(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
2020 年 6 月 18 日 (18.06.2020)

WIPO | PCT

(10) 国际公布号
WO 2020/119686 A1

(51) 国际专利分类号:
*G05B 19/042* (2006.01)

(21) 国际申请号: PCT/CN2019/124355

(22) 国际申请日: 2019 年 12 月 10 日 (10.12.2019)

(25) 申请语言: 中文

(26) 公布语言: 中文

(30) 优先权:
201811538884.0 2018年12月14日 (14.12.2018) CN

(71) 申请人: 深 圳 先 进 技 术 研 究 院 (**SHENZHEN INSTITUTES OF ADVANCED TECHNOLOGY**) [CN/CN]; 中国广东省深圳市南山区西丽大学城学苑大道1068号, Guangdong 518055 (CN)。

(72) 发明人: 陈巍 (**CHEN, Wei**); 中国广东省深圳市南山区西丽大学城学苑大道1068号, Guangdong 518055 (CN)。 梁元博(**LIANG, Yuanbo**); 中国广东省深圳市南山区西丽大学城学苑大道1068号, Guangdong 518055 (CN)。 罗栋(**LUO, Dong**); 中国广东省深圳市南山区西丽大学城学苑大道1068号, Guangdong 518055 (CN)。

(74) 代理人: 深圳市铭粤知识产权代理有限公司(**MING & YUE INTELLECTUAL PROPERTY LAW FIRM**); 中国广东省深圳市南山区南山街道前海路泛海城市广场2栋604室, Guangdong 518066 (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,

(54) **Title:** CONTROL SYSTEM FOR PIEZOELECTRIC DISPLACEMENT ACTUATOR

(54) 发明名称: 压电位移驱动器的控制系统

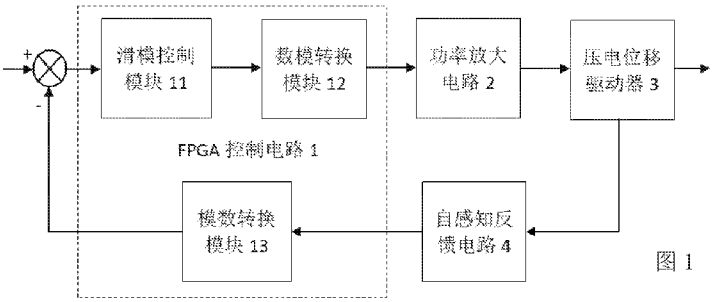



图 1

1 FPGA control circuit
2 Power amplifier circuit
3 Piezoelectric displacement actuator
4 Self-sensing feedback circuit
11 Sliding mode control module
12 Digital-to-analog conversion module
13 Analog-to-digital conversion module

(57) **Abstract:** Provided is a control system for a piezoelectric displacement actuator, comprising an FPGA control circuit (1), a power amplifier circuit (2), a piezoelectric displacement actuator (3), and a self-sensing feedback circuit (4). The FPGA control circuit (1) generates a control voltage signal according to an expected displacement signal and an actual displacement signal fed back, and inputs same to the power amplifier circuit (2); the power amplifier circuit (2) performs power amplification on the control voltage signal to form a driving voltage and inputs same to the piezoelectric displacement actuator (3); the self-sensing feedback circuit (4) is connected to the

WO 2020/119686 A1

[见续页]

GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, 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, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, 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))。

piezoelectric displacement actuator (3) and uses the piezoelectric displacement actuator (3) as a sensor, and generates a corresponding actual displacement signal according to the displacement of the piezoelectric displacement actuator (3) and feeds back same to the FPGA control circuit (1). The control system performs closed-loop feedback on the basis of piezoelectric ceramic self-sensing detection, and thus, the response speed of the system can be sped up, the performance can be improved, and the size and weight of the system can be reduced.

**(57) 摘要**：提供了一种压电位移驱动器的控制系统，其包括FPGA控制电路（1）、功率放大电路（2）、压电位移驱动器（3）以及自感知反馈电路（4）；FPGA控制电路（1）根据预期位移信号和反馈的实际位移信号生成控制电压信号，输入至功率放大电路（2）；功率放大电路（2）将控制电压信号进行功率放大形成驱动电压输入至压电位移驱动器（3）；自感知反馈电路（4）与压电位移驱动器（3）连接并将压电位移驱动器（3）作为感应器，根据压电位移驱动器（3）的位移量生成相应的实际位移信号反馈至FPGA控制电路（1）。该控制系统是基于压电陶瓷自感知探测进行闭环反馈，可以使系统响应速度加快，性能提高，并使系统的体积、重量减小。

# 压电位移驱动器的控制系统

## 技术领域

本发明属于位移驱动器技术领域，具体涉及一种压电位移驱动器的控制系统。

## 背景技术

微位移驱动器是精密驱动系统中的关键执行环节，现有的微位移驱动元件种类包括机电驱动类、电磁驱动类、压电驱动类、磁致伸缩驱动类。压电位移驱动器以其体积小、分辨率高、响应快、无噪声、外界干扰小和推力大等特点相比与其他种类驱动具有明显优点。

压电陶瓷位移驱动器由于压电陶瓷本身的迟滞特性，改善迟滞特性并实现闭环稳定控制为本领域的最大难点。迟滞特性具体表现为在通有输入电压时表现出多值映射性，即对相同的输入信号，其输出信号若无系统历史输出状态参考的情况下会出现多值。为了确定系统的输出量，输出信号不仅依赖于输入信号当前值，还依赖于系统以前的状态，呈现出记忆性。

目前，对于迟滞模型的研究一直是理论界的热点和难点问题，迟滞模型的精确建立是一项极富挑战性的工作，且尚无统一的迟滞模型。迄今为止专家学者们研究的迟滞数学模型主要包括两类：物理迟滞模型和唯象迟滞模型。物理迟滞模型是从描述迟滞材料的基本物理原理出发，通过能量、位移或者应力-应变的物理量的关系推导迟滞模型。唯象迟滞模型是从迟滞曲线的唯象特性出发，直接采用有效的数学模型表征迟滞曲线，无需关注迟滞系统的物理意义，是目前研究和应用中更为普遍的一种。

现有的基于迟滞逆模型的压电陶瓷驱动控制方法为对迟滞模型先进行建模，再通过数值计算法和解析法建立磁滞逆模型，然后在此基础上，设计基于逆模型的前馈控制器消除迟滞非线性带来的影响，经过逆模型补偿后的系统可近似看作是线性系统。实际应用时，为达到精确控制系统线性度的目的，还加入闭环控制以补偿系统的不确定性和干扰。现有的闭环控制系统中，通常是在压电陶瓷位移驱动器上外加集成的传感器，通过集成的传感器来检测位移驱动器发生位移的大小向控制系统反馈实际位移信号，其缺点是外加的传感器与执

行器（位移驱动器）动态特性不完全相同，易使系统的稳定性变差，传感器系统体积较大，不易小型化。

## 发明内容

为了解决上述现有技术存在的问题，本发明提供了一种压电位移驱动器的控制系统，基于压电陶瓷自感知探测进行闭环反馈，可以使系统响应速度加快，性能提高，并使系统的体积、重量减小。

为了达到上述发明目的，本发明采用了如下的技术方案：

一种压电位移驱动器的控制系统，其中，所述控制系统包括 FPGA 控制电路、功率放大电路、压电位移驱动器以及自感知反馈电路；所述 FPGA 控制电路根据预期位移信号和所述自感知反馈电路反馈的实际位移信号生成控制电压信号，并将所述控制电压信号输入至所述功率放大电路；所述功率放大电路将所述控制电压信号进行功率放大形成驱动电压输入至所述压电位移驱动器，以使所述压电位移驱动器产生相应的位移量；所述自感知反馈电路与所述压电位移驱动器连接并将所述压电位移驱动器作为感应器，所述自感知反馈电路根据所述压电位移驱动器的位移量生成相应的实际位移信号反馈至所述 FPGA 控制电路。

具体地，所述 FPGA 控制电路包括滑模控制模块、数模转换模块和模数转换模块；所述滑模控制模块根据预期位移信号和所述自感知反馈电路反馈的实际位移信号生成控制电压信号；所述数模转换模块连接在所述滑模控制模块和所述功率放大电路之间，用于将所述控制电压信号的数字信号转换为模拟信号；所述模数转换模块连接在所述滑模控制模块和所述自感知反馈电路之间，用于将所述自感知反馈电路反馈的实际位移信号的模拟信号转换为数字信号。

具体地，所述滑模控制模块为设置有二阶滑模算法的滑模控制模块。

具体地，所述自感知反馈电路为电桥电路，所述压电位移驱动器连接在所述电桥电路的其中一个桥臂上。

具体地，所述电桥电路包括依次连接的第一桥臂、第二桥臂、第三桥臂和第四桥臂，所述第一桥臂上设置有所述压电位移驱动器，所述第二桥臂上设置有第一电阻，所述第三桥臂上设置有第二电阻，所述第四桥臂上设置有参考电容；其中，所述功率放大电路提供的驱动电压的正极连接于所述第一桥臂和所述第四桥臂的连接点，负极连接于所述第二桥臂和所述第三桥臂的连接点；所

述第一桥臂和所述第二桥臂的连接点与所述第三桥臂和所述第四桥臂的连接点之间输出反馈的实际位移信号。

具体地，所述压电位移驱动器包括位移放大机构和压电陶瓷，所述功率放大电路提供的驱动电压使得所述压电陶瓷的长度发生变化，所述位移放大机构将所述压电陶瓷的长度变化进行放大。

本发明实施例提供的压电位移驱动器的控制系统，采用压电陶瓷自感知探测进行闭环反馈，压电位移驱动器中的压电陶瓷不仅用于作为位移机构的驱动器，并且还用于作为闭环反馈电路中的感应器，驱动器和感应器融为一体，可以使系统响应速度加快，性能提高，并且还减少了系统所需传感器数量，使系统体积减小、系统重量降低。

## 附图说明

图 1 是本发明实施例提供的压电位移驱动器的控制系统的结构框图；

图 2 是本发明实施例中的压电位移驱动器的结构示意图；

图 3 是本发明实施例中的自感知反馈电路的电路图。

## 具体实施方式

为使本发明的目的、技术方案和优点更加清楚，下面结合附图对本发明的具体实施方式进行详细说明。这些优选实施方式的示例在附图中进行了例示。附图中所示和根据附图描述的本发明的实施方式仅仅是示例性的，并且本发明并不限于这些实施方式。

在此，还需要说明的是，为了避免因不必要的细节而模糊了本发明，在附图中仅仅示出了与根据本发明的方案密切相关的结构和/或处理步骤，而省略了与本发明关系不大的其他细节。

本实施例提供了一种压电位移驱动器的控制系统，如图 1 所示，所述控制系统包括 FPGA 控制电路 1、功率放大电路 2、压电位移驱动器 3 以及自感知反馈电路 4。

其中，所述 FPGA 控制电路 1 根据预期位移信号和所述自感知反馈电路 4 反馈的实际位移信号生成控制电压信号，并将所述控制电压信号输入至所述功率放大电路 2。所述功率放大电路 2 将所述控制电压信号进行功率放大形成驱动电压输入至所述压电位移驱动器 3，以使所述压电位移驱动器 3 产生相应的位移

量；所述自感知反馈电路 4 与所述压电位移驱动器 3 连接并将所述压电位移驱动器 3 作为感应器，所述自感知反馈电路 4 根据所述压电位移驱动器 3 的位移量生成相应的实际位移信号反馈至所述 FPGA 控制电路 1。

其中，如图 2 所示，所述压电位移驱动器 3 包括位移放大机构 31 和压电陶瓷 32，所述压电陶瓷 32 具有正负电极以接收所述功率放大电路 2 输出的驱动电压，所述功率放大电路 2 提供的驱动电压使得所述压电陶瓷 32 的长度发生变化，所述位移放大机构 31 将所述压电陶瓷 32 的长度变化进行放大。

本实施例中，如图 1 所示，所述 FPGA 控制电路 1 包括滑模控制模块 11、数模转换模块 12 和模数转换模块 13。所述数模转换模块 12 连接在所述滑模控制模块 11 和所述功率放大电路 2 之间，所述模数转换模块 13 连接在所述自感知反馈电路 4 和所述滑模控制模块 11 之间。所述滑模控制模块 11 根据预期位移信号和所述自感知反馈电路 4 反馈的实际位移信号生成控制电压信号，该控制电压信号为数字信号。所述数模转换模块 12 用于将所述控制电压信号的数字信号转换为模拟信号，再将该控制电压信号的模拟信号输入到所述功率放大电路 2。所述自感知反馈电路 4 以所述压电位移驱动器 3 作为感应器获取实际位移信号的模拟信号，所述模数转换模块 13 用于将所述实际位移信号的模拟信号转换为数字信号，再将该实际位移信号的数字信号输入到所述滑模控制模块 11。

本发明中采用滑模控制算法生成控制信号，不需要通过对复杂的磁滞模型建模来实现，其具有输出位移精度高、结构紧凑、线性度高等优点，并且相比建立精确迟滞模型简化了计算量，提升了控制系统的性能。在优选的方案中，所述滑模控制模块 11 为设置有二阶滑模算法的滑模控制模块，具体是设置有二阶 Twisting 滑模控制算法。

其中，所述自感知反馈电路 4 为电桥电路，所述压电位移驱动器 3 连接在所述电桥电路的其中一个桥臂上。具体地，如图 3 所示，所述电桥电路包括依次连接的第一桥臂 $L_1$、第二桥臂 $L_2$、第三桥臂 $L_3$ 和第四桥臂 $L_4$。所述第一桥臂 $L_1$ 上设置有所述压电位移驱动器 3 的压电陶瓷 32，如图 3 中，第一桥臂 $L_1$ 上的电容 $C_p$ 是压电陶瓷 32 的等效束缚电容，电压 $U_p$ 是压电陶瓷 32 由于应变而产生的电压。所述第二桥臂 $L_2$ 上设置有第一电阻 $R_1$，所述第三桥臂 $L_3$ 上设置有第二电阻 $R_2$，所述第四桥臂 $L_4$ 上设置有参考电容 $C_r$。其中，所述功率放大电路 2 提供的驱动电压 $U_c$ 的正极连接于所述第一桥臂 $L_1$ 和所述第四桥臂 $L_4$ 的连接点，负极连接于所述第二桥臂 $L_2$ 和所述第三桥臂 $L_3$ 的连接点；所述第一桥臂 $L_1$ 和

所述第二桥臂 $L_2$ 的连接点与所述第三桥臂 $L_3$ 和所述第四桥臂 $L_4$ 的连接点之间输出反馈的实际位移信号 $U_s$。

所述电桥电路中，通过调试选择第一电阻 $R_1$、第二电阻 $R_2$ 以及参考电容 $C_r$ 的具体参数使得电桥电路的初始状态为平衡电桥。当驱动电压 $U_c$ 驱动所述压电陶瓷 32 的长度发生变化时，电桥电路中的电容 $C_p$ 和电压 $U_p$ 发生变化，由此在电桥输出端获得相应的实际位移信号 $U_s$。基于以上的电桥电路，实现了位移驱动器和位移感应器融为一体。

综上所述，根据本发明的实施例提供的压电位移驱动器的控制系统：首先是采用滑模控制算法生成控制信号，不需要通过对复杂的磁滞模型建模来实现，其具有输出位移精度高、结构紧凑、线性度高等优点；其次是采用压电陶瓷自感知探测进行闭环反馈，压电位移驱动器中的压电陶瓷不仅用于作为位移机构的驱动器，并且还用于作为闭环反馈电路中的感应器，驱动器和感应器融为一体，可以使系统响应速度加快，性能提高，并且还减少了系统所需传感器数量，使系统体积减小、系统重量降低。

虽然已经参照特定实施例示出并描述了本发明，但是本领域的技术人员将理解：在不脱离由权利要求及其等同物限定的本发明的精神和范围的情况下，可在此进行形式和细节上的各种变化。

# 权利要求书

1、一种压电位移驱动器的控制系统，其中，所述控制系统包括 FPGA 控制电路、功率放大电路、压电位移驱动器以及自感知反馈电路；

所述 FPGA 控制电路根据预期位移信号和所述自感知反馈电路反馈的实际位移信号生成控制电压信号，并将所述控制电压信号输入至所述功率放大电路；

所述功率放大电路将所述控制电压信号进行功率放大形成驱动电压输入至所述压电位移驱动器，以使所述压电位移驱动器产生相应的位移量；

所述自感知反馈电路与所述压电位移驱动器连接并将所述压电位移驱动器作为感应器，所述自感知反馈电路根据所述压电位移驱动器的位移量生成相应的实际位移信号反馈至所述 FPGA 控制电路。

2、根据权利要求 1 所述的压电位移驱动器的控制系统，其中，所述 FPGA 控制电路包括滑模控制模块、数模转换模块和模数转换模块；

所述滑模控制模块根据预期位移信号和所述自感知反馈电路反馈的实际位移信号生成控制电压信号；

所述数模转换模块连接在所述滑模控制模块和所述功率放大电路之间，用于将所述控制电压信号的数字信号转换为模拟信号；

所述模数转换模块连接在所述滑模控制模块和所述自感知反馈电路之间，用于将所述自感知反馈电路反馈的实际位移信号的模拟信号转换为数字信号。

3、根据权利要求 2 所述的压电位移驱动器的控制系统，其中，所述滑模控制模块为设置有二阶滑模算法的滑模控制模块。

4、根据权利要求 1 所述的压电位移驱动器的控制系统，其中，所述自感知反馈电路为电桥电路，所述压电位移驱动器连接在所述电桥电路的其中一个桥臂上。

5、根据权利要求 4 所述的压电位移驱动器的控制系统，其中，所述电桥电路包括依次连接的第一桥臂、第二桥臂、第三桥臂和第四桥臂，所述第一桥臂上设置有所述压电位移驱动器，所述第二桥臂上设置有第一电阻，所述第三桥臂上设置有第二电阻，所述第四桥臂上设置有参考电容；其中，所述功率放大

电路提供的驱动电压的正极连接于所述第一桥臂和所述第四桥臂的连接点，负极连接于所述第二桥臂和所述第三桥臂的连接点；所述第一桥臂和所述第二桥臂的连接点与所述第三桥臂和所述第四桥臂的连接点之间输出反馈的实际位移信号。

6、根据权利要求 1 所述的压电位移驱动器的控制系统，其中，所述压电位移驱动器包括位移放大机构和压电陶瓷，所述功率放大电路提供的驱动电压使得所述压电陶瓷的长度发生变化，所述位移放大机构将所述压电陶瓷的长度变化进行放大。

7、根据权利要求 2 所述的压电位移驱动器的控制系统，其中，所述压电位移驱动器包括位移放大机构和压电陶瓷，所述功率放大电路提供的驱动电压使得所述压电陶瓷的长度发生变化，所述位移放大机构将所述压电陶瓷的长度变化进行放大。

8、根据权利要求 3 所述的压电位移驱动器的控制系统，其中，所述压电位移驱动器包括位移放大机构和压电陶瓷，所述功率放大电路提供的驱动电压使得所述压电陶瓷的长度发生变化，所述位移放大机构将所述压电陶瓷的长度变化进行放大。

9、根据权利要求 4 所述的压电位移驱动器的控制系统，其中，所述压电位移驱动器包括位移放大机构和压电陶瓷，所述功率放大电路提供的驱动电压使得所述压电陶瓷的长度发生变化，所述位移放大机构将所述压电陶瓷的长度变化进行放大。

10、根据权利要求 5 所述的压电位移驱动器的控制系统，其中，所述压电位移驱动器包括位移放大机构和压电陶瓷，所述功率放大电路提供的驱动电压使得所述压电陶瓷的长度发生变化，所述位移放大机构将所述压电陶瓷的长度变化进行放大。

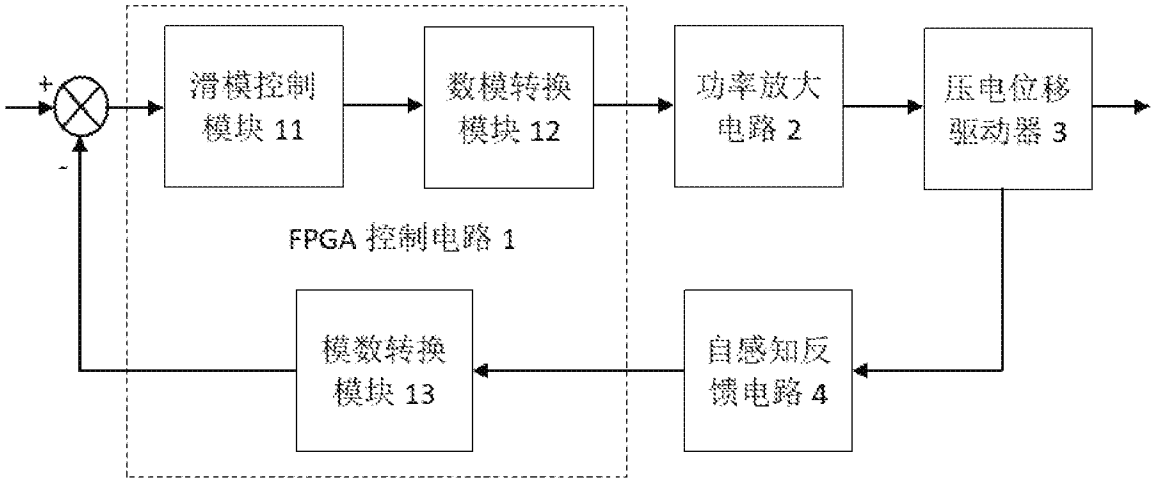

+
-
滑模控制模块 11
数模转换模块 12
功率放大电路 2
压电位移驱动器 3
FPGA 控制电路 1
模数转换模块 13
自感知反馈电路 4

图 1

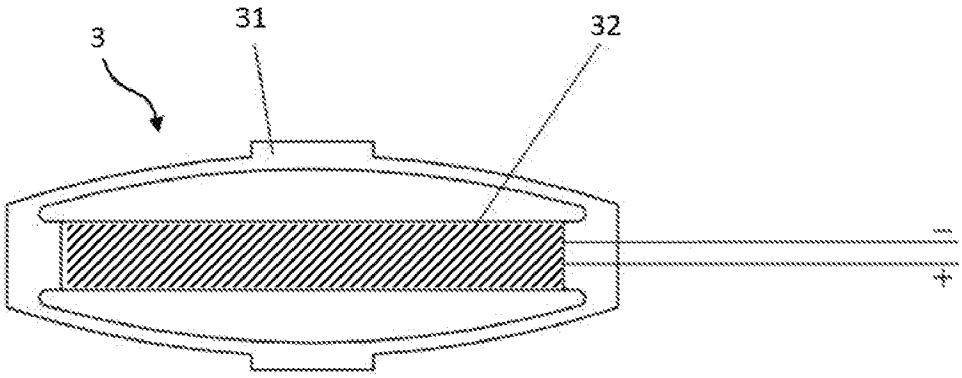



图 2

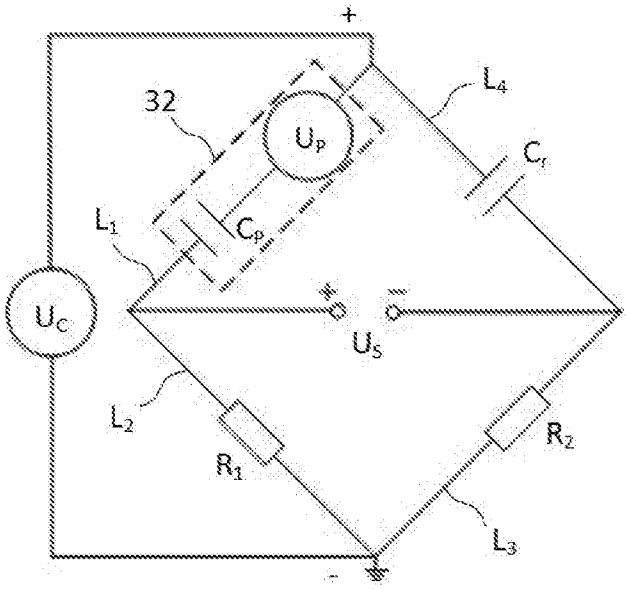



图 3

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
**PCT/CN2019/124355**

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G05B 19/042(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)

G05B19

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)

DWPI; EPODOC; CNABS; CNTXT: 位移, 反馈, 压电陶瓷, 电桥, 桥式, 电路, 压电, 驱动, 闭环, 放大, 功率, 桥臂, 测量, 修正, 实际, 传感, 感应, piezoelectric ceramic, FPGA, displacement, feedback, driver, closed-loop, bridge, circuit, measure, actual, sensing, sensor, power, amplify, detect

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category* | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages | Relevant to claim No. |
|---|---|---|
| Y | CN 107070298 A (INSTITUTE OF AUTOMATION, CHINESE ACADEMY OF SCIENCES) 18 August 2017 (2017-08-18)<br>description, paragraphs [0054]-[0135], and figures 1-12 | 1-10 |
| Y | CN 103336429 A (CHANGCHUN INSTITUTE OF OPTICS, FINE MECHANICS AND PHYSICS, CHINESE ACADEMY OF SCIENCES) 02 October 2013 (2013-10-02)<br>description, paragraphs [0027]-[0042], and figures 1-6 | 1-10 |
| PX | CN 209103131 U (SHENZHEN INSTITUTES OF ADVANCED TECHNOLOGY) 12 July 2019 (2019-07-12)<br>description, paragraphs [0020]-[0027], and figures 1-3 | 1-10 |
| A | CN 207283436 U (SOOCHOW UNIVERSITY) 27 April 2018 (2018-04-27)<br>entire document | 1-10 |
| A | CN 101424879 A (XIAMEN UNIVERSITY) 06 May 2009 (2009-05-06)<br>entire document | 1-10 |
| A | WO 2014096565 A1 (DAV) 26 June 2014 (2014-06-26)<br>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 | Date of mailing of the international search report |
|---|---|
| **09 March 2020** | **17 March 2020** |

| Name and mailing address of the ISA/CN | Authorized officer |
|---|---|
| **China National Intellectual Property Administration (ISA/CN)**<br>**No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao Haidian District, Beijing 100088**<br>**China** | |
| Facsimile No. **(86-10)62019451** | Telephone No. |

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category* | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages | Relevant to claim No. |
|---|---|---|
| A | JP 2003332647 A (ZIPPY TECH CORP) 21 November 2003 (2003-11-21)<br>entire document | 1-10 |
| A | US 6545426 B1 (KING ULTRASOUND CO LTD) 08 April 2003 (2003-04-08)<br>entire document | 1-10 |
| A | TW 201114159 A (GLOBAL TECHNOLOGY CORP E) 16 April 2011 (2011-04-16)<br>entire document | 1-10 |

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**
**Information on patent family members**

International application No.
**PCT/CN2019/124355**

| Patent document cited in search report | Publication date (day/month/year) | Patent family member(s) | Publication date (day/month/year) |
|---|---|---|---|
| CN 107070298 A | 18 August 2017 | None | |
| CN 103336429 A | 02 October 2013 | CN 103336429 B | 17 August 2016 |
| CN 209103131 U | 12 July 2019 | None | |
| CN 207283436 U | 27 April 2018 | None | |
| CN 101424879 A | 06 May 2009 | CN 101424879 B | 13 October 2010 |
| WO 2014096565 A1 | 26 June 2014 | EP 2936575 A1 | 28 October 2015 |
| | | FR 3000301 B1 | 06 February 2015 |
| | | FR 3000301 A1 | 27 June 2014 |
| JP 2003332647 A | 21 November 2003 | None | |
| US 6545426 B1 | 08 April 2003 | None | |
| TW 201114159 A | 16 April 2011 | None | |

# 国际检索报告

国际申请号
PCT/CN2019/124355

A. 主题的分类

G05B 19/042(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)

G05B19

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））

DWPI;EPODOC;CNABS;CNTXT:位移，反馈，压电陶瓷，电桥，桥式，电路，压电，驱动，闭环，放大，功率，桥臂，测量，修正，实际，传感，感应，piezoelectric ceramic，FPGA，displacement，feedback，driver，closed-loop，bridge，circuit，measure，actual，sensing，sensor，power，amplify，detect

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 107070298 A (中国科学院自动化研究所) 2017年 8月 18日 (2017-08-18)<br>说明书第 [0054]-[0135]段和附图1-12 | 1-10 |
| Y | CN 103336429 A (中国科学院长春光学精密机械与物理研究所) 2013年 10月 2日 (2013-10-02)<br>说明书第[0027]-[0042]段和附图1-6 | 1-10 |
| PX | CN 209103131 U (深圳先进技术研究院) 2019年 7月 12日 (2019-07-12)<br>说明书第[0020]-[0027]段和附图1-3 | 1-10 |
| A | CN 207283436 U (苏州大学) 2018年 4月 27日 (2018-04-27)<br>全文 | 1-10 |
| A | CN 101424879 A (厦门大学) 2009年 5月 6日 (2009-05-06)<br>全文 | 1-10 |
| A | WO 2014096565 A1 (DAV) 2014年 6月 26日 (2014-06-26)<br>全文 | 1-10 |
| A | JP 2003332647 A (ZIPPY TECH CORP) 2003年 11月 21日 (2003-11-21)<br>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 | 国际检索报告邮寄日期 |
|---|---|
| 2020年 3月 9日 | 2020年 3月 17日 |
| ISA/CN的名称和邮寄地址<br>中国国家知识产权局(ISA/CN)<br>中国北京市海淀区蓟门桥西土城路6号 100088<br>传真号 (86-10)62019451 | 受权官员<br>许凌云<br>电话号码 62085775 |

# 国际检索报告

国际申请号
PCT/CN2019/124355

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 | US 6545426 B1 (KING ULTRASOUND CO LTD) 2003年 4月 8日 (2003 - 04 - 08)<br>全文 | 1-10 |
| A | TW 201114159 A (GLOBAL TECHNOLOGY CORP E) 2011年 4月 16日 (2011 - 04 - 16)<br>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/CN2019/124355

| 检索报告引用的专利文件 | | | 公布日<br>(年/月/日) | 同族专利 | | | 公布日<br>(年/月/日) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| CN | 107070298 | A | 2017年 8月 18日 | | 无 | | |
| CN | 103336429 | A | 2013年 10月 2日 | CN | 103336429 | B | 2016年 8月 17日 |
| CN | 209103131 | U | 2019年 7月 12日 | | 无 | | |
| CN | 207283436 | U | 2018年 4月 27日 | | 无 | | |
| CN | 101424879 | A | 2009年 5月 6日 | CN | 101424879 | B | 2010年 10月 13日 |
| WO | 2014096565 | A1 | 2014年 6月 26日 | EP | 2936575 | A1 | 2015年 10月 28日 |
| | | | | FR | 3000301 | B1 | 2015年 2月 6日 |
| | | | | FR | 3000301 | A1 | 2014年 6月 27日 |
| JP | 2003332647 | A | 2003年 11月 21日 | | 无 | | |
| US | 6545426 | B1 | 2003年 4月 8日 | | 无 | | |
| TW | 201114159 | A | 2011年 4月 16日 | | 无 | | |