



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 112166320 A

(43) 申请公布日 2021.01.01

(21) 申请号 201980035327.3

塔季扬娜·朱里奇-里斯纳

(22) 申请日 2019.05.17

齐齐·拉莫斯

(30) 优先权数据

US15/989,428 2018.05.25 US

(74) 专利代理机构 成都超凡明远知识产权代理有限公司 51258

代理人 王晖 曹桓

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2020.11.25

(51) Int.Cl.

G01N 29/06 (2006.01)

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/EP2019/062834 2019.05.17

(87) PCT国际申请的公布数据

WO2019/224119 EN 2019.11.28

(71) 申请人 PVA泰帕尔分析系统有限公司

地址 德国韦斯特豪森

(72) 发明人 彼得·霍夫罗格 马丁·贝克尔

马里奥·洛瓦克 马蒂亚斯·科赫

马丁·欣德勒 马库斯·赫尔曼

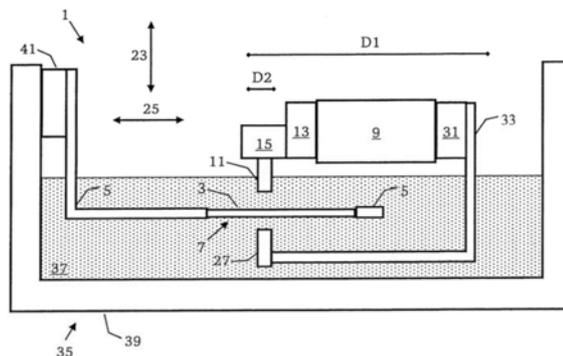
权利要求书4页 说明书13页 附图7页

(54) 发明名称

超声显微镜以及用于承载声学脉冲换能器的承载件

(57) 摘要

本发明涉及用于检查对象的超声显微镜,包括用于将对象保持在对象区域中的对象保持器;扫描头;第一换能器,该第一换能器由扫描头支撑,并配置为沿发射方向发射第一声学脉冲,将第一声学脉冲聚焦在焦点上,检测从对象发出的第二声学脉冲,并输出第一检测信号,该第一检测信号表示由第一换能器检测到的第二声学脉冲;第一致动器,其配置成使第一换能器沿着与发射方向基本垂直的竖向方向相对于扫描头移动;以及控制器,其配置成基于第一检测信号来控制第一致动器。此外,本发明涉及承载件,该承载件用于承载浸没液体内的超声显微镜的声学脉冲换能器。



1. 一种用于检查对象的超声显微镜，  
其中，所述超声显微镜包括：  
对象保持器，所述对象保持器配置成将所述对象保持在对象区域中；  
扫描头，所述扫描头能够相对于所述对象区域移动；  
第一换能器，所述第一换能器由所述扫描头支撑，  
其中，所述第一换能器配置成沿着发射方向发射第一声学脉冲并将所述第一声学脉冲聚焦在焦点中，以及  
其中，所述第一换能器还配置成检测从所述对象发出的第二声学脉冲并输出第一检测信号，所述第一检测信号表示由所述第一换能器检测到的所述第二声学脉冲；  
第一致动器，所述第一致动器配置成使所述第一换能器沿着与所述发射方向基本平行的竖向方向相对于所述扫描头移动；以及  
控制器，所述控制器配置成基于所述第一检测信号对由所述第一致动器提供的所述第一换能器相对于所述扫描头的竖向移动进行控制。
2. 根据权利要求1所述的超声显微镜，  
其中，所述控制器还配置成：  
-通过所述第一换能器控制第一声学脉冲的发射，  
-基于所述第一检测信号来确定表示所述第一换能器与所述对象之间距离的距离值，  
以及  
-基于所确定的所述距离值对由所述第一致动器提供的所述第一换能器相对于所述扫描头的竖向移动进行控制。
3. 根据权利要求2所述的超声显微镜，  
其中，所述控制器还配置成：  
-对由所述第一致动器提供的所述第一换能器相对于所述扫描头的竖向移动进行控制，使得所述第一换能器与所述对象之间的距离接近预定义的工作距离。
4. 根据权利要求2所述的超声显微镜，  
其中，所述控制器还配置成：  
-基于所确定的所述距离值来确定表示所述焦点与所述对象的关注位置之间的距离的散焦值，以及  
-基于所述散焦值对由所述第一致动器提供的所述第一换能器相对于所述扫描头的竖向移动进行控制。
5. 根据权利要求1至4中的任一项所述的超声显微镜，所述超声显微镜还包括：  
扫描头定位装置，所述扫描头定位装置配置成使所述扫描头在与所述竖向方向基本垂直的横向平面中相对于所述对象保持器移动。
6. 根据权利要求5所述的超声显微镜，  
其中，所述控制器还配置成：  
-控制所述扫描头定位装置，使得所述扫描头定位于多个位置处，  
-每当所述扫描头定位于所述多个位置中的一个位置处时，执行：使所述第一换能器发射所述第一声学脉冲中的至少一个第一声学脉冲；检测所述第二声学脉冲中的至少一个第二声学脉冲并输出所述第一检测信号，

-对与多个位置相关联的所述第一检测信号或从所述第一检测信号得出的值进行储存,以及

-基于所存储的一组所述第一检测信号或得出的一组所述值对由所述第一致动器提供的所述第一换能器相对于所述扫描头的竖向移动进行控制。

7. 根据权利要求1至6中的任一权利要求所述的超声显微镜,所述超声显微镜还包括:

第二换能器,所述第二换能器由所述扫描头支撑,使得所述对象区域位于所述第一换能器和所述第二换能器之间;以及

其中,所述第二换能器配置成检测从所述对象发出的所述第二声学脉冲并输出第二检测信号,所述第二检测信号表示由所述第二换能器检测到的所述第二声学脉冲。

8. 根据权利要求7所述的超声显微镜,所述超声显微镜还包括:

第二致动器,所述第二致动器配置成使所述第一换能器沿着与所述竖向方向基本上垂直的横向方向相对于所述扫描头移动;以及

其中,所述控制器还配置成基于所述第二检测信号对由所述第二致动器提供的所述第一换能器相对于所述扫描头的横向移动进行控制。

9. 根据权利要求8所述的超声显微镜,其中,所述控制器配置成对由所述第二致动器提供的所述第一换能器相对于所述扫描头的所述横向移动进行控制,使得所述第一换能器在所述横向方向上与所述第二换能器对准。

10. 根据权利要求9所述的超声显微镜,其中,所述控制器配置成对由所述第二致动器提供的所述第一换能器相对于所述扫描头的所述横向移动进行控制,从而使所述第二检测信号的强度最大化。

11. 根据权利要求9或10所述的超声显微镜,其中,所述控制器配置成计算所述第二检测信号的频域表示,并基于所述第二检测信号的所述频域表示对由所述第二致动器提供的所述第一换能器相对于所述扫描头的所述横向移动进行控制。

12. 根据权利要求7至11中的任一项所述的超声显微镜,所述超声显微镜还包括:

第三致动器,所述第三致动器配置成使所述第二换能器沿着所述竖向方向相对于所述扫描头移动。

13. 根据权利要求12所述的超声显微镜,其中,所述控制器还配置成基于所述第一检测信号对由所述第三致动器提供的所述第二换能器相对于所述扫描头的竖向移动进行控制。

14. 根据权利要求13所述的超声显微镜,其中,所述控制器配置成基于所述第一检测信号来计算用于对由所述第一致动器提供的所述第一换能器相对于所述扫描头的所述竖向移动进行控制的控制信号,

其中,所述控制器还配置成基于所述控制信号对由所述第三致动器提供的所述第二换能器相对于所述扫描头的竖向移动进行控制。

15. 根据权利要求12至14中的任一项所述的超声显微镜,其中,所述控制器还配置成基于所述第二检测信号对由所述第三致动器提供的所述第二换能器相对于所述扫描头的竖向移动进行控制。

16. 根据权利要求15所述的超声显微镜,其中,所述控制器配置成对由所述第三致动器提供的所述第二换能器相对于所述扫描头的所述竖向移动进行控制,从而使所述第二检测信号的强度最大化。

17. 根据权利要求15或16所述的超声显微镜, 其中, 所述控制器配置成计算所述第二检测信号的频域表示, 并基于所述第二检测信号的所述频域表示对由所述第三致动器提供的所述第二换能器相对于所述扫描头的所述竖向移动进行控制。

18. 根据权利要求1至17中的任一项所述的超声显微镜, 所述超声显微镜还包括:

第四致动器, 所述第四致动器配置成使所述对象保持器沿着所述竖向方向相对于所述扫描头移动; 以及

其中, 所述控制器还配置成控制所述第四致动器, 使得所述对象在所述竖向方向上相对于所述焦点能够可变地定位。

19. 根据与权利要求5有关的权利要求8所述的超声显微镜,

其中, 所述扫描头定位装置配置成使所述扫描头至多移位第一移位值;

其中, 所述第二致动器配置成使所述第一换能器相对于所述扫描头至多移位第二移位值; 以及

其中, 所述第一移位值与所述第二移位值之比为至少10, 特别是至少100或至少1000。

20. 根据权利要求1至19中的任一项所述的超声显微镜,

其中, 所述第一换能器设置在所述对象区域上方。

21. 根据权利要求1至20中的任一项所述的超声显微镜,

其中, 所述第一换能器配置成发射所述第一声学脉冲, 使得所述第一声学脉冲具有在阈值频率以上的声频, 其中, 所述阈值频率选自一组阈值频率, 并且所述一组阈值频率包括10MHz和15MHz。

22. 一种用于检查对象的超声显微镜,

其中所述超声显微镜包括:

对象保持器, 所述对象保持器配置成将所述对象保持在对象区域中;

扫描头, 所述扫描头能够相对于所述对象区域移动;

第一换能器, 所述第一换能器由所述扫描头支撑, 其中, 所述第一换能器设置在所述对象区域上方; 以及

浸没设备, 所述浸没设备配置成在所述第一换能器和所述对象区域之间提供浸没液体的不间断的第一连接。

23. 根据权利要求22所述的超声显微镜, 所述超声显微镜还包括:

第二换能器, 所述第二换能器由所述扫描头支撑, 使得所述对象区域位于所述第一换能器和所述第二换能器之间;

其中, 所述浸没设备还配置成在所述第二换能器和所述对象区域之间提供所述浸没液体的不间断的第二连接。

24. 根据权利要求22和23中的任一项所述的超声显微镜, 其中, 所述浸没设备还包括用于容纳所述浸没液体的容器,

其中, 所述容器填充有所述浸没液体, 使得所述对象区域不位于所述容器所容纳的所述浸没液体内。

25. 根据权利要求22和23中的任一项所述的超声显微镜, 其中, 所述浸没设备还包括用于容纳所述浸没液体的容器,

其中, 所述容器填充有所述浸没液体, 使得所述对象区域部分地位于所述容器所容纳

的所述浸没液体内。

26. 根据权利要求22和23中的任一项所述的超声显微镜,其中,所述浸没设备还包括用于容纳所述浸没液体的容器,

其中,所述容器填充有所述浸没液体,使得所述对象区域全部位于所述容器所容纳的所述浸没液体内。

27. 一种承载件,所述承载件用于将超声显微镜的声学脉冲换能器承载在浸没液体内,其中,所述承载件包括位于所述浸没液体内的第一部分和位于所述浸没液体外的第二部分;

其中,所述第一部分包括具有开口的实体结构,所述开口允许所述浸没液体流过所述第一部分;

其中,第一值表示所述开口在所述第一部分的截面中的总面积,

其中,第二值表示所述实体结构在所述第一部分的所述截面中的总面积,以及

其中,所述第一值与所述第二值之比大于5,特别是大于10,更特别是大于20。

28. 根据权利要求27所述的承载件,其中,所述第一部分在所述截面具有介于10cm与1m之间的长度。

29. 根据权利要求27或28所述的承载件,其中,所述实体结构被定形状成使得当所述第一部分在所述浸没液体中移动时基本没有升力和/或阻力产生。

## 超声显微镜以及用于承载声学脉冲换能器的承载件

### 技术领域

[0001] 本发明涉及用于检查对象的、尤其是用于对半导体结构进行检查的超声显微镜。此外,本发明涉及用于承载超声显微镜的声学脉冲换能器的承载件。

### 背景技术

[0002] 超声显微镜用于对诸如材料和装置等对象进行非破坏性检查。由于具有非破坏性检查的能力,这种超声显微镜在品质监控、可靠性研究、优化和失效分析的领域有着非常有利的应用。例如,在半导体制造中,超声显微镜用于检查已完成和部分经加工的半导体装置。通过使用这种超声显微镜可以检测对象的分层、空隙、裂缝或夹杂物,并确定它们的机械性能。

[0003] 使用超声显微镜检查对象,可以通过将声学脉冲,尤其是超声脉冲引导至对象并分析由对象反射和/或透射通过对象的声学脉冲来执行。该分析的基础是声学脉冲在对象的每个声学界面处部分反射和部分透射的物理现象。因此,包含多个不同材料层的对象从被引导至该对象上的单个声学脉冲产生多个反射脉冲。多个反射声学脉冲由声学换能器检测,该声学换能器输出表示反射的声学脉冲的强度的时域信号。基于多个反射脉冲中的每个反射脉冲相对于被引导至对象上的脉冲的时间延迟,可以确定对象内的材料层的深度。此外,基于反射的声学脉冲的强度,可以推断出材料的种类,从而可以确定对象中的缺陷。

### 发明内容

[0004] 本发明的目的是提供能够尽可能快地以高准确性检查对象的超声显微镜。待检查对象可以是材料或装置,尤其是使用半导体材料制成的晶圆、封装件、部件或装置。对象的表面几何形状可以相对于对象的尺寸是不均匀的。

[0005] 根据本发明的一方面,用于检查对象的超声显微镜,包括:对象保持器,该对象保持器配置为将对象保持在对象区域中;扫描头,该扫描头能够相对于对象区域移动;由扫描头支撑的第一换能器,其中,该第一换能器配置为沿着发射方向发射第一声学脉冲并将第一声学脉冲聚焦在焦点中,并且其中,第一换能器还配置为检测从对象发出的第二声学脉冲并输出第一检测信号,该第一检测信号表示由第一换能器检测到的第二声学脉冲。

[0006] 根据这个方面,扫描头支撑第一换能器。通过相对于对象区域移动扫描头,第一换能器也相对于对象区域移动。

[0007] 第一换能器配置成沿着发射方向发射第一声学脉冲,特别是超声脉冲,由此第一声学脉冲被引导至对象区域中的对象上。第一声学脉冲聚焦在焦点中,并且对象可以相对于焦点放置,使得对象的关注位置与焦点重合。

[0008] 第一换能器还配置成在第一声学脉冲被引导至对象上时检测从对象发出的第二声学脉冲。第一换能器还配置成从检测到的声学脉冲生成由第一换能器输出的第一检测信号。例如,第一检测信号可以是时域信号,该时域信号表示第二声学脉冲的时间相关的强度。

[0009] 根据一个实施例,超声显微镜还包括第一致动器,该第一致动器配置成使第一换能器沿着与发射方向基本平行的竖向方向相对于扫描头移动;和控制器,该控制器配置成基于第一检测信号对由第一致动器提供的第一换能器相对于扫描头的竖向移动进行控制。

[0010] 第一致动器配置成使第一换能器沿着竖向方向相对于扫描头移动。因此,焦点也沿竖向方向相对于扫描头移动。因此,可以由第一致动器使焦点沿竖向方向平移,因为第一致动器使第一换能器相对于扫描头沿竖向方向移动。控制器配置成基于第一检测信号,即基于在第一声学脉冲被引导至对象时从对象发出的第二声学脉冲,对由第一致动器提供的第一换能器相对于扫描头的竖向移动进行控制。因此,可以基于第一检测信号相对于对象和相对于扫描头来定位焦点。

[0011] 根据一个实施例,控制器还配置成通过第一换能器控制第一声学脉冲的发射,基于第一检测信号来确定表示第一换能器与对象之间距离的距离值,以及基于所确定的距离值对由第一致动器提供的第一换能器相对于扫描头的竖向移动进行控制。例如,可基于从第一换能器至对象的第一声学脉冲中的一个声学脉冲的飞行时间并基于由从对象到第一换能器的一个第一声学脉冲所产生的第二声学脉冲的飞行时间,由控制器计算第一换能器和对象之间的距离。该计算可以利用诸如空气或浸没液体等中的声速之类的参数。

[0012] 根据该实施例,控制器配置成致使第一换能器发射第一声学脉冲。因此,控制器控制第一换能器发射第一声学脉冲的定时(timing)。此外,控制器配置成在将第一声学脉冲引导至对象上之后从第一换能器获得第一检测信号。因此,控制器可以配置成确定从对象发出的第二声学脉冲到达第一换能器的定时。基于第一声学脉冲的发射和第二声学脉冲的接收的定时,控制器可以配置成计算第一换能器与对象之间的距离,特别是确定第一换能器与半导体结构中的多个材料层之间的距离。基于所确定的(一个或更多个)距离值,控制器可以对由第一致动器提供的第一换能器相对于扫描头的竖向移动进行控制,从而使焦点相对于对象定位于期望的位置。

[0013] 例如,控制器可以配置成基于所确定的(一个或更多个)距离值对由第一致动器提供的第一换能器相对于扫描头的竖向移动进行控制,使得第一换能器与对象之间的距离接近预定义的工作距离。

[0014] 例如,控制器可以配置成对由第一致动器提供的第一换能器相对于扫描头的竖向移动进行控制,使得在扫描头使第一换能器相对于对象区域移动时,保持第一换能器与对象之间的预定义的工作距离。作为一个特定示例,控制器可以配置成对由第一致动器提供的第一换能器相对于扫描头的竖向移动进行控制,使得在扫描头使第一换能器相对于对象区域移动时,保持第一换能器与对象的表面之间的预定义的工作距离。

[0015] 根据另一实施例,控制器可以配置成基于所确定的距离值来确定表示焦点与对象的关注位置之间的距离的散焦值,以及基于散焦值对由第一致动器提供的第一换能器相对于扫描头的竖向移动进行控制。

[0016] 例如,用户可以将对象的多个关注位置定义为位于对象表面下方的预定义距离处。如上所述,第一换能器与对象表面之间的距离可以由控制器确定。因此,控制器可以配置成基于用户定义的预定义距离和距离值来确定对象的关注位置与第一换能器的距离。此外,焦距也可用于控制器,即,由第一换能器产生的焦点与第一换能器本身之间的距离。基于这些数据,控制器可以配置成确定表示焦点与对象的关注位置之间的距离的散焦值。因

此,控制器可以基于散焦值对由第一致动器提供的第一换能器相对于扫描头的竖向移动进行控制,使得焦点与关注位置接近/重合。

[0017] 根据另一实施例,超声显微镜还包括扫描头定位装置,该扫描头定位装置配置成使扫描头在与竖向方向基本正交的横向平面中相对于对象保持器移动。

[0018] 根据该实施例,可以通过扫描头定位装置使扫描头在横向平面中相对于对象区域移动。这允许控制器通过相对于对象区域移动扫描头来扫描对象,同时使用第一换能器来分析对象。

[0019] 根据另一实施例,控制器包括模拟电路,该模拟电路配置成基于第一检测信号来执行基于第一检测信号对由第一致动器提供的第一换能器相对于扫描头的竖向移动进行控制。从而,可以以具有由信号处理引起的最小延迟的高速来执行第一换能器相对于扫描头的竖向移动。因此,由于对第一换能器相对于扫描头的竖向移动进行高速控制,因此可以以高速来扫描对象(即,扫描头相对于对象被移动到多个位置,同时第一换能器输出第一检测信号),同时第一声学脉冲保持适当的聚焦。

[0020] 根据另一实施例,控制器包括用于执行本文公开的各种操作的数字电路。

[0021] 根据另一实施例,控制器还配置成基于第一检测信号来确定对象的高度轮廓,其中“高度轮廓”表示对象在竖向方向上依赖于一个或更多个横向方向的程度。例如,在配置成基于第一检测信号来确定表示第一换能器与对象之间距离的距离值的超声显微镜中,控制器可以配置成基于距离值来确定第一换能器的参考系统中的高度轮廓。第一换能器的参考系统中的高度轮廓可以进一步转换成另一参考系统中的高度轮廓。例如,通过进一步使用关于第一换能器相对于扫描头的竖向位置的信息,即关于扫描头的参考系统中第一换能器的竖向位置的信息,可以将第一换能器的参考系统中的高度轮廓转换成扫描头的参考系统。可以从由控制器提供给第一致动器的控制信号中获得关于第一换能器相对于扫描头的竖向位置的信息,其中,该控制信号表示要由第一致动器执行的竖向移动。替代地或附加地,关于第一换能器相对于扫描头的竖向位置的信息可以通过测量单元来测量,该测量单元测量第一换能器相对于扫描头的竖向位置并输出相应的信号。

[0022] 作为第一示例,控制器可以配置成对第一换能器相对于扫描头的竖向移动进行控制。因此,在使用扫描头定位装置扫描对象期间,第一换能器相对于扫描头的竖向位置可通过控制信号的方式提供给控制器。此外,在使用扫描头定位装置扫描对象期间,可以如上所述确定第一换能器与对象之间在垂直方向上的距离。基于扫描头的竖向位置和第一换能器与对象之间在竖向方向中的距离,控制器可以确定对象在扫描头的参考系统中和在扫描头定位装置的参考系统中的高度轮廓。

[0023] 作为第二示例,控制器可以配置成对由第一致动器提供的第一换能器相对于扫描头的竖向移动进行控制,使得在横向方向上扫描对象的同时,保持第一换能器与对象的表面之间的预定义的工作距离。在该示例中,对象的表面与第一换能器之间的距离保持基本恒定(处于预定义的工作距离的水平),从而可以直接从控制信号得出高度轮廓。

[0024] 根据另一实施例,控制器还配置成控制扫描头定位装置,使得所述扫描头定位于多个位置处,每当扫描头定位于多个位置中的一个位置处时,控制器致使第一换能器发射第一声学脉冲中的至少一个第一声学脉冲,检测第二声学脉冲中的至少一个第二声学脉冲并输出第一检测信号。控制器还配置成存储与多个位置相关联的第一检测信号或从第一检

测信号得出的值,并基于所存储的一组第一检测信号或从第一检测信号得出的一组值对由第一致动器提供的第一换能器相对于扫描头的竖向移动进行控制。

[0025] 根据该实施例,控制器配置成控制扫描头定位装置,使得扫描头定位于多个位置处。也就是说,控制器致使扫描头定位装置移动扫描头,因此第一换能器定位于多个位置处。例如,可以致使扫描头定位装置沿着诸如相对于对象区域的一行或更多行(line)的路径移动,从而可以沿着该路径分析对象的多个位置。

[0026] 在扫描头的多个位置中的每个位置处,控制器致使第一换能器发射第一声学脉冲中的至少一个第一声学脉冲,检测第二声学脉冲中的至少一个第二声学脉冲并输出第一检测信号。也就是说,每当扫描头定位在多个位置中的一个位置处时,通过将第一声学脉冲中的至少一个第一声学脉冲引导至对象并检测从对象发出的第二声学脉冲来分析对象的位置,其中在扫描头的多个位置中的每个位置处,第一检测信号被输出至少一次。因此,当将扫描头沿着路径移动到多个位置的同时,获得多个第一检测信号。

[0027] 多个第一检测信号或从多个第一检测信号得到的值,例如上述距离值或散焦值,由控制器进行与扫描头的多个位置相关联地(或与对象的多个位置相关联)存储。因此,对于扫描头的多个位置中的每个位置(或对于对象的多个位置中的每个位置),在存储器中可用多个检测信号或从多个检测信号得出的值中的一者用于控制第一致动器。

[0028] 例如,第一检测信号或从第一检测信号得出的值可以通过上述过程获得并针对扫描头的位置的第一集合(或对象的第一集合位置)存储在存储器中。在将扫描头移动至与扫描头的位置的第一集合中的每个位置不同(或不同于对象的位置的第一集合中的每个位置)的第二位置之前,控制器可以计算预测值,该预测值用于基于存储在存储器中的第一检测信号或从第一检测信号得出的值对由第一致动器提供的第一换能器相对于扫描头的竖向移动进行控制。因此,即使在将扫描头移动到先前可能尚未分析过对象的第二位置之前,也可能已经根据预测值对第一致动器进行了控制。由此,第一换能器可以进入或接近预定义的工作距离,或者在扫描头被移动到第二位置之前/期间,散焦值可能已经相当地小。这减少了在扫描对象时相对于对象适当地布置第一换能器所需的时间量。

[0029] 根据其中的另一实施例,为了确定用于针对扫描头的第二位置来控制第一致动器的预测值,可以使用存储在存储器中的检测信号或从检测信号得出的值的子集合。可以由控制器基于第二位置和与第一检测信号/从第一检测信号得出的值中的一者相关联的第一位置中的每个第一位置之间的距离来选择子集合。例如,子集合可以定义为包括与第一位置相关联的第一检测信号/从第一检测信号得出的值,第一位置中的每个第一位置与第二位置的距离均小于预定义的阈值距离值。预定义的阈值距离值可以小于 $1\mu\text{m}$ ,特别是小于 $100\text{nm}$ 或小于 $10\text{nm}$ 。根据本实施例,将先前在扫描头的位置处获得的从第一检测信号得出的值的第一检测信号用于控制第一致动器,扫描头的位置靠近接下来分析对象的第二位置。为了确定预测值,可以使用例如内插法、外推法等方法来处理子集合。

[0030] 例如,可以首先粗略地扫描对象,由此可以确定对象的粗略高度轮廓。然后,当对象被精细扫描时,对象的粗略高度轮廓可用于对由第一致动器提供的第一换能器相对于扫描头在竖向方向中的竖向运动进行控制。例如,控制器可以基于粗略的高度轮廓,例如通过使用内插法来确定在对象表面上的特定位置处针对对象的高度而言的预测值。随后,当移动扫描头以将第一换能器放置在对于将第一声学脉冲发射至特定位置而言的位置时,控制

器已经可以基于对于特定位置而言的预测值将第一换能器移动到竖向方向上的适当位置处,使得当扫描头到达该位置时,第一声学脉冲被很好地聚焦。因此,可以快速地扫描对象。

[0031] 为了改善第一换能器在竖向方向中的动态行为(即,由第一致动器提供的第一换能器相对于扫描头的移动),可以提供重量补偿装置,该重量补偿装置补偿第一换能器的重量。例如,可以设置磁性弹簧,该磁性弹簧补偿由于第一换能器的重量而作用在第一致动器上的力。通过重量补偿装置,使第一致动器要移动的有效质量最小化,这导致第一换能器的动态性能得到改善。特别地,与不使用重量补偿装置的情况相比,可以使第一换能器更快地加速和减速。重量补偿装置的另一个优点是,第一换能器的动态行为对于竖向方向(上下方向)两者而言是基本相同的,因此通过第一致动器对第一换能器的动态行为进行控制可以被简化。

[0032] 根据另一实施例,超声显微镜还包括第二换能器,该第二换能器由扫描头支撑,使得对象区域位于第一换能器和第二换能器之间,其中,该第二换能器配置成检测从对象发出的第二声学脉冲,并输出第二检测信号,该第二检测信号表示由第二换能器检测到的第二声学脉冲。

[0033] 根据该实施例,第一换能器和第二换能器设置在超声显微镜中,由此可以由第一换能器来检测从对象反射的第二声学脉冲,而透射通过对象的第二声学脉冲可以由第二换能器来检测。这允许更准确地检查对象。

[0034] 根据其中的另一实施例,超声显微镜还可以包括第二致动器,该第二致动器配置成使第一换能器沿着与竖向方向基本正交的横向方向相对于扫描头移动,并且其中,控制器还配置成基于第二检测信号对由第二致动器提供的第一换能器相对于扫描头的横向移动进行控制。

[0035] 尽管上述第一致动器配置成使第一换能器沿竖向方向相对于扫描头移动,但是第二致动器配置成使第一换能器沿与竖向方向基本正交且尤其与竖向方向正交的横向方向相对于扫描头移动。通过使第一换能器相对于扫描头在横向方向上移动,发射第一声学脉冲的第一换能器和对透射通过对象的第二声学脉冲进行检测的第二换能器可以沿着横向方向相对于彼此对准。例如,控制器可以配置成基于第二检测信号对由第二致动器提供的第一换能器相对于扫描头的横向移动进行控制,从而使第二检测信号的强度最大化。当第二检测信号的强度最大化时,可以假设由第一换能器产生的第一声学脉冲的焦点与用于在横向方向上对第二声学脉冲进行检测的第二换能器的焦点重合。这提高了第二检测信号的信噪比,并且因而提高了对象检查的准确性。

[0036] 附加地或替代地,控制器可以配置成计算第二检测信号的频域表示,并基于第二检测信号的频域表示对由第二致动器提供的第一换能器相对于扫描头的横向移动进行控制。特别是,第二检测信号的频域振幅分布和第二检测信号的带宽可以是用于对准的合适的量,使得控制器可以配置成基于第二检测信号的频域振幅分布和/或第二检测信号的带宽对由第二致动器提供的第一换能器相对于扫描头的横向运动进行控制。作为具体示例,可以通过使用第二检测信号在时域中的强度来实现使第一换能器在横向方向上相对于第二换能器的粗略对准,而精细对准可以通过使用以下各者中的至少一者来实现:第二检测信号的频域表示、第二检测信号的频域振幅分布以及第二检测信号的带宽。

[0037] 根据其中的另一实施例,超声显微镜还可以包括第三致动器,该第三致动器配置

成使第二换能器沿着竖向方向相对于扫描头移动。因此,第二换能器以及因此对于由第二换能器对第二声学脉冲进行检测而言的焦点可以相对于扫描头移动,并且因此相对于第一换能器及其焦点,由第三致动器沿竖向方向进行移动。因此,通过由控制器对由第三致动器提供的第二换能器相对于扫描头的竖向移动进行控制,可以使由第一换能器产生的焦点和由第二换能器产生的焦点沿着竖向方向重合。此外,第一换能器和第二换能器之间的竖向距离可以由配置为对第一致动器和第三致动器进行控制的控制器来控制。

[0038] 根据其中的一个实施例,第三致动器配置成基于第一检测信号对由第三致动器提供的第二致动器相对于扫描头的竖向移动进行控制。假设控制器还配置成对由第一致动器提供的第一换能器相对于扫描头的竖向移动进行控制,则控制器可以配置成,基于第一检测信号,生成控制信号,该控制信号用于对由第一致动器提供的第一换能器相对于扫描头的竖向移动进行控制。例如,可以产生控制信号,使得对象与第一换能器之间的竖向距离在对象的扫描期间基本保持恒定。控制器可以使用第一检测信号和/或从第一检测信号得出的控制信号对由第三致动器提供的第二换能器相对于扫描头的竖向移动进行控制。例如,在对象的扫描期间,第一换能器和第二换能器之间的竖向距离可以保持在预确定值处。例如,控制器可以配置成基于第一检测信号(和/或控制信号)对分别由第一致动器和第三致动器提供的第一换能器和第二换能器的竖向移动进行控制,使得第一换能器和第二换能器之间的距离在对象扫描期间基本上保持恒定。当对象包括至少一层并且稍微弯曲时,这一点特别有用。当控制器对由第一致动器提供的第一换能器的竖向移动进行控制时,使得第一声学脉冲在对象扫描期间保持聚焦在对象的表面(或与其相关的另一预定义路径),第一换能器和第二换能器之间的距离基本保持恒定(通过基于第一检测信号或控制信号来控制第三换能器),使得第一换能器和第二换能器两者的焦点在对象扫描期间基本重合。

[0039] 附加地或替代地,控制器可以配置成基于第二检测信号对由第三致动器提供的第二换能器相对于扫描头的竖向移动进行控制。例如,控制器可以配置成控制第三致动器,使得第二检测信号的强度最大化。当第二检测信号的强度最大化时,可以假设由第一换能器产生的焦点和由第二换能器产生的焦点相对于竖向方向重合。因此,可以提高第二检测信号的信噪比,这提高了对象检查的准确性。

[0040] 附加地或替代地,控制器可以配置成计算第二检测信号的频域表示,并基于第二检测信号的频域表示对由第三致动器提供的第二换能器相对于扫描头的竖向移动进行控制。特别地,第二检测信号的频域振幅分布和第二检测信号的带宽可以是用于对准的合适的量,使得控制器可以配置成基于第二检测信号的频域振幅分布和/或第二检测信号的带宽对由第三致动器提供的第二换能器相对于扫描头的竖向运动进行控制。作为具体示例,可以通过使用第二检测信号在时域中的强度来实现使第一换能器相对于第二换能器在竖向方向中的粗略对准,而精细对准可以通过使用以下各者中的至少一者来实现:第二检测信号的频域表示、第二检测信号的频域振幅分布以及第二检测信号的带宽。

[0041] 根据另一实施例,超声显微镜还包括第四致动器,该第四致动器配置成使对象保持器沿着竖向方向相对于扫描头移动;并且其中,控制器还配置成控制第四致动器,使得对象能够相对于由第一致动器产生的焦点在竖向方向中可变地定位。

[0042] 根据本实施例,提供第四致动器以使对象保持器相对于扫描头移动,并且因而相对于由第一换能器产生的第一声学脉冲的焦点移动。在保持第一换能器和第二换能器相对

于彼此的定位,以及因此保持第一换能器产生的焦点与第二换能器产生的焦点相对于彼此的定位的同时,可以使用第四致动器使对象保持器沿着竖向方向相对于扫描头移动来可变地设置由第一换能器产生的焦点相对于对象的定位。因此,在保持第一换能器和第二换能器的对准的同时,可以使用第四致动器容易地改变要分析的对象的位置。相对于第一换能器和第二换能器的控制,这提供了有效的方式来设置要分析对象的沿竖向方向的位置,而没有额外的开销。注意,在通过扫描头定位装置保持第一换能器和第二换能器的相对定位的同时,也可以容易地改变要分析的对象沿着横向方向的位置,其中扫描头定位装置配置成使第一换能器和第二换能器沿着横向方向相对于扫描头移动。

[0043] 根据另一实施例,扫描头定位装置配置成使扫描头至多移位第一移位值,其中第二致动器配置成使第一换能器相对于扫描头至多移位第二移位值,以及其中,第一移位值与第二移位值之比为至少10,特别是至少100或至少1000。

[0044] 根据该实施例,扫描头定位装置和第二致动器均配置成执行在横向方向上的移动。特别地,扫描头定位装置配置成使扫描头相对于对象区域在横向方向上移动,而第二致动器配置成使第一换能器相对于扫描头在横向方向上移动。第一移位值远大于第二移位值。因此,扫描头定位装置用于整个扫描头相对于对象的大移位,而第二致动器用于小移位,例如第一换能器和第二换能器的对准。

[0045] 根据另一实施例,超声显微镜还可以包括浸没设备,该浸没设备配置成在第一换能器和对象之间提供浸没液体的不间断的连接。在实施例中,超声显微镜还包括第二换能器,浸没设备还可以配置成在第二换能器和对象之间提供浸没液体的不间断的连接。

[0046] 浸没液体可以是接近室温的液体,例如在20°C处。该浸没液体可以包括水、油、液态金属和液态金属合金中的至少一种。

[0047] 在第一换能器和对象之间以及第二换能器和对象之间的浸没液体的不间断的连接允许获得更大数值的孔径,从而用于产生各自的焦点并因此提高分辨率。

[0048] 可以使用不同种类的浸没设备。例如,浸没设备可包括射流(jet)产生装置,其中射流产生装置可以配置成在第一换能器和对象(对象区域)之间产生浸没液体的不间断的第一射流和/或在第二换能器和对象(对象区域)之间产生浸没液体的不间断的第二射流。射流产生装置可以附接到扫描头。虽然射流产生装置增加了超声显微镜的复杂性,但是如相关技术中已知的,第一换能器和第二换能器都不能在浸没液体的浴槽内移动。在浸没液体的浴槽内移动第一换能器和/或第二换能器通常会降低第一换能器和/或第二换能器相对于对象移动的速度。此外,通过避免在浸没液体的浴槽中移动第一换能器和/或第二换能器的必要性,可以避免流体抵抗力(阻力)的问题。

[0049] 根据另一实例,浸没设备可包括用于容纳浸没液体的容器。该容器填充有浸没液体,使得对象区域部分地位于浸没液体内。也就是说,该容器填充有浸没液体,使得对象在对象区域是部分地位于浸没液体内的。

[0050] 在该示例中,假设第一换能器在竖向方向中位于对象区域上方,并且第二换能器在竖向方向中位于对象区域下方,则由第二换能器检测到的第二检测脉冲在容器定义的浸没液体的浴槽中传播。可以通过提供上述射流产生装置来改进该实例,所述射流产生装置配置成在第一换能器和对象之间产生浸没液体的不间断的第一射流。可以通过进一步提供上述射流产生装置来实现对该示例的进一步改进,所述射流产生装置配置成在第二换能器

与对象之间产生浸没液体的不间断的第二射流,从而可以去除第二换能器与对象之间的微(空气)泡。

[0051] 根据射流的另一个示例,容器可以填充有浸没液体,使得对象区域上方的第一换能器至少部分地位于浸没液体内,即在容器提供的浸没液体的浴槽内。根据该示例,不需要射流产生装置,因为第一换能器和第二换能器至少部分地位于容器中所容纳的浸没液体内。但是,浸没设备仍可以包括上述的射流产生装置,用于去除在第一换能器和/或第二换能器与对象之间的浸没液体内的微(空气)泡。

[0052] 根据另一实施例,第一换能器设置在对象区域上方。在本实施例的一个示例中,第一换能器设置在竖向方向中,在对象区域上方,并且因而,可位于对象区域中的对象上方。竖向方向被定义为与第一声学脉冲的发射方向基本平行的方向。然而,竖向方向也可以被定义为与超声显微镜的重力方向基本上反平行的方向。

[0053] 根据另一实施例,第一换能器配置成发射第一声学脉冲,使得第一声学脉冲具有在阈值频率以上的声频,其中,阈值频率选自一组阈值频率,并且该一组阈值频率包括10MHz和15MHz。

[0054] 根据本发明的另一方面,提供了承载件,该承载件用于在浸没液体内承载超声显微镜的声学脉冲换能器,其中,该承载件包括位于浸没液体内的第一部分和位于浸没液体外的第二部分,其中,第一部分包括具有开口的实体结构,所述开口允许浸没液体流过第一部分,其中,第一值表示在所述第一部分的截面中的所述开口的总面积,其中,第二值表示在第一部分的截面中的实体结构的总面积,以及其中,第一值与第二值之比大于5,特别是大于10,更特别是大于20。

[0055] 上述承载件可以用于承载上述超声显微镜中的一个超声显微镜的声学脉冲换能器。例如,在上述超声显微镜的实施例中,其中,第一换能器位于竖向方向中在对象区域上方,并且第二换能器位于竖向方向中在对象区域下方,而且提供了容器并将浸没液体填充至对象区域,当扫描头相对于对象区域移动时,第二换能器在浸没液体中移动。因此,阻力作用在第二换能器和承载第二换能器的承载件上。即,第二换能器通过承载件由扫描头支撑。上述承载件由于承载件的第一部分的实体结构中的开口而提供了最小化的阻力。这些开口允许浸没液体流过承载件,特别是流过承载件的第一部分。因此,通过上述承载件的结构,将在使承载件在浸没液体内移动时作用在承载件上的阻力最小化。因此,第二换能器和承载件可以快速地移动通过浸没液体,从而允许快速检查对象。

[0056] 承载件的第一部分在截面中的长度可以至少为10cm,特别地至少是30cm,并且在截面中的长度可以不大于1m,特别地不大于60cm。也就是说,在截面中表示了承载件的相当长的边。特别地,可以将截面布置成与用于使扫描头相对于对象区域移动的方向正交。例如,假设通过逐行扫描对象来检查对象,则将截面选择成使得该截面与行的方向正交。因此,截面表示承载件的面,当承载件移动通过浸没液体时在承载件的该面上作用有阻力。

[0057] 根据一个实施例,承载件的实体结构被定形状成使得当第一部分在浸没液体中移动时基本不产生升力和/或阻力。在超声显微镜的描述术语中,实体结构被定形状成使得当扫描头在横向方向上移动时,沿竖向方向没有力由于升力而作用在承载件和第二换能器上。

## 附图说明

[0058] 通过以下参考附图对示例性实施例的详细描述,本公开的前述以及其他有利特征将变得更加明显。应注意,并非所有可能的实施例都必须展现出本文中识别的每个和每种,或任何优点。

[0059] 图1示意性地示出了根据第一实施例的超声显微镜,

[0060] 图2示意性地示出了超声显微镜与对象的相互作用,

[0061] 图3示出了根据第一实施例的超声显微镜的部件的框图,

[0062] 图4示意性地示出了由超声显微镜的部件产生的焦点的对准,

[0063] 图5示出了用于对准焦点的示例性时域和频域信号,

[0064] 图6示出了控制超声显微镜的第一致动器的示例,

[0065] 图7示意性地示出了根据第二实施例的超声显微镜,

[0066] 图8示意性地示出了根据第三实施例的超声显微镜,

[0067] 图9示出了用于超声显微镜的承载件的立体图;和

[0068] 图10示出了图9承载件的剖视图。

## 具体实施方式

[0069] 在下面描述的示例性实施例中,在功能和结构上相似的部件尽可能由相似的附图标记表示。因此,为了理解特定实施例的各个部件的特征,应参考其他实施例的描述和本公开内容的描述。

[0070] 图1示出了用于检查对象3的超声显微镜1的第一实施例。超声显微镜1包括被配置为将对象3保持在对象区域7中的对象保持器5。超声显微镜1还包括扫描头9,扫描头9能够相对于对象区域7移动。超声显微镜1还包括通过第一致动器13和第二致动器15由扫描头9支撑的第一换能器11。参照图2更详细地解释第一换能器11。

[0071] 图2示意性地示出了超声显微镜1与对象3的相互作用。第一换能器配置成发射第一声学脉冲17(其通过箭头示意性地说明)。第一换能器11沿着发射方向发射第一声学脉冲17,该发射方向由表示第一声学脉冲的箭头的方向表示。此外,第一换能器11将第一声学脉冲17聚焦在由三角形的尖端示出的焦点20中。

[0072] 当第一声学脉冲被引导至对象3上时,从对象3发出第二声学脉冲。箭头21表示从对象朝向第一换能器发出的第二声学脉冲的示例。这样的第二声学脉冲可以被对象(部分地)反射。

[0073] 第一换能器11还配置为检测从对象3发出的第二声学脉冲。此外,第一换能器11配置成输出第一检测信号S1,该第一检测信号S1表示由第一换能器11检测到的第二声学脉冲。焦点20也适用于第一换能器的检测部分。

[0074] 再次参考图1,第一致动器13配置成使第一换能器11沿着由箭头指示的竖向方向23相对于扫描头9移动。竖向方向与第一声学脉冲的发射方向基本平行。特别地,在本示例中,竖向方向平行于第一声学脉冲的发射方向。

[0075] 第二致动器15配置成使第一换能器11沿着由箭头指示的横向方向25相对于扫描头9移动。横向方向基本正交于竖向方向。

[0076] 超声显微镜1还包括由扫描头9支撑的第二换能器27,使得对象区域7位于第一换

能器11和第二换能器27之间。再次参考图2,第二换能器27配置成检测从对象3朝向第二换能器27发出的第二声学脉冲。由箭头29表示透射通过对象3朝向第二换能器27的第二声学脉冲的示例。第二换能器27还配置成输出第二检测信号S2,该第二检测信号S2表示由第二换能器27检测到的第二声学脉冲。第二换能器提供用于检测的焦点28,该焦点由三角形的尖端28表示。

[0077] 再次参考图1,第二换能器27通过第三致动器31和承载件33由扫描头9支撑。特别地,第二换能器27刚性地连接到承载件33,该承载件33本身通过第三致动器31由扫描头9支撑。第三致动器31配置成使第二换能器27沿着竖向方向23相对于扫描头9移动。

[0078] 超声显微镜1还包括浸没设备35,该浸没设备35配置成在第一换能器11和物体对象3之间提供浸没液体37的不间断的连接。此外,浸没设备35配置成在第二换能器27和对象3之间提供浸没液体37的不间断的连接。

[0079] 浸没设备35包括用于容纳浸没液体37的容器39。容器39提供了保持浸没液体37的体积。此外,容器39被配置和布置成使得对象区域7和第二换能器27位于所述体积内,并且使得第一换能器11至少部分地位于所述体积内。由于可以用浸没液体37填充该体积,所以容器39在对象3和第一换能器11之间提供了不间断的连接,并且在对象3和第二换能器27之间提供了不间断的连接。

[0080] 超声显微镜1还包括第四致动器41,该第四致动器41配置成使对象保持器5相对于扫描头9沿着竖向方向23移动。通过第四致动器41,对象3可以同时相对于第一换能器11和第二换能器27移位,这允许在竖向方向23中容易地设置/改变对象内的焦点。

[0081] 图3示出了超声显微镜1的部件的框图。特别地,图3示出了连接到超声显微镜1的控制器43的第一致动器13、第二致动器15、第三致动器31和第四致动器41。此外,第一换能器11和第二换能器27连接至控制器43。控制器包括存储器51。

[0082] 超声显微镜1还包括连接至控制器43的扫描头定位装置45。扫描头定位装置配置成使扫描头9相对于对象保持器5移动,并因此使扫描头9在与竖向方向23基本正交的横向平面中相对于对象3移动。因此,在图1中,横向平面也用数字25表示。为了简化图1的示图,未示出扫描头定位装置45。然而,扫描头定位装置45配置成使扫描头9移动,并且因此使第一换能器11和第二换能器27在横向平面25中移动。

[0083] 再次参考图1,扫描头定位装置45配置成使扫描头9至多移位由距离D1指示的第一移位值。第二致动器15配置成使第一换能器11相对于扫描头9至多移位由距离D2指示的第二移位值。第一移位值D1与第二移位值D2之比可以例如为至少10。也就是说,扫描头定位装置45可以用于使第一换能器11相对于对象3大量的移位,而第二致动器15可以用于使第一换能器11相对于对象3少量的移位。

[0084] 控制器43的配置在下面更详细地描述。控制器43配置成基于第一检测信号S1来控制第一致动器13。特别地,参考图2,控制器43可以配置成致使第一换能器11发射第一声学脉冲17。第一换能器11与对象3之间,尤其与对象3的表面47之间的距离H可以基于从第一换能器11到表面47的第一声学脉冲的传播时间和从表面47到第一换能器11的(反射的)第二声学的传播时间来确定。也就是说,可以使用从第一换能器11发射的、在表面47处反射并由第一换能器11检测到的声学脉冲的飞行时间来确定距离H。其他参数,诸如声速、描述第一换能器11和对象3之间的介质(例如空气或浸没液体37)对声速的影响的参数、描述对象3的

材料对声速的影响的参数等可以存储在存储器51中并用于确定距离H。因此,控制器43可以配置成确定表示距离H的距离值,并且基于所确定的距离值来控制第一致动器13。

[0085] 尤其是,控制器43可以配置成控制第一致动器13,使得第一换能器11与对象3之间的距离H、尤其是第一换能器11与对象3的表面47之间的距离接近预定义的工作距离 $H_0$ 。在图2所示的示例中,预定义的工作距离 $H_0$ 等于第一换能器11的焦距,即等于第一换能器11与焦点20之间的距离。当要检查对象3的表面47时,可以采用该设置,特定分析目标49可能位于此处。

[0086] 由于控制器43配置为确定表示距离H的距离值,控制器也可以配置成对第一致动器13进行控制以使第一换能器11相对于扫描头9移动,并且因此相对于对象3移动,使得距离H接近预定义的工作距离 $H_0$ 。

[0087] 替代控制距离H接近预定义的工作距离 $H_0$ ,控制器可以配置成基于所确定的距离值H来确定散焦值,该散焦值表示焦点20与对象3的关注位置之间的距离0。在图2所示的示例中,关注位置与对象3的表面47重合。对象3内的其他位置也可以是关注位置。

[0088] 例如,控制器43可以在存储器51中存储表示第一换能器11的焦距的值,即第一换能器11与焦点20之间的距离。基于所述值和先前确定的距离值H,控制器可以配置成确定表示距离0的散焦值,并基于散焦值控制第一致动器13。

[0089] 参考图4描述控制器43的配置的更多细节。在图4所示的情况下,由第一换能器11产生的焦点20和第二换能器27的焦点28在横向方向25和竖向方向23上相对于彼此移位。当两个焦点重合时,获得检查对象3的最高准确性。为了使两个焦点重合,控制器43可以配置成基于由第二换能器27输出的第二检测信号S2来控制第二致动器15。如上所述,第二致动器15配置成使第一换能器11相对于扫描头9在横向方向25上移动。因此,第二致动器15可以使第一换能器11以及因此使第一换能器11的焦点20在横向方向25上移动,从而使得焦点20和焦点28之间沿着横向方向的移位最小化。因此,控制器43可以配置成控制第二致动器15,使得第一换能器11沿着横向方向25与第二换能器27对准。特别地,这可以通过以下方式来实现:控制器43配置成控制第二致动器15,使得第二检测信号S2的强度最大化。通过使第二检测信号S2的强度最大化,焦点20和焦点28之间在横向方向25上的移位被最小化。

[0090] 此外,控制器43可以配置成基于第二检测信号S2来控制第三致动器31,以使焦点20和焦点28在竖向方向23上的移位最小化。例如,这可以通过以下方式来实现:控制器43配置成控制第三致动器15,使得第二检测信号S2的强度最大化。通过使第二检测信号S2的强度最大化,焦点20和焦点28之间在竖向方向上的移位被最小化。

[0091] 参照图5,将更详细地解释由控制器基于第二检测信号S2执行的第一换能器11和第二换能器27相对于彼此的对准,以及焦点20和焦点28相对于彼此的对准。

[0092] 图G1T示出了当第一换能器11和第二换能器27不良地对准时,即,当焦点20和28远未重合时,第二检测信号S2在时域中的示例性表示。图G1F示出了图G1T中所示的信号的频域表示。

[0093] 曲线图G2T示出了当第一换能器11和第二换能器27普通地对准时,即,当焦点20和28彼此接近时,例如间隔 $100\mu\text{m}$ ,第二检测信号S2在时域中的示例性表示。图G2F示出了图G2T中所示的信号的频域表示。

[0094] 图G3T示出了当第一换能器11和第二换能器27良好地对准时,即,当焦点20和28基

本重合时,第二检测信号S2在时域中的示例性表示。图G3F示出了图G3T中所示的信号的频域表示。

[0095] 时域中的第二检测信号S2(图G1T、G2T、G3T),特别是其最大值、强度值等,可以用作表示焦点20和焦点28的对准质量。然而,对质量的量化解释可能难以实现,因此时域信号最好用于粗略对准。频域中的第二检测信号S2(图G1F、G2F、G3F),特别是其振幅谱(例如,在30MHz至80MHz处的分量)和带宽可以允许更精确和更简单的解释。从图G1F、G2F、G3F可以理解,随着对准的改善,频域中的第二检测信号S2的带宽增加。另外,随着对准的改善,频域中第二检测信号S2的较高频分量(例如,在30MHz至80MHz处的分量)的振幅增大。因此,频域信号最佳用于精细的对准。

[0096] 再次参考图1,控制器43可以配置成控制第四致动器41,使得对象3在竖向方向23上相对于焦点20可以可变地定位。因此,可通过控制第四致动器41使对象3相对于焦点20移位。

[0097] 图6示出了控制超声显微镜1的第一致动器13的另一示例。如上所述,扫描头定位装置45配置成使扫描头9相对于对象保持器5在横向平面中/横向方向25上移动。控制器43相应地配置成控制扫描头定位装置5以使扫描头9、以及因此使第一换能器11个相继地移动到多个位置x1、x2和x3。如图6所示,对象3的表面47可能不平行于横向方向25定向。如果要分析对象3的表面47,则在扫描对象3期间,即在第一换能器11移动至多个位置x1、x2和x3期间,必须控制第一换能器11的焦点20以与对象3的表面47重合,以便实现所期望的准确性。

[0098] 通过图6所示的示例,首先将第一换能器11沿横向方向25定位于位置x1处,并且控制第一致动器13,使得焦点20与对象3的表面47重合。当扫描头9定位成使得第一换能器11沿横向方向25定位于位置x1处时,控制器43致使第一换能器11发射第一声学脉冲中的至少一个第一声学脉冲、检测第二声学脉冲中的至少一个第二声学脉冲并输出第一检测信号S1。控制器43还配置成在存储器51中存储与位置x1相关联的第一检测信号S1或从第一检测信号得出的值。

[0099] 当进行扫描时,例如通过在横向方向25上移动扫描头9以使第一换能器11移动至位置x2,存储在存储器51中的从第一检测信号得出的值的可以用于控制第一致动器13。例如,可以假设,当第一换能器11位于位置x2处时,必须控制第一致动器13,而与当第一换能器11处于位置x1处时的情况相比仅略微不同。基于存储在存储器51中的第一检测信号或从第一检测信号得出的值,即使在将第一换能器11移动到位置x2之前,控制器也可以确定用于在下一位置x2处控制第一致动器13的预测值。

[0100] 在将第一换能器11移动到位置x2后,控制器43致使第一换能器11发射另一第一声学脉冲,检测另一第二声学脉冲,并输出另一第一检测信号S1。该检测信号或从该检测信号得出的值是与位置x2相关联地存储在存储器51中的。

[0101] 基于存储在存储器51中的第一检测信号或从第一检测信号得出的值,即使在将第一换能器11移动到位置x3之前,控制器也可以确定用于在下一位置x3处控制第一致动器13的新预测值。预测值表示的值接近当第一换能器11定位于位置x3处时用于控制第一致动器13的实际值。然而,预测值是预先计算的,即在第一换能器11定位于位置x3处之前计算的。

[0102] 图7示出了超声显微镜101的第二实施例。超声显微镜101与超声显微镜1的区别仅在于浸没设备的配置。因此,相对于与第一实施例的那些部件相同的超声显微镜101的部

件,参考第一实施例的描述。超声显微镜101包括浸没设备135。浸没设备135包括与第一实施例的容器39相似的容器139。然而,容器139被配置和布置成使得对象区域7部分地位于由容器139限定并且填充有浸没液体37的体积内。

[0103] 浸没设备135还包括射流产生装置141,其配置成在第一换能器11和对象3之间产生浸没液体的不间断的第一射流143。因此,与为第一实施例呈现出的效果相同的效果也实现于第二实施例。

[0104] 图8示出了本发明的第三实施例。图8示出了超声显微镜201与第一实施例的超声显微镜1的区别仅在于浸没设备的配置。因此,相对于与第一实施例的那些部件相同的超声显微镜201的部件,参考第一实施例的描述。超声显微镜201包括浸没设备235,该浸没设备235包括射流产生装置241,该射流产生装置配置成在第一换能器11与对象3之间产生浸没液体的不间断的第一射流243并且在对象3与第二换能器27之间产生浸没液体的不间断的第二射流245。浸没设备235还包括容器239,该容器239被配置和布置成保持由射流产生装置241输出的浸没液体37。因此,与为第一实施例呈现出的效果相同的效果也实现于第三实施例。

[0105] 图9示出了用于将超声显微镜的声学脉冲换能器承载在浸没液体内的承载件301的立体图。承载件301可以用作图1、图6和图7所示的承载件33。因此,承载件301可以配置成承载第二换能器27,以由扫描头9支撑第二换能器27。

[0106] 图10示出了承载件301的截面。当扫描头9相对于对象保持器5移动时,所述截面可以被定义为与承载件301移动通过浸没液体37的方向垂直。

[0107] 承载件301包括位于浸没液体37内的第一部分303和位于浸没液体37外的第二部分305。

[0108] 第一部分303包括具有开口309的实体结构307,所述开口允许浸没液体37流过第一部分303。第一部分303的面可以具有在作用在面上的阻力方面的特征。例如,图10所示的截面中的开口309的总面积可由第一值表示,其中相同截面中的实体结构307的总面积可由第二值表示。承载件301的第一部分303,特别是实体结构307,可以构造成使得第一值与第二值之比大于特定阈值。特定阈值越大,当移动通过浸没液体37时,作用在承载件301上的阻力越小。特定阈值可以大于5,特别是大于10,或者更特别是大于20。因此,通过实体结构307的配置,将第一部分上的阻力最小化。

[0109] 第一部分303在截面中的长度L可以介于10cm与1m之间,特别是介于30cm与60cm之间。

[0110] 此外,实体结构307被定形状成使得当使第一部分303在浸没液体37中沿与图10所示截面正交的方向移动时,基本没有升力作用于实体结构307上。因此,当承载件301相对于浸没液体37中的对象3移动时,第二换能器27的焦点28的位置在竖向方向23上没有改变。

[0111] 虽然已经针对本公开的某些示例性实施例描述了本公开,但是显然,许多替代、修改和变化对于本领域技术人员而言将是明显的。因此,本文阐述的本公开的示例性实施例旨在是说明性的而不以任何方式进行限制。可以在不脱离如所附权利要求所限定的本公开的精神和范围的情况下进行各种改变。

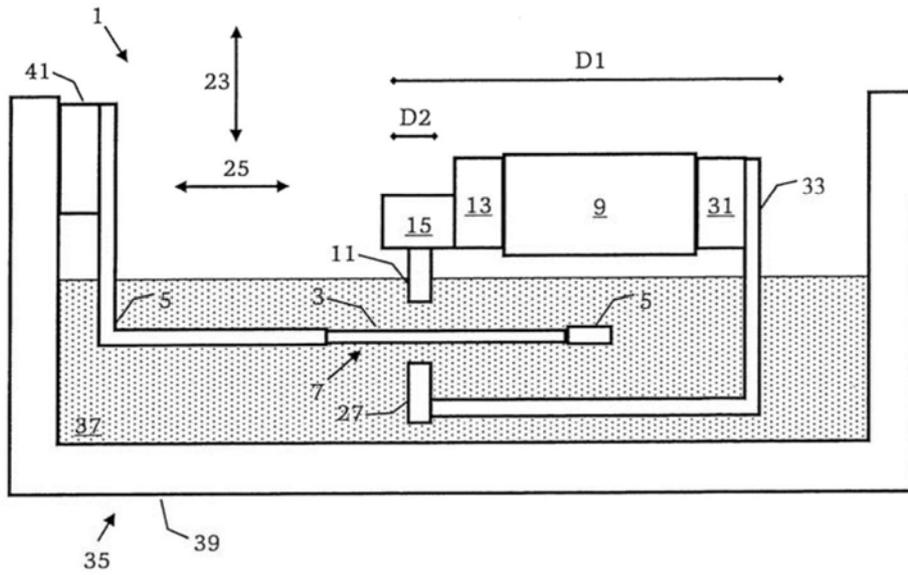


图1

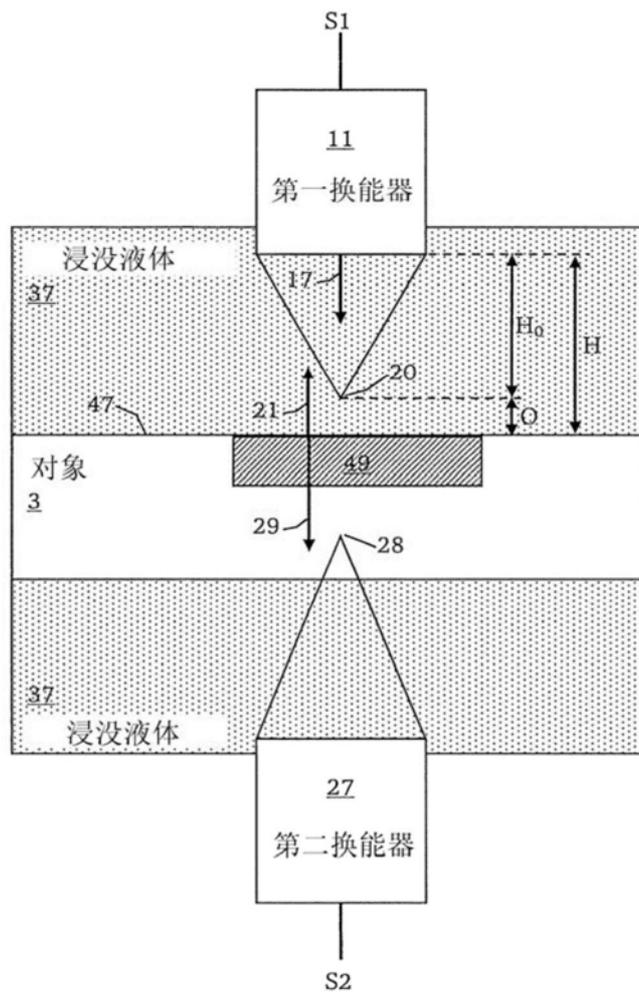


图2

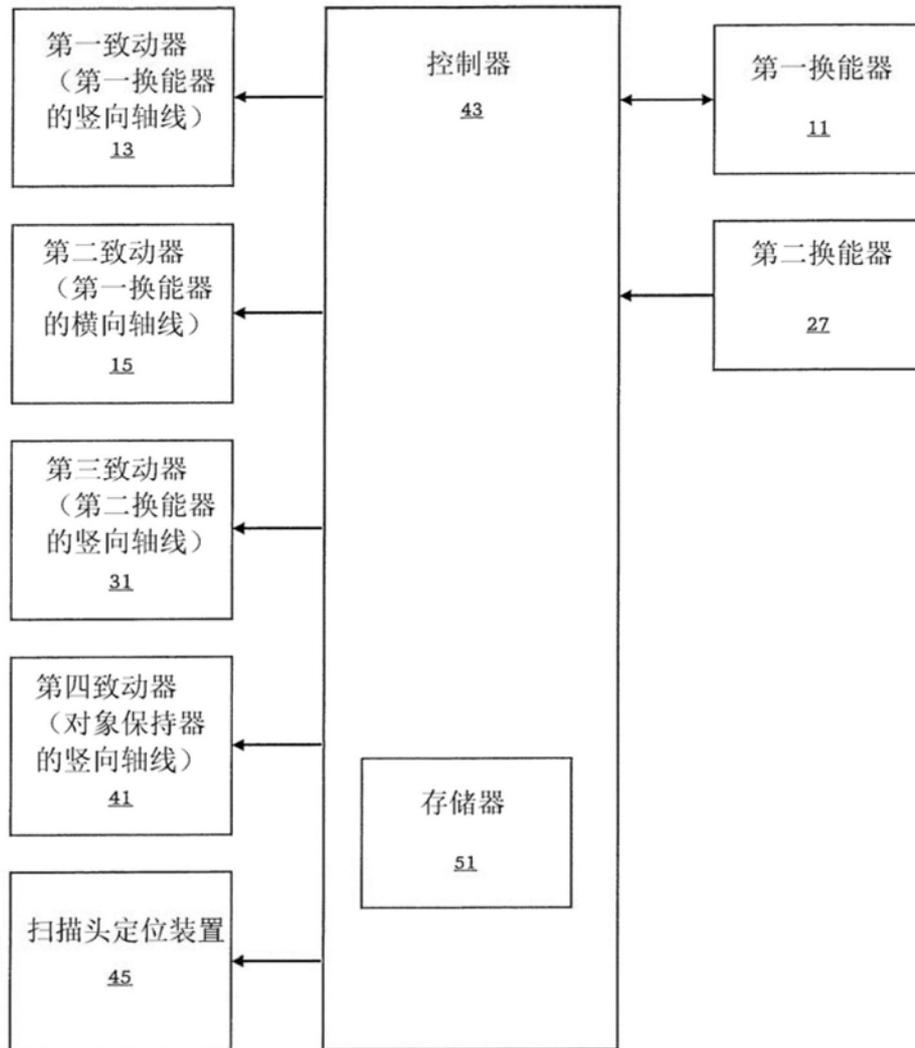


图3

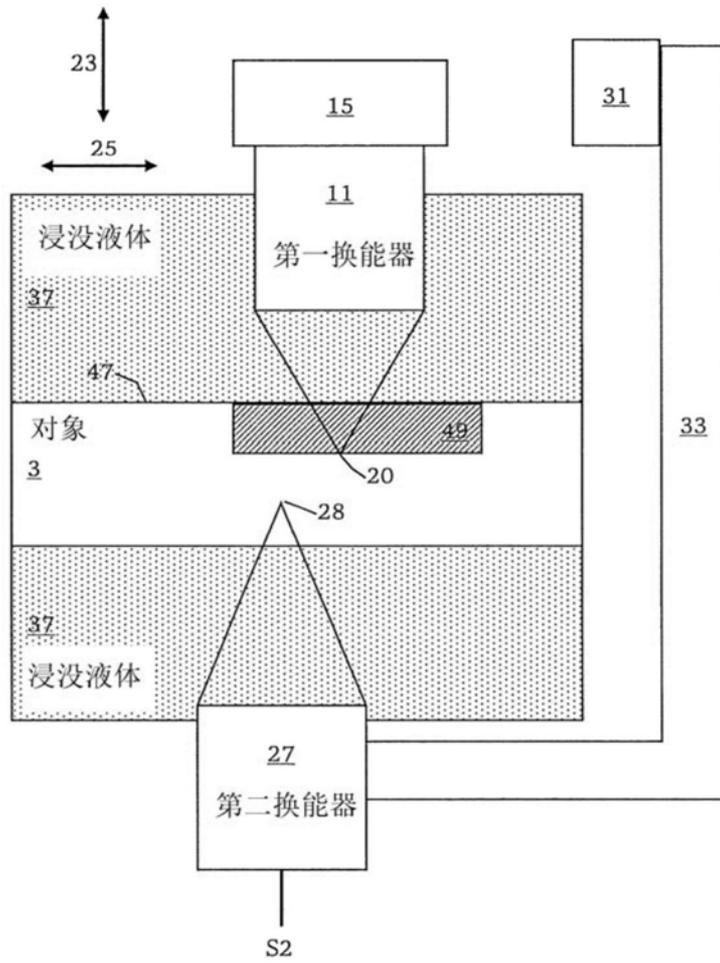


图4

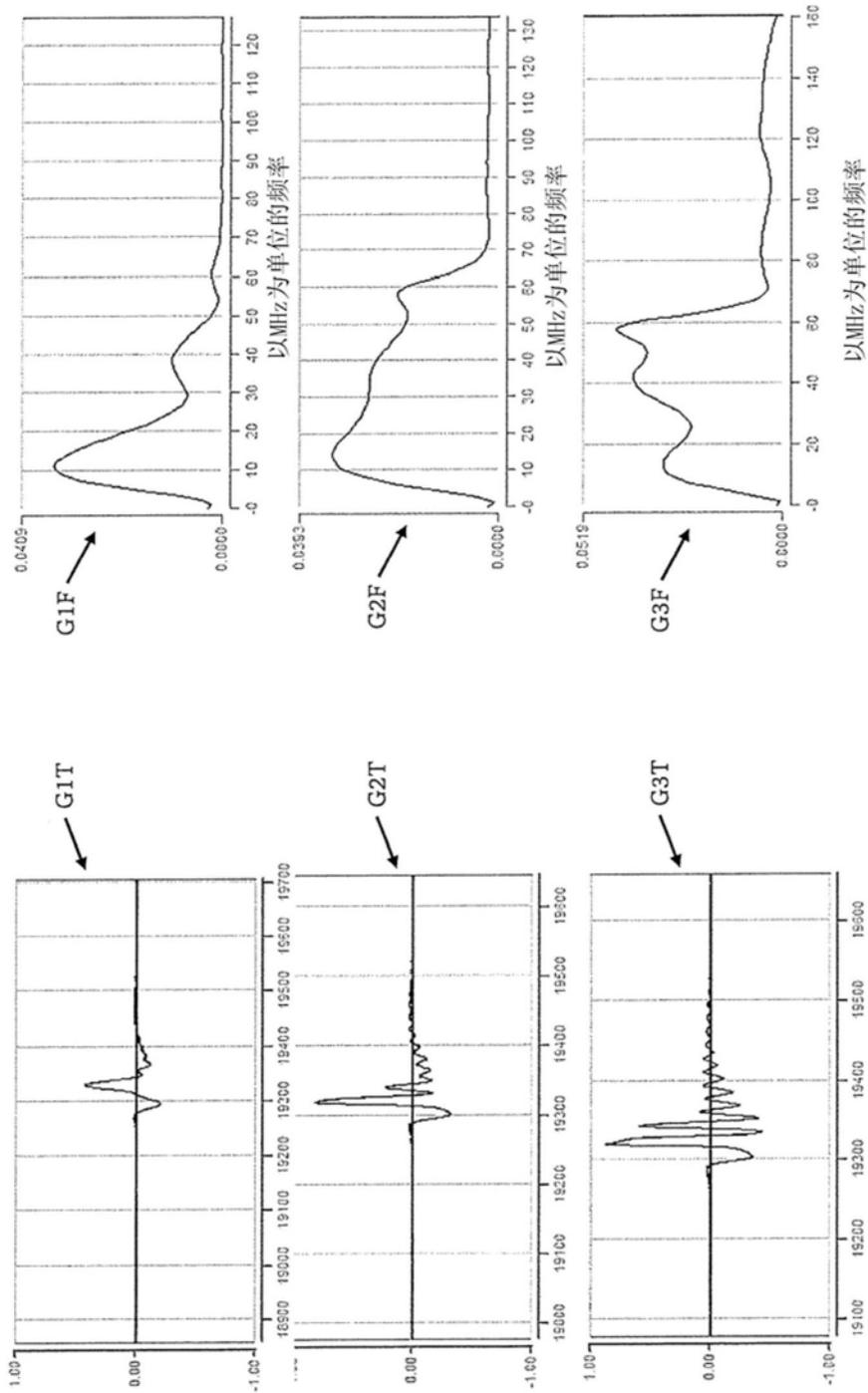


图5

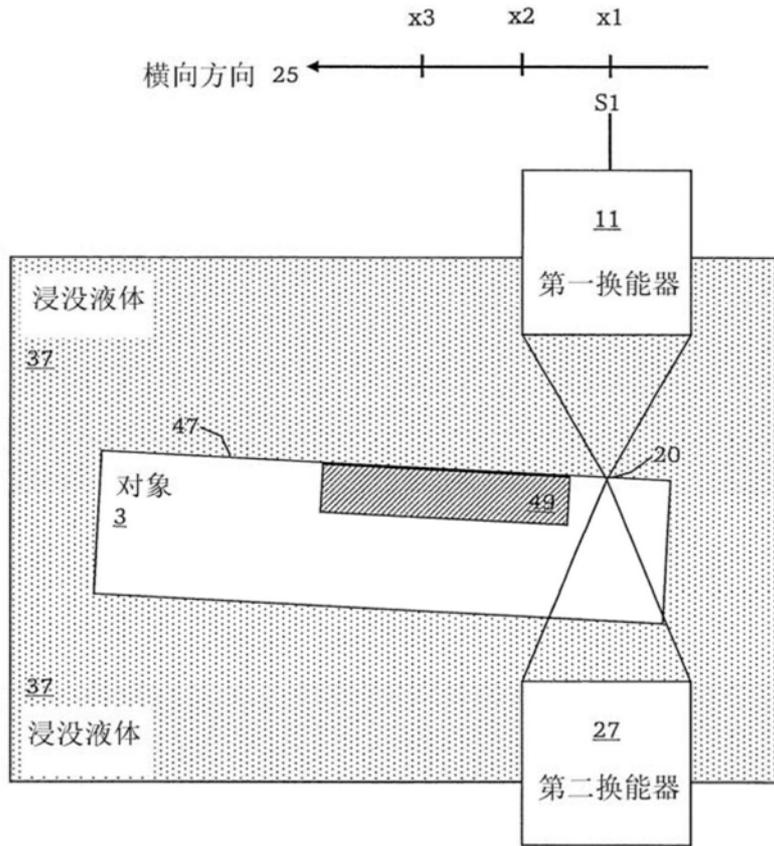


图6

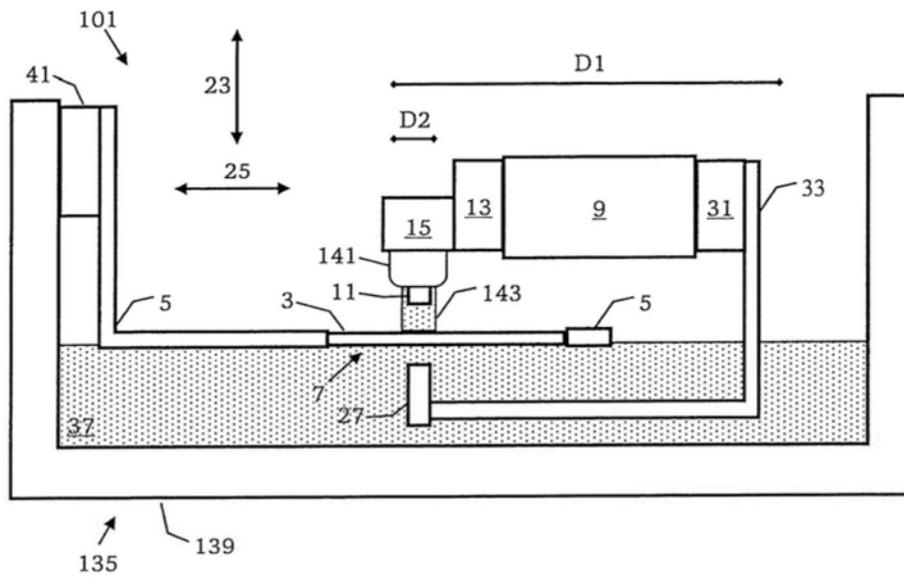


图7

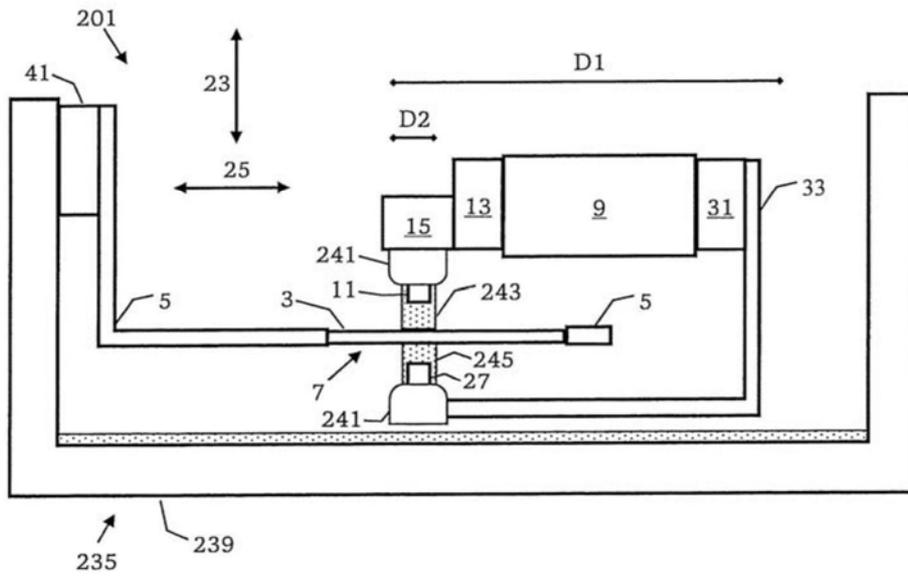


图8

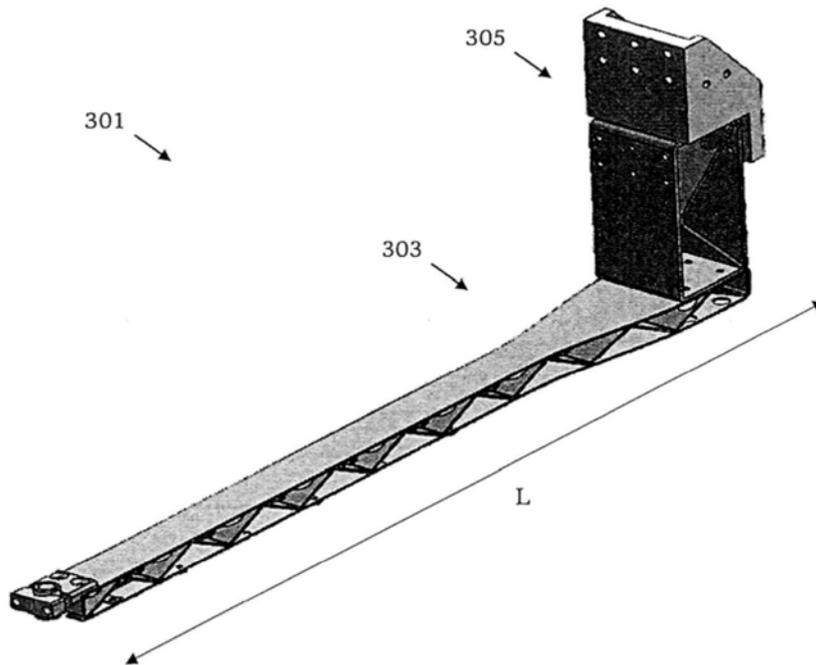


图9

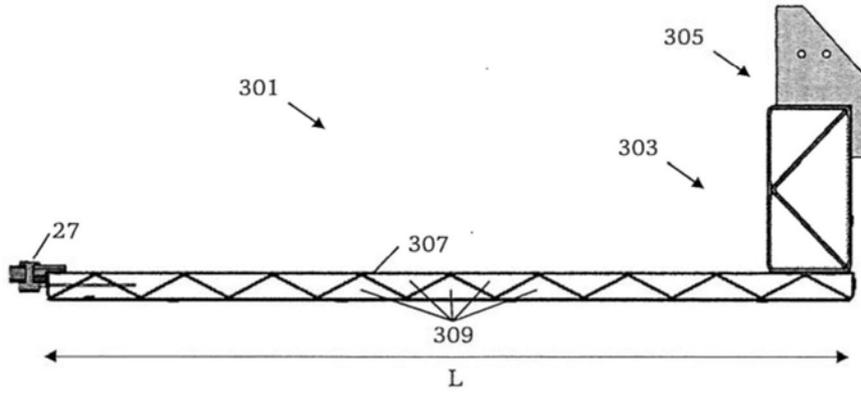


图10