

(12) 按照专利合作条约所公布的国际申请

(19) 世界知识产权组织
国际局

(43) 国际公布日
2022 年 1 月 27 日 (27.01.2022)



(10) 国际公布号
WO 2022/016726 A1

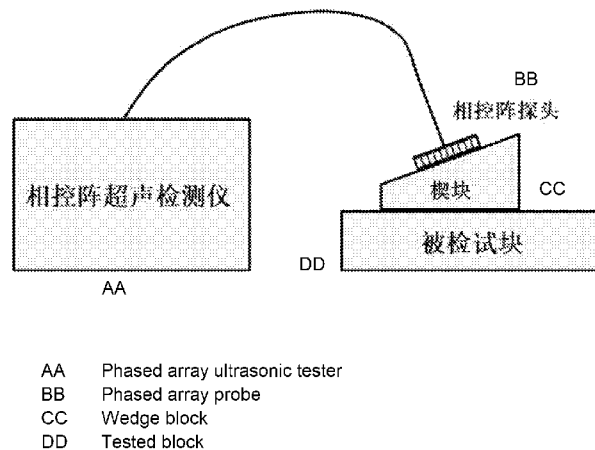
- (51) 国际专利分类号:
G01N 29/06 (2006.01)
- (21) 国际申请号: PCT/CN2020/124195
- (22) 国际申请日: 2020 年 10 月 28 日 (28.10.2020)
- (25) 申请语言: 中文
- (26) 公布语言: 中文
- (30) 优先权:
202010696063.0 2020 年 7 月 20 日 (20.07.2020) CN
- (71) 申请人: 大连理工大学 (**DALIAN UNIVERSITY OF TECHNOLOGY**) [CN/CN]; 中国辽宁省大连市甘井子区凌工路 2 号, Liaoning 116024 (CN)。
- (72) 发明人: 金士杰 (**JIN, Shijie**); 中国辽宁省大连市甘井子区凌工路 2 号, Liaoning 116024 (CN)。 林莉 (**LIN, Li**); 中国辽宁省大连市甘井子区凌

工路 2 号, Liaoning 116024 (CN)。 刘晨飞 (**LIU, Chenfei**); 中国辽宁省大连市甘井子区凌工路 2 号, Liaoning 116024 (CN)。 罗忠兵 (**LUO, Zhongbing**); 中国辽宁省大连市甘井子区凌工路 2 号, Liaoning 116024 (CN)。

- (74) 代理人: 大连星海专利事务所有限公司 (**DALIAN XINGHAI PATENT LAW OFFICE COMPANY LIMITED**); 中国辽宁省大连市西岗区唐山街 24 号春晖大厦 701, Liaoning 116012 (CN)。
- (81) 指定国 (除另有指明, 要求每一种可提供的国家保护): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, IT, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK,

(54) **Title:** CRACK MORPHOLOGY RECONSTRUCTION METHOD BASED ON COMPOSITE-MODE TOTAL FOCUSING

(54) 发明名称: 一种基于复合模式全聚焦的裂纹形貌重建方法



(57) **Abstract:** A crack morphology reconstruction method based on composite-mode total focusing, which method belongs to the technical field of non-destructive testing. The method comprises: by using a phased array ultrasonic testing system, which is composed of a phased array ultrasonic tester, a phased array ultrasonic probe and an oblique wedge block, and by using a phased array full-matrix capture module, collecting an A scanning signal matrix that comprises 21 mode waves; on the basis of the Fermat theorem, calculating refraction point positions of the 21 mode waves at an interface of the wedge block and a tested block, so as to obtain an amplitude signal of each mode wave in a tested area; for each reconstruction point, selecting, from the 21 mode waves, the signal with the strongest energy; and finally, realizing morphology reconstruction of cracks with different orientations by means of composite superposition. By using a set of probe and wedge block combinations, the morphology reconstruction of cracks with different orientations can be realized by means of one instance of signal collection, and the length, the depth and the orientation of a crack are then accurately quantified; and the method can be embedded into a flaw detector so as to test and quantify cracks with unknown orientations, thereby having relatively high engineering application prospects.

LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX,
MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL,
PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL,
ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US,
UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW。

(84) 指定国 (除另有指明, 要求每一种可提供的地区
保护): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ,
NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 欧亚 (AM,
AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 欧洲 (AL, AT, BE, BG,
CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU,
IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT,
RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI,
CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG)。

根据细则4.17的声明:

- 关于申请人有权申请并被授予专利 (细则
4.17(ii))
- 发明人资格 (细则4.17(iv))

本国际公布:

- 包括国际检索报告 (条约第21条(3))。

(57) 摘要: 一种基于复合模式全聚焦的裂纹形貌重建方法, 其属于无损检测技术领域。采用相控阵超声检测仪、相控阵超声探头和倾斜楔块构成的相控阵超声检测系统, 利用相控阵全矩阵捕捉模块采集包括21种模式波的A扫描信号矩阵; 基于费马定理, 计算21种模式波在楔块与被检试块界面处的折射点位置, 得到被检区域内每种模式波的幅值信号; 针对每一个重建点从21种模式波中选择能量最强信号; 最后, 通过复合叠加实现不同取向裂纹的形貌重建。能够利用一套探头楔块组合, 通过一次信号采集实现不同取向裂纹形貌重建, 进而对裂纹长度、深度和取向精确定量; 可嵌入到探伤仪中, 实现未知取向裂纹检出与定量, 具有较高工程应用前景。

一种基于复合模式全聚焦的裂纹形貌重建方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种基于复合模式全聚焦的裂纹形貌重建方法，其属于无损检测技术领域。

背景技术

[0002] 裂纹定量、定位和定取向是无损检测领域始终关注的问题。常规相控阵超声检测技术具有对面积型缺陷敏感、成像检测结果显示直观、缺陷定量与定位准确等优点，被广泛用于裂纹检测。然而，常规相控阵超声技术仅能呈现裂纹端点特征，成像结果受裂纹取向影响，不能给出裂纹完整形貌信息，甚至可能引起缺陷性质误判，导致缺陷危害程度估计不足。

[0003] 为解决上述问题，国内外学者结合成像处理技术改善图像质量，力求直观、全面和准确地呈现裂纹形貌特征信息。逆时偏移成像可以获得裂纹近似形貌，但方法适用性受噪声影响较大，且计算效率偏低。全聚焦方法利用相控阵超声各阵元依次激励声波，且所有阵元同时接收回波信号，以获得包含被检裂纹信息的全矩阵数据。该方法可以提升成像分辨力和信噪比，但不能完整表征裂纹形貌。

发明概述

技术问题

[0004] 在此基础上，考虑直接、半跨和全跨模式，共存在21种模式波。对于特定取向裂纹，可从上述21种模式波中选取指向性最好的一种进行延时叠加成像，从而给出该裂纹形貌特征。这种方法称为多模式全聚焦方法，其适用范围受楔块角度与裂纹取向的相对关系影响，每种模式波可表征的裂纹取向范围不超过 20° 。特别是待测缺陷取向未知时，难以明确成像所用模式波类型，检测效率和可靠性降低。

问题的解决方案

技术解决方案

- [0005] 本发明提供一种基于复合模式全聚焦的裂纹形貌重建方法，其目的是针对裂纹形貌完整表征困难、可能引起缺陷性质误判的问题，利用相控阵超声检测仪的全矩阵捕捉功能配合倾斜楔块采集A扫描信号矩阵，并对被检区域逐点进行21种模式波中能量最强信号的复合叠加，实现不同取向裂纹的完整形貌表征。
- [0006] 本发明采用的技术方案是：采用由相控阵超声检测仪、相控阵超声探头和倾斜楔块构成的检测系统，采集包括21种模式波的A扫描信号矩阵；基于费马定理，计算21种模式波在楔块与被检试块界面处的折射点位置，得到被检区域内每种模式波的幅值信号；针对每一个重建点，从上述21种模式波中选择能量最强信号；最后，通过复合叠加实现不同取向裂纹的形貌重建；所述方法采用下列步骤：
- [0007] (a) 相控阵超声检测参数选择
- [0008] 根据被检试块的材料、形状和尺寸信息选取相控阵超声检测参数，参数包括相控阵超声探头频率、阵元数量以及楔块型号；
- [0009] (b) A扫描信号矩阵采集
- [0010] 基于选定的相控阵超声检测参数，利用相控阵超声检测仪全矩阵捕捉功能一次采集包括不同模式波的A扫描信号矩阵，并以txt格式保存；对于一个阵元数为 n 的相控阵探头，A扫描信号数量为 n^2 ；
- [0011] (c) 坐标系建立及图像重建区域网格划分
- [0012] 以楔块和被检试块界面为 x 轴，探头第一阵元中心位置到 x 轴的投影点为坐标原点，楔块前沿方向为 x 轴正向，试块深度方向为 y 轴正向建立坐标系，将被检区域划分成 $M \times N$ 个矩形网格，网格节点即为各图像重建点；
- [0013] (d) 模式波种类确定
- [0014] 根据声束传播路径不同，分为三类模式：直接模式中声束由阵元发射，与裂纹作用后直接返回阵元；半跨模式中声束由阵元发射经试块底部反射后，与裂纹作用并直接返回阵元；全跨模式中声束由阵元发射，经试块底部反射与裂纹作用后，又经底部反射返回至阵元；超声波在楔块与被检试块界面、试块底部和裂纹表面发生波型转换，故三类模式共分为21种波型组合；
- [0015] (e) 折射点位置求解

[0016] 第 p 种模式波发射和接收时，在楔块和被检试块界面处的折射点横坐标分别为 x_{pi} 与 x_{pj} ，根据费马定理利用式 (1) 求出：

$$[0017] \quad \frac{\partial t_{pi}}{\partial x_{pi}} = \frac{\partial t_{pj}}{\partial x_{pj}} = 0$$

(1)

[0018] 式中， $1 \leq p \leq 21$ ， t_{pi} 表示第 i 个阵元激励声束传播到重建点所用时间， t_{pj} 表示重建点散射回波到达第 j 个阵元所用时间；根据声束传播路径与波型，求得 t_{pi} 与 t_{pj} ；

[0019] (f) 复合模式全聚焦图像重建

[0020] 对于每一个图像重建点 (a, b) ，其中 $1 \leq a \leq M$ ， $1 \leq b \leq N$ ，在第 i 个阵元发射，第 j 个阵元接收的信号 A_{ij} 中筛选 21 种模式波中能量最强信号，得到该点对应幅值 $I_{ij}(a, b)$ ：

[0021]

$$I_{ij}(a, b) = \max_{1 \leq p \leq 21} (A_{ij}(t_p(a, b)))$$

(2)

[0022] 式中， $t_p(a, b)$ 为第 p 种模式波在点 (a, b) 处的传播时间；

[0023] 重复以上步骤对被检区域逐点进行复合叠加，得到复合模式全聚焦重建图像，图像中点 (a, b) 的复合叠加幅值 $I(a, b)$ 为：

[0024]

$$I(a,b) = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n I_{ij}(a,b)$$

(3)

[0025] (g) 裂纹定量、定位和定取向

[0026] 依据复合模式全聚焦成像结果，读取成像区域内的峰值坐标点，利用-6 dB法即获得不同取向裂纹的深度、尺寸与倾斜角度。

发明的有益效果

有益效果

[0027] 这种基于复合模式全聚焦的裂纹形貌重建方法利用一套相控阵探头楔块组合，通过一次信号采集实现不同取向裂纹形貌重建，同时实现不同取向裂纹的形貌表征，为裂纹长度、深度和取向的精确定量提供了有效解决方法。同时，该方法涉及的算法可嵌入到探伤仪中，实现未知取向裂纹检出与定量，具有较高的工程应用和推广价值。

对附图的简要说明

附图说明

[0028] 下面结合附图和实例对本发明做进一步说明。

[0029] 图1是采用的超声检测系统示意图。

[0030] 图2是加工不同取向裂纹的试块示意图。

[0031] 图3是信号采集时建立的坐标系示意图。

[0032] 图4是被检试块内部中心深度24 mm、长度5 mm、取向角度-60° 裂纹的复合模式全聚焦重建图像。

[0033] 图5是被检试块内部中心深度24 mm、长度5 mm、取向角度-30° 裂纹的复合模式全聚焦重建图像。

[0034] 图6是被检试块内部中心深度24 mm、长度5 mm、取向角度0° 裂纹的复合模式全聚焦重建图像。

[0035] 图7是被检试块内部中心深度24 mm、长度5 mm、取向角度30° 裂纹的复合模式全聚焦重建图像。

[0036] 图8是被检试块内部中心深度24 mm、长度5 mm、取向角度60° 裂纹的复合模式全聚焦重建图像。

实施该发明的最佳实施例

本发明的最佳实施方式

[0037] 基于复合模式全聚焦的裂纹形貌重建方法，采用的超声检测系统如图1所示，其中包括相控阵超声检测仪、相控阵超声探头、倾斜有机玻璃楔块。具体检测及处理步骤如下：

[0038] (a) 被检试块为厚度40 mm的碳钢试块，试块中加工了中心深度24 mm、长度5 mm，取向角度分别为0°、±30°和±60° 裂纹（竖直方向为0°，顺时针方向为正），如图2所示。

[0039] 利用相控阵超声检测仪，采用中心频率5 MHz、64阵元的相控阵探头配合45° 楔块对试块进行检测，其中探头第一阵元高度18.82 mm、采样频率100 MHz，楔块纵波声速为2330 m/s，试块横波声速3230 m/s，纵波声速5900 m/s。

[0040] (b) 利用相控阵超声检测仪的全矩阵捕捉功能对被检试块进行信号采集，获得包含不同模式波的A扫描信号矩阵，以数据文本形式导出，A扫描信号数量为 $64^2=4096$ 。

[0041] (c) 如图3所示，建立直角坐标系：以楔块和被检试块界面为 x轴，探头第一阵元中心位置到 x轴的投影点为坐标原点，楔块前沿方向为 x轴正向，试块深度方向为 y轴正向建立坐标系，并将检测区域划分成100×100个矩形网格。

[0042] (d) 根据声束传播路径不同，分为三类模式：直接模式中声束由阵元发射，与裂纹作用后直接返回阵元；半跨模式中声束由阵元发射经试块底部反射后，与裂纹作用并直接返回阵元；全跨模式中声束由阵元发射，经试块底部反射与裂纹作用后，又经底部反射返回至阵元；超声波在楔块与被检试块界面、试块底部和裂纹表面发生波型转换，故三类模式共分为21种波型组合；

[0043] (e) 折射点位置求解

[0044] 第 p种模式波发射和接收时，在楔块和被检试块界面处的折射点横坐标分别为

x_{pi} 与 x_{pj} , 根据费马定理利用式 (1) 求出:

[0045]

$$\frac{\partial t_{pi}}{\partial x_{pi}} = \frac{\partial t_{pj}}{\partial x_{pj}} = 0$$

(1)

[0046] 式中, $1 \leq p \leq 21$, t_{pi} 表示第 i 个阵元激励声束传播到重建点所用时间, t_{pj} 表示重建点散射回波到达第 j 个阵元所用时间; 根据声束传播路径与波型, 求得 t_{pi} 与 t_{pj} ;

[0047] (f) 复合模式全聚焦图像重建

[0048] 对于每一个图像重建点 (a, b) , 其中 $1 \leq a \leq M$, $1 \leq b \leq N$, 在第 i 个阵元发射, 第 j 个阵元接收的信号 A_{ij} 中筛选21种模式波中能量最强信号, 得到该点对应幅值 $I_{ij}(a, b)$:

[0049]

$$I_{ij}(a, b) = \max_{1 \leq p \leq 21} (A_{ij}(t_p(a, b)))$$

(2)

[0050] 式中, $t_p(a, b)$ 为第 p 种模式波在点 (a, b) 处的传播时间;

[0051] 重复以上步骤对被检区域逐点进行复合叠加, 得到复合模式全聚焦重建图像, 图像中点 (a, b) 的复合叠加幅值 $I(a, b)$ 为:

[0052]

$$I(a, b) = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n I_{ij}(a, b)$$

(3)

[0053] (g) 针对21种模式波进行信号复合叠加,得到复合模式全聚焦图像。图4至图8依次给出取向角度 -60° 、 -30° 、 0° 、 30° 和 60° 裂纹的复合模式全聚焦图像。由图可见,裂纹成像质量好,检测分辨力较高,且整体形貌得到完整表征。计算可得, -60° 、 -30° 、 0° 、 30° 和 60° 裂纹长度定量结果分别为5.11 mm、5.38 mm、5.15 mm、5.38 mm和5.20 mm,中心深度定位结果分别为23.60 mm、23.78 mm、24.58 mm、24.21 mm和24.30 mm,取向角度定量结果分别为 -59.42° 、 -30.78° 、 -0.56° 、 29.76° 和 59.98° 。与预设裂纹的长度、深度和取向角度相比,定量误差分别不超过0.38 mm、0.58 mm和 0.78° 。该方法实现了不同取向裂纹形貌重建,且定量和定位误差较小,满足工程需求。

发明实施例

本发明的实施方式

[0054] 同最佳实施方式。

工业实用性

[0055] 这种基于复合模式全聚焦的裂纹形貌重建方法利用一套相控阵探头楔块组合,通过一次信号采集实现不同取向裂纹形貌重建,同时实现不同取向裂纹的形貌表征,为裂纹长度、深度和取向的精确定量提供了有效解决方法。同时,该方法涉及的算法可嵌入到探伤仪中,实现未知取向裂纹检出与定量,具有较高的工程应用和推广价值。

序列表自由内容

[0056] 无。

权利要求书

- [权利要求 1] 一种基于复合模式全聚焦的裂纹形貌重建方法，其特征在于：该方法采用由相控阵超声检测仪、相控阵超声探头和倾斜楔块构成的检测系统，采集包括21种模式波的A扫描信号矩阵；基于费马定理，计算21种模式波在楔块与被检试块界面处的折射点位置，得到被检区域内每种模式波的幅值信号；针对每一个重建点，从上述21种模式波中选择能量最强信号；最后，通过复合叠加实现不同取向裂纹的形貌重建；所述方法采用下列步骤：
- （a）相控阵超声检测参数选择
- 根据被检试块的材料、形状和尺寸信息选取相控阵超声检测参数，参数包括相控阵超声探头频率、阵元数量以及楔块型号；
- （b）A扫描信号矩阵采集
- 基于选定的相控阵超声检测参数，利用相控阵超声检测仪全矩阵捕捉功能一次采集包括不同模式波的A扫描信号矩阵，并以txt格式保存；对于一个阵元数为 n 的相控阵探头，A扫描信号数量为 n^2 ；
- （c）坐标系建立及图像重建区域网格划分
- 以楔块和被检试块界面为 x 轴，探头第一阵元中心位置到 x 轴的投影点为坐标原点，楔块前沿方向为 x 轴正向，试块深度方向为 y 轴正向建立坐标系，将被检区域划分成 $M \times N$ 个矩形网格，网格节点即为各图像重建点；
- （d）模式波种类确定
- 根据声束传播路径不同，分为三类模式：直接模式中声束由阵元发射，与裂纹作用后直接返回阵元；半跨模式中声束由阵元发射经试块底部反射后，与裂纹作用并直接返回阵元；全跨模式中声束由阵元发射，经试块底部反射与裂纹作用后，又经底部反射返回至阵元；超声波在楔块与被检试块界面、试块底部和裂纹表面发生波型转换，故三类模式共分为21种波型组合；
- （e）折射点位置求解

第 p 种模式波发射和接收时，在楔块和被检试块界面处的折射点横坐标分别为 x_{pi} 与 x_{pj} ，根据费马定理利用式 (1) 求出：

$$\frac{\partial t_p}{\partial x_{pi}} = \frac{\partial t_p}{\partial x_{pj}} = 0$$

(1)

式中， $1 \leq p \leq 21$ ， t_{pi} 表示第 i 个阵元激励声束传播到重建点所用时间， t_{pj} 表示重建点散射回波到达第 j 个阵元所用时间；根据声束传播路径与波型，求得 t_{pi} 与 t_{pj} ；

(f) 复合模式全聚焦图像重建

对于每一个图像重建点 (a, b) ，其中 $1 \leq a \leq M$ ， $1 \leq b \leq N$ ，在第 i 个阵元发射，第 j 个阵元接收的信号 A_{ij} 中筛选 21 种模式波中能量最强信号，得到该点对应幅值 $I_{ij}(a, b)$ ：

$$I_{ij}(a, b) = \max_{1 \leq p \leq 21} (A_{ij}(t_p(a, b)))$$

(2)

式中， $t_p(a, b)$ 为第 p 种模式波在点 (a, b) 处的传播时间；重复以上步骤对被检区域逐点进行复合叠加，得到复合模式全聚焦重建图像，图像中点 (a, b) 的复合叠加幅值 $I(a, b)$ 为：

$$I(a, b) = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N I_{ij}(a, b)$$

(3)

(g) 裂纹定量、定位和定取向

依据复合模式全聚焦成像结果，读取成像区域内的峰值坐标点，利用-6 dB法即获得不同取向裂纹的深度、尺寸与倾斜角度。

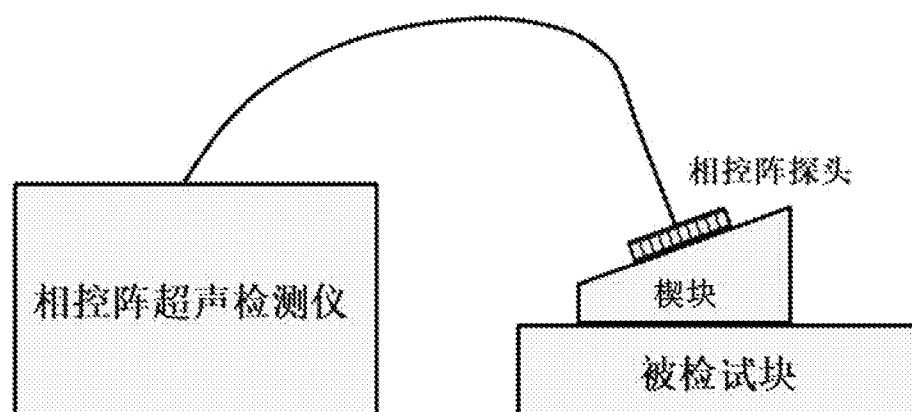


图 1

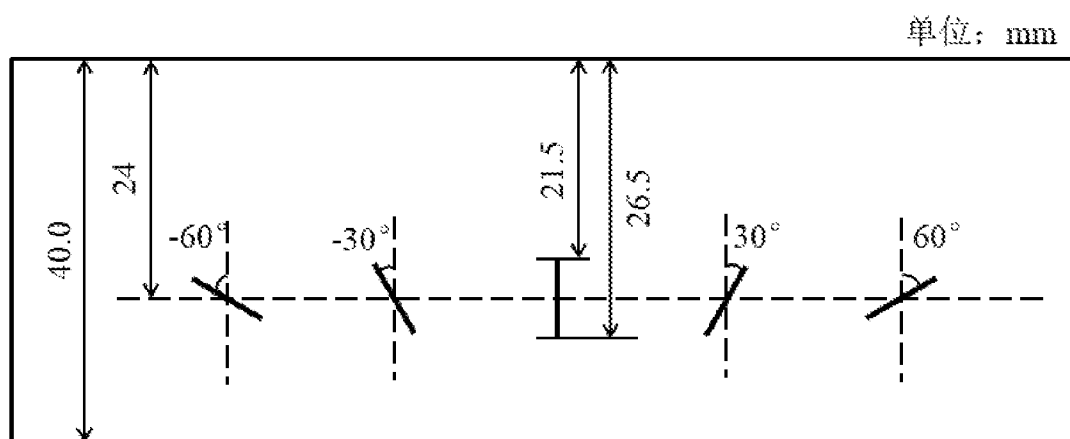


图 2

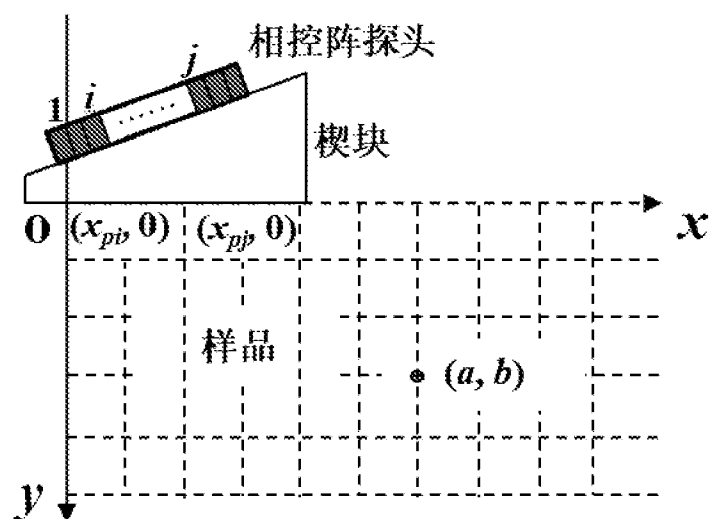


图 3

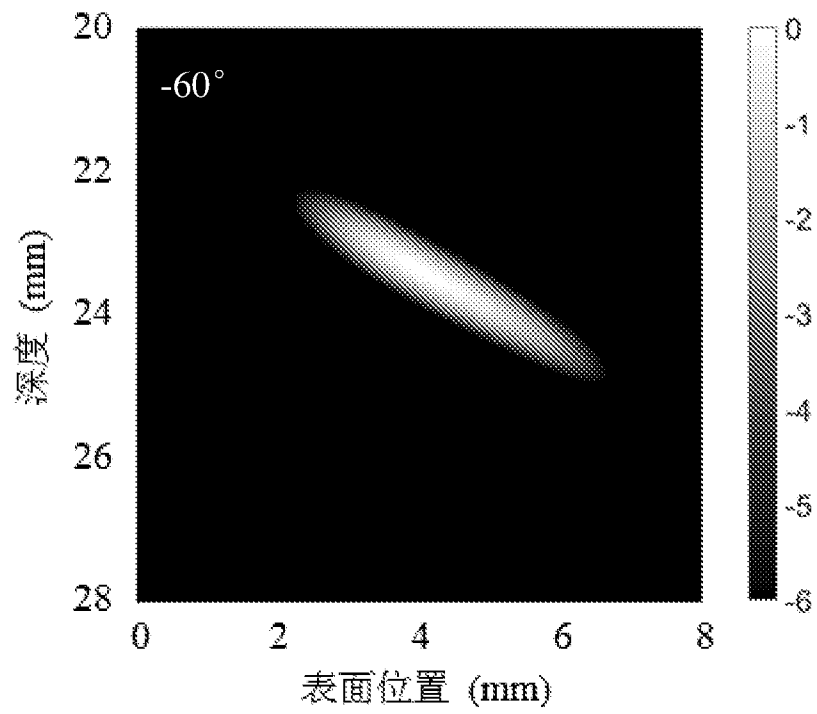


图 4

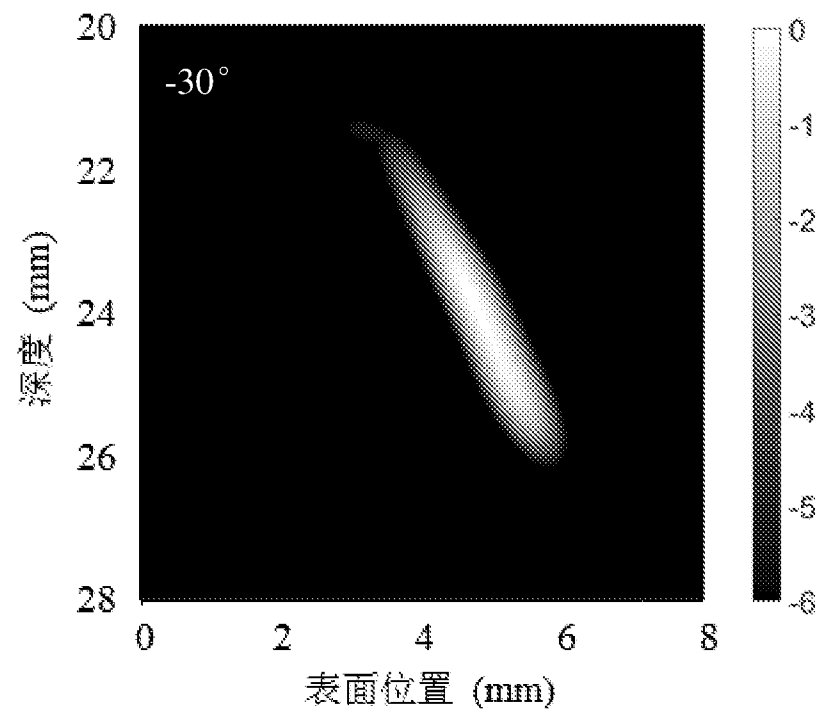


图 5

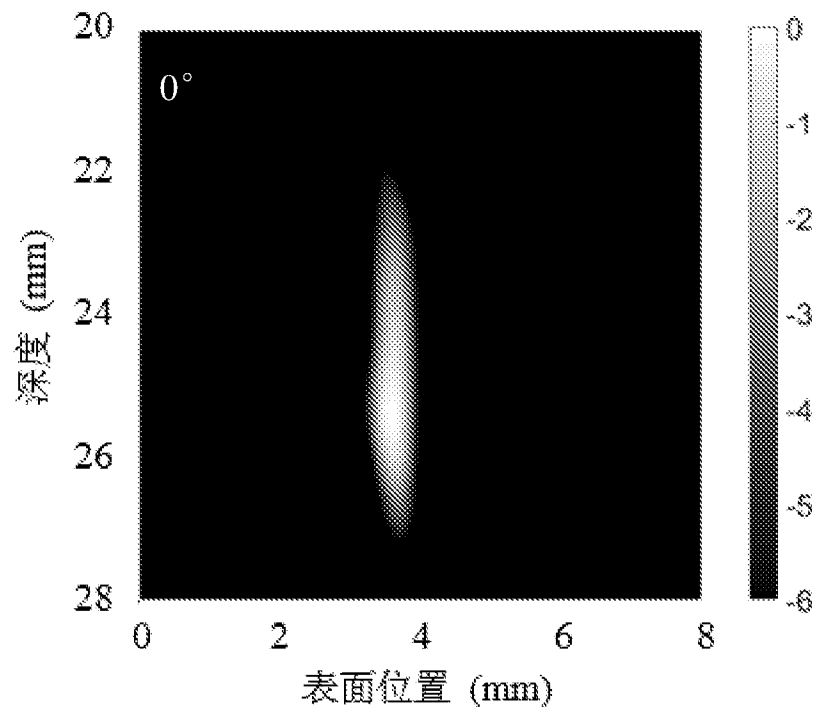


图 6

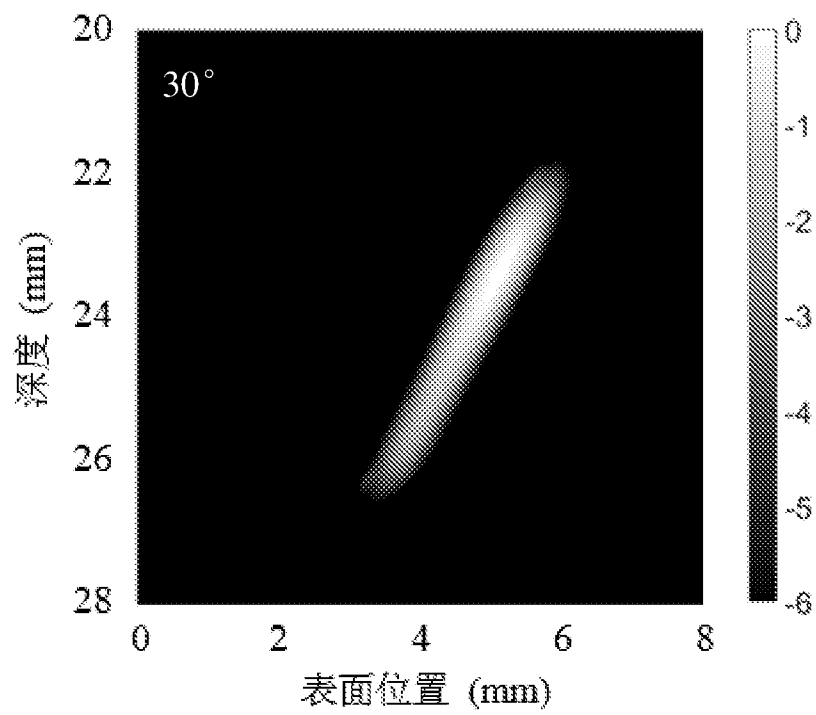


图 7

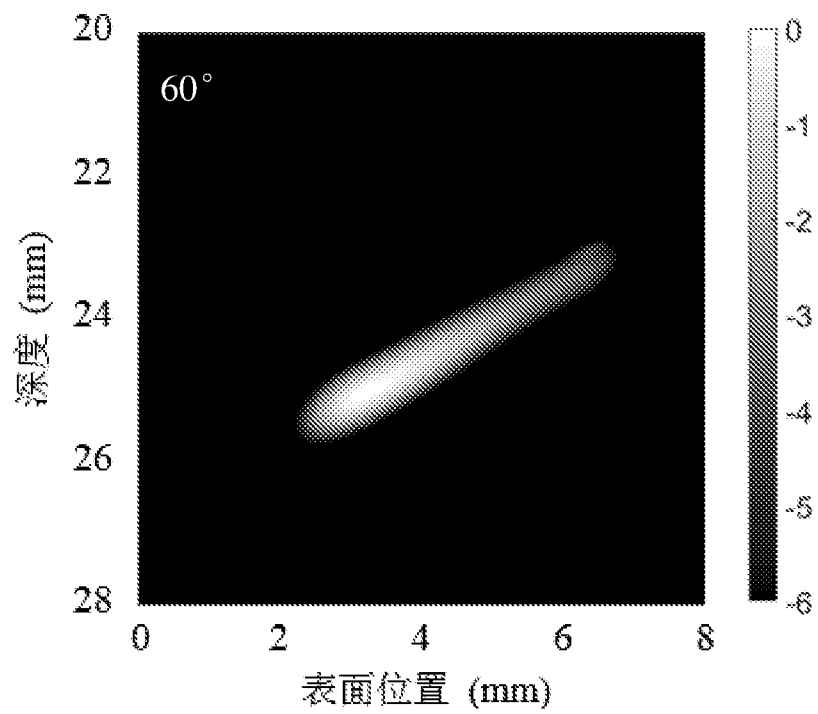


图 8

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2020/124195

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G01N 29/06(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

G01N 29/-

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

CNKI, CNPAT, WPI, EPODOC, IEEE: 大连理工大学, 金士杰, 林莉, 刘晨飞, 罗忠兵, 裂纹, 重建, 相控阵, 超声, 全聚焦, (复合 or 多 or 全) 2w 模式, 直接, 半跨, 半跳跃, 全跨, 全跳跃, 最强, 最大, 信号, jin s, lin l, liu c, luo z, crack, reconstruct, ultrasonic, topography, full w focus+, (composit+ or multi+ or full) w mode?, direct, half w skip, half-skip, full w skip, full-skip, max+ s signal

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	CN 106770669 A (DALIAN UNIVERSITY OF TECHNOLOGY) 31 May 2017 (2017-05-31) description, paragraphs [0004]-[0043], and figures 1-6	1
A	CN 106093206 A (ELECTRIC POWER RESEARCH INSTITUTE OF STATE GRID ZHEJIANG ELECTRIC POWER COMPANY; STATE GRID CORPORATION OF CHINA; BEIJING UNIVERSITY OF TECHNOLOGY) 09 November 2016 (2016-11-09) entire document	1
A	US 2003079545 A1 (MATNEY, Russell M. et al.) 01 May 2003 (2003-05-01) entire document	1
A	JIN, Shijie et al. "Comparison of Morphology Characterization for Regular Cracks with Multi-mode Total Focusing Method" <i>2019 Far East NDT New Technology & Application Forum</i> , 27 June 2019 (2019-06-27), pp. 21-25	1
A	HAN, Xiaoli et al. "Combination of direct, half-skip and full-skip TFM to characterize multi-faceted crack" <i>2015 IEEE International Ultrasonics Symposium</i> , 24 October 2015 (2015-10-24), entire document	1



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
 "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date
 "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
 "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
 "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
 "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
 "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
 "&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

07 April 2021

Date of mailing of the international search report

16 April 2021

Name and mailing address of the ISA/CN

China National Intellectual Property Administration (ISA/
CN)
No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao, Haidian District, Beijing
100088
China

Facsimile No. (86-10)62019451

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2020/124195

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	HAN, Xiaoli et al. "Combination of direct, half-skip and full-skip TFM to characterize defect(II)" <i>2019 IEEE International Ultrasonics Symposium</i> , 09 October 2019 (2019-10-09), pp. 1612-1615	1

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/CN2020/124195

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
CN	106770669	A	31 May 2017	CN	106770669	B	25 June 2019
CN	106093206	A	09 November 2016	None			
US	2003079545	A1	01 May 2003	US	6772638	B2	10 August 2004

国际检索报告

国际申请号

PCT/CN2020/124195

A. 主题的分类 G01N 29/06 (2006.01) i 按照国际专利分类 (IPC) 或者同时按照国家分类和 IPC 两种分类																	
B. 检索领域 检索的最低限度文献 (标明分类系统和分类号) G01N 29/- 包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献 在国际检索时查阅的电子数据库 (数据库的名称, 和使用的检索词 (如使用)) CNKI, CNPAT, WPI, EPDOC, IEEE: 大连理工大学, 金士杰, 林莉, 刘晨飞, 罗忠兵, 裂纹, 重建, 相控阵, 超声, 全聚焦, (复合 or 多 or 全) 2w 模式, 直接, 半跨, 半跳跃, 全跨, 全跳跃, 最强, 最大, 信号, jin s, lin l, liu c, luo z, crack, reconstruct, ultrasonic, topography, full w focus+, (composit+ or multi+ or full) w mode?, direct, half w skip, half-skip, full w skip, full-skip, max+ s signal																	
C. 相关文件 <table border="1"> <thead> <tr> <th>类 型*</th> <th>引用文件, 必要时, 指明相关段落</th> <th>相关的权利要求</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>A</td> <td>CN 106770669 A (大连理工大学) 2017年 5月 31日 (2017 - 05 - 31) 说明书第[0004]-[0043]段、附图1-6</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 106093206 A (国网浙江省电力公司电力科学研究院 国家电网公司 北京工业大学) 2016年 11月 9日 (2016 - 11 - 09) 全文</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>US 2003079545 A1 (MATNEY, Russell M. 等) 2003年 5月 1日 (2003 - 05 - 01) 全文</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>JIN, Shijie 等. "Comparison of Morphology Characterization for Regular Cracks with Multi-mode Total Focusing Method" 2019 Far East NDT New Technology & Application Forum, 2019年 6月 27日 (2019 - 06 - 27), 第21-25页</td> <td>1</td> </tr> </tbody> </table>			类 型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求	A	CN 106770669 A (大连理工大学) 2017年 5月 31日 (2017 - 05 - 31) 说明书第[0004]-[0043]段、附图1-6	1	A	CN 106093206 A (国网浙江省电力公司电力科学研究院 国家电网公司 北京工业大学) 2016年 11月 9日 (2016 - 11 - 09) 全文	1	A	US 2003079545 A1 (MATNEY, Russell M. 等) 2003年 5月 1日 (2003 - 05 - 01) 全文	1	A	JIN, Shijie 等. "Comparison of Morphology Characterization for Regular Cracks with Multi-mode Total Focusing Method" 2019 Far East NDT New Technology & Application Forum, 2019年 6月 27日 (2019 - 06 - 27), 第21-25页	1
类 型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求															
A	CN 106770669 A (大连理工大学) 2017年 5月 31日 (2017 - 05 - 31) 说明书第[0004]-[0043]段、附图1-6	1															
A	CN 106093206 A (国网浙江省电力公司电力科学研究院 国家电网公司 北京工业大学) 2016年 11月 9日 (2016 - 11 - 09) 全文	1															
A	US 2003079545 A1 (MATNEY, Russell M. 等) 2003年 5月 1日 (2003 - 05 - 01) 全文	1															
A	JIN, Shijie 等. "Comparison of Morphology Characterization for Regular Cracks with Multi-mode Total Focusing Method" 2019 Far East NDT New Technology & Application Forum, 2019年 6月 27日 (2019 - 06 - 27), 第21-25页	1															
☒ 其余文件在C栏的续页中列出。 ☒ 见同族专利附件。																	
<table border="0"> <tr> <td> * 引用文件的具体类型: "A" 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件 "E" 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利 "L" 可能对优先权要求构成怀疑的文件, 或为确定另一篇引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引用的文件 (如具体说明的) "O" 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件 "P" 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件 </td> <td> "T" 在申请日或优先权日之后公布, 与申请不相抵触, 但为了理解发明之理论或原理的在后文件 "X" 特别相关的文件, 单独考虑该文件, 认定要求保护的发明不是新颖的或不具有创造性 "Y" 特别相关的文件, 当该文件与另一篇或者多篇该类文件结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时, 要求保护的发明不具有创造性 "&" 同族专利的文件 </td> </tr> </table>			* 引用文件的具体类型: "A" 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件 "E" 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利 "L" 可能对优先权要求构成怀疑的文件, 或为确定另一篇引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引用的文件 (如具体说明的) "O" 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件 "P" 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件	"T" 在申请日或优先权日之后公布, 与申请不相抵触, 但为了理解发明之理论或原理的在后文件 "X" 特别相关的文件, 单独考虑该文件, 认定要求保护的发明不是新颖的或不具有创造性 "Y" 特别相关的文件, 当该文件与另一篇或者多篇该类文件结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时, 要求保护的发明不具有创造性 "&" 同族专利的文件													
* 引用文件的具体类型: "A" 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件 "E" 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利 "L" 可能对优先权要求构成怀疑的文件, 或为确定另一篇引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引用的文件 (如具体说明的) "O" 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件 "P" 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件	"T" 在申请日或优先权日之后公布, 与申请不相抵触, 但为了理解发明之理论或原理的在后文件 "X" 特别相关的文件, 单独考虑该文件, 认定要求保护的发明不是新颖的或不具有创造性 "Y" 特别相关的文件, 当该文件与另一篇或者多篇该类文件结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时, 要求保护的发明不具有创造性 "&" 同族专利的文件																
国际检索实际完成的日期		国际检索报告邮寄日期															
2021年 4月 7日		2021年 4月 16日															
ISA/CN的名称和邮寄地址		受权官员															
中国国家知识产权局 (ISA/CN) 中国北京市海淀区蓟门桥西土城路6号 100088 传真号 (86-10)62019451		孙雪婷 电话号码 86-(10)-53962648															

C. 相关文件		
类 型*	引用文件，必要时，指明相关段落	相关的权利要求
A	HAN, Xiaoli 等. "Combination of direct, half-skip and full-skip TFM to characterize multi-faceted crack" 2015 IEEE International Ultrasonics Symposium, 2015年 10月 24日 (2015 - 10 - 24), 全文	1
A	HAN, Xiaoli 等. "Combination of direct, half-skip and full-skip TFM to characterize defect(II)" 2019 IEEE International Ultrasonics Symposium, 2019年 10月 9日 (2019 - 10 - 09), 第1612-1615页	1

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2020/124195

检索报告引用的专利文件			公布日 (年/月/日)	同族专利	公布日 (年/月/日)
CN	106770669	A	2017年 5月 31日	CN 106770669 B	2019年 6月 25日
CN	106093206	A	2016年 11月 9日	无	
US	2003079545	A1	2003年 5月 1日	US 6772638 B2	2004年 8月 10日