



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 106037799 A

(43)申请公布日 2016. 10. 26

(21)申请号 201610471908.X

(22)申请日 2016.06.22

(71)申请人 华南理工大学

地址 510640 广东省广州市天河区五山路  
381号

(72)发明人 林春漪 潘浩

(74)专利代理机构 广州市华学知识产权代理有  
限公司 44245

代理人 罗观祥

(51) Int. Cl.

A61B 8/00(2006.01)

A61B 8/08(2006.01)

G06K 9/00(2006.01)

G06T 7/00(2006.01)

权利要求书2页 说明书4页 附图3页

(54)发明名称

基于超声RF背散射信号时频分析的弹性参数成像方法

(57)摘要

本发明公开了一种基于超声RF背散射信号时频分析的弹性参数成像方法,包括以下步骤:1、使用宽频超声线阵探头扫描活体肝组织,获取超声回波RF背散射信号;2、解调超声回波RF背散射信号并显示B型图;3、选择适当大小的ROI感兴趣区,大小设置为MXW;4、计算每一条扫描线的三层小波包分解,获取各个子频带能量谱序列;5、采用基于最小二乘法的四阶多项式拟合子频带能量谱序列,获取每条扫描线的弹性参量;6、计算ROI内所有扫描线的弹性参量的均值;7、将获得的均值映射为成像灰度,叠加在原B型图相应ROI位置上,实现ROI的弹性成像。具有能更好地反映肝组织微结构的特征等优点。



1. 基于超声RF背散射信号时频分析的弹性参数成像方法,其特征在于,包括以下步骤:

(1)使用宽频超声线阵探头扫描活体肝组织,获取超声回波RF背散射信号;

(2)解调超声回波RF背散射信号并显示B型图;

(3)选择适当大小的ROI感兴趣区,大小设置为MXW,即M为扫描线数,W为每条扫描线上的采样点数;

(4)计算每一条扫描线的三层小波包分解,获取各个子频带能量谱序列;

(5)采用基于最小二乘法的四阶多项式拟合子频带能量谱序列,获取每条扫描线的弹性参量;

(6)计算ROI内所有扫描线的弹性参量的均值;

(7)将获得的均值映射为成像灰度,叠加在原B型图相应ROI位置上,实现ROI的弹性成像。

2. 根据权利要求1所述的基于超声RF背散射信号时频分析的弹性参数成像方法,其特征在于,所述步骤(4)中,获取子频带能量谱序列的方法如下:设感兴趣区ROI大小为M×W,拥有M条扫描线,对每一条扫描线进行基于Matlab算法的小波包分解,小波基选择Daubechies16;

小波包分解中,分解层数的增加让信号的高频成分和低频成分的分解都达到很精细的程度;扫描线序列经过N层小波包分解之后,N表示小波包分解的层数,可以得到信号在任一频段的特征信息,即原信号的能量被分解到 $2^N$ 个正交频带上,其中, $N=3$ ,所以产生八个子频带分解系数序列;子频带分解系数序列的集合记作 $\{S_{N,j}(k)\}$ ,对应的子频带能量谱序列集合记作 $\{E_{N,j}(k)\}$ ;能量序列的连续计算公式如下:

$$E_{N,j}(t) = \int_t^{t+\Delta t} |S_{N,j}(t)| dt,$$

式中: $S_{N,j}(t)$ 为信号经过小波包分解至第N层的第j个子频带中时刻t的幅值,j为小波包分解到第N层的第j个子频带; $E_{N,j}(t)$ 表示信号分解到第N层的第j个子频带中时刻t的能量值;

离散形式表现为:

$$E_{N,j}(k) = \frac{(|S_{N,j}(k)| + |S_{N,j}(k+1)|)}{2},$$

式中, $S_{N,j}(k)$ 为扫描线序列经过小波包分解到第N层的第j个子频带中的第k个分解系数,每个子频带共有 $\frac{W}{2^N}$ 个分解系数,j为小波包分解到第N层的第j个子频带; $E_{N,j}(k)$ 表示分解到第N层的第j个子频带中的第k个分解系数的能量值;其中, $k=0,1,2,\dots,(W/2^N)-1$ , $j=0,1,2,3,\dots,2^N-1$ 。

3. 根据权利要求1所述的基于超声RF背散射信号时频分析的弹性参数成像方法,其特征在于,所述步骤(5)中,获取每条扫描线的弹性参量的方法如下:获得了一条扫描线的子频带能量谱序列集合 $\{E_{N,j}(k)\}$ 后,取出如下序列 $\{E_{N,0}(k), E_{N,1}(k), E_{N,2}(k), \dots, E_{N,2^N-1}(k)\}$ ,对上述序列点进行基于最小二乘法的四阶多项式拟合,公式如下:

$$P(x) = A + Bx + Cx^2 + Dx^3 + Ex^4,$$

取出弹性参量A,从k=0开始,令k=k+1,重复上述步骤,得到弹性参量A的序列 $\{A_0, A_1, A_2, \dots, A_{(W/2^N)-1}\}$ ,直到k=(W/2<sup>N</sup>)-1终止;将A序列求取一阶均值,于是得到这条扫描线的弹性参量 $\bar{A}$ ,公式如下:

$$\bar{A} = \frac{\sum_{k=0}^{(W/2^N)-1} A_k}{W/2^N}。$$

4. 根据权利要求1所述的基于超声RF背散射信号时频分析的弹性参数成像方法,其特征在于,所述步骤(6)中,计算ROI内所有扫描线的弹性参量均值的方法如下:获得了第m条扫描线的弹性参量,记作 $\bar{A}_m$ ,其中,m=0,1,2,⋯,M-1;M条扫描线组成弹性参量序列 $\{\bar{A}_0, \bar{A}_1, \dots, \bar{A}_{M-1}\}$ ,计算ROI内所有扫描线的弹性参量均值ET,计算公式如下:

$$ET = \frac{\sum_{m=0}^{M-1} \bar{A}_m}{M},$$

ET即为所求的整个ROI区域的弹性参量均值。

5. 根据权利要求1所述的基于超声RF背散射信号时频分析的弹性参数成像方法,其特征在于,所述步骤(7)中,实现超声弹性新参数成像的方法如下:根据权利要求1中所述的超声RF背散射信号时频分析的肝组织新参数成像方法,步骤(6)获取了整个ROI区域的弹性参量均值ET,按照一定比例进行调整,映射为成像灰度,计算公式如下:

$$\overline{ET} = \frac{ET}{\alpha} * 256,$$

将 $\overline{ET}$ 作为该ROI的象素值,叠加在原B型图相应位置上,实现ROI的弹性成像,其中,α根据具体有效的弹性参数进行调整。

## 基于超声RF背散射信号时频分析的弹性参数成像方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及一种超声医学技术,特别涉及一种基于超声RF背散射信号时频分析的弹性参数成像方法。

### 背景技术

[0002] 肝组织的弹性或硬度改变与肝纤维化和肝硬化密切相关。而超声弹性成像技术是观察生物组织软硬度的低成本、无损和简便的影像检查手段。

[0003] 目前超声弹性成像方法主要分为两大类,静态弹性成像技术和动态弹性成像技术,主要采用组织应变率和弹性模量作为成像参数,而且已经应用于医学临床。但是,它们仍需要改进。主要原因是:(1)静态弹性成像采用人工方式去模拟匀速加压,不可避免地会受到人为因素的影响,产生的应变和位移可以随着压力大小,频率快慢的不同而变化,从而导致生成的图像也会随之变化,并且该方法只适合于浅表器官的检查,即使是利用呼吸引起位移的准静态弹性成像,也会因为假定了边界是无限的理想条件而带来测量误差,因此静态弹性成像是一种定性影像检查手段,临床应用受限。(2)动态弹性成像首先使用了较高功率的超声波激励组织,使之在超声辐射力作用下产生剪切波,通过采用超高速平面波捕捉在剪切波传播中组织的位移,估计剪切波速度,在此计算中是假定了成像组织满足密度一致性并且各向同性的条件,但实际上生物的组织密度可能不一致,而且大多是各向异性,从而计算出的弹性模量会存在不同程度的误差;同时,高功率的激励超声波有可能对人体造成一定程度的损害,目前在医学临床中颇受争议;另一方面该技术使用了超高速成像技术,因此对超声探头和系统的要求较高,从而增加了探头和相关处理部分的制造成本。

[0004] 近年来,有国外学者提出利用超声RF背散射信号进行时频分析,利用声谱提取出与组织弹性密切相关的特征参量,并针对不同硬度的体模(杨氏模量分别为9.18kPa, 39.90kPa, 129.27kPa)进行了实验,实验结果证明,采用超声RF背散射信号时频分析获取的特征参量可以有效区分不同硬度的体模,区分度可以达到81.28%,但是并没有利用这些弹性参量进行超声成像的研究。

### 发明内容

[0005] 本发明的目的在于克服现有技术的缺点与不足,提供一种基于超声RF背散射信号时频分析的弹性参数成像方法,该弹性参数成像方法采用了常见的B超检查中获取的背散射回波RF信号,利用基于小波包分解的时频分析方法,提取与肝组织软硬度相关的组织特征,以此特征作为成像参数映射为成像灰度,对组织弹性进行成像。

[0006] 本发明的目的通过下述技术方案实现:一种基于超声RF背散射信号时频分析的弹性参数成像方法,包括以下步骤:

[0007] (1)使用宽频超声线阵探头扫描活体肝组织,获取超声回波RF背散射信号;

[0008] (2)解调超声回波RF背散射信号并显示B型图;

[0009] (3)选择适当大小的ROI感兴趣区,大小可以设置为MXW,即M条扫描线,每条扫描线

有W个采样点；

[0010] (4)取ROI内的第m(m=0,初始状态)条声束进行基于Matlab算法的三层小波包分解,小波基选取Daubechies16,提取八个子频带的能量谱序列。小波包分解中,分解层数的增加可以让信号的高频成分和低频成分的分解都达到很精细的程度,经过N层小波包分解之后,原信号的能量被分解到 $2^N$ 个正交频带上,在这里N=3,所以产生八个子频带分解系数序列,子频带分解系数序列的集合记作 $\{S_{N,j}(k)\}$ 。其中, $k=0,1,2,\dots,(W/2^N)-1$ , $j=0,1,2,3,\dots,2^N-1$ , $S_{N,j}(k)$ 为扫描线序列经过小波包分解到第N层的第j个子频带中的第k个分解系数,每个子频带共有 $\frac{W}{2^N}$ 个分解系数,j为小波包分解到第N层的第j个子频带;

[0011] (5)上一步获取的 $S_{N,j}(k)$ 所对应的子频带能量谱序列集合记作 $\{E_{N,j}(k)\}$ , $E_{N,j}(k)$ 的计算公式如下:

$$[0012] \quad E_{N,j}(k) = \frac{(|S_{N,j}(k)| + |S_{N,j}(k+1)|)}{2},$$

[0013] 其中, $E_{N,j}(k)$ 表示分解到第N层的第j个子频带中的第k个分解系数的能量值。取出如下序列 $\{E_{N,0}(k), E_{N,1}(k), E_{N,2}(k), \dots, E_{N,2^N-1}(k)\}$ ,对上述序列点进行基于最小二乘法的四阶多项式拟合,公式如下:

$$[0014] \quad P(x) = A + Bx + Cx^2 + Dx^3 + Ex^4,$$

[0015] 取出弹性参量A;

[0016] (6)从k=0开始,令k=k+1,重复步骤(5),得到弹性参量A的序列

[0017]  $\{A_0, A_1, A_2, \dots, A_{(W/2^N)-1}\}$ ,直到k=(W/2<sup>N</sup>)-1终止。将弹性参量序列A求取一阶均值,于是得到这条扫描线的弹性参量 $\bar{A}$ ,公式如下:

$$[0018] \quad \bar{A} = \frac{\sum_{k=0}^{(W/2^N)-1} A_k}{W/2^N},$$

[0019] (7)第m条扫描线的弹性参量,记作 $\bar{A}_m$ ,其中,m=0,1,2,...M-1。重复步骤(4)(5)(6),求得每一条扫描线的弹性参量,因此M条扫描线的弹性参量组成弹性参量序列 $\{\bar{A}_0, \bar{A}_1, \dots, \bar{A}_{M-1}\}$ ,计算ROI内所有扫描线的弹性参量均值ET,计算公式如下:

$$[0020] \quad ET = \frac{\sum_{m=0}^{M-1} \bar{A}_m}{M},$$

[0021] ET即为所求的整个ROI区域的弹性参量均值;

[0022] (8)将整个ROI区域的弹性参量均值ET,按照一定比例进行调整,映射为成像灰度,计算公式如下:

$$[0023] \quad \overline{ET} = \frac{ET}{\alpha} * 256,$$

[0024] 将 $\overline{ET}$ 作为该ROI的象素值,叠加在原B型图相应位置上,实现ROI的弹性成像。其中

$\alpha$ 为比例参数,根据具体 $\overline{ET}$ 的值进行调整,这里并没有统一的标准,在实施例中根据具体情况而定。

[0025] 本发明首先使用宽频超声线阵探头扫描活体人体肝组织,用同一探头接收超声回波射频RF背散射信号;解调并且显示其B型图,选取感兴趣区ROI;对ROI内的每一条扫描线做三层小波包分解,提取各个子频带能量谱序列;采用四阶多项式拟合能量谱序列,获取每条扫描线的弹性参量;将ROI内所有扫描线的弹性参量平均,均值映射为成像灰度,像素值和参数值成比例关系,叠加在原B型图的相应位置,实现ROI的弹性新参数成像。本发明首次提出基于超声RF背散射信号时频分析的肝组织弹性新参数成像方法,能更好地反映肝组织微结构的特征。

[0026] 本发明相对于现有技术具有如下的优点及效果:

[0027] 1、本发明首次提出基于超声RF背散射信号时频分析的肝组织弹性新参数成像方法,为临床肝硬化诊断以及监测提供了参考。

[0028] 2、本发明首次提出采用超声RF背散射信号的时频特性,提取反映肝组织弹性的参量,并实现反映弹性的新参数成像,无须增加额外成本,无损,简便,低成本。

#### 附图说明

[0029] 图1是本发明方法的流程图。

[0030] 图2是肝组织B型图。

[0031] 图3是小波包分解的示意图。

[0032] 图4是弹性参量获取原理示意图。

[0033] 图5a是正常肝组织感兴趣区ROI的超声弹性新参数成像图。

[0034] 图5b是肝硬化肝组织感兴趣区ROI的超声弹性新参数成像图。

#### 具体实施方式

[0035] 下面结合实施例及附图对本发明作进一步详细的描述,但本发明的实施方式不限于此。

[0036] 实施例

[0037] 如图1所示,本实施例基于超声RF背散射信号时频分析的肝组织弹性参量成像方法详述如下。

[0038] 本实施例使用了加拿大Ultrasonix公司生产的Sonix TOUCH及中心频率为6.6MHz的宽频线阵超声探头扫描肝脏包膜下的肝组织区域,获取超声回波RF背散射信号。

[0039] 我们对获取的超声回波RF背散射信号进行希尔伯特解调并显示其超声B型图,如图2所示。

[0040] 在超声B型图上选取大小为20X256的ROI,得到了ROI区域内的20条扫描线,每条扫描线的采样点为256,我们对每一条扫描线进行基于Matlab算法的三层小波包分解,如图3所示,小波基选取Daubechies16,得到八个子频带的分解系数序列,从而计算出子频带能量谱序列。

[0041] 利用基于最小二乘法的四阶多项式拟合我们获取的子频带能量谱序列,如图4所示,提取拟合系数A,计算由A组成的序列的均值,得到该扫描线的弹性参量 $\overline{A}$ 。整个ROI内所

有扫描线的弹性参量组成弹性参量序列 $\{\overline{A_0}, \overline{A_1}, \dots, \overline{A_m}, \dots, \overline{A_{19}}\}$ ,其中m表示为第m条扫描线,整个ROI共有20条扫描线。

[0042] 计算ROI内弹性参量序列的均值,计算如下:

$$[0043] \quad ET = \frac{\sum_{m=0}^{19} \overline{A_m}}{20},$$

[0044] 将整个ROI区域的弹性参量均值ET,按照一定比例进行调整,映射为成像灰度。在我们的实验研究中,正常肝样本49例,肝硬化样本41例,正常肝样本ET的变化范围在450.7755~559.7487,肝硬化样本ET的变化范围在589.6099~680.3542。我们选择比例参数 $\alpha=1200$ 计算ROI图像灰度 $\overline{ET}$ ,可以实现在原B超图上叠加弹性影像,如图5a所示,可见新参数成像灰阶反映了组织弹性,可以区分正常和肝硬化样本,如图5b所示,ROI图像灰度 $\overline{ET}$ 的计算如下:

$$[0045] \quad \overline{ET} = \frac{ET}{1200} * 256。$$

[0046] 上述实施例为本发明较佳的实施方式,但本发明的实施方式并不受上述实施例的限制,其他的任何未背离本发明的精神实质与原理下所作的改变、修饰、替代、组合、简化,均应为等效的置换方式,都包含在本发明的保护范围之内。

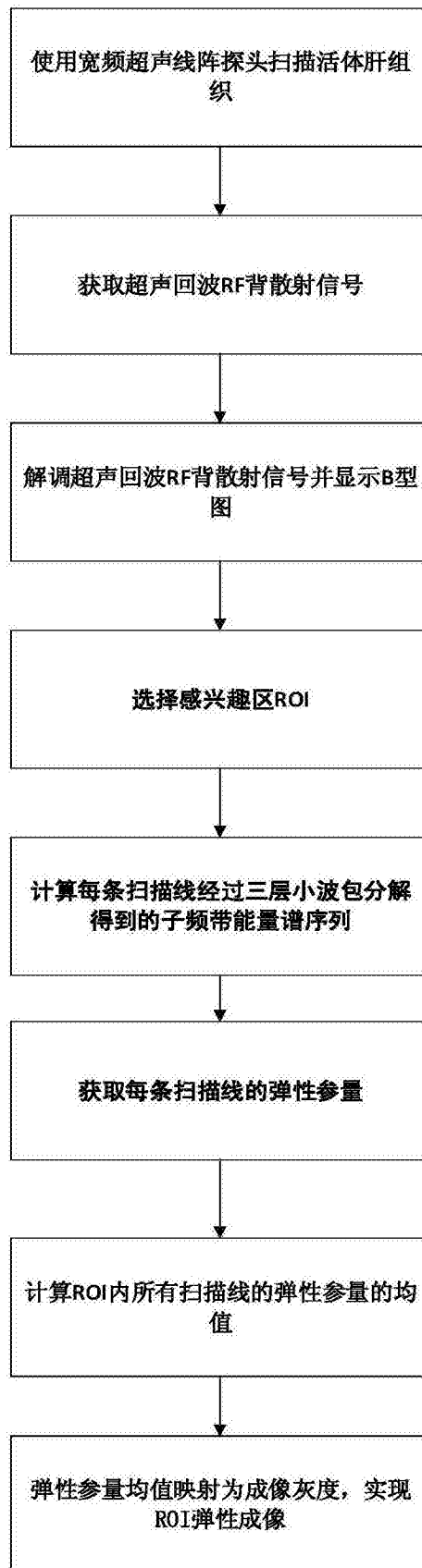


图1

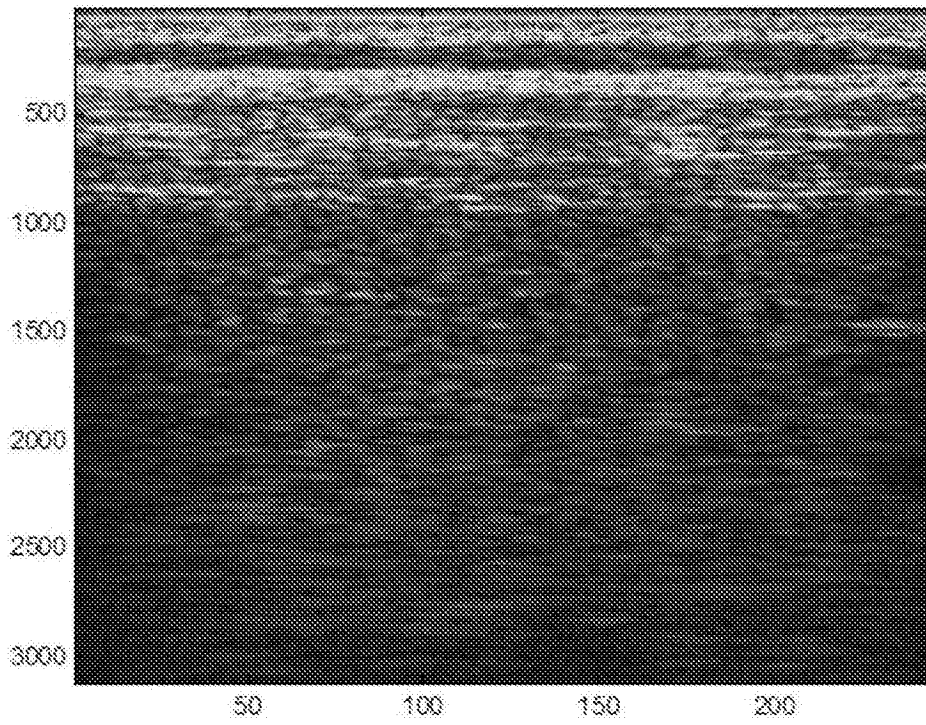


图2

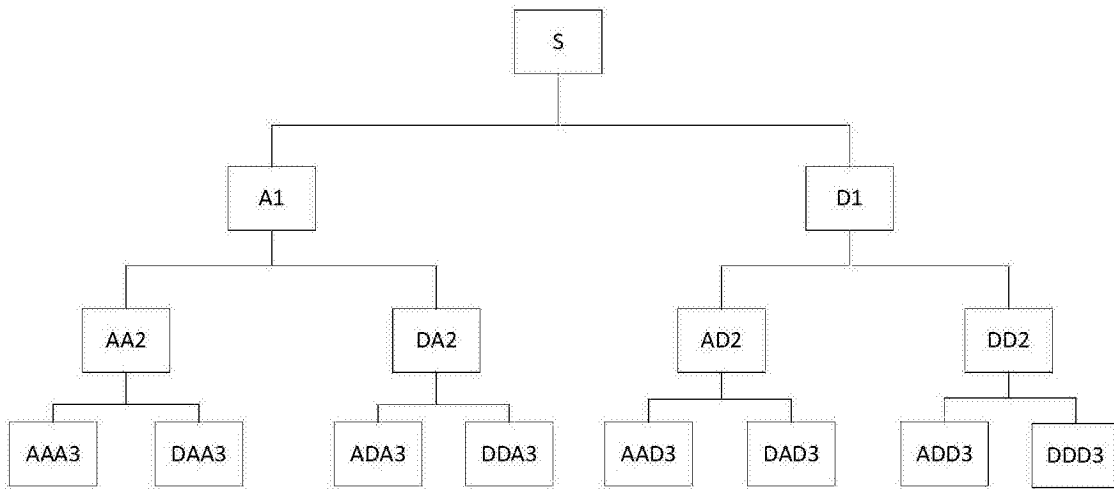


图3

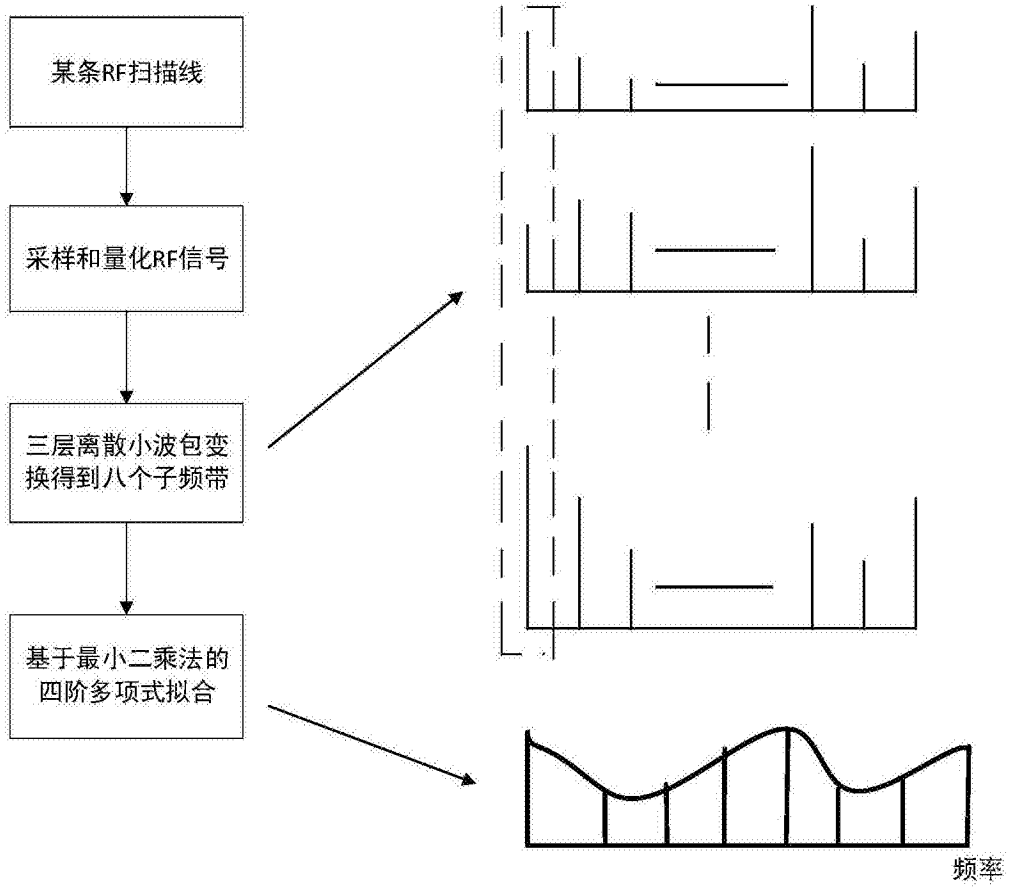


图4

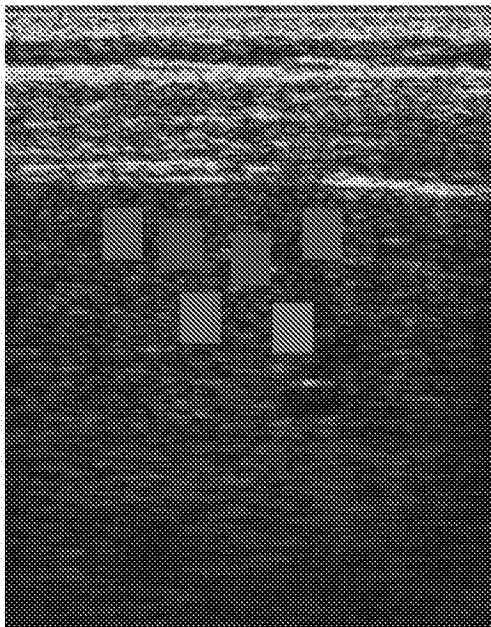


图5a

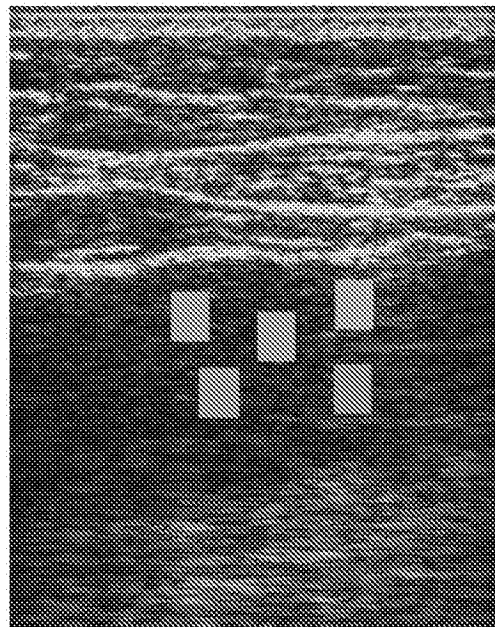


图5b

专利名称(译)	基于超声RF背散射信号时频分析的弹性参数成像方法		
公开(公告)号	<a href="#">CN106037799A</a>	公开(公告)日	2016-10-26
申请号	CN201610471908.X	申请日	2016-06-22
[标]申请(专利权)人(译)	华南理工大学		
申请(专利权)人(译)	华南理工大学		
当前申请(专利权)人(译)	华南理工大学		
[标]发明人	林春漪 潘浩		
发明人	林春漪 潘浩		
IPC分类号	A61B8/00 A61B8/08 G06K9/00 G06T7/00		
CPC分类号	A61B8/0833 A61B8/44 A61B8/485 A61B8/5207 G06K9/00523 G06T7/0012 G06T2207/20104 G06T2207/30056		
其他公开文献	CN106037799B		
外部链接	<a href="#">Espacenet</a> <a href="#">SIPO</a>		

摘要(译)

本发明公开了一种基于超声RF背散射信号时频分析的弹性参数成像方法，包括以下步骤：1、使用宽频超声线阵探头扫描活体肝组织，获取超声回波RF背散射信号；2、解调超声回波RF背散射信号并显示B型图；3、选择适当大小的ROI感兴趣区，大小设置为MXW；4、计算每一条扫描线的三层小波包分解，获取各个子频带能量谱序列；5、采用基于最小二乘法的四阶多项式拟合子频带能量谱序列，获取每条扫描线的弹性参量；6、计算ROI内所有扫描线的弹性参量的均值；7、将获得的均值映射为成像灰度，叠加在原B型图相应ROI位置上，实现ROI的弹性成像。具有能更好地反映肝组织微结构的特征等优点。

