

快门装置及其控制方法、光刻机及其曝光剂量控制方法

技术领域

本发明涉及光刻机领域，特别涉及一种快门装置及其控制方法、光刻机及其曝光剂量控制方法。

背景技术

光刻技术是用于在衬底表面上印刷具有特征的构图。经常使用的衬底包括表面涂有光敏感介质的半导体晶片或玻璃基片。在光刻过程中，晶片放在晶片台上，通过处在光刻设备内的曝光装置，将特征构图投射到晶片表面。

光刻机的一个重要指标是曝光剂量，对于曝光剂量的精确控制直接影响着一台光刻机的刻蚀精度。

现有中低端光刻机的曝光系统采用高压汞灯作为光源，曝光开始、结束由光路中的机械快门控制，曝光剂量大小由曝光时间确定。具体过程如下：首先通过预热和环境控制使高压汞灯输出光功率达到稳定；接着，计算曝光时间，打开快门开始曝光，同步计时开始；最后，时间到，关闭快门，曝光结束。

应用于曝光的快门机械形式根据快门叶片运动形式主要分为旋转式快门及直线式快门。快门运动控制方式主要包含开环式控制及闭环式控制。

现有技术中揭示了双叶片旋转式直驱方式的快门，运动主体为永磁铁，采用改变线圈组内部电流方向产生磁场方向变化，吸附永磁铁直线运动，但对速度未有明确体现。现有技术中还公开了一种电磁直线运动驱动结构，但该结构的应用工况为相机领域，通光孔径直径小于 10mm，且相机工况的光强能量较低，并不适用于光刻机。

现有技术中还提出一种采用旋转电机作为驱动的单叶片的旋转式快门，

并采用闭环控制进行曝光开闭位置控制，快门最小开闭时间（从快门开始打开到完全关闭所需的最小时间）在 150ms~170ms 之间，在光源辐照强度为 2000 mW/cm²的工况下，采用该旋转式快门可实现的最小曝光剂量为 300mj。但是，此快门面临的主要问题如下：

- （1）对于小于 300mj 的工艺剂量需要通过照度衰减结构的能量衰减方式实现小剂量曝光；
- （2）由于开闭时间的限制，小剂量曝光产率存在比较明显劣势；
- （3）由于照度衰减机构的存在以及快门开闭速度的限制，导致单位时间内光源利用率降低。

发明内容

本发明提供一种快门装置及其控制方法、光刻机及其曝光剂量控制方法，以减小快门开闭时间，提高小剂量曝光产率并提高光源利用率。

为解决上述技术问题，本发明提供一种快门装置，包括：挡光单元和音圈电机，其中，所述音圈电机包括永磁模块、驱动导轨模块和线圈结构，所述线圈结构设置在所述驱动导轨模块上，所述永磁模块在所述驱动导轨模块内部产生磁场，所述挡光单元包括两个快门叶片，所述快门叶片与所述线圈结构连接，所述线圈结构通电后产生与所述驱动导轨模块磁场方向相反或相同的磁场，使所述线圈结构沿所述驱动导轨模块正向或反向运动，带动两个快门叶片打开或关闭。

作为优选，所述永磁模块包括对称布置的两组永磁铁组，每组永磁铁组包括两块永磁铁，所述驱动导轨模块设于所述两块永磁铁之间，所述线圈结构包括两个线圈，一个线圈连接一个快门叶片且对应一组永磁铁组。

作为优选，所述驱动导轨模块采用铁芯。

作为优选，所述驱动导轨模块为弧形或者半圆形。

作为优选，所述两个快门叶片剪刀式铰接，且两个快门叶片之间在关闭状态下存在重叠。

作为优选，所述快门叶片采用铝制叶片。

作为优选，所述快门叶片表面经过黑色阳极氧化工艺处理。

作为优选，所述快门装置还包括罩设在音圈电机和挡光单元外部的罩壳，所述罩壳上与挡光单元对应位置处开设有通光孔。

作为优选，所述罩壳上设有冷却气入口，用于通入压缩空气对所述音圈电机和挡光单元进行冷却。

作为优选，所述快门叶片的直径大于所述通光孔的直径。

作为优选，所述快门叶片与所述线圈结构之间还设置有轴承转轴组件。

作为优选，所述轴承转轴组件包括：轴承座、安装在所述轴承座上的转轴、设在所述转轴上的轴承以及与所述轴承配合的轴套，所述快门叶片套设在所述转轴上并与线圈结构连接。

作为优选，所述转轴与所述轴承之间、所述轴承与所述轴套之间过渡配合。

作为优选，所述轴承采用双深沟球轴承。

作为优选，所述快门装置还包括位置探测器和位置探测片，所述位置探测器安装在所述轴承座上，所述位置探测片安装在所述轴套上且相对于快门叶片具有固定的位置。

作为优选，所述快门叶片的重心靠近所述转轴的中心，且偏向于快门叶片的圆弧形边缘一侧。

作为优选，所述永磁模块和驱动导轨模块安装固定在轴承座上。

本发明还提供如上所述的快门装置的控制方法，包括：根据所需的光斑

大小确定音圈电机的输出力；根据音圈电机的输出力确定由控制板卡向线圈结构输出的电流，其中，所述控制板卡向线圈结构输出正方向电流可控制快门叶片加速，所述控制板卡向线圈结构输出反方向电流可控制快门叶片减速，通过打开加速、打开减速、关闭加速和关闭减速四个速率控制阶段实现所述快门叶片的开闭，同时设定快门叶片处于打开加速、打开减速、关闭加速和关闭减速状态时的通电时间。

作为优选，所述方法还包括由所述控制板卡向线圈结构输出远小于控制快门叶片加速的正向电流及控制快门叶片减速的反向电流的电流，使快门叶片处于静止状态。

作为优选，根据所需的光斑大小确定音圈电机的输出力包括：根据所需的光斑大小确定单个快门叶片的旋转行程，根据该旋转行程计算开闭过程中快门叶片所需的推力，进而确定音圈电机的输出力。

作为优选，所述方法还包括：优化所述控制板卡向线圈结构输出的电流峰值，对所述快门叶片进行S型速度曲线控制。

本发明还提供一种包括上述快门装置的光刻机。

本发明还提供一种应用于所述的光刻机的曝光剂量控制方法，包括：接收曝光剂量指令，根据所述曝光剂量确定所述音圈电机的输出力，根据所述音圈电机的输出力确定控制板卡向线圈结构输出的电流和通电时间，其中，所述控制板卡向线圈结构输出正向电流使所述快门装置进行打开加速动作，加速结束后所述控制板卡向线圈结构输出反向电流使所述快门装置进行打开减速动作；减速电流结束后，所述线圈结构控制板卡输出保持电流进入等待阶段；根据能量时间积分判定条件等待关闭命令下发，关闭命令下发后，所述控制板卡向线圈结构输出正向电流使所述快门装置进行关闭加速动作，加速结束后所述控制板卡向线圈结构输出反向电流使得所述快门装置进行关闭

减速动作，从而完成单次曝光剂量控制过程。

与现有技术相比，本发明具有以下优点：本发明通过采用两组快门叶片配合，可以减小快门叶片行程；另一方面采用可以提供大扭矩的音圈电机，两者配合，使得本发明的光刻机曝光快门装置可以实现以下技术指标：单叶片开闭角度达 20° ，通光直径为 40mm，最小开闭时间为 28.4ms，大大提高了快门叶片的开闭时间，而且单个快门叶片的驱动平均功率 15.3W；照度工况 $2500\text{mW}/\text{cm}^2$ ，快门叶片处光功率为 170W 时的最小曝光剂量为 80mj，小剂量曝光产率至少提升了 3 倍，无需使用照度衰减机构，提高了单位时间内的光源利用率。

附图说明

图 1 为本发明实施例 1 中快门装置的结构示意图；

图 2 为本发明实施例 1 中音圈电机的结构示意图；

图 3 为本发明实施例 1 中轴承转轴组件的结构示意图；

图 4 为本发明实施例 1 中快门叶片质心位置示意图；

图 5 为本发明实施例 1 中快门叶片与罩壳之间的位置关系图；

图 6 为本发明实施例 1 中快门叶片速率控制示意图；

图 7 为本发明实施例 1 中快门装置的开环电流控制原理示意图；

图 8 为本发明实施例 1 中光刻机曝光过程能量探测示意图；

图 9 为本发明实施例 2 中快门叶片优化速率控制示意图。

图中所示：100-音圈电机、110-永磁模块、111-永磁铁、120-驱动导轨模块、130-线圈、200-快门叶片、300-轴承转轴组件、310-轴承座、320-转轴、330-轴承、340-轴套、400-位置探测器、350-位置探测片、500-罩壳、510-通光孔径。

具体实施方式

为使本发明的上述目的、特征和优点能够更加明显易懂，下面结合附图对本发明的具体实施方式做详细的说明。需说明的是，本发明附图均采用简化的形式且均使用非精准的比例，仅用以方便、明晰地辅助说明本发明实施例的目的。

实施例 1

如图 1-5 所示，本发明的光刻机曝光快门装置，包括：罩壳 500、设置在所述罩壳 500 内的挡光单元、轴承转轴组件 300、音圈电机 100 以及位置探测模块。罩壳 500 也即是光刻机曝光快门装置的总体外形尺寸例如为 160mm×50mm×200mm。其中，所述挡光单元包括两个快门叶片 200，所述音圈电机 100 通过所述轴承转轴组件 300 控制所述快门叶片 200 动作，使所述快门叶片 200 绕转轴 320 旋转。

请重点参照图 1-2，所述音圈电机 100 包括：永磁模块 110、驱动导轨模块 120 和线圈结构，其中，所述永磁模块 110 包括：对称布置的两组永磁铁组 1101、1102，每组永磁铁组中包含两块永磁铁 111。所述驱动导轨模块 120 采用铁芯，该铁芯贯穿两组永磁铁组 1101、1102 并设置在两块永磁铁 111 之间，所述线圈结构包括两个线圈 130，所述两个线圈 130 设置在所述铁芯上并与对应的快门叶片 200 连接。具体地，一组永磁铁组对应一个线圈 130，一个线圈 130 连接一个快门叶片 200，4 个永磁铁 111 组成的两组永磁铁组 1101、1102 在铁芯内部产生顺铁芯方向的磁场，线圈 130 通电后，线圈 130 的磁场方向与铁芯内部磁场方向相反或相同，通过改变线圈 130 内电流的方向，便可以控制线圈 130 在铁芯上进行加减速运动。

所述音圈电机 100 还包括安装座 140, 用于固定永磁铁组 1101、1102 及驱动导轨模块 120。需要说明的是, 所述驱动导轨模块 120 为弧形或者半圆形, 本实施例将所述安装座 140 和所述永磁模块 110 也对应设置为弧形或半圆形, 便于驱动所述两组快门叶片 200 动作。因此, 本实施例的图 2 仅用作对音圈电机 100 结构的辅助说明, 不对音圈电机 100 的具体形状做约束限定。

请重点参照图 1 和图 3, 所述轴承转轴组件 300 包括: 轴承座 310、安装在所述轴承座 310 上的转轴 320、设在所述转轴 320 上的轴承 330 以及与所述轴承 330 过渡配合的轴套 340, 两个快门叶片 200 套在转轴 320 上后与各自对应的线圈 130 连接, 套在转轴 320 上的快门叶片 200 依次通过轴承 330、轴套 340 安装在轴承座 310 上, 所述转轴 320 与所述轴承 330 之间、所述轴承 330 与轴套 340 之间均采用过渡配合, 可以极大程度减小快门叶片 200 的轴向摆动量。作为优选, 所述永磁模块 110 和驱动导轨模块 120 安装固定在轴承座 310 上, 如图 1 所示。

作为优选, 所述轴承 330 采用双深沟球轴承, 与采用单轴承结构相比, 可以有效减小轴承座 310 与转轴 320 高速运动过程中的晃动。

如图 5 所示, 所述罩壳 500 上与挡光单元也即是快门叶片 200 对应的位置处开设有通光孔 510, 且所述罩壳 500 上设有冷却气入口, 通过该冷却气入口通入小流量的压缩空气, 对线圈 130 和快门叶片 200 进行散热处理, 规避了由于热影响导致线圈 130 内部电流不稳的风险, 同时提高了快门叶片 200 的长期可靠性。为了进一步保证快门叶片 200 的耐热性, 本发明采用散热系数较耐热不锈钢更优、转动惯量更小的铝制叶片, 该铝制叶片与上述的小流量压缩空气辅助配合, 实现快门叶片 200 的冷却散热。

请参照图 1 至图 5, 本发明的两个快门叶片 200 采用剪刀式铰接方式连接, 进一步的, 在未曝光状态下, 为有效减小两快门叶片 200 之间的缝隙带来的

散射光和反射光进入照明系统中，两个快门叶片 200 存在重叠。具体为，当快门叶片 200 的间隙（图 1 中垂直纸面方向的距离）为 2mm 时，设计重叠宽度（图 1 中以 d 表示）为 8mm，增加了杂光在两个快门叶片 200 之间的反射次数，进一步的，该快门叶片 200 需要采用硬质黑色阳极氧化工艺进行处理，使快门叶片 200 的表面反射率小于 6%，可以有效吸收杂散光；同时控制快门叶片 200 与罩壳 500 之间的间距 $\leq 2\text{mm}$ ，并使得快门叶片 200 的直径较通光孔 510 的孔径单边 $\geq 4\text{mm}$ ，从而减小罩壳 500 上通光孔 510 的边缘散射光影响。如图 1 所示，通光孔 510 的半径为 r ，两快门叶片重合后的半径为 R ，则要求 $R-r \geq 4\text{mm}$ 。

作为优选，如图 4 所示，所述快门叶片 200 的重心 C 位于所述快门叶片 200 上转轴 320 的下方，且偏向于快门叶片 200 圆弧侧，使得快门叶片 200 的重力距大于轴承 330 的摩擦阻力距，使得快门叶片 200 在异常断电状态下，可以自行处于关闭挡光状态，避免紫外光长时间光照对工件台或硅片造成影响。

作为优选，所述位置探测模块包括位置探测器 400 和位置探测片 350，位置探测器 400 有两个，分别安装在转轴 320 两侧的所述轴承座 310 上，位置探测片 350 有两个，均安装在两个快门叶片 200 中任意一个快门叶片 200 连接的轴套 340 上，两个位置探测片 350 跟随快门叶片 200 转动而转动，位置探测器 400 与位置探测片 350 的位置一一对应，用于识别快门叶片 200 的打开和关闭。本实施例中，如图 1 所示，两个位置探测片 350 均安装在图中显示的左边的快门叶片 200 的轴套 340 上，两个快门叶片 200 为关闭状态时，右边的位置探测器 400 可探测到右边的位置探测片 350 的位置，并由右边的位置探测器 400 反馈信号状态 ‘1’，左边的位置探测器 400 不可探测到左边的位置探测片 350 的位置，因而左边的位置探测器 400 反馈信号状态 ‘0’，

两个位置探测器 400 组合反馈信号为 ‘10’，表示两个所述快门叶片 200 为关闭状态。同理，当两个快门叶片 200 打开时，左边的快门叶片 200 顺时针转动，右边的快门叶片 200 逆时针转动，同时两个位置探测片 350 也相应地沿顺时针转动，使得右边的位置探测片 350 脱离右边的位置探测器，使得右边的位置探测器 400 不可探测到右边的位置探测片 350，右边的位置探测器 400 反馈信号状态 ‘0’，左边的位置探测器 400 可探测到左边的位置探测片 350，左边的位置探测器 400 反馈信号状态 ‘1’，两个位置探测器 400 反馈信号为 ‘01’，表示两个快门叶片 200 为打开状态。以上描述的仅为位置探测器 400 与位置探测片 350 的一种示意性设置位置及开闭状态探测方法。本领域技术人员容易理解的是，图 1 中左右两个位置探测片 350 的设置位置也可互换，即两个位置探测片 350 均安装在图中显示的右边的快门叶片 200 的轴套 340 上，两个快门叶片 200 关闭状态下，左边的位置探测器 400 能够探测到左边的位置探测片 350，右边的位置探测器无法探测到右边的位置探测片 350；在两个快门叶片 200 打开状态下，则刚好相反。此外，也可以采用状态 ‘0’ 来表示探测到位置探测片 350，采用状态 ‘1’ 来表示未探测到位置探测片 350。除了以上描述的方式之外，还可以采用其它位置设置方式及开闭状态探测方式来实现本发明，凡事根据位置探测器 400 与位置探测片 350 之间的探测状态来反映快门叶片开闭状态的实施方式均属于本申请的保护范围。

由上可知，本实施例通过采用两个快门叶片 200 配合，可以减小快门叶片 200 的行程；另一方面采用可以提供大扭矩的音圈电机 100，两者配合，使得本发明的光刻机曝光快门装置可以实现以下技术指标：单个快门叶片 200 的开闭角度达 20° ，通光直径为 40mm，单个快门叶片 200 的驱动平均功率 15.3W 时，最小开闭时间达 28.4ms，通过缩小工作行程的方式大大减小了开闭时间；光源辐照强度为 $2500\text{mW}/\text{cm}^2$ 的工况下，快门叶片 200 处，光功率

为 170W 时的最小曝光剂量为 80mj，与现有技术相比，小剂量曝光产率至少提升了 3 倍，无需使用照度衰减机构，提高了单位时间内的光源利用率。

如图 6 所示，为本发明的光刻机曝光快门装置的打开、关闭运动示意图，即快门叶片的速率控制示意图，其运动形式主要包括打开加速过程、打开减速过程、关闭加速过程和关闭减速过程。

参照图 1 至图 5，本发明还提供一种光刻机曝光快门装置的控制方法，本发明对快门装置进行开环电流控制，具体包括：

首先，根据曝光时所需的光斑大小来确定单个快门叶片 200 的旋转行程，根据该旋转行程计算开闭过程中快门叶片 200 所需的推力，进而确定音圈电机 100 的输出力。具体通过以下公式实现：

$$L=0.5 \cdot \xi \cdot t^2 \dots \dots \dots \text{公式 1}$$

$$M=J \cdot \xi \dots \dots \dots \text{公式 2}$$

$$M=F \cdot l \dots \dots \dots \text{公式 3}$$

其中，L 为单个快门叶片 200 的旋转行程，最小开闭需求时间 t 为 30ms（即，期望快门从开始打开到完全关闭的最小时间 t 不超过 30ms），单个快门叶片 200 的转动惯量 J 为 0.000042Kg·m²；M 为转动力矩大小，ξ 为快门叶片 200 的角速度，l 是线圈 130 的力臂长度。

由下述公式计算快门装置开闭过程中，单个快门叶片 200 所需的推力 F 大小，即音圈电机 100 的输出力 F 大小：

$$F=M/l=2 \cdot J \cdot L / (t^2 \cdot l) \approx 13N$$

另，考虑到摩擦力等因素，确定音圈电机 100 的输出力 F 大小为 14N。

根据音圈电机 100 的输出力确定线圈 130 中所需通入的电流方向及大小，并可通过控制板卡（未图示）输出相应的电流给线圈 130，其中快门叶片状态为静止时，控制板卡输出正方向电流 I₁ 时，快门叶片 200 打开，控制板卡输

出反向电流 I_2 时则快门叶片 200 关闭；在快门叶片 200 打开或关闭过程中，控制板卡输出正方向电流 I_1 时，快门叶片 200 处于打开加速或关闭加速过程，控制板卡输出反向电流 I_2 时，快门叶片 200 处于打开减速或关闭减速过程，同时设定快门叶片 200 处于打开加速、打开减速、关闭加速和关闭减速状态时的通电时间 t_1 、 t_2 、 t_3 和 t_4 的大小，进而控制快门装置的打开过程和关闭过程，当然， $t_1+t_2+t_3+t_4 \leq 30\text{ms}$ ，如图 7 所示。无动作时，控制板卡的输出电流远小于正、反向电流，使快门叶片 200 处于静止状态。

通过上述方式获得的快门装置的电气参数主要包含：单个线圈 130 的电阻 $< 6\Omega$ ，线圈 130 内电流 $< 5\text{A}$ ，功率 $< 22\text{W}$ 。

如图 8 所示，为曝光过程能量探测示意图。快门剂量曝光控制流程包括：接收曝光剂量指令，控制板卡输出正、反向电流使光刻机曝光快门装置依次进行打开加速、打开减速动作；减速电流结束后，控制板卡输出保持电流进入等待阶段，所述保持电流指远小于正、反向电流，使快门叶片 200 处于静止状态（图中所示为保持于打开状态）；根据能量时间积分判定条件等待关闭命令下发，关闭命令下发后，控制板卡输出正、反向电流使得快门叶片 200 进行关闭加速、关闭减速动作。

实施例 2

当光刻机曝光快门装置的电功率小于 20W 时，可以通过优化控制板卡的输出电流的峰值，提高快门叶片 200 的开闭速度，实现在光源辐照强度为 3000mW/cm^2 的工况下，最小开闭时间达 20ms 。通过比较图 9 和图 6 可发现，本实施例与实施例 1 的区别在于，本实施例在实施例 1 的基础上，对控制板卡进行了优化，对挡光单元，即快门叶片 200，进行 S 型速度曲线控制，如此可以减小快门叶片 200 在打开位置及关闭位置的振动频率及幅值，进而更加

有效保证曝光剂量的精度及重复性。

显然，本领域的技术人员可以对发明进行各种改动和变型而不脱离本发明的精神和范围。这样，倘若本发明的这些修改和变型属于本发明权利要求及其等同技术的范围之内，则本发明也意图包括这些改动和变型在内。

权利要求

1. 一种快门装置，其特征在于，包括：挡光单元和音圈电机，其中，所述音圈电机包括永磁模块、驱动导轨模块和线圈结构，所述线圈结构设置在所述驱动导轨模块上，所述永磁模块在所述驱动导轨模块内部产生磁场，所述挡光单元包括两个快门叶片，所述快门叶片与所述线圈结构连接，所述线圈结构通电后产生与所述驱动导轨模块磁场方向相反或相同的磁场，使所述线圈结构沿所述驱动导轨模块正向或反向运动，带动两个快门叶片打开或关闭。

2. 如权利要求 1 所述的快门装置，其特征在于，所述永磁模块包括对称布置的两组永磁铁组，每组永磁铁组包括两块永磁铁，所述驱动导轨模块设于所述两块永磁铁之间，所述线圈结构包括两个线圈，一个线圈连接一个快门叶片且对应一组永磁铁组。

3. 如权利要求 1 或 2 所述的快门装置，其特征在于，所述驱动导轨模块采用铁芯。

4. 如权利要求 1 或 2 所述的快门装置，其特征在于，所述驱动导轨模块为弧形或者半圆形。

5. 如权利要求 1 所述的快门装置，其特征在于，所述两个快门叶片剪刀式铰接，且两个快门叶片之间在关闭状态下存在重叠。

6. 如权利要求 1 所述的快门装置，其特征在于，所述快门叶片采用铝制叶片。

7. 如权利要求 1 所述的快门装置，其特征在于，所述快门叶片表面经过黑色阳极氧化工艺处理。

8. 如权利要求 1 所述的快门装置，其特征在于，所述快门装置还包括罩

设在音圈电机和挡光单元外部的罩壳，所述罩壳上与挡光单元对应位置处开设有通光孔。

9. 如权利要求 8 所述的快门装置，其特征在于，所述罩壳上设有冷却气入口，用于通入压缩空气对所述音圈电机和挡光单元进行冷却。

10. 如权利要求 8 所述的快门装置，其特征在于，所述快门叶片的直径大于所述通光孔的直径。

11. 如权利要求 1 所述的快门装置，其特征在于，所述快门叶片与所述线圈结构之间还设置有轴承转轴组件。

12. 如权利要求 11 所述的快门装置，其特征在于，所述轴承转轴组件包括：轴承座、安装在所述轴承座上的转轴、设在所述转轴上的轴承以及与所述轴承配合的轴套，所述快门叶片套设在所述转轴上并与线圈结构连接。

13. 如权利要求 12 所述的快门装置，其特征在于，所述转轴与所述轴承之间、所述轴承与所述轴套之间过渡配合。

14. 如权利要求 12 所述的快门装置，其特征在于，所述轴承采用双深沟球轴承。

15. 如权利要求 12 所述的快门装置，其特征在于，所述快门装置还包括位置探测器和位置探测片，所述位置探测器安装在所述轴承座上，所述位置探测片安装在所述轴套上且相对于快门叶片具有固定的位置。

16. 如权利要求 12 所述的快门装置，其特征在于，所述快门叶片的重心靠近所述转轴的中心，且偏向于快门叶片的圆弧形边缘一侧。

17. 如权利要求 12 所述的快门装置，其特征在于，所述永磁模块和驱动导轨模块安装固定在轴承座上。

18. 一种应用于权利要求 1 至 17 任一所述的快门装置的控制方法，其特征在于，包括：

根据所需的光斑大小确定音圈电机的输出力；

根据音圈电机的输出力确定由控制板卡向线圈结构输出的电流，

其中，所述控制板卡向线圈结构输出正方向电流可控制快门叶片加速，所述控制板卡向线圈结构输出反方向电流可控制快门叶片减速，通过打开加速、打开减速、关闭加速和关闭减速四个速率控制阶段实现所述快门叶片的开闭，同时设定快门叶片处于打开加速、打开减速、关闭加速和关闭减速状态时的通电时间。

19. 如权利要求 18 所述的控制方法，其特征在于，还包括由所述控制板卡向线圈结构输出远小于控制快门叶片加速的正向电流及控制快门叶片减速的反向电流的电流，使快门叶片处于静止状态。

20. 如权利要求 18 所述的控制方法，其特征在于，根据所需的光斑大小确定音圈电机的输出力包括：根据所需的光斑大小确定单个快门叶片的旋转行程，根据该旋转行程计算开闭过程中快门叶片所需的推力，进而确定音圈电机的输出力。

21. 如权利要求 18 所述的控制方法，其特征在于，还包括：优化所述控制板卡向线圈结构输出的电流峰值，对所述快门叶片进行 S 型速度曲线控制。

22. 一种光刻机，包括如权利要求 1 至 17 中任一所述的快门装置。

23. 一种应用于权利要求 22 所述的光刻机的曝光剂量控制方法，其特征在于，包括：接收曝光剂量指令，根据所述曝光剂量确定所述音圈电机的输出力，根据所述音圈电机的输出力确定控制板卡向线圈结构输出的电流和通电时间，其中，所述控制板卡向线圈结构输出正向电流使所述快门装置进行打开加速动作，加速结束后所述控制板卡向线圈结构输出反向电流使所述快门装置进行打开减速动作；减速电流结束后，所述线圈结构控制板卡输出

保持电流进入等待阶段；根据能量时间积分判定条件等待关闭命令下发，关闭命令下发后，所述控制板卡向线圈结构输出正向电流使所述快门装置进行关闭加速动作，加速结束后所述控制板卡向线圈结构输出反向电流使得所述快门装置进行关闭减速动作，从而完成单次曝光剂量控制过程。

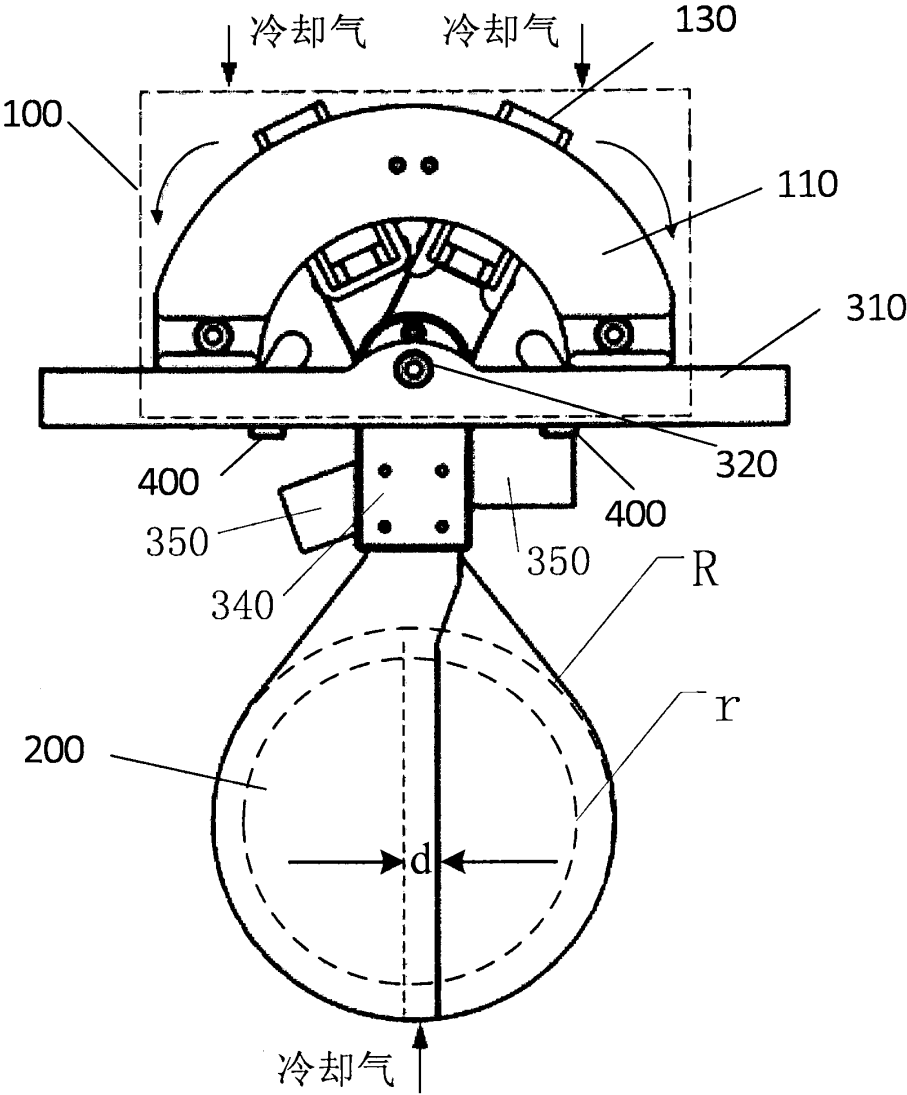


图 1

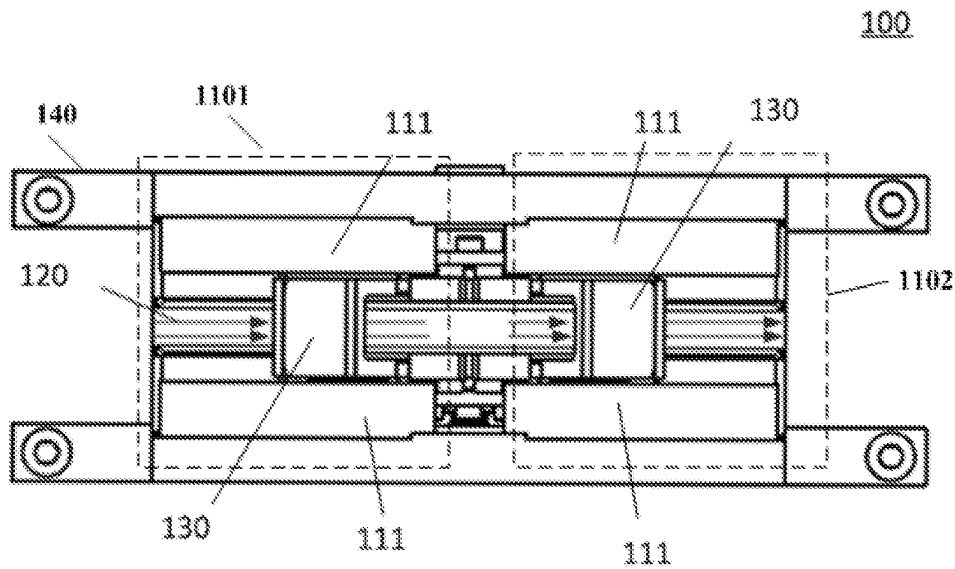


图 2

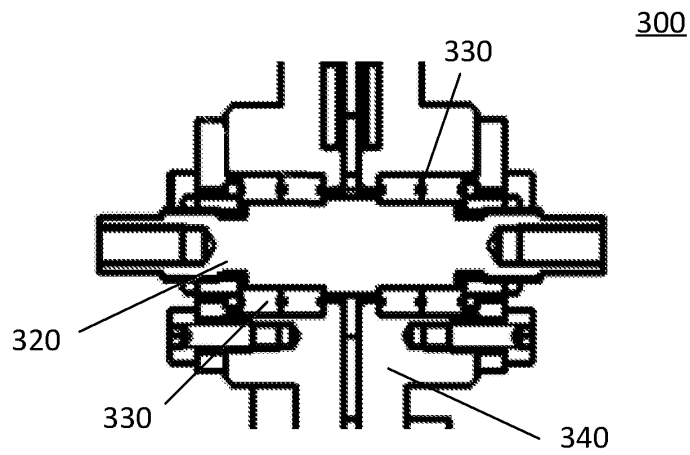


图 3

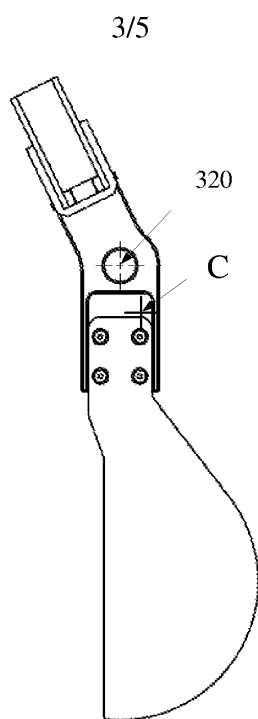


图 4

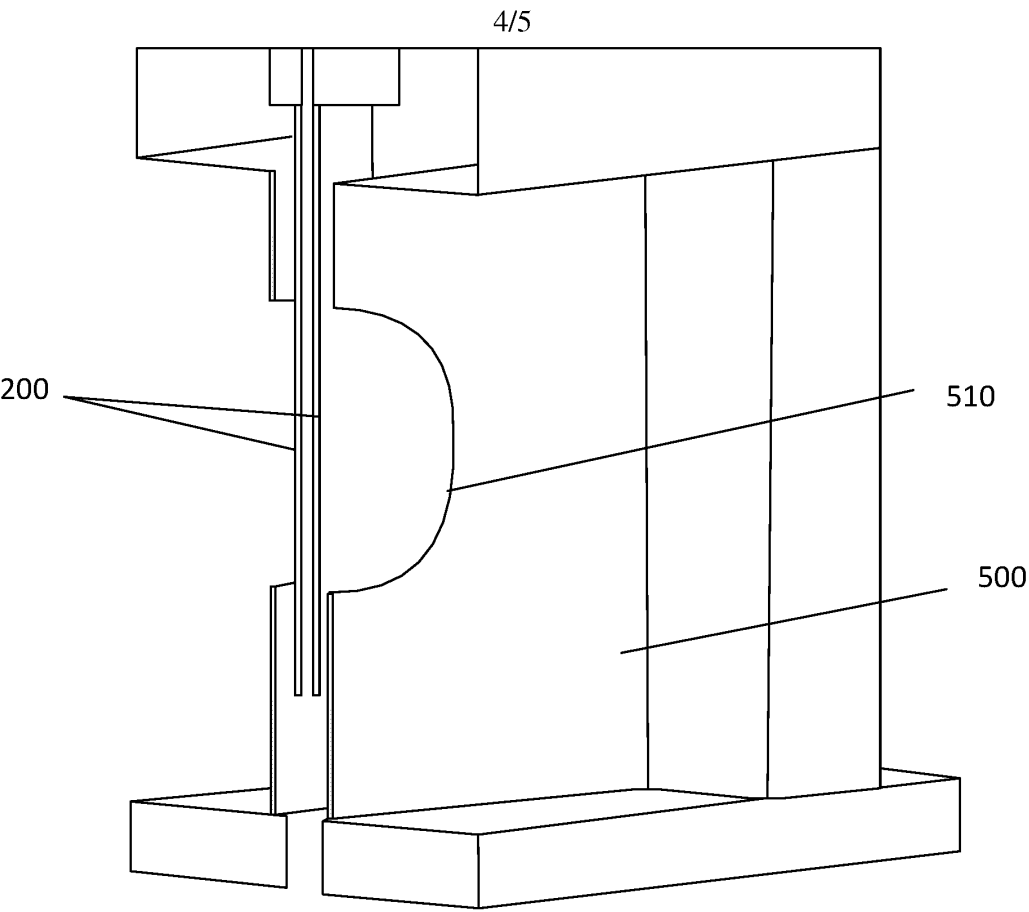


图 5

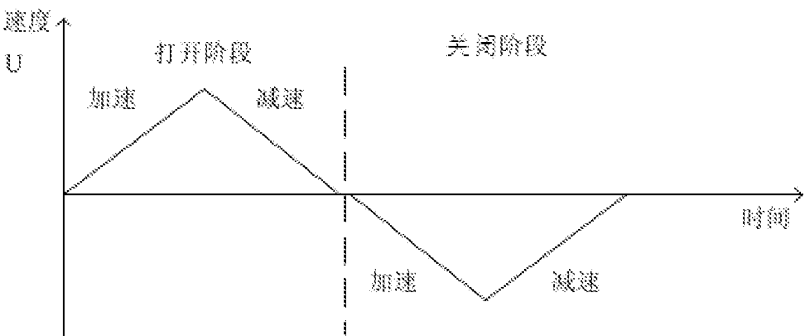


图 6

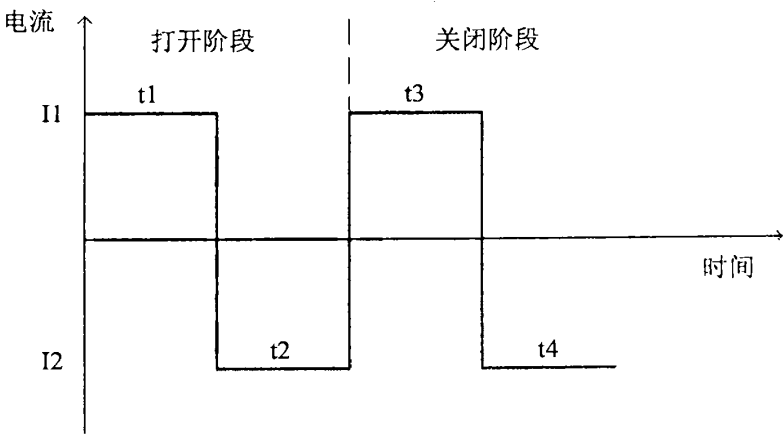


图 7

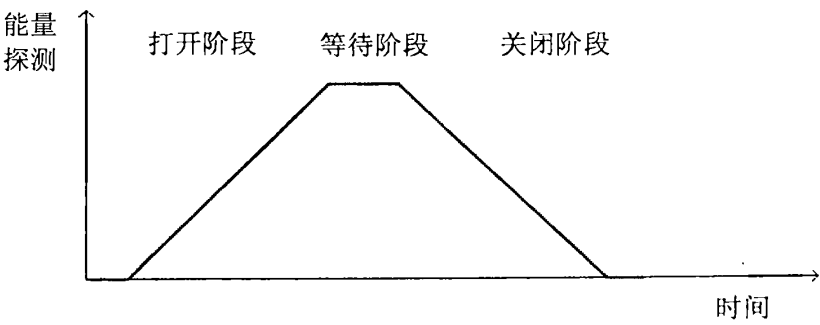


图 8

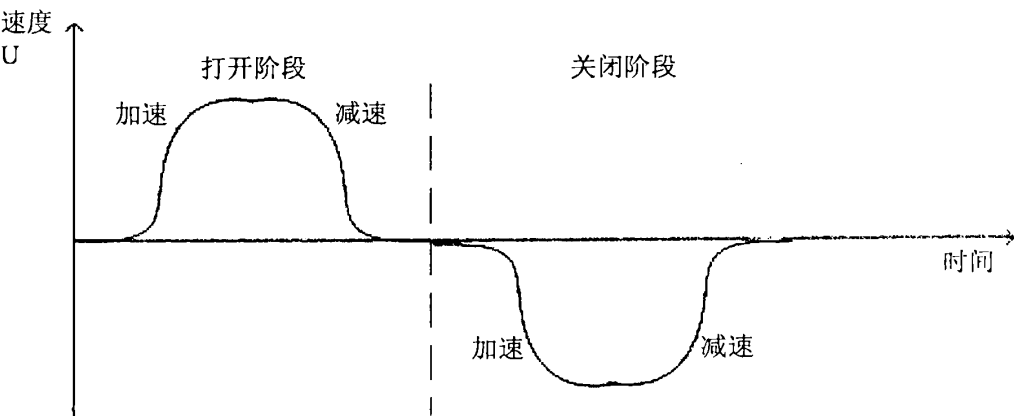


图 9