

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.
A61B 8/00 (2006.01)
A61B 8/08 (2006.01)
A61N 7/02 (2006.01)



[12] 发明专利申请公布说明书

[21] 申请号 200910023529.4

[43] 公开日 2010年1月13日

[11] 公开号 CN 101623203A

[22] 申请日 2009.8.7

[21] 申请号 200910023529.4

[71] 申请人 西安交通大学

地址 710049 陕西省西安市碑林区咸宁路 28 号

[72] 发明人 万明习 张思远 蒋胡杰 钟 徽
丁 婷 廖振中 王素品

[74] 专利代理机构 西安通大专利代理有限责任公
司
代理人 陆万寿

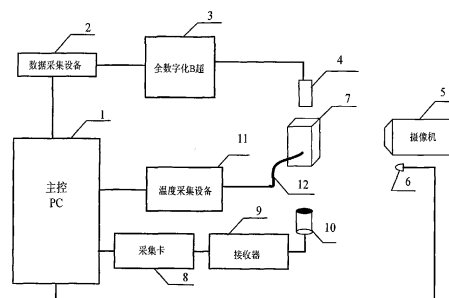
权利要求书 4 页 说明书 17 页 附图 4 页

[54] 发明名称

一种瞬态物理过程中多模式和多参量同步检测成像监控系统及监控方法

[57] 摘要

本发明公开了一种瞬态物理过程中多模式和多参量同步检测成像监控系统，在主导 PC 上连接有数据采集设备、指示灯、采集卡和温度采集设备；阵列换能器通过全数字化 B 超与数据采集设备连接；热电偶连接在温度采集设备上；检测换能器通过接收器与采集卡连接；样品附近设置有超声换能器、摄像机、指示灯、检测换能器和热电偶；超声换能器采集到样品 7 的射频数据通过数据采集设备输入到主导 PC 并保存在主导 PC 上。本发明将热消融治疗系统与包括声学、光学和温度测量在内的多种监控系统集成同步，实现了瞬态物理过程中多模式、多参量同步检测成像监控。



1、一种瞬态物理过程中多模式和多参量同步检测成像监控系统，其特征在于：包括主控 PC(1)、数据采集设备(2)、全数字化 B 超(3)、超声换能器(4)、摄像机(5)、指示灯(6)、样品(7)、采集卡(8)、接收器(9)、检测换能器(10)、温度采集设备(11)和热电偶(12)；在主控 PC(1)上连接有数据采集设备(2)、指示灯(6)、采集卡(8)和温度采集设备(11)；阵列换能器 4 通过全数字化 B 超(3)与数据采集设备(2)连接；热电偶(12)连接在温度采集设备(11)上；检测换能器(10)通过接收器(9)与采集卡(8)连接；样品(7)附近设置有超声换能器(4)、摄像机(5)、指示灯(6)、检测换能器(10)和热电偶(12)；按同步时序，超声换能器(4)采集到样品 7 的射频数据通过数据采集设备(2)输入到主控 PC(1)并保存在主控 PC(1)上；按同步时序，检测换能器(10)采集到样品 7 的射频数据通过接收器(9)和采集卡(8)输入到主控 PC(1)并保存在主控 PC(1)上；按同步时序，热电偶(12)采集到样品 7 的温度数据通过温度采集设备(11)输入到主控 PC(1)并保存在主控 PC(1)上；按同步时序，摄像机(5)进行拍摄，指示灯(6)受主控 PC(1)的控制，而在光学图像中表征同步时序。

2、根据权利要求 1 所述一种瞬态物理过程中多模式和多参量同步检测成像监控系统，其特征在于：所述同步时序是指主控 PC(1)控制数据采集设备(2)、指示灯(6)、采集卡(8)和温度采集设备(11)同时开始工作的时间点为初始时间，以初始时间为基点按照相同的时间步长采集数据。

3、根据权利要求 1 所述一种瞬态物理过程中多模式和多参量同步检测成像监控系统的监控方法，其特征在于：

(1) 将热电偶(12)插入样品(7)；按同步时序，热电偶(12)采集到样品(7)的温度数据通过温度采集设备(11)输入到主控 PC(1)并保存在主控 PC(1)上；

(2) 将超声换能器(4)对准样品(7);按同步时序,超声换能器(4)采集到样品(7)的射频数据通过数据采集设备(2)输入到主控PC(1)并保存在主控PC(1)上;主控PC(1)上的射频数据按照对数普差法计算得到样品(7)的平均衰减系数,主控PC(1)上的射频数据按照背向散射普法计算得到样品(7)的平均背向散射积分;

(3)将步骤(1)中得到的温度数据和步骤(2)中得到的平均衰减系数及平均背向散射积分进行比较,得到样品(7)的温度与射频数据的对应关系,由对应关系判断样品(7)的组织定征参量。

4、根据权利要求1所述一种瞬态物理过程中多模式和多参量同步检测成像监控系统的监控方法,其特征在于:

(1) 将检测换能器(10)对准样品(7);按同步时序,检测换能器(10)同步接收样品(7)的空化汽化微泡及其活动散射的超声回波射频信号,超声回波射频信号由宽带接收器放大,再经由采集卡(8)采集到保存在主控PC(1)中;主控PC(1)中的每段超声回波射频信号经FFT转换到频域,通过频域提取其次谐波和宽带噪声,根据每段信号对应的时间转换到时域,获得稳态空化随时间的变化参数和惯性空化随时间的变化参数;

(2) 将超声换能器(4)对准样品(7);按同步时序,超声换能器(4)采集到样品(7)的射频数据通过数据采集设备(2)输入到主控PC(1)并保存在主控PC(1)上;对主控PC(1)上的射频数据构建B超声图像和背向散射积分减影图像;

(3)将步骤(1)中得到的稳态空化随时间的变化参数与惯性空化随时间的变化参数和步骤(2)中得到的B超声图像和背向散射积分减影图像进行比较,

得到样品(7)的空化与射频数据的对应关系, 由对应关系判断样品(7)的组织定征参量。

5、根据权利要求1所述一种瞬态物理过程中多模式和多参量同步检测成像监控系统的监控方法, 其特征在于:

(1) 将超声换能器(4)对准样品(7); 按同步时序, 超声换能器(4)采集到样品(7)的射频数据通过数据采集设备(2)输入到主控PC(1)并保存在主控PC(1)上;

主控PC(1)上的射频数据按照对数普差法计算得到样品(7)的平均衰减系数, 主控PC(1)上的射频数据按照背向散射普法计算得到样品(7)的平均背向散射积分;

(2) 由步骤(1)中得到的平均衰减系数构建衰减成像和衰减减影成像; 由步骤(1)中得到的平均背向散射积分构建平均背向散射积分成像和平均背向散射积分减影成像;

(3) 根据步骤(2)的结果判断样品(7)的组织定征参量。

6、根据权利要求1所述一种瞬态物理过程中多模式和多参量同步检测成像监控系统的监控方法, 其特征在于:

(1) 将检测换能器(10)对准样品(7); 按同步时序, 检测换能器(10)同步接收样品(7)的空化汽化微泡及其活动散射的超声回波射频信号, 超声回波射频信号由宽带接收器放大, 再经由采集卡(8)采集到保存在主控PC(1)中; 主控PC(1)中的每段超声回波射频信号经FFT转换到频域, 通过频域提取其次谐波和宽带噪声, 根据每段信号对应的时间转换到时域, 获得稳态空化随时间的变化参数和惯性空化随时间的变化参数;

(2) 将超声换能器(4)对准样品(7)；按同步时序，超声换能器(4)采集到样品(7)的射频数据通过数据采集设备(2)输入到主控PC(1)并保存在主控PC(1)上；对主控PC(1)上的射频数据构建B超声图像和背向散射积分减影图像；

(3) 将热电偶(12)插入样品(7)；按同步时序，热电偶(12)采集到样品(7)的温度数据通过温度采集设备(11)输入到主控PC(1)并保存在主控PC(1)上；

(4) 将摄像机(5)对准样品(7)、指示灯(6)设置在摄像机(5)旁边，主控PC(1)按同步时序控制摄像机(5)和指示灯(6)工作；

(5) 将步骤(1)、步骤(2)、步骤(3)和步骤(4)中得到的结果进行比较，得到样品(7)的组织定征参量。

一种瞬态物理过程中多模式和多参量同步检测成像监控系统及监控方法

技术领域

本发明属于检测与监控技术领域，涉及到一种适合瞬态物理过程中多模式、多参量同步检测和成像监控于一体的系统与方法。

背景技术

在现有的检测与监控技术中，超声由于其成本低，实时性好，易于结合等优点已成为目前使用较广泛的检测与监控方式。已有国内外的专利使用传统 B 模式超声图像对肿瘤热消融治疗过程进行监控成像，例如美国专利 US6425867B1 和中国专利 CN1565671A 等。B 模式超声图像反映是治疗过程中声阻抗差的变化，不能反映肿瘤热消融治疗中复杂的瞬态物理的变化。美国的 S. Vaezy 和英国的 G. R. ter Haar 等人对比了肿瘤热消融治疗前后治疗区域超声组织定征参量的变化，

但目前对于肿瘤热消融治疗过程中瞬态物理的研究不足。现有的检测与监控模式和参量单一，特别是缺少适合瞬态物理过程中对多种参量变化的同步检测与监控技术。通过对瞬态过程中发生的温度升高与热膨胀、不可逆组织损伤与瞬态变化、凝固性坏死，超声组织定征参量改变、空化汽化微泡及其活动等瞬态物理进行研究和监控，可以深入了解瞬态物理机制和推进同步动态检测监控的研究。

发明内容

针对上述检测与监控中的不足，本发明涉及到了一种以全数字化超声设

备为基础的适合瞬态物理过程中多模式、多参量同步检测和成像监控的系统与方法。该发明同步检测瞬态物理过程中空化汽化微泡及其活动、超声组织定征参量和温度的动态变化；并利用光学图像、B模式超声图像和超声组织定征参量及其减影图像对目标区域进行同步动态成像监控。

为了实现上述任务，本发明采取如下的技术方案：

一种瞬态物理过程中多模式和多参量同步检测成像监控系统，包括主控PC1、数据采集设备2、全数字化B超3、超声换能器4、摄像机5、指示灯6、样品7、采集卡8、接收器9、检测换能器10、温度采集设备11和热电偶12；在主控PC1上连接有数据采集设备2、指示灯6、采集卡8和温度采集设备11；阵列换能器4通过全数字化B超3与数据采集设备2连接；热电偶12连接在温度采集设备11上；检测换能器10通过接收器9与采集卡8连接；样品7附近设置有超声换能器4、摄像机5、指示灯6、检测换能器10和热电偶12；按同步时序，超声换能器4采集到样品7的射频数据通过数据采集设备2输入到主控PC1并保存在主控PC1上；按同步时序，检测换能器10采集到样品7的射频数据通过接收器9和采集卡8输入到主控PC1并保存在主控PC1上；按同步时序，热电偶12采集到样品7的温度数据通过温度采集设备11输入到主控PC1并保存在主控PC1上；按同步时序，摄像机5进行拍摄，指示灯6受主控PC1的控制，而在光学图像中表征同步时序。

所述同步时序是指主控PC1控制数据采集设备2、指示灯6、采集卡8和温度采集设备11同时开始工作的时间点为初始时间，以初始时间为基点按照相同的时间步长采集数据的方式。

一种瞬态物理过程中多模式和多参量同步检测成像监控系统的监控方

法:

(1) 将热电偶 12 插入样品 7; 按同步时序, 热电偶 12 采集到样品 7 的温度数据通过温度采集设备 11 输入到主控 PC1 并保存在主控 PC1 上;

(2) 将超声换能器 4 对准样品 7; 按同步时序, 超声换能器 4 采集到样品 7 的射频数据通过数据采集设备 2 输入到主控 PC1 并保存在主控 PC1 上; 主控 PC1 上的射频数据按照对数普差法计算得到样品 7 的平均衰减系数, 主控 PC1 上的射频数据按照背向散射普法计算得到样品 7 的平均背向散射积分;

(3) 将步骤(1)中得到的温度数据和步骤(2)中得到的平均衰减系数及平均背向散射积分进行比较, 得到样品 7 的温度与射频数据的对应关系, 由对应关系判断样品 7 的组织定征参量。

一种瞬态物理过程中多模式和多参量同步检测成像监控系统的监控方法:

(1) 将检测换能器 10 对准样品 7; 按同步时序, 检测换能器 10 同步接收空化汽化微泡及其活动散射的超声回波射频信号, 超声回波射频信号由宽带接收器放大, 再经由采集卡 8 采集到保存在主控 PC1 中; 主控 PC1 中的每段超声回波射频信号经 FFT 转换到频域, 通过频域提取其次谐波和宽带噪声, 根据每段信号对应的时间转换到时域, 获得稳态空化随时间的变化参数和惯性空化随时间的变化参数;

(2) 将超声换能器 4 对准样品 7; 按同步时序, 超声换能器 4 采集到样品 7 的射频数据通过数据采集设备 2 输入到主控 PC1 并保存在主控 PC1 上; 对主控 PC1 上的射频数据构建 B 超声图像和背向散射积分减影图像;

(3) 将步骤(1)中得到的稳态空化随时间的变化参数与惯性空化随时间的

变化参数和步骤(2)中得到的B超声图像和背向散射积分减影图像进行比较,得到样品7的空化与射频数据的对应关系,由对应关系判断样品7的组织定征参量。

一种瞬态物理过程中多模式和多参量同步检测成像监控系统的监控方法:

(1) 将超声换能器4对准样品7;按同步时序,超声换能器4采集到样品7的射频数据通过数据采集设备2输入到主控PC1并保存在主控PC1上;

主控PC1上的射频数据按照对数普差法计算得到样品7的平均衰减系数,主控PC1上的射频数据按照背向散射普法计算得到样品7的平均背向散射积分;

(2) 由步骤(1)中得到的平均衰减系数构建衰减成像和衰减减影成像;由步骤(1)中得到的平均背向散射积分构建平均背向散射积分成像和平均背向散射积分减影成像;

(3) 根据步骤(2)的结果判断样品7的组织定征参量。

一种瞬态物理过程中多模式和多参量同步检测成像监控系统的监控方法:

(1) 将检测换能器10对准样品7;按同步时序,检测换能器10同步接收空化汽化微泡及其活动散射的超声回波射频信号,超声回波射频信号由宽带接收器放大,再经由采集卡8采集到保存在主控PC1中;主控PC1中的每段超声回波射频信号经FFT转换到频域,通过频域提取其次谐波和宽带噪声,根据每段信号对应的时间转换到时域,获得稳态空化随时间的变化参数和惯性空化随时间的变化参数;

(2) 将超声换能器 4 对准样品 7；按同步时序，超声换能器 4 采集到样品 7 的射频数据通过数据采集设备 2 输入到主控 PC1 并保存在主控 PC1 上；对主控 PC1 上的射频数据构建 B 超声图像和背向散射积分减影图像；

(3) 将热电偶 12 插入样品 7；按同步时序，热电偶 12 采集到样品 7 的温度数据通过温度采集设备 11 输入到主控 PC1 并保存在主控 PC1 上；

(4) 将摄像机 5 对准样品 7、指示灯 6 设置在摄像机 5 旁边，主控 PC1 按同步时序控制摄像机 5 和指示灯 6 工作；

(3) 将步骤(1)、步骤(2)、步骤(3)和步骤(4)中得到的结果进行比较，得到样品 7 的组织定征参量。

本发明的集空化汽化微泡及其活动检测、多区域超声组织定征参量瞬态变化检测、动态光学信息采集和多点温度检测于一体的瞬态物理过程中多模式、多参量同步检测和成像监控系统。

该检测监控系统可以与治疗设备同步工作，并控制全数字化超声设备采集超声回波射频数据，以及同步采集微泡活动散射的回波信号、温度数据和光学信息，用于对瞬态物理过程中多模式、多参量同步检测和成像监控。该系统分成 4 大部分，分别是微泡活动检测系统、射频数据采集系统、光学信息采集系统和温度监测系统。微泡活动检测系统由检测换能器、接收器和高速数据采集卡组成。检测换能器被动接收空化汽化微泡及其活动散射的超声回波射频信号，并由接收器放大，再经由高速数据采集卡采集保存到电脑硬盘中。射频数据采集系统包括全数字化超声设备和数据采集设备。全数字化超声设备通过前端超声换能器采集超声回波射频数据，数据采集设备将超声设备采集的射频数据传输和保存到电脑硬盘中。光学信息采集系统包括高清

录像机和照相机，可以采集透明仿生物组织体模中损伤、空化汽化微泡及其活动的动态变化过程。温度监测系统由前端热电偶和后端数据采集设备组成。热电偶采集温度变化引起的电压变化信息，并通过数据采集设备转化为温度信息保存在电脑硬盘中。

适合瞬态物理过程中多区域超声组织定征参量与多点温度同步监测及损伤动态变化同步监控的方法。采用上述系统，同时监测瞬态物理过程中不同区域的超声组织定征参量和多点温度的同步变化，以及与损伤动态变化之间的同步对应关系。其操作步骤如下：

- (1) 将热电偶插入离体样品中，并调节测温点位于目标区域。
- (2) 将插有热电偶的离体样品放入监控系统中，同步监测多个位置的温度变化。
- (3) 使用全数字化超声设备同步采集目标区域超声回波射频数据。
- (4) 使用这些射频数据经过超声组织定征算法处理，同时对多个区域的超声组织定征参量的同步瞬态变化进行检测。
- (5) 将不同区域的温度和多种超声组织定征参量的监测与损伤动态变化进行同步对比分析，研究不同的损伤发展阶段下温度和超声组织定征参量的瞬态变化以及与损伤的相互影响。

一种适合瞬态物理过程的多模式空化汽化微泡及其活动同步监测与损伤动态变化同步监控的方法。

采用上述系统，同时使用 B 模式超声图，背向散射积分减影图，被动空化检测和光学图像对空化汽化微泡及其活动进行监测，并与损伤的动态变化同步对照。其操作步骤如下：

- (1) 将离体样品放入监控系统中。
- (2) 使用全数字化超声设备同步采集目标区域超声回波射频数据。
- (3) 使用这些射频数据同步构建动态变化的B模式超声图和背向散射积分减影图。
- (4) 使用空化检测换能器同步接收空化汽化微泡及其活动散射的超声回波射频信号，并由宽带接收器放大，再经由数据采集卡采集到保存在电脑硬盘中。
- (5) 空化声信号特征参数提取，即将所得时域波形转换到频域，提取次谐波和宽带噪声，分别表征稳态和惯性空化活动的信息。
- (6) 使用光学信息采集系统采集透明仿生物组织体模中空化汽化微泡及其活动的动态变化过程。
- (7) 利用B模式超声图，背向散射积分减影图，被动空化检测和光学图像对空化汽化微泡及其活动的监测与损伤动态变化进行同步对比分析，研究不同的损伤发展阶段下微泡的瞬态变化以及与损伤的相互影响。

一种适合瞬态物理过程的多模式、多参量同步动态监控成像方法。

采用上述系统，同时使用B模式超声图像，衰减参数和背向散射积分及其减影成像方法进行动态监控成像。其操作步骤如下：

- (1) 将离体样品放入监控系统中。
- (2) 使用全数字化超声设备同步采集目标区域超声回波射频数据。
- (3) 使用这些射频数据经过谱差法和回波功率谱法处理，同时对衰减和背向散射积分的同步瞬态变化进行检测。

- (4) 利用超声组织定征参量的瞬态变化同步构建动态变化的 B 模式超声图像，背向散射积分和衰减参数及其减影图像。
- (5) 将多参量、多模式同步动态监控图像对比分析，研究不同的损伤发展阶段下多参量、多模式同步动态监控图像。

一种针对透明仿生物组织体模的瞬态物理过程光学和声学同步动态监控成像方法。

采用上述系统，针对透明仿生物组织体模，同时使用光学图像、B 模式超声图像，背向散射积分和衰减参数及其减影成像方法进行动态监控成像。

其操作步骤如下：

- (1) 将离体样品放入监控系统中。
- (2) 使用全数字化超声设备同步采集目标区域超声回波射频数据。
- (3) 使用这些射频数据经过谱差法和回波功率谱法处理，同时对不同区域的声衰减和背向散射积分参量的同步瞬态变化进行检测。
- (4) 利用超声组织定征参量的瞬态变化同步构建动态变化的 B 模式超声图像，背向散射积分和衰减参数及其减影图像。
- (5) 使用光学信息采集系统可以采集聚焦透明仿生物组织体模中损伤、空化汽化微泡及其活动的动态变化过程。
- (6) 将光学和多参量、多模式声学动态同步监控图像与损伤动态变化进行同步对比分析，研究不同的损伤发展阶段下光学和声学监控图像的变化以及与损伤的对应关系。

本发明与现有技术相比，具有下列优点：

与传统的监控系统相比，本发明将热消融治疗系统与包括声学、光学和

温度测量在内的多种监控系统集成同步，实现了瞬态物理过程中多模式、多参量同步检测成像监控。

与传统的检测方法相比，本发明同步检测多区域超声组织定征参量、空化汽化微泡及其活动和多点温度的变化，实现了瞬态物理过程的多参量同步监测与损伤动态变化同步监控。

与传统的监控成像模式相比，本发明同时使用动态的光学图像、B 模式超声图像、衰减参数和背向散射积分及其减影图像对目标区域进行监控成像，实现了瞬态物理过程中多模式、多参量同步动态监控成像。

附图说明

图 1 是本发明提出的瞬态物理过程中多模式、多参量同步检测成像监控系统的框图；

图 2 是多模式、多参量同步检测成像监控系统软件的工作时序图；

图 3 是瞬态物理过程中多区域超声组织定征参量与多点温度同步检测方法的流程图；

图 4 是瞬态物理过程中多模式空化汽化微泡及其活动同步检测方法的流程图；

图 5 是超声组织定征参量数字减影成像方法的流程图；

图 6 是肿瘤热消融瞬态物理过程中多区域超声组织定征参量与多点温度同步监测及损伤动态变化同步监控的结果；

图 7 是肿瘤热消融瞬态物理过程中多模式空化汽化微泡及其活动同步检测与损伤动态变化同步监控的结果；

图 8 是肿瘤热消融瞬态物理过程中多模式、多参量同步动态监控成像图；

图中所示的标号分别为：主控电脑（PC）1、数据采集设备 2、全数字化 B 超 3、超声换能器 4、摄像机 5、指示灯 6、样品 7、采集卡 8、接收器 9、检测换能器 10、温度采集设备 11、热电偶 12。

具体实施方式

为了更清楚的理解本发明，以下结合附图和发明人给出的实施方式作进一步的详细说明。

一种集空化汽化微泡及其活动检测、多区域超声组织定征参量瞬态变化检测、动态光学信息采集和多点温度监测于一体的瞬态物理过程中多模式、多参量同步检测成像监控系统。

参见图 1，本发明所涉及的适合瞬态物理过程多模式、多参量同步检测成像监控系统包括：主控电脑 PC1、数据采集设备 2、全数字化 B 超 3、超声换能器 4、摄像机 5、指示灯 6、样品 7、采集卡 8、接收器 9、检测换能器 10、温度采集设备 11、热电偶 12。主控 PC1 与数据采集设备 2、指示灯 6、采集卡 8、温度采集设备 11 相连；全数字化 B 超 3 与数据采集设备 2、阵列换能器 4 相连；接收器 9 与采集卡 8、换能器 10 相连；温度采集设备 11 与热电偶 12 相连。

主控 PC1 控制全数字化 B 超将其超声换能器 4 采集到样品 7 的射频数据输出到数据采集设备 2，最终使其保存于主控 PC1 上。主控 PC1 触发数据采集卡 8，按照预制的时序采集来自换能器 10 的射频数据。温度采集设备 11 采

集来自热电偶 12 的温度数据。摄像机 5 进行拍摄，指示灯 6 受主控 PC1 的控制，而在光学图像中表征时序。

整个系统的工作时序如图 2 所示。系统开始工作时，主控 PC1 触发采集卡 8，使其按预制的时序采集来自换能器 10 的射频信号，并且主控 PC1 还控制指示灯，使其点亮。此外，温度采集设备也从此刻开始对温度进行采集，摄像机开始进行拍摄。控 PC1 控制数据采集设备 2 采集相应帧数的 B 超数据。采集卡 8 按照预制的方式进行数据采集，例如每 50 ms 采集 1 ms，即： $T_1=50$ ms， $T_2=1$ ms。

一种适合瞬态物理过程中多区域超声组织定征参量与多点温度同步监测及损伤动态变化同步监控的方法。

本发明同时监测瞬态物理过程中不同区域的超声组织定征参量和多点温度的同步瞬态变化，以及与损伤动态变化之间的同步对应关系。参见图 3，主控电脑通过时序控制同步采集离体样品内部的温度变化和超声回波射频数据。使用温度监控设备监测多区域的温度变化过程，温度监控设备前端为热电偶，通过穿刺针引导插入离体样品内部，通过 B 超图像观察引导定位，将热电偶尖端的测温点放置在目标区域。若是透明仿体，可直接通过肉眼观察，将热电偶尖端放置在目标点。热电偶连接后端的温度采集设备，测量和显示前端热电偶尖端的温度变化，并记录保存在主控电脑中。由于后端的温度采集设备有多路通道，可同时连接多路热电偶，达到对瞬态物理过程中多区域的温度变化同步监控。

使用全数字化超声设备同步采集超声回波射频数据，并按照预制将射频数据划分为多个目标区域，对每个区域的数据单独处理，便可以同时对多个

区域的超声组织定征参量的同步瞬态变化进行检测。本发明中使用对数谱差法估计衰减系数。选取组织中单个区域内的射频数据按照谱差法处理，就可以得到该区域内的平均衰减系数。本发明中使用回波信号功率谱估计背向散射积分（IBS）。选取组织中单个区域内的射频数据按照功率谱算法处理，就可以得到该区域内的平均背向散射积分。

一种适合瞬态物理过程的多模式空化汽化微泡及其活动同步监测与损伤动态变化同步监控的方法。

本发明同时使用 B 模式超声图，背向散射积分减影图，被动空化检测和光学图像对空化汽化微泡及其活动进行监测，并与损伤的动态变化同步对比分析。参见图 4，具体方式是使用全数字化超声设备同步采集超声回波射频数据，使用这些射频数据同步构建动态变化的常规 B 模式超声图和背向散射积分减影图。常规 B 模式超声图反映了组织内部声阻抗的差异，是目前普遍使用较为成熟的超声成像方法。而为了消除组织结构不均及声束扩散效应的影响，采用与减影法相结合的成像方法对目标区域的变化进行成像。背向散射积分的减影值 ΔIBS 计算如下：

$$\Delta IBS = IBS(T_a) - IBS(T_b) = \frac{1}{2\Delta f} \int_{f_0 - \Delta f}^{f_0 + \Delta f} \ln \frac{P(f, T_a)}{P(f, T_b)} df$$

其中， T_b 和 T_a 分别表示聚焦超声照射不同时刻的成像时间， $P(f, T_a)$ 和 $P(f, T_b)$ 分别为不同时刻的组织背向散射信号功率谱， f_0 为换能器中心频率， Δf 为计算时所选的半带宽。背向散射积分减影成像通过滑动窗技术来实现。选取某一窗函数并设置一定窗宽（n），按照一定的步长，将每一扫描线的射频数据划分为若干具有一定重叠部分的数据段。利用上式，计算肿瘤热消融过程中不同时刻所采集的两帧数据中相应数据段的背向散射积分减影值，将计算所

得值作为该数据段中心处的值。这样就得到一幅背向散射积分减影图像。空化汽化微泡及其活动通过增强对超声的散射、反射等，改变超声传播特性，从而引起 B 模式超声图和背向散射积分减影图上的变化，因此我们可以通过 B 模式超声图和背向散射积分减影图对空化汽化微泡及其活动进行同步动态监控。

使用声学空化检测方法对微泡及其活动同步监测。参见图 4，具体方式是使用空化检测换能器同步接收空化汽化微泡及其活动散射的超声回波射频信号，并由宽带接收器放大，再经由数据采集卡采集到保存在电脑硬盘中。从接收到的射频数据中提取空化声信号特征参数，具体是将所得每段时域信号通过 FFT 转换到频域，提取其次谐波和宽带噪声，分别表征该段时间内的稳态和惯性空化活动的信息。所有时域信号按照上述方法处理，并按照每段信号的时间坐标返回时域，便得到了微泡活动瞬态变化曲线。因为仿体是透明的，所以可以观察到仿体内部的动态微泡活动，所以使用光学信息采集系统采集透明仿生物组织体模中空化汽化微泡及其活动的动态变化过程，

一种适合瞬态物理过程的多模式、多参量同步动态监控成像方法。

本发明将多参量、多模式同步动态监控图像对比分析，研究不同的损伤发展阶段下多参量、多模式同步动态监控图像。具体实施方式为同时使用 B 模式超声图像，衰减参数和背向散射积分及其减影成像方法进行动态监控成像。参见图 5，使用全数字化超声设备同步采集超声回波射频数据。使用这些射频数据经过超声组织定征算法处理，同时对声衰减和背向散射积分等超声组织定征参量的同步瞬态变化进行检测。利用超声组织定征参量的瞬态变化同步构建动态变化的 B 模式超声图像，衰减参数和背向散射积分及其减影

图像。衰减参数的减影值 $\Delta\alpha$ 计算如下：

$$\Delta\alpha = \alpha(T_a) - \alpha(T_b)$$

其中， T_b 和 T_a 分别表示不同时刻的成像时间。衰减参数减影成像仍然可通过滑动窗技术来实现。选取某一窗函数并设置一定窗宽（n），按照一定的步长，将每一扫描线的射频数据划分为若干具有一定重叠部分的数据段。利用上式，计算不同时刻所采集的两帧数据中相应数据段的衰减参数减影值，将计算所得值作为该数据段中心处的值。这样就得到一幅衰减参数减影图像。

一种针对透明仿生物组织体模的瞬态物理过程光学和声学同步动态监控成像方法。

本发明针对透明仿生物组织体模，同时使用光学图像、B模式超声图像，衰减参数和背向散射积分及其减影图像进行动态监控成像。使用全数字化超声设备同步采集超声回波射频数据，使用这些射频数据经过超声组织定征算法处理，同时对声衰减、背向散射积分和非线性等超声组织定征参量的同步瞬态变化进行检测。利用超声组织定征参量的瞬态变化同步构建动态变化的B模式超声图像，衰减参数和背向散射积分及其减影图像。同时使用光学信息采集系统可以采集透明仿生物组织体模中损伤、空化汽化微泡及其活动的动态变化过程。将光学和多参量、多模式声学动态同步监控图像与损伤动态变化进行同步对比分析，研究不同的损伤发展阶段下光学和声学监控图像的变化以及与损伤的对应关系。

以下是发明人给出的实施例，但并不局限于这些实施例。

实施例1：肿瘤热消融（包括微波、高强度聚焦超声以及激光）治疗瞬态物理过程中，对透明仿体内部多区域的温度和超声组织定征参量的同步监

测与损伤动态变化。肿瘤热消融治疗瞬态物理过程中，通过肉眼观察，将若干根（本实施例中使用4根）热电偶尖端放置在透明仿体内部预定位置。热电偶连接后端的温度采集设备，测量和显示前端这些热电偶尖端的温度变化，并记录保存在电脑中。通过主控电脑的时序控制，温度数据从肿瘤热消融治疗开始，每间隔50ms采集一次，直至治疗结束后一段时间。

本实施例中使用聚焦超声进行热消融治疗。使用声功率为100瓦，照射30秒。热消融治疗过程中，使用全数字化超声设备同步采集肿瘤热消融治疗过程中治疗区域超声回波射频数据。按照目标区域，将射频数据划分为多个模块，每个区域内的射频数据分别经过处理，可同时对肿瘤热消融治疗过程中多个区域的声衰减和背向散射积分等超声组织定征参量的同步瞬态变化进行检测。图6是肿瘤热消融治疗瞬态物理过程中，多区域的温度与超声组织定征参量同步监测与损伤动态变化同步监控结果。肿瘤热消融治疗开始后，治疗区域的温度上升，但是不同区域的温度随损伤发展的变化不同。同时，不同治疗区域的声学参数，例如衰减参数和背向散射参数随损伤发展的变化也不同。

实施例2：肿瘤热消融（包括微波、高强度聚焦超声以及激光）治疗瞬态物理过程中，多模式空化监测与损伤的同步变化。肿瘤热消融治疗瞬态物理过程中，同时使用B模式超声图，背向散射积分减影图，被动空化检测和光学图像对肿瘤热消融治疗过程中空化汽化微泡及其活动进行监测，并与损伤的动态变化同步对照，如图7所示。

本实施例中使用聚焦超声进行热消融治疗。使用声功率为80瓦，连续照射50秒。在热消融治疗过程中，使用全数字化超声设备同步采集肿瘤热消融

治疗过程中治疗区域超声回波射频数据。使用这些射频数据同步构建肿瘤热消融治疗过程中动态变化的背向散射积分减影图（图 7a）和常规 B 模式超声图（图 7b）。空化汽化微泡及其活动通过增强对超声的散射、反射等，改变超声传播特性，从而引起 B 模式超声图和背向散射积分减影图上的变化，因此我们可以通过 B 模式超声图和背向散射积分减影图对空化汽化微泡及其活动进行同步动态监控。热消融治疗过程中，同步使用声学空化检测方法对微泡及其活动同步监测。具体方式是使用空化检测换能器同步接收空化汽化微泡及其活动散射的超声回波射频信号，并由宽带接收器放大，再经由数据采集卡采集到保存在电脑硬盘中。从接收到的射频数据中提取空化声信号特征参数，具体是将所得波形通过 FFT 转换到频域，提取次谐波和宽带噪声，分别表征稳态和惯性空化活动的信息。热消融治疗过程中，使用光学信息采集系统采集透明仿生物组织体模中空化汽化微泡及其活动的动态变化过程。因为仿体是透明的，所以在热消融治疗过程中，我们可以使用录像机拍摄仿体内部的动态微泡活动（图 7c 和 d）。肿瘤热消融治疗过程中 B 模式超声图，背向散射积分减影图，被动空化检测和光学图像对肿瘤热消融治疗过程中空化汽化微泡及其活动的监测与损伤动态变化进行同步对比分析，研究不同的损伤发展阶段下微泡的瞬态变化以及与损伤的相互影响。

实施例 3：肿瘤热消融（包括微波、高强度聚焦超声以及激光）治疗过程中，多模式、多参量同步动态监控成像。在热消融治疗过程中，同时使用光学图像、B 模式超声图像、背向散射积分减影成像方法对肿瘤热消融过程进行动态监控成像，如图 8 所示。

本实施例中使用聚焦超声进行热消融治疗。使用声功率为 65 瓦，占空比方式照射总时间为 41 秒。热消融治疗过程中，使用光学信息采集系统可以采

集聚焦超声热消融治疗过程中的透明仿生物组织体模中损伤、空化汽化微泡及其活动的动态变化过程，如图 8 (a)所示。热消融治疗过程中，使用全数字化超声设备同步采集肿瘤热消融治疗过程中治疗区域超声回波射频数据。使用这些射频数据经过算法程序处理，同时对肿瘤热消融治疗过程中不同区域的声衰减、背向散射积分和非线性等超声组织定征参量的同步瞬态变化进行检测。利用超声组织定征参量在肿瘤热消融治疗过程的瞬态变化同步构建肿瘤热消融治疗过程中动态变化的 B 模式超声图像（图 8b）和背向散射积分减影图像（图 8c）。将肿瘤热消融治疗过程中光学和多参量、多模式声学动态同步监控图像与损伤动态变化进行同步对比分析，可研究不同的损伤发展阶段下光学和声学监控图像的变化以及与损伤的对应关系。

以上内容是结合具体的优选实施方式对本发明所作的进一步详细说明，不能认定本发明的具体实施方式仅限于此，对于本发明所属技术领域的普通技术人员来说，在不脱离本发明构思的前提下，还可以做出若干简单的推演或替换，都应当视为属于本发明由所提交的权利要求书确定专利保护范围。

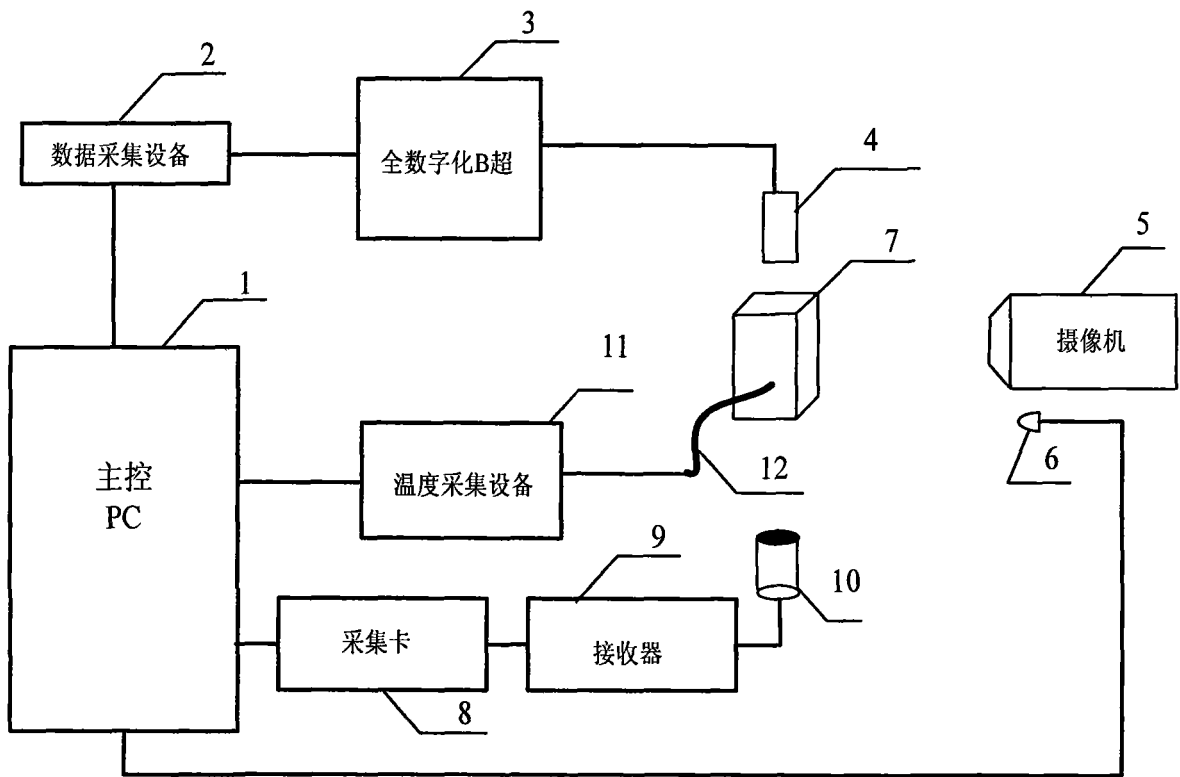


图 1

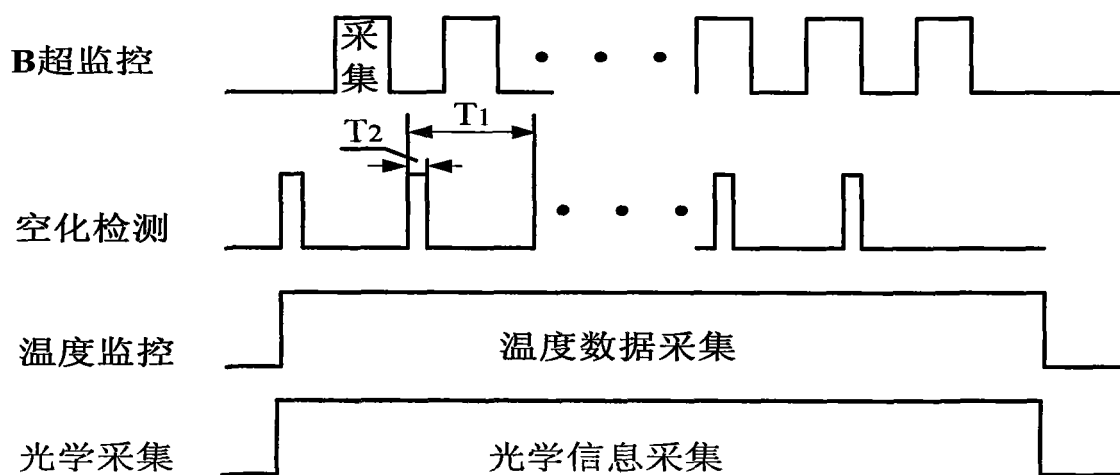


图 2

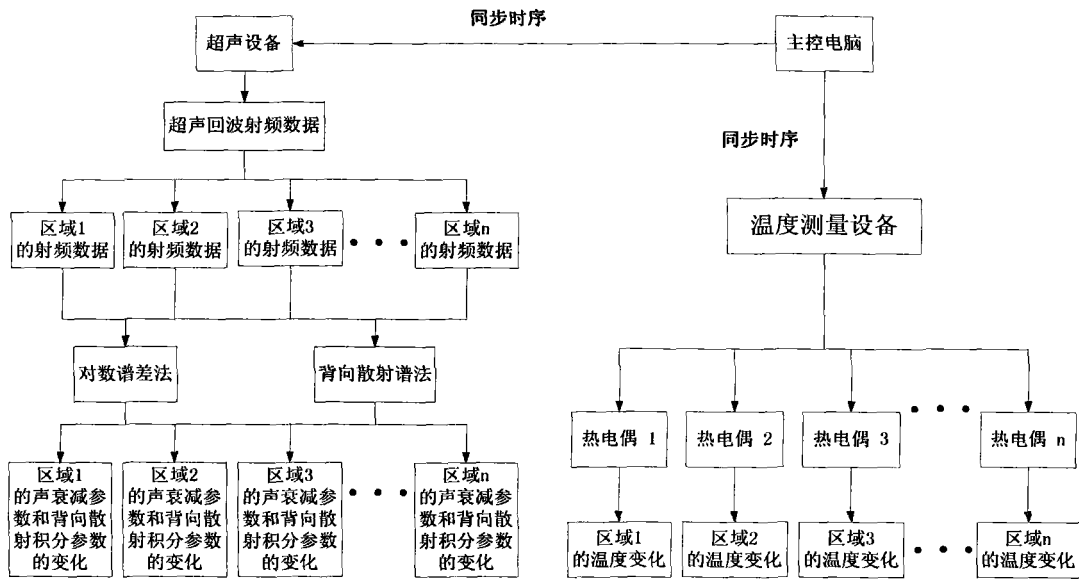


图 3

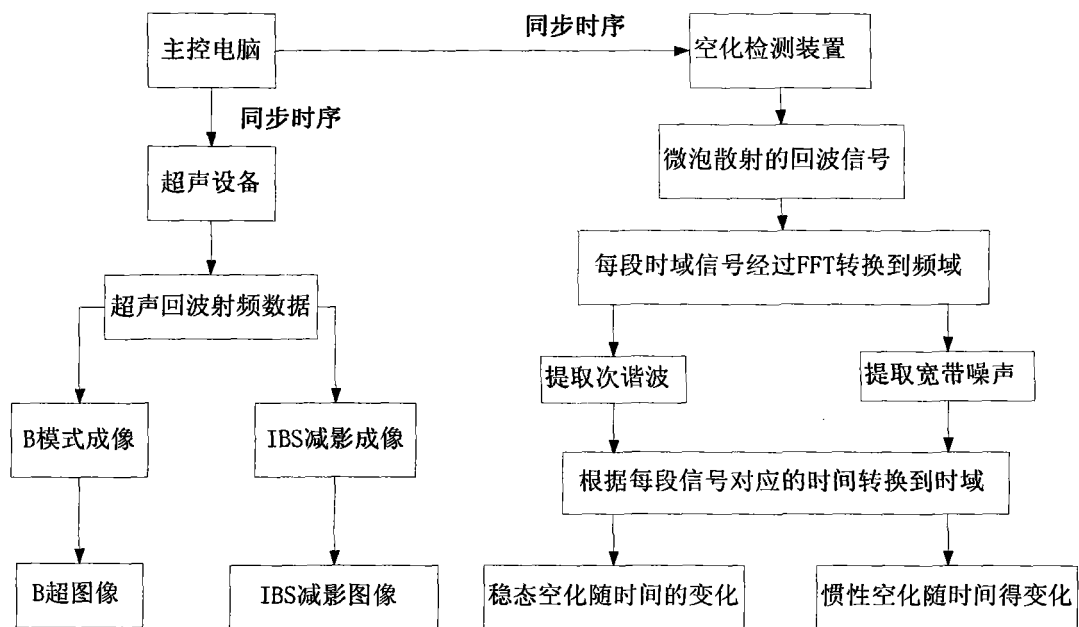


图 4

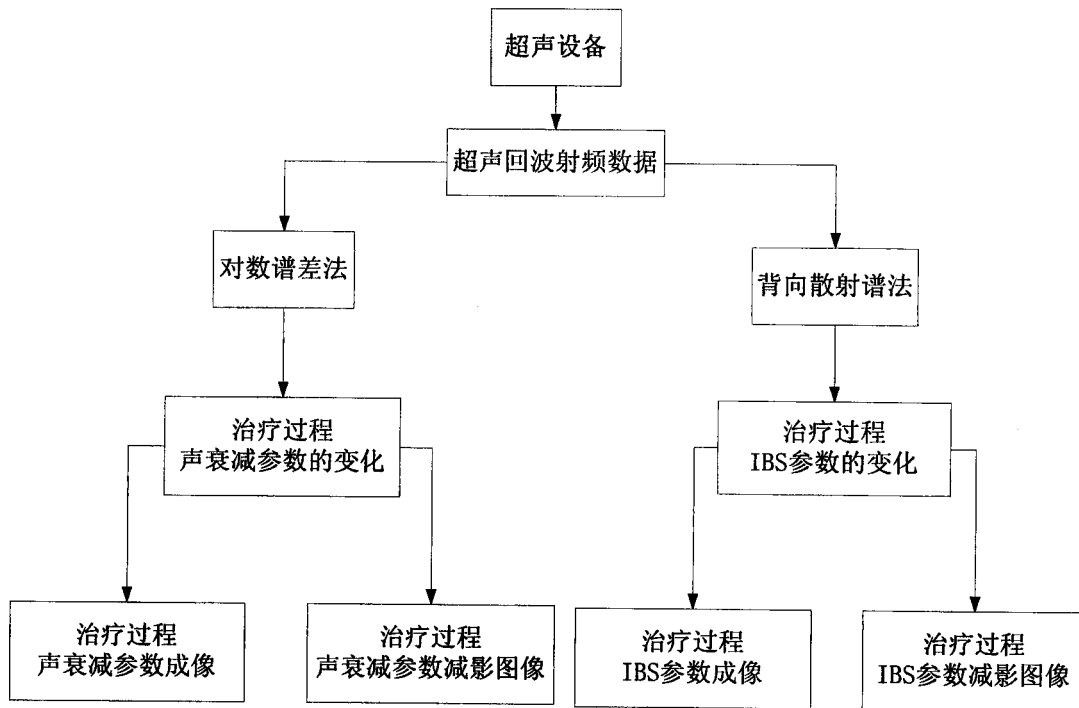


图 5

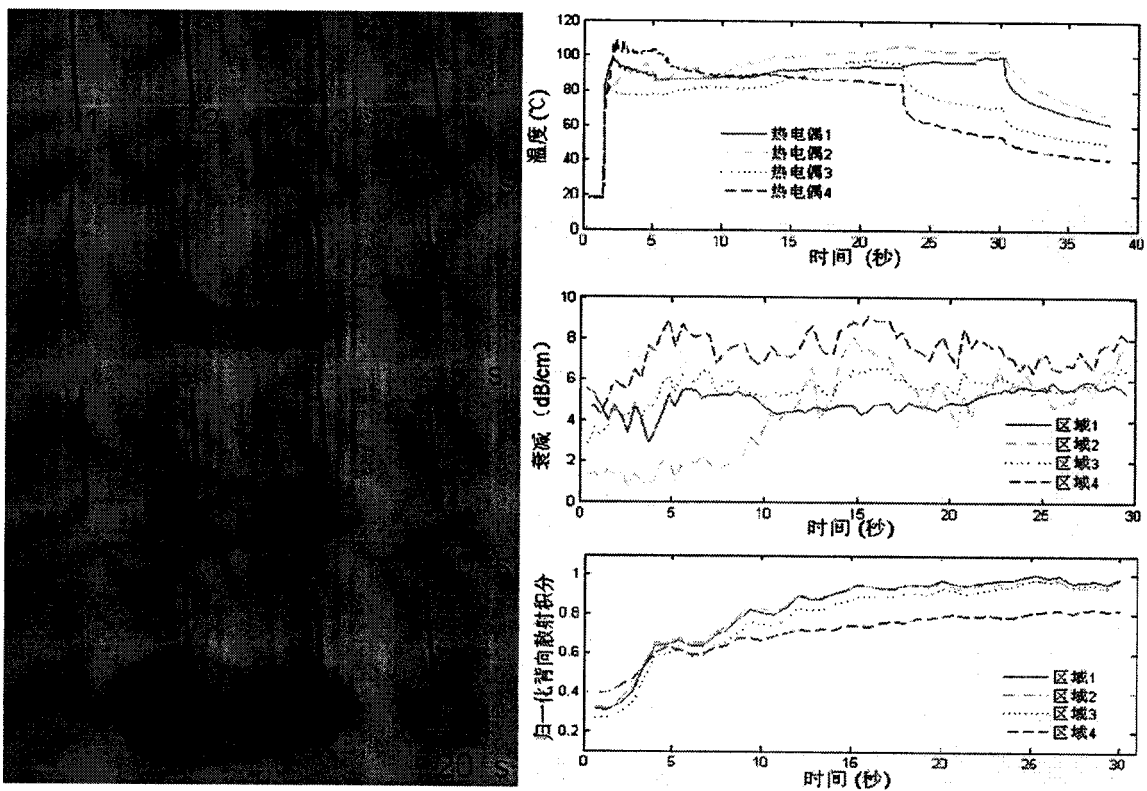


图 6

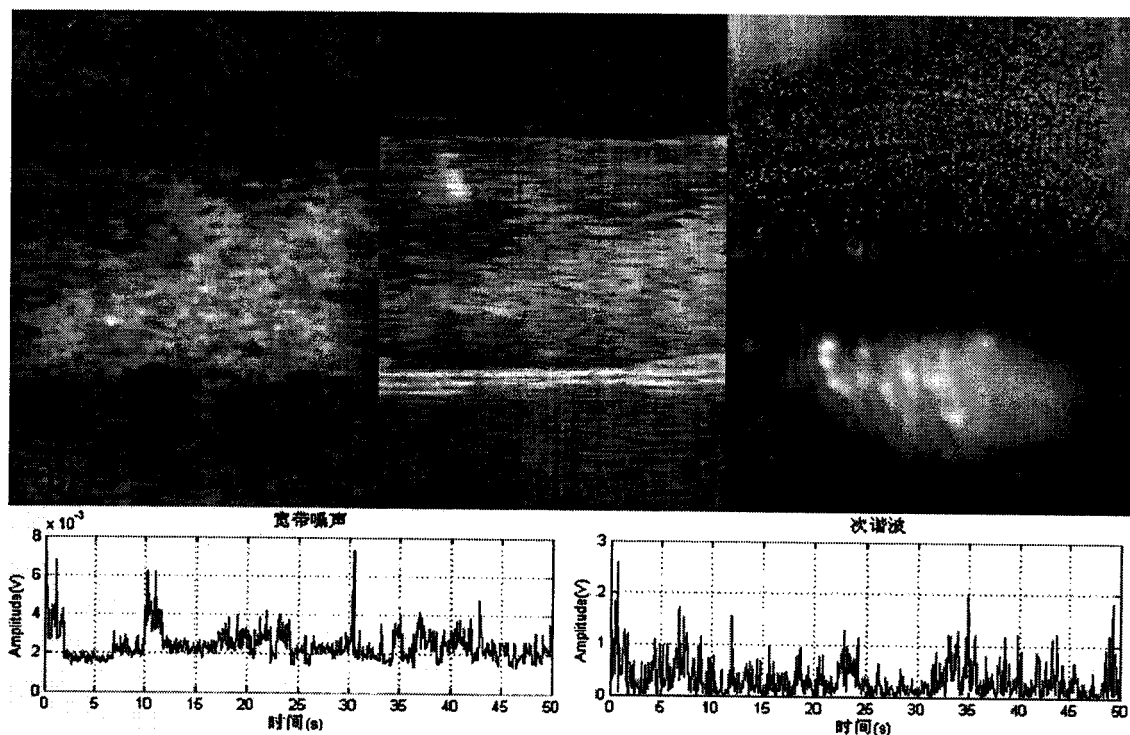


图 7

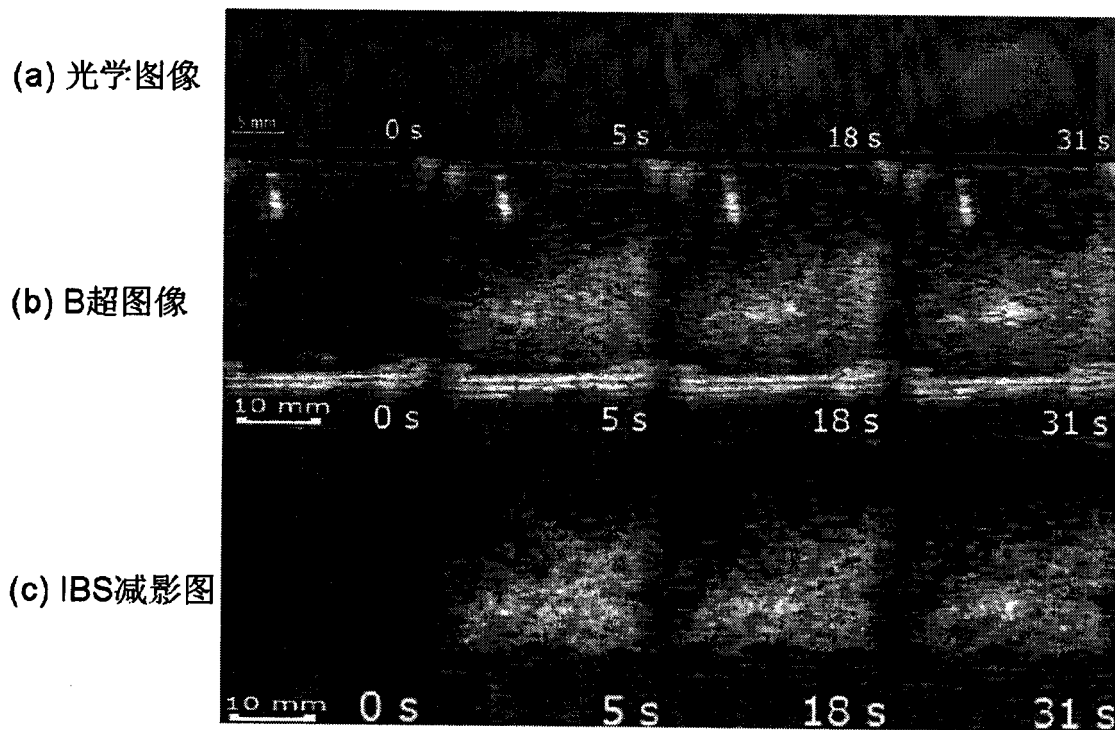


图 8

| | | | |
|----------------|--|---------|------------|
| 专利名称(译) | 一种瞬态物理过程中多模式和多参量同步检测成像监控系统及监控方法 | | |
| 公开(公告)号 | CN101623203A | 公开(公告)日 | 2010-01-13 |
| 申请号 | CN200910023529.4 | 申请日 | 2009-08-07 |
| [标]申请(专利权)人(译) | 西安交通大学 | | |
| 申请(专利权)人(译) | 西安交通大学 | | |
| 当前申请(专利权)人(译) | 西安交通大学 | | |
| [标]发明人 | 万明习 张思远 蒋胡杰 钟徽 丁婷 廖振中 王素品 | | |
| 发明人 | 万明习 张思远 蒋胡杰 钟徽 丁婷 廖振中 王素品 | | |
| IPC分类号 | A61B8/00 A61B8/08 A61N7/02 | | |
| 其他公开文献 | CN101623203B | | |
| 外部链接 | Espacenet SIPO | | |

摘要(译)

本发明公开了一种瞬态物理过程中多模式和多参量同步检测成像监控系统，在主控PC上连接有数据采集设备、指示灯、采集卡和温度采集设备；阵列换能器通过全数字化B超与数据采集设备连接；热电偶连接在温度采集设备上；检测换能器通过接收器与采集卡连接；样品附近设置有超声换能器、摄像机、指示灯、检测换能器和热电偶；超声换能器采集到样品7的射频数据通过数据采集设备输入到主控PC并保存在主控PC上。本发明将热消融治疗系统与包括声学、光学和温度测量在内的多种监控系统集成同步，实现了瞬态物理过程中多模式、多参量同步检测成像监控。

