

(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 6 月 2 日 (02.06.2022)



(10) 国际公布号
WO 2022/110413 A1

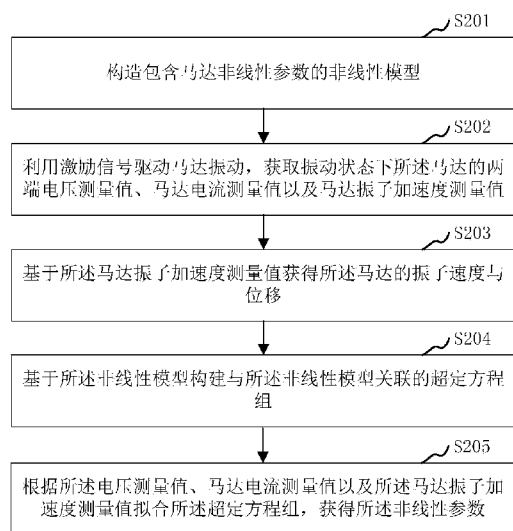
- (51) 国际专利分类号:
G06F 30/20 (2020.01) **G01D 21/02** (2006.01)
G06F 17/11 (2006.01)
- (21) 国际申请号: PCT/CN2020/138329
- (22) 国际申请日: 2020 年 12 月 22 日 (22.12.2020)
- (25) 申请语言: 中文
- (26) 公布语言: 中文
- (30) 优先权:
202011373145.8 2020 年 11 月 30 日 (30.11.2020) CN
- (71) 申请人: 瑞声声学科技(深圳)有限公司 (AAC ACOUSTIC TECHNOLOGIES (SHENZHEN) CO., LTD.) [CN/CN]; 中国广东省深圳市南山区高新区南区粤兴三道6号南京大学深圳产学研大楼A座, Guangdong 518057 (CN)。 瑞

声光电科技(常州)有限公司(AAC MICROTECH (CHANGZHOU) CO., LTD.) [CN/CN]; 中国江苏省常州市武进高新技术产业开发区常漕路3号, Jiangsu 213167 (CN)。

- (72) 发明人: 郭璇(GUO, Xuan); 中国广东省深圳市南山区高新区南区粤兴三道6号南京大学深圳产学研大楼A座, Guangdong 518057 (CN)。 向征(XIANG, Zheng); 中国广东省深圳市南山区高新区南区粤兴三道6号南京大学深圳产学研大楼A座, Guangdong 518057 (CN)。
- (74) 代理人: 广州华进联合专利商标代理有限公司 (ADVANCE CHINA IP LAW OFFICE); 中国广东省广州市天河区珠江东路6号4501房(部位: 自编01-03和08-12单元)(仅限办公用途), Guangdong 510623 (CN)。

(54) Title: METHOD AND APPARATUS FOR DETERMINING NONLINEAR PARAMETER OF MOTOR, AND DEVICE AND STORAGE MEDIUM

(54) 发明名称: 确定马达非线性参数的方法、装置、设备和存储介质



- S201 Construct a nonlinear model including a nonlinear parameter of a motor
- S202 Use an excitation signal to drive the motor to vibrate, and acquire, in a vibration state, voltage measurement values at two ends of the motor, a motor current measurement value and a motor vibrator acceleration measurement value
- S203 Obtain a vibrator speed and a vibration displacement of the motor on the basis of the motor vibrator acceleration measurement value
- S204 On the basis of the nonlinear model, construct an overdetermined equation set associated with the nonlinear model
- S205 Perform fitting on the overdetermined equation set according to the voltage measurement values, the motor current measurement value and the motor vibrator acceleration measurement value, so as to obtain the nonlinear parameter

图 2

(57) Abstract: A method and apparatus for determining a nonlinear parameter of a motor, and a computer device and a computer-readable storage medium, which can improve the precision and efficiency of determining a nonlinear parameter of a motor during a motor test process. The method comprises: constructing a nonlinear model including a nonlinear parameter of a motor (S201); using an excitation signal to drive the motor to vibrate, and acquiring, in a vibration state, voltage measurement values at two ends of the motor, a motor current measurement value and a motor vibrator acceleration measurement value (S202); then, obtaining a vibrator speed and a vibration displacement of the motor on the basis of the motor vibrator acceleration measurement value (S203); next, on the basis of the nonlinear model, constructing an overdetermined equation set associated with the nonlinear model (S204); and performing fitting on the overdetermined equation set according to the voltage measurement values, the motor current measurement value and the motor

(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, 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)。

本国际公布:

— 包括国际检索报告(条约第21条(3))。

vibrator acceleration measurement value, so as to obtain the nonlinear parameter (S205).

(57) 摘要: 一种确定马达非线性参数的方法、装置、计算机设备和计算机可读存储介质, 能够提高马达测试过程中确定马达非线性参数的精度和效率。该方法包括: 构造出马达非线性参数的非线性模型(S201), 利用激励信号驱动马达振动, 获取振动状态下该马达的两端电压测量值、马达电流测量值以及马达振子加速度测量值(S202), 然后基于马达振子加速度测量值获得马达的振子速度与振子位移(S203), 接着基于非线性模型构建与该非线性模型关联的超定方程组(S204), 根据前述电压测量值、马达电流测量值以及马达振子加速度测量值拟合该超定方程组, 获得非线性参数(S205)。

确定马达非线性参数的方法、装置、设备和存储介质

技术领域

本发明涉及微机电技术领域，特别是涉及一种确定马达非线性参数的方法、
5 装置、计算机设备和非易失性计算机可读存储介质。

背景技术

随着电子设备的迅速发展，马达作为一种触觉反馈的激励器，在例如智能手机、手表和平板电脑等电子设备上得到广泛应用。

10 在实际应用中，马达的经典二阶模型可以满足应用和触觉反馈效果的设计需求，但是在需要精确触觉反馈效果的场景下，由于马达所固有的非线性特性，往往使得基于经典二阶模型的应用无法满足需求。目前技术中提供的获取马达非线性参数的方案，主要是采用激励信号激励马达振动后采集电压、电流测量值，
15 根据电压、电流测量值结合马达的线参数初始值和非线性参数初始值采用自适应滤波计算得到马达的非线性参数目标值，然而这种方式仍难以对非线性模型中的马达非线性参数进行精确估计。

发明内容

基于此，有必要针对上述技术问题，提供一种确定马达非线性参数的方法、
20 装置、计算机设备和非易失性计算机可读存储介质。

一种确定马达非线性参数的方法，所述方法包括：

构造包含马达非线性参数的非线性模型；

利用激励信号驱动马达振动，获取振动状态下所述马达的两端电压测量值、
马达电流测量值以及马达振子加速度测量值；

25 基于所述马达振子加速度测量值获得所述马达的振子速度与位移；

基于所述非线性模型构建与所述非线性模型关联的超定方程组；

根据所述电压测量值、马达电流测量值以及所述马达振子加速度测量值拟合所述超定方程组，获得所述非线性参数；

其中，所述非线性模型表示为：

$$u = R_e i + Bl(x)v$$

$$Bl(x)i = ma + R_m(v)v + K_m(x)x$$

u 为马达两端电压； i 为马达电流； x 为振子位移； v 为振子速度； a 为马达振
子加速度； R_e 为马达电阻； $Bl(x)$ 为马达电磁力系数； $K_m(x)$ 为马达弹簧劲度系
数； $R_m(v)$ 为马达阻尼； m 为马达振子质量；

所述非线性参数表示为：

$$Bl(x) = Bl_0 + Bl_1x + Bl_2x^2 + Bl_3x^3 + Bl_4x^4$$

$$K_m(x) = K_{m0} + K_{m1}x + K_{m2}x^2 + K_{m3}x^3 + K_{m4}x^4$$

$$R_m(v) = R_{m0} + R_{m1}v + R_{m2}v^2。$$

一种确定马达非线性参数的装置，包括：

模型构造模块，用于构造包含马达非线性参数的非线性模型；

测量值获取模块，用于利用激励信号驱动马达振动，获取振动状态下所述马
达的两端电压测量值、马达电流测量值以及马达振子加速度测量值；

速度位移获得模块，用于基于所述马达振子加速度测量值获得所述马达的
振子速度与位移；

方程组构建模块，用于基于所述非线性模型构建与所述非线性模型关联的
超定方程组；

非线性参数获得模块，用于根据所述电压测量值、马达电流测量值以及所述
马达振子加速度测量值拟合所述超定方程组，获得所述非线性参数；

其中，所述非线性模型表示为：

$$u = R_e i + Bl(x)v$$

$$Bl(x)i = ma + R_m(v)v + K_m(x)x$$

u 为马达两端电压； i 为马达电流； x 为振子位移； v 为振子速度； a 为马达振
子加速度； R_e 为马达电阻； $Bl(x)$ 为马达电磁力系数； $K_m(x)$ 为马达弹簧劲度系
数； $R_m(v)$ 为马达阻尼； m 为马达振子质量；

所述非线性参数表示为：

$$\begin{aligned}
 Bl(x) &= Bl_0 + Bl_1x + Bl_2x^2 + Bl_3x^3 + Bl_4x^4 \\
 K_m(x) &= K_{m0} + K_{m1}x + K_{m2}x^2 + K_{m3}x^3 + K_{m4}x^4 \\
 R_m(v) &= R_{m0} + R_{m1}v + R_{m2}v^2。
 \end{aligned}$$

一种计算机设备，包括存储器和处理器，所述存储器存储有计算机程序，所述处理器执行所述计算机程序时实现以下步骤：

构造包含马达非线性参数的非线性模型；利用激励信号驱动马达振动，获取振动状态下所述马达的两端电压测量值、马达电流测量值以及马达振子加速度测量值；基于所述马达振子加速度测量值获得所述马达的振子速度与位移；基于所述非线性模型构建与所述非线性模型关联的超定方程组；根据所述电压测量值、马达电流测量值以及所述马达振子加速度测量值拟合所述超定方程组，获得所述非线性参数；其中，所述非线性模型表示为：

$$u = R_e i + Bl(x)v$$

$$Bl(x)i = ma + R_m(v)v + K_m(x)x$$

u 为马达两端电压； i 为马达电流； x 为振子位移； v 为振子速度； a 为马达振子加速度； R_e 为马达电阻； $Bl(x)$ 为马达电磁力系数； $K_m(x)$ 为马达弹簧劲度系数； $R_m(v)$ 为马达阻尼； m 为马达振子质量；

所述非线性参数表示为：

$$\begin{aligned}
 Bl(x) &= Bl_0 + Bl_1x + Bl_2x^2 + Bl_3x^3 + Bl_4x^4 \\
 K_m(x) &= K_{m0} + K_{m1}x + K_{m2}x^2 + K_{m3}x^3 + K_{m4}x^4 \\
 R_m(v) &= R_{m0} + R_{m1}v + R_{m2}v^2。
 \end{aligned}$$

一种非易失性计算机可读存储介质，其上存储有计算机程序，所述计算机程序被处理器执行时实现以下步骤：

构造包含马达非线性参数的非线性模型；利用激励信号驱动马达振动，获取振动状态下所述马达的两端电压测量值、马达电流测量值以及马达振子加速度测量值；基于所述马达振子加速度测量值获得所述马达的振子速度与位移；基于所述非线性模型构建与所述非线性模型关联的超定方程组；根据所述电压测量值、马达电流测量值以及所述马达振子加速度测量值拟合所述超定方程组，获得所述非线性参数；其中，所述非线性模型表示为：

$$u = R_e i + Bl(x)v$$

$$Bl(x)i = ma + R_m(v)v + K_m(x)x$$

u 为马达两端电压； i 为马达电流； x 为振子位移； v 为振子速度； a 为马达振子加速度； R_e 为马达电阻； $Bl(x)$ 为马达电磁力系数； $K_m(x)$ 为马达弹簧劲度系数； $R_m(v)$ 为马达阻尼； m 为马达振子质量；

所述非线性参数表示为：

$$Bl(x) = Bl_0 + Bl_1 x + Bl_2 x^2 + Bl_3 x^3 + Bl_4 x^4$$

$$K_m(x) = K_{m0} + K_{m1} x + K_{m2} x^2 + K_{m3} x^3 + K_{m4} x^4$$

$$R_m(v) = R_{m0} + R_{m1} v + R_{m2} v^2。$$

上述确定马达非线性参数的方法、装置、计算机设备和存储介质，构造出马达非线性参数的非线性模型，利用激励信号驱动马达振动，获取振动状态下该马达的两端电压测量值、马达电流测量值以及马达振子加速度测量值，然后基于马达振子加速度测量值获得马达的振子速度与振子位移，接着基于非线性模型构建与该非线性模型关联的超定方程组，根据前述电压测量值、马达电流测量值以及马达振子加速度测量值拟合该超定方程组，获得前述非线性参数，能够利用激励信号驱动马达振动后，获取振动状态下马达两端电压、电流和加速度，并利用加速度测量值获得马达的振子速度与振子位移，以此对与非线性模型关联的超定方程组进行拟合从而获得马达非线性参数，提高马达测试过程中确定马达非线性参数的精度和效率。

附图说明

图 1 为一个实施例中确定马达非线性参数的方法的应用环境图；

图 2 为一个实施例中确定马达非线性参数的方法的流程示意图；

图 3 为一个实施例中确定马达非线性参数的装置的结构框图；

图 4 为一个实施例中计算机设备的内部结构图。

具体实施方式

为了使本发明的目的、技术方案及优点更加清楚明白，以下结合附图及实施例，对本发明进行进一步详细说明。应当理解，此处描述的具体实施例仅仅用以解释本发明，并不用于限定本发明。

本发明提供的确定马达非线性参数的方法，可以应用于如图 1 所示的应用环境，该应用环境可以包括计算机设备 140、采集卡 150、功率放大器 160、信号放大器 170、待测试的马达 110。其中，计算机设备 140 可以但不限于各种个人计算机、笔记本电脑、智能手机和平板电脑等；马达 110 可以包括 LRA (Linear Resonance Actuator, 线性马达)，LRA 属于一种应用于智能手机的线性马达。该马达 110 可以放置于海绵 130 上以提高对马达 110 的测试精度。在一些测试场景中，马达 110 和海绵 130 间可以放置工装件 120，从而可以利用该工装件 120 支撑马达 110，在马达 110 测试过程中采集马达振子加速度数据。

具体的，基于上述场景，测试人员可在计算机设备 140 生成马达 110 的激励信号，该激励信号一般是数字信号，通过采集卡 150 将激励信号从数字信号的形式转化为模拟信号的形式，接着通过功率放大器 160 将激励信号加载到马达 110 两端进行激励以驱动马达 110 振动，在振动状态下可获取马达 110 的两端电压测量值、马达电流测量值以及马达振子加速度测量值。在得到马达振子加速度测量值后，计算机设备 140 可基于该马达振子加速度测量值获得马达 110 的振子速度与振子位移，以及基于所构造的包含马达非线性参数的非线性模型，构建与该非线性模型关联的超定方程组，根据电压测量值、马达电流测量值以及马达振子加速度测量值拟合超定方程组，获得非线性参数。

基于如上场景可实施本发明提供的确定马达非线性参数的方法，从而能够在计算机设备 140 上利用激励信号驱动马达 110 振动后，获取振动状态下马达 110 两端电压、电流和加速度，并利用加速度测量值获得马达 110 的振子速度与振子位移，以此对与非线性模型关联的超定方程组进行拟合从而获得马达非线性参数，提高马达 110 测试过程中确定马达 110 非线性参数的精度和效率，有助于缩短马达非线性参数的测试时间，使用该非线性模型进行信号设计，可提升仿真信号和实测信号的相似度，为精确触觉反馈效果设计提供了支撑。

下面结合实施例和附图对本发明提供的确定马达非线性参数的方法作进一

步说明。

在一个实施例中，如图 2 所示，提供了一种确定马达非线性参数的方法，该方法可以由图 1 中的计算机设备 140 执行，该方法包括以下步骤：

步骤 S201，构造包含马达非线性参数的非线性模型。

5 将马达 110 的经典二阶模型中的部分参数表示为非线性参数（即在马达振子运动过程中不是常数）即构成马达 110 的非线性模型。在对马达 110 的非线性模型中的非线性参数进行估计时，该非线性模型所包含的非线性参数都可作为待估计的非线性参数。可将非线性参数通过多项式进行表示，本步骤中，计算机设备 140 可构造包含马达非线性参数的非线性模型，并获取非线性参数所对应的
10 多项式表示。其中，非线性参数可以采用多项式近似表示为随某个或者某些变量变化的量，而多项式具有相应的各阶系数。

示例性的，马达 110 的经典二阶模型可以采用如下 (1) 和 (2) 式进行表示：

$$u = R_e i + L_e \frac{di}{dt} + Blv \quad (1)$$

$$Bli = ma + R_m v + K_m x \quad (2)$$

15 其中，(1) 式为电方程，(2) 式为机械方程。其中， u 表示马达两端电压、 i 表示马达电流、 x 表示马达振子位移、 v 表示马达振子速度、 a 表示马达振子加速度、 R_e 表示马达电阻、 L_e 表示马达电感、 Bl 表示马达电磁力系数、 m 表示马达振子质量、 K_m 表示马达弹簧劲度系数和 R_m 表示马达阻尼。

在上 (1) 和 (2) 式的基础上，一般考虑将这些参数表示为非线性参数： L_e 、
20 Bl 、 R_m 和 K_m 。可以将这些非线性参数近似表示为随例如振子位移、振子速度和振子加速度等变量的多项式形式，在一些工程应用中，可以将部分影响较小的非线性参数进行忽略处理。为了便于描述，本发明将上式 (1) 中马达电感 L_e 忽略的影响忽略，以位移 x 和速度 v 将马达电磁力系数 Bl 、马达弹簧劲度系数 K_m 和马达阻尼 R_m 通过多项式进行表示，具体的，马达 110 的非线性模型可以采用如
25 下 (3) 和 (4) 式进行表示：

$$u = R_e i + Bl(x) v \quad (3)$$

$$Bl(x)i = ma + R_m(v)v + K_m(x)x \quad (4)$$

其中，(3) 式和 (4) 式分别为电方程、机械方程的非线性表达形式，即马达 110 的非线性模型可以包括电方程和机械方程；其中，非线性参数包括马达电磁力系数 Bl 、马达弹簧劲度系数 K_m 和马达阻尼 R_m ，分别被表示为：

$$Bl(x) = Bl_0 + Bl_1x + Bl_2x^2 + Bl_3x^3 + Bl_4x^4 \quad (5)$$

$$K_m(x) = K_{m0} + K_{m1}x + K_{m2}x^2 + K_{m3}x^3 + K_{m4}x^4 \quad (6)$$

$$R_m(v) = R_{m0} + R_{m1}v + R_{m2}v^2 \quad (7)$$

其中，上式 (5) 至 (7) 分别为马达电磁力系数 Bl 、马达弹簧劲度系数 K_m 和马达阻尼 R_m 的多项式表示， Bl_0 至 Bl_4 为马达电磁力系数 Bl 的各阶系数，振子位移 x 为马达电磁力系数 Bl 对应的变量，同理， K_{m0} 至 K_{m4} 为马达弹簧劲度系数 K_m 的各阶系数，振子位移 x 为马达弹簧劲度系数 K_m 对应的变量， R_{m0} 至 R_{m2} 为马达阻尼 R_m 的各阶系数，速度 v 为马达阻尼 R_m 对应的变量。

本步骤中，计算机设备 140 可获取由上式 (3) 和 (4) 表示的非线性模型，而该非线性模式所包含的非线性参数由上式 (5) 至 (7) 表示。

步骤 S202，利用激励信号驱动马达振动，获取振动状态下马达的两端电压测量值、马达电流测量值以及马达振子加速度测量值。

本步骤中，计算机设备 140 可利用激励信号驱动马达 110 振动，马达 110 受该驱动处于振动状态，计算机设备 140 获取处于振动状态下马达 110 的两端电压测量值、马达电流测量值以及马达振子加速度测量值。在一些实施例中，激励信号可由计算机设备 140 生成，激励信号的具体形式可以由多种，例如激励信号可以包括马达 110 的额定电压谐振频率处的单频信号、宽频信号或者白噪声信号等。

步骤 S203，基于马达振子加速度测量值获得马达的振子速度与位移。

本步骤中，计算机设备 140 可以根据加速度、速度和位移之间的关系，基于马达振子加速度测量值分别计算出马达的振子速度与马达的振子位移。

在一些实施例中，计算机设备 140 可对马达振子加速度测量值进行积分处理分别获得该振子速度与振子位移。本实施例中，基于加速度、速度和位移的力

学关系，计算机设备 140 可将马达振子加速度在时间上进行一次积分获得马达的振子速度，将马达振子加速度在时间上进行二次积分获得马达的振子位移，通过这种方式能够简化对马达 110 的振子速度与振子位移的测量复杂度。具体的，计算机设备 140 可在多个时间采集点采集处于振动状态的马达 110 的马达振子
5 加速度测量值，然后计算机设备 140 利用速度与加速度之间的关系，可将多个时间采集点采集的马达振子加速度测量值在时间上进行一次积分，得到马达 110 的振子速度；将多个时间采集点采集的马达振子加速度测量值在时间上进行二次积分，得到马达 110 的振子位移，完成从马达振子加速度分别到振子速度与振子位移的转换，无需另置速度、位移测量设备即可获取振子速度与振子位移数据。

10 步骤 S204，基于非线性模型构建与非线性模型关联的超定方程组。

其中，超定方程组是指方程个数大于未知量个数的方程组。本步骤中，计算机设备 140 构建与非线性模型关联的超定方程组。具体的，计算机设备 140 可以在由上（3）和（4）式表示的非线性模型中将非线性参数采用上（5）至（7）式进行表示，从而可构建出与非线性模型关联的超定方程组。

15 一方面，根据电方程（3）和马达电磁力系数 Bl 的多项式表示（5），可构建与电方程（3）关联的如下超定方程组（8）：

$$A_e C_e = Y_e \quad (8)$$

其中：

$$A_e = \begin{bmatrix} v[1]x^0[1] & , \dots, & v[1]x^4[1] \\ v[2]x^0[2] & , \dots, & v[2]x^4[2] \\ \vdots & & \vdots \\ v[n]x^0[n] & , \dots, & v[n]x^4[n] \end{bmatrix} \quad (9)$$

20

$$C_e = \begin{bmatrix} Bl_0 \\ Bl_1 \\ Bl_2 \\ Bl_3 \\ Bl_4 \end{bmatrix} \quad (10)$$

$$Y_e = \begin{bmatrix} u[1] - R_e i[1] \\ u[2] - R_e i[2] \\ \vdots \\ u[n] - R_e i[n] \end{bmatrix} \quad (11)$$

另一方面, 根据机械方程 (4) 和马达电磁力系数 Bl 、马达弹簧劲度系数 K_m 和马达阻尼 R_m 的多项式表示 (5) 至 (7), 可构建与机械方程 (4) 关联的如下超定方程组 (12):

$$5 \quad A_m C_m = Y_m \quad (12)$$

其中:

$$A_m = \begin{bmatrix} i[1]x^0[1] & , \dots, & i[1]x^4[1] & -v^1[1] & , \dots, & -v^3[1] & -x^1[1] & , \dots, & -x^5[1] \\ i[2]x^0[2] & , \dots, & i[2]x^4[2] & -v^1[2] & , \dots, & -v^3[2] & -x^1[2] & , \dots, & -x^5[2] \\ \vdots & & & & & & & & \\ i[n]x^0[n] & , \dots, & i[n]x^4[n] & -v^1[n] & , \dots, & -v^3[n] & -x^1[n] & , \dots, & -x^5[n] \end{bmatrix} \quad (13)$$

$$C_m = \begin{bmatrix} Bl_0 \\ Bl_1 \\ Bl_2 \\ Bl_3 \\ Bl_4 \\ R_{m0} \\ R_{m1} \\ R_{m2} \\ K_{m0} \\ K_{m1} \\ K_{m2} \\ K_{m3} \\ K_{m4} \end{bmatrix} \quad (14)$$

$$Y_m = \begin{bmatrix} ma[1] \\ ma[2] \\ \vdots \\ ma[n] \end{bmatrix} \quad (15)$$

其中, $[\cdot]$ 用于表示第 $\cdot$ 个采样点, n 表示总采样点数。

步骤 S205, 根据电压测量值、马达电流测量值以及马达振子加速度测量值拟合超定方程组, 获得非线性参数。

5 本步骤中, 计算机设备 140 可对如上超定方程组 (8) 和超定方程组 (12) 进行求解, 具体可以采用最小二乘法基于已知的马达 110 的电压测量值、马达电流测量值、马达振子加速度测量值以及振子速度和振子位移拟合上述超定方程组 (8) 和 (12)。具体的, 对于超定方程组 (8) 的非线性参数系数矩阵 C_e 的最小二乘解 (16) 为:

$$10 \quad C_e = inv(A_e^T A_e) \cdot (A_e^T Y_e) \quad (16)$$

对于超定方程组 (12) 的非线性参数系数矩阵 C_m 的最小二乘解 (17) 为:

$$C_m = inv(A_m^T A_m) \cdot (A_m^T Y_m) \quad (17)。$$

计算机设备 140 经过上述求解得到马达 110 的非线性模型中的各个非线性参数相应的各项系数后, 对马达 110 的非线性参数估计过程即完成, 从而也精确
15 高效地确定出非线性模型中以多项式进行表达的每个非线性参数, 使用该马达 110 的非线性模型进行信号设计, 可提升仿真信号和实测信号的相似度, 为精确触觉反馈效果设计提供了支撑, 使之满足精确触觉反馈效果设计需求。

上述确定马达非线性参数的方法, 计算机设备 140 可获取所构造的马达非线性参数的非线性模型, 利用激励信号驱动马达 110 振动, 获取振动状态下该马
20 达 110 的两端电压测量值、马达电流测量值以及马达振子加速度测量值, 然后计算机设备 140 基于马达振子加速度测量值获得马达的振子速度与振子位移, 接着计算机设备 140 基于非线性模型构建与该非线性模型关联的超定方程组, 并根据前述电压测量值、马达电流测量值以及马达振子加速度测量值拟合该超定方程组, 获得前述非线性参数, 计算机设备 140 能够利用激励信号驱动马达 110
25 振动后, 获取振动状态下马达两端电压、电流和加速度, 并利用加速度测量值获

得马达 110 的振子速度与振子位移，以此对与非线性模型关联的超定方程组进行拟合从而获得马达非线性参数，提高马达 110 测试过程中确定马达非线性参数的精度和效率。

5 在一些实施例中，上述步骤 S202 中的利用激励信号驱动马达振动，获取振动状态下马达的两端电压测量值、马达电流测量值以及马达振子加速度测量值，可以包括：

利用工装件支撑马达，通过测量工装件的加速度测量值计算马达振子加速度测量值。

10 如图 1 所示，本实施例中，可利用工装件 120 支撑马达 110，由此，计算机设备 140 可通过测量工装件 120 的加速度测量值计算出马达振子加速度测量值。其中，工装件 120 的加速度测量值与马达振子加速度测量值满足如下关系：

$$a = A_f m_f / m$$

15 其中， A_f 为工装件 120 的加速度， m_f 为工装件 120 的质量， m 为马达振子质量， a 为马达振子加速度。通过上述加速度关系，计算机设备 140 可根据采集的工装件 120 的加速度测量值转化为马达振子加速度测量值。

进一步的，在一些实施例中，在步骤 S205 的根据电压测量值、马达电流测量值以及马达振子加速度测量值拟合超定方程组之前，上述方法还可以包括如下步骤：

20 利用信号放大器对工装件 120 的加速度测量值进行放大处理。其中，该信号放大器的放大倍数一般为 1-10 倍等，目的是为了减小采集卡处模数转换的数据量化误差。本实施例中，从工装件 120 所采集的加速度测量值可以经过信号放大器 170、采集卡 150 传输至计算机设备 140，该信号放大器 170 所接收的加速度测量值是工装件 120 的加速度测量值，而计算机设备 140 所需要的是马达振子加速度测量值。本实施例可利用信号放大器 170 完成从工装件 120 的加速度测量值到马达振子加速度测量值的转化，即利用信号放大器 170 对工装件 120 的加速度测量值进行放大处理，且该信号放大器 170 的放大倍数可设为 1-10 倍，
25 减小采集卡处模数转换的数据量化误差。

应该理解的是，虽然上述流程图中的各个步骤按照箭头的指示依次显示，但

是这些步骤并不是必然按照箭头指示的顺序依次执行。除非本文中有明确的说明，这些步骤的执行并没有严格的顺序限制，这些步骤可以以其它的顺序执行。而且，上述流程图中的至少一部分步骤可以包括多个步骤或者多个阶段，这些步骤或者阶段并不必然是在同一时刻执行完成，而是可以在不同的时刻执行，这些步骤或者阶段的执行顺序也不必然是依次进行，而是可以与其它步骤或者其它步骤中的步骤或者阶段的至少一部分轮流或者交替地执行。

在一个实施例中，如图 3 所示，提供了一种确定马达非线性参数的装置，该装置 300 可以包括：

模型构造模块 301，用于构造包含马达非线性参数的非线性模型；

10 测量值获取模块 302，用于利用激励信号驱动马达振动，获取振动状态下所述马达的两端电压测量值、马达电流测量值以及马达振子加速度测量值；

速度位移获得模块 303，用于基于所述马达振子加速度测量值获得所述马达的振子速度与位移；

15 方程组构建模块 304，用于基于所述非线性模型构建与所述非线性模型关联的超定方程组；

非线性参数获得模块 305，用于根据所述电压测量值、马达电流测量值以及所述马达振子加速度测量值拟合所述超定方程组，获得所述非线性参数；

其中，所述非线性模型表示为：

$$u = R_e i + Bl(x)v$$

$$20 \quad Bl(x)i = ma + R_m(v)v + K_m(x)x$$

u 为马达两端电压； i 为马达电流； x 为振子位移； v 为振子速度； a 为马达振子加速度； R_e 为马达电阻； $Bl(x)$ 为马达电磁力系数； $K_m(x)$ 为马达弹簧劲度系数； $R_m(v)$ 为马达阻尼； m 为马达振子质量；

所述非线性参数表示为：

$$25 \quad \begin{aligned} Bl(x) &= Bl_0 + Bl_1 x + Bl_2 x^2 + Bl_3 x^3 + Bl_4 x^4 \\ K_m(x) &= K_{m0} + K_{m1} x + K_{m2} x^2 + K_{m3} x^3 + K_{m4} x^4 \\ R_m(v) &= R_{m0} + R_{m1} v + R_{m2} v^2。 \end{aligned}$$

在一个实施例中，速度位移获得模块 303，进一步用于对所述马达振子加速度测量值进行积分处理分别获得所述振子速度与振子位移。

在一个实施例中，所述激励信号为单频信号或者白噪声信号。

在一个实施例中，非线性参数获得模块 305，进一步用于利用最小二乘法
5 拟合所述超定方程组。

在一个实施例中，测量值获取模块 302，进一步用于利用工装件支撑所述马达，通过测量所述工装件的加速度测量值计算所述马达振子加速度测量值，所述工装件的加速度测量值与所述马达振子加速度测量值满足： $a = A_f m_f / m$ ；其中， A_f 为工装加速度， m_f 为工装质量， m 为马达振子质量， a 为马达振子加速度。

10 在一个实施例中，上述装置 300 还包括：放大处理模块，用于利用信号放大器对所述工装件的加速度测量值进行放大处理，所述信号放大器的放大倍数为 1-10 倍。

关于确定马达非线性参数的装置的具体限定可以参见上文中对于确定马达非线性参数的方法的限定，在此不再赘述。上述确定马达非线性参数的装置中的各个模块可全部或部分通过软件、硬件及其组合来实现。上述各模块可以硬件形式内嵌于或独立于计算机设备中的处理器中，也可以以软件形式存储于计算机设备中的存储器中，以便于处理器调用执行以上各个模块对应的操作。

在一个实施例中，提供了一种计算机设备，其内部结构图可以如图 4 所示。该计算机设备 400 包括通过系统总线连接的处理器 401、存储器、通信接口 402、
20 显示屏 403 和输入装置 404。其中，该计算机设备的处理器 401 用于提供计算和控制能力。该计算机设备的存储器包括非易失性存储介质 405、内存储器 406。该非易失性存储介质 405 存储有操作系统 4051 和计算机程序 4052。该内存储器 406 为非易失性存储介质中的操作系统 4051 和计算机程序 4052 的运行提供环境。该计算机设备的通信接口 402 用于与外部的终端进行有线或无线方式的通信，无线方式可通过 WIFI、运营商网络、NFC（近场通信）或其他技术实现。
25 该计算机程序 4052 被处理器 401 执行时以实现一种确定马达非线性参数的方法。该计算机设备的显示屏 403 可以是液晶显示屏或者电子墨水显示屏，该计算机设备的输入装置 404 可以是显示屏 403 上覆盖的触摸层，也可以是计算机

设备 400 外壳上设置的按键、轨迹球或触控板，还可以是外接的键盘、触控板或鼠标等。

本领域技术人员可以理解，图 4 中示出的结构，仅仅是与本发明方案相关的部分结构的框图，并不构成对本发明方案所应用于其上的计算机设备 400 的限定，具体的计算机设备 400 可以包括比图中所示更多或更少的部件，或者组合某些部件，或者具有不同的部件布置。

在一个实施例中，还提供了一种计算机设备，包括存储器和处理器，存储器中存储有计算机程序，该处理器执行计算机程序时实现上述各方法实施例中的步骤。

在一个实施例中，提供了一种非易失性计算机可读存储介质，其上存储有计算机程序，该计算机程序被处理器执行时实现上述各方法实施例中的步骤。

本领域普通技术人员可以理解实现上述实施例方法中的全部或部分流程，是可以通过计算机程序来指令相关的硬件来完成，所述的计算机程序可存储于一非易失性计算机可读取存储介质中，该计算机程序在执行时，可包括如上述各方法的实施例的流程。其中，本发明所提供的各实施例中所使用的对存储器、存储、数据库或其它介质的任何引用，均可包括非易失性和易失性存储器中的至少一种。非易失性存储器可包括只读存储器（Read-Only Memory，ROM）、磁带、软盘、闪存或光存储器等。易失性存储器可包括随机存取存储器（Random Access Memory，RAM）或外部高速缓冲存储器。作为说明而非局限，RAM 可以是多种形式，比如静态随机存取存储器（Static Random Access Memory，SRAM）或动态随机存取存储器（Dynamic Random Access Memory，DRAM）等。

以上实施例的各技术特征可以进行任意的组合，为使描述简洁，未对上述实施例中的各个技术特征所有可能的组合都进行描述，然而，只要这些技术特征的组合不存在矛盾，都应当认为是本说明书记载的范围。

以上所述实施例仅表达了本发明的几种实施方式，其描述较为具体和详细，但并不能因此而理解为对发明专利范围的限制。应当指出的是，对于本领域的普通技术人员来说，在不脱离本发明构思的前提下，还可以做出若干变形和改进，这些都属于本发明的保护范围。因此，本发明的保护范围应以所附权利要求

为准。

16
权 利 要 求 书

1、一种确定马达非线性参数的方法，其特征在于，所述方法包括：

构造包含马达非线性参数的非线性模型；

利用激励信号驱动马达振动，获取振动状态下所述马达的两端电压测量值、
马达电流测量值以及马达振子加速度测量值；

5 基于所述马达振子加速度测量值获得所述马达的振子速度与位移；

基于所述非线性模型构建与所述非线性模型关联的超定方程组；

根据所述电压测量值、马达电流测量值以及所述马达振子加速度测量值拟合所述超定方程组，获得所述非线性参数；

其中，所述非线性模型表示为：

$$10 \quad u = R_e i + Bl(x)v$$

$$Bl(x)i = ma + R_m(v)v + K_m(x)x$$

u 为马达两端电压； i 为马达电流； x 为振子位移； v 为振子速度； a 为马达振子加速度； R_e 为马达电阻； $Bl(x)$ 为马达电磁力系数； $K_m(x)$ 为马达弹簧劲度系数； $R_m(v)$ 为马达阻尼； m 为马达振子质量；

15 所述非线性参数表示为：

$$\begin{aligned} Bl(x) &= Bl_0 + Bl_1 x + Bl_2 x^2 + Bl_3 x^3 + Bl_4 x^4 \\ K_m(x) &= K_{m0} + K_{m1} x + K_{m2} x^2 + K_{m3} x^3 + K_{m4} x^4 \\ R_m(v) &= R_{m0} + R_{m1} v + R_{m2} v^2。 \end{aligned}$$

20 2、根据权利要求1所述的方法，其特征在于，所述基于所述马达振子加速度测量值获得所述马达的振子速度与位移，包括：对所述马达振子加速度测量值进行积分处理分别获得所述振子速度与振子位移。

3、根据权利要求1所述的方法，其特征在于，所述激励信号为单频信号或者白噪声信号。

4、根据权利要求1所述的方法，其特征在于，所述根据所述电压测量值、
25 马达电流测量值以及所述马达振子加速度测量值拟合所述超定方程组，包括：
利用最小二乘法拟合所述超定方程组。

5、根据权利要求1所述的方法，其特征在于，所述利用激励信号驱动马达

振动, 获取振动状态下所述马达的两端电压测量值、马达电流测量值以及马达振子加速度测量值, 包括:

利用工装件支撑所述马达, 通过测量所述工装件的加速度测量值计算所述
马达振子加速度测量值, 所述工装件的加速度测量值与所述马达振子加速度测
5 量值满足: $a = A_f m_f / m$;

其中, A_f 为工装加速度, m_f 为工装质量, m 为马达振子质量, a 为马达振子
加速度。

6、根据权利要求 5 所述的方法, 其特征在于, 在所述根据所述电压测量值、
马达电流测量值以及所述马达振子加速度测量值拟合所述超定方程组之前, 所
10 述方法还包括: 利用信号放大器对所述工装件的加速度测量值进行放大处理。

7、一种确定马达非线性参数的装置, 其特征在于, 包括:

模型构造模块, 用于构造包含马达非线性参数的非线性模型;

测量值获取模块, 用于利用激励信号驱动马达振动, 获取振动状态下所述马
达的两端电压测量值、马达电流测量值以及马达振子加速度测量值;

15 速度位移获得模块, 用于基于所述马达振子加速度测量值获得所述马达的
振子速度与位移;

方程组构建模块, 用于基于所述非线性模型构建与所述非线性模型关联的
超定方程组;

非线性参数获得模块, 用于根据所述电压测量值、马达电流测量值以及所述
20 马达振子加速度测量值拟合所述超定方程组, 获得所述非线性参数;

其中, 所述非线性模型表示为:

$$u = R_e i + Bl(x)v$$

$$Bl(x)i = ma + R_m(v)v + K_m(x)x$$

u 为马达两端电压; i 为马达电流; x 为振子位移; v 为振子速度; a 为马达振
25 子加速度; R_e 为马达电阻; $Bl(x)$ 为马达电磁力系数; $K_m(x)$ 为马达弹簧劲度系
数; $R_m(v)$ 为马达阻尼; m 为马达振子质量;

所述非线性参数表示为:

$$\begin{aligned}Bl(x) &= Bl_0 + Bl_1x + Bl_2x^2 + Bl_3x^3 + Bl_4x^4 \\K_m(x) &= K_{m0} + K_{m1}x + K_{m2}x^2 + K_{m3}x^3 + K_{m4}x^4 \\R_m(v) &= R_{m0} + R_{m1}v + R_{m2}v^2.\end{aligned}$$

8、根据权利要求 7 所述的装置，其特征在于，所述速度位移获得模块，进
5 一步用于对所述马达振子加速度测量值进行积分处理分别获得所述振子速度与
振子位移。

9、一种计算机设备，包括存储器和处理器，所述存储器存储有计算机程序，
其特征在于，所述处理器执行所述计算机程序时实现权利要求 1 至 6 中任一项
所述的方法的步骤。

10 10、一种非易失性计算机可读存储介质，其上存储有计算机程序，其特征在
于，所述计算机程序被处理器执行时实现权利要求 1 至 6 中任一项所述的方法
的步骤。

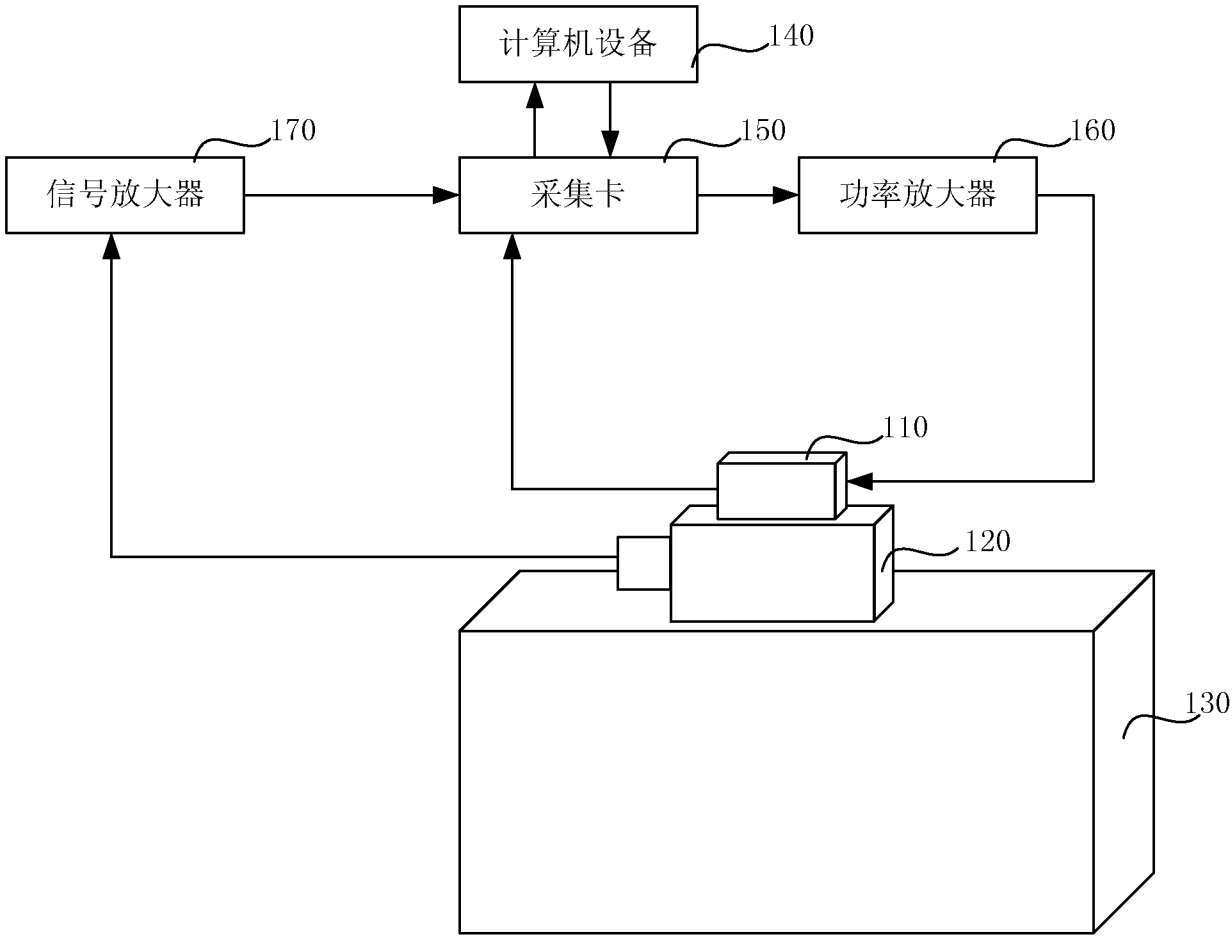


图 1

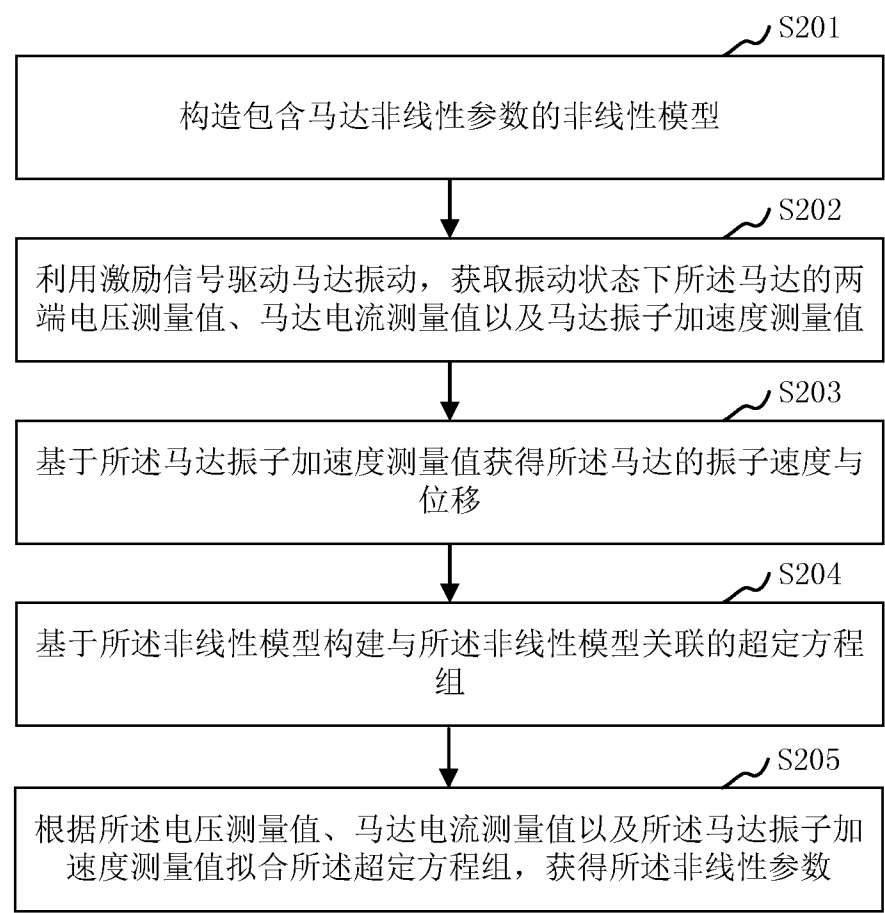


图 2

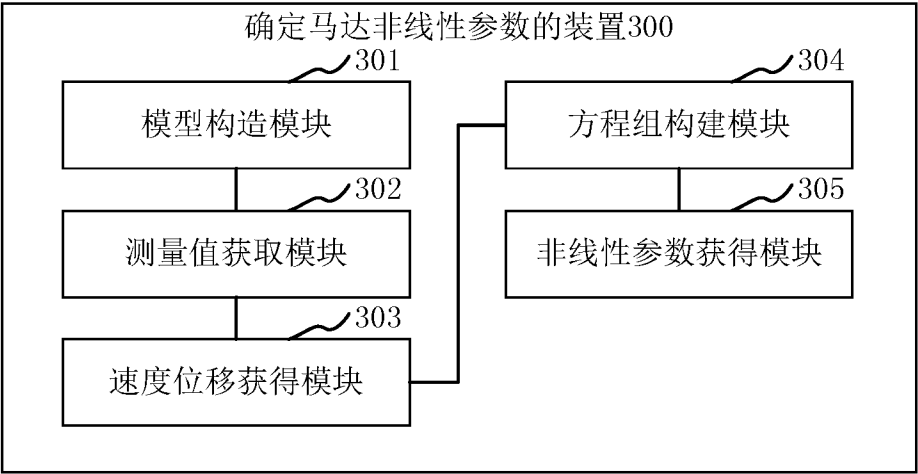


图 3

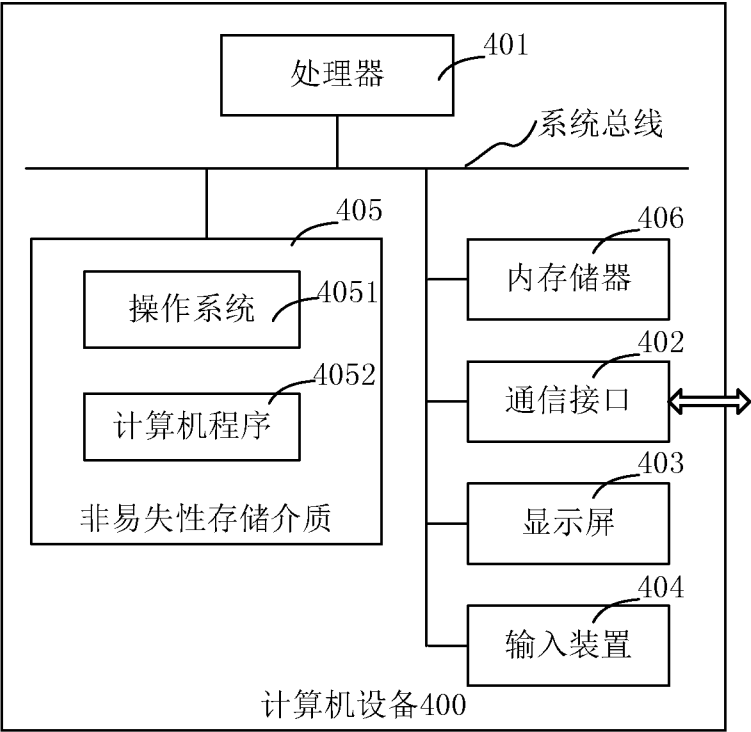


图 4

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2020/138329

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G06F 30/20(2020.01)i; G06F 17/11(2006.01)i; G01D 21/02(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)

G06F; G01D; G01R

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)

CNTXT; CNKI; VEN; USTXT; EPTXT; WOTXT: 线性, 直线, 振动, 音圈, 马达, 电机, 电动机, 扬声器, 电磁力, 弹簧劲度, 阻尼, 非线性, 参数, 模型, 函数, 激励, 单频, 白噪声, 工装, 加速度, 质量, 放大器, linear, vibrat+, voice, motor, actuator, loudspeaker, nonlinear parameter, model, function, excitation, white noise

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	CN 110346720 A (AAC TECHNOLOGIES (SINGAPORE) CO., LTD.) 18 October 2019 (2019-10-18) description paragraphs 53-173, figures 1, 4-5	1-10
Y	CN 106454679 A (SILERGY SEMICONDUCTOR TECHNOLOGY (HANGZHOU) CO., LTD.) 22 February 2017 (2017-02-22) description, paragraphs 35-42	1-10
Y	CN 110502111 A (AAC TECHNOLOGIES (SINGAPORE) CO., LTD.) 26 November 2019 (2019-11-26) description, paragraphs 94-97, figure 2	5-6
A	US 2018095132 A1 (DRAEGER SAFETY AG & CO. KGAA) 05 April 2018 (2018-04-05) entire document	1-10
A	CN 109696630 A (GIANTEC SEMICONDUCTOR CORPORATION) 30 April 2019 (2019-04-30) entire document	1-10



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

26 August 2021

Date of mailing of the international search report

06 September 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/CN2020/138329

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	CN 110146810 A (AAC TECHNOLOGIES (SINGAPORE) CO., LTD.) 20 August 2019 (2019-08-20) entire document	1-10
A	CN 111539089 A (AAC TECHNOLOGIES (SINGAPORE) CO., LTD.) 14 August 2020 (2020-08-14) entire document	1-10
A	CN 111404438 A (HUAZHONG UNIVERSITY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY) 10 July 2020 (2020-07-10) entire document	1-10
A	CN 111965537 A (SCIENCE AND EDUCATION CITY BRANCH OF AAC NEW ENERGY DEVELOPMENT (CHANGZHOU) CO., LTD.) 20 November 2020 (2020-11-20) entire document	1-10

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/CN2020/138329

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
CN	110346720	A	18 October 2019	WO	2020258311	A1	30 December 2020
				US	2021025940	A1	28 January 2021
CN	106454679	A	22 February 2017	TW	201820897	A	01 June 2018
				US	2018288544	A1	04 October 2018
				US	10356541	B2	16 July 2019
				US	2018139552	A1	17 May 2018
				CN	106454679	B	21 May 2019
				TW	I647960	B	11 January 2019
				US	10051394	B2	14 August 2018
CN	110502111	A	26 November 2019	US	2021041847	A1	11 February 2021
				WO	2021026771	A1	18 February 2021
				CN	110502111	B	26 February 2021
US	2018095132	A1	05 April 2018	US	10539619	B2	21 January 2020
				DE	102016011803	B4	02 July 2020
				DE	102016011803	A1	05 April 2018
CN	109696630	A	30 April 2019	CN	109696630	B	26 January 2021
CN	110146810	A	20 August 2019	None			
CN	111539089	A	14 August 2020	None			
CN	111404438	A	10 July 2020	None			
CN	111965537	A	20 November 2020	None			

A. 主题的分类

G06F 30/20(2020.01)i; G06F 17/11(2006.01)i; G01D 21/02(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)

G06F; G01D; G01R

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))

CNTXT;CNKI;VEN;USTXT;EPTXT;WOTXT:线性, 直线, 振动, 音圈, 马达, 电机, 电动机, 扬声器, 电磁力, 弹簧劲度, 阻尼, 非线性, 参数, 模型, 函数, 激励, 单频, 白噪声, 工装, 加速度, 质量, 放大器, linear, vibrat+, voice, motor, actuator, loudspeaker, nonlinear parameter, model, function, excitation, white noise

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
Y	CN 110346720 A (瑞声科技新加坡有限公司) 2019年 10月 18日 (2019 - 10 - 18) 说明书第53-173段, 图1, 4-5	1-10
Y	CN 106454679 A (矽力杰半导体技术杭州有限公司) 2017年 2月 22日 (2017 - 02 - 22) 说明书第35-42段	1-10
Y	CN 110502111 A (瑞声科技新加坡有限公司) 2019年 11月 26日 (2019 - 11 - 26) 说明书第94-97段, 图2	5-6
A	US 2018095132 A1 (DRAEGER SAFETY AG & CO. KGAA) 2018年 4月 5日 (2018 - 04 - 05) 全文	1-10
A	CN 109696630 A (聚辰半导体股份有限公司) 2019年 4月 30日 (2019 - 04 - 30) 全文	1-10
A	CN 110146810 A (瑞声科技新加坡有限公司) 2019年 8月 20日 (2019 - 08 - 20) 全文	1-10
A	CN 111539089 A (瑞声科技新加坡有限公司) 2020年 8月 14日 (2020 - 08 - 14) 全文	1-10

☒ 其余文件在C栏的续页中列出。☒ 见同族专利附件。

* 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

2021年 8月 26日

国际检索报告邮寄日期

2021年 9月 6日

ISA/CN的名称和邮寄地址

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

授权官员

苗文

电话号码 (86-10)62085340

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	CN 111404438 A (华中科技大学) 2020年 7月 10日 (2020 - 07 - 10) 全文	1-10
A	CN 111965537 A (瑞声新能源发展常州有限公司科教城分公司) 2020年 11月 20日 (2020 - 11 - 20) 全文	1-10

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2020/138329

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	110346720	A	2019年 10月 18日	WO	2020258311	A1	2020年 12月 30日
				US	2021025940	A1	2021年 1月 28日
CN	106454679	A	2017年 2月 22日	TW	201820897	A	2018年 6月 1日
				US	2018288544	A1	2018年 10月 4日
				US	10356541	B2	2019年 7月 16日
				US	2018139552	A1	2018年 5月 17日
				CN	106454679	B	2019年 5月 21日
				TW	I647960	B	2019年 1月 11日
				US	10051394	B2	2018年 8月 14日
CN	110502111	A	2019年 11月 26日	US	2021041847	A1	2021年 2月 11日
				WO	2021026771	A1	2021年 2月 18日
				CN	110502111	B	2021年 2月 26日
US	2018095132	A1	2018年 4月 5日	US	10539619	B2	2020年 1月 21日
				DE	102016011803	B4	2020年 7月 2日
				DE	102016011803	A1	2018年 4月 5日
CN	109696630	A	2019年 4月 30日	CN	109696630	B	2021年 1月 26日
CN	110146810	A	2019年 8月 20日	无			
CN	111539089	A	2020年 8月 14日	无			
CN	111404438	A	2020年 7月 10日	无			
CN	111965537	A	2020年 11月 20日	无			