

(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 25 日 (25.06.2020)



(10) 国际公布号
WO 2020/124558 A1

(51) 国际专利分类号:

B01L 3/00 (2006.01)

(21) 国际申请号:

PCT/CN2018/122688

(22) 国际申请日:

2018 年 12 月 21 日 (21.12.2018)

(25) 申请语言:

中文

(26) 公布语言:

中文

(71) 申请人: 深圳先进研究院 (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 518000 (CN)。

(72) 发明人: 郑海荣 (ZHENG, Hairong); 中国广东省深圳市南山区西丽大学城学苑大道1068号, Guangdong 518000 (CN)。李飞 (LI, Fei); 中国广东省深圳市南山区西丽大学城学苑大道1068号, Guangdong 518000 (CN)。蔡飞燕 (CAI, Feiyan);

中国广东省深圳市南山区西丽大学城学苑大道1068号, Guangdong 518000 (CN)。孟龙 (MENG, Long); 中国广东省深圳市南山区西丽大学城学苑大道1068号, Guangdong 518000 (CN)。肖杨 (XIAO, Yang); 中国广东省深圳市南山区西丽大学城学苑大道1068号, Guangdong 518000 (CN)。严飞 (YAN, Fei); 中国广东省深圳市南山区西丽大学城学苑大道1068号, Guangdong 518000 (CN)。

(74) 代理人: 深圳中一联合知识产权代理有限公司 (SHENZHEN ZHONGYI UNION INTELLECTUAL PROPERTY AGENCY CO., LTD.); 中国广东省深圳市福田区园岭街道深南中路1014号报春大厦9楼 (5号信箱), Guangdong 518028 (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,

(54) Title: MICROFLUIDIC SYSTEM AND OPERATING METHOD THEREFOR

(54) 发明名称: 微流体系统及其操作方法

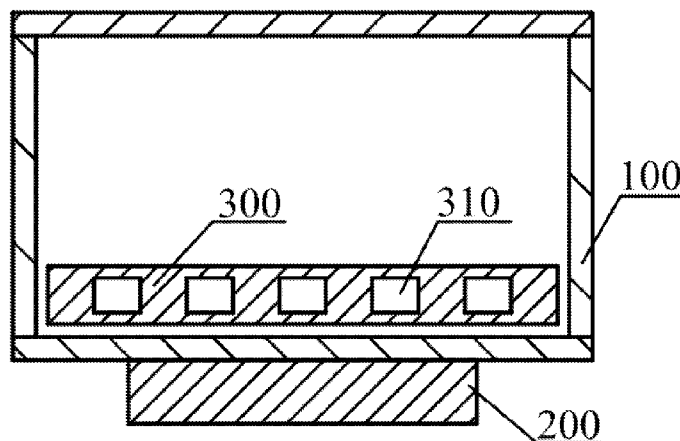


图 1

(57) Abstract: Provided is a microfluidic system, relating to the field of microfluidic control. The microfluidic system comprises: a container (100), an ultrasonic wave emitting assembly (200), and a phonon crystal plate (300). The container (100) is used for containing a solution containing microparticles. The ultrasonic wave emitting assembly (200) is used for emitting ultrasonic waves to the phonon crystal plate (300), and the frequency of the ultrasonic waves is the same as the resonant frequency of the phonon crystal plate (300). The phonon crystal plate (300) is located in the solution and is used for generating a local area sound field on the surface of the phonon crystal plate (300) under the excitation of the ultrasonic waves, and inducing an acoustic microstreaming vortex so as to generate acoustic streaming shearing force on the microparticles. The interior of the phonon crystal plate (300) is provided with cavities (310), all the cavities (310) are periodically arranged in the phonon crystal plate (300), and all the cavities (310) internally contain gas. Further provided is an operating method. The operating method is applied to the microfluidic system so that the problem that the acoustic streaming shearing force generated in an existing microfluidic system is small can be solved.



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, 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))。

(57) 摘要: 一种微流体系统, 涉及微流体控制领域, 该微流体系统包括: 容器(100)、超声波发射组件(200)和声子晶体板(300)。容器(100)用于盛放含有微粒的溶液。超声波发射组件(200)用于向声子晶体板(300)发射超声波, 超声波的频率与声子晶体板(300)的共振频率相同。声子晶体板(300)位于溶液中, 用于在超声波的激励下, 在声子晶体板(300)的表面产生局域声场, 并诱发声微流涡旋, 对微粒产生声流剪切力。声子晶体板(300)的内部设置有空腔(310), 各空腔(310)在声子晶体板(300)中周期性排列, 且各空腔(310)中均容纳有气体。还提供一种操作方法, 将该操作方法应用于该微流体系统可以解决现有微流体系统产生的声流剪切力小的问题。

微流体系统及其操作方法

技术领域

[0001] 本发明涉及微流体控制领域，尤其涉及一种微流体系统及其操作方法。

背景技术

[0002] 安全高效的药物递送技术是药物研发、癌症研究、多功能干细胞诱导和组织工程等领域的核心技术，与病毒介导的生物学递送技术、化学递送技术、微注射法、电致穿孔法、激光法等递送技术相比，超声给药技术因具有安全简单、非接触、无创、低廉、普遍适用性等优点而受到了广泛的关注。

发明概述

技术问题

[0003] 现有的超声给药系统一般通过超声波发生器产生超声波，并通过带凸台的声子晶体板诱发声微流涡旋，产生声流剪切力，实现对细胞的声致穿孔效应，增强细胞膜的通透性，这种系统普遍存在产生的声流剪切力小等问题。

问题的解决方案

技术解决方案

[0004] 本发明实施例一方面提供一种微流体系统，包括：容器、超声波发射组件和声子晶体板；

[0005] 所述容器用于盛放含有微粒的溶液；

[0006] 所述超声波发射组件用于向所述声子晶体板发射超声波，所述超声波的频率与所述声子晶体板的共振频率相同；

[0007] 所述声子晶体板位于所述溶液中，用于在所述超声波的激励下，在所述声子晶体板的表面产生局域声场，并诱发声微流涡旋，对所述微粒产生声流剪切力；

[0008] 所述声子晶体板的内部设置有空腔，各所述空腔在所述声子晶体板中周期性排列，且各所述空腔中均容纳有气体。

[0009] 本发明还提供一种操作方法，该操作方法用于操作一种微流体系统，该微流体系统包括容器、超声波发射组件和声子晶体板，所述操作方法包括：

- [0010] 确定声子晶体板的共振频率；
- [0011] 将所述声子晶体板放入容器中；
- [0012] 将含有微粒的溶液注入所述容器中；
- [0013] 控制超声波发射组件发射超声波，所述超声波的频率与所述共振频率相同，以使所述声子晶体板的表面在所述超声波的激励下产生局域声场，并诱发声微流涡旋，对所述微粒产生声流剪切力。

发明的有益效果

有益效果

- [0014] 在上述实施例中，由于声子晶体板中的各空腔中均容纳的介质为气体，故相较于现有的通过带凸台的声子晶体板诱发声微流涡旋的微流体系统，在声子晶体板的表面产生的局域声场的场强更大，诱发声微流涡旋的强度更大，对微粒产生的声流剪切力更大。

对附图的简要说明

附图说明

- [0015] 图1为本发明第一实施例提供的微流体系统的剖视图；
- [0016] 图2为本发明第二实施例提供的微流体系统中的声子晶体板的剖视图；
- [0017] 图3为图2中的声子晶体板的A-A截面图；
- [0018] 图4为本发明第二实施例提供的微流体系统中的第二板的剖视图；
- [0019] 图5为本发明第二实施例提供的微流体系统中的第二板的俯视图；
- [0020] 图6为本发明第二实施例提供的微流体系统中的第二板的仰视图；
- [0021] 图7为本发明第二实施例提供的微流体系统中超声波发射组件的结构示意图；
- [0022] 图8为本发明第三实施例提供的微流体系统的剖视图；
- [0023] 图9为本发明第四实施例提供的微流体系统中的容器的剖视图；
- [0024] 图10为本发明第四实施例提供的微流体系统中的容器的剖视图；
- [0025] 图11为本发明第五实施例提供的操作方法的流程图。

发明实施例

本发明的实施方式

- [0026] 为使得本发明的发明目的、特征、优点能够更加的明显和易懂，下面将结合本发明实施例提供的附图，对本发明实施例提供的技术方案进行清楚、完整地描述，显然，所描述的实施例仅仅是本发明一部分实施例，而非全部实施例。基于本发明提供的实施例，本领域技术人员在没有做出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施例，都属于本发明保护的范围。
- [0027] 需要说明的是，以下各实施例提供的微流体系统可以用于超声给药领域，通过声微流涡旋对细胞的剪切力可逆地增强细胞膜的通透性，实现大规模超声给药研究，并非对该微流体系统的应用领域进行任何限定，该微流体系统还可以应用于利用声子晶体板表面的局域声场产生的辐射力实现微粒的聚集，并通过该局域声场诱发的声微流涡旋对微粒产生声流剪切力，实现对微粒的检测。
- [0028] 请参阅图1，图1为本发明第一实施例提供的微流体系统的剖视图，如图1所示，该微流体系统包括：容器100、超声波发射器组件200和声子晶体板300。
- [0029] 容器100用于盛放含有微粒的溶液。
- [0030] 超声波发射器组件200用于向声子晶体板300发射超声波，该超声波的频率与声子晶体板300的共振频率相同。
- [0031] 声子晶体板300位于容器100中的溶液中，用于在该超声波的激励下，产生局域声场，并诱发声微流涡旋，对该溶液中的微粒产生声流剪切力。
- [0032] 声子晶体板300的内部设置有空腔310，各空腔310在声子晶体板300中周期性排列，且各空腔310中均容纳有气体。
- [0033] 声子晶体为弹性常数及密度周期性分布的材料或结构，空腔在声子晶体板300的基体材料中周期性分布，形成声子晶体。
- [0034] 需要说明的是，图1仅以超声波发射器组件200与容器100接触为例进行说明，并非限制超声波发射器组件200与容器100之间的位置关系，超声波发射器组件200还可以正对容器100而不与容器100接触，还可以放置在容器100中，使超声波直接作用于声子晶体板300。
- [0035] 现有的声微流涡旋系统采用带凸台的声子晶体板诱发局部场强，容器中的溶液填充凸台之间的空间，即，带凸台的声子晶体板的镶嵌材料为液体，而本实施例提供的声微流涡旋系统采用的声子晶体板300中的空腔310中容纳的是气体，

即，本实施例提供的微流体系统中的声子晶体板300的镶嵌材料为气体。一方面，相较于现有的微流体系统中的带凸台的声子晶体板，本实施例提供的微流体系统中的声子晶体板300的基体材料和镶嵌材料之间的密度比更大，更有利于在声子晶体板300中产生完全声子带隙，当超声波的频率等于声子晶体板300的共振频率时，超声波在各个方向上都无法在声子晶体板300中传播，此时，声子晶体板300的表面产生的局域声场的场强更大，另一方面，在相同的作用力的作用下，气体的体积的变化率远大于液体的体积变化率，故相较于现有的微流体系统中的带凸台的声子晶体板，本实施例提供的微流体系统中的声子晶体板300在超声波的激励下，产生的振动更强，声子晶体板300的表面产生的局域声场的场强更大。

[0036] 综上所述，相较于现有的微流体系统中的带凸台的声子晶体板，本实施例提供的微流体系统中的声子晶体板300在超声波的激励下，在声子晶体板300表面产生的局域声场的场强更大，诱发的声微流涡旋更强烈，对微粒产生的声流剪切力更大。

[0037] 需要说明的是，声子晶体板300的基体材料的剪切模量远小于该材料的纵波模量。

[0038] 将本实施例提供的微流体系统应用于超声给药领域中，则，溶液中的微粒为细胞，本实施例提供的微流体系统可以产生更大的声流剪切力，对细胞膜使细胞膜的穿透性更强，药物或细胞可以更好地进入细胞中，又由于该微流体系统的声流剪切力可以通过超声波的功率和声子晶体板300中的空腔310的排列方式、空腔310的形状、空腔310中的气体的密度和声子晶体板300的基体材料的密度进行精确的定量调整，故可以保证声流剪切力不会破坏细胞，防止细胞死亡。

[0039] 在本实施例中，由于声子晶体板中的各空腔中均容纳的介质为气体，故相较于现有的通过带凸台的声子晶体板诱发声微流涡旋的微流体系统，在声子晶体板的表面产生的局域声场的场强更大，诱发声微流涡旋的强度更大，对微粒产生的声流剪切力更大。

[0040] 请参阅图2，图2为本发明第二实施例提供的微流体系统中的声子晶体板的剖视图，如图2所示，与图1所示的微流体系统不同的是，在本实施例中：

- [0041] 进一步地，各空腔310均为柱状空腔。
- [0042] 各空腔310的轴线方向平行于超声波的纵波方向，或者，各空腔310的轴线方向垂直于超声波的纵波方向。
- [0043] 为了便于说明，在本实施例中仅以超声波的纵波方向垂直于声子晶体板300的长宽面为例进行说明，根据超声波发射器组件200与声子晶体板300之间的相对位置不同，超声波的纵波方向还可以是其他方向。
- [0044] 图2仅以各空腔310的轴线方向平行于超声波的纵波方向为例对各空腔310的轴线方向进行说明，并非对各空腔310的轴线方向进行任何限制，各空腔310的轴线方向还可以垂直于超声波的纵波方向。
- [0045] 如图3所示，图3为图2中的声子晶体板的A-A截面图，在垂直于空腔310的轴线的平面内，各空腔310的截面形状相同，图3仅以在垂直于空腔310的轴线的平面内，各空腔310的截面形状为圆形为例进行说明，并非对在垂直于空腔310的轴线的平面内，各空腔310的截面形状进行任何限制，各空腔310在该界面内的截面形状还可以为椭圆形或者多边形。
- [0046] 进一步地，如图2所示，声子晶体板300包括第一板320、第二板330和第三板340。
- [0047] 请参阅图4至图6，图4为本发明第二实施例提供的微流体系统中的第二板的剖视图，图5为本发明第二实施例提供的微流体系统中的第二板的俯视图，图6为本发明第二实施例提供的微流体系统中的第二板的仰视图，结合图4至图6，第二板330包括相对的第一面331和第二面332，空腔310在第二板330上周期性排列，且各空腔310均贯穿第一面331和第二面332。
- [0048] 结合图2和图4至图6，第一板320和第三板340分别固定于第二板330的第一面331和第二面332上。
- [0049] 需要说明的是，在第二板330上加工周期性排列的通孔，再将第一板320和第三板340分别固定在第一面331和第二面332上，即可将空气密封在空腔310中，故声子晶体板300的制造简单。
- [0050] 可选的，还可以将特定密度的气体填充在空腔中之后再将第一板320和第三板340分别固定于第一面331和第二面332上，将该特定密度的气体密封在空腔310中

，以调整声子晶体板300的共振频率，调整在超声波的激励下，声子晶体板300的表面产生的局域声场的场强和分布，进而调整声流剪切力的大小。

[0051] 进一步地，第一板320、第二板330和第三板340均由聚二甲基硅氧烷制成，且第一板320、第二板330和第三板340均为柔性板。

[0052] 第一板320和第三板340均通过键合作用与第二板330连接。

[0053] 需要说明的是，由于第一板320、第二板330和第三板340均由聚二甲基硅氧烷制成，聚二甲基硅氧烷具有生物兼容性，将本实施例提供的微流体系统应用于超声给药领域时，可以避免声子晶体板300对细胞的损伤。

[0054] 在实际应用中，在外界因素的影响下，在声子晶体板300中可能产生噪声，该噪声的频率不等于声子晶体板300的共振频率，噪声的频率不在声子晶体板300的带隙内，可以在声子晶体板300中传播，会对声子晶体板300的局域声场造成影响，不利于声流剪切力的精确控制。由于第一板320、第二板330和第三板340均为柔性板，可以缓冲并吸收该噪声，防止该噪声对声流剪切力的精确控制造成不利影响。

[0055] 进一步地，如图7所示，图7为本发明第二实施例提供的微流体系统中超声波发射组件的结构示意图，如图7所示，超声波发射器组件200包括信号发生器210、功率放大器220和超声换能器230。

[0056] 信号发生器210用于发射驱动信号。

[0057] 功率放大器220与信号发生器210连接，用于将该驱动信号放大。

[0058] 超声换能器230与功率放大器220连接，用于在放大后的驱动信号的激励下发射与驱动信号的频率对应的超声波。

[0059] 进一步地，信号发生器210为编程信号发射器。

[0060] 功率放大器220为线性功率放大器。

[0061] 超声换能器230为单阵元超声换能器、相控阵超声换能器、线阵超声换能器、凸阵超声换能器或叉指换能器。

[0062] 信号发生器210的发射信号可以是连续正弦信号，还可以是脉冲正弦信号。

[0063] 可选的，可以通过声子晶体板300与容器100之间的摩擦力实现声子晶体板300在容器的固定，还可以在容器100内设置支撑平台，支撑声子晶体板300，使声

子晶体板300与超声换能器230相距预设的距离。

[0064] 在本实施例中，第一方面，由于声子晶体板中的各空腔中均容纳的介质为气体，故相较于现有的通过带凸台的声子晶体板诱发声微流涡旋的微流体系统，在声子晶体板的表面产生的局域声场的场强更大，诱发声微流涡旋的强度更大，对微粒产生的声流剪切力更大。第二方面，由于各空腔在声子晶体板中的排列灵活，各空腔的截面形状多变，故可以在更大的范围内对声流剪切力进行精确调整。第三方面，由于声子晶体板包括第一板、第二板和第三板，在第二板上加工通孔，并将第一板和第三板与第二板连接，将该通孔的两个开口端封住，即可得到具有气泡空腔的声子晶体板，声子晶体板的制造简单。第四方面，由于第一板、第二板和第三板均为柔性板，可以缓冲和吸收由于外界因素产生的噪声，防止噪声对声流剪切力的精确控产生不利影响。

[0065] 请参阅图8，图8为本发明第三实施例提供的微流体系统的剖视图，如图8所示，与前述图1至图7所示的微流体系统不同的是，在本实施例中：

[0066] 进一步地，容器100为微腔100A。

[0067] 超能转换器230与微腔100A的接触。

[0068] 进一步地，如图8所示，微腔100A包括微腔体110A、顶板120A和底板130A。

[0069] 微腔体110A有聚二甲基硅氧烷制成，顶板120A和底板130A由石英玻璃、有机玻璃、硅片或铌酸锂制成。

[0070] 微腔体110A为中空管，且微腔体110A包括两个相对的开口端。

[0071] 顶板120A和底板130A通过键合作用分别固定于该两个相对的开口端。

[0072] 超能转换器230与微腔100A接触，在超声波的激励下微腔100A发生振动，微腔100A再将该振动传递至声子晶体板300。

[0073] 在本实施例中，第一方面，由于声子晶体板中的各空腔中均容纳的介质为气体，故相较于现有的通过带凸台的声子晶体板诱发声微流涡旋的微流体系统，在声子晶体板的表面产生的局域声场的场强更大，诱发声微流涡旋的强度更大，对微粒产生的声流剪切力更大。第二方面，由于各空腔在声子晶体板中的排列灵活，各空腔的截面形状多变，故可以在更大的范围内对声流剪切力进行精确调整。第三方面，由于声子晶体板包括第一板、第二板和第三板，在第二板上

加工通孔，并将第一板和第三板与第二板连接，将该通孔的两个开口端封住，即可得到具有气泡空腔的声子晶体板，声子晶体板的制造简单。第四方面，由于第一板、第二板和第三板均为柔性板，可以缓冲和吸收由于外界因素产生的噪声，防止噪声对声流剪切力的精确控产生不利影响。第五方面，通过微腔将超声波传递至声子晶体板，无需对微腔进行任何加工，微腔的结构简单。

[0074] 请参阅图9和图10，图9为本发明第四实施例提供的微流体系统中的容器的剖视图，图10为本发明第四实施例提供的微流体系统中的容器的剖视图，结合图9和图10，与前述图1至图7不同的是，在本实施例中：

[0075] 进一步地，容器100为箱体100B，在箱体100B的底面上设置有通孔110B。

[0076] 超声换能器230位于通孔110B内，且超声换能器230与通孔110B过盈配合。

[0077] 可选的，超声换能器230与通孔110B间隙配合或过渡配合，在超声换能器230和通孔110B的内壁之间设置有防水胶，将超声换能器230固定于通孔110B中的同时，防止含有微粒的溶液由通孔110B中漏出。

[0078] 在本实施例中，第一方面，由于声子晶体板中的各空腔中均容纳的介质为气体，故相较于现有的通过带凸台的声子晶体板诱发声微流涡旋的微流体系统，在声子晶体板的表面产生的局域声场的场强更大，诱发声微流涡旋的强度更大，对微粒产生的声流剪切力更大。第二方面，由于各空腔在声子晶体板中的排列灵活，各空腔的截面形状多变，故可以在更大的范围内对声流剪切力进行精确调整。第三方面，由于声子晶体板包括第一板、第二板和第三板，在第二板上加工通孔，并将第一板和第三板与第二板连接，将该通孔的两个开口端封住，即可得到具有气泡空腔的声子晶体板，声子晶体板的制造简单。第四方面，由于第一板、第二板和第三板均为柔性板，可以缓冲和吸收由于外界因素产生的噪声，防止噪声对声流剪切力的精确控产生不利影响。第五方面，由于超声换能器位于通孔中，超声波可以直接作用于声子晶体板上，减小了传播损耗，进一步提高了声流剪切力。

[0079] 请参阅图11，图11为本发明第五实施例提供的操作方法的流程图，该操作方法应用于一种微流体系统，该微流体系统包括：

[0080] 容器、超声波发射组件和声子晶体板。

[0081] 如图11所示,该方法包括:

[0082] S501、确定声子晶体板的共振频率。

[0083] 具体的,根据声子晶体板的几何尺寸和材料参数,通过理论计算得到该声子晶体板的共振频率所在的待测频带。

[0084] 在该频带内通过实验得到该声子晶体板的共振频率,该实验例如可以为,将该声子晶体板置于水中,在该待测频带中以预设的频率变化步长,以不同的频率激励该声子晶体板,得到该声子晶体板的透射谱,该透射谱中的纵坐标的极大值对应的横坐标频率为该声子晶体板的共振频率。

[0085] 例如,测量得到声子晶体板的透射谱存在两个极大值,该极大值对应的横坐标频率分别为1.547MHz和1.804MHz,则该声子晶体板的共振频率为1.547MHz和1.804MHz。

[0086] S502、将声子晶体板放入容器中。

[0087] S503、将含有微粒的溶液注入容器中。

[0088] S504、控制超声波发射器组件发射超声波,该超声波的频率与共振频率相同,以使声子晶体板的表面在该超声波的激励下产生局部生产局域声场,并诱发声微流涡旋,对微粒产生声流剪切力。

[0089] 具体的,超声波发射器组件包括信号发生器、功率放大器和超声换能器,控制信号发生器发出中心频率为共振频率的激励信号,功率放大器将该激励信号放大后传输至超声换能器,该超声换能器在该放大的激励信号的激励下,发出频率为共振频率的超声波。

[0090] 在该超声波的激励下,声子晶体板的表面产生局域声场,产生声辐射力捕获溶液中的微粒,同时诱发声微流涡旋,对捕获到的粒子施加声流剪切力。

[0091] 在实际应用中,声子晶体板可以具有多个共振频率,在不同共振频率的激励下,声子晶体板会产生不同的振型,振型的不同对声子晶体板表面产生的局域声场的分布也会有影响,因此还可以通过选择不同共振频率调整对微粒产生的声流剪切力。

[0092] 在本实施例中,由于声子晶体板中的各空腔中均容纳的介质为气体,故相较于现有的通过带凸台的声子晶体板诱发声微流涡旋的微流体系统,在声子晶体板

的表面产生的局域声场的场强更大，诱发声微流涡旋的强度更大，对微粒产生的声流剪切力更大。

权利要求书

- [权利要求 1] 一种微流体系统，其特征在于，包括：容器、超声波发射组件和声子晶体板；
所述容器用于盛放含有微粒的溶液；
所述超声波发射组件用于向所述声子晶体板发射超声波，所述超声波的频率与所述声子晶体板的共振频率相同；
所述声子晶体板位于所述溶液中，用于在所述超声波的激励下，在所述声子晶体板的表面产生局域声场，并诱发声微流涡旋，对所述微粒产生声流剪切力；
所述声子晶体板的内部设置有空腔，各所述空腔在所述声子晶体板中周期性排列，且各所述空腔中均容纳有气体。
- [权利要求 2] 如权利要求1所述的微流体系统，其特征在于，各所述空腔均为柱状空腔；
各所述空腔的轴线方向平行于所述超声波的纵波方向，或者，各所述空腔的轴线方向垂直于所述超声波的纵波方向；
在垂直于所述空腔的轴线的平面内，各所述空腔的截面形状相同，所述截面形状为圆形、椭圆形或者多边形。
- [权利要求 3] 如权利要求1所述的微流体系统，其特征在于，所述声子晶体板包括第一板、第二板和第三板；
所述第二板包括相对的第一面和第二面，所述空腔在所述第二板上周期性排列，且各所述空腔均贯穿所述第一面和所述第二面；
所述第一板和所述第三板分别固定于所述第二板的所述第一面和所述第二面上。
- [权利要求 4] 如权利要求3所述的微流体系统，其特征在于，所述第一板、所述第二板和所述第三板均由聚二甲基硅氧烷制成，且所述所述第一板、所述第二板和所述第三板均为柔性板；
所述第一板和所述第三板均通过键合作用与所述第二板连接。
- [权利要求 5] 如权利要求1所述的微流体系统，其特征在于，所述超声波发射组件

包括信号发生器、功率放大器和超声换能器；

所述信号发生器用于发射驱动信号；

所述功率放大器与所述信号发生器连接，用于将所述驱动信号放大；

所述超声换能器与所述功率放大器连接，用于在所述放大后的驱动信号的激励下发射与所述驱动信号的频率对应的超声波。

[权利要求 6] 如权利要求5所述的微流体系统，其特征在于，所述容器为微腔；
所述超声换能器与所述微腔接触。

[权利要求 7] 如权利要求5所述的微流体系统，其特征在于，所述容器为箱体，在所述箱体的底面上设置有通孔；
所述超声换能器位于所述通孔内，且所述超声换能器与所述通孔过盈配合。

[权利要求 8] 如权利要求6所述的微流体系统，其特征在于，所述微腔包括微腔体、顶面和底面；
所述微腔体由聚二甲基硅氧烷制成，所述顶面和所述顶面由石英玻璃、有机玻璃、硅片或铌酸锂制成；
所述微腔体为中空管，且所述微腔体包括两个相对的开口端；
所述顶面和所述底面通过键合作用分别固定于两个相对的所述开口端。

[权利要求 9] 如权利要求5所述的微流体系统，其特征在于，所述信号发生器为编程信号发生器；
所述功率放大器为线性功率放大器；
所述超声换能器为单阵元超声换能器、相控阵超声换能器、线阵超声换能器、凸阵超声换能器或叉指换能器。

[权利要求 10] 一种操作方法，其特征在于，所述操作方法应用于如权利要求1至9中的任意一项所述的微流体系统，所述操作方法包括：
确定声子晶体板的共振频率；
将所述声子晶体板放入容器中；
将含有微粒的溶液注入所述容器中；

控制超声波发射组件发射超声波，所述超声波的频率与所述共振频率相同，以使所述声子晶体板的表面在所述超声波的激励下产生局域声场，并诱发声微流涡旋，对所述微粒产生声流剪切力。

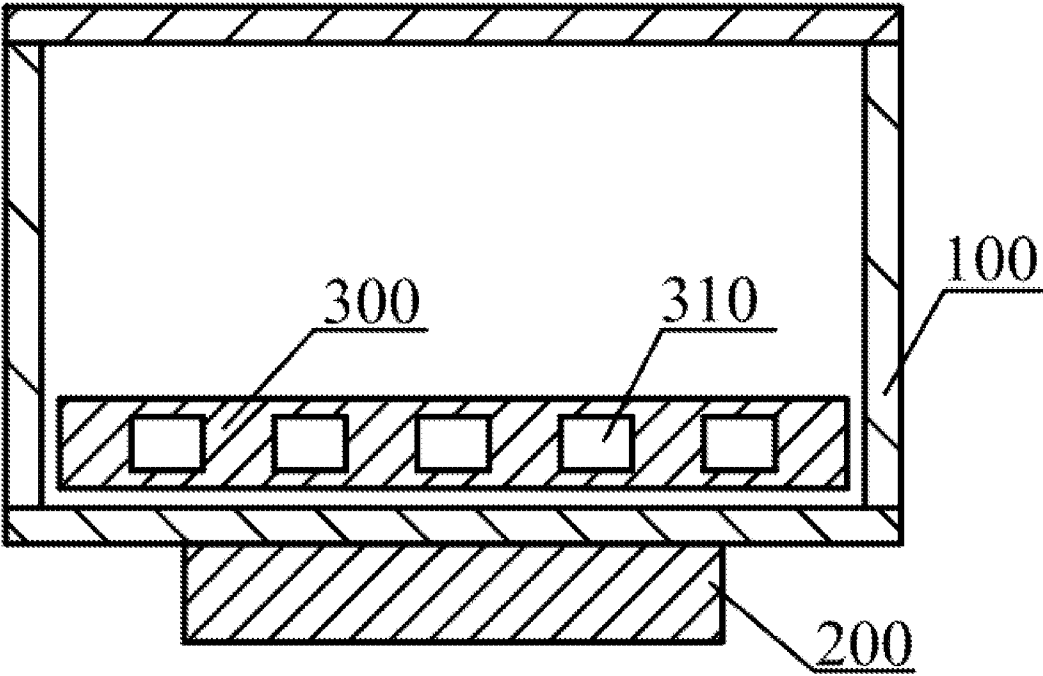


图 1

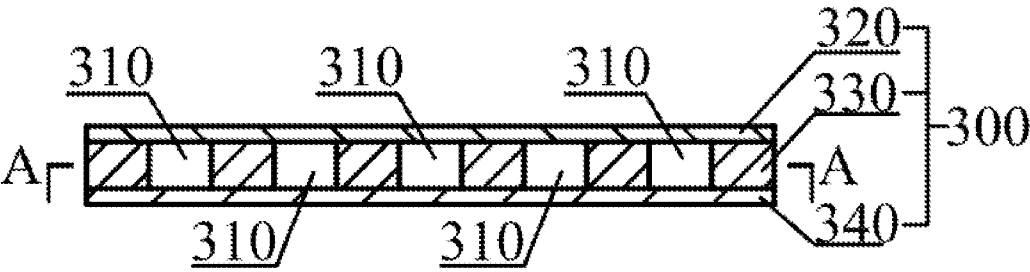


图 2

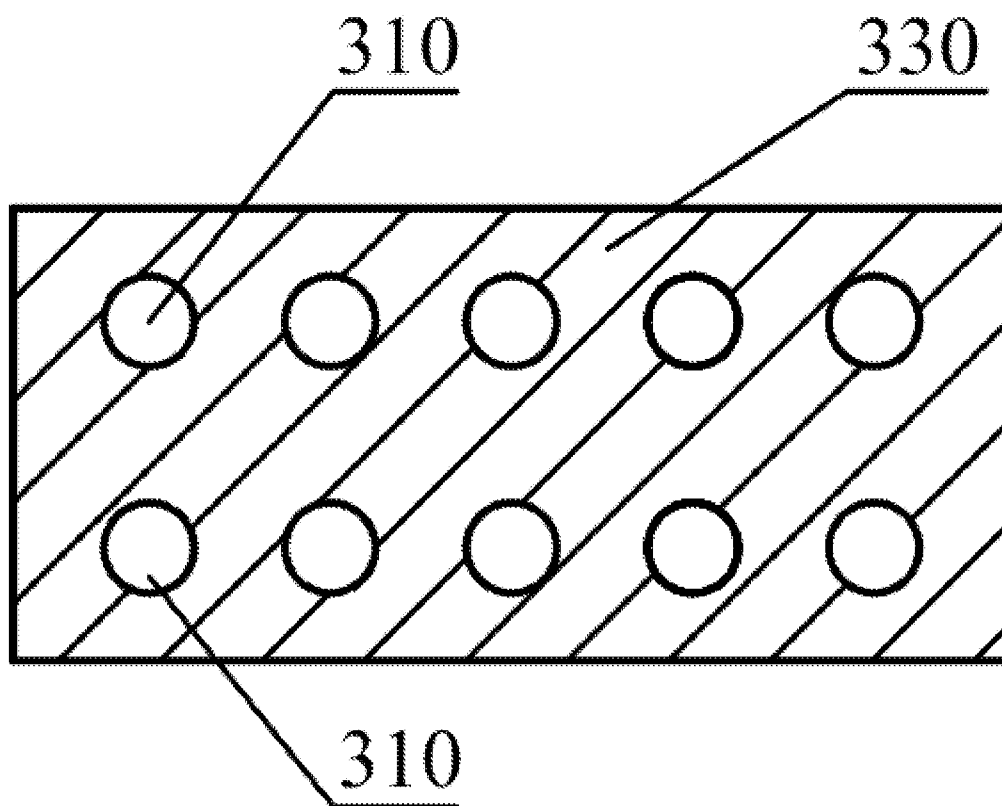


图 3

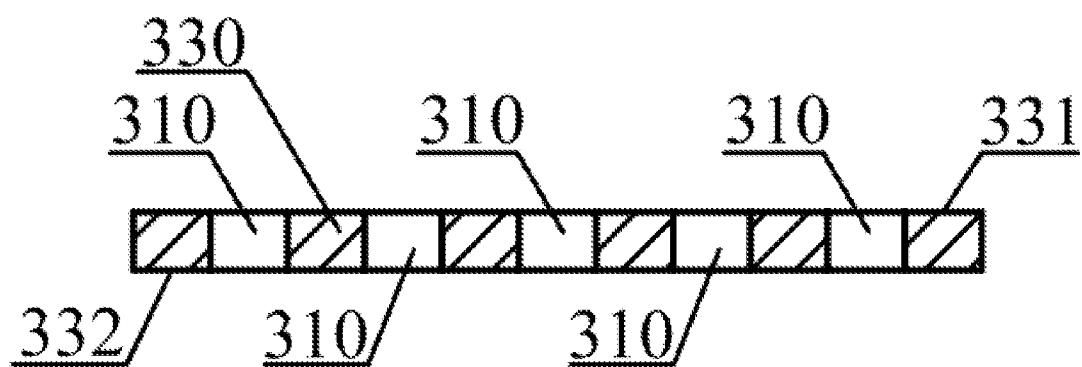


图 4

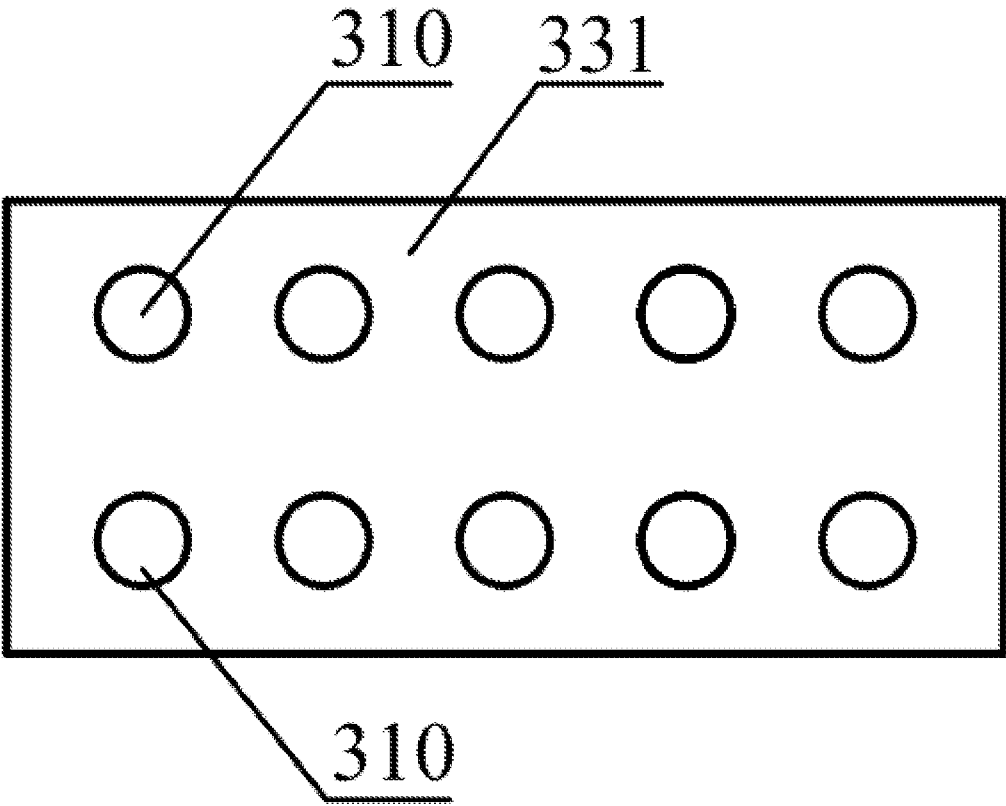


图 5

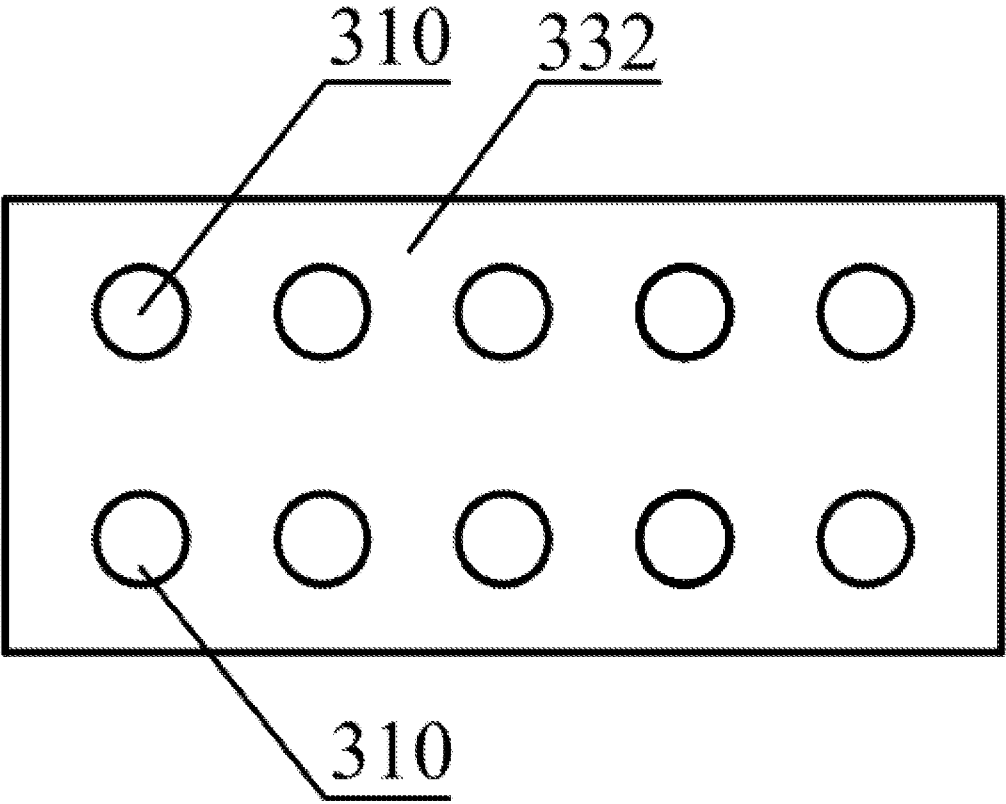


图 6

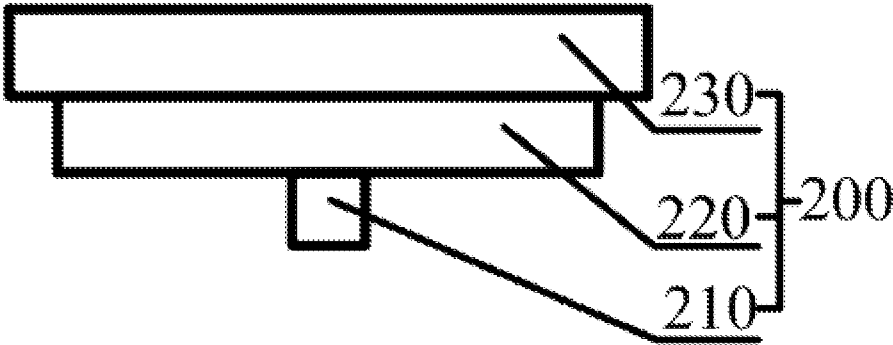


图 7

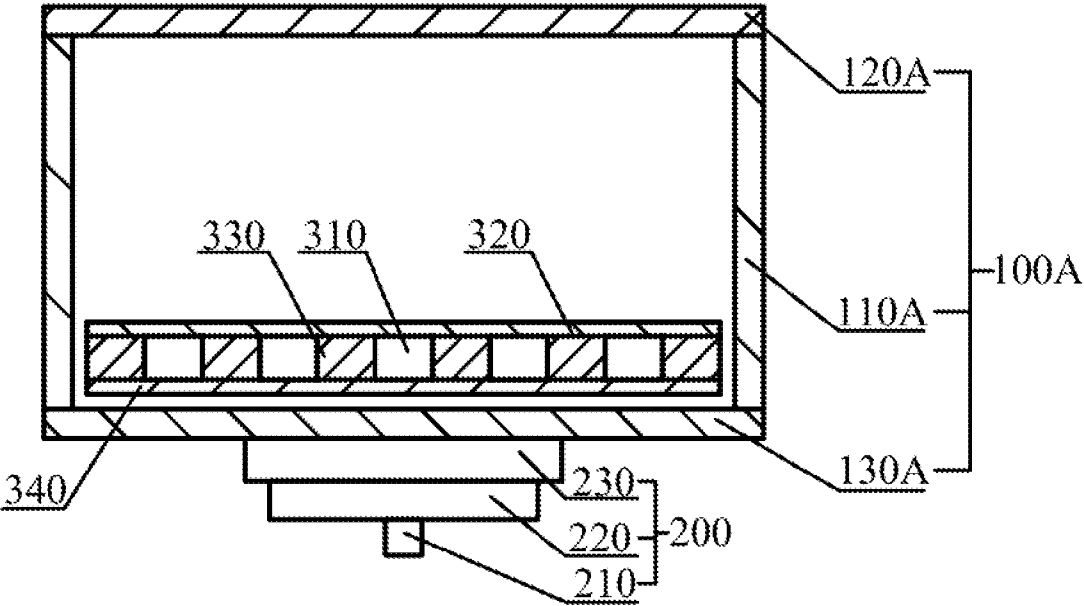


图 8

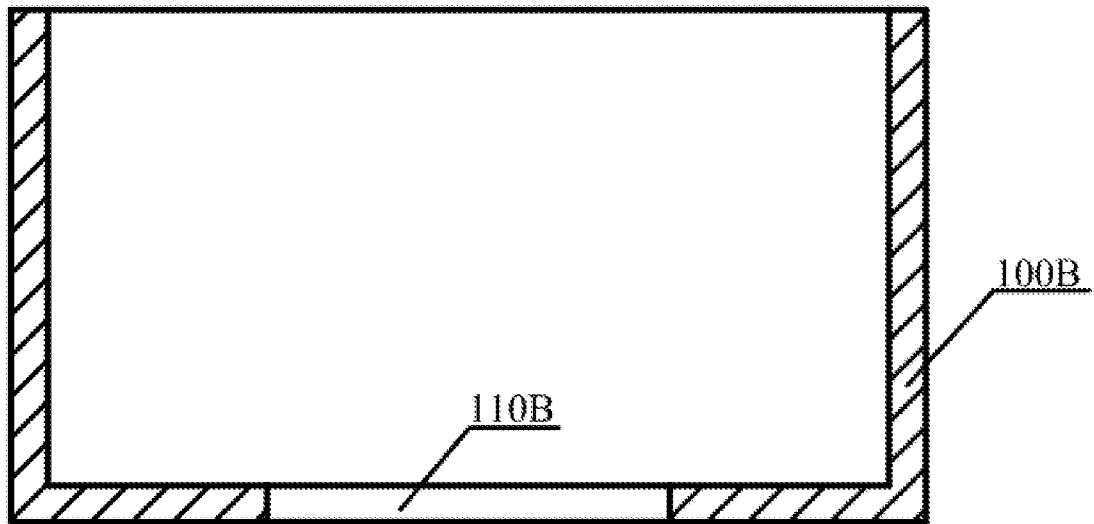


图 9

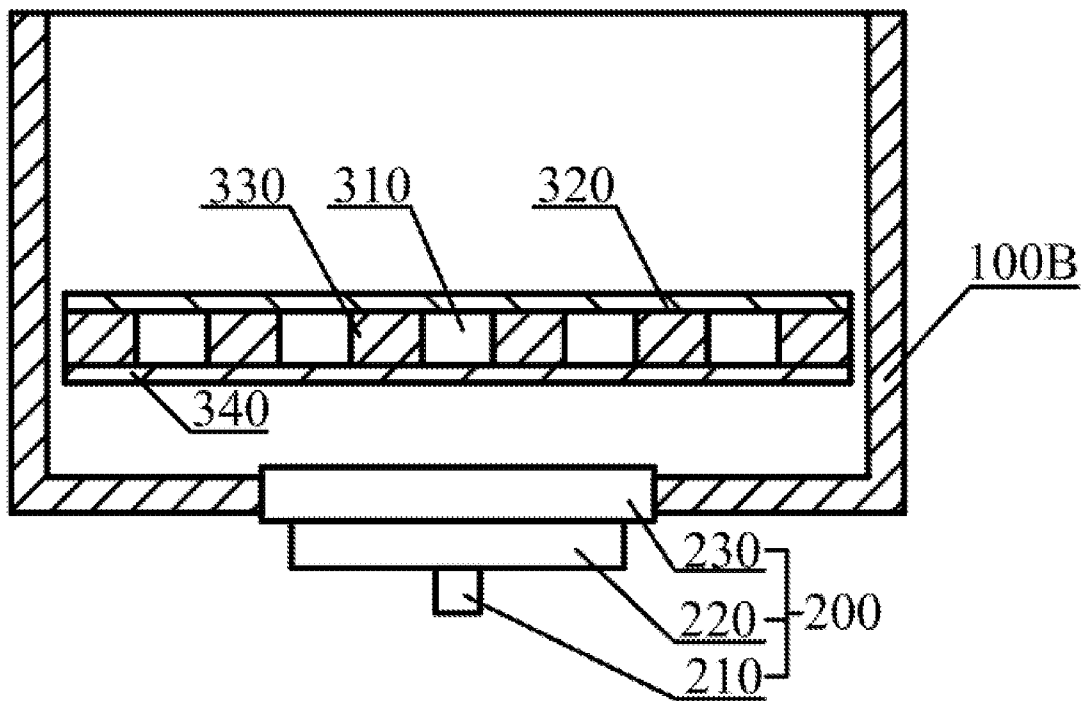


图 10

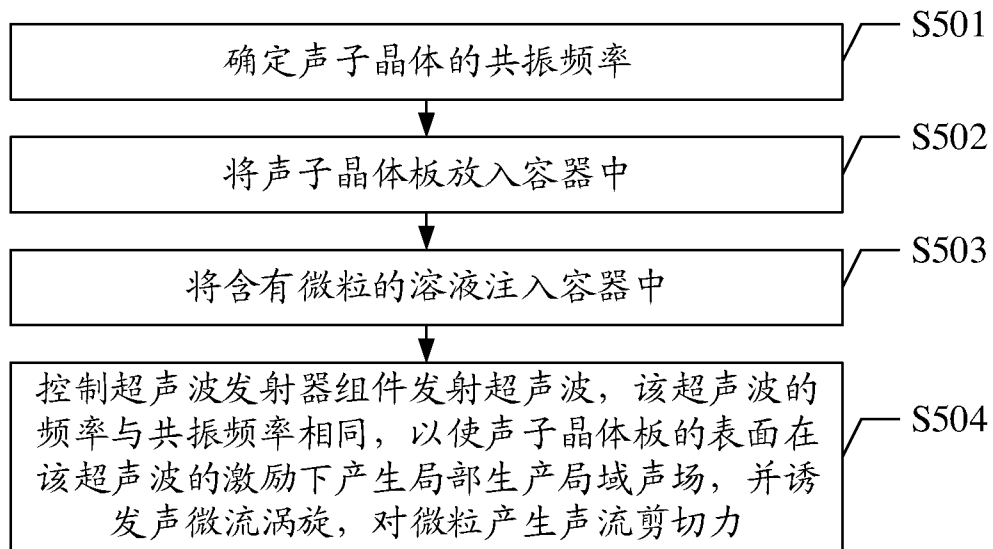


图 11

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2018/122688

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

B01L 3/00(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)

B01L

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)

CNPAT, EPODOC, WPI, GOOGLE, CNKI: 超声, 容器, 微流体, 声场, 发射, 调制, 微粒, 结构, 空腔, 超声波, 晶体板, 剪切力, emission, structured, acoustic, microcavity, accommodate, microfluid, delivery, drug, phononic, plate

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	CN 105214742 A (SHENZHEN INSTITUTES OF ADVANCED TECHNOLOGY, CHINESE ACADEMY OF SCIENCES) 06 January 2016 (2016-01-06) abstract, description, paragraphs 24-34, and figure 1	1-10
A	CN 103864173 A (NANJING UNIVERSITY OF AERONAUTICS AND ASTRONAUTICS) 18 June 2014 (2014-06-18) entire document	1-10
A	CN 101478709 A (DALIAN UNIVERSITY OF TECHNOLOGY) 08 July 2009 (2009-07-08) entire document	1-10
A	US 2013192958 A1 (THE PENN STATE RESEARCH FOUNDATION) 01 August 2013 (2013-08-01) 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 2019

Date of mailing of the international search report

19 September 2019

Name and mailing address of the ISA/CN

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

Authorized officer

Facsimile No. (86-10)62019451

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/CN2018/122688

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
CN	105214742	A	06 January 2016	None			
CN	103864173	A	18 June 2014	None			
CN	101478709	A	08 July 2009	None			
US	2013192958	A1	01 August 2013	EP	2809428	A1	10 December 2014
				CN	104870077	A	26 August 2015
				WO	2013116311	A1	08 August 2013
				JP	2015512766	A	30 April 2015

国际检索报告

国际申请号

PCT/CN2018/122688

A. 主题的分类

B01L 3/00(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)

B01L

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))

CNPAT, EPDOC, WPI, GOOGLE, CNKI: 超声, 容器, 微流体, 声场, 发射, 调制, 微粒, 结构, 空腔, 超声波, 晶体板, 剪切力, emission, structured, acoustic, microcavity, accommodate, microfluid, delivery, drug, phononic, plate

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 105214742 A (中国科学院深圳先进技术研究院) 2016年 1月 6日 (2016 - 01 - 06) 摘要, 说明书第24-34段, 附图1	1-10
A	CN 103864173 A (南京航空航天大学) 2014年 6月 18日 (2014 - 06 - 18) 全文	1-10
A	CN 101478709 A (大连理工大学) 2009年 7月 8日 (2009 - 07 - 08) 全文	1-10
A	US 2013192958 A1 (THE PENN STATE RESEARCH FOUNDATION) 2013年 8月 1日 (2013 - 08 - 01) 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

2019年 8月 26日

国际检索报告邮寄日期

2019年 9月 19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

受权官员

李楠

传真号 (86-10)62019451

电话号码 86-(10)-53961438

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2018/122688

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	105214742	A	2016年 1月 6日	无			
CN	103864173	A	2014年 6月 18日	无			
CN	101478709	A	2009年 7月 8日	无			
US	2013192958	A1	2013年 8月 1日	EP	2809428	A1	2014年 12月 10日
				CN	104870077	A	2015年 8月 26日
				WO	2013116311	A1	2013年 8月 8日
				JP	2015512766	A	2015年 4月 30日