(19)国家知识产权局

(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 116830457 A
(43)申请公布日 2023.09.29

(21)申请号 202180092574.4
(22)申请日 2021.12.07
(30)优先权数据
102021201202.7 2021.02.09 DE
(85)PCT国际申请进入国家阶段日
2023.08.01
(86)PCT国际申请的申请数据
PCT/EP2021/084643 2021.12.07
(87)PCT国际申请的公布数据
WO2022/171330 DE 2022.08.18
(71)申请人 卡尔蔡司SMT有限责任公司
地址 德国上科亨
(72)发明人 T·戈雷乌斯
(74)专利代理机构 北京市柳沈律师事务所 11105
专利代理师 王蕊瑞
(51)Int.Cl.
H03H 17/04(2006.01)

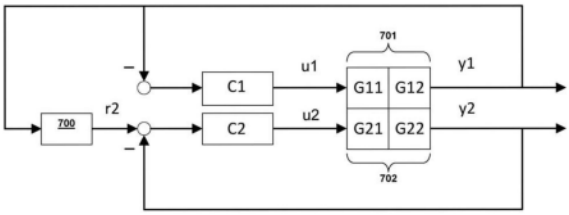
权利要求书1页 说明书8页 附图9页

(54)发明名称

滤波器组件,特别是为用于控制至少一个元件的位置的控制回路

(57)摘要

本发明涉及一种滤波器组件,特别是用于用于控制至少一个元件的位置的控制回路。根据本发明的滤波器组件具有:第一滤波器,用于抑制待滤波的信号中的不期望的分量,所述第一滤波器在第一频率范围中产生第一信号延迟;和至少一个第二滤波器,其中第二滤波器在第一频率范围中产生第二信号延迟,所述第二信号延迟至少部分地补偿第一信号延迟。



CN 116830457 A

1.一种滤波器布置,特别是用于控制回路,所述控制回路用于控制至少一个元件的位置,所述滤波器布置具有

第一滤波器,用于抑制待滤波的信号中的不想要的分量,所述第一滤波器在第一频率范围中导致第一信号延迟;和

至少一个第二滤波器,所述第二滤波器导致所述第一频率范围中的第二信号延迟,所述第二信号延迟至少部分地补偿所述第一信号延迟。

2.根据权利要求1所述的滤波器布置,其特征在于,所述第一信号延迟是由所述第一滤波器在稳定状态下生成的正信号延迟,所述第二信号延迟是由所述第二滤波器在稳定状态下生成的负信号延迟。

3.根据权利要求1或2所述的滤波器布置,其特征在于,所述第一滤波器具有低通滤波器。

4.根据权利要求1至3中任一项所述的滤波器布置,其特征在于,所述第二滤波器具有反低通滤波器。

5.根据权利要求4所述的滤波器布置,其特征在于,所述反低通滤波器在1Hz的频率下补偿所述第一滤波器的信号延迟至少60%,特别是至少70%。

6.根据前述权利要求中任一项所述的滤波器布置,其特征在于,所述第一滤波器具有至少一个陷波滤波器(=局部抑制滤波器),用于局部抑制待滤波信号中的不想要的分量。

7.根据前述权利要求中任一项所述的滤波器布置,其特征在于,所述第二滤波器具有至少一个反陷波滤波器。

8.根据权利要求7所述的滤波器布置,其特征在于,所述反陷波滤波器在1Hz的频率下补偿所述第一滤波器的信号延迟至少25%,特别是至少50%。

9.一种控制回路,用于控制至少一个元件的位置,特别是在微光刻投射曝光设备中,所述控制回路具有

控制器,用于基于参考信号控制由至少一个致动器施加在所述元件上的力;以及

滤波器布置,用于对所述参考信号进行滤波;

其中所述滤波器布置根据前述权利要求中任一项所述来设计。

10.根据权利要求9所述的控制回路,其特征在于,所述元件是光学系统的光学元件。

11.根据权利要求10所述的控制回路,其特征在于,所述光学系统是微光刻投射曝光设备,特别是设计用于在EUV中操作的投射曝光设备。

12.根据权利要求9至11中任一项所述的控制回路,其特征在于,所述参考信号是位置信号,所述位置信号表征另一元件的位置。

13.根据权利要求12所述的控制回路,其特征在于,所述另一元件是所述投射曝光设备相对于光束路径的最后的光学元件。

14.根据权利要求12所述的控制回路,其特征在于,所述另一元件是所述投射曝光设备的支撑结构。

15.根据权利要求9至14中任一项所述的控制回路,其特征在于,所述控制器设计为基于所述参考信号控制由多个致动器施加在相应元件上的力。

16.根据权利要求9至15中任一项所述的控制回路,其特征在于,所述元件是反射镜。

17.一种微光刻投射曝光设备,具有根据权利要求9至16中任一项所述的控制回路。

滤波器组件,特别是为用于控制至少一个元件的位置的控制回路

[0001] 本申请要求2021年2月9日提交的德国专利申请DE 10 2021 201 202.7的优先权。该DE申请的内容通过引用纳入本申请文本中。

技术领域

[0002] 本发明涉及一种滤波器布置,特别是用于用于控制至少一个元件的位置的控制回路。

背景技术

[0003] 微光刻用于生产微结构部件,例如集成电路或LCD。微光刻工艺在所谓的投射曝光设备中进行,投射曝光设备具有照明装置和投射镜头。在这种情况下,通过照明装置照明的掩模(=掩模母版)的像通过投射镜头投射到衬底上(例如硅晶片),衬底涂有光敏层(光刻胶)并布置在投射镜头的像平面中,以便将掩模结构转印到衬底的光敏涂层上。

[0004] 在为EUV(即,对于波长低于15nm的电磁辐射)设计的投射曝光设备中,因为不可用透光材料,反射镜被用作成像过程的光学部件。这些反射镜可以例如安装在支撑框架上,并且被设计为至少部分可操纵,以便允许各自的反射镜例如在六个自由度上移动(即,关于三个空间方向x、y和z上的位移,以及关于围绕相应轴线的旋转R_x、R_y和R_z)。

[0005] 在投射曝光设备的操作期间,特别是在EUV系统中,动态方面对于系统的光学性能起着越来越重要的作用。振动导致的机械扰动对光学部件的位置稳定性有不利影响。系统中的弱阻尼机械共振导致共振频率范围中干涉谱的过度局部增加,并导致被动安装部件以及主动控制部件的位置稳定性的相关联的恶化。此外,在受控系统的情况下,共振会导致控制回路的不稳定性。

[0006] 在实践中,例如在EUV系统中,特别需要避免由于投射镜头内反射镜之间的相对移动而导致的图像误差。随着数值孔径的增加以及单独EUV反射镜的尺寸和质量的相关联的增加,这被证明是艰巨的挑战,因为来自晶片支架或晶片位移驱动器和/或来自掩模母版支架或掩模母版位移驱动器的作用在各自的EUV反射镜上的振动可能不再能够被相应的致动充分地抑制。

[0007] 克服这个问题的一种可能的方法特别地包括实施跟踪控制,其中其余的反射镜追踪用作参考的反射镜的不期望的移动,例如由振动导致的移动。在这种跟踪控制中用作参考的反射镜特别地可以是本身例如由于动态特性而难以控制的反射镜(例如相对于光束路径的投射镜头中的最后的反射镜)。

[0008] 尽管这个概念基本上能够考虑用作跟踪控制参考的反射镜的低频移动或刚体偏移,但实际上还需要通过适当的滤波来抑制用作跟踪控制参考的所述反射镜的移动中的高频分量。如将参照图8a-8d更详细地解释,在这种滤波的情况下,出现了另一问题,即对滤波器传递函数中振幅增加的必要限制伴随着由滤波器引入的输出信号相对于滤波器输入信号的延迟。该延迟导致低频后续误差,其相应地转化为图像误差。

[0009] 图8a-8c示出了对于示例性滤波器传递函数F(s)

[0010] $$F(s)=\frac{(2\pi\cdot 400)^2}{s^2+2\cdot D\cdot 2\pi\cdot 400s+(2\pi\cdot 400)^2} \quad (1)$$

[0011] 以及对于阻尼参数D的不同值(从D＝0.05到D＝0.3)的振幅(图8a)、相位(图8b)和延迟(图8c)的各自的频率曲线。滤波器传递函数F(s)对应于转角频率为400Hz的二阶低通滤波器。

[0012] 图8c中绘制的延迟等效于群延迟,并且对应于图8b中绘制的函数的负导数,并且描述了在各自的频率值下相位的频率依赖性。

[0013] 如图8a-8c中绘制的曲线的比较所示,经由根据图8a的阻尼参数的振幅增加的所需限制和根据图8c的延迟的必要限制代表相互对立(即矛盾)的需求。这变得更加困难,因为在微光刻投射曝光设备中至少一个元件的位置的控制的应用中,这是根据本发明特别设想的,待滤波的信号(作为在跟踪控制中用作参考的反射镜的位置信号)事先是未知的,因此排除了通过所谓的“前向-后向滤波”来消除不期望的延迟或上述相位的频率依赖性。

[0014] 关于现有技术,仅以举例的方式参考US5,960,091。

发明内容

[0015] 本发明的目的是提供一种滤波器布置,特别是用于用于控制至少一个元件的位置的控制回路,其能够实现可靠的位置控制,同时至少部分地避免上述问题。

[0016] 这个目的根据独立权利要求1的特征实现。

[0017] 根据本发明的滤波器布置,特别是用于用于控制至少一个元件的位置的控制回路,具有

[0018] -第一滤波器,用于抑制待滤波的信号中的不想要的分量,该第一滤波器在第一频率范围中导致第一信号延迟;和

[0019] -至少一个第二滤波器,该第二滤波器导致第一频率范围中的第二信号延迟,第二信号延迟至少部分地补偿第一信号延迟。

[0020] 根据一个实施例,第一信号延迟是由第一滤波器在稳定状态下生成的正信号延迟,而第二信号延迟是由第二滤波器在稳定状态下生成的负信号延迟。

[0021] 为了本申请的目的,滤波器的“稳定状态下的信号延迟”被理解为是指从零到$2\pi f_e$的频率范围中的群延迟,其中频率f_e表示可取决于特定的应用适当选择的评估判据。根据本发明,群延迟或信号延迟已经直接作为特定的滤波器的特性而导致(并且之后不在单独的阶段中添加),其中群延迟或信号延迟特别地也可以呈现负值,这被精确地用于根据本发明的补偿原理(通过使用具有群延迟或信号延迟值的滤波器,这些滤波器直接适合于相互补偿,彼此组合)。

[0022] 此外,根据本发明的用于控制至少一个元件的位置的控制回路,特别是在微光刻投射曝光设备中,具有:

[0023] -控制器,用于基于参考信号控制由至少一个致动器施加在元件上的力,以及

[0024] -滤波器布置,用于对参考信号进行滤波;

[0025] -其中该滤波器布置根据上述特征设计。

[0026] 本发明特别地基于组合多个滤波器的概念，这些滤波器以适当的方式(特别是关于不同的转角频率)相互匹配，以实现补偿效果，使得由单独滤波器引入的延迟在相关(通常是低频)频率范围中至少部分地相互抵消。因此，可以总体上达到关于振幅、相位或延迟的频率依赖性的曲线图，其中如以下参考不同的示例性实施例更详细地描述，例如，在与控制回路的稳定性不太相关的(通常较高频率)区域中接受振幅增加的同时，通过前述补偿效应实现不期望的分量的低延迟抑制。此外，通过根据本发明组合的单独滤波器的适当参数设定以及由该参数设定能力提供的设计自由度，可以特别地考虑各光学系统的具体需求。

[0027] 换句话说，根据本发明，在控制回路中抑制不想要的分量，同时限制了为此目的所需的滤波所引入的延迟，同时没有增加相关频率范围中的放大。

[0028] 根据本发明的概念可以有利地特别用于跟踪控制，其中，例如，本身难以控制的光学元件(例如相对于光束路径的投射镜头中的最后的反射镜)被用作调整另外的光学元件(例如投射镜头的其余的反射镜)的位置的参考。在这种情况下，通过根据本发明的低延迟滤波，可以抑制在跟踪控制中用作参考的所述光学元件的测量信号中的较高频率分量。

[0029] 由于上述补偿原理根据本发明在滤波器设计本身中实现，所以可以减少延迟，而无需预先知道待滤波的信号本身(即，在以上示例中，用作参考的光学元件或反射镜的位置信号)。

[0030] 根据一个实施例，第一滤波器具有低通滤波器。

[0031] 根据一个实施例，第二滤波器具有反低通滤波器。

[0032] 根据一个实施例，该反低通滤波器在1Hz的频率下补偿第一滤波器的信号延迟至少60％，特别是至少70％。

[0033] 该反低通滤波器具有负信号延迟，并且可以例如补偿小于或等于f_e的第一滤波器的信号延迟至少60％，即

[0034] $|\Delta T_1(\omega)+\Delta T_2(\omega)|\leq 0.4\,\Delta T_1(\omega)$，$\omega\in(0,2\pi f_e]$

[0035] 其中$\Delta T_1(\omega)$表示第一滤波器的群延迟，$\Delta T_2(\omega)$表示第二滤波器的群延迟。这里，频率f_e可以被指定为第一滤波器的最小转角频率的百分之一(＝相关联的特征值的绝对值除以2π)。第二滤波器本身不必是因果的，因为可实现的总体滤波器由串联连接第一和第二滤波器产生。

[0036] 根据一个实施例，第一滤波器具有至少一个陷波滤波器(＝局部抑制滤波器)，用于局部抑制待滤波信号中的不想要的分量。该陷波滤波器的最小振幅优选地小于0.75。

[0037] 根据一个实施例，第二滤波器具有至少一个反陷波滤波器。

[0038] 根据一个实施例，该反陷波滤波器在1Hz的频率下补偿第一滤波器的信号延迟至少25％，特别是至少50％。

[0039] 特别地，所有反陷波滤波器的组合可以优选地针对小于或等于f_e的频率就绝对值而言补偿第一滤波器的信号延迟至少25％，即

[0040] $|\Delta T_1(\omega)+\Delta T_{iNotch}(\omega)|\leq 0.75\,\Delta T_1(\omega)$，$\omega\in(0,2\pi f_e]$

[0041] 其中$\Delta T_{iNotch}(\omega)$表示所有反陷波滤波器的总群延迟(总和)。

[0042] 根据一个实施例，元件是光学系统的光学元件。

[0043] 根据一个实施例，元件是微光刻投射曝光设备的光学元件，特别是设计用于在EUV中操作的投射曝光设备。

[0044] 根据一个实施例,参考信号是位置信号,其表征投射曝光设备中另一元件的位置。

[0045] 根据一个实施例,该另一元件是投射曝光设备相对于光束路径的最后的光学元件。

[0046] 根据另一实施例,该另一元件是投射曝光设备的支撑结构。

[0047] 根据一个实施例,控制器设计为基于参考信号控制由多个致动器施加在相应元件上的力。

[0048] 根据一个实施例,元件是反射镜。

[0049] 本发明还进一步涉及一种具有控制回路的微光刻投射曝光设备,该控制回路具有上述特征。

[0050] 根据说明书和从属权利要求,本发明的进一步配置是显而易见的。

[0051] 以下基于附图中示出的示例性实施例更详细地解释本发明。

附图说明

[0052] 附图中:

[0053] 图1a-1c示出了解释与传统滤波器布置相比在根据本发明的滤波器布置的可能的示例性实施例中实现的效果的示意图;

[0054] 图2a-2c示出了解释图1a-1c的示例性实施例“A”的分解的示意图;

[0055] 图3a-3c示出了解释图1a-1c的示例性实施例“B”的分解的示意图;

[0056] 图4a-4c示出了解释图1a-1c的示例性实施例“C”的分解的示意图;

[0057] 图5a-5c示出了解释示例性实施例的离散化用于稍后实现的示意图;

[0058] 图6a-6c示出了解释本发明的另一可能的示例性实施例的示意图;

[0059] 图7示出了耦合控制回路的示意图,以解释本发明的可能应用;

[0060] 图8a-8c示出了用于解释在传统控制回路中发生的问题的示意图;和

[0061] 图9示出了用于EUV投射光刻的投射曝光设备在子午截面中的示意图。

具体实施方式

[0062] 图7示出了耦合控制回路的示意图,以解释本发明的可能应用。

[0063] 根据图7,两个测量信号y1和y2分别被分配给控制器C1和C2。例如,测量信号y1可以是投射镜头(例如,具有参考图9描述的结构)相对于光束路径的最后一个反射镜。然后,测量信号y2可以表示投射镜头的其余的反射镜,这些反射镜用于在跟踪控制中跟随参考信号y1。因此,由y1和y2表示的反射镜的组合应该有效地表现为单个刚性反射镜,以避免光学成像过程中的图像偏移和相关联的图像误差。致动信号u1不仅通过系统G11影响测量信号y1,而且通过系统G21影响测量信号y2。这同样适用于致动信号u2与系统G22和G12。y1和y2所表示的元件存在机械耦合。

[0064] 作为经由支撑框架的反作用力的结果,现有的机械耦合经常需要在根据图7形成的反馈链中集成滤波器(在图7中用“700”表示)。然而,关于该滤波器700的设计,存在已经参考图8a-8c讨论过的问题,即首先关于抑制过度的振幅增加,其次关于滤波器700引入的任何延迟的必要减少,存在相互对立或矛盾的需求。通过滤波器700引入显著延迟的结果将是,例如,在跟踪控制内被跟随的反射镜组不再像单个刚性反射镜那样有效地工作,这最终

导致光学成像过程中的图像误差。

[0065] 图8a-8c的图像最初从滤波器700开始，作为示例，有以下滤波器传递函数F(s)：

[0066] $$F(s)=\frac{(2\pi\cdot 400)^2}{s^2+2\cdot D\cdot 2\pi\cdot 400s+(2\pi\cdot 400)^2} \quad (1)$$

[0067] 在图8a-8c中，对于该滤波器传递函数F(s)，对于阻尼参数D的不同值(从D＝0.05到D＝0.3)绘制了振幅(图8a)、相位(图8b)和延迟(图8c)的各自的频率曲线。

[0068] 对根据图8a-8c的阻尼参数D的不同值获得的结果的比较表明，根据图8a限制滤波器传递函数F(s)中的振幅放大的阻尼的增加伴随着由滤波器300引入的该滤波器300的输出信号相对于根据图8c的输入信号的延迟的增加。该延迟等效于群延迟，并且对应于图8b中绘制的函数的负导数，并且描述了在各自的频率值下相位的频率依赖性。

[0069] 根据本发明，现在实现滤波器传递函数，这使得可能在频率范围内减少由滤波器700引入的延迟，同时将振幅限制到仍然可接受的值。

[0070] 为此目的，根据本发明组合使用多个滤波器，每个滤波器以这样的方式设计或彼此匹配，使得对于在相关频率范围中引入的总延迟，实现至少部分的相互补偿。

[0071] 在一般的方法中，滤波器类型低通滤波器、反低通滤波器、陷波滤波器和反陷波滤波器可以以这样的方式彼此组合，使得总体上(取决于整个光学系统中的特定需求)在一方面在高频范围中获得的抑制或可接受的振幅增加与另一方面最终获得的延迟减小之间实现适当的折中。这里，如下所述，还可以组合初级滤波器函数(2)至(5)以形成低通滤波器、反低通滤波器、陷波滤波器和反陷波滤波器的链。每种滤波器类型可以根据需要经常出现。

[0072] 低通滤波器由初级滤波器函数描述：

[0073] $$F_{LP}(s,\omega,D)=\frac{\omega^2}{s^2+2D\omega s+\omega^2} \quad (2)$$

[0074] 陷波滤波器由初级滤波器函数描述：

[0075] $$F_{notch}(s,\omega,D,a)=\frac{s^2+2\frac{D}{a}\omega s+\omega^2}{s^2+2Da\omega s+\omega^2} \quad (3)$$

[0076] 当选择$a\geq 1.16>1/\sqrt{0.75}$时，最小振幅小于0.75。

[0077] 反低通滤波器由初级滤波器函数描述：

[0078] $F_{iLP}(s,\omega,D)=1/F_{LP}(s,\omega,D)$ (4)

[0079] 反陷波滤波器由初级滤波器函数描述：

[0080] $F_{inotch}(s,\omega,D,a)=1/F_{notch}(s,\omega,D,a)$ (5)

[0081] 通过组合这些初级滤波器函数(2)-(5)形成的链可以描述为：

[0082] $$F=\prod_{i=1}^{N_i}F_{LP}(s,\omega_i,D_i)\cdot\prod_{j=1}^{N_j}F_{iLP}(s,\omega_j,D_j)\cdot\prod_{k=1}^{N_k}F_{notch}(s,\omega_k,D_k,a_k)\cdot\prod_{l=1}^{N_l}F_{inotch}(s,\omega_i,D_i,a_i) \quad (6)$$

[0083] 其中该链的行为会受方程(6)中用i、j、k、l索引的参数的影响。参数N_i，N_j，N_k和N_l

都大于或等于零。

[0084] 对于这种链的三个特定的示例性实施例“A”、“B”和“C”或相应的滤波器传递函数F(s)，在图1a-1c中绘制了振幅(图1a)、相位(图1b)和延迟(图1c)的各自的频率曲线。为了比较，图8a-8c的传统配置的相应频率曲线输入了阻尼参数D＝0.3的值(并且在图1a-1c中都由实线表示)，参见曲线“D”。在每种情况下，补偿的有效性由图2a-2c(＝分解“A”)、图3a-3c(＝分解“B”)和图4a-4c(＝分解“C”)来展示。对于补偿的评估，统一使用频率范围(0.20Hz)，该范围大于根据频率f_e的单独确定的范围。

[0085] 根据图1c，第一个示例“A”(由图1a-1c中的虚线示出)在高达20Hz的频率范围中具有非常小的延迟。根据图1a，振幅放大与“D”的相当。然而，500Hz以上的抑制相对较低。“A”的滤波器由三个低通滤波器和三个反低通滤波器构成。如图2a-2c(＝A的分解)所示，所有反低通滤波器的延迟几乎100％地补偿了所有低通滤波器的延迟。

[0086] 示例“B”基本上基于“A”，但通过使用两个陷波滤波器改进了650Hz和1050Hz的局部抑制。相反，1300Hz以上的抑制下降小于“A”中的抑制。图3a-3c(＝“B”的分解)清楚地表明，所有低通滤波器的延迟(1375μs)和所有陷波滤波器的延迟(61μs)几乎完全(100％)被所有反低通滤波器的延迟(-1436μs)补偿。

[0087] 示例“C”的特点是在高达1000Hz的频率有非常低的振幅放大和非常好的抑制。为了实现这一点，2000Hz以上没有有效的抑制。所示的滤波器由低通滤波器、反低通滤波器和四个陷波滤波器构成。图4a-4c(＝“C”的分解)表明，低通滤波器的延迟(780μs)和所有陷波滤波器的延迟(253μs)几乎100％被反低通滤波器的延迟(-1033μs)补偿。

[0088] 图6a-6c示出了另一实施例。这里，三个陷波滤波器与三个反陷波滤波器组合。整个滤波器在700Hz与900Hz之间的范围中具有非常好的抑制。振幅放大现在发生在更高的频率，这里大约在1100Hz。所有陷波滤波器的延迟(858μs)和所有反陷波滤波器的延迟(-856μs)的补偿超过99％。

[0089] 下面提供了给定示例的所有参数设定。

[0090] 示例“A”：三个低通滤波器，三个反低通滤波器

[0091] $\omega_i = \{442.5, 1013, 795.2\} \cdot 2\pi$

[0092] $D_i = \{0.46, 1.85, 1.28\}$

[0093] $\omega_j = \{2483.2, 662.8, 3478.2\} \cdot 2\pi$

[0094] $D_j = \{2.42, 1.9, 2.22\}$

[0095] 示例“B”：三个低通滤波器，三个反低通滤波器、两个陷波滤波器

[0096] $\omega_i = \{418.2, 1223, 943.8\} \cdot 2\pi$

[0097] $D_i = \{0.53, 1.9, 1.41\}$

[0098] $\omega_j = \{2055, 621.6, 2957.8\} \cdot 2\pi$

[0099] $D_j = \{2.23, 1.71, 2.01\}$

[0100] $\omega_k = \{675, 1052.4\} \cdot 2\pi$

[0101] $a_k = \{1.23, 1.57\}$

[0102] $D_k = \{0.13, 0.13\}$

[0103] 示例“C”：低通滤波器、反低通滤波器、四个陷波滤波器

[0104] $\omega_i = 510.6 \cdot 2\pi$

[0105] $D_i=1.25$

[0106] $\omega_j=444.9\cdot 2\pi$

[0107] $D_j=1.44$

[0108] $\omega_k=\{1839.2,851,1091.12,1393.3\}\cdot 2\pi$

[0109] $a_k=\{1.94,1.64,1.37,1.92\}$

[0110] $D_k=\{0.14,0.28,0.12,0.27\}$

[0111] 图6a-6c的示例:三个陷波滤波器,三个反陷波滤波器

[0112] $\omega_k=\{877.9,638.9,712.8\}\cdot 2\pi$

[0113] $a_k=\{3.5,2.87,3.5\}$

[0114] $D_k=\{0.12,0.4,0.15\}$

[0115] $\omega_l=\{578.94,636,1097.9\}\cdot 2\pi$

[0116] $a_l=\{3.33,2.33,2.75\}$

[0117] $D_l=\{0.4,0.08,0.17\}$

[0118] 对于后面的实现,上述时间连续滤波器必须离散化。例如,通过Tustin变换,这是可能的,而不丢失滤波器的基本特性,参见图5a-5c中示例“C”的离散化。

[0119] 图9示意性地在子午截面中示出了用于EUV投射光刻的投射曝光设备1。

[0120] 根据图9,投射曝光设备1包括照明装置2和投射镜头10。照明装置2用于通过照明光学单元4用来自辐射源3的辐射照明物平面6中的物场5。这里曝光的是设置在物场5中的掩模母版7。掩模母版7由掩模母版支架8保持。掩模母版支架8可以通过掩模母版位移驱动器9移动,特别是在扫描方向上。

[0121] 出于解释的目的,图9中示出了笛卡尔xyz坐标系。x方向垂直于附图平面伸展。y方向水平地伸展,z方向垂直地伸展。扫描方向沿图1中的y方向伸展。z方向垂直于物平面6伸展。

[0122] 投射镜头10用于将物场5成像到像平面12中的像场11中。掩模母版7上的结构被成像到晶片13的光敏层上,晶片13布置在像平面12中的像场11的区域中。晶片13由晶片支架14保持。晶片支架14可以通过晶片位移驱动器15移动,特别是在y方向上。一方面通过掩模母版位移驱动器9移动掩模母版7,另一方面通过晶片位移驱动器15移动晶片13,这两种移动可以彼此同步的方式发生。

[0123] 辐射源3是EUV辐射源。辐射源3特别地发射EUV辐射,其以下也被称为使用的辐射或照明辐射。特别地,使用的辐射具有在5nm与30nm之间范围中的波长。辐射源3可以是等离子体源,例如LPP(“激光产生的等离子体”)源或GDPP(“气体放电产生的等离子体”)源。它也可以是基于同步加速器的辐射源。辐射源3也可以是自由电子激光器(“自由电子激光器”,FEL)。从辐射源3出现的照明辐射16由收集器17聚焦。照明辐射16传播通过收集器17下游的中间焦平面18中的中间焦点。中间焦平面18可以表示具有辐射源3和收集器17的辐射源模块与照明光学单元4之间的间隔。

[0124] 照明光学单元4包括偏转镜19和在光路中布置在其下游的第一分面镜20。如果第一分面镜20布置在照明光学单元4的与物平面6光学共轭的平面(作为场平面)中,则该分面镜也称为场分面镜。第一分面镜20包括多个单独的第一分面21,其中一些在图1中仅作为示例示出。在照明光学单元4的光路中,第二分面镜22布置在第一分面镜20的下游。如果第二

分面镜22布置在照明光学单元4的光瞳平面中，则其也被称为光瞳分面镜。第二分面镜22包括多个第二分面23，其中一些在图1中仅作为示例示出。

[0125] 投射镜头10包括多个反射镜Mi，这些反射镜根据它们在投射曝光设备1的光路中的布置被连续编号。在图9所示的示例中，投射镜头10包括六个反射镜M1至M6。有四个、八个、十个、十二个或任何其他数量的反射镜Mi的替代方案同样是可能的。倒数第二个反射镜M5和最后的反射镜M6都具有用于照明辐射16的通道开口。投射镜头10是双重遮挡的光学单元。投射镜头10的像侧数值孔径大于0.5，也可以大于0.6，例如可以是0.7或0.75。

[0126] 反射镜Mi的反射表面可以体现为没有旋转对称轴的自由形式表面。替代地，反射镜Mi的反射表面可以设计为非球面表面，非球面表面正好有反射表面形状的一个旋转对称轴。正如照明光学单元4的反射镜，反射镜Mi可以具有用于照明辐射16的高度反射涂层。这些涂层可以设计为多层涂层，特别是有钼和硅的交替层。

[0127] 投射镜头10特别地可以具有变形的形式。特别地，它在x和y方向上具有不同的成像比例β_x、β_y。投射镜头10的两个放大率β_x、β_y优选为$(\beta_x,\beta_y)=(\pm 0.25,\pm/0.125)$。正成像比例β意味着成像没有图像颠倒。成像比例β的负号意味着图像颠倒地成像。投射镜头10因此导致在x方向上，即在垂直于扫描方向的方向上的比率降低到4:1。投射镜头10导致在y方向上，即在扫描方向上降低到8:1。其他成像比例同样是可能的。在x方向和y方向上有相同符号和相同绝对值的成像比例也是可能的，例如绝对值为0.125或0.25。

[0128] 尽管本发明已基于特定的实施例进行了描述，但是对于本领域技术人员来说，许多变化和替代的实施例将是显而易见的，例如通过各个实施例的特征的组合和/或交换。相应地，对于本领域技术人员来说，不言而喻的是，这种变化和替代的实施例伴随地包含在本发明中，并且本发明的范围仅限制在所附专利权利要求及其等同物的含义内。

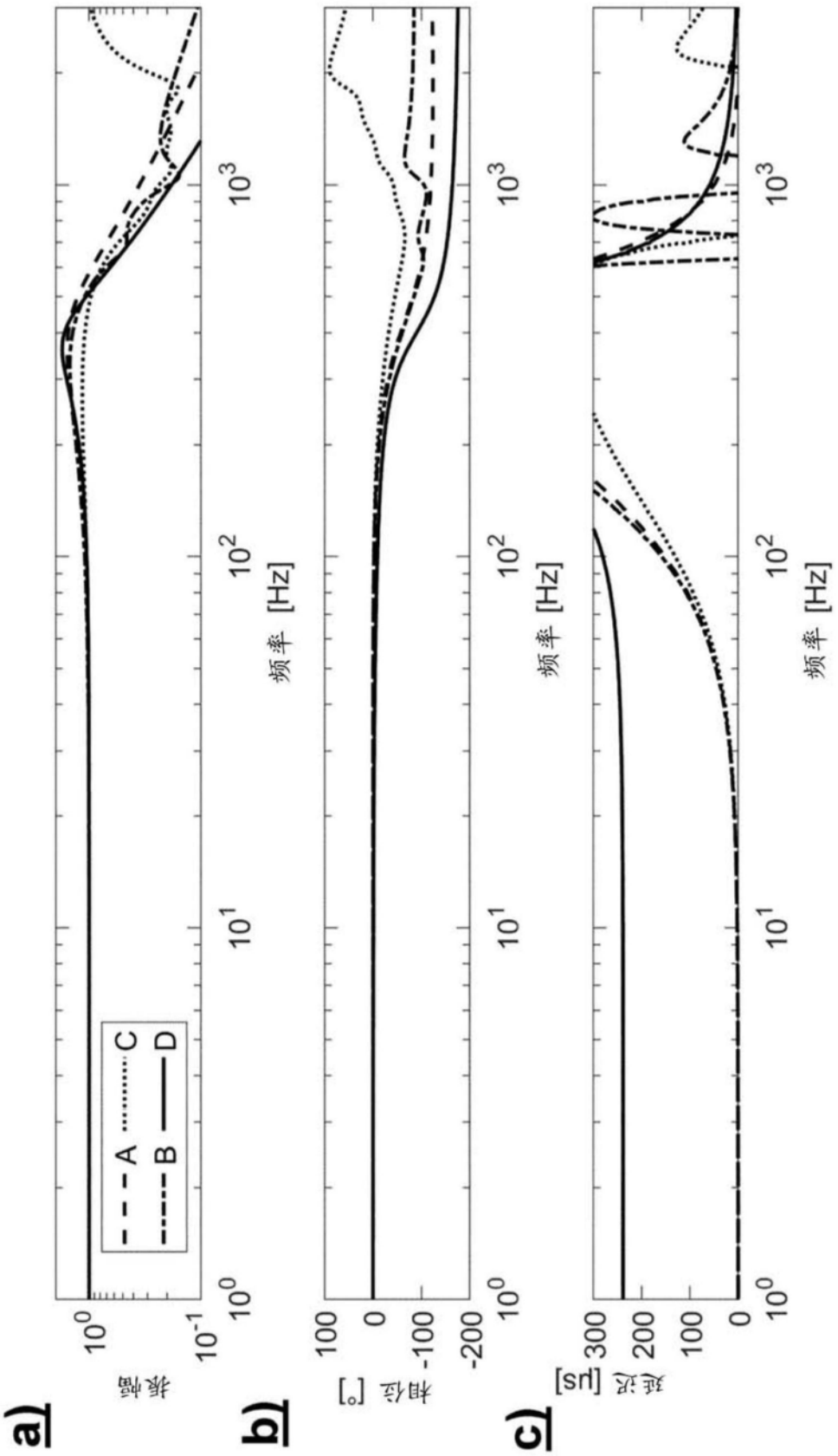


图1

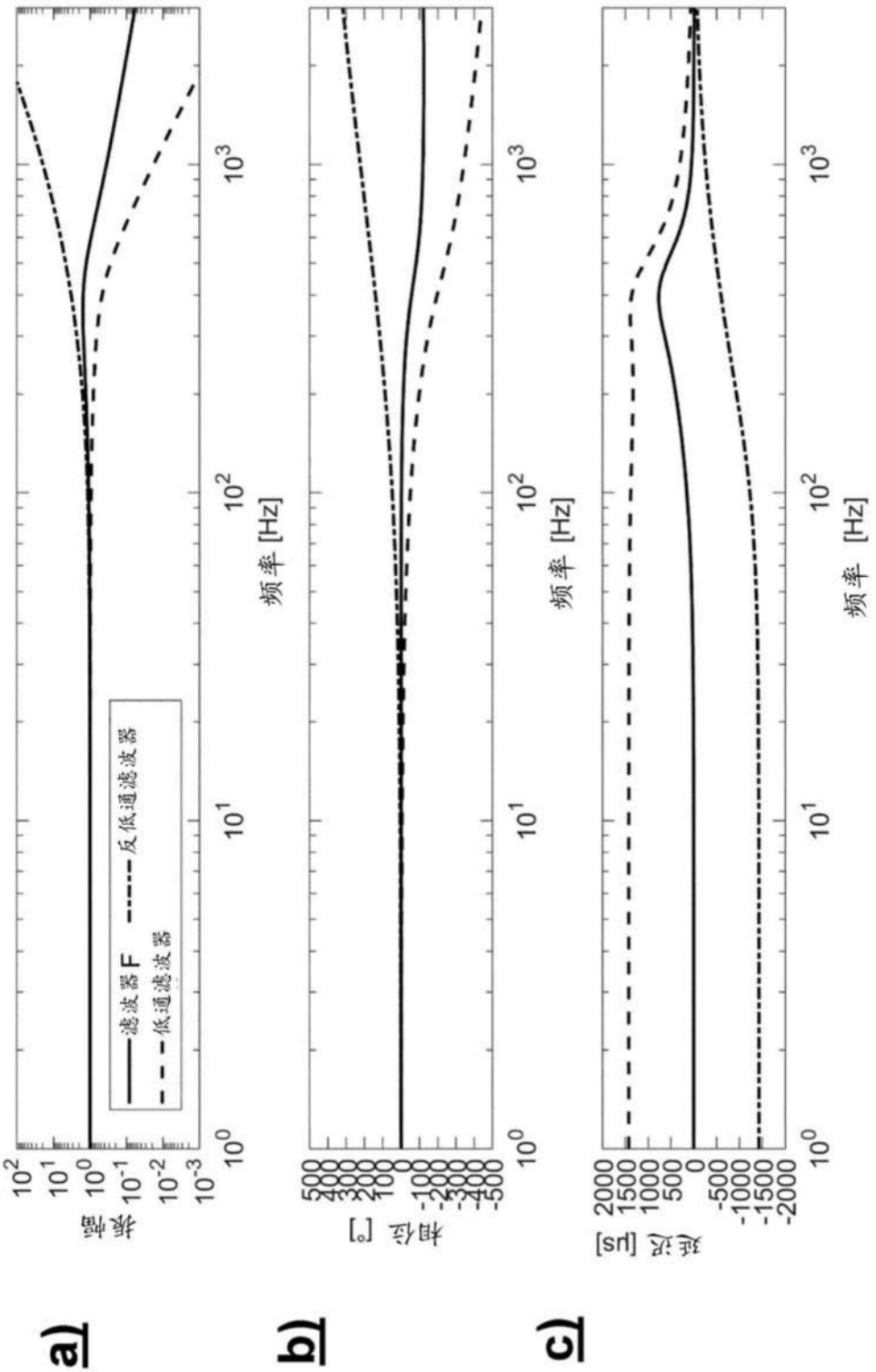


图2

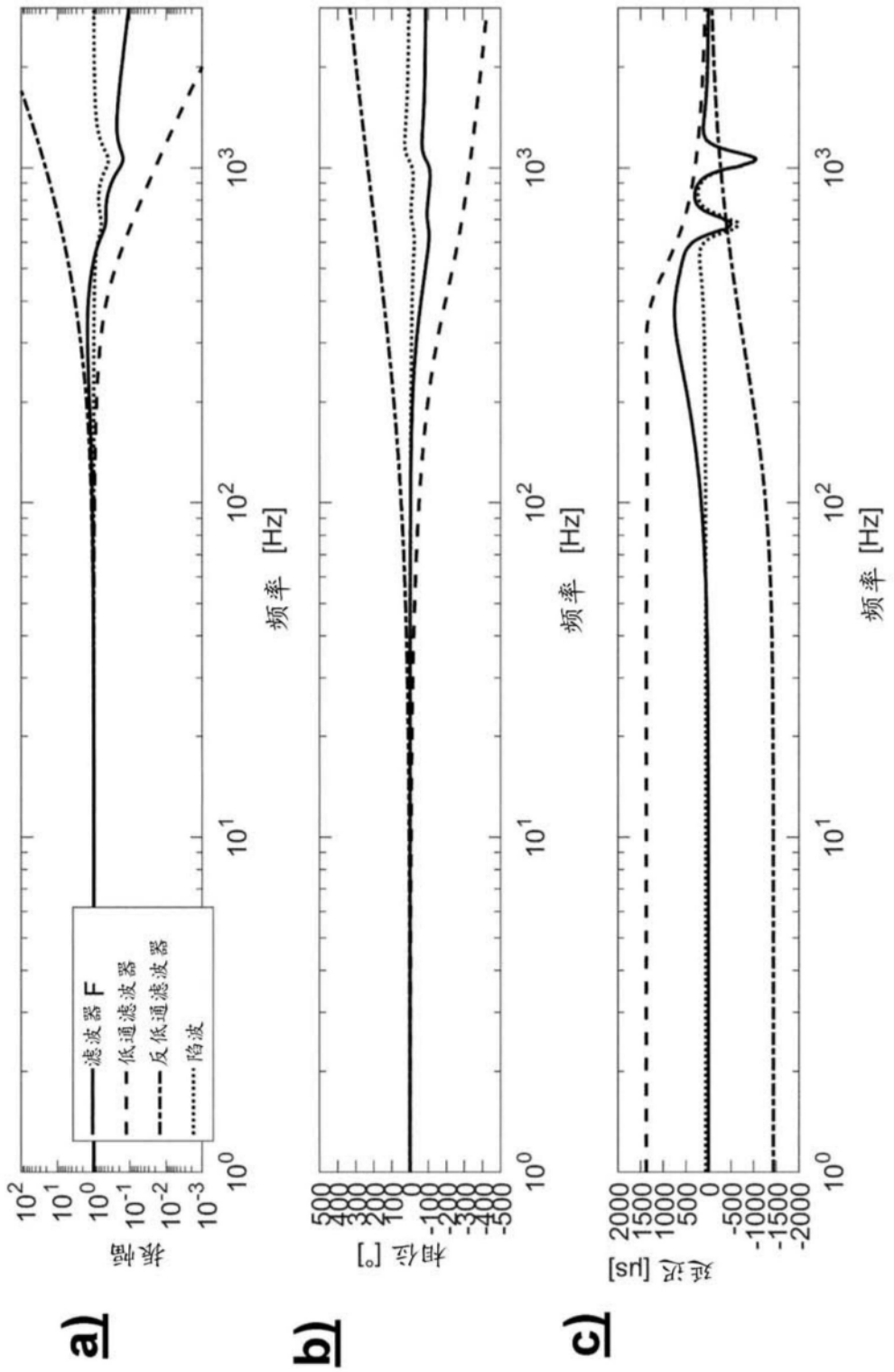


图3

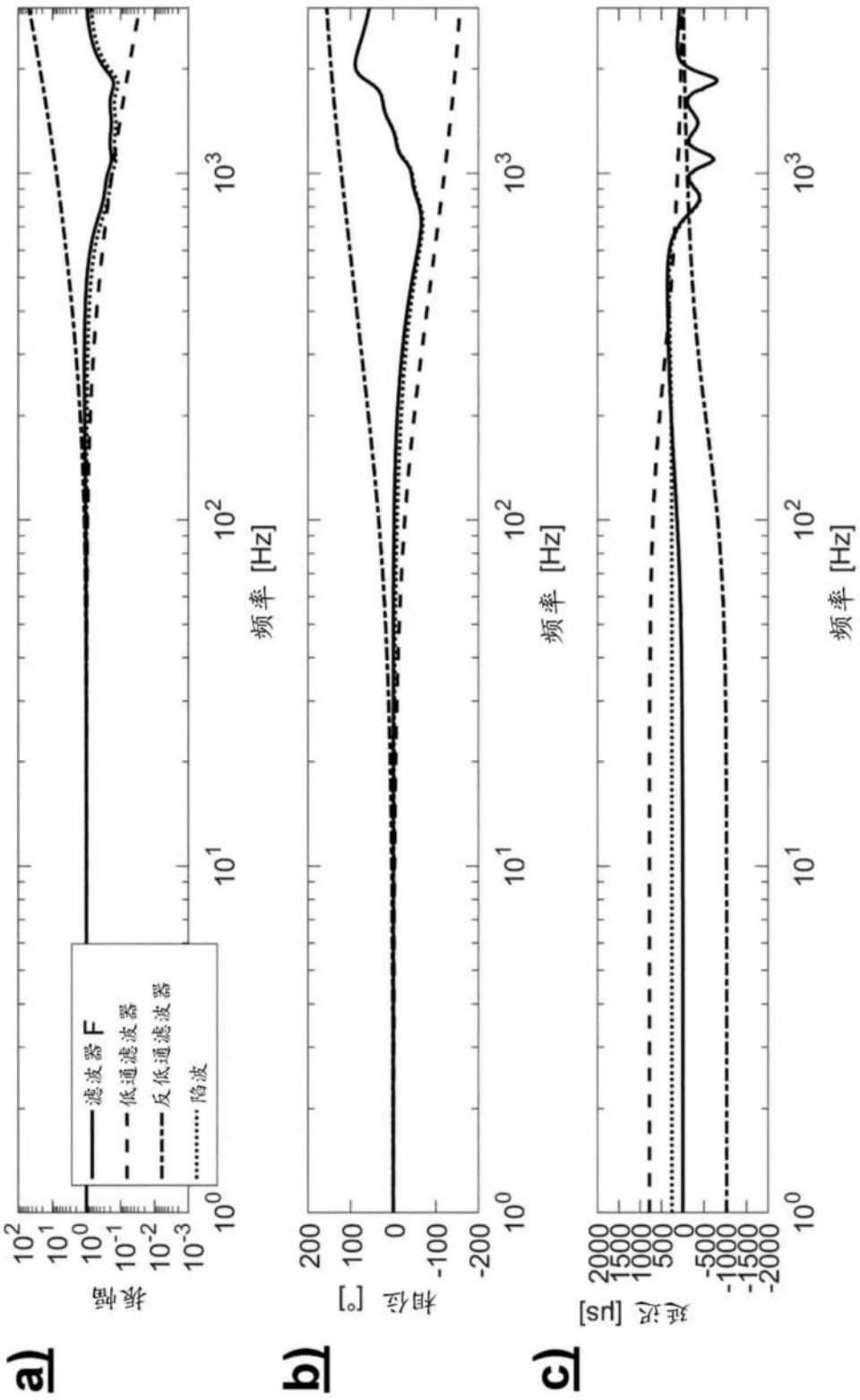


图4

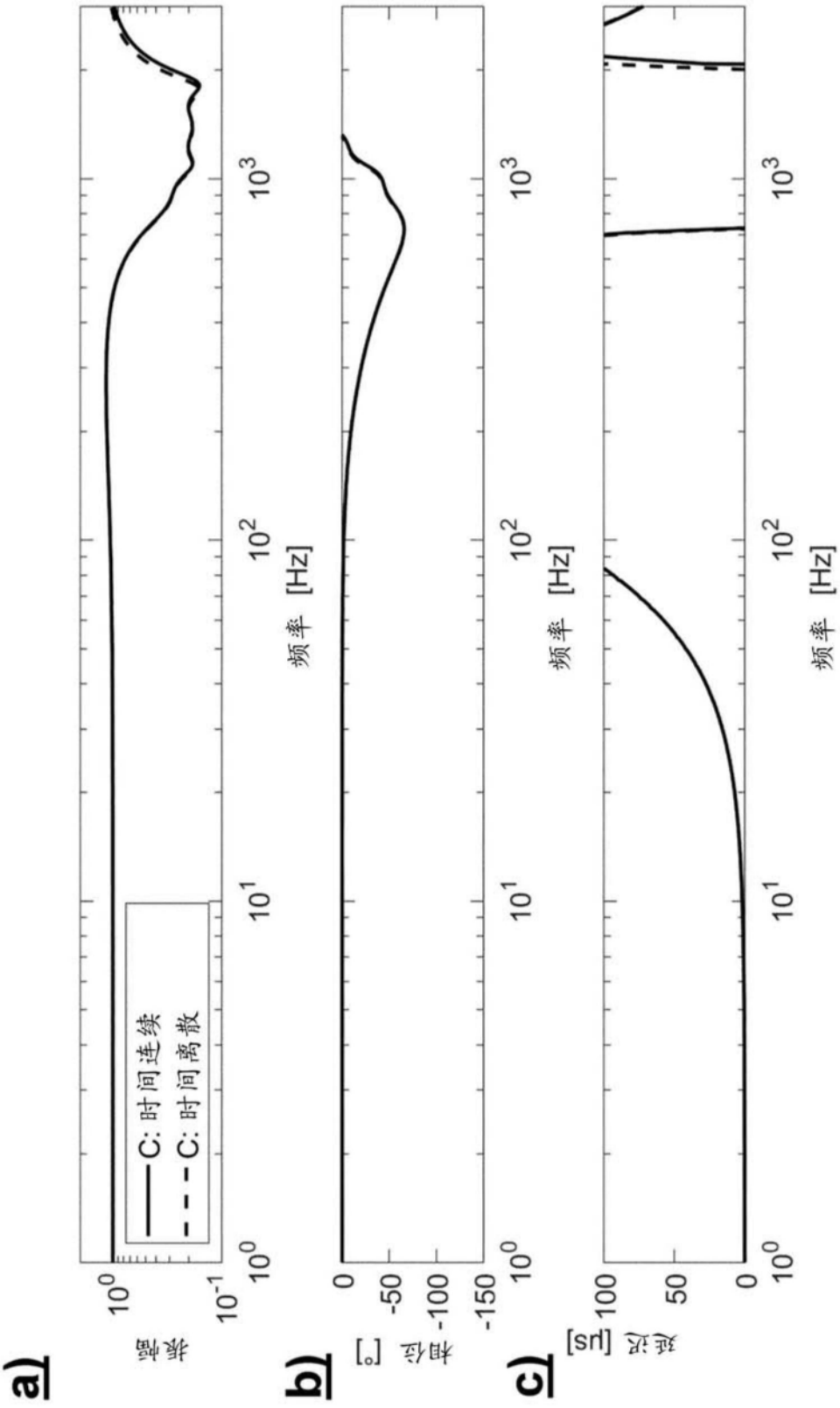


图5

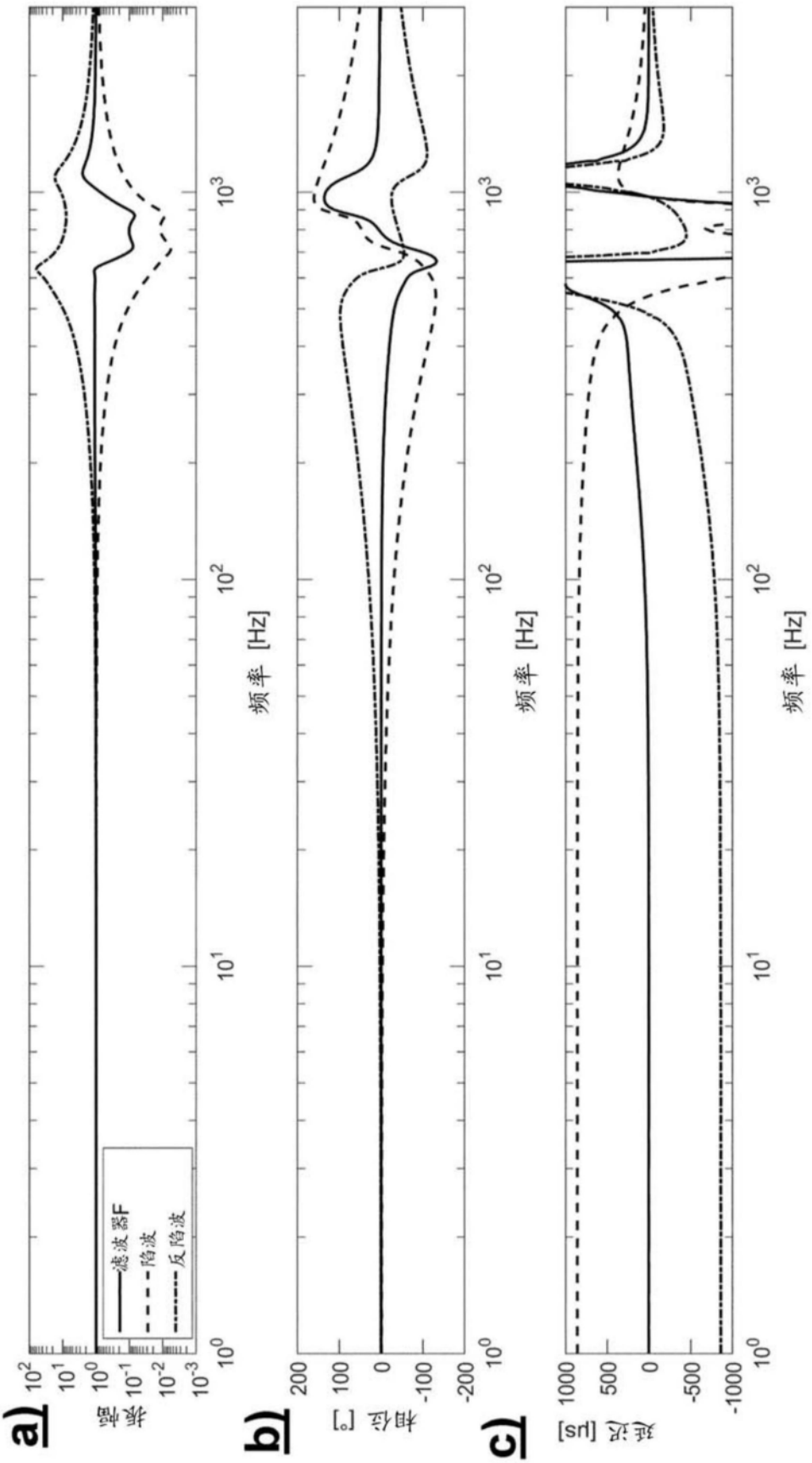


图6

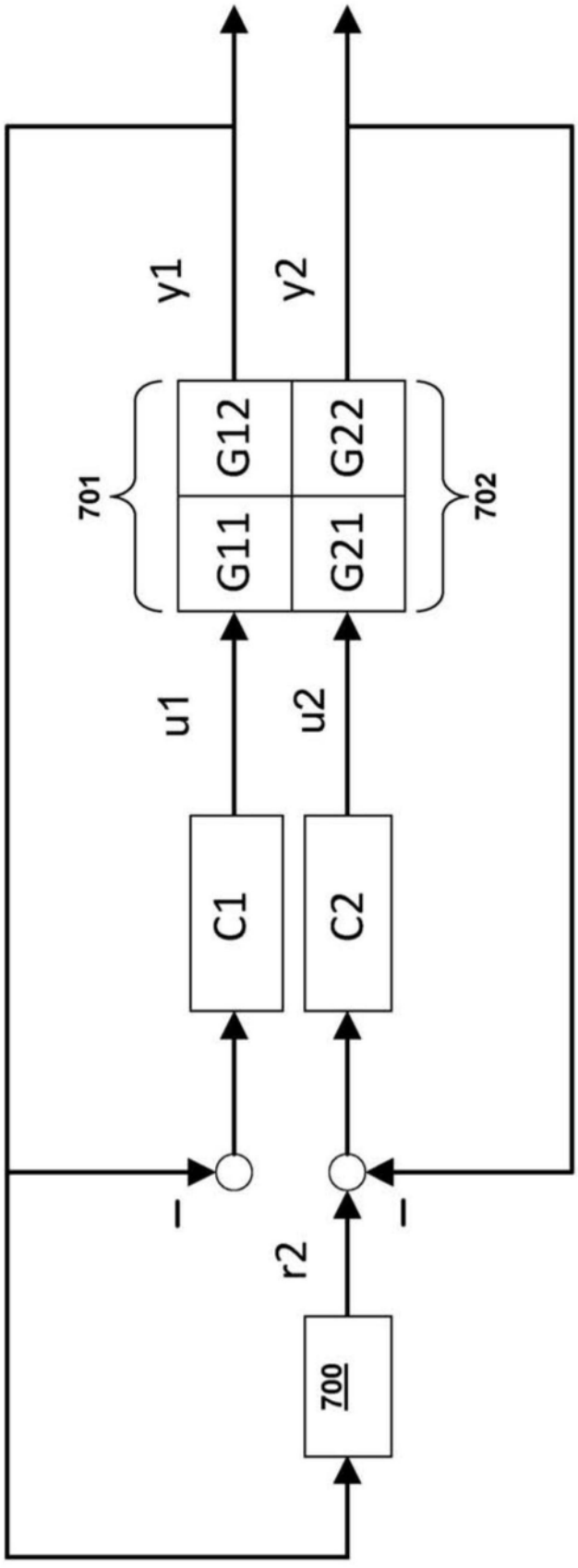


图7

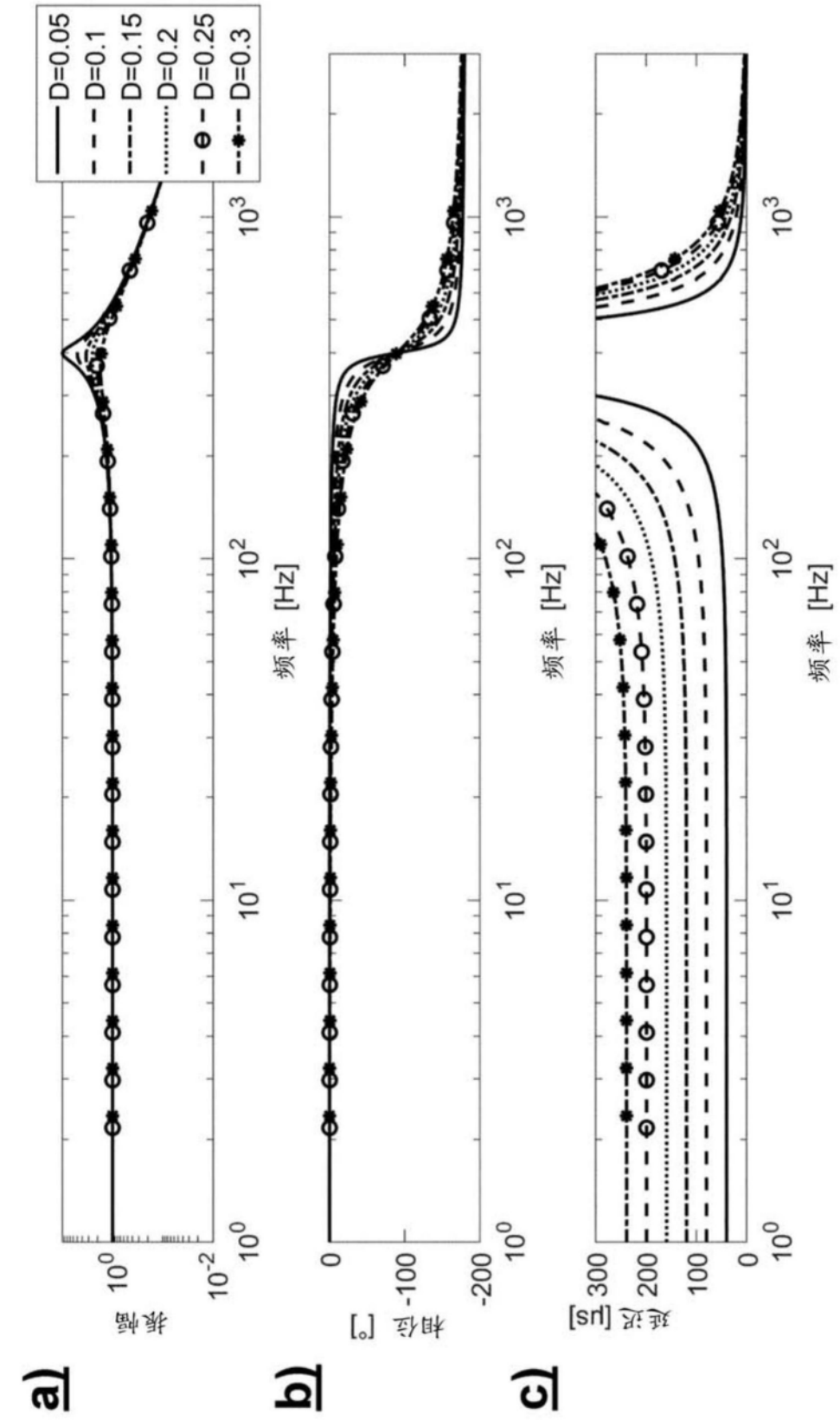


图8

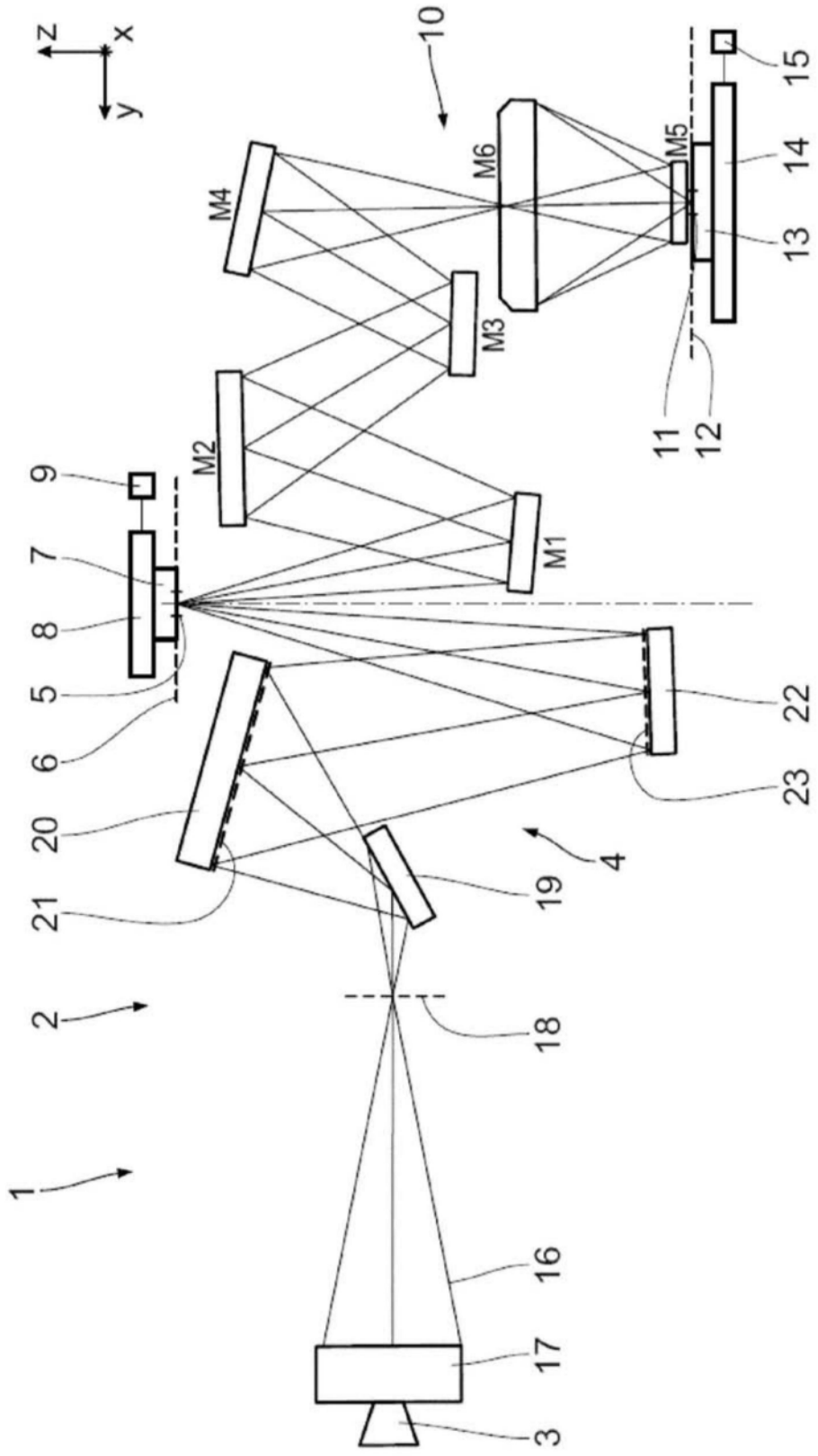

z
x
y
10
15
14
13
M5
M6
M4
M3
M2
M1
11
12
9
7
8
5
6
20
21
22
23
19
4
2
18
1
16
17
3

图9