[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.
G02B 26/10 (2006.01)
B23K 26/00 (2006.01)
H05K 3/00 (2006.01)

[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 200410056991.1

[45] 授权公告日 2008 年 11 月 12 日

[11] 授权公告号 CN 100432743C

[22] 申请日 2004.8.24
[21] 申请号 200410056991.1
[30] 优先权
[32] 2004. 2.19 [33] JP [31] 2004 - 043050
[73] 专利权人 日立比亚机械股份有限公司
地址 日本神奈川
[72] 发明人 大槻治明 远山聪一 关健太
大久保弥市 北村大介
[56] 参考文献
JP 2003 - 90974 A 2003.3.28
JP 2002 - 40356 A 2002.2.6
JP 2003 - 307700 A 2003.10.31
JP 2003 - 241124 A 2003.8.27
JP 10 - 328871 A 1998.12.15
JP 2002 - 137074 A 2002.5.14
审查员 陈雯菁
[74] 专利代理机构 北京银龙知识产权代理有限公司
代理人 郝庆芬

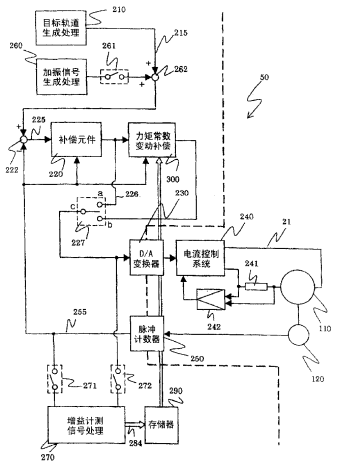
权利要求书 1 页 说明书 9 页 附图 8 页

[54] 发明名称

电扫描器的控制方法、电扫描器

[57] 摘要

提供了一种不依赖摇动角度、能够高速地定位反射镜的电扫描器的控制方法、电扫描器以及通过这样的电扫描器照射激光在印刷电路板上进行打孔的激光加工机。 基于指令信号 215 和当前位置 242 的偏差对使反射镜摇动的驱动器 110 进行操作，因而，测量对应于摇动角度的驱动器 110 的增益变化，修正驱动器 110 的操作量，使没有增益变化。由此，因为能够抑制对应于摇动角度的力矩常数的变动的影响，因而能够在全部扫描范围内应答特性一样，提高定位速度。



1. 一种电扫描器的控制方法，其为了控制向反射镜入射的光的出射角，基于指令信号和当前位置的偏差，操作使反射镜摇动的驱动器，其特征在于，具有：电扫描器在实际操作之前，按照所述驱动器的多个摇动角度自动地测量并存储表示所述驱动器的力矩常数的变化的数据的步骤，和根据所述数据补偿所述驱动器的操作量，以抵消力矩常数的变化的步骤。

2. 一种电扫描器，其为了控制向反射镜入射的光的出射角，基于指令信号和当前位置的偏差，操作使反射镜摇动的驱动器，其特征在于，具有：测量单元，按照多个摇动角度测量所述驱动器的力矩常数的变化；存储单元，存储所述测量单元测量出的表示所述变化的数据，其中，所述测量和存储在实际操作之前进行；和修正单元，在实际操作中根据存储在存储器中的所述数据补偿所述驱动器的操作量，以抵消力矩常数的变化。

电扫描器的控制方法、电扫描器

技术领域

本发明涉及用来扫描激光等光的电扫描器（galvano-scanner）的控制方法、电扫描器以及通过这样的电扫描器照射激光在印刷线路板上进行打孔的激光加工机。

背景技术

作为具有扫描激光功能的激光装置的一个例子的用来进行印刷线路板打孔的激光加工机，是将激光脉冲状地照射到印刷线路板，开设用来连接底板的导体层间的孔的装置。现有的印刷线路板打孔的激光加工机，例如具有装载印刷线路板、使印刷线路板在水平面内的 XY 方向移动的 XY 工作台伺服机构，和用来在上述的印刷线路板的 XY 方向扫描激光束的一对电扫描器伺服机构（例如，参照专利文献 1）。

电扫描器的结构例如为在一体贯通摇动轴的中央区间固定线圈，邻接该线圈的两端，配置一对轴承，分别在其外侧的一方配置角度检测器，在另一方配置反射镜安装部分（例如，参照专利文献 2）。

以下，使用附图对其进行进一步详细地说明。

图 5 为现有的激光加工机中电子反射镜伺服机构（电扫描器伺服机构）的构成例示方框图。

电扫描器 100 的电磁摇动驱动器（actuator）110，使得摇动轴 111 摇动。在摇动轴 111 的一个端部上通过镜架 131 安装反射镜 130，在另一端部上安装角度检测器 120。

从以上的结构，对应于摇动轴 111 的摇动，改变反射镜 130 的方向，向反射镜 130 入射的激光束 30 的出射方向变化。摇动轴 111 也就是反射镜 130 的摇动角通过角度检测器 120 被检测出。

上位控制装置 10 解释 NC 程序，对应于适合定位激光束 30 的对象物上的位置，向电扫描器控制装置 20 指示反射镜 130 的目标定位角度 11。

图 6 为构成现有的电扫描器控制装置 20 的扫描伺服机构的方框图，

虚线左侧为通过伺服处理程序软件被执行的部分，右侧表示硬件的连接关系和信号的流动。

目标轨道生成处理部 210，基于目标定位角度 11，计算时时刻刻的电扫描器的摇动角度目标值 215，生成扫描伺服机构的目标轨道。该目标值 215 通过减法装置 222 减去所检测的扫描器的摇动角度 255，成为偏差 225。该偏差 225 在补偿元件 220 中施加控制运算处理，计算操作量信号 226。操作量信号 226 在 D/A 变换器 230 中被变换为模拟信号，成为电流控制系统 240 的指令值（驱动信号）21。在电流控制系统 240 的输出端连接电驱动器 110 的电枢，与其串联连接电流检测电阻 241。电流检测电阻 241 的端子电压由差动放大器 242 检测，作为电流信号向电流控制系统 240 反馈。摇动轴 111 上结合的编码器 120，对应于摇动量产生脉冲（位置信号）22，该脉冲由脉冲计数器 250 计数，作为摇动角度 255 进行反馈。

通过反复操作这些处理，反射镜 130 缓缓地接近目标位置。在定位结束后，从电扫描器控制装置 20 向上位控制装置 10 传送定位结束信号 12。

从省略图示的激光振荡器输出的激光束 30 通过反射镜 130 反射，通过 Fθ 透镜 140 照射到对象物的加工位置。在图中，对应于反射镜 130 的 3 个摇动角度，示意点 A、点 B、点 C 的三个加工位置。

图 7 为电驱动器的剖面图。

围绕摇动轴 111 配置形状为圆筒状的内部磁轭 112，在其外侧，间隔圆筒状的空隙 G，配置在圆周方向分割成 4 分的永久磁铁 113a、113b、113c、113d。永久磁铁 113a～113d 向半径方向分极地进行磁化，永久磁铁 113a 和永久磁铁 113c，永久磁铁 113b 和永久磁铁 113d 分别向同一方向磁化。

在永久磁铁 113a～113d 的外侧，配置外部磁轭 114，它们形成磁回路。由此，通过永久磁铁 113a～113d 以及内部磁轭 112 形成的磁场，在空隙 G 上生成约为半径方向的磁通 M。而且，在空隙 G 中构成电枢线圈的芯线群 115a、115b、115c、115d 如图所示地进行配置。

根据以上的结构，向线圈通电后，在芯线群 115a、115b、115c、115d

上如图所示的方向上流经电流，通过磁通和电流的相互作用，向芯线群115a～115d 的圆周方向上作用力（洛伦兹力）。因为线圈也就是芯线群115a～115d 是固定在摇动轴 111 上的，因而该力成为驱动摇动轴 111 的力矩。该力矩与所流经线圈的电流成比例，该比例常数为力矩常数。

[专利文献 1] 特开 2002－137074 号公报（第 2 页，图 6）

[专利文献 2] 特开 2002－6255 号公报（第 2 页，图 6）

发明内容

近年来，对提高激光加工机这样电扫描器应用产品的加工效率的要求日益强烈，也希望获得电扫描器伺服机构的高速应答。电扫描器在限定的角度范围内进行使得反射镜摇动的操作，而在该角度范围内的电扫描器的特性也未必一样。

也就是说，如上述图 7 所示的电驱动器 110 的情况下，永久磁铁113a～113d 的中央附近的磁通 M 朝向半径方向，而随着邻近其端部向着半径方向倾斜，密度也降低。因此，芯线群 115a～115d 邻近永久磁铁113a～113d 的端部，产生力矩常数的降低。

图 8 表示的是摇动角度和力矩常数的关系的一个例子，摇动角度 θB 为摇动中心，摇动角度 θA 为正侧、摇动角度 θC 为负侧的角度，它们是对应图 5 中加工位置 A、B、C 的摇动角度。

图 9 为在摇动角度是 θA、θB、θC 的加工位置在进行相同的冲程定位时的伺服机构的偏差信号的图表的重叠图。

从该图中可以得知，以摇动角度 θB 表示合适的应答，而摇动角度 θA、和摇动角度 θC 产生了过冲。也就是说，因为由于摇动角度力矩常数变化，所以在某个角度上具有良好的定位应答性的伺服机构，会在其他的角度上产生过冲，由此会产生过阻尼的问题。

但是，使得作用在线圈上的磁场的强度不依赖摇动角度都是一样的较为困难的，即使流经相同的电流也是对应摇动角度来变动作用在转子上的力矩的大小。通过其他的结构产生力矩的电扫描器也与之相同，由于摇动角度完全不变动力矩常数是困难的。

本发明的目的在于，提供一种不管摇动角度能够高速地定位反射镜

的电扫描器的控制方法、电扫描器以及通过这样的电扫描器照射激光在印刷线路板进行打孔的激光加工机。

本发明的第一手段是：一种电扫描器的控制方法，为了控制向反射镜入射的光的出射角，基于指令信号和当前位置的偏差，操作使反射镜摇动的驱动器，具有：电扫描器在实际操作之前，按照所述驱动器的多个摇动角度自动地测量并存储表示所述驱动器的力矩系数的变化的数据的步骤，和根据所述数据补偿所述驱动器的操作量，以抵消力矩系数的变化的步骤。

本发明的第二手段是：一种电扫描器， 其为了控制向反射镜入射的光的出射角，基于指令信号和当前位置的偏差，操作使反射镜摇动的驱动器，具有：测量单元，按照多个摇动角度测量所述驱动器的力矩常数的变化；存储单元，存储所述测量单元测量出的表示所述变化的数据，其中，所述测量和存储在实际操作之前进行；和修正单元，在实际操作中根据存储在存储器中的所述数据补偿所述驱动器的操作量，以抵消力矩常数的变化。

附图说明

图 1 为根据本发明构成具有力矩常数测量功能的电扫描器控制装置的扫描器伺服机构的方框图。

图 2 为涉及本发明的增益测量信号处理的方框图。

图 3 是表示摇动角度和力矩常数的关系图。

图 4 为适用于本发明的印刷线路板开孔用的激光加工机的构成图。

图 5 为现有的激光加工机的电反射镜伺服机构的构成例示方框图。

图 6 为构成现有技术的电扫描器控制装置的扫描器伺服机构的方框图。

图 7 为电驱动器的剖面图。

图 8 为摇动角度和力矩常数的关系的一个例示图表。

图 9 为摇动角度为 θ_A、θ_B、θ_C 的加工位置上进行相同的冲程定位时的伺服机构的偏差信号的图表重叠图。

具体实施方式

图1为根据本发明构成具有力矩常数计测量功能的电扫描器控制装置的扫描伺服机构的方框图，虚线的左侧表示为通过伺服处理处理器的软件执行的部分，右侧表示和硬件的连接关系和信号流向。并且，对于与图6具有相同功能的给予相同附图标记，省略对其重复说明。而且，电扫描器控制装置50具有LAN接口（省略了图示），经由LAN可以与远程主机进行通信。

加振信号生成处理部260产生小振幅的正弦波信号。并且，该正弦波信号的频率避开了作为控制对象的扫描器驱动器的共振频率、放大器的各种噪音频率、摩擦影响显著的低频率范围，设定为传递函数表示作为惯性体的二重积分特性的频率。

信号连接遮断处理部261将从加振信号生成处理部260输出的信号连接或遮断到加法处理部 262。加法处理部 262 对从加振信号生成处理部260和目标值生成处理部210输出的目标值215进行加法运算，向减法装置222输出。

补偿元件220的输出被输入到信号连接切换处理部227的端子a和力矩常数变动补偿部300，力矩常数变动补偿部300的输出被输入到信号连接切换处理部227的端子b。信号连接切换处理部227的输出从端子c被输入到D／A变换器230。

在增益测量信号处理部270中，摇动角度255经由信号连接遮断处理部271被输入，同时操作量信号226经由信号连接遮断处理部272被输入，将处理结果284记录在存储器290内的指定地址。

其次，对于增益测量信号处理部270进行说明。

图2为表示涉及本发明的增益测量信号处理部的结构的方框图。

第1数字滤波器273的输入端被连接到信号连接遮断处理部271，输出信号经由第一峰值保持电路277被输入到除法处理部279。第2数字滤波器274的输入端被连接到信号连接遮断处理部272，输出信号经由第二峰值保持电路278被输入到除法处理部279。第1和第2数字滤波器273、274具有使与由加振信号生成处理部260所生成的正弦波频率和相同的频

率成分通过、遮断其他频率成分的带通特性。并且图 2 中的 283 为定时信号。

其次，说明本发明的操作。

如上所述，对应摇动角度力矩常数变化。从而，为抑制应答波形的变化，必须对应于每个扫描器及其设置，测量如图 8 所示的力矩常数的变动。

因此，在定位之前，按以下的顺序测定对应摇动角度的力矩常数。

首先，信号连接遮断处理部 261、271、272 置于连接端，同时信号连接切换处理部 227 的端子 c 连接在端子 a，将补偿元件 220 的输出信号直接输入到 D / A 变换器。在该状态下，目标值生成处理部 210 在设定对应于应该测量的摇动角度的目标值 215 的同时，加振信号处理部分 260 产生小振幅的正弦波信号。从加振信号生成处理部 260 输出的正弦波信号通过加法处理部 262 与目标值 215 相加，因而摇动轴 111 以应该测量的摇动角度为中心被正弦波状地驱动。

摇动角度 255 和操作量信号 226 被插入到每个取样周期内，分别通过第 1 和第 2 数字滤波器 273、274 进行处理。由于第 1 和第 2 数字滤波器 273、274 具有使与由加振信号生成处理部 260 所生成的正弦波频率和相同的频率成分通过、遮断其他频率成分的带通特性，因而在加振开始后经过一段暂时的时间，在这些滤波器的输出中出现对应于加振信号的控制对象的输入信号成分 275、和对应加振信号的控制对象的输出信号成分 276。并且，由于第 1 和第 2 数字滤波器 273、274 进行相同的处理，因而在研究输入信号成分 275 和输出信号成分 276 之间的传递特性时，滤波器的影响相互抵消。

输入信号成分 275 和输出信号成分 276 分别输入到第 1 和第 2 峰值保持处理部 277、278，正弦波状的信号峰值被保持，获得作为输出的输入信号振幅 281、输出信号振幅 282。

经过充分的时间之后，由定时信号 283 在除法处理部 279 进行除法运算，以输出信号振幅 282 除以输入信号振幅 281，计算出控制对象增益的倒数 284，记录在对应于存储器 290 中测量时摇动角度的地址 291 所指定

的地址中。

在可移动范围内逐渐改变摇动角度的目标值，同时反复操作以上使用图 1 和图 2 说明的一连串处理，进行对应可移动范围整体的力矩常数变化的测量，记录在存储器 290 中。

在加工时，将信号连接遮断处理部 261、271、272 置于遮断端，同时将信号连接切换处理部 227 的端子 c 与端子 b 连接，补偿元件部 220 的输出信号经由力矩常数变动补偿部 300 输入至 D / A 变换器 230。于是，力矩常数变动补偿部 300 对应于摇动角 255、也就是摇动角 θ，参照存储器 290，使抵消力矩常数的变化（例如使与通过测定所得到的力矩常数的最大值相等那样）那样，放大操作量信号 226，向 D/A 变换器 230 输出。其结果是，因为不依赖摇动角度 θ 力矩常数固定，因而能够高速定位反射镜，能够提高加工速度。

并且，在参照存储器 290 时，也可以使用目标值 215 来代替摇动角 255，得到相当的补偿效果。

然而，在上述方法的情况下，要提高定位精度，因为增加了摇动角度 θ 的测量，延长了用来测定力矩常数的变换所必要的时间。因此，如下进行的话，能够在提高定位精度的同时也能够缩短测定时间。

也就是说，力矩常数的变化几乎都如图 8 所示的表示特性的情况，以可动范围的中央的原点上的力矩常数标准化后，成为图 3 所示的曲线，在原点的值为 1。考虑该标准化力矩常数的倒数，成为如该图中虚线所示的曲线，能够以摇动角度的 4 次函数近似。取该 4 次函数为

$Kc=a1\theta^4+a2\theta^3+a3\theta^2+a4\theta+a5$……公式 1

式中，Kc 为控制对象的增益的倒数，θ 为摇动角度，a1、a2、a3、a4、a5 为系数。通过一系列的测量，摇动角度为

$\theta=[\theta1,\theta2,\cdots\theta n]$ …公式 2，

得到增益

Kc＝［Kc1，Kc2，…Kcn］…公式 3

后，若 n=5，a1、a2、a3、a4、a5 被唯一确定，若 n 进一步增加则能够通过最小二自乘法确定。把由此而得到的系数的推定值作为 A，则根据下

式能够计算出补偿系数。

$Kc=A1\theta^4+A2\theta^3+A3\theta^2+A4\theta+A5$ ...公式 4

在这样构成的情况下，力矩常数变动补偿 300 从摇动角度和系数计算补偿系数，与操作量信号 226 相乘，引到 D / A 变换器 230。由此，对于原点的力矩常数的各个摇动角度的力矩常数的变化进行补偿，能够保持伺服机构的运动特性固定。

通常，力矩常数变化的状况为每个电扫描器的个体参差不齐，也经年变化。而且，因为依赖于向电扫描器的激光加工机安装的状态、或向反射镜的电扫描器安装的状态，在维护时等将扫描器或反射镜取出，进行修正时，有时就是在相同的加工位置上也不再现原来的响应，而根据本发明，能够恒定提高加工速度。

而且，在公式 1 中，设 4 次曲线为相对于中央（也就是摇动角度 θ=0）是对称的,但是由于永久磁铁 113a～113d 的特性、芯线群 115a～115d 的参差不齐，组合的参差不齐等，有时可移动范围的中央离开力矩常数最大的位置。即使在这样的情况，抽样数 n 为大于 5 时，能够求得对于 4 次曲线的中央的偏离量，因而能够进行精度的较好补偿。

并且，在上述中，力矩常数变动补偿 300 配置在补偿元件 220 和 D / A 变换器 230 之间，但是也可以对伺服控制环内的向前部分也就是补偿元件 220 内的省略了图示的增益进行补偿。

图 4 为适用于本发明的印刷线路板打孔用的激光加工机的结构图，不涉及发明实质的部分省略其图示。在该图中，从激光振荡器 310 输出的激光束 30 通过反射镜 313a、反射镜 313b，经由由准直仪 312 和光圈 314 等构成的光学光束处理系统，进行整形，另外经由反射镜 313c、反射镜 313d、反射镜 313e、反射镜 313f，入射到第 1 电扫描器 100a 的反射镜。该反射镜为中立位置时，将从图中右方向的入射束反射到图中的前方向，但是通过变化反射镜的角度，可以使反射束的前进路径在图中水平面内、即 XY 工作台上的光点的位置上图中左右方向（Y 轴方向）变化。通过第 1 电扫描器 100a 的光束随后入射到第 2 电扫描器 100b 的反射镜。该反射镜为中立位置时，将从图中内方向入射的光束反射到图

中下方，但是通过改变反射镜的角度，可以使反射束的前进路径在图中前后方向的垂直面内，即 XY 工作台上的光点位置上图中前后方向（X 轴方向）变化。通过第 2 电扫描器 100b 的反射镜的光束经由 Fθ 透镜 140，被照射在装载在 XY 工作台 353 上的印刷线路板 352。并且，XY 工作台 353 通过 Y 轴驱动机构 354 向 Y 轴方向驱动，Y 轴驱动机构 354 通过 X 轴驱动机构 355 向 X 轴方向驱动，因而实现了向 XY 工作台 353 的 XY 方向的移动定位。X 轴驱动机构 355 被固定在底座 356 上。电扫描器 330a、330b 具备有上述力矩常数变动补偿功能。

以上说明的力矩常数变动补偿的功能，是作为电扫描器控制装置 50 的功能之一赋予的，被设定为可在将电扫描器连接在该控制装置时的初始设定、在更换电扫描器时调整等时使用。而且，也可以具有经由 LAN 或外加经由因特网从远程操作该功能、或者监视测量结果的功能。

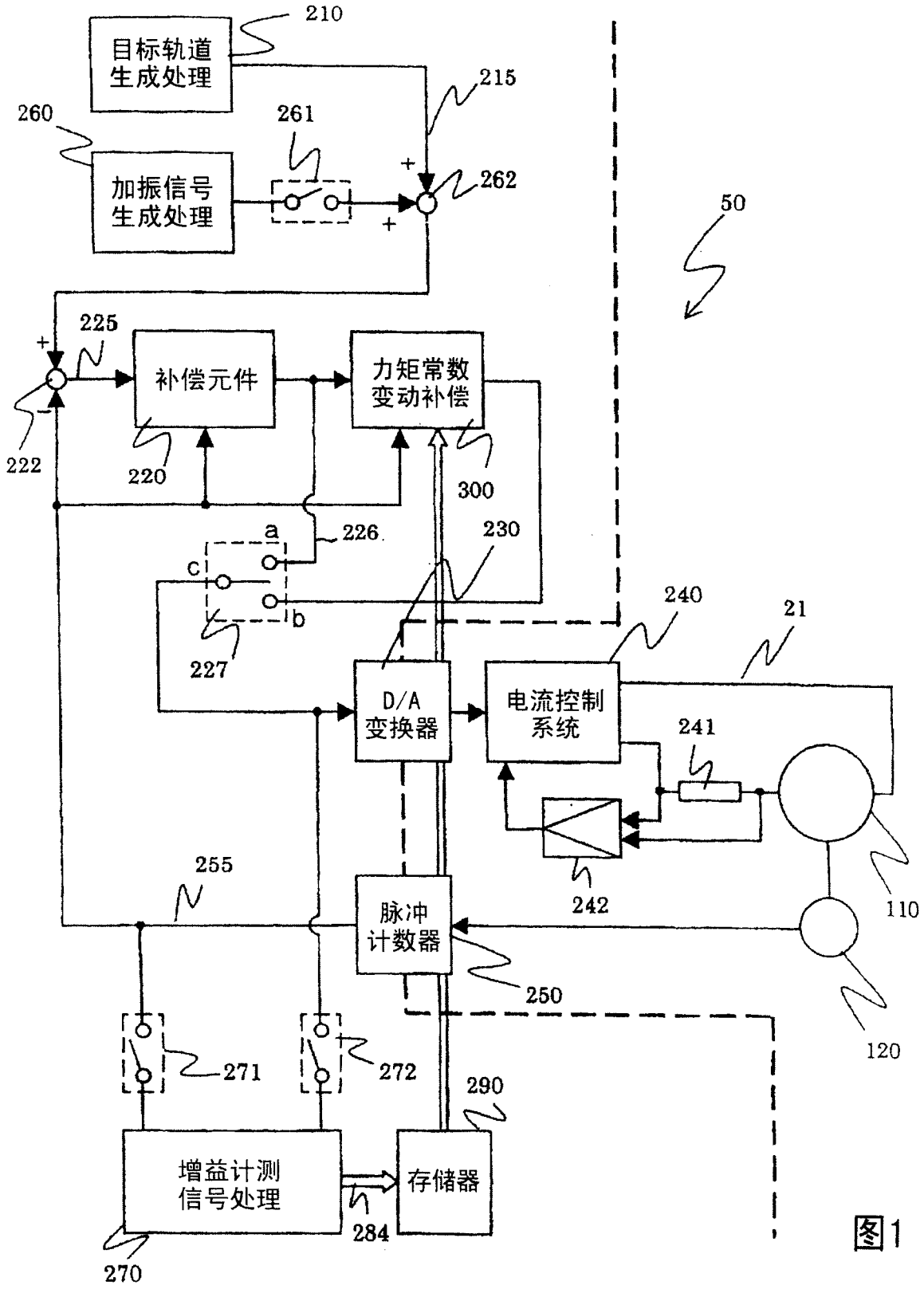

目标轨道生成处理
210
215
260
261
加振信号生成处理
262
50
225
补偿元件
力矩常数变动补偿
222
220
300
a
226
230
c
b
227
240
21
D/A变换器
电流控制系统
241
242
255
脉冲计数器
110
250
120
271
272
290
增益计测信号处理
存储器
284
270

图1

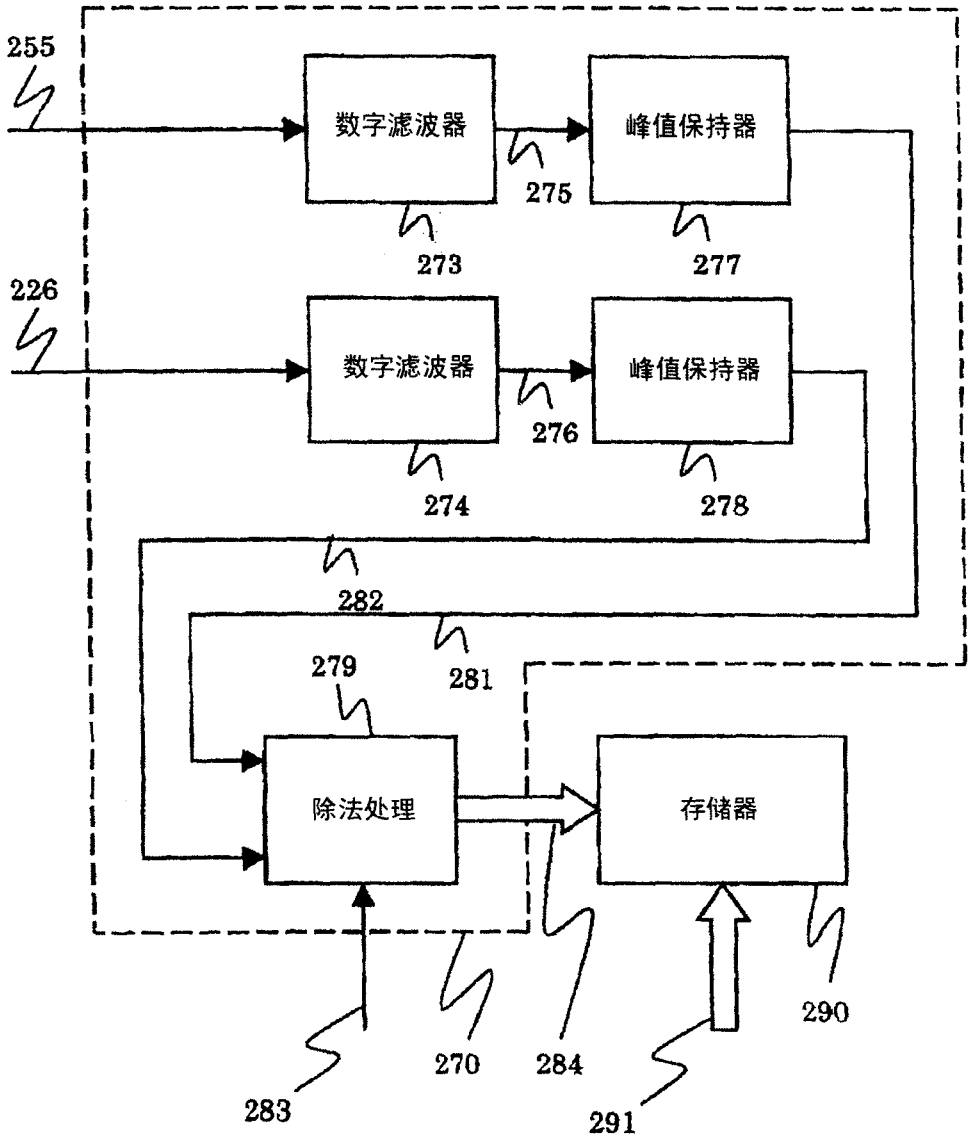

255
数字滤波器
峰值保持器
275
273
277
226
数字滤波器
峰值保持器
276
274
278
282
281
279
除法处理
存储器
290
270
284
283
291

图2

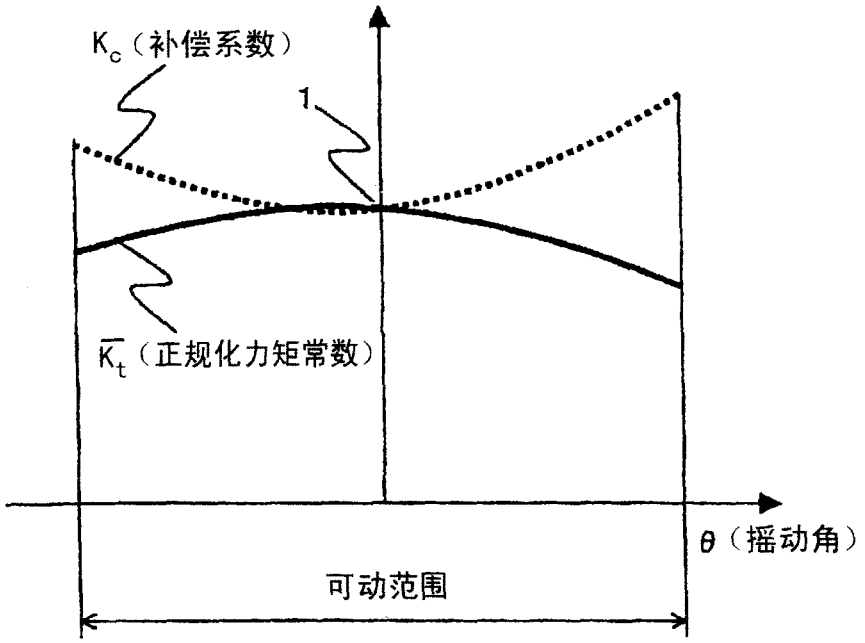


图3

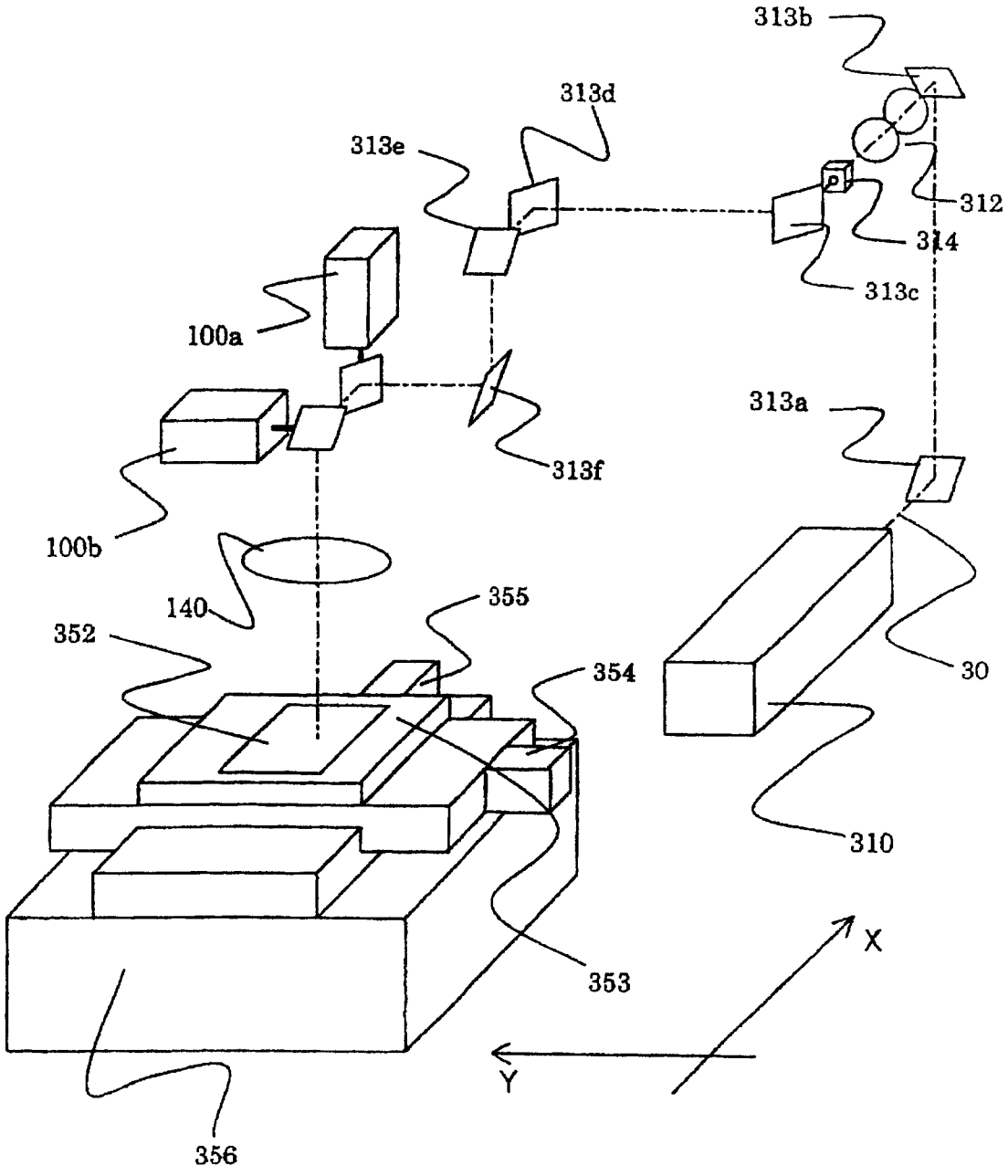

313b
313d
313e
312
314
313c
100a
313a
313f
100b
140
355
352
354
30
310
353
X
Y
356

图4

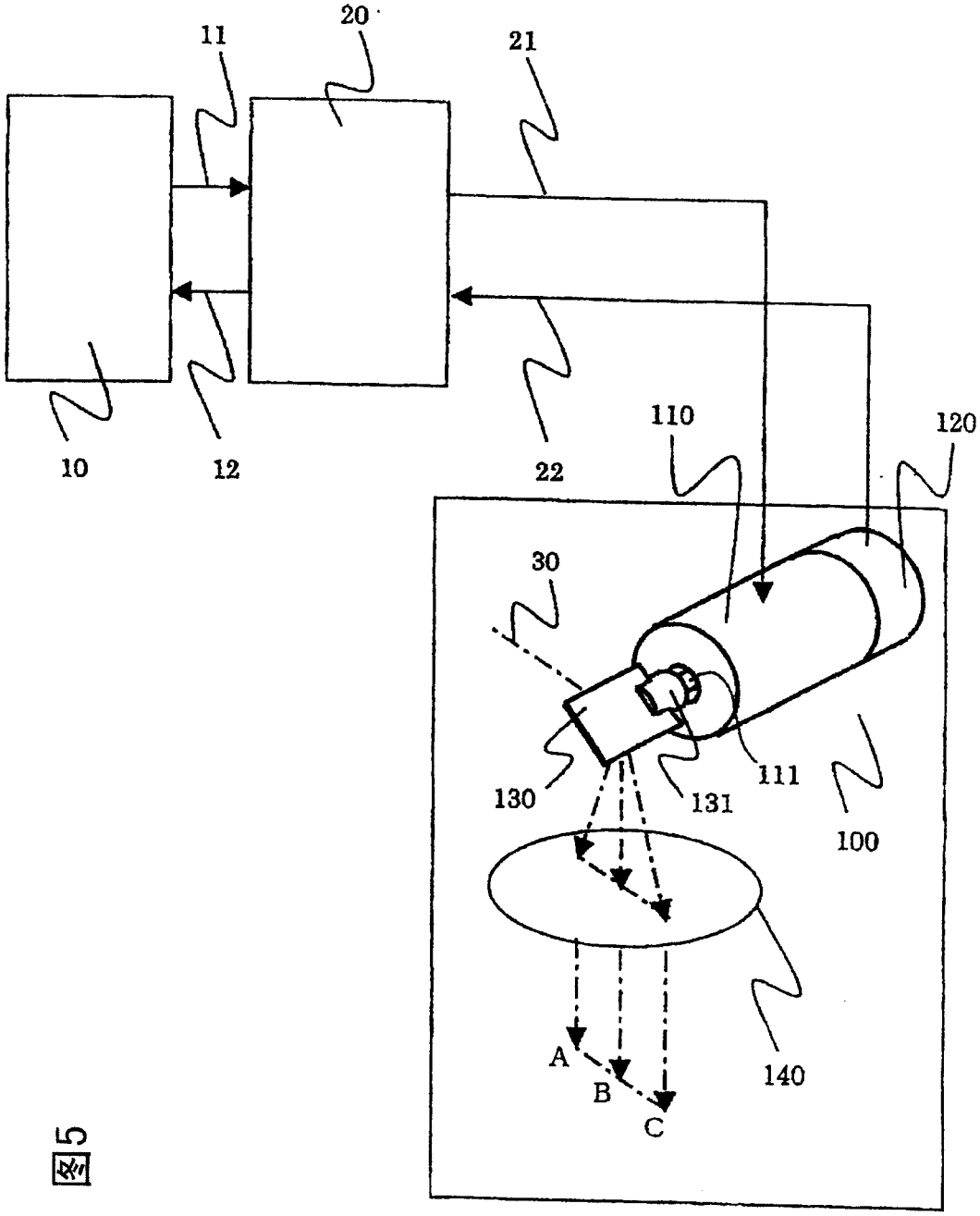


图5

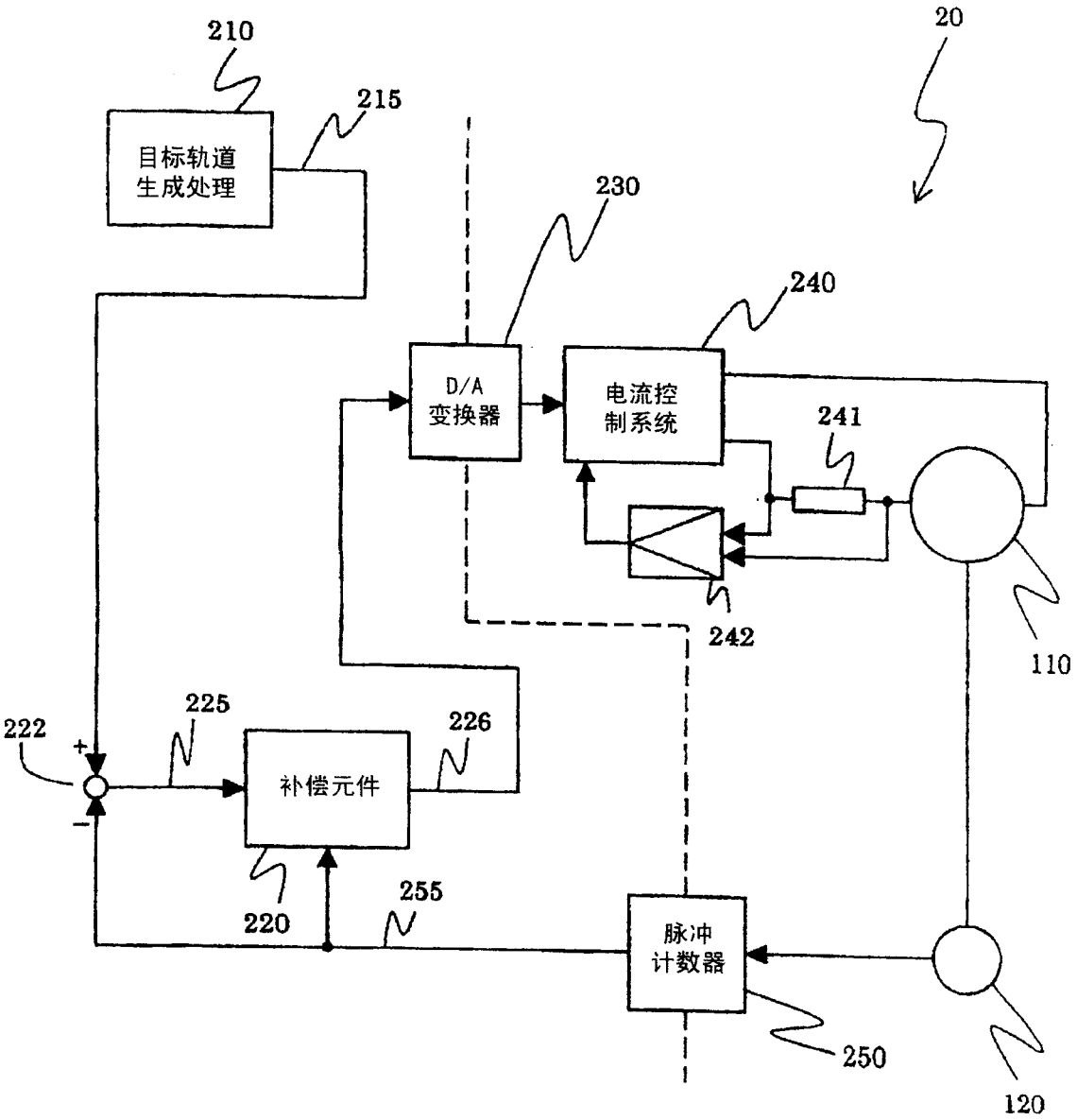

210
215
20
目标轨道
生成处理
230
240
D/A
变换器
电流控
制系统
241
242
110
222
+
−
225
226
补偿元件
220
255
脉冲
计数器
250
120

图6

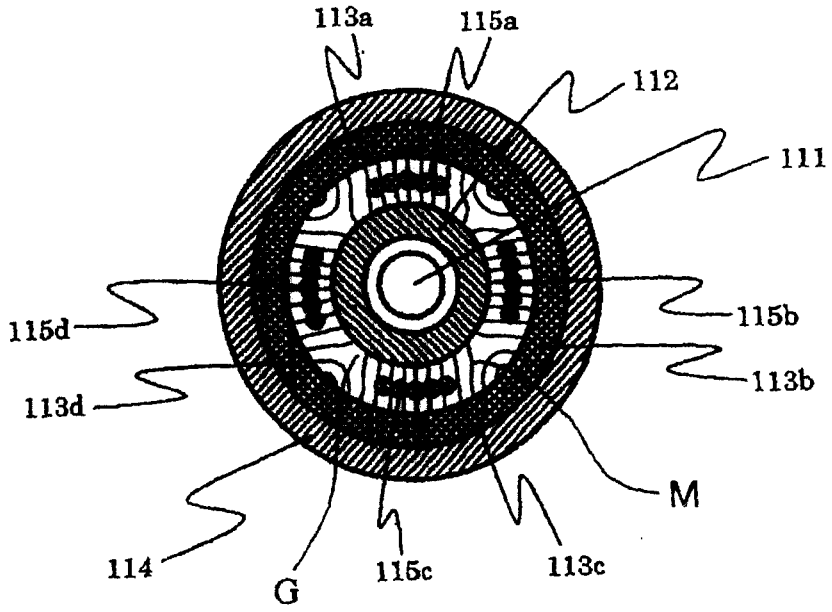

113a
115a
112
111
115d
115b
113d
113b
M
114
G
115c
113c

图7

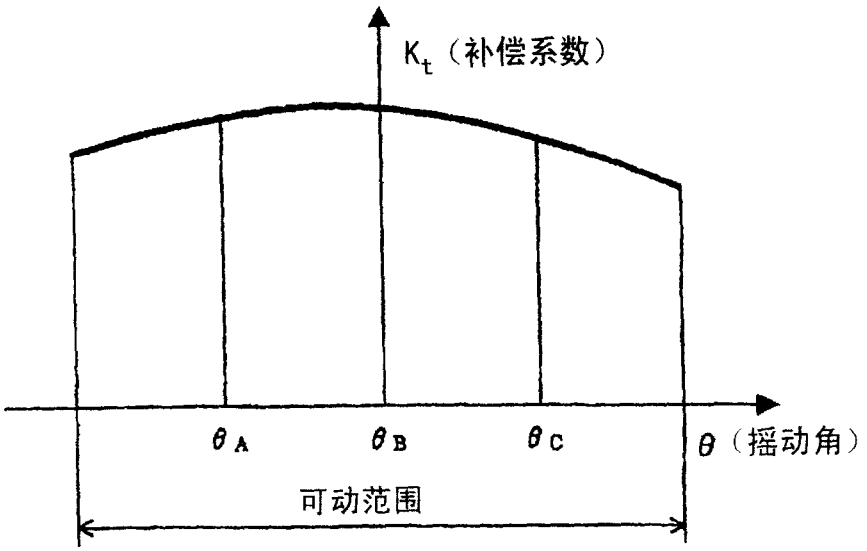

K_t（补偿系数）
θ_A
θ_B
θ_C
θ（摇动角）
可动范围

图8

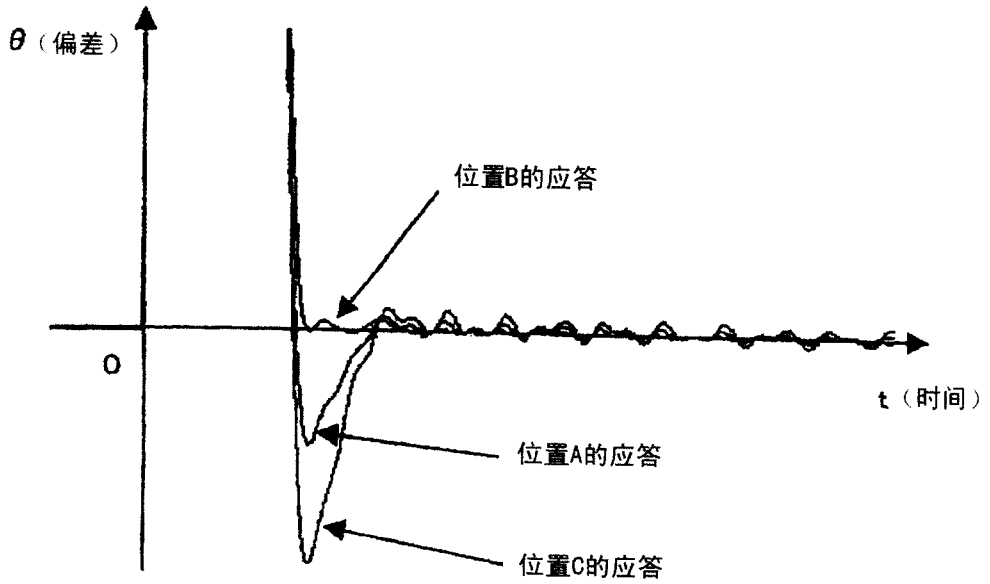


图9