



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 114778706 A

(43) 申请公布日 2022. 07. 22

(21) 申请号 202210491111.1

(22) 申请日 2022.05.07

(71) 申请人 厦门大学

地址 361000 福建省厦门市思明区思明南路422号

(72) 发明人 苏宇辰 孙海信 周明章 谢卓钜 叶焜

(74) 专利代理机构 厦门福贝知识产权代理事务所(普通合伙) 35235

专利代理师 陈远洋

(51) Int. Cl.

G01N 29/44 (2006.01)

G01N 29/46 (2006.01)

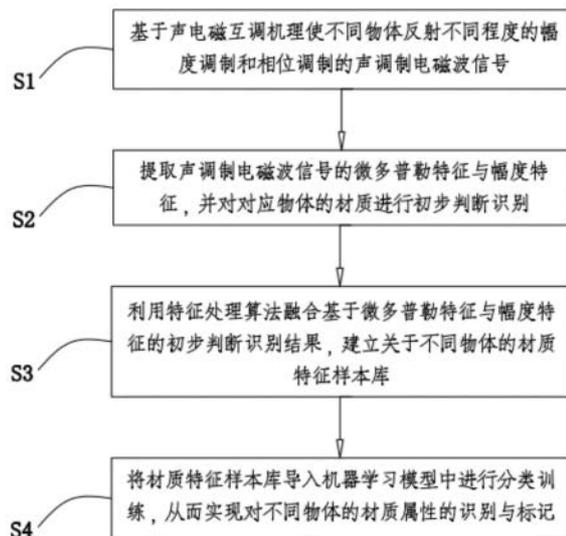
权利要求书2页 说明书8页 附图10页

(54) 发明名称

一种基于声电磁互调的室内物体回波特征处理方法与系统

(57) 摘要

本申请提出了一种基于声电磁互调的室内物体回波特征处理方法,包括:S1、基于声电磁互调机理使不同物体反射不同程度的幅度调制和相位调制的声调制电磁波信号;S2、提取所述声调制电磁波信号的微多普勒特征与幅度特征,并对对应所述物体的材质进行初步判断识别;S3、利用特征处理算法融合上述的初步判断识别结果,建立关于不同所述物体的材质特征样本库;S4、将所述材质特征样本库导入机器学习模型中进行分类训练,从而实现对不同所述物体的材质属性的识别与标记。本申请利用声调制边带信号的幅度来进行特征处理,设计出可靠的基于声电磁互调的室内物体回波特征处理算法,达到室内物体关键属性的识别与标记,提高了目标物体判决的准确性。



1. 一种基于声电磁互调的室内物体回波特征处理方法,其特征在于,包括:

S1、基于声电磁互调机理使不同物体反射不同程度的幅度调制和相位调制的声调制电磁波信号;

S2、提取所述声调制电磁波信号的微多普勒特征与幅度特征,并对对应所述物体的材质进行初步判断识别;

S3、利用特征处理算法融合基于所述微多普勒特征与所述幅度特征的初步判断识别结果,建立关于不同所述物体的材质特征样本库;以及

S4、将所述材质特征样本库导入机器学习模型中进行分类训练,从而实现对不同所述物体的材质属性的识别与标记。

2. 根据权利要求1所述的方法,其特征不在于,所述微多普勒特征表现为所述声调制电磁波信号的瞬时特性,所述微多普勒特征具体包括瞬时幅度、瞬时频率和瞬时相位。

3. 根据权利要求2所述的方法,其特征不在于,所述瞬时幅度的表达式具体为:

$$A(t) = \sqrt{s^2(t) + \hat{s}^2(t)}$$

所述瞬时频率的表达式具体为:

$$f(t) = \frac{1}{2\pi} \frac{d}{dt} \left[\arctan \frac{\hat{s}(t)}{s(t)} \right] = \frac{1}{2\pi} \frac{d}{dt} [\varphi(t)]$$

所述瞬时相位的表达式具体为:

$$\varphi(t) = \arctan \frac{\hat{s}(t)}{s(t)}$$

其中, $s(t)$ 是所述声调制电磁波信号, $\hat{s}(t)$ 是所述声调制电磁波信号的希尔伯特变换。

4. 根据权利要求1所述的方法,其特征不在于,在所述步骤S2中,提取的所述幅度特征为所述声调制电磁波信号的第n阶声调制边带信号的幅度,其表达式具体为:

$$\begin{aligned} A_{Acoust,n} &= \frac{p_n \left(k_{RF} / nk_A \right)^2 (\epsilon_r - 1) (\epsilon_r + 2)}{3\rho_0 c_A^2 \left[1 - 4 \left(k_{RF} / nk_A \right)^2 \epsilon_r \right]} \\ &= \frac{p_n \left(\lambda_A / n\lambda_{RF} \right)^2 (\epsilon_r - 1) (\epsilon_r + 2)}{3\rho_0 c_A^2 \left[1 - 4 \left(\lambda_A / n\lambda_{RF} \right)^2 \epsilon_r \right]} \end{aligned}$$

其中, p_n 是声源的第n次谐波的幅度, k_{RF} 是自由空间中电磁波波数, k_A 是周期性的声压 $p_A(t)$ 的波数, ϵ_r 是介质的相对介电常数, ρ_0 是介质的密度, c_A 是在介质中的声速, λ_A 是目标材料中声的波长, λ_{RF} 是自由空间中电磁波的波长。

5. 根据权利要求2所述的方法,其特征不在于,所述特征处理算法具体采用支持向量化回归,所述机器学习模型采用随机森林模型。

6. 一种基于声电磁互调的室内物体回波特征处理系统,其特征不在于,包括:

声调制电磁波信号激励模块,配置用于基于声电磁互调机理使不同物体反射不同程度

的幅度调制和相位调制的声调制电磁波信号；

声电磁回波特征提取与判别模块，配置用于提取所述声调制电磁波信号的微多普勒特征与幅度特征，并对对应所述物体的材质进行初步判断识别；

材质特征样本库创建模块，配置用于利用特征处理算法融合基于所述微多普勒特征与所述幅度特征的初步判断识别结果，建立关于不同所述物体的材质特征样本库；

物体材质属性识别与标记模块，配置用于将所述材质特征样本库导入机器学习模型中进行分类训练，从而实现对不同所述物体的材质属性的识别与标记。

7. 一种计算机可读储存介质，其储存有计算机程序，所述计算机程序在被处理器执行时实施如权利要求1-5中任一项所述的方法。

一种基于声电磁互调的室内物体回波特征处理方法与系统

技术领域

[0001] 本申请涉及目标探测的技术领域,具体涉及一种基于声电磁互调的室内物体回波特征处理方法与系统。

背景技术

[0002] 传统的穿墙探测(TWS)技术由于无法有效地产生显著回波特征,其主要探测目标为障碍物后处于静止状态的人,即通过探测人体生理活动引起的各种微动来判断有无生命现象,通过微动进行回波特征标记。呼吸和心跳是检测生命体征信号的重要指标,但是对于无法产生类似于心跳、呼吸等自振动现象的静止物体,穿墙探测(TWS)技术无法得到显著回波特征完成室内物体的探测,因此如何有效地使室内物体产生自振动现象,辅助灾害救援等行动顺利开展,成为探测领域的研究热点。

[0003] 声波激励是一种能够有效使物体产生自振动现象的方法,与呼吸心跳的微弱信号不同,声波激励可以有效让物体产生一定幅度的振动与声散射。此时使用电磁波信号对目标进行探测,其散射的电磁信号就会产生相位调制,这种散射效应促使了一种混合声电磁传感技术的发展。然而,由于声电磁散射效应产生相对于发射电磁信号极为接近的调制边带,且对于声源激发物体产生的散射电磁场缺少数学建模,因此其产生的特征在处理上存在困难。

发明内容

[0004] 为了解决上述背景技术中存在的技术缺陷,本申请提出了一种基于声电磁互调的室内物体回波特征处理方法与系统。

[0005] 根据本申请的第一方面,提出了一种基于声电磁互调的室内物体回波特征处理方法,包括:

[0006] S1、基于声电磁互调机理使不同物体反射不同程度的幅度调制和相位调制的声调制电磁波信号;

[0007] S2、提取所述声调制电磁波信号的微多普勒特征与幅度特征,并对对应所述物体的材质进行初步判断识别;

[0008] S3、利用特征处理算法融合基于所述微多普勒特征与所述幅度特征的初步判断识别结果,建立关于不同所述物体的材质特征样本库;以及

[0009] S4、将所述材质特征样本库导入机器学习模型中进行分类训练,从而实现对不同所述物体的材质属性的识别与标记。

[0010] 优选的,所述微多普勒特征表现为所述声调制电磁波信号的瞬时特性,所述微多普勒特征具体包括瞬时幅度、瞬时频率和瞬时相位。

[0011] 优选的,所述瞬时幅度的表达式具体为:

$$[0012] \quad A(t) = \sqrt{s^2(t) + \hat{s}^2(t)}$$

[0013] 所述瞬时频率的表达式具体为：

$$[0014] \quad f(t) = \frac{1}{2\pi} \frac{d}{dt} \left[\arctan \frac{\hat{s}(t)}{s(t)} \right] = \frac{1}{2\pi} \frac{d}{dt} [\varphi(t)]$$

[0015] 所述瞬时相位的表达式具体为：

$$[0016] \quad \varphi(t) = \arctan \frac{\hat{s}(t)}{s(t)}$$

[0017] 其中， $s(t)$ 是所述声调制电磁波信号， $\hat{s}(t)$ 是所述声调制电磁波信号的希尔伯特变换。

[0018] 优选的，在所述步骤S2中，提取所述声调制电磁波信号的第 n 阶声调制边带信号的所述幅度特征，所述幅度特征的表达式具体为：

$$[0019] \quad A_{Acoust,n} = \frac{p_n \left(k_{RF} / nk_A \right)^2 (\varepsilon_r - 1) (\varepsilon_r + 2)}{3\rho_0 c_A^2 \left[1 - 4 \left(k_{RF} / nk_A \right)^2 \varepsilon_r \right]}$$

$$= \frac{p_n \left(\lambda_A / n\lambda_{RF} \right)^2 (\varepsilon_r - 1) (\varepsilon_r + 2)}{3\rho_0 c_A^2 \left[1 - 4 \left(\lambda_A / n\lambda_{RF} \right)^2 \varepsilon_r \right]}$$

[0020] 其中， p_n 是声源的第 n 次谐波的幅度， k_{RF} 是自由空间中电磁波波数， k_A 是周期性的声压 $p_A(t)$ 的波数， ε_r 是介质的相对介电常数， ρ_0 是介质的密度， c_A 是在介质中的声速， λ_A 是目标材料中声的波长， λ_{RF} 是自由空间中电磁波的波长。

[0021] 优选的，所述特征处理算法具体采用支持向量化回归，所述机器学习模型采用随机森林模型。

[0022] 根据本申请的第二方面，提出了一种基于声电磁互调的室内物体回波特征处理系统，包括：

[0023] 声调制电磁波信号激励模块，配置用于基于声电磁互调机理使不同物体反射不同程度的幅度调制和相位调制的声调制电磁波信号；

[0024] 声电磁回波特征提取与判别模块，配置用于提取所述声调制电磁波信号的微多普勒特征与幅度特征，并对对应所述物体的材质进行初步判断识别；

[0025] 材质特征样本库创建模块，配置用于利用特征处理算法融合基于所述微多普勒特征与所述幅度特征的初步判断识别结果，建立关于不同所述物体的材质特征样本库；

[0026] 物体材质属性识别与标记模块，配置用于将所述材质特征样本库导入机器学习模型中进行分类训练，从而实现对不同所述物体的材质属性的识别与标记。

[0027] 根据本申请的第三方面，提出了一种计算机可读储存介质，其储存有计算机程序，所述计算机程序在被处理器执行时实施如本申请第一方面所述的基于声电磁互调的室内物体回波特征处理方法。

[0028] 本申请提出了一种基于声电磁互调的室内物体回波特征处理方法与系统，根据声电磁回波的特点，从幅度调制和相位调制出发，采用希尔伯特变换方法提取声调制电磁波

信号的瞬时特性,建立单一特征,设计出可靠的基于声电磁互调的回波特征处理算法与系统。在进行特征处理的过程中会使用到分类算法,进行室内物体的材质属性特征识别与标记。本申请相比较于传统的基于机器学习处理目标回波特征的方式,增加了不同目标特征信息的表征程度,提高了目标物体判决的准确性。

附图说明

[0029] 包括附图以提供对实施例的进一步理解并且附图被并入本说明书中并且构成本说明书的一部分。附图图示了实施例并且与描述一起用于解释本申请的原理。将容易认识到其它实施例和实施例的很多预期优点,因为通过引用以下详细描述,它们变得被更好地理解。附图的元件不一定是相互按照比例的。同样的附图标记指代对应的类似部件。

[0030] 图1是根据本申请实施例的基于声电磁互调的室内物体回波特征处理方法流程图;

[0031] 图2是根据本申请一个具体实施例的对不同材质物体进行声电磁探测的实验场景图;

[0032] 图3是根据本申请一个具体实施例的便携式探测设备搭建场景图;

[0033] 图4是根据本申请一个具体实施例的不同材质目标物体的各阶声调制边带信号幅度图;

[0034] 图5是根据本申请一个具体实施例的木板的声电磁调制回波包络图;

[0035] 图6是根据本申请一个具体实施例的木板的声电磁调制回波频谱图;

[0036] 图7是根据本申请一个具体实施例的铝板的声电磁调制回波包络图;

[0037] 图8是根据本申请一个具体实施例的铝板的声电磁调制回波频谱图;

[0038] 图9是根据本申请一个具体实施例的铜板的声电磁调制回波包络图;

[0039] 图10是根据本申请一个具体实施例的铜板的声电磁调制回波频谱图;

[0040] 图11是根据本申请一个具体实施例的不同材质的回波特征处理结果图;

[0041] 图12是根据本申请实施例的基于声电磁互调的室内物体回波特征处理系统框图。

[0042] 附图标记说明:1、声调制电磁波信号激励模块;2、声电磁回波特征提取与判别模块;3、材质特征样本库创建模块;4、物体材质属性识别与标记模块。

具体实施方式

[0043] 下面将详细描述本申请的各个方面的特征和示例性实施例,为了使本申请的目、技术方案及优点更加清楚明白,以下结合附图及实施例,对本申请进行进一步详细描述。应理解,此处所描述的具体实施例仅被配置为解释本申请,并不被配置为限定本申请。对于本领域技术人员来说,本申请可以在不需要这些具体细节中的一些细节的情况下实施。下面对实施例的描述仅仅是为了通过示出本申请的示例来提供对本申请更好的理解。

[0044] 需要说明的是,在本文中,诸如第一和第二等之类的关系术语仅仅用来将一个实体或者操作与另一个实体或操作区分开来,而不一定要求或者暗示这些实体或操作之间存在任何这种实际的关系或者顺序。而且,术语“包括”、“包含”或者其任何其他变体意在涵盖非排他性的包含,从而使得包括一系列要素的过程、方法、物品或者设备不仅包括那些要素,而且还包括没有明确列出的其他要素,或者是还包括为这种过程、方法、物品或者设备

所固有的要素。在没有更多限制的情况下,由语句“包括……”限定的要素,并不排除在包括要素的过程、方法、物品或者设备中还存在另外的相同要素。

[0045] 根据本申请的第一方面,提出了一种基于声电磁互调的室内物体回波特征处理方法。图1示出了根据本申请实施例的基于声电磁互调的室内物体回波特征处理方法流程图,如图1所示,该方法包括以下步骤:

[0046] S1、基于声电磁互调机理使不同物体反射不同程度的幅度调制和相位调制的声调制电磁波信号。

[0047] 首先,本领域技术人员应该了解的是,声电磁互调机理就是通过发射声波激励,使物体产生振动从而产生声波信号,然后选择一个能够对该声波信号进行调制的电磁信号,发射该电磁信号对声波信号进行声电磁互调,从而产生声调制电磁波信号。

[0048] 在具体的实施例中,图2示出了根据本申请一个具体实施例的对不同材质物体进行声电磁探测的实验场景图,如图2所示,首先通过选取一处较为开阔的空间,使用软件无线电(USRP)设备控制电磁波的收发,配合手机发射声频信号,接收声电磁激励。电磁波收发天线均为全向天线,与墙壁垂直距离为1m,收发天线设置隔板阻挡直达信号。本实施例中,选用的目标物体分别为铜板、铝板和木板。

[0049] 图3示出了根据本申请一个具体实施例的便携式探测设备搭建场景图,如图3所示,在小型暗室中放置电磁波信号发射端,暗室外墙体处放置产生声波信号的超声换能器,用以激励室内物体,并于同一水平线处放置电磁波信号接收端,连接PC端存储反射的声调制电磁波信号。

[0050] 继续参照图1,在步骤S1之后,

[0051] S2、提取声调制电磁波信号的微多普勒特征与幅度特征,并对对应物体的材质进行初步判断识别。

[0052] 在具体的实施例中,由于不同目标物体反射的声调制电磁波信号的区别主要体现在不同程度的幅度调制和相位调制,因此从这两个角度出发研究声调制电磁波信号的微多普勒特征,微多普勒特征表现为声调制电磁波信号的瞬时特性,具体包括瞬时幅度、瞬时频率和瞬时相位。而提取的幅度特征则为声调制电磁波信号的第n阶声调制边带信号的幅度。以下将对这部分的内容进行阐述。

[0053] 定义一:声调制电磁波信号的瞬时特性

[0054] 在求取瞬时特性时,首先求出声调制电磁波信号的希尔伯特变换,得到其对应的解析信号,然后在瞬时特性中提取所要选取的特征参数,采用这种方法简单,且运算量相对较小,便于实现。对于声调制电磁波信号 $s(t)$ 来说,其希尔伯特变换的计算为:

$$[0055] \quad \hat{s}(t) = H[s(t)] = \int_{-\infty}^{\infty} \frac{s(\tau)}{\pi(t-\tau)} d\tau$$

[0056] 其中, $\hat{s}(t)$ 是 $s(t)$ 与 $\frac{1}{\pi t}$ 的卷积,故也可表示为:

$$[0057] \quad \hat{s}(t) = s(t) * \frac{1}{\pi t}$$

[0058] 将 $s(t)$ 与 $\hat{s}(t)$ 分别作为实部和虚部,得到解析信号的表达式为:

[0059] $z(t) = s(t) + j\hat{s}(t)$

[0060] 根据希尔伯特变换的定义,变换后信号 $\hat{s}(t)$ 的频谱特征为:

[0061]
$$\hat{S}(\omega) = -j \cdot \text{sign}(\omega) S(\omega) = \begin{cases} -jS(\omega), \omega \geq 0 \\ jS(\omega), \omega < 0 \end{cases}$$

[0062] 其中 $S(\omega)$ 是声调制电磁波信号 $s(t)$ 的频谱,因此可得解析信号 $z(t)$ 的频谱为:

[0063]
$$Z(\omega) = S(\omega) + j\hat{S}(\omega) = \begin{cases} 2S(\omega), \omega \geq 0 \\ 0, \omega < 0 \end{cases}$$

[0064] 可以看出,解析信号的频谱具有单边特性,且其傅里叶变换是原始接收信号傅里叶变换的两倍,因此可提取出信号的瞬时特性。

[0065] 瞬时幅度为:

[0066]
$$A(t) = \sqrt{s^2(t) + \hat{s}^2(t)}$$

[0067] 瞬时频率为:

[0068]
$$f(t) = \frac{1}{2\pi} \frac{d}{dt} \left[\arctan \frac{\hat{s}(t)}{s(t)} \right] = \frac{1}{2\pi} \frac{d}{dt} [\varphi(t)]$$

[0069] 瞬时相位为:

[0070]
$$\varphi(t) = \arctan \frac{\hat{s}(t)}{s(t)}$$

[0071] 在提取出声调制电磁波信号的瞬时特性后,尤其是瞬时幅度和瞬时相位后,即可依据不同物体对声调制电磁波信号的反射特性实现对应的反演与识别,即初步判断识别,得到一个初步判断识别结果。

[0072] 定义二:第n阶声调制边带信号的幅度

[0073] 假设发射电磁信号为沿z轴传播的线性极化平面波,有源麦克斯韦方程可以写成:

[0074]
$$\frac{\partial \Sigma_y(t)}{\partial z} = \frac{\partial B_x(t)}{\partial t}, \quad \frac{\partial H_x(t)}{\partial z} = \frac{\partial D_y(t)}{\partial t}$$

[0075] 其中非磁性介质的本构关系为:

[0076]
$$D_y(t) = \epsilon(t) \Sigma_y(t) = \epsilon_0 \epsilon_r \left[1 + \frac{p_A(t) (\epsilon_r - 1) (\epsilon_r + 2)}{\rho_0 c_A^2 3 \epsilon_r} \right] \Sigma_y(t)$$

[0077]
$$H_x(t) = \frac{1}{\mu_0} B_x(t)$$

[0078] 其中, ϵ_0 是自由空间的介电常数, ϵ_r 是介质的介电常数, $p_A(t)$ 是周期性的声压, ρ_0 是介质的密度, c_A 是在介质中的声速, $\Sigma_y(t)$ 是随声波时间 t 缓慢变化的 Σ 场在 y 轴方向的向量, μ_0 是自由空间磁导率。

[0079] 电磁信号相对于时间的差分可以简化为向量形式,因此声振动的目标物体中的电磁波传播波动方程可以被表示为:

$$[0080] \quad \frac{\partial^2 \Sigma_y(t_A)}{\partial z^2} + k_{RF}^2 \epsilon_r \left[1 + \frac{p_A(t_A)(\epsilon_r - 1)(\epsilon_r + 2)}{\rho_0 c_A^2 3\epsilon_r} \right] \Sigma_y(t_A) = 0$$

[0081] 其中, k_{RF} 是自由空间中电磁波波数。

[0082] 倘若周期性的声压 $p_A(t)$ 的角频率和波数分别为 ω_A 和 k_A , 则可以表示为:

$$[0083] \quad p_A(t) = \sum_{n=1}^{\infty} p_n \cos(n\omega_A t) \cos(nk_A z)$$

[0084] 其中 p_n 是声源的第 n 次谐波的幅度, 通过解电磁波波动方程, 得到经过声波调制的接收电磁波信号可由下式表达:

$$[0085] \quad s'(t) = \left[F_{Acoust,0} + 2 \sum_{n=1}^{\infty} F_{Acoust,n} \cos(n\omega_A t) \right] \cos(\omega_{RF} t)$$

$$= F_{Acoust,0} \cos(\omega_{RF} t) + \sum_{n=1}^{\infty} F_{Acoust,n} \cos[(\omega_{RF} \pm n\omega_A) t]$$

[0086] 其中 $F_{Acoust,0}$ 和 $F_{Acoust,n}$ 是傅里叶系数。

[0087] 因此, 相对于电磁波发射信号, 第 n 阶声调制边带信号的幅度为:

$$[0088] \quad A_{Acoust,n} = \frac{p_n (k_{RF}/nk_A)^2 (\epsilon_r - 1)(\epsilon_r + 2)}{3\rho_0 c_A^2 \left[1 - 4(k_{RF}/nk_A)^2 \epsilon_r \right]}$$

$$= \frac{p_n (\lambda_A/n\lambda_{RF})^2 (\epsilon_r - 1)(\epsilon_r + 2)}{3\rho_0 c_A^2 \left[1 - 4(\lambda_A/n\lambda_{RF})^2 \epsilon_r \right]}$$

[0089] 其中 λ_A 是目标材料中声的波长, λ_{RF} 是自由空间中电磁波的波长。由于目标振动是由声音激励产生的, 振动频率与声频相同, 因此在目标中振动导致的调制与声波导致的调制相同。

[0090] 由第 n 阶声调制边带信号的幅度表达式可以看出, 声调制边带信号的幅度中受材料相对介电常数、密度、声速等参数的影响。而根据得到的表达式, 亦可反演识别出对应目标物体的材质, 即初步判断识别, 得到另一个初步判断识别结果。

[0091] 图4示出了根据本申请一个具体实施例的不同材质目标物体的各阶声调制边带信号幅度图, 如图4所示, 在仿真中, 通过对铜、铝、木头三种材料的目标产生的反射声调制电磁波信号各阶边带信号的幅度, 即 $A_{Acoust,n}$, 进行仿真分析, 并代入各种材料不同的相对介电常数、密度、声速等参数, 观察可以发现, 不同材料对应的不同参数特征均存在边带信号的幅度中。

[0092] 图5是根据本申请一个具体实施例的木板的声电磁调制回波包络图;

[0093] 图6是根据本申请一个具体实施例的木板的声电磁调制回波频谱图;

[0094] 图7是根据本申请一个具体实施例的铝板的声电磁调制回波包络图;

[0095] 图8是根据本申请一个具体实施例的铝板的声电磁调制回波频谱图;

[0096] 图9是根据本申请一个具体实施例的铜板的声电磁调制回波包络图；

[0097] 图10是根据本申请一个具体实施例的铜板的声电磁调制回波频谱图；

[0098] 如图5-10所示,通过提取图2实验中三种目标反射的电磁波信号包络,并变换得到电磁波信号频谱,观察可以发现,三种材质目标在声电磁激励下反射的电磁波包络幅值变化与频谱特征均存在不同,即不同物体通过声电磁互调产生的幅度调制,在幅值处均携带有特征的尖峰信号。

[0099] 继续参照图1,在步骤S2之后,

[0100] S3、利用特征处理算法融合基于微多普勒特征与幅度特征的初步判断识别结果,建立关于不同物体的材质特征样本库。

[0101] 在具体的实施例中,结合上述内容,基于微多普勒特征的初步判断识别结果即为定义一中根据提取出的声调制电磁波信号的瞬时特性所反演推算出的结果;基于幅度特征的初步判断识别结果则为定义二中根据得到的第n阶声调制边带信号的幅度表达式反演推算出的结果。本实施例中,具体采用支持向量化回归(SVR)特征处理算法融合上述两种初步判断识别结果。

[0102] 图11示出了根据本申请一个具体实施例的不同材质的回波特征处理结果图,如图11所示,本实施例中针对木板、铜、铝、不锈钢四种不同物体的声调制电磁回波信号进行了特征处理,从图11中可以看出,以图3所示的便携式探测设备接收的回波信号中产生的幅度调制提取特征进行室内物体识别,不同材质经过特征处理算法拟合的曲线有较大的差异性。后续通过建立室内物体材质特征样本库,可以实现室内物体的材质属性识别。

[0103] 继续参照图1,在步骤S3之后,

[0104] S4、将材质特征样本库导入机器学习模型中进行分类训练,从而实现对不同物体的材质属性的识别与标记。

[0105] 在具体的实施例中,机器学习模型采用高性能的随机森林模型,实现室内物体的材质属性特征识别与标记。

[0106] 根据本申请的第二方面,提出了一种基于声电磁互调的室内物体回波特征处理系统,该系统是基于本申请第一方面的基于声电磁互调的室内物体回波特征处理方法所搭建的。图12示出了根据本申请实施例的基于声电磁互调的室内物体回波特征处理系统框图,如图12所示,该系统包括:

[0107] 声调制电磁波信号激励模块1,配置用于基于声电磁互调机理使不同物体反射不同程度的幅度调制和相位调制的声调制电磁波信号;

[0108] 声电磁回波特征提取与判别模块2,配置用于提取声调制电磁波信号的微多普勒特征与幅度特征,并对对应物体的材质进行初步判断识别;

[0109] 材质特征样本库创建模块3,配置用于利用特征处理算法融合基于微多普勒特征与幅度特征的初步判断识别结果,建立关于不同物体的材质特征样本库;

[0110] 物体材质属性识别与标记模块4,配置用于将材质特征样本库导入机器学习模型中进行分类训练,从而实现对不同物体的材质属性的识别与标记。

[0111] 根据本申请的第三方面,提出了一种计算机可读储存介质,其储存有计算机程序,该计算机程序在被处理器执行时实施如本申请第一方面的基于声电磁互调的室内物体回波特征处理方法。

[0112] 本申请提出了一种基于声电磁互调的室内物体回波特征处理方法与系统,根据声电磁回波的特点,从幅度调制和相位调制出发,采用希尔伯特变换方法提取声调制电磁波信号的瞬时特性,建立单一特征,设计出可靠的基于声电磁互调的回波特征处理算法与系统。在进行特征处理的过程中会使用到分类算法,进行室内物体的材质属性特征识别与标记。本申请相比较于传统的基于机器学习处理目标回波特征的方式,增加了不同目标特征信息的表征程度,提高了目标物体判决的准确性。

[0113] 在本申请实施例中,应该理解到,所揭露的技术内容,可通过其它的方式实现。其中,以上所描述的装置/系统/方法实施例仅仅是示意性的,例如所述单元的划分,可以为一种逻辑功能划分,实际实现时可以有另外的划分方式,例如多个单元或组件可以结合或者可以集成到另一个系统,或一些特征可以忽略,或不执行。另一点,所显示或讨论的相互之间的耦合或直接耦合或通信连接可以是通过一些接口,单元或模块的间接耦合或通信连接,可以是电性或其它的形式。

[0114] 所述作为分离部件说明的单元可以是或者也可以不是物理上分开的,作为单元显示的部件可以是或者也可以不是物理单元,即可以位于一个地方,或者也可以分布到多个单元上。可以根据实际的需要选择其中的部分或者全部单元来实现本实施例方案的目的。

[0115] 另外,在本申请各个实施例中的各功能单元可以集成在一个处理单元中,也可以是各个单元单独物理存在,也可以两个或两个以上单元集成在一个单元中。上述集成的单元既可以采用硬件的形式实现,也可以采用软件功能单元的形式实现。

[0116] 所述集成的单元如果以软件功能单元的形式实现并作为独立的产品销售或使用,可以存储在一个计算机可读取存储介质中。基于这样的理解,本申请的技术方案本质上或者说对现有技术做出贡献的部分或者该技术方案的全部或部分可以以软件产品的形式体现出来,该计算机软件产品存储在一个存储介质中,包括若干指令用以使得一台计算机设备(可为个人计算机、服务器或者网络设备)执行本申请各个实施例所述方法的全部或部分步骤。而前述的存储介质包括:U盘、只读存储器(ROM,Read-Only Memory)、随机存取存储器(RAM,Random Access Memory)、移动硬盘、磁碟或者光盘等各种可以存储程序代码的介质。

[0117] 显然,本领域技术人员在不偏离本申请的精神和范围的情况下可以作出对本申请的实施例的各种修改和改变。以该方式,如果这些修改和改变处于本申请的权利要求及其等同形式的范围内,则本申请还旨在涵盖这些修改和改变。词语“包括”不排除未在权利要求中列出的其它元件或步骤的存在。某些措施记载在相互不同的从属权利要求中的简单事实不表明这些措施的组合不能被用于获利。权利要求中的任何附图标记不应当被认为限制范围。

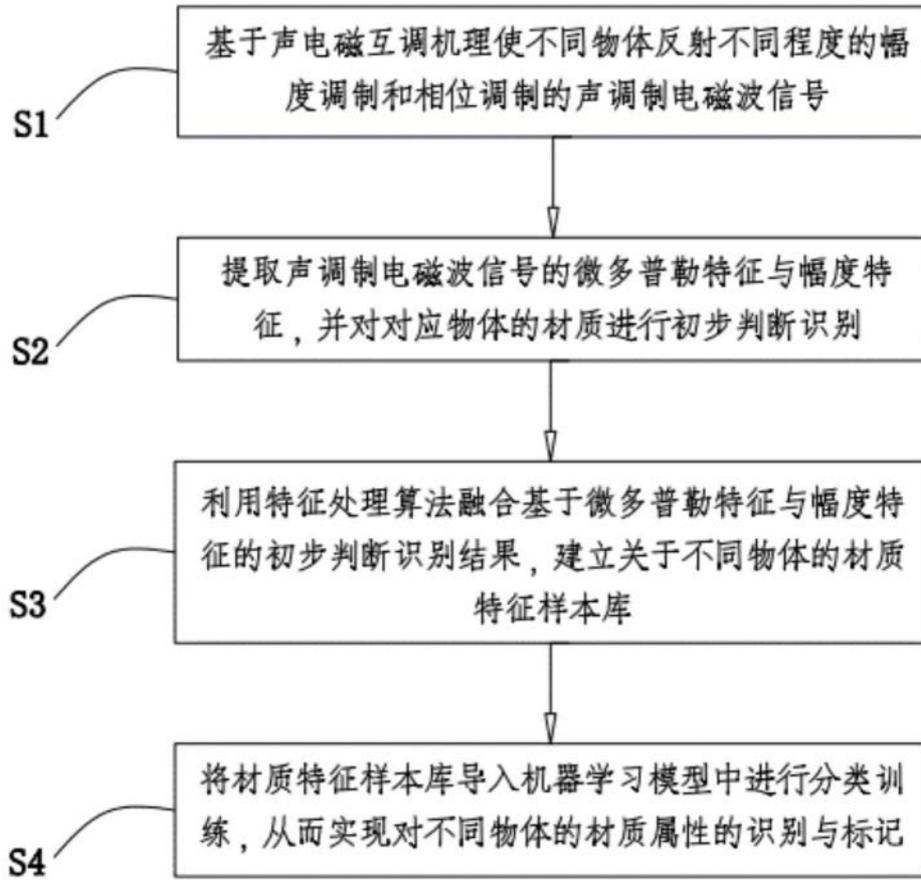


图1

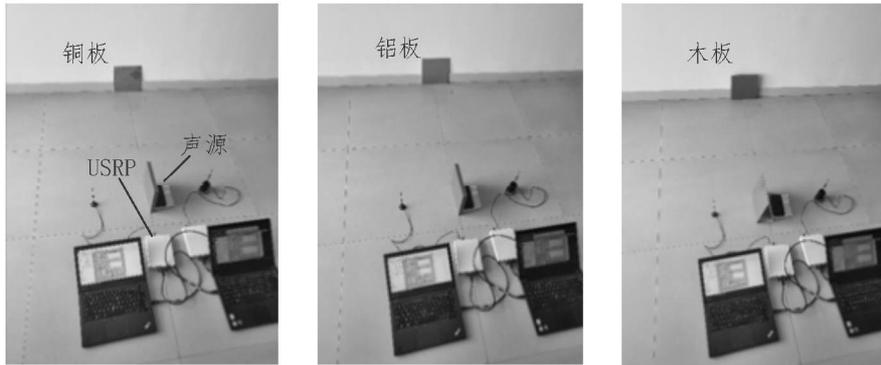


图2

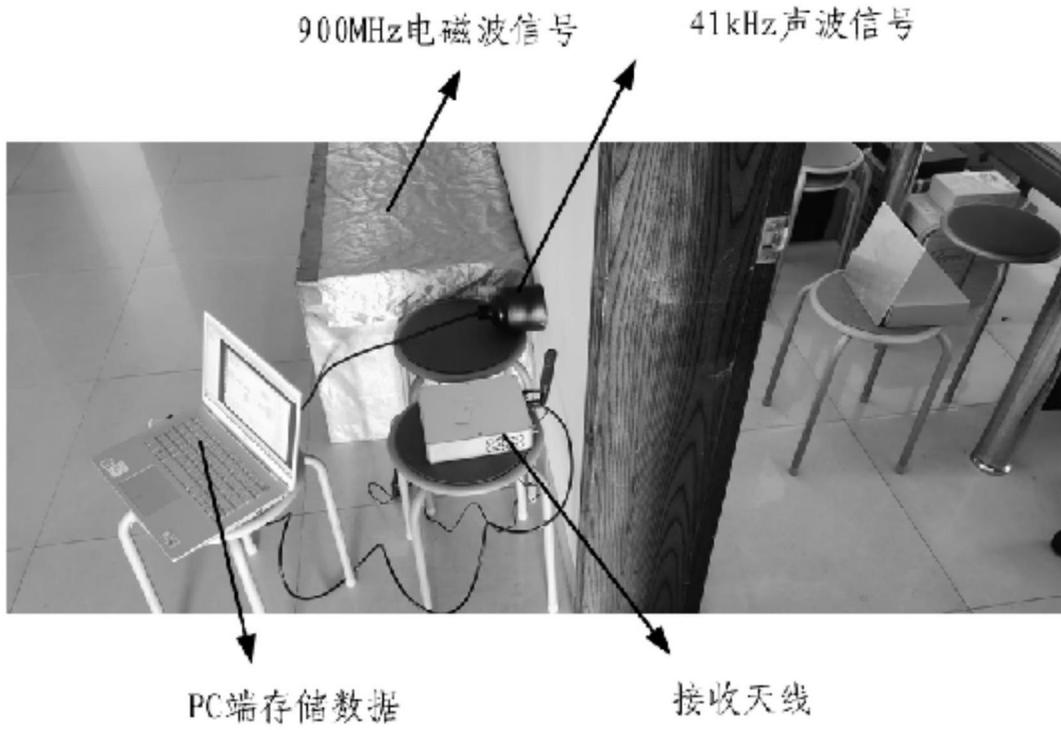


图3

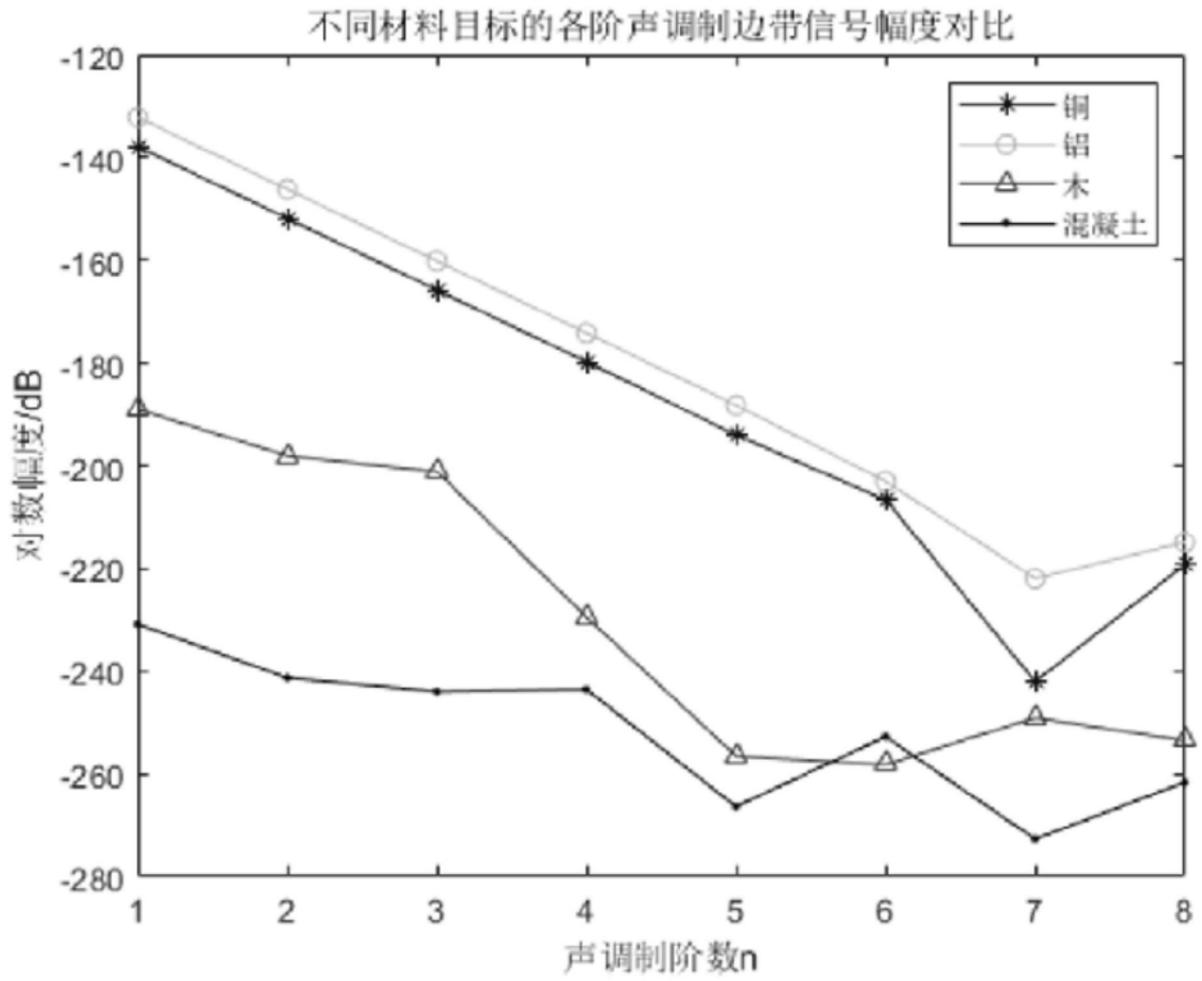


图4

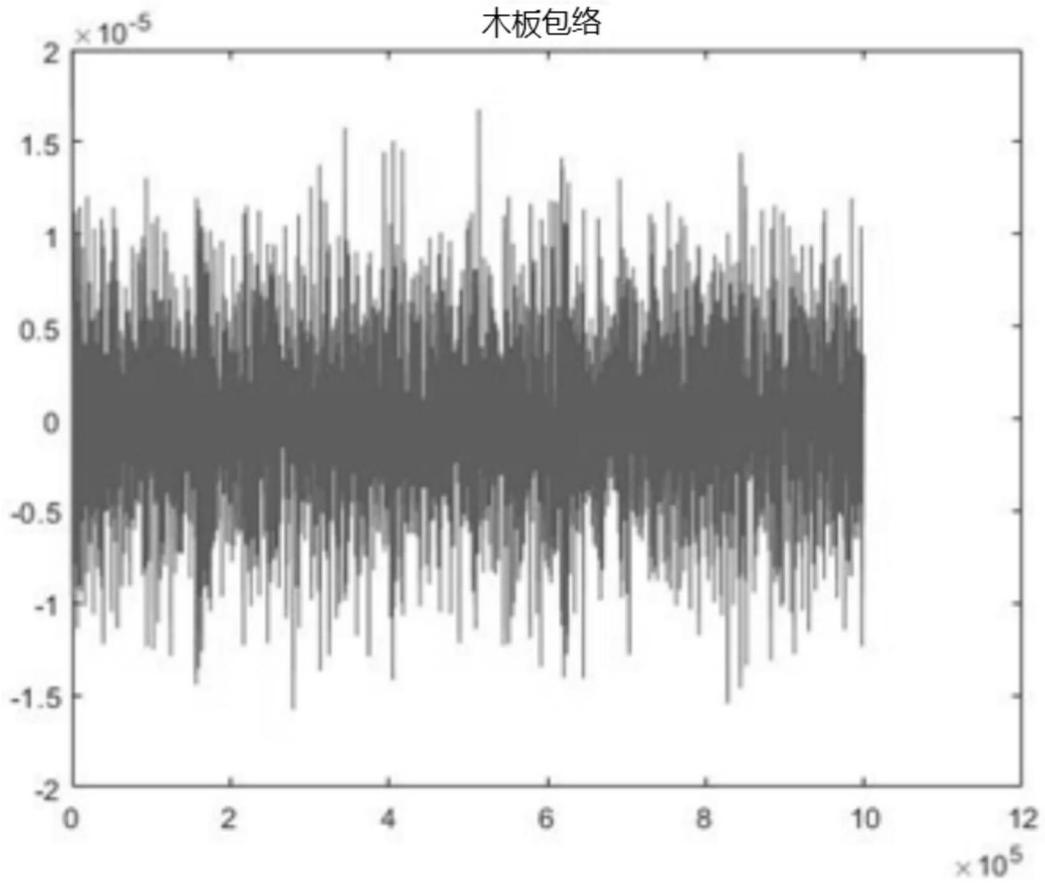


图5

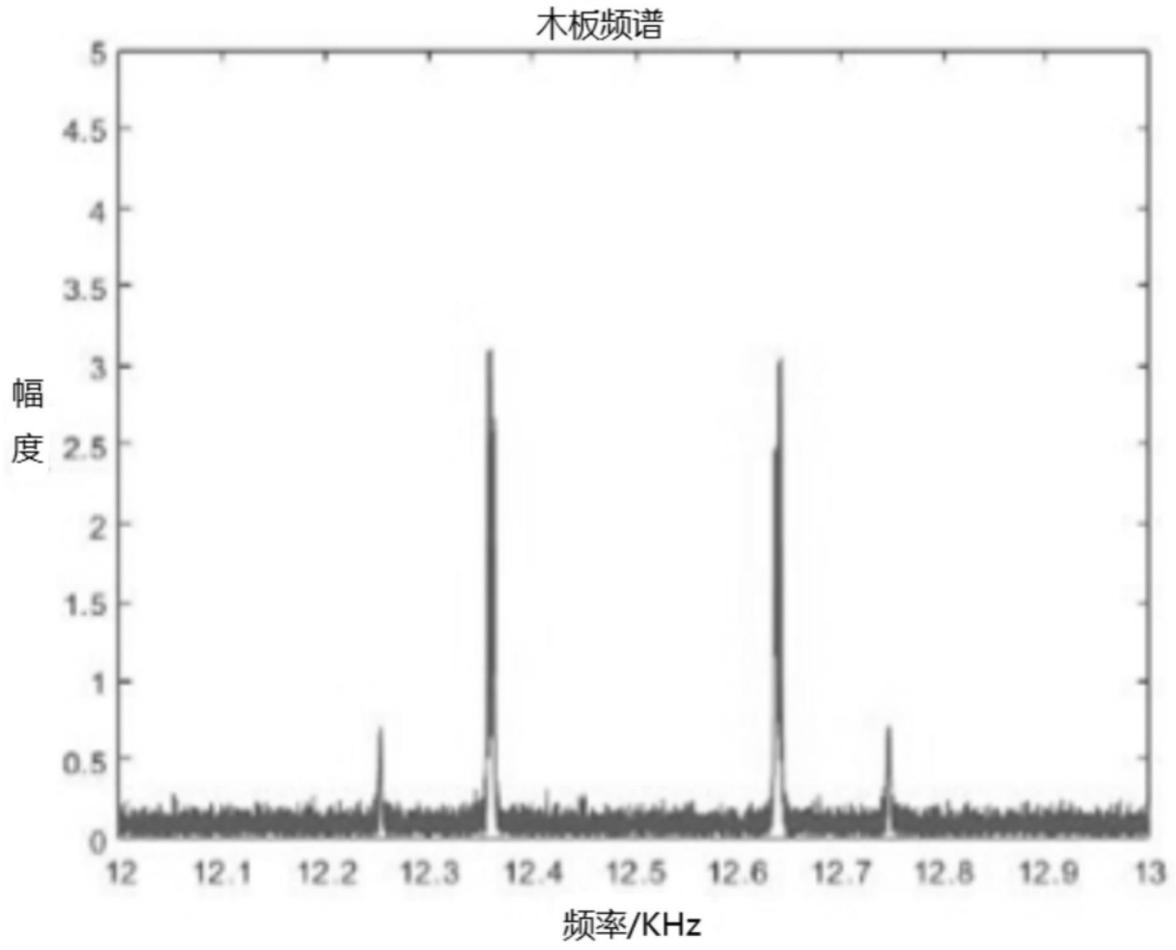


图6

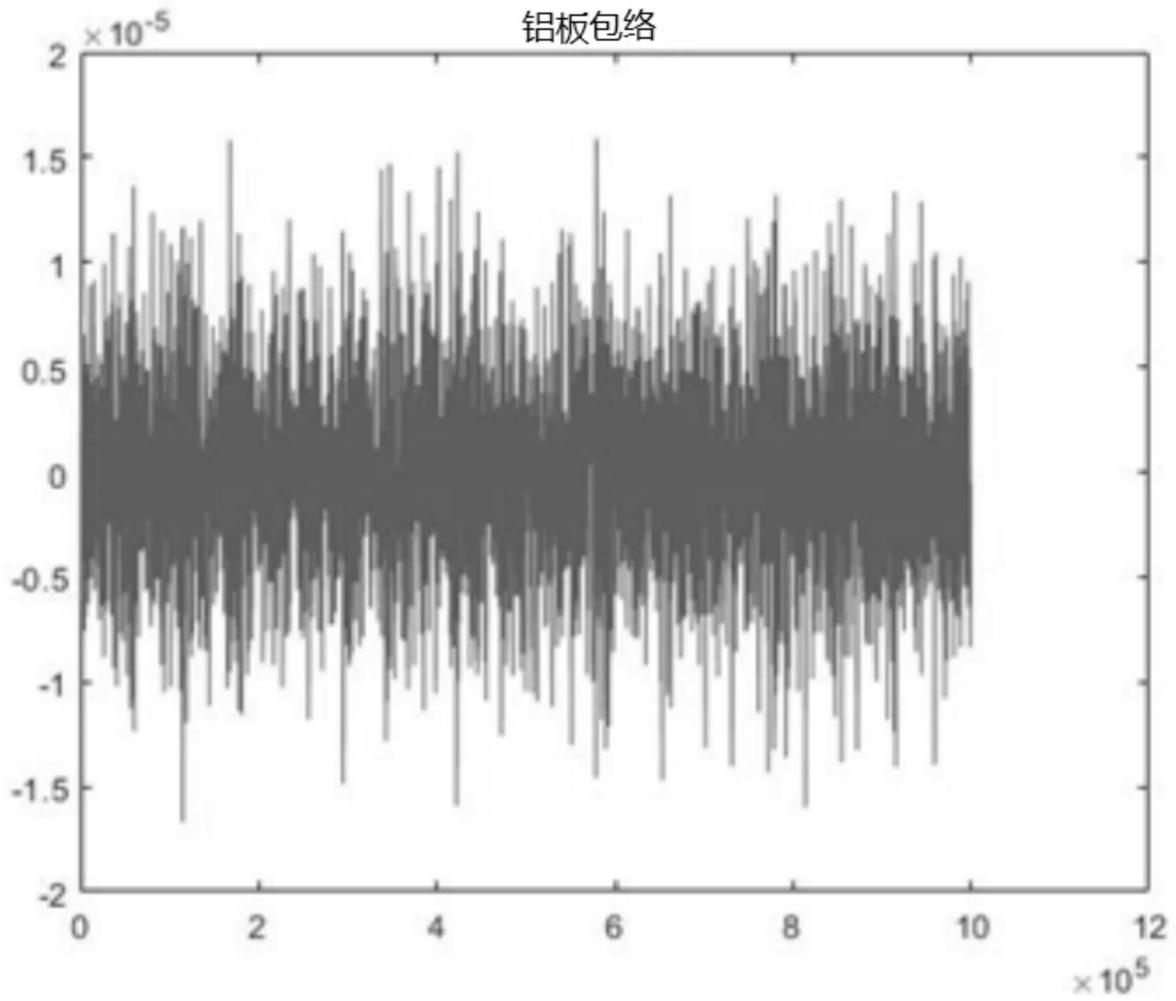


图7

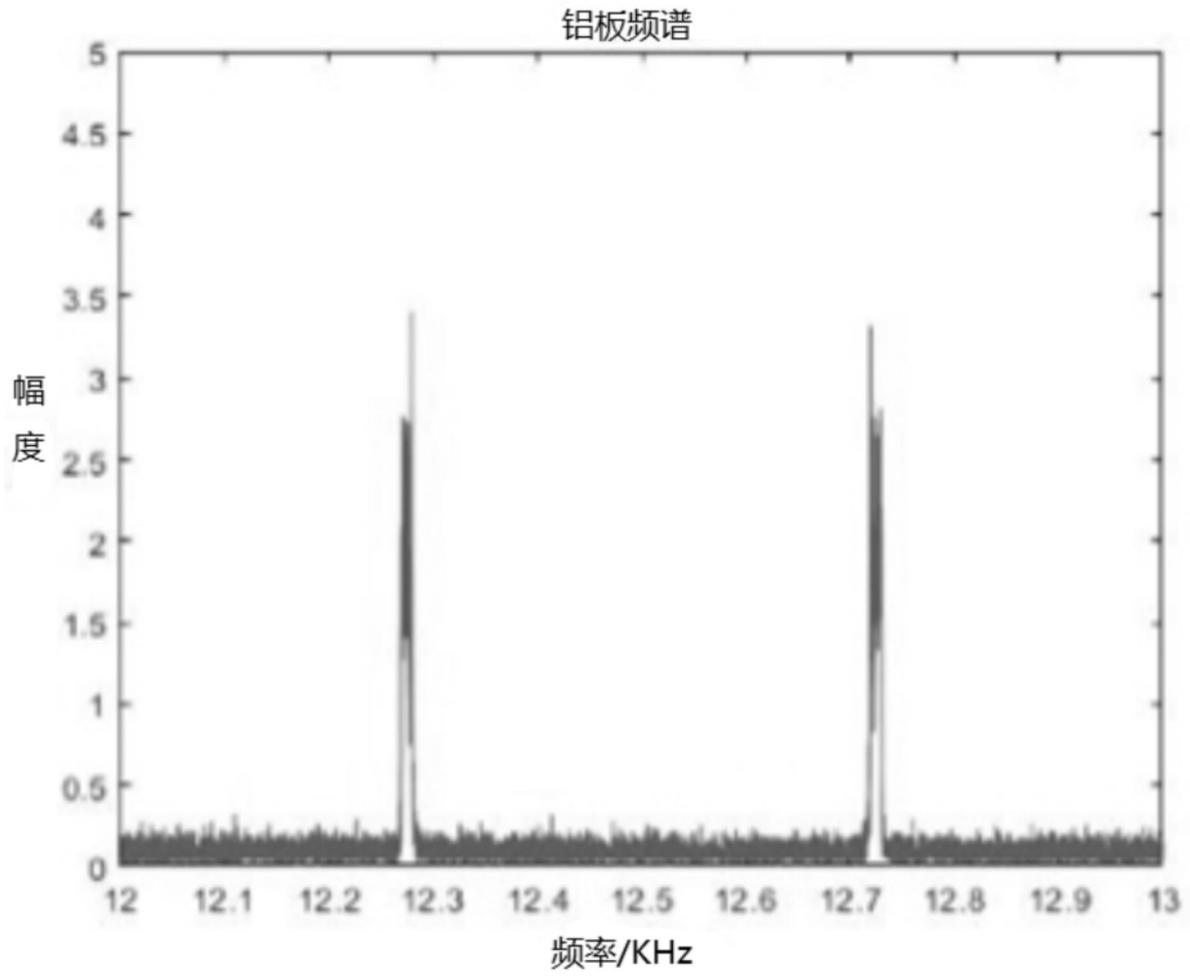


图8

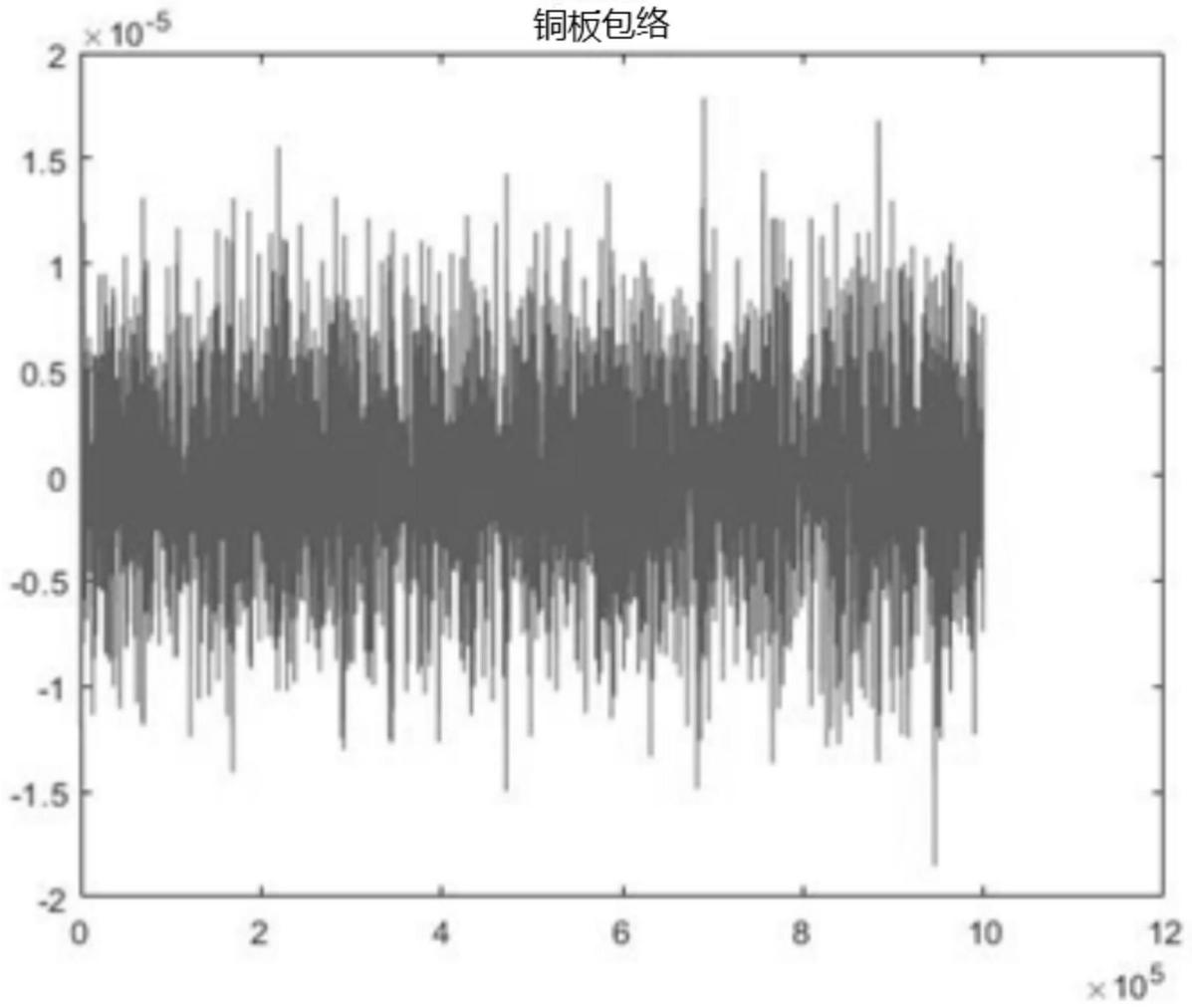


图9

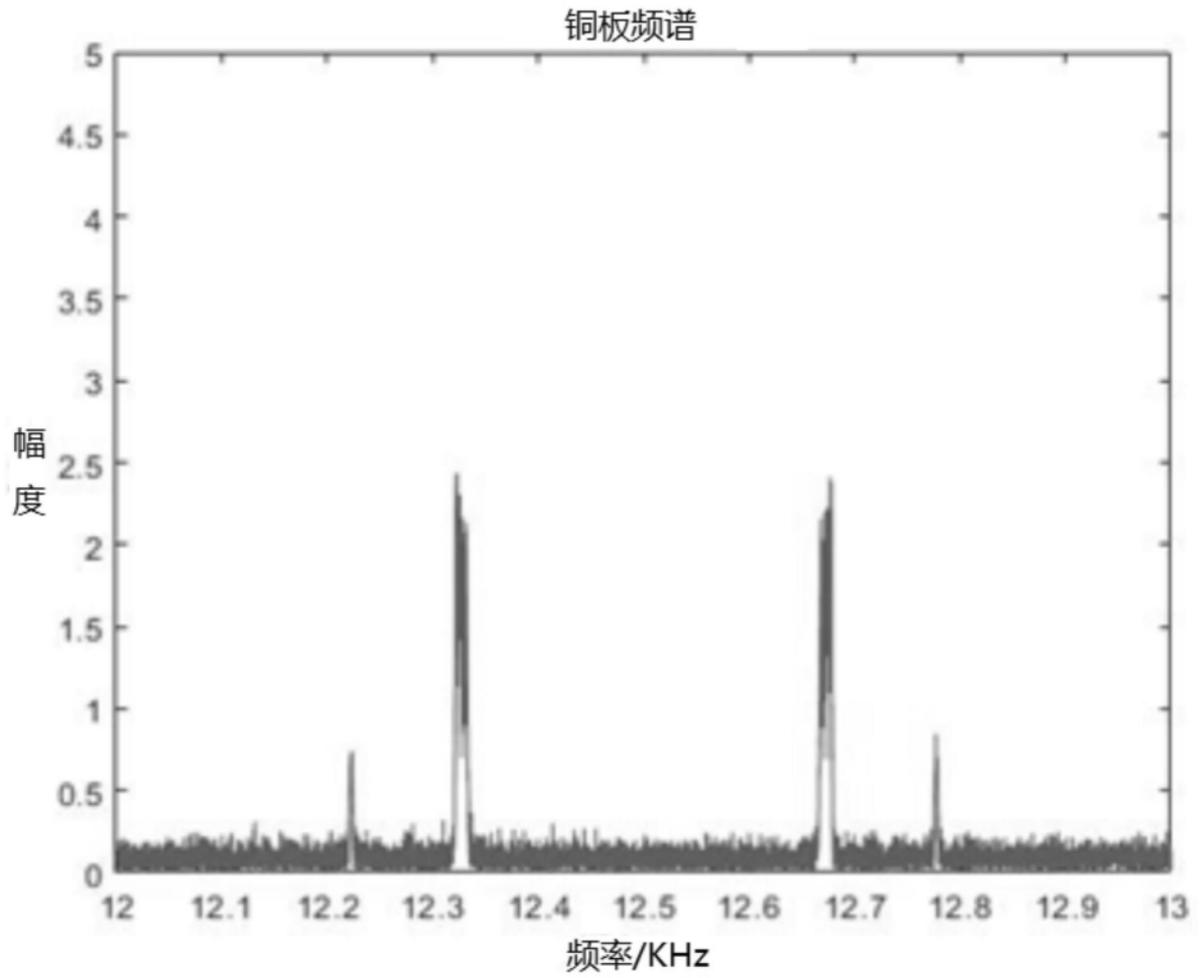


图10

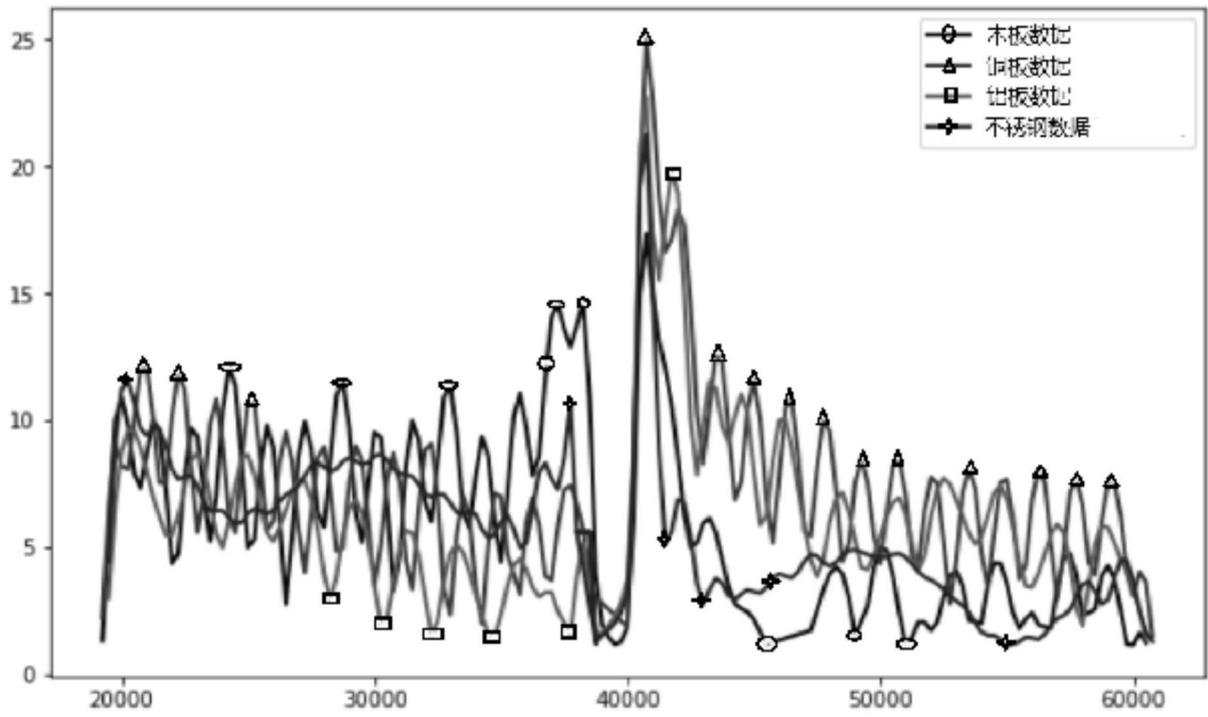


图11

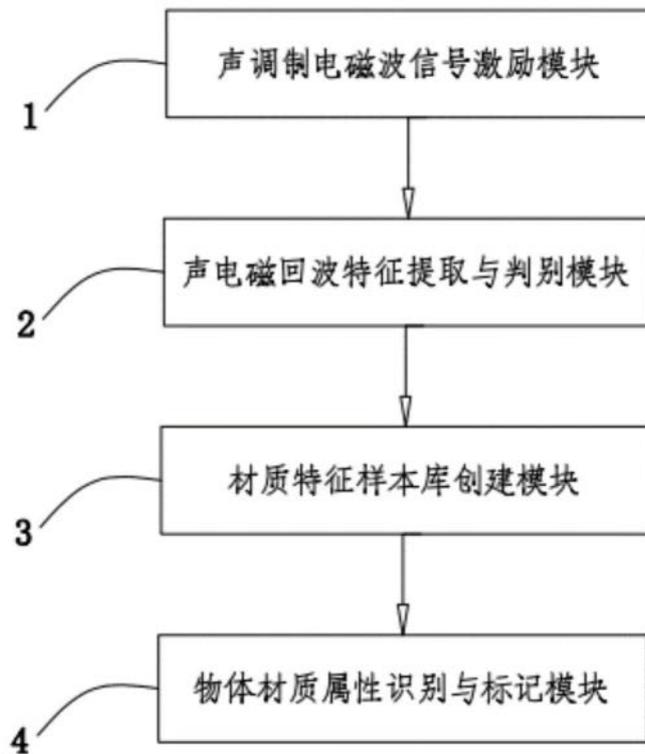


图12