



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 110720951 A

(43)申请公布日 2020.01.24

(21)申请号 201911027660.8

(22)申请日 2019.10.25

(71)申请人 南京大学

地址 210023 江苏省南京市栖霞区仙林大道163号

(72)发明人 何爱军 许聪聪 陈仿 唐尧

(51)Int.Cl.

A61B 8/08(2006.01)

权利要求书1页 说明书4页 附图4页

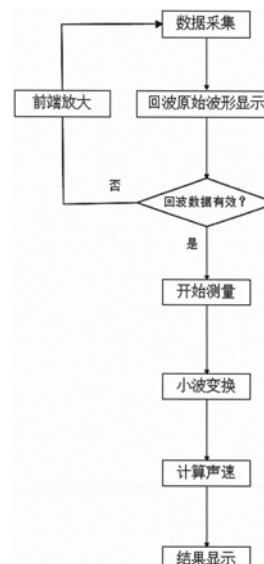
(54)发明名称

一种基于小波变换的超声轴向传输骨密度测量方法

(57)摘要

一种基于小波变换的超声轴向传输骨密度测量方法，就是为了解决目前骨密度测量技术存在的测量精度不高等实际问题而做出的方法改进；本设计方法核心方案是通过以MexicanHat为小波基的小波变换，将原始回波信号映射到时间-尺度的关系上，观察时间-尺度图得出第一到达波的起始位置。为了进一步优化第一到达波到达时间差的方法，把尺度转到相应的频率上，计算原信号中心频率的尺度，提取该尺度的相关系数；通过提取数据每一个相关系数的极大值和时间，根据时间-尺度图中第一到达波的大概位置，提取出第一到达波相关系数的极大值和时间，将两通道信号第一到达波相关系数极大值对应的时间作差可得时间差，求得超声波传导速度，从而表征骨密度。

A  
CN 110720951



1.一种基于小波变换的超声轴向传输骨密度测量方法,其特征是通过小波变换确定第一到达波位置来确定声速;通过实验及MATLAB仿真,表明互相关方法在处理回波信号时,存在只有回波信号只包含第一到达波时结果才准确的缺陷;因此提出使用小波变换确定第一到达波位置,小波变换能够更好的观察信号的局部特性。

2.一种基于小波变换的超声轴向传输骨密度测量方法,其特征是选取Mexican Hat小波作为该方法下的小波基;整个方法将人体手臂的桡骨测试数据导入PC,通过实验,并结合MATLAB进行仿真测试,得出不同小波基下小波变换的时间-尺度图,通过不同小波基下小波变换的时间-尺度图得出的第一到达波的位置,计算出不同小波基下对应的超声波传导速度(SOS),与超声在样品中传播的实际速度相比,得出Mexican Hat小波的结果更加准确。

3.一种基于小波变换的超声轴向传输骨密度测量方法,其特征是将沿皮质骨轴向传输的超声波当做第一到达波;与超声透射式传输测量骨密度方法不同,本方法选择当超声波以满足特定角度与高度函数的位置发射时,可以使得沿皮质骨轴向传输的超声波优先到达超声探头接收端。

4.一种基于小波变换的超声轴向传输骨密度测量方法,其特征是优化计算第一到达波时间差的方法;对比直接读取MATLAB中时间-尺度图的图示信息的方法,本方法把尺度转到相应的频率上,通过计算原信号中心频率的尺度,提取该尺度的相关参数,将问题转换成对尺度相关参数的研究;尺度与频率之间的关系:设 $a$ 为尺度, $f_s$ 为采样频率, $F_c$ 为小波中心频率,则 $a$ 对应的实际频率 $F_a = F_c \times f_s / a$ ;将处理后的数据取绝对值,提取取完绝对值的数据在200点以后的每一个相关系数的极大值和时间,根据时间-尺度图中第一到达波的大概位置,提取出第一到达波相关系数的极大值和时间,将两通道信号获得的第一到达波相关系数极大值对应的时间作差可得时间差。

5.一种基于小波变换的超声轴向传输骨密度测量方法,其特征是信号前端采用硬件放大电路以及选取合适的阻尼电阻提高信噪比;由于回波数据中反射波,折射波明显,轴向传输的侧波衰减大,幅值小,且有噪声干扰,信号不稳定;硬件放大电路选用芯片AD8099构成同相放大电路,增大信号幅值,提高信噪比;通过实验表明,当选取200欧姆阻尼电阻时,噪声和第一到达波存在较为明显的区分度。

## 一种基于小波变换的超声轴向传输骨密度测量方法

### 技术领域

[0001] 本发明主要涉及医学超声诊断领域,针对目前骨密度测量技术存在的测量精度不高等实际情况,利用定量超声技术,设计了一种基于小波变换的超声轴向传输骨密度测量方法。

### 背景技术

[0002] 骨质疏松是一种多发于中老年的疾病,近年来,它逐渐威胁着人们的健康。近几年,人们发现有些年轻人由于不良的作息和饮食习惯逐渐也出现了骨质疏松的情况,可谓有种“老年疾病”年轻化的趋势。骨质疏松症对人体的危害是多方面,且不易被发现。

[0003] 随着人们对骨质疏松症的关注越来越多,相关患者对于骨密度的测量技术提出了更高的要求,当下的医学技术,对人骨密度的测定方法大致有以下几种:单光子吸收测定技术(SPA),它通过不同密度的骨组织对 $\gamma$ 射线吸收率不同的特点来判断人体骨密度的强弱。然而,该技术的测量精度不高,并且设备相对便宜,相比家庭、社区,更适用于大面积群众普查的应用场景中。由单光子吸收技术衍生而来的双光子吸收测定技术(DPA),它相比前者提高了测量结果的准确性和精度,但是价格却昂贵了许多。双能X射线测定(DEXA)技术,该技术的研究早可以追溯到上世纪七十年代,不过被应用至临床测定则只有十多年的历史,它具有放射量低的特点,另外它是国际卫生组织公认的金标准,但是它的缺点也很明显,仪器体积大,价格高,不适合在家庭、社区等场景运用。骨组织活体检查,简而言之就是将人体骨组织切片,用显微镜观察,此方法显然只能在实验室进行,无法应用于临床。定量CT技术相比前面介绍的方法有着更高的准确性,但是缺陷也很大,就是设备昂贵,只有大型医院才能配置,并且辐射量大。随着CT技术广泛运用与各种病患,长时间接受辐射对人体有害是毋庸置疑的,所以减少辐射量也是人们所关心的地方。

[0004] 本发明设计的基于小波变换的超声轴向传输骨密度测量方法就是为了解决上述测量精度不高,价格昂贵,体积大,辐射大等问题。

### 发明内容

[0005] 本发明要解决的问题是:由于目前骨密度测量技术存在诸多的缺陷,人们对于用定量超声技术实现骨密度测量的需求是十分迫切的,所以以提高当前的骨密度测量技术为目的,本发明设计了一种基于小波变换的超声轴向传输骨密度测量方法。

[0006] 本发明的技术方案为:将轴向传输的临界角侧波作为第一到达波,利用第一到达波走过的路程与时间之比来衡量骨质疏松情况。

[0007] 首先,将超声探头发射端与接收端以一定的角度与高度放置,使侧波成为第一到达波到达接收端。四个超声探头位于同一水平线上时,超声波从软组织射入骨骼所需的时间和从骨骼到软组织穿出所需的时间相同,两个接收端接收到的第一到达波的路程的差值即为两倍的探头间距d,由路程差和时间差作商可得超声波在骨骼中的声速。

[0008] 其次,在传播距离确定的情况下,核心在于求取两路回波第一到达波的时延。通过

以Mexican Hat小波作为小波基的小波变换法处理回波数据,结合MATLAB,画出时间-尺度图,根据图示信息得出第一到达波的起始位置。此外,对比直接读取MATLAB中时间-尺度图的图示信息的方法,本发明把尺度转到相应的频率上,通过计算原信号中心频率的尺度,提取该尺度的相关参数,将问题转换成对尺度相关参数的研究;尺度与频率之间的关系:设a为尺度,fs为采样频率,Fc为小波中心频率,则a对应的实际频率Fa=F<sub>c</sub>×f<sub>s</sub>/a;将处理后的数据取绝对值,提取取完绝对值的数据在200点以后的每一个相关系数的极大值和时间,根据时间-尺度图中第一到达波的大概位置,提取出第一到达波相关系数的极大值和时间,将两通道信号获得的第一到达波相关系数极大值对应的时间作差可得时间差。

## 附图说明

- [0009] 图1是系统设计框图。
- [0010] 图2是Mexican Hat小波变换的时频分析图。
- [0011] 图3是玻璃试块AD通道回波及尺度相关系数图。
- [0012] 图4是玻璃试块BC通道回波及尺度相关系数图。
- [0013] 图5是黄铜试块AD通道回波及尺度相关系数图。
- [0014] 图6是黄铜试块BC通道回波及尺度相关系数图。

## 具体实施方式

[0015] 一种基于小波变换的超声轴向传输骨密度测量方法包括小波基的选取,通过小波变换处理回波,优化方法确定第一到达波位置,两通道第一到达波的时延以及超声波在皮质骨中传播速度的计算。

[0016] 小波基的选取通过对常用小波基函数的特性:Daubechines小波不具有对称性,它的支撑区为2N-1,所以Daubechies小波长度有限。Meyer小波不具有紧支撑性的特点,收敛速度却很快。Morlet小波是一种非正交的复值小波,所以能够分析信号的幅值和相位信息。它的函数包络是高斯包络,具有对称性,并且没有尺度函数,虽然紧支撑性不好,但在工程中应用广泛,但是Morlet小波因为是非正交的,所以不能用来做正交小波变换。Mexican Hat小波是高斯函数的二阶求导表达式,它在时域和频域都有比较好的局部化特性,因此适合做一些微弱信号定位的研究。经过对以上几个常用小波基的研究和实验,具体来说,将人体手臂的桡骨测试数据导入PC,结合MATLAB进行仿真测试,画出时间-尺度图和相关系数图进行对比,选择Mexican Hat小波,其时频分析如图2。

[0017] 在信号处理中,都会根据信号本身的特点来选择合适的信号处理方法,如果信号中含有不同频率的,那么使用傅立叶变换后,再经过一个滤波器就可以了,但是如果信号本身的频率就集中在某一个频率中,而且特别需要在频域中能够找到对应的时间点,这时傅立叶变换的局限性就非常明显了,显然小波变换更加适合。对母小波的平移变换,可以得到时间信息,对母小波进行缩放可以得到频域的信息。一般而言,高尺度变换(即小波被拉长)对应着低频信号,低尺度变换(即小波被收缩)对应着高频信号。通过对母小波的缩放和平移变换可以得到小波系数。这些小波系数表示和局部信号的相似度。在本实验中通过小波变换,以Mexican Hat小波为小波基,来得到和原信号相关系数,并且在Matlab中绘出时间尺度图,并用色度的不同来表示的相关系数大小,这样原信号中相关系数较大的值在色度

图就得到了很好映射,可以很清晰的观测到第一到达波开始的时刻。

[0018] 在对原信号处理的过程中,需要做接下来的四步:

[0019] 第一步:先要设定好小波变化的尺度范围,这个范围要选择合适,如何选择就是要找出在该信号的中心频率下所对应的尺度值,具体方法在下面的方法优化中可以知道。不然做出小波变化后得到的相关系数会很小,不利于后面的数据分析。

[0020] 第二步:在每个尺度下,对母小波做出平移,得到小波的离散值。并且和原信号做卷积。

[0021] 第三步:重复第二步,在不同的尺度下,得到多尺度的小波离散值,分别和原信号做卷积。

[0022] 第四步:由于在不同尺度下都能得到了做卷积得到的序列,在Matlab中就是一个矩阵,矩阵的行数代表尺度,矩阵每一行代表每个尺度下原信号和小波的相关系数。所以如果将这个矩阵在图中绘出,就可以得到尺度一时间图。在这幅图中,小波系数的大小可以映射到色度图中,色度越亮表明系数越大。所以为了系数和色度有一个好的映射,还需要对小波系数进行取模,将取模过后的小波系数映射到色度图中。

[0023] 通过优化方法确定第一到达波中心位置的时间:

[0024] ①:将经带通滤波器的回波数据作指定尺度的小波变换处理。

[0025] ②:将步骤①获得的数据取绝对值。

[0026] ③:提取步骤②获得的数据在200点以后的每一个极大值和时间。

[0027] ④:提取步骤③获得的数据的第一个极大值的时间。

[0028] 根据以上步骤编写程序,计算获得的时间即为第一到达波中心位置的时间,将两通道信号获得的第一到达波到达时间作差可得时间差。需要补充的是,如何确定尺度系数来进行小波变换。设尺度为a,采样频率为 $f_s$ ,小波中心频率为 $f_c$ ,而超声探头的频率为f,则有公式:
$$f = \frac{f_c \times f_s}{a}$$

[0029] 本设计采样频率 $f_s=60\text{MHz}$ ,Mexican Hat小波中心频率 $f_c=0.25\text{Hz}$ ,超声探头的频率 $f=1.25\text{MHz}$ ,计算可得尺度为12。

[0030] 本设计采用Mexican Hat小波作为小波基,以玻璃试块和铜块作为测试样品,获得的回波数据首先用MATLAB进行仿真验证。由于经小波变换后得到的小波系数可以反映与回波信号局部的相似程度,对回波信号做不同尺度的小波变换,并在MATLAB中以横坐标为时间纵坐标为相关系数,将相关系数归一化,如下图为画出的尺度为12的相关系数图。

[0031] 首先对玻璃试块进行测试,如图3,图4。

[0032] 由上述方法得出,AD通道的第一到达波时间在635点,BC通道的第一到达波时间在379点,二者作差可得时间差为256点。而AD通道与BC通道走过的路程差为探头间距的两倍,即

$$d = 0.0058m = \frac{\Delta t \cdot SOS}{2}$$

[0034] 由此可得声速(SOS)约为 $2718\text{m/s}$ ,和当时的温度30度下玻璃试块的标准声速 $2730\text{m/s}$ 相近。

[0035] 其次对黄铜试块进行测试,如图5,图6。

[0036] 由上述方法得出,AD通道的第一到达波时间在467点,BC通道的第一到达波时间在306点,二者作差可得时间差为161点。而AD通道与BC通道走过的路程差为探头间距的两倍,即

$$[0037] d = 0.0058m = \frac{\Delta t \cdot SOS}{2}$$

[0038] 由此可得声速(SOS)约为4322m/s,和黄铜试块的标准声速4300m/s相近。

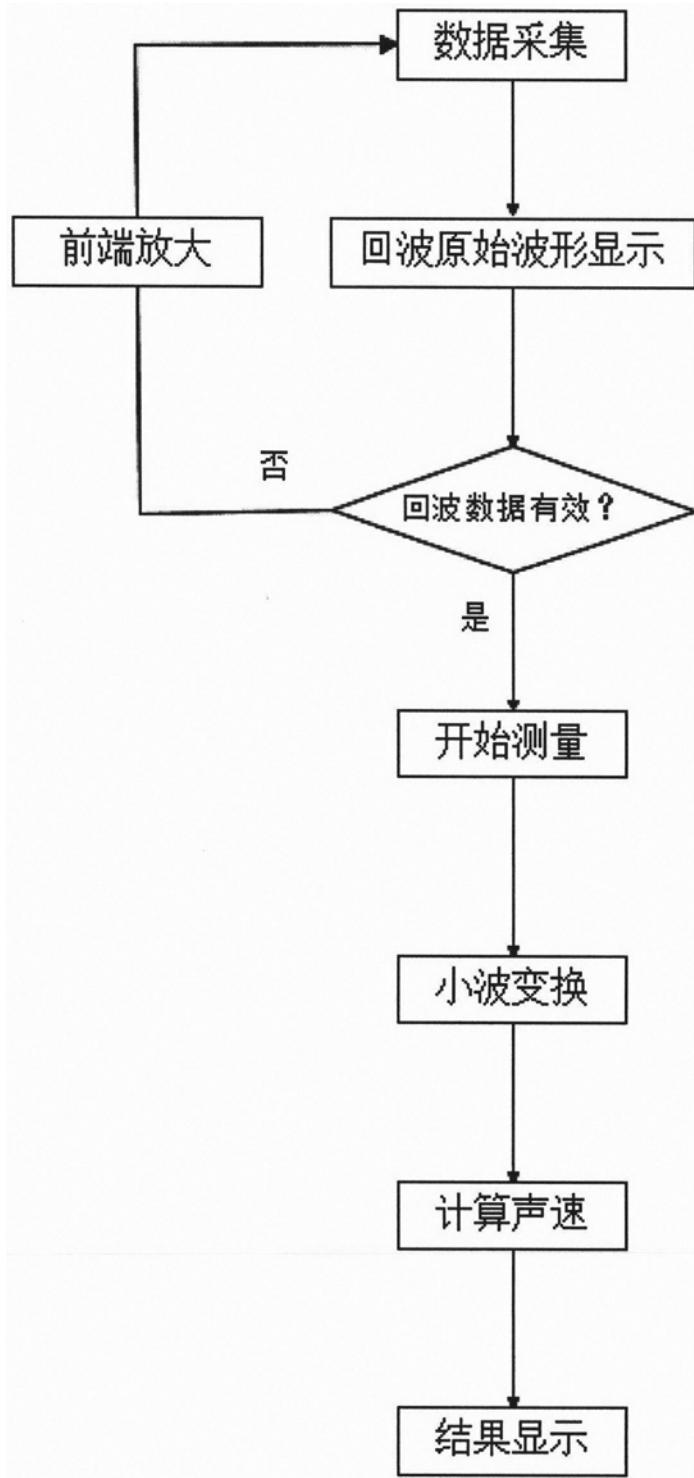


图1

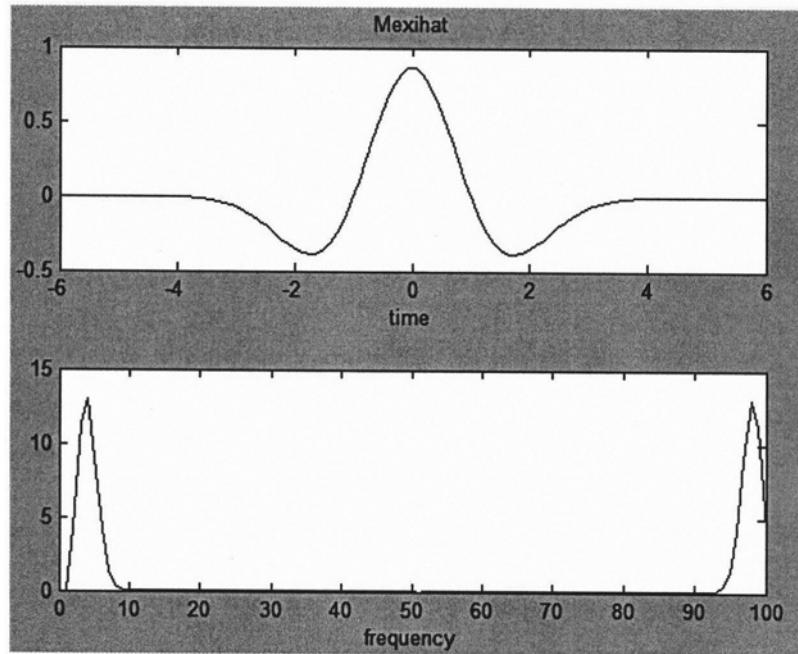


图2

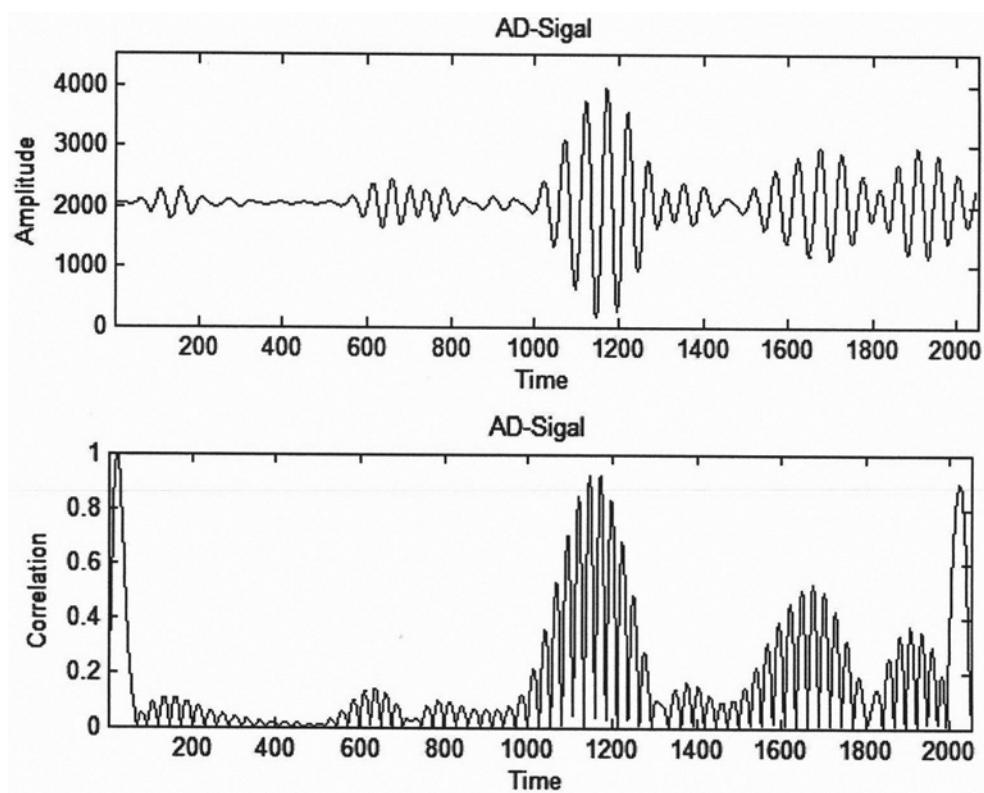


图3

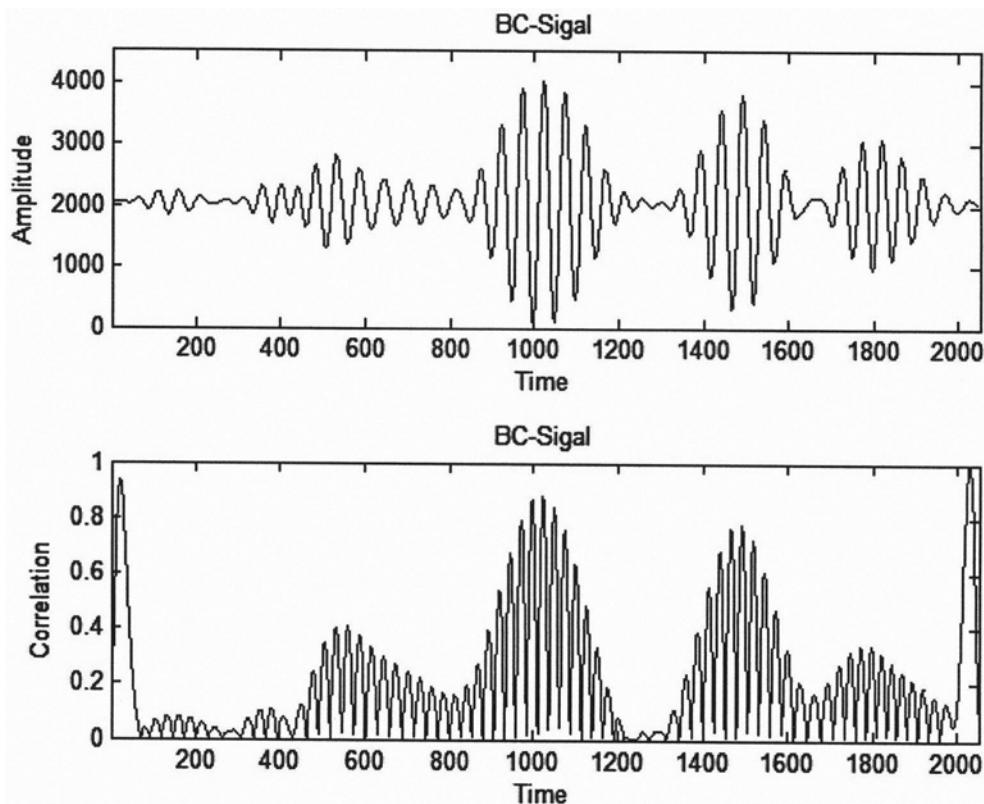


图4

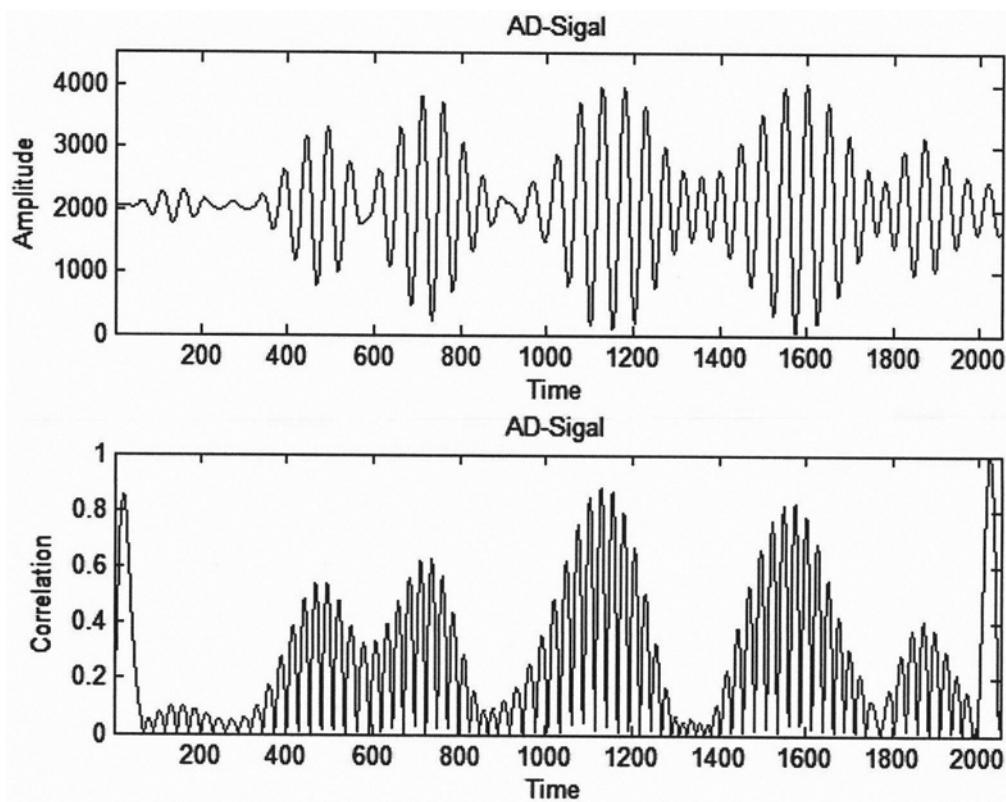


图5

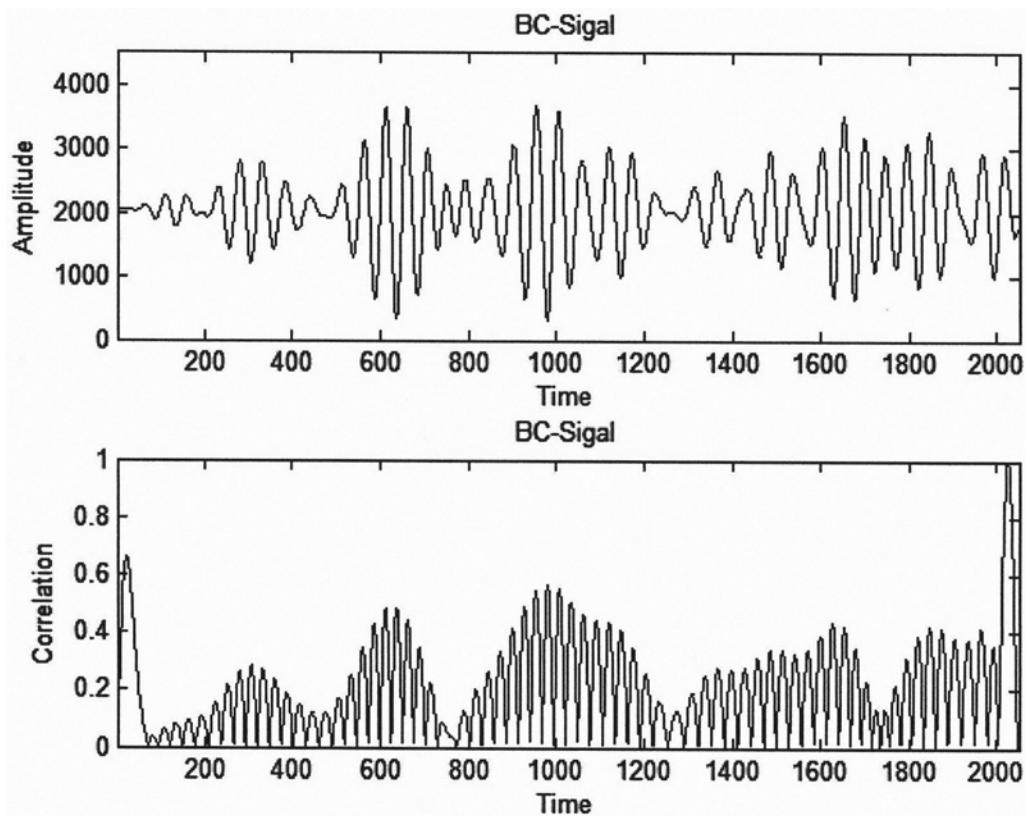


图6

专利名称(译)	一种基于小波变换的超声轴向传输骨密度测量方法		
公开(公告)号	<a href="#">CN110720951A</a>	公开(公告)日	2020-01-24
申请号	CN201911027660.8	申请日	2019-10-25
[标]申请(专利权)人(译)	南京大学		
申请(专利权)人(译)	南京大学		
当前申请(专利权)人(译)	南京大学		
[标]发明人	何爱军 许聪聪 陈仿 唐尧		
发明人	何爱军 许聪聪 陈仿 唐尧		
IPC分类号	A61B8/08		
CPC分类号	A61B8/0875 A61B8/5207		
外部链接	<a href="#">Espacenet</a> <a href="#">Sipo</a>		

#### 摘要(译)

一种基于小波变换的超声轴向传输骨密度测量方法，就是为了解决目前骨密度测量技术存在的测量精度不高等实际问题而做出的方法改进；本设计方法核心方案是通过以MexicanHat为小波基的小波变换，将原始回波信号映射到时间-尺度的关系上，观察时间-尺度图得出第一到达波的起始位置。为了进一步优化第一到达波到达时间差的方法，把尺度转到相应的频率上，计算原信号中心频率的尺度，提取该尺度的相关系数；通过提取数据每一个相关系数的极大值和时间，根据时间-尺度图中第一到达波的大概位置，提取出第一到达波相关系数的极大值和时间，将两通道信号第一到达波相关系数极大值对应的时间作差可得时间差，求得超声波传导速度，从而表征骨密度。

