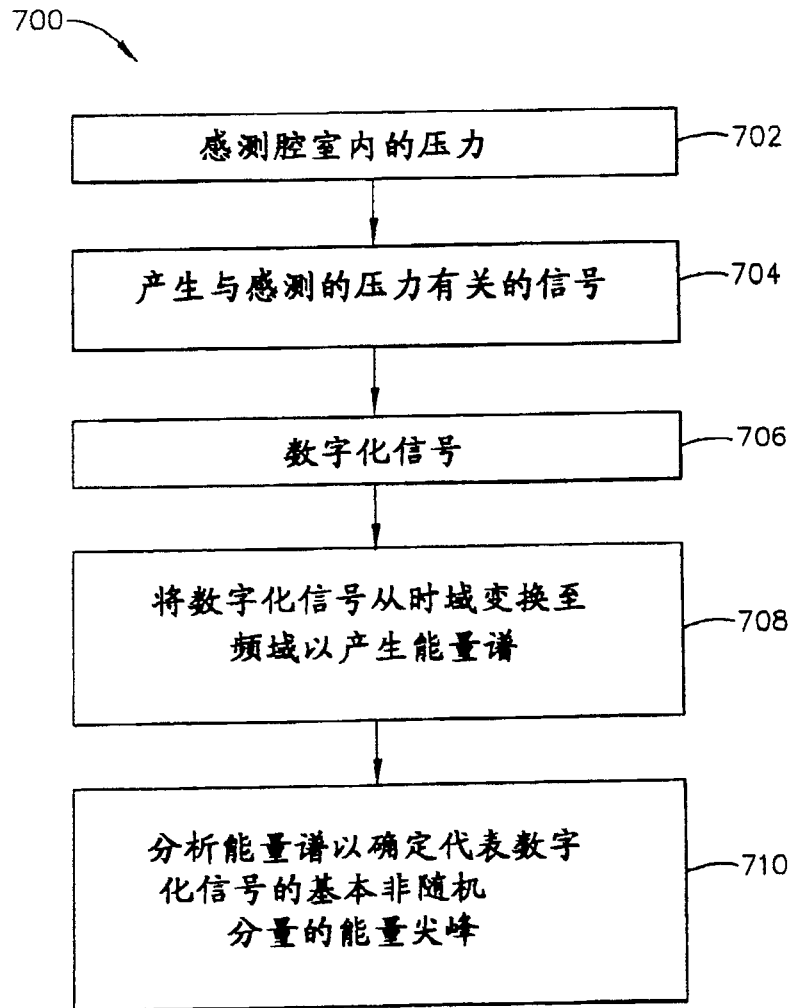


图 7