



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101276054 B

(45) 授权公告日 2010. 12. 08

(21) 申请号 200810095657. 5

审查员 于子江

(22) 申请日 2004. 12. 10

(30) 优先权数据

2003-430425 2003. 12. 25 JP

2004-323758 2004. 11. 08 JP

(62) 分案原申请数据

200480011234. 0 2004. 12. 10

(73) 专利权人 佳能株式会社

地址 日本东京

(72) 发明人 安田进 岛田康弘

(74) 专利代理机构 中国国际贸易促进委员会专

利商标事务所 11038

代理人 魏小薇

(51) Int. Cl.

G02B 26/10 (2006. 01)

G02B 26/08 (2006. 01)

B41J 2/47 (2006. 01)

G03G 15/00 (2006. 01)

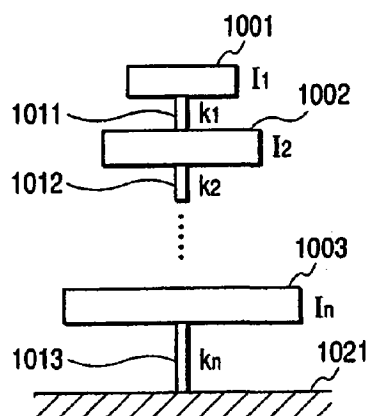
权利要求书 2 页 说明书 9 页 附图 10 页

(54) 发明名称

微振动部件、光偏转器和成像设备

(57) 摘要

本发明提供一种能够抑制角速度的波动的共振型微振动部件,具体地说提供一种微振动部件,该微振动部件为一种套装微振动部件,其中存在着基准振动模式和偶数振动模式,所述基准振动模式是基准频率的特征振动模式,所述偶数振动模式是频率近似为基准频率的偶数倍的特征振动模式。



1. 一种微振动部件,包含:

支撑部分;

可移动系统,所述可移动系统包括第一可移动元件、将所述第一可移动元件连接到所述支撑部分以使得所述第一可移动元件能够围绕振动轴振动的第一扭力弹簧、第二可移动元件、将所述第二可移动元件连接到所述第一可移动元件以使得所述第二可移动元件能够围绕所述振动轴振动的第二扭力弹簧;

用于使所述第一可移动元件和第二可移动元件围绕所述振动轴振动的驱动部分;以及
用于控制所述驱动部分的驱动控制部分,

其中,所述可移动系统具有基准振动模式和偶数振动模式,所述基准振动模式是基准频率的特征振动模式,所述偶数振动模式是频率为基准频率的 $1.98n$ 倍 $\sim 2.02n$ 倍的特征振动模式,其中 n 为 1 或更大的整数,并且

其中,所述驱动控制部分控制所述驱动部分,以使得所述可移动系统以所述基准振动模式和所述偶数振动模式同时振动。

2. 如权利要求 1 的微振动部件,其中,所述第一可移动元件和第二可移动元件以及第一扭力弹簧和第二扭力弹簧由一块板整体地形成。

3. 如权利要求 2 的微振动部件,其中,所述一块板为单晶硅晶片。

4. 如权利要求 1 的微振动部件,其中,在可移动系统的驱动时间,所述第一可移动元件和第二可移动元件之中的至少一个的位移角的增大时间与所述位移角的减小时间不同。

5. 如权利要求 1 的微振动部件,其中,偶数振动模式的频率是基准振动模式的频率的 1.98 倍 ~ 2.02 倍。

6. 如权利要求 1 的微振动部件,其中,所述可移动系统还包括第三可移动元件,以及将所述第三可移动元件连接到所述第二可移动元件以使得所述第三可移动元件能够围绕所述振动轴振动的第三扭力弹簧。

7. 一种光偏转器,该光偏转器包括如权利要求 1 的微振动部件和设置在第一可移动元件和第二可移动元件中的至少一个上的光反射部分。

8. 一种成像设备,该成像设备包括:

用于发射激光的光源;

如权利要求 7 的光偏转器;

用于利用由所述光偏转器偏转的激光在感光部件上形成图像的成像光学系统。

9. 一种微振动部件,包含:

支撑部分;以及

可移动系统,所述可移动系统包括第一可移动元件、将所述第一可移动元件连接到所述支撑部分以使得所述第一可移动元件能够围绕振动轴振动的第一扭力弹簧、第二可移动元件、以及将所述第二可移动元件连接到所述第一可移动元件以使得所述第二可移动元件能够围绕所述振动轴振动的第二扭力弹簧;

其中,所述可移动系统具有基准振动模式和偶数振动模式,所述基准振动模式是基准频率的特征振动模式,所述偶数振动模式是频率为基准频率的 $1.98n$ 倍 $\sim 2.02n$ 倍的特征振动模式,其中 n 为 1 或更大的整数。

10. 一种成像设备,包括:

用于发射激光的光源；
用于偏转激光的共振型光偏转器；
用于利用由所述共振型光偏转器偏转的激光来形成图像的成像光学系统；以及
感光部件，通过由所述成像光学系统中形成的图像的激光在所述感光部件上形成图像，

其中，所述共振型光偏转器包括：

支撑部分，

可移动系统，所述可移动系统包括第一可移动元件、将所述第一可移动元件连接到所述支撑部分以使得所述第一可移动元件能够围绕振动轴振动的第一扭力弹簧、第二可移动元件、将所述第二可移动元件连接到所述第一可移动元件以使得所述第二可移动元件能够围绕所述振动轴振动的第二扭力弹簧，所述可移动系统具有基准振动模式和偶数振动模式这两种振动模式；

用于使所述第一可移动元件和第二可移动元件围绕所述振动轴振动的驱动部分；以及
用于控制所述驱动部分的驱动控制部分，

其中，所述驱动控制部分控制所述驱动部分，以使得所述第二可移动元件的位移角的增加时间比所述第二可移动元件的位移角的减少时间长，

其中，所述共振型光偏转器在第一动作时反射来自光源的激光，以及

其中，所述成像光学系统利用在第一动作时反射的激光，在感光部件上形成图像。

11. 如权利要求 10 的成像设备，其中，激光的调制时钟被控制为以便抑制激光在感光部件上的扫描速度的波动。

12. 如权利要求 10 的成像设备，其中，所述成像光学系统具有抑制激光在感光部件上的扫描速度的波动的特性。

微振动部件、光偏转器和成像设备

[0001] 本申请是申请号为 200480011234.0、国际申请日为 2004 年 12 月 10 日、优先权日为 2003 年 12 月 25 日、申请人为佳能株式会社的 PCT 国际申请进入国家阶段的发明专利申请的分案申请。

技术领域

[0002] 本发明涉及一种属于微结构技术领域的微振动部件，具体地说涉及一种适合于光偏转器的微振动部件，和使用该微振动部件的光偏转器。此外，本发明涉及一种成像设备，例如使用该光偏转器的扫描型显示器、激光束打印机、数字复印机。

背景技术

[0003] 迄今为止，已经提出共振驱动反射镜的各种光偏转器。通常，与使用例如多角镜的多角旋转镜的光扫描光学系统相比，共振型光偏转器的特征在于，可以在很大程度上使光偏转器小型化，并且可以减少其耗费功率，以及理论上不存在面混乱 (face tangle)，特别地，包含通过半导体加工工艺制造的硅单晶的光偏转器理论上没有金属疲劳，并且耐用性优异（见日本专利申请特许公开 No. S57-8520）。

[0004] 同时，在共振型反射镜中，有一个问题是因为反射镜的扫描角原则上按正弦方式变化，因此角速度不是常量。为校正本特征，已经提出几种方法。

[0005] 例如，在日本专利申请特许公开 No. H9-230276、H9-230277、H9-230278、以及 H9-230279 中，一种反正弦透镜被用作成像光学系统（成像透镜），因此在被扫描表面上实现等速扫描。

[0006] 此外，在日本专利申请特许公开 No. 2003-279879 中，由振动周期互不相同的正弦振动驱动两块偏转反射面，从而合成正弦波并在扫描范围内实现近似恒角速度驱动。

[0007] 此外，在第 4,859,846 号美国专利中，通过使用具有基频和频率是基频三倍的振动模式的共振型偏转器，实现近似斩波驱动。

[0008] 在例如激光束打印机的电子照相中，将激光扫描至光敏体上以形成图像。此时，激光的扫描速度优选为在光敏体上等速。因此，在用于电子照相的光扫描装置中，通常在光偏转器执行扫描之后进行光学校正。

[0009] 例如，在使用旋转多面镜的光扫描光学系统中，为将由偏转反射面所反射和偏转的光通量转换为光敏体上的恒速扫描，使用称作 $f\theta$ 透镜的成像透镜。

[0010] 此外，在使用用于执行正弦振动的光偏转器的光扫描光学系统中，为将角速度以正弦方式变化的光通量变化为光敏体上的恒速扫描，使用称作反正弦透镜的成像透镜。

[0011] 然而，反正弦透镜有个问题，在光学扫描校正时光敏体上的激光束斑的尺寸变化。通常，在成像设备中，根据要求的图像质量存在允许的束斑尺寸的允许的上下限。因此，在光偏转器发射的激光角速度中，在角速度的波动宽度方面存在一允许值。此处，角速度的上下限分别由 $\theta'_{\max}$ 和 $\theta'_{\min}$ 表示。

[0012] 现在，在执行正弦振动的光偏转器中，可以由以下公式代表位移角 θ 和角速度

θ' :

[0013] $\theta = \theta_0 \sin(\omega t)$ (公式 1)

[0014] $\theta' = \theta_0 \omega \cos(\omega t)$ (公式 2)

[0015] 假定 θ_0 是最大位移角, 并且 ω 是角振动的数目。此时, 建立如下关系式:

[0016] $\theta'_{\max} = \theta_0 \omega$ (公式 3)

[0017] $\theta'_{\min} \leq \theta_0 \omega \cos(\omega t)$ (公式 4)

[0018] 图 17 解释此情况。图 17 中, 在 $t = 0$ 附近满足上述公式的时间范围在以下范围内:

[0019] $-\cos^{-1}(\theta'_{\min}/\theta_0 \omega) \leq \omega t \leq \cos^{-1}(\theta'_{\min}/\theta_0 \omega)$

[0020] (公式 5)

[0021] 并且满足此条件的最大可用偏转角 θ_{eff} 和作为在一个周期中可用时间的有效时间 t_{eff} 如下:

[0022] $\theta_{\text{eff}} = \theta_0 \sin(\cos^{-1}(\theta'_{\min}/\theta'_{\max}))$ (公式 6)

[0023] $t_{\text{eff}} = 2\cos^{-1}(\theta'_{\min}/\theta'_{\max})/\omega$ (公式 7)

[0024] 例如, 如果允许 θ' 达到基准角速度的 $\pm 20\%$, 它变为:

[0025] $\theta'_{\min} : \theta'_{\max} = 0.8 : 1.2$ (公式 8)

[0026] 因此最大可用偏转角 θ_{eff} 和有效时间 t_{eff} 如下:

[0027] $\theta_{\text{eff}} = \theta_0 \sin(\cos^{-1}(0.8/1.2)) = 0.7454 \theta_0$ (公式 9)

[0028] $t_{\text{eff}} = 2\cos^{-1}(0.8/1.2)/\omega = 1.6821/\omega$ (公式 10)

[0029] 因此, 存在一个问题是常规共振型光偏转器不能完全获得较大值的最大可用偏转角 θ_{eff} 和有效时间 t_{eff} 。

[0030] 此外, 有一个问题是, 因为该共振型偏转器在向后和向前移动时具有相同角速度, 当做单边扫描时, 有效地获得的扫描时间变短。

[0031] 此外, 有一个问题是, 当使用多个偏转器校正这些问题时, 结构变复杂。

[0032] 此外, 有一个问题是因为即使在驱动时也必须为反射镜保持要求的平面度, 因此必须提高它的刚度以便抑制反射镜的变形。在执行如公式 1 中的正弦振动的光偏转器中, 反射镜的角加速度 θ'' 可以如下给定:

[0033] $\theta'' = -\theta_0 \omega^2 \sin(\omega t)$ (公式 11)

[0034] 上述实施例, 在扫描的两端角加速度达到最大值, 该最大值为:

[0035] $\theta''_{\max} = \theta_0 \omega^2 \sin(\cos^{-1}(0.8/1.2)) = 0.7454 \theta_0 \omega^2$ (公式 12)

[0036] 此外, 有一个问题是, 当装配可移动元件和扭力弹簧时产生许多麻烦, 并且容易产生装配误差。

[0037] 此外, 有一个问题是, 当设法使可移动元件的惯性矩变大时, 小型化就很困难。在具有两个或更多可移动元件的共振型光偏转器中, 最合乎需要的是其上排列光偏转元件的可移动元件的惯性矩最小。然而, 当企图通过加工一块板形成可移动元件和扭力弹簧时, 为了加大惯性矩而需要大面积的板。这成为小型化的障碍。此外, 如果通过半导体工艺形成可移动元件和扭力弹簧, 则基底面的更大尺寸成为成本增加的原因。

[0038] 此外, 有一个问题是, 当可移动元件由扭力弹簧串联连接时, 不仅容易产生扭转, 而且容易产生弯曲振动模式。

[0039] 图 18 是用于解释弯曲振动模式的模型。由扭力弹簧 1611 连接可移动元件 1601 和 1602,由扭力弹簧 1612 连接可移动元件 1602 和支撑部分 1621。这种系统通常具有两种弯曲振动模式。图 19A 和 19B 显示此时形成的振动模式。图 19A 表示低频率下的同相弯曲振动模式,而图 19B 表示高频率下的反相弯曲振动模式。最好是尽可能地控制这两种振动模式。

发明内容

[0040] 为解决上述问题,本发明的微振动部件为一种包含如下元件的微振动部件:多个可移动元件;设置在同一轴上的多个扭力弹簧,该轴串联连接多个可移动元件;用于支撑多个扭力弹簧的一部分的支撑部分;用于应用扭矩至至少一个可移动元件的驱动装置;和控制驱动装置的驱动控制装置,

[0041] 其中包含多个扭力弹簧和多个可移动元件的系统具有多个独立的特征振动模式,并且在这些独立特征振动模式中,存在着基准振动模式和偶数振动模式,所述基准振动模式是基准频率的特征振动模式,所述偶数振动模式是频率近似为基准频率的偶数倍的特征振动模式。

[0042] 此外,在上述微振动部件中,最好多个可移动元件和多个扭力弹簧由一块板整体地形成。

[0043] 此外,在上述微振动部件中,最好该块板为单晶硅晶片。

[0044] 此外,在上述微振动部件中,最好地,当垂直于扭力弹簧的轴提供一平面时,该平面与多个扭力弹簧的其中之一和多个可移动元件的至少之一相交。

[0045] 此外,在上述微振动部件中,最好地,当垂直于扭力弹簧的轴提供一平面时,该平面与多个可移动元件中的两个或更多相交。

[0046] 此外,在上述微振动部件中,最好多个可移动元件连接至多个扭力弹簧的其中两个。

[0047] 此外,本发明为特征在于驱动控制装置控制驱动装置以同时激发基准振动模式和偶数振动模式的微振动部件。

[0048] 此外,在上述微振动部件中,最好地,在驱动时间,多个可移动元件的至少之一的位移角的增加时间和该位移角的减少时间是不同的。

[0049] 此外,本发明的光偏转器是包含上述微振动部件和设置在该微振动部件的可移动元件上的光偏转元件的光偏转器。

[0050] 此外,本发明的成像设备是包含上述光偏转器、光源和成像光学系统的成像设备。

附图说明

[0051] 图 1A 和 1B 说明第一实施方式的光偏转器;

[0052] 图 2 说明第一实施方式的光偏转器的共振特性;

[0053] 图 3 说明用于第二实施方式的光偏转器的板部件;

[0054] 图 4 的曲线图说明第二实施方式的光偏转器的位移角;

[0055] 图 5 的曲线图说明第二实施方式的光偏转器的角速度;

[0056] 图 6 的曲线图说明第三实施方式的成像设备;

- [0057] 图 7 说明本发明的微振动部件的原理；
- [0058] 图 8 说明本发明的光偏转器的原理；
- [0059] 图 9 的曲线图说明本发明的微振动部件的位移角；
- [0060] 图 10 的曲线图说明本发明的微振动部件的角速度；
- [0061] 图 11 的曲线图比较本发明的微振动部件的角速度与正弦波驱动的角速度；
- [0062] 图 12 的曲线图比较本发明的微振动部件的位移角与正弦波驱动的位移角；
- [0063] 图 13 的曲线图比较本发明的微振动部件的角加速度与正弦波驱动的角加速度；
- [0064] 图 14 说明本发明的效果；
- [0065] 图 15 说明本发明的效果；
- [0066] 图 16 说明本发明的效果；
- [0067] 图 17 说明正弦波驱动的有效时间；
- [0068] 图 18 的模型说明具有多个振动模式的微振动部件的弯曲振动模式；和
- [0069] 图 19A 和 19B 说明具有多个振动模式的微振动部件的弯曲振动的振动模式。

具体实施方式

[0070] 利用本发明,有可能抑制共振型微振动部件中的角速度的波动。具体说来,本发明的光偏转器适合于例如激光束打印机、数字复印机之类的成像设备。

[0071] 首先,说明附图中的标号。

[0072] 标号 100 和 200 表示板部件。标号 101,102,201 至 203,1001 至 1003,1101,1102,1301,1302,1401,1402,1501,1502,1601 和 1602 表示可移动元件。

[0073] 标号 111a,111b,112a,112b,211 至 213,1311,1312,1511,1512,1011 至 1013,1111,1112,1411,1412 和 1611 表示扭力弹簧。

[0074] 标号 121 和 221 表示支撑框架。

[0075] 标号 1021,1121,1321,1421,1521,1522 和 1621 表示支撑部分。

[0076] 标号 131 表示光反射膜。标号 1131 为光反射元件。标号 1141 表示驱动装置。标号 1151 表示驱动控制部件。标号 1391,1392 和 1491 表示垂直于扭力弹簧的轴的平面。标号 140 表示电磁致动器。标号 141 表示永磁体。标号 142 表示线圈。标号 144 表示磁轭。标号 143 表示磁芯。标号 150 表示控制器。标号 190 表示切割线。标号 151 表示基准时钟发生器。标号 152 表示分频器。标号 153 和 154 表示计数器。标号 155 和 156 表示正弦函数单元。标号 157 和 158 表示乘法器。标号 159 表示加法器。标号 160 表示 DA 转换器。标号 161 表示功率放大器。标号 301 表示本发明的光偏转器。标号 302 表示光源。标号 303 表示发射光学系统。标号 304 表示成像光学系统。标号 305 表示感光鼓。标号 311 表示激光。标号 312 表示扫描轨迹。标号 1201 表示公式 16 的 θ_1' 。标号 1202 表示公式 2 的 θ 。标号 1211 表示 $\theta'_{\max}$ 。标号 1212 表示 $\theta'_{\min}$ 。标号 1221 表示角速度 θ_1' 的有效时间。标号 1222 表示正弦波 θ' 的有效时间。标号 1231 表示公式 15 的 θ_1 。标号 1232 表示公式 1 的 θ 。标号 1241 表示本发明的最大有效位移角。标号 1242 表示正弦波的最大有效位移角。标号 1251 表示公式 15 的 θ_1'' 。标号 1252 表示公式 1 的 θ_1'' 。标号 1261 表示角加速度降低部分。

[0077] 图 7 说明本发明的微振动部件的原理。在图 7 中,标号 1001 至 1003 表示 n 件可

移动元件, 标号 1011 至 1013 表示 n 件扭力弹簧, 标号 1021 示意说明支撑部分。线性排列扭力弹簧 1011 至 1013, 并且允许可移动元件 1001 至 1003 能够围绕扭力弹簧 1011 至 1013 的扭转轴振动。此系统的自由振动的公式如下。

$$[0078] \quad M\ddot{\theta} + K\theta = 0$$

$$[0079] \quad \theta = \begin{pmatrix} \theta_1 \\ \theta_2 \\ \vdots \\ \theta_n \end{pmatrix}, M = \begin{pmatrix} I_1 & & & \\ & I_2 & & \\ & & \ddots & \\ & & & I_n \end{pmatrix}, K = \begin{pmatrix} k_1 & -k_1 & & \\ -k_1 & k_1 + k_2 & -k_2 & \\ & & \ddots & \\ & & & -k_{n-1} & k_{n-1} + k_n \end{pmatrix}$$

[0080] (公式 13)

[0081] 上述公式中, I_k : 可移动元件的惯性矩, k_k : 扭力弹簧的弹簧常数, θ_k : 可移动元件的扭转角 ($k = 1, 2, \dots, n$)。当本系统的 $M^{-1}K$ 的特征值取 λ_k ($k = 1$ 至 n) 时, 由以下公式给出特征模式的角频率数 ω_k :

$$[0082] \quad \omega_k = \sqrt{\lambda_k} \quad (\text{公式 14})$$

[0083] 本发明的微振动部件的特征是: 在 ω_k 中, 存在着基准频率和该基准频率的近似偶数倍的频率。此处所称的“近似偶数倍”希望包含近似 $1.98n$ 至 $2.02n$ (n 是任意整数) 倍的数值范围。

[0084] 举例来说, 考虑如图 8 所示的可移动元件数目为二个的共振型光偏转器。标号 1101 和 1102 表示可移动元件, 标号 1111 和 1112 表示扭力弹簧, 标号 1121 表示支撑部分, 标号 1131 表示设置在可移动元件 1101 上的光反射元件, 标号 1141 表示驱动装置, 标号 1151 表示驱动控制装置。此处, 假定 $I_1 = 1.3951E-11 [\text{kgm}^2]$, $I_2 = 1.7143E-10 [\text{kgm}^2]$, $K_1 = 7.91914E-03 [\text{N/m}]$, $K_2 = 3.0123E-02 [\text{N/m}]$ 。此时, 因为 $M^{-1}K$ 的特征值变为 $\lambda_1 = 1.5790E08$ 和 $\lambda_2 = 6.3166E08$, 相应的特征频率数变为 $\omega_1 = 2\pi \times 2000 [\text{Hz}]$ 和 $\omega_2 = 2\pi \times 4000 [\text{Hz}]$ 。简而言之, $\omega_2 = 2\omega_1$ 。以下将这两者振动模式分别为“模式 1”和“模式 2”。

[0085] 此外, 在本发明中, 驱动控制装置 1151 以这样一种方法控制驱动装置 1141, 以致多个可移动元件和扭力弹簧构成的系统同时按基准频率和基准频率偶数倍的频率振动。此时, 通过不同地改变基准频率和基准频率的偶数倍的频率的可移动元件的振幅和相位, 可以执行不同的驱动。

[0086] 作为一实例, 驱动控制装置 1141 控制驱动装置 1151, 使得模式 1 中可移动元件 1101 的振幅变为 $1.6a$, 而模式 2 中可移动元件 1101 的振幅变为 $0.4a$, 从而使得各相位相差 180 度。此处, 在下面公式中的“ a ”是任意常数。因为对应于模式 1 和 2 的特征向量分别为 $v1 = [1, 0.72174]^T$ 和 $v2 = [1, -0.11275]^T$, 可移动元件 1101 和 1102 的振幅 θ_1 和 θ_2 可以如下给定。

$$[0087] \quad \theta_1 = a\{1.6\sin(\omega_1 t) - 0.4\sin(2\omega_1 t)\}$$

[0088] (公式 15)

$$[0089] \quad \theta_2 = a\{1.6(0.72174)\sin(\omega_1 t) - 0.4(-0.11275)\sin(2\omega_1 t)\}$$

[0090] (公式 16)

[0091] 因为光反射元件 1131 被设置在可移动元件 1101 上, 因此可以由 θ_1 给出光反射元件的运动。此外, 可移动元件 1101 的角速度 θ_1' 和角加速度 θ_1'' 可以表示如下。

$$[0092] \quad \theta_1' = a\omega_1\{1.6\cos(\omega_1 t) - 2 \times 0.4\cos(2\omega_1 t)\}$$

[0093] (公式 17)

$$[0094] \quad \theta_1'' = a\omega_1^2 \{-1.6\sin(\omega_1 t) \pm 4 \times 0.4\sin(2\omega_1 t)\}$$

[0095] (公式 18)

[0096] θ_1 和 θ_1' 分别显示在图 9 和 10 中。

[0097] 下面,说明本发明的效果。在图 11 的曲线图中,公式 2 的 θ' (1202) 和公式 16 的 θ_1' (1201) 按如下方式标准化并绘制:其最大值相等。在本曲线图中,当角速度的时间出现于 $\theta'_{\max}$ (1211) 和 $\theta'_{\min}$ (1212) 之间的范围时被认为是有效时间时,由图 11 中的 1221 表示角速度 θ_1' (1201) 的有效时间,由图 11 中的 1222 表示正弦波 θ' (1202) 的有效时间。由图 11 明显可见,本发明的微振动部件具有与正弦波驱动相比更长的有效时间。具体地说,因为 $\theta_1'_{\max} = 1.2 \times a\omega_1$ 和 $\theta_1'_{\min} = 0.8 \times a\omega_1$, 根据

$$[0098] \quad \theta_1'_{\min} = a\omega_1 \{1.6\cos(\omega_1 t) - 2 \times 0.4\cos(2\omega_1 t)\}$$

[0099] (公式 19)

$$[0100] \quad \text{和 } 0.8 = 1.6\cos(\omega_1 t) - 2 \times 0.4\cos(2\omega_1 t)$$

[0101] (公式 20),

[0102] t 变为 $t = 0, \pm 1/(2\omega_1/\pi)$ 。因此,有效时间 $t_{1\text{eff}}$ 变为

$$[0103] \quad t_{1\text{eff}} = \{1/(2\omega_1/\pi) - (-1/(2\omega_1/\pi)) = \pi/\omega_1$$

[0104] (公式 21)。

[0105] 此外,由图 12 明显可见,增加位移角 θ_1 的时间(曲线图移到右上侧的部分)长于减少位移角 θ_1 的时间(曲线图移到右下侧的部分)。也就是说,通过利用本发明,不同于正弦波驱动的光偏转器,可以前后移动而改变扫描速度。这在仅仅沿一个固定方向上扫描光时执行成像的成像设备中是有利的特性。

[0106] 在图 12 的曲线图中,在与图 11 相同的条件下绘制公式 15 的 θ_1 (1231) 和公式 1 的 θ (1232)。当具有出现于 $\theta'_{\max}$ (1211) 和 $\theta'_{\min}$ (1212) 之间的范围的角速度的位移角被认为是有效位移角时,因为由图 12 中的 1221 和 1222 分别表示 θ_1 (1231) 和 θ (1232) 的有效时间,因此本发明和正弦波的最大有效位移角分别变为 $\theta_{1\text{eff}}$ 1241 和 θ_{eff} 1242。由图 12 明显可见,本发明的 $\theta_{1\text{eff}}$ 1241 大于 θ_{eff} 1242。此时的 $\theta_{1\text{eff}}$ 可以表示如下。

$$[0107] \quad \theta_{1\text{eff}} = a\{1.6\sin(\pi/2) - 0.4\sin(\pi)\} = 1.6a$$

[0108] (公式 22)

[0109] 在图 13 的曲线图中,在与图 11 相同的条件下绘制公式 15 的 θ_1'' (1251) 和公式 1 的 θ'' (1252)。由图 13 可见,在角加速度降低部分 1261, θ_1'' (1251) 的绝对值小于 θ'' (1252)。如果反射镜被用作光扫描装置,因为它的动态弯曲与角加速度成比例,因此按照本发明,当使用相同反射镜时,该动态弯曲变小。此外,当允许相同动态挠曲时,可以使用具有较低刚度的反射镜。通常,因为可以制造重量轻的低刚度反射镜,因此可以降低惯性矩,并且可以抑制功率消耗。

[0110] 此外,在本发明中,扭力弹簧和可移动元件被整体形成,因此可以省去装配工作并且可以消除装配精度的不规则性。

[0111] 此外,在本发明中,当扭力弹簧和可移动元件被整体地形成时,使用硅晶片作为材料,因此可以提高作为共振的锐度(acuity of resonance)指数的 Q 值,并且可以减少能耗。

[0112] 此外,在本发明中,当垂直于扭力弹簧的轴提供平面时,使用可移动元件,使得该

平面与多个可移动元件和扭力弹簧相交,从而可以在小面积内保证大惯性矩。

[0113] 图 14 中,可移动元件 1301 和 1302 以及扭力弹簧 1311 和 1312 由一块板整体地形成,并且扭力弹簧 1312 被固定到支撑部分 1321 上。在本实施例中,垂直于扭力弹簧的轴的平面 1391 与可移动元件 1302 和扭力弹簧 1312 相交,此外,垂直于扭力弹簧的轴的平面 1392 与可移动元件 1302 与扭力弹簧 1311 相交。通过使用这种形状的可移动元件 1302,可以由小面积获得有效的惯性矩。

[0114] 图 15 中,可移动元件 1401 和 1402 以及扭力弹簧 1411 和 1412 由一块板整体地形成,并且扭力弹簧 1412 被固定到支撑部分 1421 上。在本实施例中,垂直于扭力弹簧的轴的平面 1491 与可移动元件 1401 和可移动元件 1402 相交。通过使用这种形状的可移动元件 1402,可以由小面积获得有效的惯性矩。

[0115] 此外,在本发明中,多个可移动元件分别由两段扭力弹簧支撑,因此弯曲刚度提高,可以控制不必要的弯曲模式的运动。图 16 中,可移动元件 1501 和 1502 以及扭力弹簧 1511 和 1512 由一块板整体地形成,并且扭力弹簧 1511 和 1512 分别被固定到支撑部分 1521 和 1522 上。由图 16 明显可见,可移动元件 1501 和 1502 均分别由两段扭力弹簧支撑。通过以这种方法构成,可以控制弯曲模式的运动。此外,垂直于扭力弹簧的轴的平面 1591 与可移动元件 1502 和扭力弹簧 1511 相交,并且垂直于扭力弹簧的轴的平面 1592 与可移动元件 1501 和可移动元件 1502 相交。类似于图 14 和 15,即使以这种形状,也具有由小面积获得惯性矩的效果。

[0116] (第一实施方式)

[0117] 图 1A 和 1B 说明本实施方式的光偏转器。本实施方式的光偏转器由微振动部件和形成在可移动元件 101 上表面上的光反射膜 131 组成。而微振动部件由板部件 100、电磁致动器 140 和控制器 150 组成。

[0118] 图 1A 是由蚀刻成形的硅晶片形成的部件 100 的顶视图。在图 1A 中通过两段扭力弹簧 111a 和 111b 向上和向下支撑平整的可移动元件 101。框架形可移动元件 102 在它的内侧支撑扭力弹簧 111a 和 111b,并且在图 1A 中由两段扭力弹簧 112a 和 112b 支撑在上方和下方。框架形支承框架 121 在它的内侧支撑扭力弹簧 112a 和 112b。在可移动元件 101 和 102 以及扭力弹簧 111 和 112 具有两种振动模式时,以使其近似加倍的方法调整它们的频率。例如,当可移动元件 101 和 102 的惯性矩取为 I_1 和 I_2 ,扭力弹簧 111a 和 111b 的弹簧常数取为 $k_1/2$,并且扭力弹簧 112a 和 112b 的弹簧常数取为 $k_2/2$,并且使用对图 8 说明中所用的参数时,两特征角频率的数目变为 $\omega_1 = 2\pi \times 2000[\text{Hz}]$ 和 $\omega_2 = 2\pi \times 4000[\text{Hz}]$ 。

[0119] 图 1B 是说明光偏转器的示意图。图 1B 中,板部件 100 说明沿图 1A 的切线 190 所取的剖面。在可移动元件 101 的上表面上,形成光反射膜 131,而在下表面上粘附永磁体 141。图 1B 中,板部件 100 被粘附至由高磁导率材料制成的磁轭 144 上。在与永磁体 141 相对的磁轭 144 的区域,设置由高磁导率材料制成的磁芯 143,并且围绕磁芯 143 的周边卷绕线圈 142。永磁体 141、线圈 142、磁芯 143、和磁轭 144 构成电磁致动器 140。当电流流入线圈 142 时,转矩作用于永磁体 141 上,并驱动可移动元件 101。

[0120] 在控制器 150 中,由基准时钟发生器 151 产生的频率 $2nf$ 的时钟信号分流为两个信号,其中一个信号被输入分频器 152 并变为频率 $2nf$ 的半频 nf 。这两个信号被分别输入计数器 153 和 154 的增加信号(increment signals)。计数器 153 和 154 为数字计数器,其

当到达最大值 n 时归零。计数器 153 和 154 的输出分别被输入正弦函数单元 155 和 156。正弦函数单元 155 和 156 是函数单元,当输入取为 X 时,该单元返回 $\sin(2\pi X/n)$ 的输出。正弦函数单元 155 和 156 分别产生频率 $2f$ 和 f 的数字正弦信号。正弦函数单元 155 和 156 分别具有由乘法器 157 和 158 乘以 A 和 B 的增益,并由加法器 159 加和。由 DA 转换器 160 将加法器 159 的输出信号转换为模拟信号,并由功率放大器 161 放大,并允许电流流入线圈 142。

[0121] 在图 2 的曲线图中,流入线圈 142 的交流电流的频率绘制在横坐标轴,而可移动元件 101 的位移振幅绘制在纵坐标轴。在本光偏转器中,存在两种特征振动模式,此外,这两种模式的频率关系为 $1:2$ 。以下将这两种模式分别简称为“模式 1”和“模式 2”。本发明的光偏转器的特征在于这两种模式同时激发。

[0122] 接下来,将说明使用本实施方式的光偏转器的方法。准备测量可移动元件 101 位移的位移测量装置以执行调整。首先,调整基准时钟发生器 151 的所产生频率,使其与可移动元件 101 同时按模式 1 和模式 2 共振的频率相配。其次,在此频率,调整乘法器 157 和 158 的增益以使可移动元件 101 的模式 1 和模式 2 振幅成为所要求值。执行计数器 153 的递增量/递减量以使可移动元件 101 的模式 1 和 2 的相位成为所要求相位。此处,可以按颠倒次序执行增益和相位的调整。例如,当允许模式 1 的振幅和模式 2 的振幅的比率为 $1.6:0.4$,并且调整使得扫描中心的相位反转时,可移动元件 101 以如下方法来驱动:使得位移角和角速度分别如图 9 和 10 所示。

[0123] 通过使用本发明的光偏转器,可以与传统的共振型光偏转器相比以更小的角速度执行光扫描。

[0124] (第二实施方式)

[0125] 图 3 是由蚀刻加工的硅晶片形成的板部件 200 的顶视图。平整的可移动元件 201 至 203 以及扭力弹簧 211 至 213 交替地串联连接。扭力弹簧 211 至 213 的轴按直线排列,并且扭力弹簧 213 的另一端连接至固定框架 221。在本系统具有三种振动模式时,调整其频率使得三种模式的关系约为 $1:2:3$ 。以下将这三种模式分别简称为“模式 1”、“模式 2”和“模式 3”。

[0126] 举例来说,当可移动元件 201 至 203 的惯性矩和扭力弹簧 211 至 213 的扭力弹簧常数为 I_1 、 I_2 、 I_3 、 k_1 、 k_2 和 k_3 时,其中 $I_1 = 2.0E-11[\text{kgm}^2]$, $I_2 = 2.0E-10[\text{kgm}^2]$, $I_3 = 5.0E-10[\text{kgm}^2]$, $k_1 = 6.17854E-3[\text{Nm/rad}]$, $k_2 = 2.03388E-2[\text{Nm/rad}]$, $k_3 = 3.52534E-2[\text{Nm/rad}]$,建立

$$[0127] \quad \mathbf{M}^{-1}\mathbf{K} = \begin{pmatrix} 3.08927 \times 10^8 & -3.08927 \times 10^8 & 0 \\ -3.08927 \times 10^7 & 1.32587 \times 10^8 & -1.01694 \times 10^8 \\ 0 & -4.06776 \times 10^7 & 1.11284 \times 10^8 \end{pmatrix},$$

[0128] 因此,由公式 14 明显得出,从模式 1 到模式 3 的特征角振动数目为 $2\pi \times 1000[\text{rad/s}]$, $2\pi \times 2000[\text{rad/s}]$, 和 $2\pi \times 3000[\text{rad/s}]$ 。类似于第一实施方式,通过同时激发这些特征振动模式,可以执行模式 1 至 3 的组合的驱动。

[0129] 图 4 和 5 的曲线图表示当在各模式中可移动元件 201 的振幅比设置为 $24:-6:1$ 时,可移动元件 201 的位移角和角速度。对图 5 和 10 的比较使得容易发现通过增加模式 3 而使得角速度的波动裕度变小的状态。

[0130] 可见,通过增加模式数目,可以使得角速度的波动裕度小得多。

[0131] (第三实施方式)

[0132] 图 6 是其中将本发明的光偏转器应用于例如激光束打印机的成像设备的实例。由光源 302 发出的激光 311 由发射光学系统 303 成形,并由本发明的光偏转器 301 扫描。成像光学系统 304 将扫描后的激光聚焦在感光鼓 305 上以形成束斑。该扫描束斑沿扫描轨迹 312 移动。

[0133] 在本实施方式的成像设备中,在图 12 由 1221 所示的有效时间 $t_{1_{\text{eff}}}$ 的范围内执行图像绘制。由图 11 明显可见,在本发明的光偏转器中,在扫描期间扫描角速度在 θ'_{min} (图 11 中的 1212) 和 θ'_{max} (图 11 中的 1211) 之间波动。

[0134] 在使用常规 $f\theta$ 透镜用于该成像光学系统 304 时,感光鼓 305 上的扫描速度波动。通过控制激光束的调制时钟从而消除该扫描速度的波动,可在感光鼓上形成正确的图像。

[0135] 或者,也可以允许聚焦光学系统 304 具有消除扫描速度波动的特性。在这种情况下,由于束斑的直径波动,应该确定光偏转器 301 的扫描方法,以使该直径的波动幅度不超过允许误差。

[0136] 本申请要求 2003 年 12 月 25 日提交的日本专利申请 2003-430425 和 2004 年 11 月 8 日提交的日本专利申请 2004-323758 的优先权,其内容以引用方式结合在本文中。

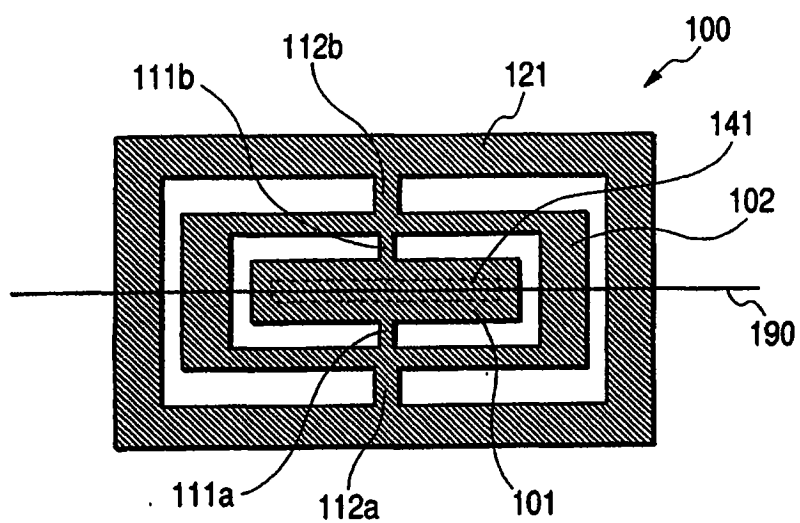


图 1A

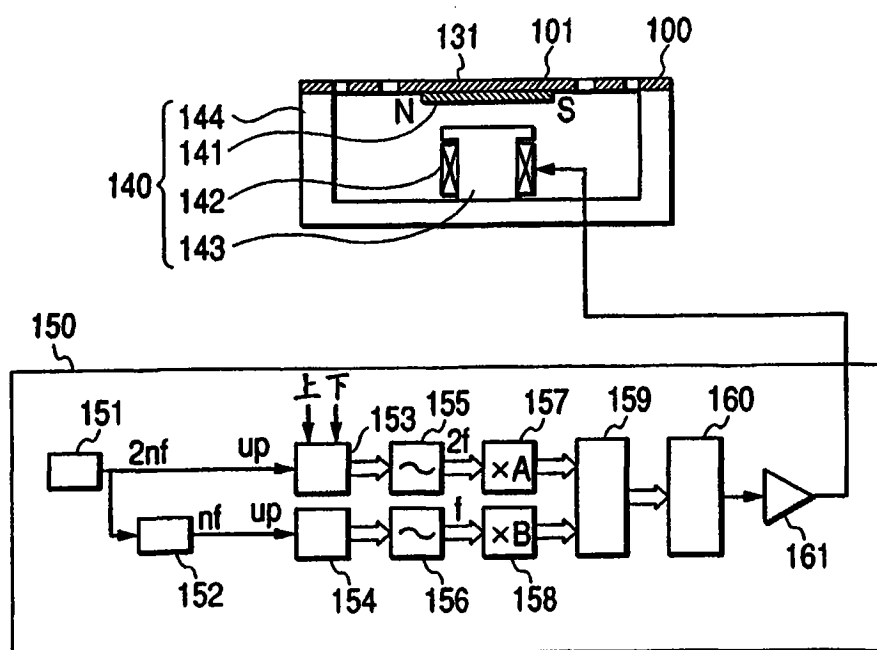


图 1B

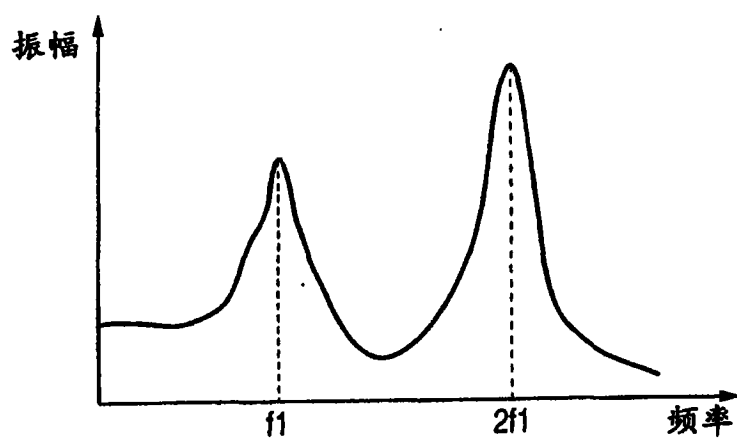


图 2

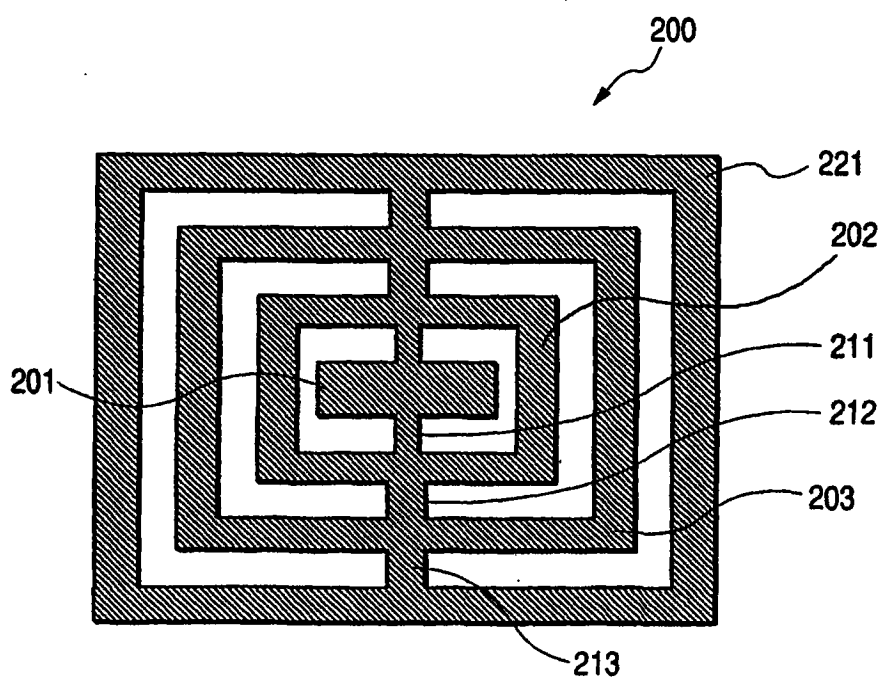


图 3

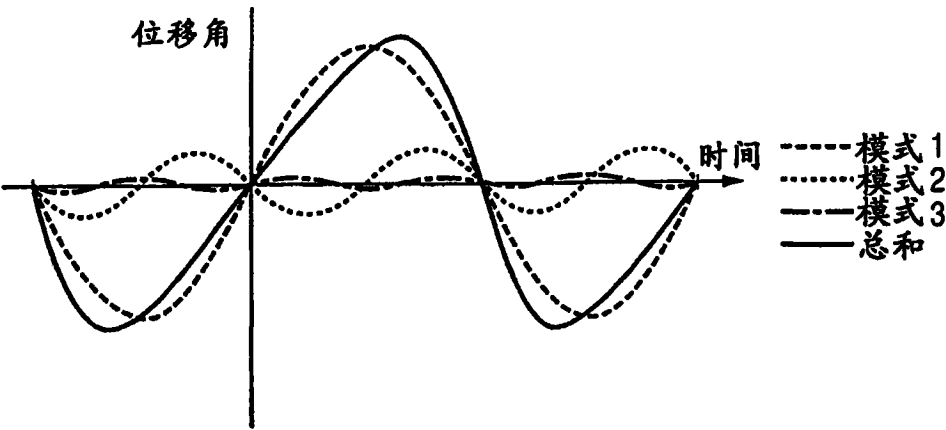


图 4

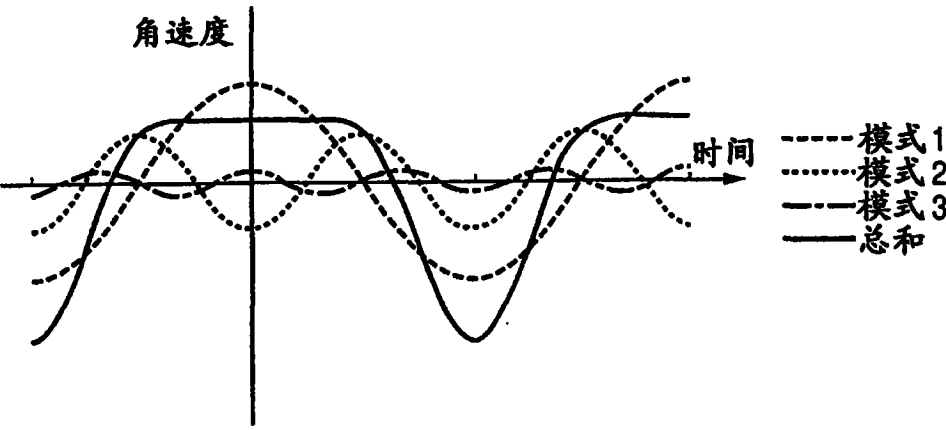


图 5

图 6

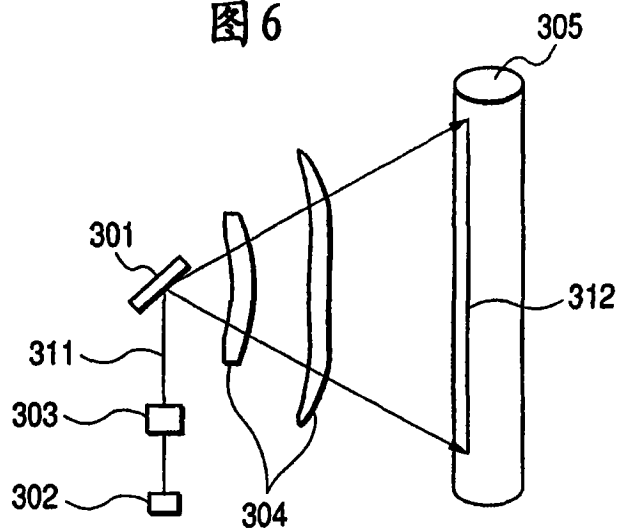
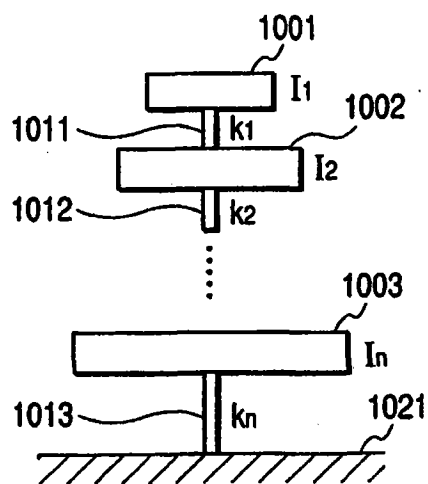


图 7



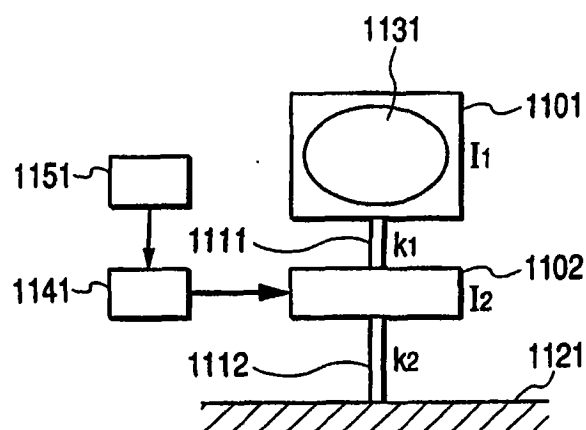


图 8

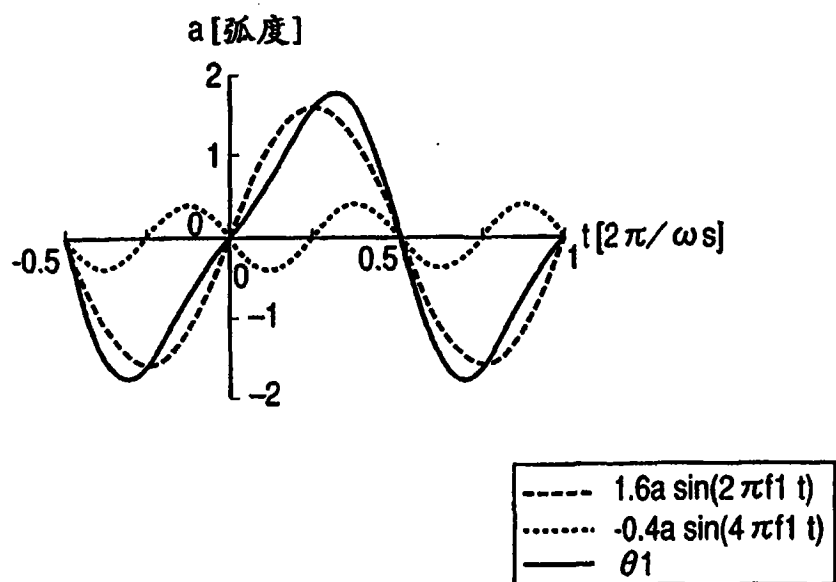


图 9

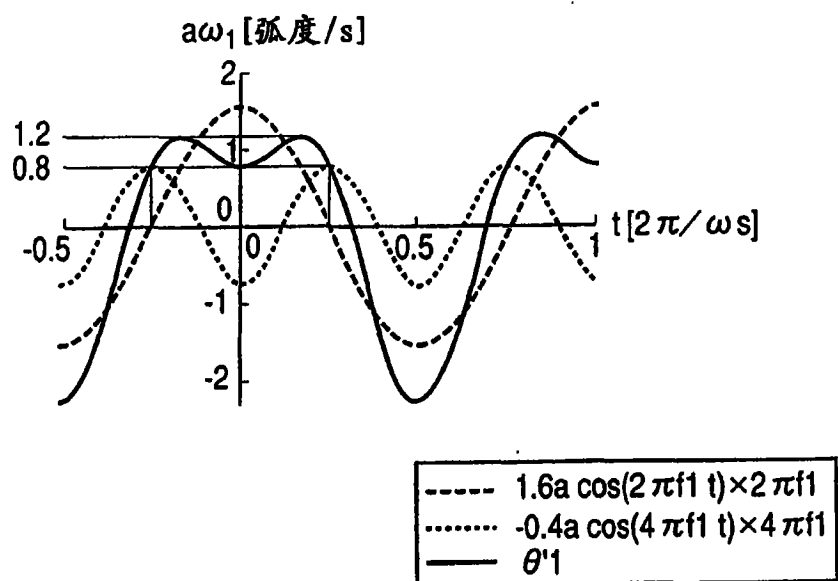


图 10

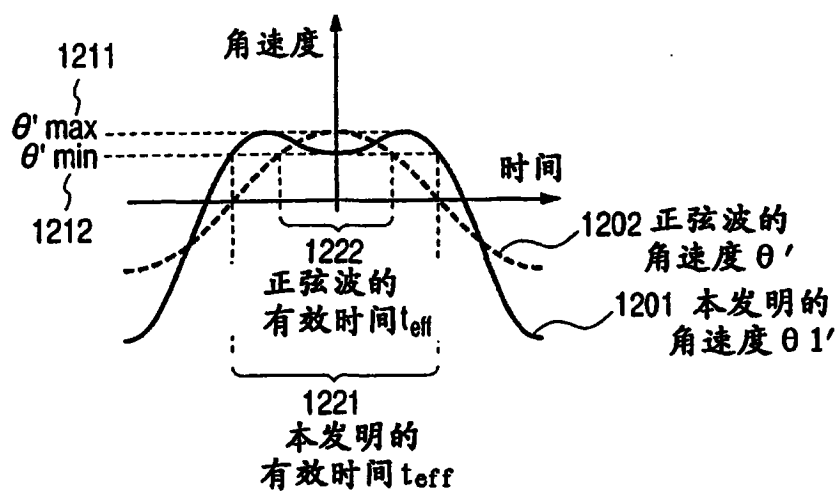


图 11

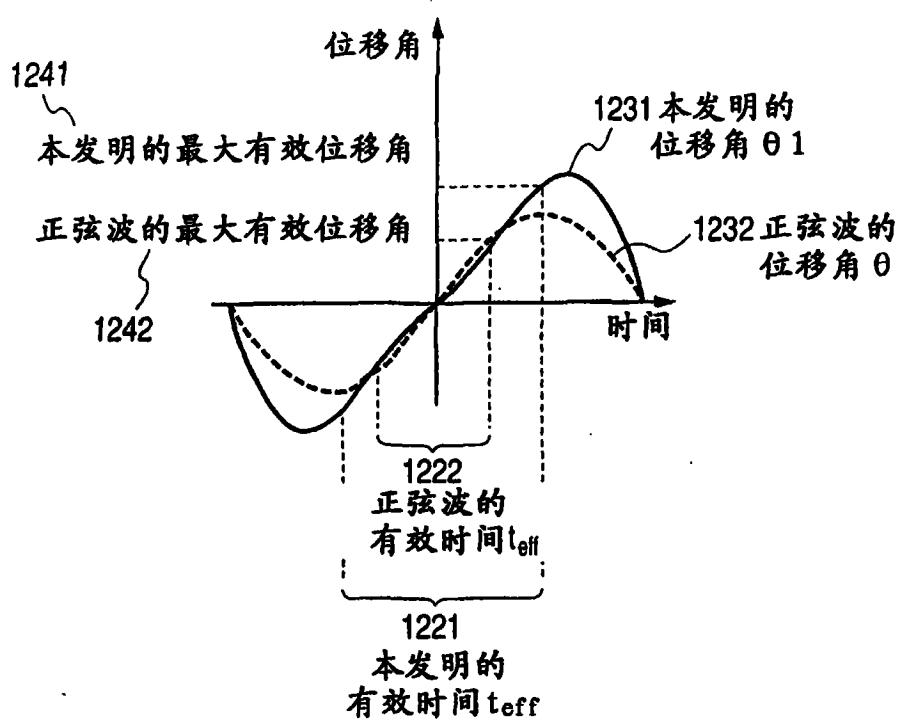


图 12

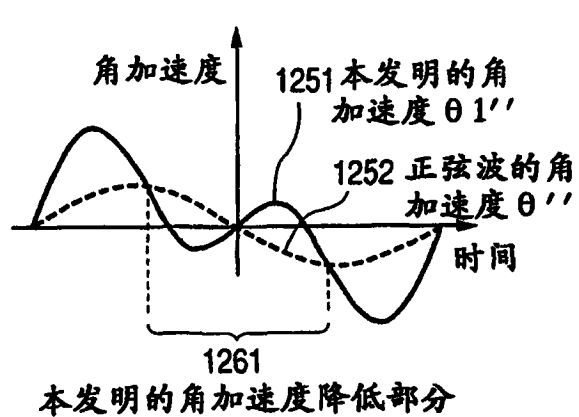


图 13

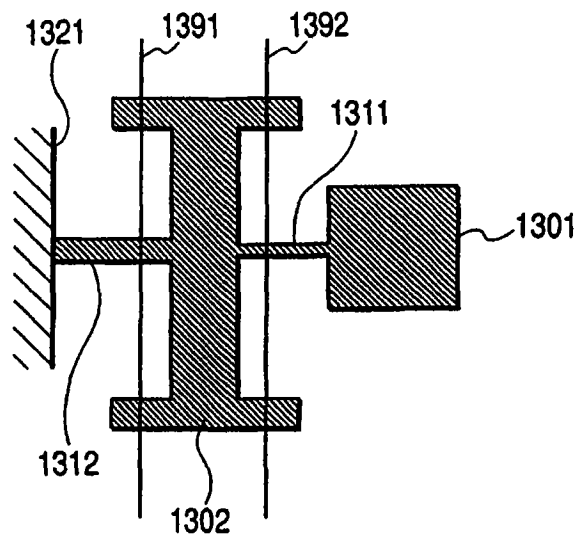


图 14

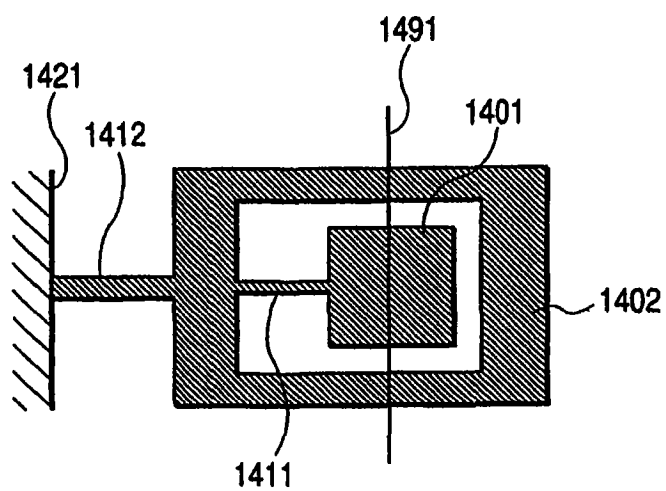


图 15

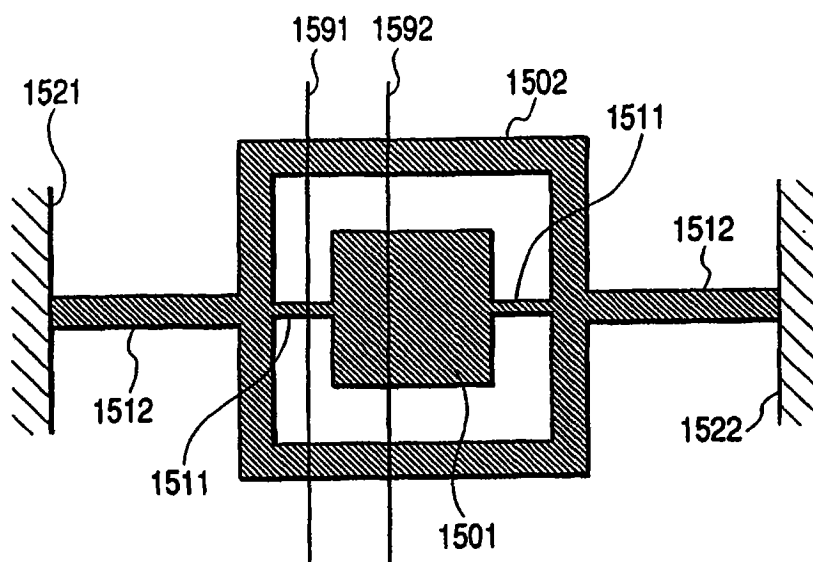


图 16

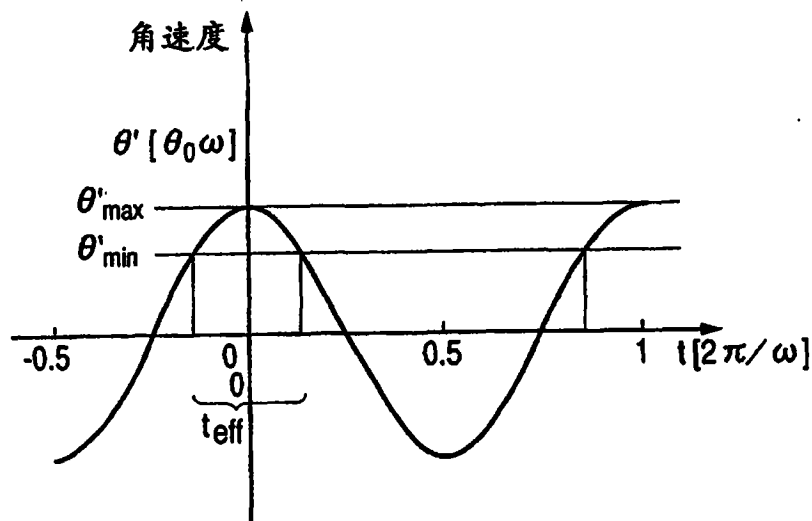


图 17

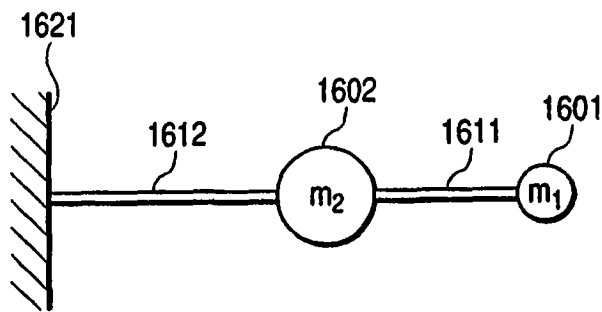


图 18

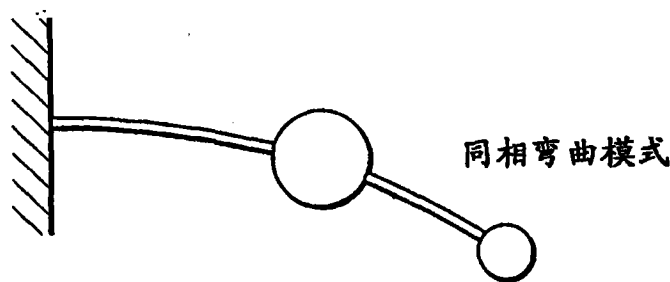


图 19A

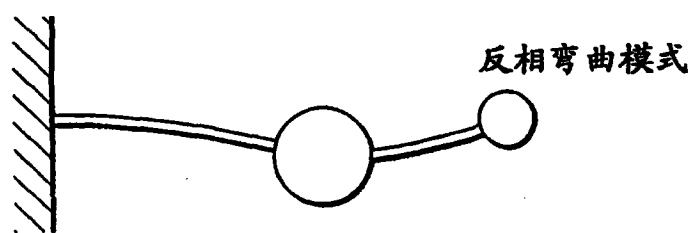


图 19B