(19)国家知识产权局

(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 118743119 A
(43)申请公布日 2024.10.01

(21)申请号 202280090853.1
(22)申请日 2022.03.01
(85)PCT国际申请进入国家阶段日
2024.08.02
(86)PCT国际申请的申请数据
PCT/JP2022/008669 2022.03.01
(87)PCT国际申请的公布数据
WO2023/166570 JA 2023.09.07
(71)申请人 极光先进雷射株式会社
地址 日本栃木县
(72)发明人 植山健史 梅田博
(74)专利代理机构 北京三友知识产权代理有限公司 11127
专利代理师 于英慧
(51)Int.Cl.
*H01S 3/097*(2006.01)
*H02M 9/04*(2006.01)

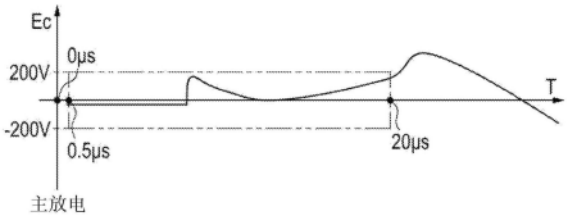
权利要求书2页 说明书12页 附图7页

(54)发明名称

气体激光装置以及电子器件的制造方法

(57)摘要

本公开的一个观点的激光装置具备:电源;主电容器;固态开关;升压用变压器;第一磁脉冲压缩电路,其具有第一传输电容器和第一磁开关,连接在升压用变压器的二次侧;第二磁脉冲压缩电路,其具有第二传输电容器和第二磁开关,连接在第一磁脉冲压缩电路的后级;峰化电容器,连接在第二磁脉冲压缩电路的后级;一对放电电极,其由阴极电极和阳极电极构成;再生用变压器,其将主放电后一对放电电极生成的电荷传输至主电容器;以及复位电路,其对第一磁开关和第二磁开关进行复位,在主放电开始之后0.5μs以上且20μs以下的期间内的阴极电极的电位(Ec)在-200V以上且200V以下的范围内。




CN 118743119 A

1.一种气体激光装置,其具备:

电源;

与所述电源并联连接的主电容器;

固态开关;

升压用变压器,其一次侧经由所述固态开关与所述主电容器并联连接;

第一磁脉冲压缩电路,其具有第一磁开关和传输所述主电容器的电荷的第一传输电容器,所述第一磁脉冲压缩电路连接在所述升压用变压器的二次侧;

第二磁脉冲压缩电路,其具有第二磁开关和传输所述第一传输电容器的电荷的第二传输电容器,所述第二磁脉冲压缩电路连接在所述第一磁脉冲压缩电路的后级,

峰化电容器,其连接在所述第二磁脉冲压缩电路的后级,传输所述第二传输电容器的电荷;

一对放电电极,其由阴极电极和阳极电极构成,与所述峰化电容器并联连接;

再生用变压器,其一次侧与所述主电容器并联连接,二次侧与所述第一传输电容器并联连接,在主放电后将所述一对放电电极生成的电荷传输到所述主电容器;以及

复位电路,其对所述第一磁开关和所述第二磁开关进行复位,

在主放电开始后0.5μs以上且20μs以下的期间内的阴极电极的电位在-200V以上且200V以下的范围内。

2.根据权利要求1所述的气体激光装置,其中,

在设所述第一传输电容器的电容为$C_{C1}$、所述第二传输电容器的电容为$C_{C2}$、所述峰化电容器的电容为$C_{Cp}$的情况下,满足$C_{Cp}<C_{C1}<C_{C2}$的关系。

3.根据权利要求2所述的气体激光装置,其中,

满足$5nF<C_{C1}<10nF$的关系。

4.根据权利要求3所述的气体激光装置,其中,

在将从所述第一传输电容器向所述第二传输电容器传输电荷后残留的、所述第一传输电容器的残留电压设为Vrd的情况下,满足$-1.5kV<Vrd<0V$的关系。

5.根据权利要求1所述的气体激光装置,其中,

在设所述主电容器的电容为$C_{C0}$、所述第一传输电容器的电容为$C_{C1}$、所述再生用变压器的一次绕组的匝数为$N_{TC21}$、所述再生用变压器的二次绕组的匝数为$N_{TC22}$的情况下,满足$N_{TC22}/N_{TC21}>(C_{C0}/C_{C1})^{0.5}$的关系。

6.根据权利要求5所述的气体激光装置,其中,

在将所述升压用变压器的一次绕组的匝数设为$N_{TC11}$,将所述升压用变压器的二次绕组的匝数设为$N_{TC12}$的情况下,满足$N_{TC12}/N_{TC11}>(C_{C0}/C_{C1})^{0.5}$的关系。

7.根据权利要求1所述的气体激光装置,其中,

在设复位时在所述第一磁脉冲压缩电路产生的电流为Isr1、复位时在所述第二磁脉冲压缩电路产生的电流为Isr2的情况下,满足$Isr2>2.5\times Isr1$的关系。

8.根据权利要求7所述的气体激光装置,其中,

复位时流过所述复位电路的复位电流为3A以上。

9.根据权利要求1所述的气体激光装置,其中,

在设所述主电容器的电容为$C_{C0}$、所述第一传输电容器的电容为$C_{C1}$、所述第二传输电容

器的电容为$C_{C2}$、所述峰化电容器的电容为$C_{Cp}$、所述再生用变压器的一次绕组的匝数为$N_{TC21}$、所述再生用变压器的二次绕组的匝数为$N_{TC22}$、复位时在所述第一磁脉冲压缩电路中产生的电流为Isr1、复位时在所述第二磁脉冲压缩电路中产生的电流为Isr2的情况下,满足$C_{Cp}<C_{C1}<C_{C2}$、$N_{TC22}/N_{TC21}>(C_{C0}/C_{C1})^{0.5}$、以及Isr2>2.5×Isr1的关系。

10.根据权利要求1所述的气体激光装置,其中,

固态开关是绝缘栅型双极晶体管。

11.根据权利要求1所述的气体激光装置,其中,

所述升压用变压器的一次绕组和二次绕组为相反极性,所述再生用变压器的一次绕组和二次绕组为相同极性。

12.一种电子器件的制造方法,其中,

通过气体激光装置生成激光,

将所述激光输出到曝光装置,

在所述曝光装置内对感光基板曝光所述激光,以制造电子器件,

所述气体激光装置具备:

电源;

与所述电源并联连接的主电容器;

固态开关;

升压用变压器,其一次侧经由所述固态开关与所述主电容器并联连接;

第一磁脉冲压缩电路,其具有第一磁开关和传输所述主电容器的电荷的第一传输电容器,所述第一磁脉冲压缩电路连接在所述升压用变压器的二次侧;

第二磁脉冲压缩电路,其具有第二磁开关和传输所述第一传输电容器的电荷的第二传输电容器,所述第二磁脉冲压缩电路连接在所述第一磁脉冲压缩电路的后级,

峰化电容器,其连接在所述第二磁脉冲压缩电路的后级,传输所述第二传输电容器的电荷;

一对放电电极,其由阴极电极和阳极电极构成,与所述峰化电容器并联连接;

再生用变压器,其一次侧与所述主电容器并联连接,二次侧与所述第一传输电容器并联连接,在主放电后将所述一对放电电极生成的电荷传输到所述主电容器;以及

复位电路,其对所述第一磁开关和所述第二磁开关进行复位,

在主放电开始后0.5μs以上且20μs以下的期间内的阴极电极的电位在-200V以上且200V以下的范围内。

# 气体激光装置以及电子器件的制造方法

## 技术领域

[0001] 本公开涉及气体激光装置以及电子器件的制造方法。

## 背景技术

[0002] 近年来,在半导体曝光装置中,随着半导体集成电路的微细化及高集成化,要求分辨率的提高。因此,正在推进从曝光用光源发射的光的短波长化。例如,作为曝光用的气体激光装置,使用输出波长约248nm的激光的KrF准分子激光装置、以及输出波长约193nm的激光的ArF准分子激光装置。

[0003] KrF准分子激光装置及ArF准分子激光装置的自然振荡光的谱线宽度较宽,为350～400pm。因此,若由使KrF以及ArF激光那样的紫外线透过的材料构成投影透镜,则有时产生色差。其结果,分辨率可能降低。因此,需要将从气体激光装置输出的激光的谱线宽度窄带化至色差能够忽略的程度。因此,在气体激光装置的激光谐振器内,为了使谱线宽度窄带化,有时具备包含窄带化元件(标准具、光栅等)的窄带化模块(Line Narrowing Module:LNM)。以下,将谱线宽度窄带化的气体激光装置称为窄带化气体激光装置。

[0004] 现有技术文献

[0005] 专利文献

[0006] 专利文献1:日本专利第4702889号公报

[0007] 专利文献2:美国专利第7295591号说明书

## 发明内容

[0008] 本公开的一个观点的气体激光装置具备:电源;与电源并联连接的主电容器;固态开关;升压用变压器,其一次侧经由固态开关与主电容器并联连接;第一磁脉冲压缩电路,其具有第一磁开关和传输主电容器的电荷的第一传输电容器,第一磁脉冲压缩电路连接在升压用变压器的二次侧;第二磁脉冲压缩电路,其具有第二磁开关和传输第一传输电容器的电荷的第二传输电容器,第二磁脉冲压缩电路连接在第一磁脉冲压缩电路的后级,峰化电容器,其连接在第二磁脉冲压缩电路的后级,传输第二传输电容器的电荷;一对放电电极,其由阴极电极和阳极电极构成,与峰化电容器并联连接;再生用变压器,其一次侧与主电容器并联连接,二次侧与第一传输电容器并联连接,在主放电后将一对放电电极生成的电荷传输到主电容器;以及复位电路,其对第一磁开关和第二磁开关进行复位,在主放电开始后0.5μs以上且20μs以下的期间内的阴极电极的电位在-200V以上且200V以下的范围内。

[0009] 本公开的一个观点的电子器件的制造方法通过气体激光装置生成激光,将激光输出到曝光装置,在曝光装置内对感光基板曝光激光,以制造电子器件,气体激光装置具备:电源;与电源并联连接的主电容器;固态开关;升压用变压器,其一次侧经由固态开关与主电容器并联连接;第一磁脉冲压缩电路,其具有第一磁开关和传输主电容器的电荷的第一传输电容器,第一磁脉冲压缩电路连接在升压用变压器的二次侧;第二磁脉冲压缩电路,其具有第二磁开关和传输第一传输电容器的电荷的第二传输电容器,第二磁脉冲压缩电路连

接在第一磁脉冲压缩电路的后级,峰化电容器,其连接在第二磁脉冲压缩电路的后级,传输第二传输电容器的电荷;一对放电电极,其由阴极电极和阳极电极构成,与峰化电容器并联连接;再生用变压器,其一次侧与主电容器并联连接,二次侧与第一传输电容器并联连接,在主放电后将一对放电电极生成的电荷传输到主电容器;以及复位电路,其对第一磁开关和第二磁开关进行复位,在主放电开始后0.5μs以上且20μs以下的期间内的阴极电极的电位在-200V以上且200V以下的范围内。

## 附图说明

[0010] 以下,仅作为例子,参照附图对本公开的几个实施方式进行说明。

[0011] 图1是概略地表示比较例的气体激光装置的结构的侧视图。

[0012] 图2是概略地表示比较例的气体激光装置的结构的剖视图。

[0013] 图3是表示比较例的脉冲功率模块的结构的电路图。

[0014] 图4是表示构成一般的磁开关的可饱和电抗器的结构的图。

[0015] 图5是表示可饱和电抗器的磁芯的磁化曲线的曲线图。

[0016] 图6是表示磁脉冲压缩动作及再生动作时的各电容器的电压变化的一例的曲线图。

[0017] 图7是表示比较例的气体激光装置中的主放电后的阴极电极的电位变化的一例的曲线图。

[0018] 图8是表示第一传输电容器的电容与第一传输电容器的残留电压的关系的计算结果的曲线图。

[0019] 图9是表示第一传输电容器的电压相对于主放电开始后的经过时间的变化的一例的曲线图。

[0020] 图10是表示实施方式的气体激光装置中的主放电后的阴极电极的电位变化的一例的曲线图。

[0021] 图11是概略地表示曝光装置的结构例的图。

## 具体实施方式

[0022] <内容>

[0023] 1.比较例

[0024] 1.1气体激光装置的概要

[0025] 1.1.1结构

[0026] 1.1.2动作

[0027] 1.2脉冲功率模块

[0028] 1.2.1结构

[0029] 1.2.2磁开关

[0030] 1.2.3动作

[0031] 1.2.4调整脉冲功率模块

[0032] 1.3课题

[0033] 1.3.1第一峰值

[0034] 1.3.2第二峰值

[0035] 1.3.3第三峰值

[0036] 2.实施方式

[0037] 2.1 结构及动作

[0038] 2.2 调整脉冲功率模块

[0039] 2.2.1第一峰值

[0040] 2.2.2第二峰值

[0041] 2.2.3第三峰值

[0042] 2.3效果

[0043] 3.电子器件的制造方法

[0044] 以下,参照附图对本公开的实施方式进行详细说明。以下说明的实施方式表示本公开的几个例子,并不限定本公开的内容。另外,在实施方式中说明的结构以及动作未必全部作为本公开的必须的结构以及动作。此外,对相同的构成要素标注相同的参照符号,并省略重复的说明。

[0045] 1.比较例

[0046] 首先,对本公开的比较例进行说明。本公开的比较例是申请人认识到仅由申请人知道的方式,不是申请人自己认可的公知例。

[0047] 1.1气体激光装置的概要

[0048] 1.1.1结构

[0049] 使用图1以及图2概略地表示比较例的气体激光装置2的结构。图1概略地表示气体激光装置2的结构。图2是从Z方向观察图1所示的气体激光装置2的剖视图。气体激光装置2是放电激励式的气体激光装置,例如是准分子激光装置。

[0050] 在图1中,将从气体激光装置2输出的脉冲激光PL的行进方向设为Z方向。将后述的放电方向设为Y方向。另外,将与Z方向和Y方向正交的方向设为X方向。

[0051] 在图1中,气体激光装置2包括激光腔10、充电器11、脉冲功率模块(Pulse Power Module:PPM)12、脉冲能量计测部13、控制部14、压力传感器17以及激光谐振器。激光谐振器由窄带化模块15和输出耦合镜(Output Coupler:OC)16构成。充电器11是本公开的技术的“电源”的一例。

[0052] 激光腔10例如为由表面被实施了镀镍的铝金属形成的金属容器。在激光腔10内设置有一对放电电极20、接地板21、配线22、风扇23、热交换器24及预电离放电部19。如图2所示,预电离放电部19包含预电离外电极19a、电介质管19b、及预电离内电极19c。

[0053] 在激光腔10内封入有作为激光介质的激光气体。激光气体例如包含作为稀有气体的氩、氪、氙等,包含作为缓冲气体的氖、氦等,包含作为卤素气体的氯、氟等。

[0054] 并且,在激光腔10形成有开口部。隔着作为密封部件的O形环18设置有电绝缘板26,以封闭该开口部。在电绝缘板26中埋入有多个馈通部25。在电绝缘板26上配置有多个峰化电容器27和保持它们的支架28。在该支架28上配置有PPM12。激光腔10及支架28接地。

[0055] 一对放电电极20由阴极电极20a和阳极电极20b构成。阴极电极20a和阳极电极20b在激光腔10内以彼此的放电面对置的方式对置配置。将阴极电极20a的放电面与阳极电极20b的放电面之间的空间称为放电空间。阴极电极20a的与放电面相反侧的面由电绝缘板26

支承。阳极电极20b的与放电面相反侧的面被接地板21支承。

[0056] 馈通部25与阴极电极20a连接。另外,如图2所示,馈通部25经由连接部29与保持于支架28的峰化电容器27连接。连接部29是用于将峰化电容器27与其他构成要素连接的部件。

[0057] 形成支架28的内部空间的壁28a由铝金属等金属材料形成。在支架28的内部配置有多个峰化电容器27、连接部29以及PPM12的高电压端子12b。峰化电容器27是将从PPM12接受并蓄积的电能向一对放电电极20供给的电容器。峰化电容器27例如是电介质材料由钛酸锶构成的陶瓷电容器。

[0058] 峰化电容器27以矩阵状在X方向上配置有2个,且在Z方向上配置有多个。多个峰化电容器27经由连接部29并联连接。在各个峰化电容器27中,一方的电极27a经由连接部29与高电压端子12b以及馈通部25连接,另一方的电极27b经由连接部29与支架28的壁28a连接。

[0059] 连接部29包括连接板29a和连接端子29b、29c。连接板29a由截面为U字状的导电板构成,与高电压端子12b及馈通部25连接。

[0060] 接地板21经由配线22连接于激光腔10。激光腔10接地。接地板21经由配线22接地。接地板21的Z方向上的端部固定于激光腔10。

[0061] 风扇23是用于使激光气体在激光腔10内循环的横流风扇,相对于接地板21配置于放电空间的相反侧。在激光腔10连接有旋转驱动风扇23的马达23a。

[0062] 从风扇23吹出的激光气体流入放电空间。流入放电空间的激光气体的流动方向与X方向大致平行。从放电空间流出的激光气体能够经由热交换器24被风扇23吸入。热交换器24在供给到热交换器24的内部的制冷剂与激光气体之间进行热交换。

[0063] 在激光腔10的端部设置有用于向外部射出在激光腔10内产生的光的窗口10a、10b。激光腔10以光谐振器的光路通过放电空间及窗口10a、10b的方式配置。

[0064] 窄带化模块15包括棱镜15a和光栅15b。棱镜15a使从激光腔10经由窗口10a射出的光扩大射束宽度而向光栅15b侧透射。

[0065] 光栅15b配置成入射角度和衍射角度为相同角度的利特罗配置的状态。光栅15b是根据衍射角度选择性地取出特定波长附近的光的波长选择元件。从光栅15b经由棱镜15a返回到激光腔10的光的谱宽度被窄带化。

[0066] 输出耦合镜16使经由窗口10b从激光腔10射出的光的一部分透过,并使另一部分反射而返回到激光腔10。在输出耦合镜16的表面涂覆有部分反射膜。

[0067] 从激光腔10射出的光在窄带化模块15与输出耦合镜16之间往复,每当通过放电空间时被放大。放大后的光的一部分经由输出耦合镜16作为脉冲激光PL输出。脉冲激光PL是本公开的技术的“激光”的一例。

[0068] 脉冲能量计测部13配置于经由输出耦合镜16输出的脉冲激光PL的光路上。脉冲能量计测部13包括分束器13a、会聚光学系统13b以及光传感器13c。

[0069] 分束器13a使脉冲激光PL以高透射率透过,并且将脉冲激光PL的一部分朝向会聚光学系统13b反射。会聚光学系统13b将由分束器13a反射的光会聚于光传感器13c的受光面。光传感器13c计测会聚于受光面的光的脉冲能量,并将计测值输出至控制部14。

[0070] 压力传感器17检测激光腔10内的气压,并将检测值输出至控制部14。控制部14根据气压的检测值及充电器11的充电电压来确定激光腔10内的激光气体的气压。

[0071] 充电器11是向PPM12所包含的后述的主电容器C0供给恒定的充电电压的高电压电源。PPM12包括由控制部14控制的固态开关SW。固态开关SW是由绝缘栅型双极晶体管(Insulated Gate Bipolar Transistor:IGBT)构成的半导体开关元件。当固态开关SW从断开变为接通时,PPM12利用保持于主电容器C0的电能生成高电压脉冲,并施加于一对放电电极20。

[0072] 控制部14是与设置于曝光装置100的曝光装置控制部110之间收发各种信号的处理器。例如,从曝光装置控制部110向控制部14发送与输出至曝光装置100的脉冲激光PL的目标脉冲能量、目标振荡时机相关的信号等。

[0073] 控制部14基于从曝光装置控制部110发送的各种信号、脉冲能量的计测值、气压的检测值等,统一控制气体激光装置2的各构成要素的动作。

[0074] 1.1.2动作

[0075] 控制部14控制未图示的激光气体供给部,以向激光腔10内供给激光气体。

[0076] 控制部14驱动马达23a而使风扇23旋转。由此,激光腔10内的激光气体进行循环。

[0077] 控制部14接收从曝光装置控制部110发送的与目标脉冲能量Et以及目标振荡时机相关的信号。

[0078] 控制部14对充电器11设定与目标脉冲能量Et相应的充电电压Vhv。控制部14存储对充电器11设定的充电电压Vhv的值。控制部14与目标振荡时机同步地使PPM12的固态开关SW动作。

[0079] 当PPM12的固态开关SW从断开变为接通时,能够在预电离放电部19的预电离内电极19c与预电离外电极19a之间施加电压。由此,在预电离放电部19产生电晕放电,生成UV(Ultraviolet:紫外线)光。通过对放电空间的激光气体照射UV光,激光气体被预电离。并且,对一对放电电极20施加电压。

[0080] 之后,在放电空间产生主放电。如果将主放电的放电方向设为电子流动的方向,则放电方向是从阴极电极20a朝向阳极电极20b的方向。当产生主放电时,放电空间的激光气体被激励而发射光。

[0081] 从激光气体发射的光被窄带化模块15和输出耦合镜16反射而在激光谐振器内往复,由此进行激光振荡。由窄带化模块15窄带化后的光作为脉冲激光PL从输出耦合镜16输出。

[0082] 从输出耦合镜16输出的脉冲激光PL的一部分入射至脉冲能量计测部13。脉冲能量计测部13计测所入射的脉冲激光PL的脉冲能量E,并将计测值输出至控制部14。

[0083] 控制部14存储通过脉冲能量计测部13计测的脉冲能量E的计测值。控制部14计算脉冲能量E的计测值与目标脉冲能量Et之差ΔE。控制部14根据差ΔE对充电电压Vhv进行反馈控制,以使脉冲能量E的计测值达到目标脉冲能量Et。

[0084] 1.2脉冲功率模块

[0085] 1.2.1结构

[0086] 使用图3概略地表示比较例的PPM12的结构。PPM12包括作为高电压产生装置的电源电路30和复位电路31。另外,在图3中,将所述并联连接的多个峰化电容器27表示为1个峰化电容器Cp。

[0087] 电源电路30连接在充电器11与峰化电容器Cp之间。电源电路30包括主电容器C0、

固态开关SW、升压用变压器TC1、第一磁脉冲压缩电路MPC1、第二磁脉冲压缩电路MPC2和再生用变压器TC2。固态开关SW由所述控制部14控制。

[0088] 主电容器C0与充电器11并联连接。升压用变压器TC1的一次侧经由固态开关SW与主电容器C0并联连接。具体而言,升压用变压器TC1包含一次绕组TC11及二次绕组TC12。一次绕组TC11经由固态开关SW和磁开关SR0与主电容器C0并联连接。

[0089] 第一磁脉冲压缩电路MPC1并联连接在升压用变压器TC1的二次侧。具体而言,第一磁脉冲压缩电路MPC1包括第一传输电容器C1和第一磁开关SR1。第一传输电容器C1与升压用变压器TC1的二次绕组TC12并联连接,传输由充电器11充电的主电容器C0的电荷。

[0090] 第二磁脉冲压缩电路MPC2连接在第一磁脉冲压缩电路MPC1的后级。具体而言,第二磁脉冲压缩电路MPC2包括第二传输电容器C2和第二磁开关SR2。第二传输电容器C2经由第一磁开关SR1与第一传输电容器C1并联连接,传输第一传输电容器C1的电荷。

[0091] 第二传输电容器C2经由第二磁开关SR2与峰化电容器Cp并联连接。第二传输电容器C2的电荷被传输到峰化电容器Cp。峰化电容器Cp与一对放电电极20并联连接。

[0092] 在一对放电电极20之间产生主放电之后,电荷在峰化电容器Cp与主电容器C0之间向反方向行进,进而向正方向行进,由此,有时对主放电造成不良影响。因此,再生用变压器TC2和二极管D1、D2构成再生电路,该再生电路用于将在主放电后从峰化电容器Cp向主电容器C0传输的电荷蓄积在主电容器C0中,作为下一次的充电能量的一部分进行再生。

[0093] 再生用变压器TC2包含一次绕组TC21及二次绕组TC22。一次绕组TC21经由二极管D1与主电容器C0并联连接。二次绕组TC22经由二极管D2与第一传输电容器C1并联连接。

[0094] 在图3中,升压用变压器TC1及再生用变压器TC2处示出的点表示绕组的极性。在升压用变压器TC1中,一次绕组TC11和二次绕组TC12处于相反极性的关系。因此,升压用变压器TC1将充电到主电容器C0的电压改变极性、即以反相传输到第一传输电容器C1。再生用变压器TC2中,一次绕组TC21与二次绕组TC22处于相同极性的关系。因此,再生用变压器TC2将充电到第一传输电容器C1的电压不改变极性、即以同相传输到主电容器C0。

[0095] 复位电路31包括复位用电源32、磁开关用复位绕组LR0、第一磁开关用复位绕组LR1、第二磁开关用复位绕组LR2、升压用变压器复位绕组TC1R以及再生用变压器复位绕组TC2R。磁开关用复位绕组LR0、第一磁开关用复位绕组LR1、第二磁开关用复位绕组LR2、升压用变压器复位绕组TC1R以及再生用变压器复位绕组TC2R串联连接,并且与复位用电源32连接。复位用电源32是恒流源。

[0096] 磁开关用复位绕组LR0卷绕于磁开关SR0的磁芯,响应于通电而将该磁芯的工作点复位。第一磁开关用复位绕组LR1卷绕于第一磁开关SR1的磁芯,响应于通电而将该磁芯的工作点复位。第二磁开关用复位绕组LR2卷绕于第二磁开关SR2的磁芯,响应于通电而将该磁芯的工作点复位。升压用变压器复位绕组TC1R卷绕于升压用变压器TC1的磁芯,响应于通电而将该磁芯的工作点复位。再生用变压器复位绕组TC2R卷绕于再生用变压器TC2的磁芯,响应于通电而将该磁芯的工作点复位。

[0097] 复位电路31与电源电路30所包含的磁开关SR0、SR1、SR2磁耦合。磁开关SR0、SR1、SR2由可饱和电抗器构成。磁开关SR0降低由固态开关SW产生的开关损耗。

[0098] 关于第一磁脉冲压缩电路MPC1以及第二磁脉冲压缩电路MPC2,为了在一对放电电极20产生大的放电,以使电流脉冲的脉冲宽度依次变窄的方式设计各元件。第一磁脉冲压

缩电路MPC1在从第一传输电容器C1向第二传输电容器C2传输电荷时,压缩电流脉冲的脉冲宽度。第二磁脉冲压缩电路MPC2在从第二传输电容器C2向峰化电容器Cp传输电荷时,压缩电流脉冲的脉冲宽度。

[0099] 1.2.2磁开关

[0100] 接着,说明电源电路30所包含的磁开关SR0、SR1、SR2的详细结构和动作。图4表示构成一般的磁开关的可饱和电抗器的结构。图5表示可饱和电抗器的磁芯的磁化曲线。如图4所示,在磁芯CR上卷绕有主绕组SR和复位绕组LR。复位绕组LR与复位电路31连接。

[0101] 在磁芯CR的工作点位于图5的“0”点时,如果直流电流流过复位绕组LR,则磁芯CR的工作点移动到P5。当励磁电流流过主绕组SR时,磁场强度H增加。由此,磁芯CR的工作点从P5通过P4向P1移动。

[0102] 若磁芯CR的工作点达到P1,则磁芯CR内的磁通密度B成为饱和磁通密度以上,可饱和电抗器饱和。此时,可饱和电抗器的电感急剧下降,主绕组SR成为导通状态。在可饱和电抗器饱和时,磁芯CR的工作点处于磁场强度H远大于P1的位置,但随着流过主绕组SR的电流的减少而从P1向P2移动。此时,可饱和电抗器的电感急剧增加,因此流过主绕组SR的电流急剧减少。主绕组SR的电流成为0时的磁芯CR的工作点在P2停止,在磁芯CR中残留磁通。

[0103] 当在磁芯CR的工作点位于P2的状态下励磁电流再次流过主绕组SR时,磁芯CR的工作点从P2向P1移动。此时的磁通密度B的变化量比从P5通过P4朝向P1移动的情况下的变化量小。因此,非饱和时的可饱和电抗器的电感不会变得足够大,几乎无法进行磁脉冲压缩动作。为了进行磁脉冲压缩动作,需要以使磁芯CR的工作点从P2经由P3返回到P5的方式进行磁复位。因此,在复位绕组LR中,作为复位电流流过与主绕组SR的电流相反方向的直流电流。磁芯CR的工作点在主绕组SR的电流成为0之后返回到P5。

[0104] 1.2.3动作

[0105] 使用图6对比较例的PPM12的动作进行说明。首先,在通过控制部14使固态开关SW断开的状态下,通过充电器11对主电容器C0进行充电。在此,充电的主电容器C0的电压Vc0为正。

[0106] 当通过控制部14将固态开关SW从断开切换为接通时,主电容器C0的电压Vc0被施加于磁开关SR0。当主电容器C0的电压Vc0的时间积分值达到由磁开关SR0的特性决定的极限值时,磁开关SR0饱和而电感降低。图6的时刻t1表示磁开关SR0的电感降低的时机。

[0107] 在时刻t1之后,电流流过主电容器C0、磁开关SR0、升压用变压器TC1的一次绕组TC11和固态开关SW的环路。同时,升压用变压器TC1的二次绕组TC12及第一传输电容器C1的环路中也流过电流。由此,蓄积于主电容器C0的电荷被传输至第一传输电容器C1,第一传输电容器C1以负侧充电。

[0108] 当第一传输电容器C1的电压Vc1的时间积分值达到由第一磁开关SR1的特性决定的极限值时,第一磁开关SR1饱和而电感降低。图6的时刻t2表示第一磁开关SR1的电感下降的时机。

[0109] 在时刻t2之后,电流流过第一传输电容器C1、第二传输电容器C2及第一磁开关SR1的环路。由此,蓄积于第一传输电容器C1的电荷被传输至第二传输电容器C2,第二传输电容器C2被以负侧充电。

[0110] 当第二传输电容器C2的电压Vc2的时间积分值达到由第二磁开关SR2的特性决定

的极限值时,第二磁开关SR2饱和而电感急剧降低。图6的时刻t3表示第二磁开关SR2的电感下降的时机。

[0111] 在时刻t3之后,电流流过第二传输电容器C2、峰化电容器Cp、第二磁开关SR2的环路。由此,蓄积在第二传输电容器C2中的电荷被传输到峰化电容器Cp,峰化电容器Cp被以负侧充电。

[0112] 当峰化电容器Cp的电压Vcp达到击穿电压时,一对放电电极20之间的激光气体绝缘击穿而开始主放电。通过该主放电激励激光介质,从而产生光。

[0113] 在主放电后,通过主放电的残留电荷等对峰化电容器Cp施加反向电压。即,峰化电容器Cp被以正侧充电。图6的时刻t4表示峰化电容器Cp被以正侧充电的时机。

[0114] 在时刻t4之后,从峰化电容器Cp向第二传输电容器C2传输电荷,从第二传输电容器C2向第一传输电容器C1传输电荷。第二传输电容器C2及第一传输电容器C1与峰化电容器Cp同样地,被施加与磁脉冲压缩动作时的充电电压相反极性的电压。即,第二传输电容器C2及第一传输电容器C1被以正侧充电。图6的时刻t5表示第二传输电容器C2被以正侧充电的时机。图6的时刻t6表示第一传输电容器C1被以正侧充电的时机。

[0115] 在再生动作时,固态开关SW断开,因此从第一传输电容器C1向主电容器C0的电荷传输经由再生用变压器TC2进行。由此,主电容器C0被以与由充电器11充电的电压相同的极性、即正侧充电。此时,固态开关SW被断开,另外,二极管D1、D2以相反极性连接,因此在直到通过控制部14将固态开关SW切换为接通为止的期间,电荷蓄积于主电容器C0。

[0116] 在再生动作完成的时间点,电压Vc1、Vc2、Vcp大致为0。但是,在通过再生动作对主电容器C0进行充电之后,电流也流过复位电路31,因此电压Vc1、Vc2、Vcp发生变化。电压Vcp和电压Vc2随着时间经过而下降,在第二磁开关SR2的磁芯被复位的时机一致地上升。另一方面,电压Vc1随着时间经过而上升之后下降。

[0117] 并且,电压Vc1、Vc2、Vcp在第一磁开关SR1的磁芯被复位的时机一致地一起上升,在升压用变压器TC1的磁芯被复位的时机下降而最终收敛为0。

[0118] 在脉冲激光PL的重复频率为约4kHz以下的情况下,脉冲间隔为约250μs以上,因此在从产生主放电起到下一次磁脉冲压缩动作为止的期间,电压Vc1、Vc2、Vcp收敛为0。

[0119] 但是,在脉冲激光PL的重复频率为约6kHz以上的情况下,脉冲间隔为约166μs以下,因此在电压Vc1、Vc2、Vcp收敛为0之前开始下一次的磁脉冲压缩动作。这是因为,电压Vc1、Vc2、Vcp的正侧的峰值高,收敛为0需要时间。若在峰化电容器Cp产生电压时通过磁脉冲压缩动作开始充电,则有可能对主放电造成不良影响。

[0120] 1.2.4调整脉冲功率模块

[0121] 为了抑制对所述主放电的不良影响,优选减小在主放电后因复位电流而产生的电压Vcp的峰值。在比较例中,针对从主放电起的经过时间T设定上限值VL,以使电压Vcp成为上限值VL以下的方式调整PPM12。例如,对于1μs≤T＜20μs的期间,设VL＝0V,对于20μs≤T＜30μs的期间,设VL＝300V,对于30μs≤T的期间,设VL＝500V。

[0122] 具体而言,在比较例中,为了将峰化电容器Cp的电压Vcp抑制为上限值VL以下,预先调整PPM12,以满足第一调整条件和第二调整条件。第一调整条件是用于使再生动作完成后的电压Vc1为负的条件。第二调整条件是用于抑制再生动作完成后的电压Vcp的上升速度的条件。

[0123] 第一调整条件和第二调整条件的参数定义如下。

[0124] $C_{C0}$:主电容器C0的电容

[0125] $C_{C1}$:第一传输电容器C1的电容

[0126] $C_{C2}$:第二传输电容器C2的电容

[0127] $C_{Cp}$:峰化电容器Cp的电容

[0128] $N_{TC11}$:升压用变压器TC1的一次绕组TC11的匝数

[0129] $N_{TC12}$:升压用变压器TC1的二次绕组TC12的匝数

[0130] $N_{TC21}$:再生用变压器TC2的一次绕组TC21的匝数

[0131] $N_{TC22}$:再生用变压器TC2的二次绕组TC22的匝数

[0132] $I_{TC1R}$:流过升压用变压器复位绕组TC1R的复位电流

[0133] $I_{TC2R}$:流过再生用变压器复位绕组TC2R的复位电流

[0134] 第一调整条件由下式(1)和下式(2)规定。

$$\frac{N_{TC12}}{N_{TC11}} > \sqrt{\frac{C_{C0}}{C_{C1}}} \quad \cdots(1)$$

[0135]

$$\frac{N_{TC22}}{N_{TC21}} < \sqrt{\frac{C_{C0}}{C_{C1}}} \quad \cdots(2)$$

[0136] 第二调整条件由下式(3)以及下式(4)规定。在此,K是表示规定的电压上升速度的常数。

$$\left(I_{TC1R} \times \frac{N_{TC1R}}{N_{TC12}} - I_{TC2R} \times \frac{N_{TC2R}}{N_{TC22}}\right) / \left(C_{C1} + C_{C2} + C_{Cp}\right) < K \quad \cdots(3)$$

[0137]

$$I_{TC1R} \times \frac{N_{TC1R}}{N_{TC12}} - I_{TC2R} \times \frac{N_{TC2R}}{N_{TC22}} > 0 \quad \cdots(4)$$

[0138] 此外,电容$C_{C1}$、$C_{C2}$、$C_{C}$p满足下式(5)的关系。

[0139] $C_{Cp} < C_{C1} = C_{C2} \cdots(5)$

[0140] 1.3课题

[0141] 申请人确认,若使如上述那样调整了PPM12的比较例的气体激光装置2放电,则在主放电后在一对放电电极20之间产生负的反冲波形,电弧放电的强度上升。当电弧放电的强度上升时,一对放电电极20的磨损量变大,寿命变短。另外,激光输出的能量稳定性也降低。

[0142] 并且,申请人确认,与使用CM1200HC-66H(以下称为“66H”)作为固态开关SW的情况相比,在使用CM1200hc-66X(以下称为“66X”)或5SNA_1000N330300(以下称为“ABB”)的情况下,电弧放电的强度上升。66H以及66X是三菱电机株式会社制的IGBT模块,ABB是ABB株式会社制的IGBT模块。

[0143] 认为电弧放电的强度的上升的原因在于,如图7所示,在主放电后在阴极电极20a的电位Ec产生第一峰值PK1、第二峰值PK2以及第三峰值PK3。在将从主放电起的经过时间设为T的情况下,第一峰值PK1以及第二峰值PK2在0.5μs＜T＜5μs的期间产生。第三峰值PK3在

5μs＜T＜20μs的期间产生。第一峰值PK1及第二峰值PK2为约-1.5kV的负电位。第三峰值PK3为约-400V的负电位。

[0144] 1.3.1第一峰值

[0145] 第一峰值PK1的产生原因在于,在磁脉冲压缩动作后在第一传输电容器C1中残留电压。具体而言,原因在于,在为了主放电而从第一传输电容器C1向第二传输电容器C2传输电压时,在第一传输电容器C1中残留电压。在第一传输电容器C1中残留电压的原因在于,由于第一磁开关SR1的损耗而传输效率不是100％,以及如上式(5)那样设为$C_{C1}＝C_{C2}$。第一传输电容器C1的残留电压在主放电后经由第一传输电容器C1、第二传输电容器C2、及峰化电容器Cp而传输至一对放电电极20,由此产生第一峰值PK1。

[0146] 1.3.2第二峰值

[0147] 第二峰值PK2的产生原因在于,在再生动作时固态开关SW未完全断开从而第一传输电容器C1被充电而产生未再生电压。未再生电压是指在再生动作时没有向主电容器C0传输而残留在第一传输电容器C1中的电压。具体而言,优选在图6所示的时刻t5的时间点固态开关SW完全断开,但由于固态开关SW的断开时间的关系,在时刻t5的时间点,固态开关SW不完全断开,由此产生未再生电压。

[0148] 66X以及ABB与66H相比,接通时间短而断开时间长,因此通过使用66X或ABB作为固态开关SW,第一传输电容器C1的未再生电压增大。

[0149] 1.3.3第三峰值

[0150] 第三峰值PK3的产生原因在于,由于用于将第一磁开关SR1及第二磁开关SR2复位的复位电流而在第一磁脉冲压缩电路MPC1及第二磁脉冲压缩电路MPC2中产生的电流。即,第三峰值PK3的产生原因在于,从复位电路31向一对放电电极20的能量注入。

[0151] 在图3中,Ir表示在将第一磁开关SR1及第二磁开关SR2复位时流过复位电路31的复位电流。Isr1表示在复位时在第一磁脉冲压缩电路MPC1产生的电流。Isr2表示在复位时在第二磁脉冲压缩电路MPC2产生的电流。电流Isr1、Isr2是用于使第一磁开关SR1以及第二磁开关SR2返回初始状态的电流。

[0152] 2.实施方式

[0153] 2.1结构及动作

[0154] 本公开的实施方式的气体激光装置2除了PPM12的调整条件不同以外,是与比较例的气体激光装置2相同的结构。另外,本实施方式的气体激光装置2的动作与比较例的气体激光装置2的动作相同。

[0155] 2.2调整脉冲功率模块

[0156] 在本实施方式中,通过变更比较例的PPM12的调整条件,来抑制在主放电后的阴极电极20a的电位Ec产生的第一峰值PK1、第二峰值PK2以及第三峰值PK3。以下,仅对与比较例不同的点进行说明。

[0157] 2.2.1第一峰值

[0158] 本实施方式中,为了抑制作为第一峰值PK1的产生原因的第一传输电容器C1的残留电压,将电容$C_{C1}$、$C_{C2}$、$C_{Cp}$调整为满足下式(6)的关系。即,代替上式(5),使用下式(6)调整电容$C_{C1}$、$C_{C2}$、$C_{Cp}$。在此,抑制残留电压是指使残留电压接近0。

[0159] $C_{Cp}＜C_{C1}＜c_{C2}$…(6)

[0160] 图8表示第一传输电容器C1的电容$C_{C1}$与第一传输电容器C1的残留电压之间的关系的计算结果。具体而言,图8表示使用第二传输电容器C2的电容$C_{C2}$作为参数且电容$C_{C1}$在5nF至10nF的范围内变化的结果。

[0161] 确认:在满足上式(6)且充电器11为最大输出的状态下,通过调整电容$C_{C1}$以满足下式(7),第一峰值PK1被抑制。

[0162] -1.5kV＜Vrd＜0V…(7)

[0163] 在此,Vrd表示第一传输电容器C1的残留电压。

[0164] 2.2.2第二峰值

[0165] 在本实施方式中,为了抑制作为第二峰值PK2的产生原因的未再生电压,调整再生用变压器TC2的一次绕组TC21与二次绕组TC22的匝数比,以代替上式(2)而满足下式(8)。在此,抑制未再生电压是指使未再生电压接近0。

[0166] $$\frac{N_{TC22}}{N_{TC21}} > \sqrt{\frac{C_{C0}}{C_{C1}}} \quad \cdots(8)$$

[0167] 由此,再生用变压器TC2的一次侧与二次侧的电压的关系被变更,在再生动作时第一传输电容器C1难以被充电。

[0168] 图9表示第一传输电容器C1的电压Vc1相对于主放电开始后的经过时间T的变化的一例。在图9中示出使用66H作为固态开关SW的情况和使用66X作为固态开关SW的情况下的电压Vc1的变化。66X与66H相比断开时间长,在再生动作时存在不完全断开的期间,因此产生比66H大的未再生电压。

[0169] 通过调整再生用变压器TC2以满足上式(8)来抑制未再生电压。例如,在使用66X作为固态开关SW的情况下,通过调整再生用变压器TC2以满足上式(8),与使用66H作为固态开关SW且不满足上式(8)的情况相比,未再生电压被抑制。

[0170] 因此,通过调整再生用变压器TC2以满足上式(8),第二峰值PK2被抑制。

[0171] 2.2.3第三峰值

[0172] 在本实施方式中,为了抑制作为第三峰值PK3的产生原因的从复位电路31向一对放电电极20的能量注入,将流过复位电路31的复位电流Ir设为3A以上。而且,将在复位时在第一磁脉冲压缩电路MPC1产生的电流Isr1和在复位时在第二磁脉冲压缩电路MPC2产生的电流Isr2设为满足下式(9)的关系。

[0173] Isr2＞2.5×Isr1…(9)

[0174] 通过调整第一磁开关SR1的绕组数与第二磁开关SR2的绕组数之比,满足上式(9)的关系。

[0175] 通过满足上式(9)的关系,第二磁开关SR2的复位力高于第一磁开关SR1的复位力。另外,通过将复位电流Ir设为3A以上,第二磁开关SR2的复位力增大。由此,从复位电路31向一对放电电极20的能量注入被抑制,第三峰值PK3被抑制。

[0176] 2.3效果

[0177] 通过如上述那样调整PPM12,第一峰值PK1、第二峰值PK2以及第三峰值PK3被抑制。由此,如图10所示,从主放电开始起0.5μs以上且20μs以下的期间内的阴极电极20a的电位Ec处于-200V以上且200V以下的范围内。例如,主放电的开始的时间点例如被确定为:由于

从主电容器C0通过磁脉冲压缩动作传输到峰化电容器Cp的电压而在一对放电电极20之间发生击穿的时间点。

[0178] 通过这样抑制负的反冲波形,电弧放电被抑制,一对放电电极20的寿命变长。另外,由此激光输出的能量稳定性提高。

[0179] 3.电子器件的制造方法

[0180] 图11概略地表示曝光装置100的结构例。曝光装置100包括照明光学系统104和投影光学系统106。照明光学系统104例如通过从气体激光装置2入射的脉冲激光Lp,对配置在掩模版台RT上的未图示的掩模版的掩模版图案进行照明。投影光学系统106将透过掩模版的脉冲激光Lp缩小投影,而使其成像于配置在工件台WT上的未图示的工件。工件是涂覆有光致抗蚀剂的半导体晶片等感光基板。

[0181] 曝光装置100通过使掩模版台RT与工件台WT同步地平行移动,将反映了掩模版图案的脉冲激光Lp曝光于工件。在通过以上的曝光工序将掩模版图案转印到半导体晶片上之后,可以通过多个工序制造半导体器件。半导体器件是本公开中的“电子器件”的一例。

[0182] 上述的说明并非限制而仅仅是例示。因此,对于本领域技术人员而言显而易见的是,能够在不脱离所附的权利要求书的情况下对本公开的各实施方式施加变更。

[0183] 在本说明书和所附的权利要求书整体中使用的术语应被解释为“非限制性的”术语。例如,术语“包括”或“包含”应被解释为“不限于被描述为包括的内容”。术语“具有”应被解释为“不限于被描述为具有的内容”。另外,在本说明书和所附的权利要求书中描述的修饰词“一个”应被解释为意味着“至少一个”或“一个或多个”。

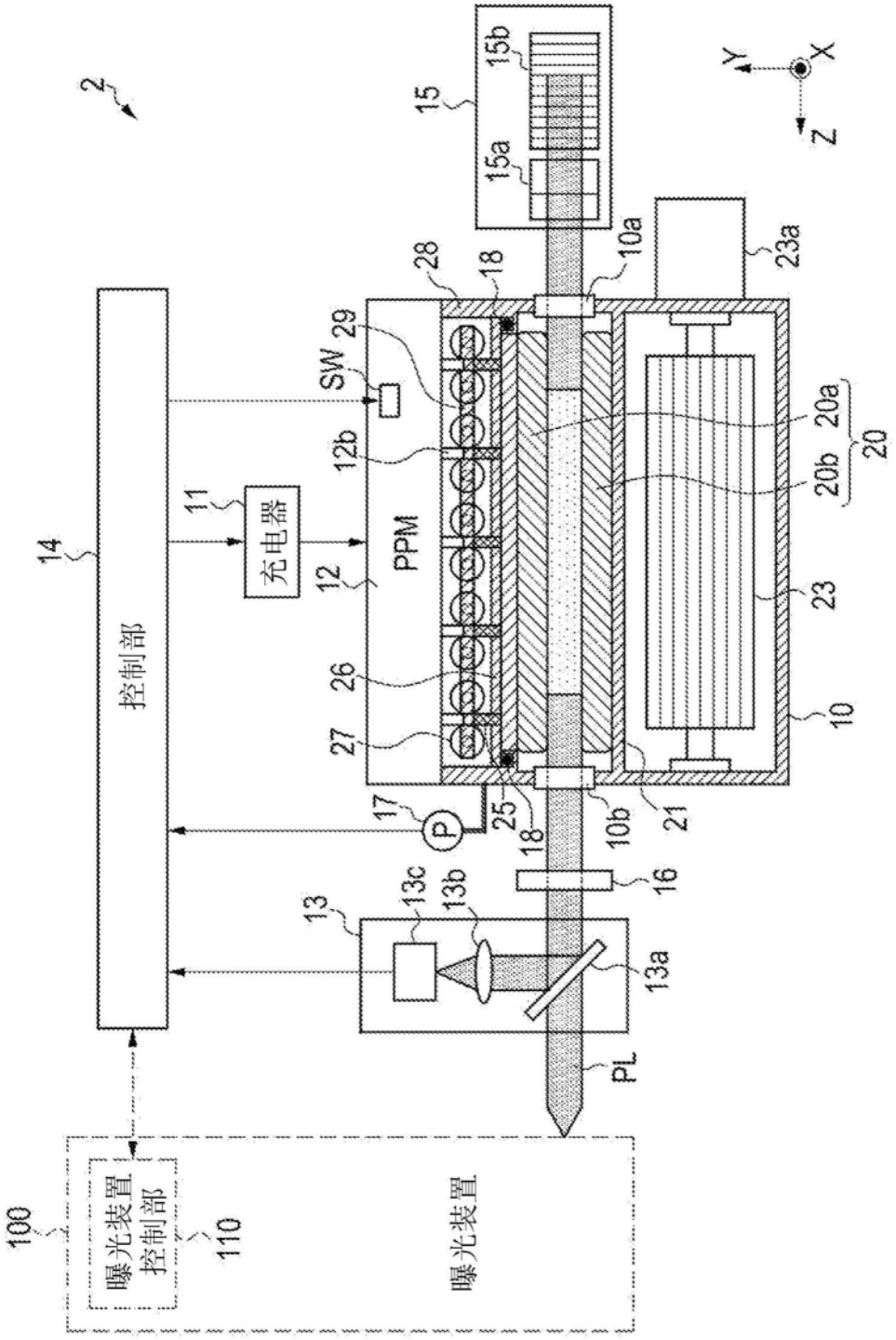

2
15
15b
15a
Y
X
Z
23a
10a
28
18
29
SW
12b
20a
20
20b
11
充电器
14
12
PPM
23
26
10
27
控制部
17
P
25
18
10b
21
16
13
13c
13b
13a
PL
100
曝光装置
控制部
110
曝光装置

图1

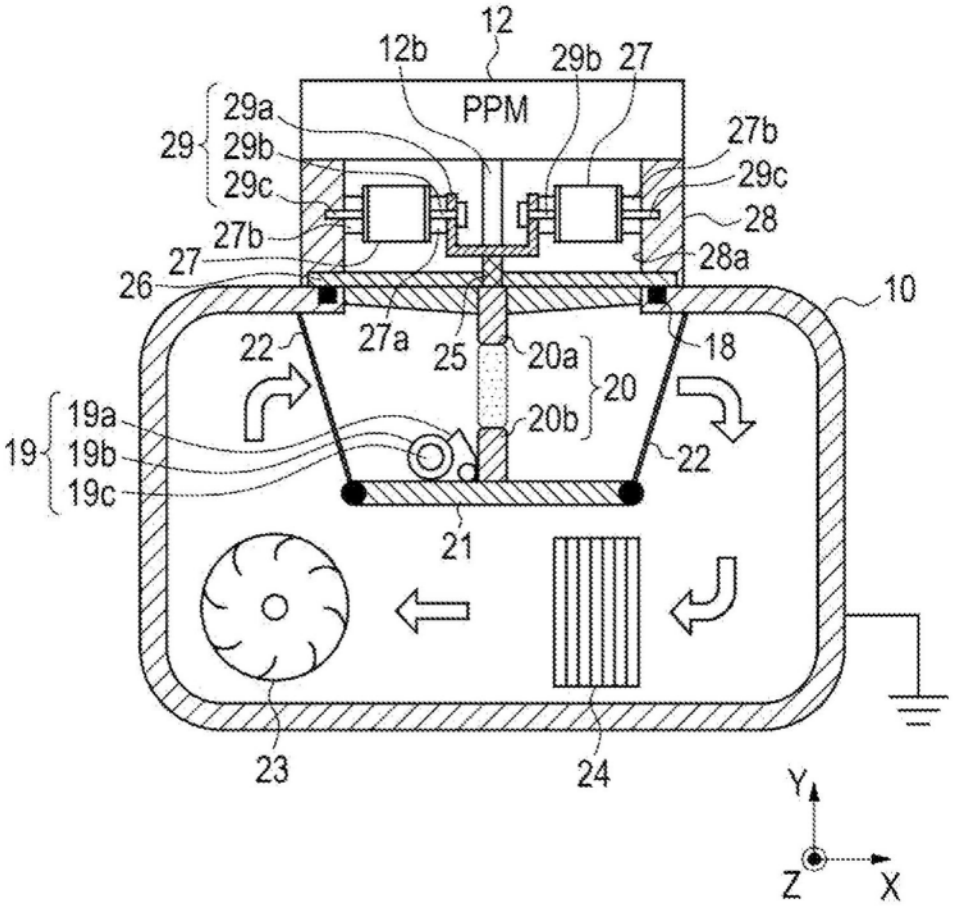

12
12b
29b
27
PPM
29a
29
29b
29c
27b
29c
28
27b
28a
27
26
10
22
27a
25
20a
20
18
19a
19
19b
19c
20b
22
21
23
24
Y
Z
X

图2

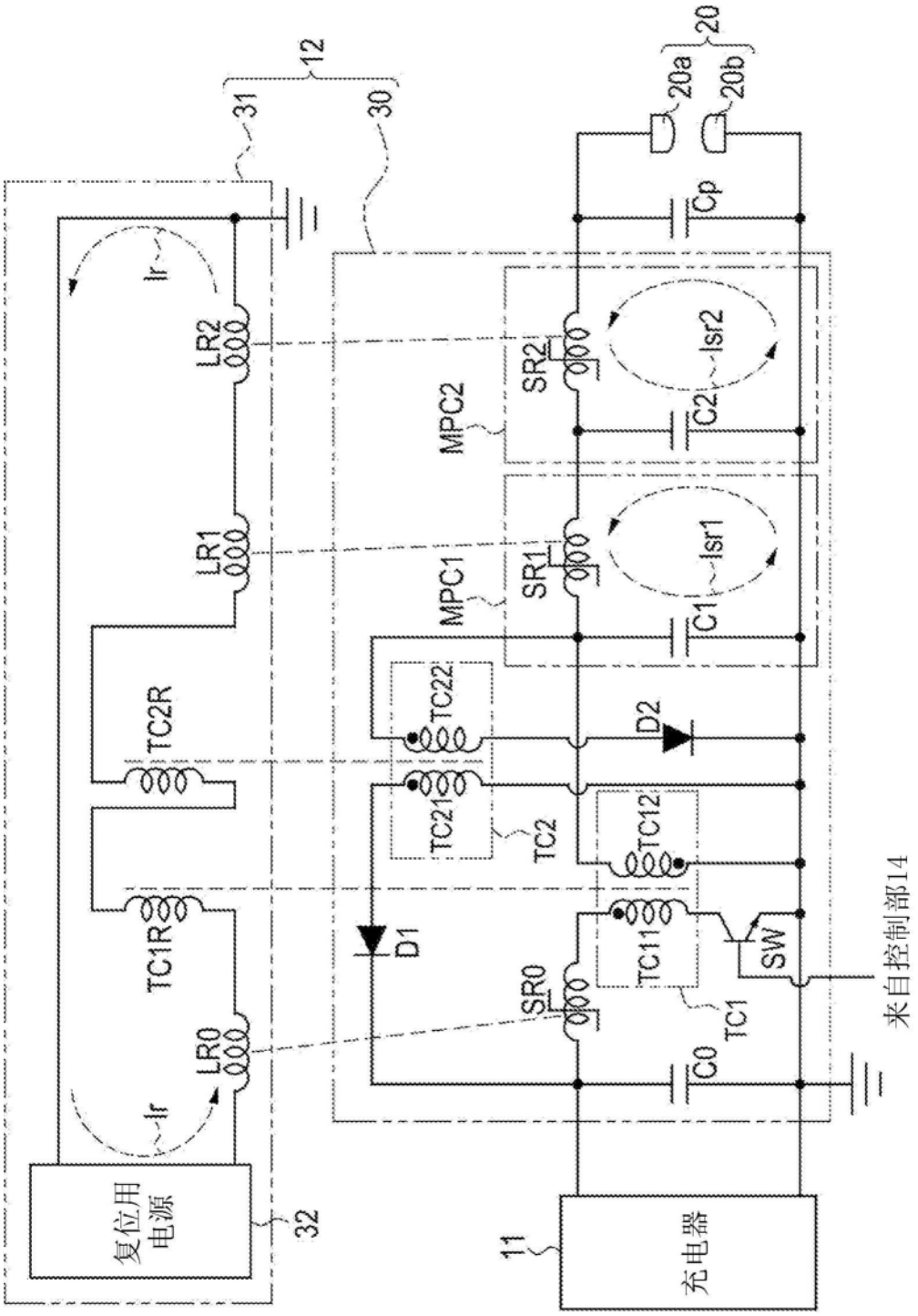

12
31
30
20
20a
20b
Cp
Ir
LR2
LR1
LR0
TC2R
TC1R
MPC2
SR2
Isr2
C2
MPC1
SR1
Isr1
C1
TC22
TC21
TC2
D2
D1
TC12
TC11
SW
SR0
TC1
C0
来自控制部14
复位用电源
32
11
充电器

图3

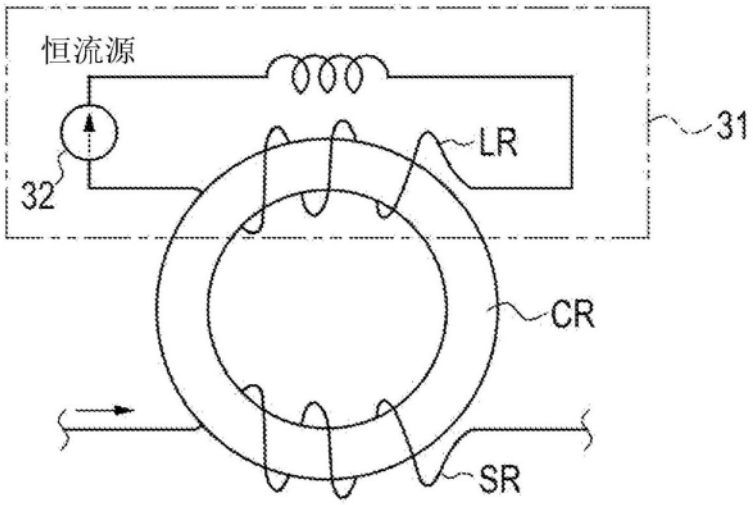



图4

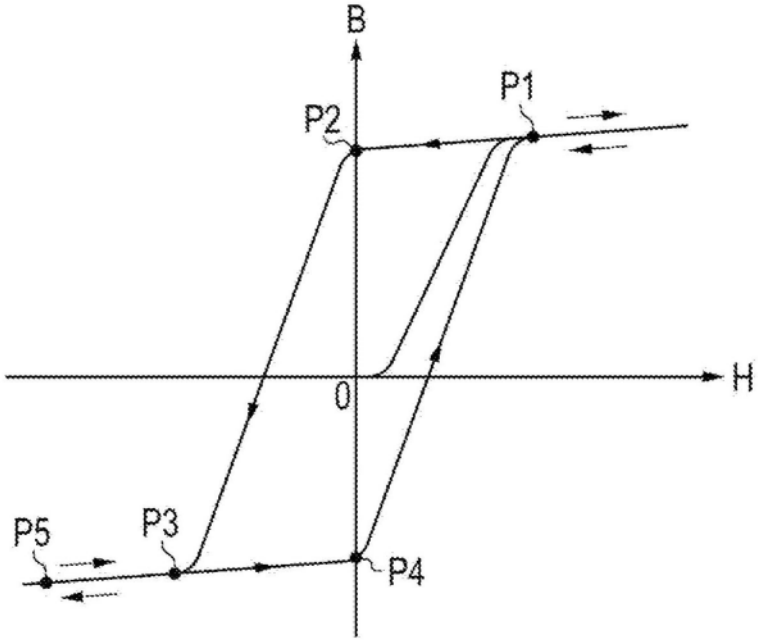



图5

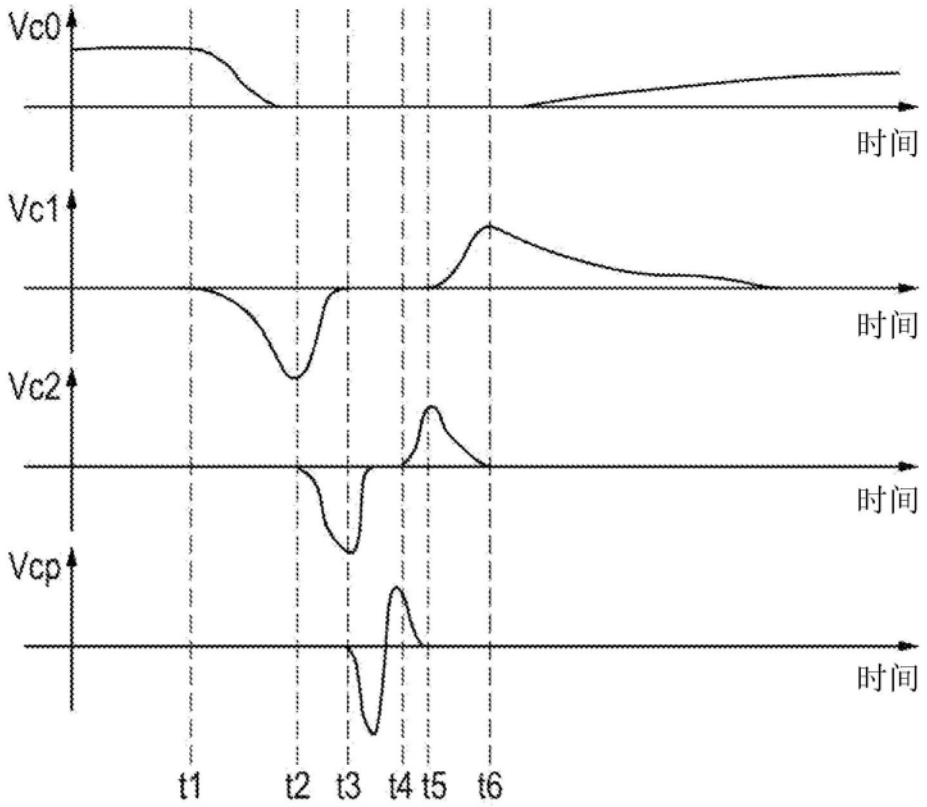

Vc0
时间
Vc1
时间
Vc2
时间
Vcp
时间
t1
t2
t3
t4
t5
t6

图6

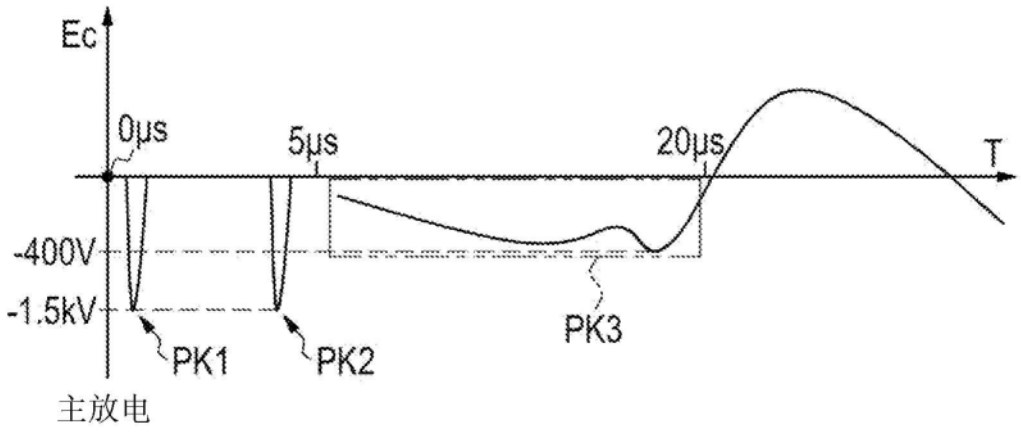

Ec
0μs
5μs
20μs
T
-400V
-1.5kV
PK1
PK2
PK3
主放电

图7

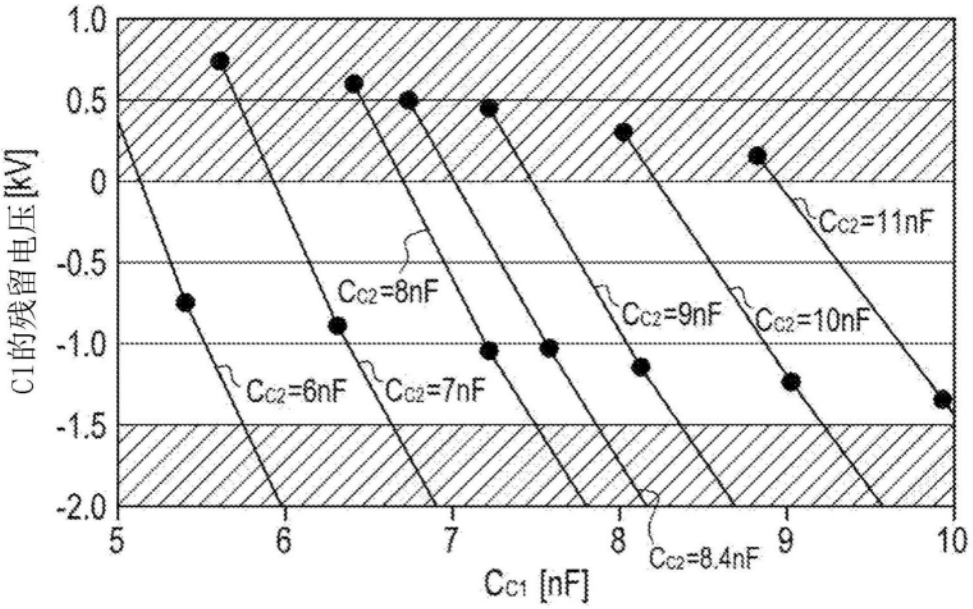

1.0
0.5
0
-0.5
-1.0
-1.5
-2.0
5
6
7
8
9
10
C1的残留电压[kV]
Cc1 [nF]
Cc2=6nF
Cc2=7nF
Cc2=8nF
Cc2=8.4nF
Cc2=9nF
Cc2=10nF
Cc2=11nF

图8

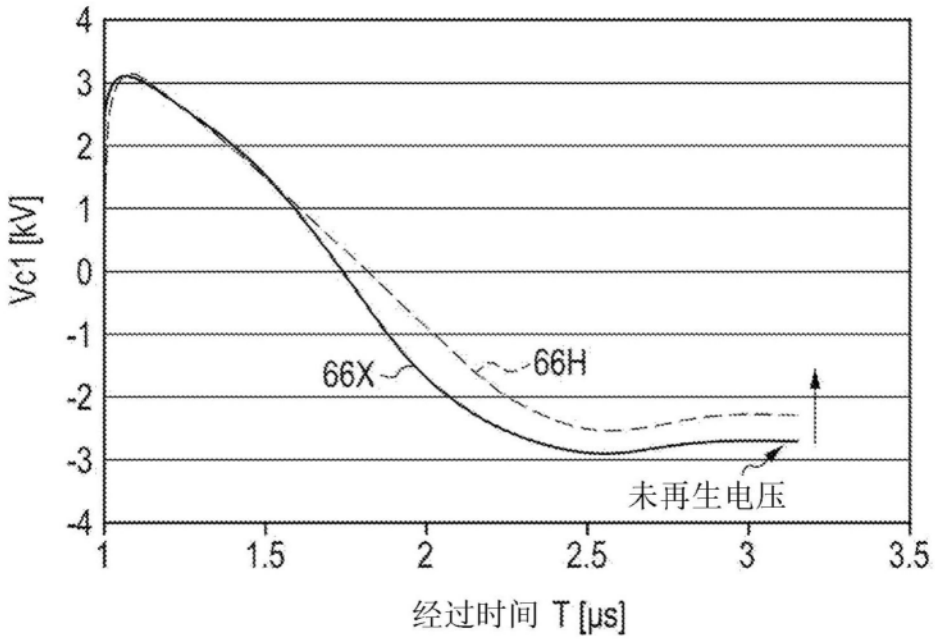

4
3
2
1
0
-1
-2
-3
-4
1
1.5
2
2.5
3
3.5
Vc1 [kV]
经过时间 T [μs]
66X
66H
未再生电压

图9

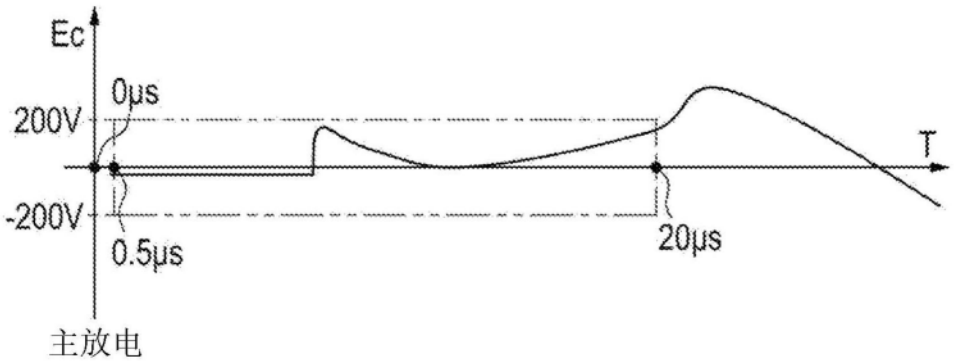



图10

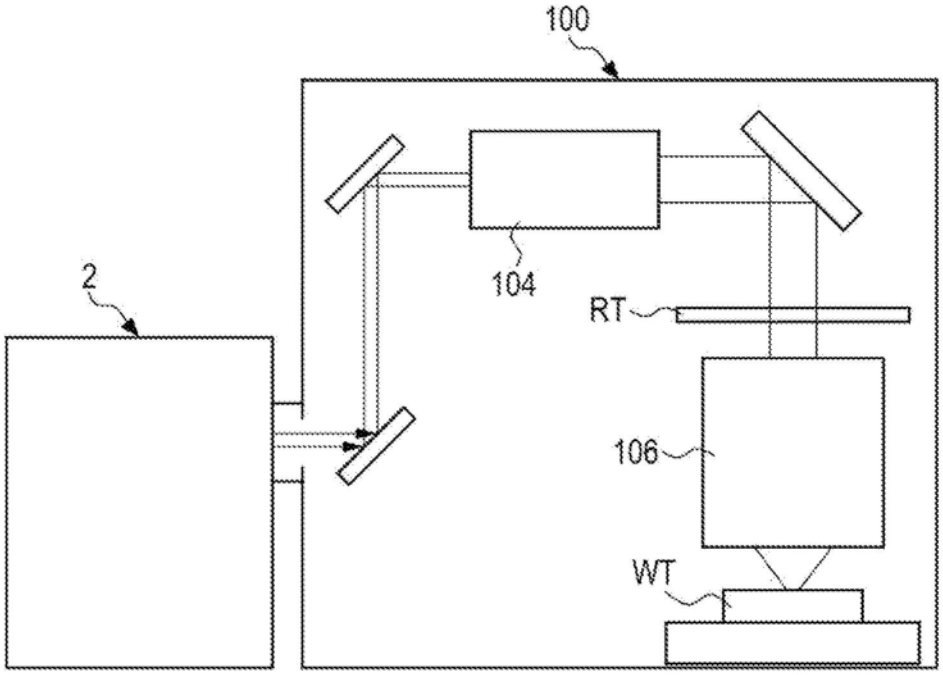



图11