



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 104272425 A

(43) 申请公布日 2015. 01. 07

(21) 申请号 201380022774. 8

(22) 申请日 2013. 04. 25

(30) 优先权数据

61/644, 513 2012. 05. 09 US

13/828, 112 2013. 03. 14 US

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2014. 10. 30

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/EP2013/058652 2013. 04. 25

(87) PCT国际申请的公布数据

W02013/167391 EN 2013. 11. 14

(71) 申请人 阿卡姆股份有限公司

地址 瑞典默恩达尔

(72) 发明人 M·斯文松 U·勒君布拉德

(74) 专利代理机构 北京市铸成律师事务所

11313

代理人 孟锐

(51) Int. Cl.

H01J 37/077(2006. 01)

B29C 67/00(2006. 01)

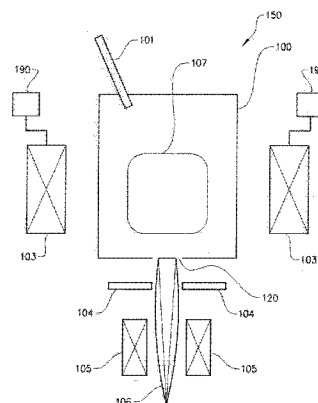
权利要求书2页 说明书8页 附图9页

(54) 发明名称

用于产生电子束的方法和装置

(57) 摘要

本发明涉及一种等离子体电子源装置(150)。所述装置包含阴极放电室(100),在阴极放电室(100)中产生等离子体;提供在所述阴极放电室中的出口孔(120),通过提供在所述阴极放电室(100)与阳极(104)之间的加速场从出口孔(120)并从所述等离子体(107)中提取电子;至少一个等离子体约束设备(例如,电磁线圈103);以及切换机构(190),其用于在允许从所述等离子体中提取电子的第一值与阻止从所述等离子体中提取电子的第二值之间切换所述至少一个等离子体约束设备。也提供了关联方法,特别是使用所述装置(150)的方法,所述装置(150)用于通过连续熔合提供在工作台上的粉床的至少一个层的部分而形成三维物品。



1. 一种等离子体电子源装置,其包含:
阴极放电室,在所述阴极放电室中产生等离子体;
提供在所述阴极放电室中的出口孔,通过提供在所述阴极放电室与阳极之间的加速场从所述出口孔并从所述等离子体中提取电子;
至少一个等离子体约束设备;以及
切换机构,其用于在允许从所述等离子体中提取电子的第一值与阻止从所述等离子体中提取电子的第二值之间切换所述至少一个等离子体约束设备。
2. 如权利要求 1 所述的装置,其中所述等离子体约束设备选自以下组成的组:至少一个电磁线圈、至少一个电磁波发生器、至少一个束控制板,以及上述任何组合。
3. 如权利要求 2 所述的装置,其中所述等离子体约束设备是至少一个电磁波发生器,其被配置成发射 RF 功率和微波功率中的至少一个,以便作用在所述阴极放电室内部的所述气体上,从而产生所述等离子体。
4. 如权利要求 1 所述的装置,其中所述等离子体约束设备被布置在所述阴极放电室的外部。
5. 如权利要求 1 所述的装置,其中所述等离子体约束设备被布置在所述阴极放电室的内部。
6. 如权利要求 1 所述的装置,其中所述至少一个等离子体约束设备包含至少一个电磁线圈和至少一个电子束控制板。
7. 如权利要求 6 所述的装置,其中所述至少一个电子束控制板提供在所述阴极放电室的内部,并且被布置成所述等离子体的至少一部分提供在所述电子束控制板与所述出口孔之间。
8. 如权利要求 7 所述的装置,其中所述至少一个电子束控制板是弯曲的。
9. 如权利要求 7 所述的装置,其中所述至少一个电子束控制板是具有通过其中心部分的开口的环形结构,所述开口大体上定向到所述出口孔。
10. 如权利要求 1 所述的装置,其中所述等离子体约束设备是至少一个电子束控制板(125),其提供在所述阴极放电室(100)的内部,并且被布置成所述等离子体的至少一部分提供在所述电子束控制板(125)与所述出口孔(120)之间。
11. 如权利要求 1 所述的装置,其中所述等离子体约束设备是至少一个电磁线圈,并且用于在所述第一值与所述第二值之间调节保持力的所述切换机构是通过所述至少一个电磁线圈的电流。
12. 如权利要求 1 所述的装置,其中所述等离子体约束设备是至少一个电磁波发生器,并且用于在所述第一值与所述第二值之间调节保持力的所述切换机构是由电磁波源产生的波长和由所述源产生的电磁波的振幅中的至少一个。
13. 如权利要求 12 所述的装置,其中所述电磁波源位于所述阴极放电室的外部。
14. 如权利要求 12 所述的装置,其中所述切换机构被配置成切换所述电磁波发生器的频率和振幅中的至少一个。
15. 如权利要求 1 所述的装置,其中所述等离子体约束设备是至少一个电子束控制板,并且用于在所述第一值与所述第二值之间调节保持力的所述切换机构是施加在所述板上的电压。

16. 如权利要求 1 所述的装置,其进一步包含控制单元,所述控制单元用于改变所述用于等离子体约束的至少一个构件的占空比,以改变所述等离子体电子源中的平均电子电流。

17. 如权利要求 1 所述的装置,其中所述阴极放电室具备可连接到气体源的入口,所述入口用于将气体引入所述阴极放电室。

18. 如权利要求 1 所述的装置,其中在所述第一电流值与所述第二电流值之间切换的频率高于 100Hz、1kHz 和 100kHz 中的至少一个。

19. 一种如权利要求 1 所述的等离子体电子源装置的使用,所述装置用于通过连续熔合提供在工作台上的粉床的至少一个层的部分而形成三维物品,所述部分对应于所述三维物品的连续横截面。

20. 一种用于产生脉冲电子束的方法,其包含以下步骤:

在阴极放电室中产生等离子体;

通过提供在所述阴极放电室与阳极之间的加速场从所述阴极放电室中的出口孔提取电子;

提供至少一个等离子体约束设备;以及

在允许从所述等离子体中提取电子的第一值与阻止从所述等离子体中提取电子的第二值之间切换所述至少一个等离子体约束设备。

21. 如权利要求 20 所述的方法,其中所述至少一个等离子体约束设备选自以下组成的组:至少一个电磁线圈、至少一个频率发生器、至少一个束控制板,以及上述任何组合。

22. 如权利要求 20 所述的方法,其中所述至少一个等离子体约束设备定位在所述阴极放电室(100)的内部。

23. 如权利要求 20 所述的方法,其中所述至少一个等离子体约束设备定位在所述阴极放电室(100)的外部。

24. 如权利要求 20 所述的方法,其进一步包含以下步骤:改变在所述第一值与所述第二值之间切换的占空比,以控制所述等离子体电子源中的平均电子电流。

25. 如权利要求 20 所述的方法,其进一步包含以下步骤:通过作用在气体上的 RF 场在所述阴极放电室内产生所述等离子体,所述气体存在于所述阴极放电室的内部。

26. 如权利要求 20 所述的方法,其进一步包含以下步骤:将入口提供到所述阴极放电室,所述入口可连接到气体源以用于将气体引入所述阴极放电室。

27. 如权利要求 20 所述的方法,其进一步包含以下步骤:在所述阴极放电室的内部提供电子束控制板,所述电子束控制板被布置成所述等离子体的至少一部分提供在所述电子束控制板与所述出口孔之间。

28. 如权利要求 20 所述的方法,其进一步包含以下步骤:改变通过所述线圈的所述电流,以便改变通过所述出口孔发射的电子的数量。

29. 如权利要求 20 所述的方法,其进一步包含以下步骤:改变施加到所述电子束控制板的所述电位,以便改变通过所述出口孔(120)发射的电子的所述数量。

30. 如权利要求 20 所述的方法,其进一步包含以下至少一个步骤:切换通过所述线圈的所述电流、切换所述束控制板的电压,以及在所述第一值与所述第二值之间切换所述电磁波发生器的频率或振幅以接通和切断电子束的产生。

用于产生电子束的方法和装置

发明领域

[0001] 本发明的各种实施方案涉及一种等离子体电子源装置、一种用于产生脉冲电子束的方法,以及等离子体电子源装置的使用。

[0002] 发明背景

[0003] 自由成型制造或增材制造是一种用于通过连续熔合应用于工作台粉末层的选定部分而形成三维物品的方法。根据这个技术的方法和装置公开在美国专利申请公开号 2009/0152771 中。

[0004] 此装置可以包含工作台,三维物品将形成在工作台上;粉末分配器,其被布置成将粉末的薄层放在工作台上以形成粉床;射线枪,其用于将能量传送到粉末,由此进行粉末熔合;用于控制由射线枪在粉床上释放的射线的元件,其通过熔合粉床的部分形成三维物品的横截面;以及控制计算机,将关于三维物品的连续横截面的信息存储在控制计算机中。通过连续熔合粉末层的连续形成的横截面形成三维物品,通过粉末分配器相继放置粉末层。

[0005] 当使用电子束将能量传送到增材制造的粉末时,需要相对较快地接通和切断电子束以便控制热量分布和熔合机制。

[0006] 当从加热金属丝产生电子束时,切换频率受灯丝材料的温度时间常数限制。很难不说不可能,比 50Hz 更快地从热灯丝接通和切断电子的产生。

[0007] 可以通过使用所谓的三极管设计来增加热灯丝电子产生的切换频率。在三极管设计中使用网格,网格可以迅速地接通和切断电子束。然而,使用三极管设计,可能难以形成可用电子束进行自由成型制造,并在空间和时间以及可变电流上对于聚焦和强度稳定性具有良好的质量。

[0008] 当从等离子体源产生电子束时,切换频率受用于创建等离子体并消除等离子体的时间限制。切换频率也受用于打开和关闭等离子体所需的高电压的切换时间限制。尽可能高的等离子体产生的频率是在理论上约 10MHz,但在实践中受高电压驱动电子设备的切换时间限制。

[0009] 用于创建脉冲电子束的已知方法不具有足够高的脉冲率,而不会影响电子束的质量,这可能是增材制造的问题。

发明概要

[0010] 在此背景下,本发明的目的是提供一种能够比现有技术中已知的更快地脉冲调制电子束的方法和装置。上述目的通过根据本文所包含的权利要求书的特征来实现。

[0011] 根据各种实施方案,提供一种等离子体电子源装置。装置包含:阴极放电室,在阴极放电室中产生等离子体;提供在阴极放电室中的出口孔,通过提供在阴极放电室与阳极之间的加速场从出口孔并从等离子体中提取电子;至少一个等离子体约束设备;以及切换机构,其用于在允许从等离子体中提取电子的第一值与阻止从等离子体中提取电子的第二值之间切换至少一个等离子体约束设备。

[0012] 根据各种实施方案,也提供一种用于产生脉冲电子束的方法。方法包含以下步骤:

在阴极放电室中产生等离子体 ; 通过提供在阴极放电室与阳极之间的加速场从阴极放电室中的出口孔提取电子 ; 提供至少一个等离子体约束设备 ; 以及在允许从等离子体中提取电子的第一值与阻止从等离子体中提取电子的第二值之间切换至少一个等离子体约束设备。

[0013] 根据各种实施方案, 也提供一种替代等离子体电子源装置。装置包含 : 阴极放电室, 在阴极放电室中产生等离子体 ; 提供在阴极放电室 100 中的出口孔 120, 通过提供在阴极放电室 100 与阳极 104 之间的加速场从出口孔 120 并从等离子体 107 中提取电子 ; 用于在阴极放电室 100 内等离子体约束的至少一个构件 ; 切换构件, 其用于在允许从等离子体 107 中提取电子的第一值与阻止从等离子体 107 中提取电子的第二值之间切换用于等离子体约束的至少一个构件。

[0014] 用于在阴极放电室内等离子体约束的至少一个构件可以是至少一个电磁线圈、至少一个电磁波发生器, 和 / 或至少一个束控制板 (125)。

[0015] 用于在第一值与第二值之间调节等离子体上的保持力的参数可以是 : 通过线圈的电流, 其中线圈提供在阴极放电室的内部或外部 ; 和 / 或板上的电压, 其中板布置在阴极放电室的内部 ; 和 / 或由提供在阴极放电室的内部或外部的电磁波源产生的电磁波的波长或振幅。

[0016] 在某些实施方案中, 此等参数包含用于在阴极放电室内等离子体约束的构件。通过提供用于在阴极放电室内等离子体约束的构件, 并且在约束状态与无约束状态之间切换构件以实现脉冲电子束, 将提供对脉冲电子束的快速控制。

[0017] 用于等离子体约束的至少一个构件可以布置在阴极放电室 (100) 的内部和 / 或外部。通过将用于等离子体约束的构件布置在阴极放电室的内部, 可能会影响室的谐振频率, 但这是一个紧凑的解决方案。与具有在阴极放电室内部的类似的构件相比, 通过将用于等离子体约束的构件布置在阴极放电室的外部是更便宜的并有时是更高效的解决方案。这种布置也可能取决于用于等离子体约束的构件的性质。

[0018] 在各种实施方案中, 提供一种控制单元, 其用于改变通过用于等离子体约束的至少一个构件的电流的第一值的占空比, 以便改变等离子体电子源中的平均电子电流。

[0019] 本实施方案的优点是其提供了对束功率的容易控制, 而不干扰束质量, 即, 在空间和时间上良好的聚焦和强度稳定性。等离子体约束的第一值的占空比的变化提供了用于束功率调整的非常有效的手段。可以在两个不同的功率电平之间切换束功率, 以便与控制机构一样快地可以改变通过用于等离子体约束的至少一个构件的电流的第一值的占空比。可以很快地创建、破坏和 / 或整形等离子体。

[0020] 在各种实施方案中, 提供一种电磁波源以用于发射作用在阴极放电室内部的气体上的电磁波功率, 从而产生等离子体。在示例性实施方案中, 电磁波功率为 RF 功率。在另一示例性实施方案中, 电磁波功率为微波功率。可以通过将波功率的波长改变为超出等离子体的谐振频率范围来创建或破坏等离子体。谐振频率可能取决于等离子体中分子的类型以及阴极放电室的大小和形状。

[0021] 此等实施方案的优点是等离子体的产生是与切换线圈分开的并独立于切换线圈。另一优点是电磁波源是用于产生等离子体的有效构件。

[0022] 在又一其他示例性实施方案中, 提供具有可连接到气体源的入口的阴极放电室, 所述入口用于将气体引入阴极放电室。此等实施方案的优点是电子源的寿命与将气体供应

到阴极放电室中一样长。

[0023] 在又一其他示例性实施方案中,在第一电流值与第二电流值之间切换的频率高于 100Hz、1kHz 或 100kHz。此等实施方案的优点是切换时间快于熔化时间常数。

[0024] 在又一其他示例性实施方案中,至少一个电子束控制板 125 提供在阴极放电室 100 的内部,并且被布置成等离子体的至少一部分提供在电子束控制板 125 与出口孔 120 之间。此等实施方案的优点是其提供了对电子发射的额外控制。所述实施方案的另一优点是其提供了增加的束功率。又一优点是通过出口孔的电子束泄漏可能会被完全减少。又一优点是至少一个电子束控制板是用于产生等离子体的有效构件。

[0025] 在又一其他示例性实施方案中,电磁线圈 103 被至少一个电子束控制板 125 取代,至少一个电子束控制板 125 提供在阴极放电室 100 的内部,并且被布置成等离子体的至少一部分提供在电子束控制板 125 与出口孔 120 之间。此等实施方案的优点是其比使用用于迫使电子通过出口孔的线圈更简单。

[0026] 在各种实施方案的另一方面,根据本发明的等离子体电子源装置可以用于通过连续熔合提供在工作台上的粉床的至少一个层的部分而形成三维物品,所述部分对应于三维物品的连续横截面。

[0027] 在又一其他实施方案中,提供一种用于产生脉冲电子束的方法,其包含以下步骤:在阴极放电室中产生等离子体;通过提供在阴极放电室与阳极之间的加速场从阴极放电室中的出口孔提取电子;提供用于在阴极放电室内等离子体约束的至少一个构件;在允许从等离子体中提取电子的第一值与阻止从等离子体中提取电子的第二值之间切换用于等离子体约束的至少一个构件。

[0028] 所述方法具有与其相应的装置类似的优点。

[0029] 附图简述

[0030] 下文将参照附图,以非限制性方式进一步描述本发明。贯穿附图的几个图,使用相同的参考字符来指示相应的类似部件:

[0031] 图 1 描绘根据本发明的等离子体电子源装置的第一示例性实施方案;

[0032] 图 1b 描绘根据本发明的等离子体电子源装置的第二示例性实施方案;

[0033] 图 1c 描绘根据本发明的等离子体电子源装置的第三示例性实施方案;

[0034] 图 2 描绘具有用于控制平均电子束电流的可变占空比的本发明的等离子体电子源装置的操作的示例性实施方案;

[0035] 图 3 描绘可以实施本发明的等离子体电子源装置的自由成型制造或增材制造装置的示例性实施方案;

[0036] 图 4a 描绘根据本发明的等离子体电子源装置的第四示例性实施方案;

[0037] 图 4b 描绘根据本发明的等离子体电子源装置的第五示例性实施方案;

[0038] 图 4c 描绘根据本发明的等离子体电子源装置的第六示例性实施方案;以及

[0039] 图 5 描绘根据本发明的等离子体电子源装置的第七示例性实施方案。

具体实施方式

[0040] 现在下文将参照附图更全面地描述各种实施方案,在附图中示出本发明的一些而非所有实施方案。实际上,本发明的各种实施方案可以用许多不同形式来实施而不应解释

为限于本文陈述的实施方案；实情为，提供这些实施方案使得本公开内容将满足适用法律要求。

[0041] 为了促进理解本发明，下文定义了许多术语。本文定义的术语具有本发明相关领域的普通技术人员通常理解的含义。例如“一”和“所述”等术语不意图仅指单数实体，而是包括可以用特定实例作说明的普通种类。本文的术语用于描述本发明的特定实施方案，但其使用并不限定本发明，除非在权利要求书中指出的。

[0042] 本文所使用的术语“三维结构”等通常是指（例如，一种或多种结构材料的）预期或实际制造的三维配置，其意图用于特定的目的。可以例如借助于三维 CAD 系统设计此等结构等。

[0043] 本文在各种实施方案中所使用的术语“电子束”是指任何带电粒子束。带电粒子束源可以包括电子枪、线性加速器等。

[0044] 图 3 描绘可以实施本发明的等离子体电子源装置的自由成型制造或增材制造装置 300 的实施方案。装置 300 包含电子枪 302；两个粉末加料斗 306、307；启动板 316；建构槽 312；粉末分配器 310；建构平台 314；以及真空室 320。

[0045] 真空室 320 能够通过真空系统保持真空环境，所述系统可以包含涡轮分子泵、涡轮泵、离子泵和一个或多个阀，这些元件为本领域技术人员所熟知并且因此不需要在此上下文中进一步解释。真空系统受控制单元控制。

[0046] 电子枪 302 产生电子束，所述电子束用于将提供在启动板 316 上的粉末材料 318 熔化或熔合在一起。电子枪 302 的至少一部分可以提供在真空室 320 中。控制单元 340 可以用于控制和管理从电子束枪 302 发射的电子束。至少一个聚焦线圈（未示出）、至少一个偏转线圈和电子束产生构件可以电连接到控制单元 340。在本发明的示例性实施方案中，电子枪以约 60kV 的加速电压和在 0-3kW 的范围中的束功率产生可聚焦电子束。当通过用能量束逐层熔合粉末来建构三维物品时，真空室中的压力可以在 10^{-3} - 10^{-6} mBar 的范围中。

[0047] 粉末加料斗 306、307 包含将提供在建构槽 312 中的启动板 316 上的粉末材料。粉末材料可以例如是纯金属或金属合金，例如钛、钛合金、铝、铝合金、不锈钢、Co-Cr-W 合金等。

[0048] 粉末分配器 310 被布置成将粉末材料的薄层放在启动板 316 上。在工作周期期间，在粉末材料每增加一层后使建构平台 314 相对于射线枪相继降低。为了使这种运动变得可能，建构平台 314 在本发明的一个实施方案中在垂直方向上（即，在由箭头 P 所指示的方向上）被可移动地布置。这意味着建构平台 314 开始在初始位置，在初始位置已将必要厚度的第一粉末材料层放在启动板 316 上。然后，使建构平台降低，连同放置新的粉末材料层，以形成三维物品的新的横截面。用于使建构平台 314 降低的构件可以例如是通过配有齿轮、调节螺钉等的伺服发动机。

[0049] 通过连续熔合粉末的部分形成的三维物品包含提供三维物品的模型的步骤，所述部分对应于三维物品的连续横截面。可以经由 CAD（计算机辅助设计）工具产生模型。

[0050] 通过根据几种方法将粉末均匀分布在工作台上，可以将第一粉末层提供在工作台 316 上。分布粉末的一种方法是通过耙系统收集从加料斗 306、307 倒下的材料。在建构槽上移动耙，由此将粉末分布在启动板上。耙的下部与启动板的上部或前一粉末层之间的距离确定分布在启动板上的粉末的厚度。通过调整建构平台 314 的高度，可以很容易地调整

粉末层厚度。

[0051] 将能量束定向在工作台 316 上,从而使第一粉末层熔合在选定位置以形成三维物品的第一横截面。能量束可以是电子束或激光束。通过由控制单元(未示出)发出的指令将束定向在工作台 316 上。在控制单元中存储用于如何控制三维物品的每一层的束枪的指令。

[0052] 在第一层完成后,即,熔合粉末材料以制作三维物品的第一层,将第二粉末层提供在工作台 316 上。优选地,根据与上一层相同的方式分布第二粉末层。粉末分配器是以单个耙系统的形式,即,其中一个耙抓住从左粉末加料斗 306 和右粉末加料斗 307 倒下的粉末,因此耙可以改变设计。

[0053] 在将第二粉末层分布在工作台 316 上后,将能量束定向在工作台上,从而使第二粉末层熔合在选定位置以形成三维物品的第二横截面。第二层中的熔合部分可以结合到第一层的熔合部分。通过不仅熔化最上层中的粉末,而且也熔化在最上层正下方的层的至少一小部分的厚度,可以将第一层和第二层中的熔合部分熔化在一起。

[0054] 在熔合第一粉末层的选定部分后,捕获第一粉末层的至少第一熔合区的至少一个第一图像。

[0055] 图 1a 描绘根据本发明的等离子体电子源装置 150 的第一示例性实施方案。等离子体电子源装置 150 包含阴极放电室 100、可选的气体入口 101、出口孔 120、电磁线圈 103、阳极 105 和可选的束成形光学器件 105。

[0056] 阴极放电室 100 具备用于将气体引入阴极放电室的气体入口 101。气体可以是例如氩、氦、氖或氙。引入阴极放电室 100 的气体将泄漏通过出口孔 120。提供出口孔 120 以用于从提供在阴极放电室 100 中的等离子体 107 提取电子。

[0057] 在图 1b 中描绘的另一示例性实施方案中,通过提供在阴极放电室 100 外部的 RF 源 102 产生等离子体。RF 源 102 可以是 RF 信号被引入的线圈。RF 功率的频率可以是 10-15MHz。来自线圈的 RF 功率将在阴极放电室 100 中产生气体的 RF 感应放电,由此创建包含电子和离子的等离子体 107。RF 功率可以在 50-500 瓦的范围中。

[0058] 在根据图 1c 的替代实施方案中,通过灯丝放电(即,布置在阴极放电室 100 内部的阳极 130 和阴极 132)产生等离子体 107,阴极放电室 100 具备足够高的电压来创建具有离子和电子的等离子体 107,而不是如图 1b 中描绘的 RF 源 102。

[0059] 有产生等离子体的其他各种方法,例如,通过作用在阴极放电室内部的气体上的微波。空心阴极放电技术是另一种方法。介质阻挡放电是在阴极放电室内创建等离子体的又一种方法。实际上,尽管可以在本文中描述某些技术和/或手段,但是在不脱离本发明的范围和实质的情况下,可以在此上下文中使用用于产生等离子体的任何各种合适的技术。

[0060] 可以提供电磁线圈 103 以使得产生在阴极放电室 100 内的等离子体约束。在图 1b 的示例性实施方案中,电磁线圈 103 可以提供在 RF 线圈 102 的外部。在替代实施方案中,电磁线圈 103 可以提供在阴极放电室 100 与 RF 线圈 102 之间(未图示)。在又一实施方案中,电磁线圈 103 可以提供在阴极放电室 100 的内部(未图示)。由电磁线圈 103 产生的在阴极放电室 100 内部的磁场强度可以在 10-300 高斯的范围中,以便产生等离子体约束。等离子体约束可以用于在相对较低的气体压力下从阴极放电室 100 提取电子,并且用于增加电子提取效率。如果阴极放电室 100 内部的场强低于由通过电磁线圈 103 的预定电流产生

的预定值,那么没有足够的电子可以从出口孔 120 中被提取以形成电子束 106。然而,如果阴极放电室 100 内部的场强高于预定值,那么可以产生合适的等离子体约束并且可以从出口孔 120 中提取电子以形成电子束 106。当没有电子束可能被形成时,阴极放电室 100 内部的场强可以是 0 或基本上 0 场强。可以从阴极放电室中提取恒定和可靠电子束的场强可能非常依赖于室 100 的大小和尺寸以及阴极放电室中的气体压力。具有直径为 15cm 的圆柱形室可能需要在室内部的高于 10 高斯的场强来从出口孔 120 中提取电子。更大的直径可能需要更大的场强来用恒定的气体压力提取电子。在阴极放电室 100 内部的气体压力可以在 10^{-4} – 10^0 mbar 的范围中。

[0061] 用于电磁线圈 103 中的等离子体约束的射频可以在 2–80GHz 之间。RF 源或微波源的频率可以被设置为在阴极放电室 100 内部的气体的谐振频率,和 / 或阴极放电室的大小和形状,即,室的谐振频率。

[0062] 等离子体 107 可以被布置在阴极放电室 100 的中间。在示例性实施方案中,可能在阴极放电室内部提供出口孔与等离子体之间的距离,这个距离是出口孔直径的 3–4 倍。

[0063] 通过接通和切断阴极放电室内部的场强,即,通过接通和切断通过线圈 103 的电流,可以产生脉冲电子束。因此,在基本上为 0 的第一值与用于创建阴极放电室 100 内部的足够的场强的第二值之间切换电流可以用于产生脉冲电子束。切换频率可以高于 100Hz、1kHz 或 100kHz。用于切换线圈 103 中的电流的切换构件可以通过使用高频电子电路作为线圈电流的驱动器来实现,这为本领域技术人员所熟知。

[0064] 此外,当使用约束线圈 103 而不是切换等离子体产生电路来执行电子束的切换时,源的操作更加稳定,因为这将意味着在每个脉冲周期将必须重建等离子体。

[0065] 阳极可以提供在出口孔附近的阴极放电室 100 的外部。将电压施加在阴极放电室与阳极之间,通常提供在阴极放电室上的电位是 -60kV,并且提供在阳极上的电位处于接地电位。通过这个布置,电子将在阴极放电室 100 与阳极 104 之间的加速场中被加速。反转电位差将会从阴极放电室中提取正离子而不是负电子。

[0066] 可选的束成形光学器件可以被布置在阳极的下游以用于成形、扫描和 / 或聚焦电子束。

[0067] 图 2 图示用于通过脉宽调制控制平均电子束电流的可变占空比的示例性实施方案。较高的切换占空比(如图 2 中左侧所示)将比较低的切换占空比(如图 2 中右侧所示)创建更高的平均电子束电流。改变线圈 103 中的电流的接通 / 切断切换占空比将会影响从阴极放电室 100 中提取的平均电子束电流。

[0068] 当电子束源是等离子体源时,这可能可用于增材制造。通过根据所需要的向上或向下改变脉冲占空比,可以瞬间改变熔化功率。熔化功率的快速控制可能会在表面光洁度、微观结构和 / 或机械性质方面引起更好的制品。

[0069] 通过上述电子束的产生,更容易制作高质量的电子束(随着时间的推移不变的电子束强度)。由于未接通和切断阴极放电室内部的等离子体,故已消除接通和切断等离子体对电子束质量的影响。电子束电流的变化是或多或少恒定的。可以通过改变接通 / 切断线圈 103 中的电流的占空比使平均电子束电流交替。

[0070] 图 4a 描绘根据本发明的等离子体电子源装置的第四非限制性的示例性实施方案。第四示例性实施方案与图 1a 中所示的第一示例性实施方案的唯一的区别是额外的电

子束控制板 125。

[0071] 电子束控制板 125 可以被设置为相对于阴极放电室 100 的正或负电位。提供在电子束控制板 125 上的电位可以在 $\alpha \pm \epsilon$ kV 的范围中, 其中 α 为提供在阴极放电室上的电位, 并且 ϵ 为相对于阴极放电室 100 的电位差。 α 可以在 10-100kV 的范围中, 并且 ϵ 在 10-1000V 的范围中。在 ϵ 为 -50V 的示例性实施方案中, 阴极放电室内部的等离子体中的电子将被迫朝向出口孔 120。被接通的电磁线圈 103 与具有负 ϵ 的电子束控制板配合, 即, 更多的电子被迫通过出口孔 103, 从而实现更高的电子束电流。

[0072] 在 ϵ 为 +50V 的另一示例性实施方案中, 阴极放电室内部的等离子体中的电子将被迫朝向电子束控制板 125。被切断的电磁线圈 103 与具有正 ϵ 的电子束控制板配合, 即, 阻止通过出口孔 103 提取电子。

[0073] 图 4b 描绘根据本发明的等离子体电子源装置的第五示例性实施方案。第五示例性实施方案与图 1b 中所示的第二示例性实施方案的唯一的区别是额外的电子束控制板 125。

[0074] 在又一示例性实施方案中, 线圈 103 可以被电子束控制板 125 完全取代, 如在图 4c 中描绘的本发明的第六示例性实施方案中可见的。在这个实施方案中, 从出口孔 103 中提取电子只是取决于电子束控制板 125 的电位。当 ϵ 是等离子体中的负电子时, 电子被迫朝向出口孔。当 ϵ 是等离子体中的正电子时, 阻止通过出口孔提取电子。

[0075] 也可能是等离子体的整体电荷状态是正的, 这是由于在等离子体中离子比电子更多。来自板 125 的作用在电子上的电力可能由离子进行筛选。在这种情况下, 等离子体是由正电压被推向出口孔 129。

[0076] 只有电子束控制板 (即, 没有线圈 103) 来接通和切断电子束时, ϵ 可能需要在 100-10000V 的范围中。

[0077] 尽管在某些实施方案中电子束控制板 125 可能是大体上平面的, 但是在图 5 中描绘的替代实施方案中电子束控制板 125 可能是非平坦的, 以不仅提供向下推动电子朝向出口孔 120 的场, 而且提供推动电子朝向阴极放电室 100 的中心轴的场。非平坦的控制板 125 也可以用于图 4a 和 / 或图 4b 中描绘的实施方案中。在本发明的又一示例性实施方案中, 控制板可以是开口在出口孔 120 的方向上的环。通过使用环形控制板, 等离子体可以集中在环内以及根据环上的电位移移动到孔或从孔移开, 负电位将迫使等离子体朝向出口孔 120, 而正电位将迫使等离子体从出口孔 120 移开。也可以基于上面所指出的相同理由颠倒过来, 即, 这取决于等离子体的瞬间的整体电荷状态。

[0078] 当将电子束从第一位置扫描到第二位置时, 快速切换也可以用于在增材制造时切断电子束。当电子束处于其正确的熔化或加热位置时, 接通电子束。这将导致没有不正确的熔化或加热, 即, 熔化只会发生在预定位置。例如, 在粉末材料上扫描电子束时可能不会发生粉末的加热, 这是因为可以在电子束扫描期间切断电子束。

[0079] 在增材制造的示例性实施方案中, 所述增材制造用于通过连续熔合提供在工作台上的粉床的至少一个层的部分而形成三维物品, 所述部分对应于三维物品的连续横截面, 等离子体电子枪用于熔合粉末材料。在扫描电子束期间, 即, 在改变提供在等离子体电子枪的阴极放电室的出口孔下游的扫描线圈的设置时, 切断电子束的产生。

[0080] 在增材制造的又一示例性实施方案中, 所述增材制造用于通过连续熔合提供在工

作台上的粉床的至少一个层的部分而形成三维物品,所述部分对应于三维物品的连续横截面,等离子体电子枪用于熔合粉末材料。通过改变接通 / 切断线圈 103 中的电流的占空比使平均电子束电流交替。

[0081] 在本发明的又一示例性实施方案中,可以改变提供到线圈 103 的电流,以便改变从出口孔 120 提取的电子的数量。改变线圈 103 中的电流可以改变从出口孔 120 提取的电子的数量。增加通过线圈 103 的电流通常会增加通过出口孔 120 提取的电子的数量。减少通过线圈 103 的电流通常会减少通过出口孔 120 提取的电子的数量。通过线圈 103 的电流的模拟变化可以快速改变从出口孔 120 发射的电子的数量。以类似的方式,这也适用于电子束控制板,即,施加到电子束控制板 125 的电位的变化可能会影响从出口孔 120 发射的电子的数量。如在上文给出的实例中,可以仅改变线圈 103 中的电流,或可以仅改变电子束控制板 125 的电位,或可以仅同时改变线圈 103 中的电流并且改变电子束控制板 125 的电位,以便改变从出口孔 120 发射的电子的数量。

[0082] 在替代实施方案中,在接通和切断通过线圈的电流以产生脉冲电子束时,即,由于通过线圈 103 的不同量的电流,电子束的每个脉冲可以包含不同数量的电子,同时改变通过线圈的电流。这也适用于电子束控制板,即,在接通和切断电位时,可以同时改变电位,这意味着电位的两个连续的接通切换可以具有不同的值来影响通过出口孔 120 发射的电子的数量。在接通和切断线圈和电子束控制板时,改变电子束控制板的电位和改变通过线圈 103 的电流的组合也有可能。

[0083] 切换构件可以是计算机控制信号发生器 190,所述切换构件用于在允许从等离子体 107 中提取电子的第一值与阻止从等离子体 107 中提取电子的第二值之间切换用于等离子体约束的至少一个构件。信号发生器可以是电源供应器、电流供应器、电压供应器和 / 或频率供应器。

[0084] 本发明不限于上述实施方案并且在以上权利要求书的范围内可能有许多修改。此等修改可以例如涉及使用与例示电子束不同的能量束源,例如,激光束。可以使用不同于金属粉末的材料,例如,聚合物粉末或陶瓷粉末。实际上,本领域普通技术人员将能够使用在前面的文本中所包含的信息,以用不是字面上描述的,但是仍然由所附权利要求书所涵盖的方式修改本发明的各种实施方案,因为他们完成大体上相同的功能以达到大体上相同的结果。因此,应理解的是,本发明不限于所公开的特定实施方案,并且修改和其他实施方案意图包括在所附权利要求书的范围内。尽管本文使用特定术语,但是这些术语仅用于一般的和描述的意义而不为限制的目的。

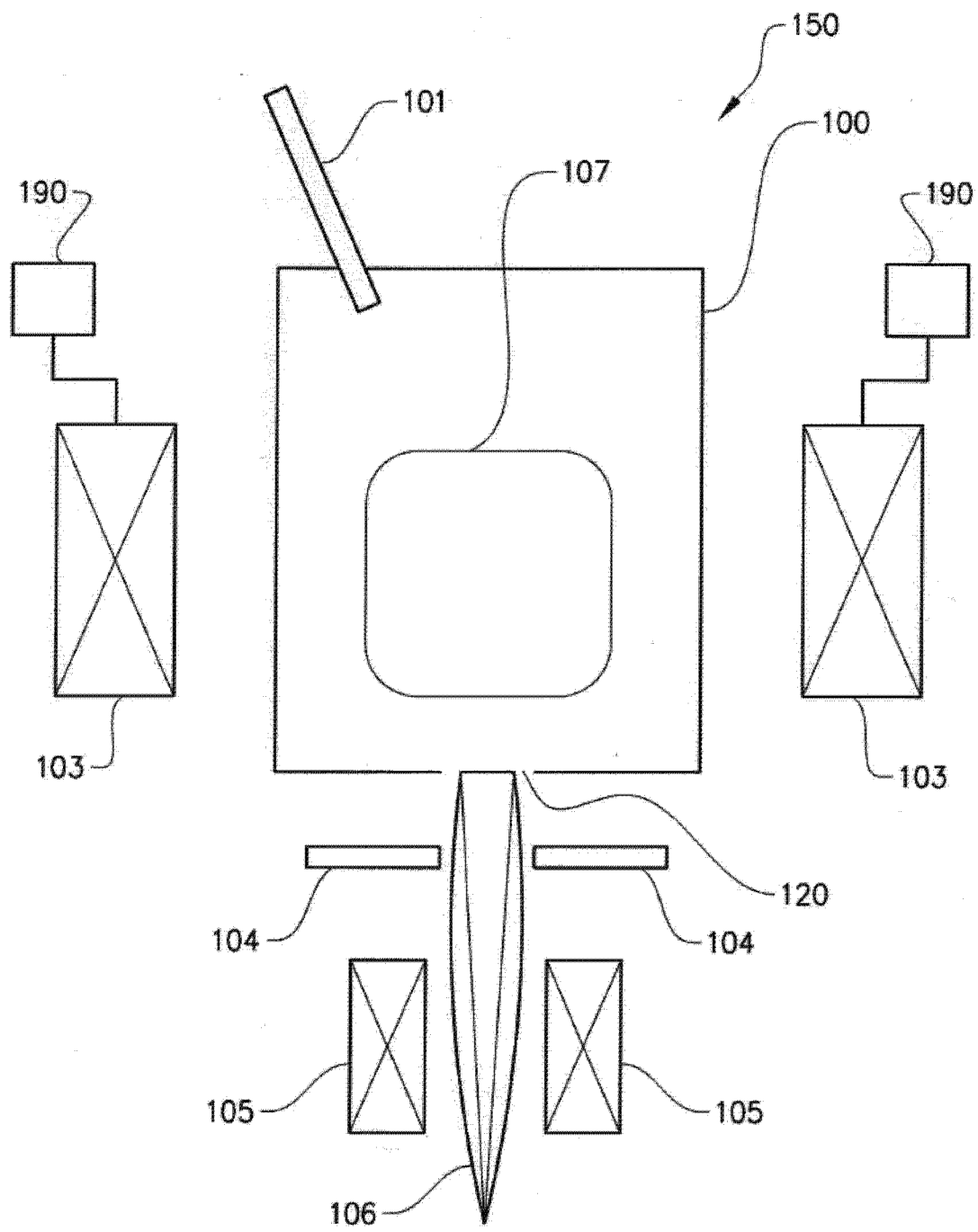


图 1a

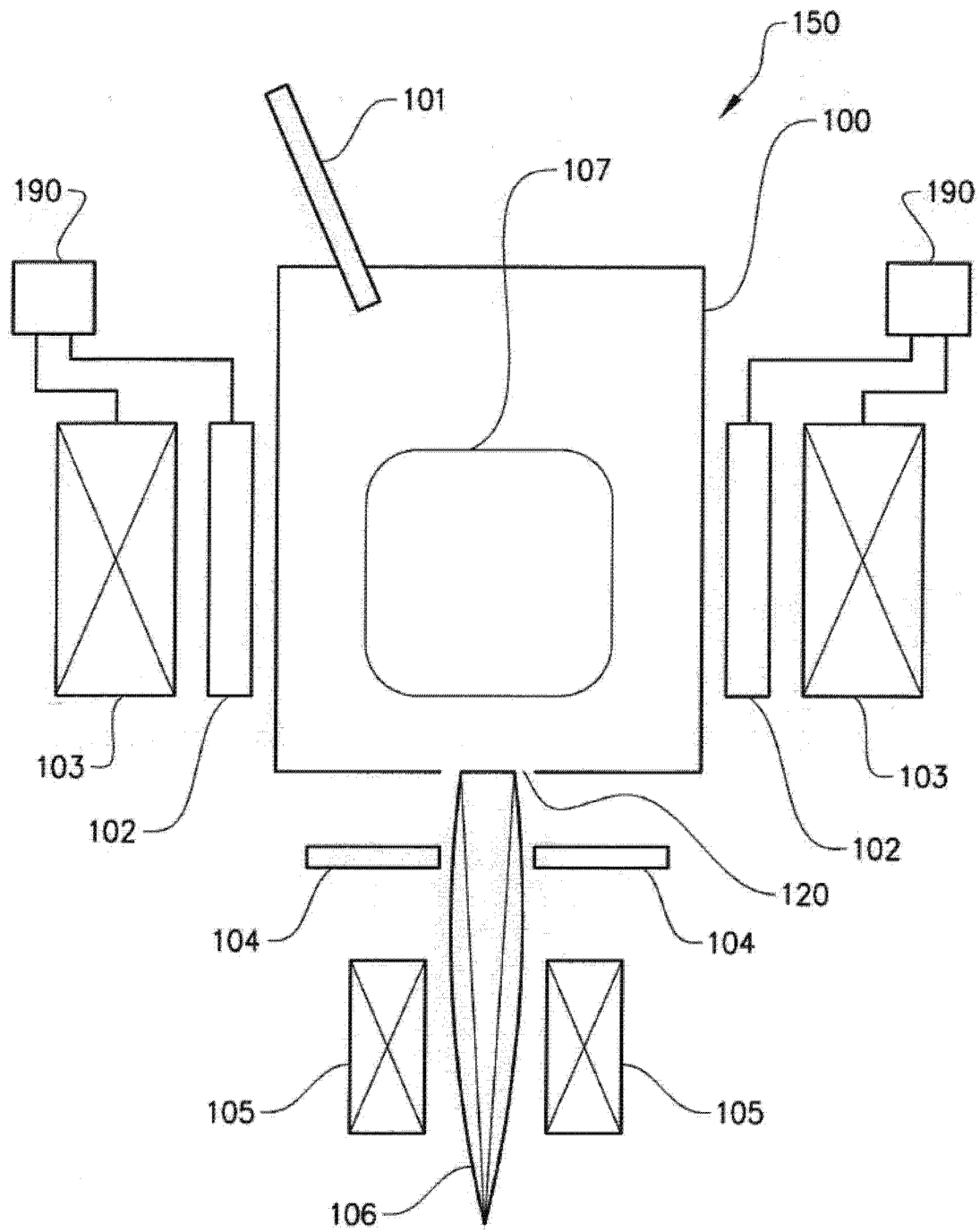


图 1b

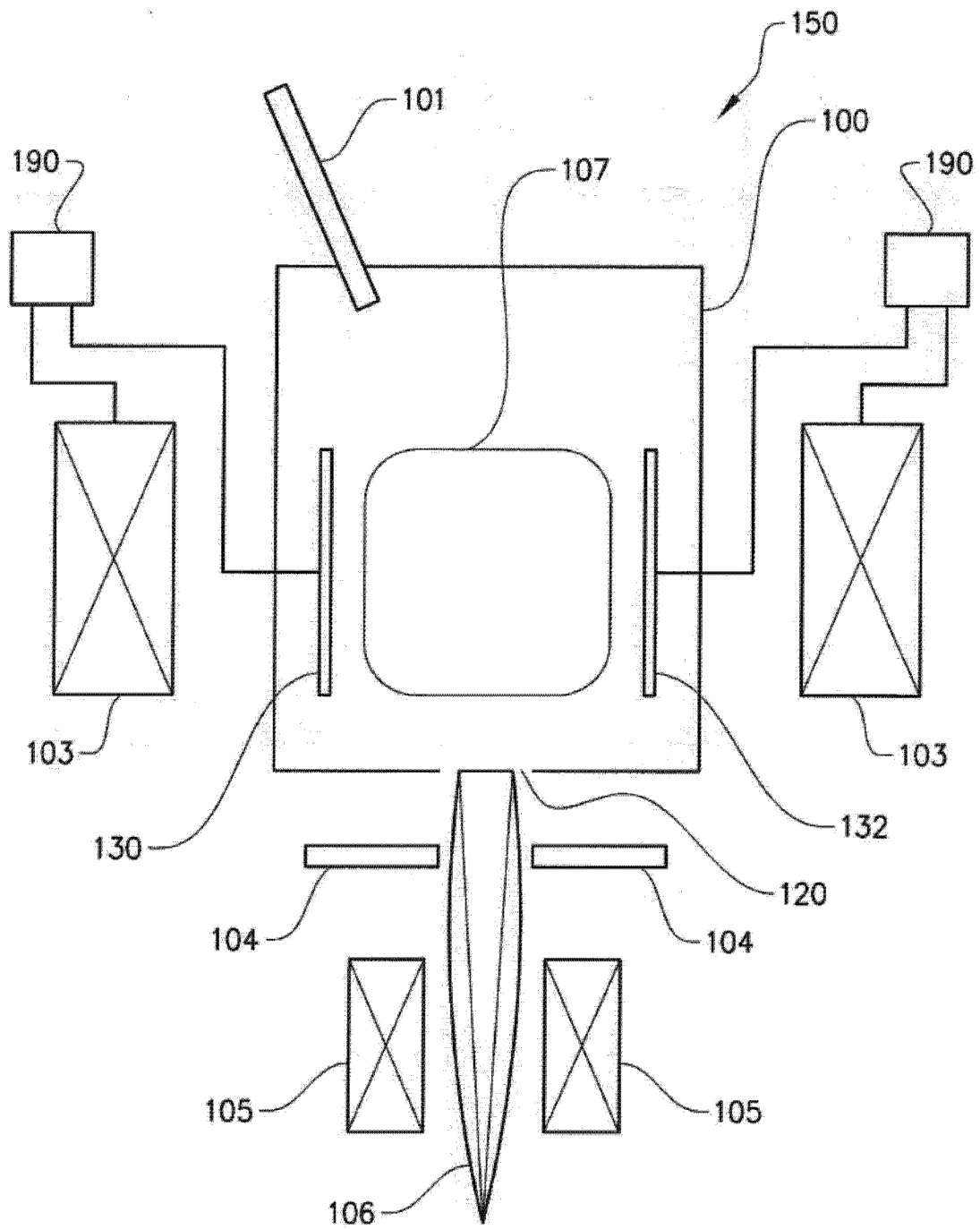


图 1c

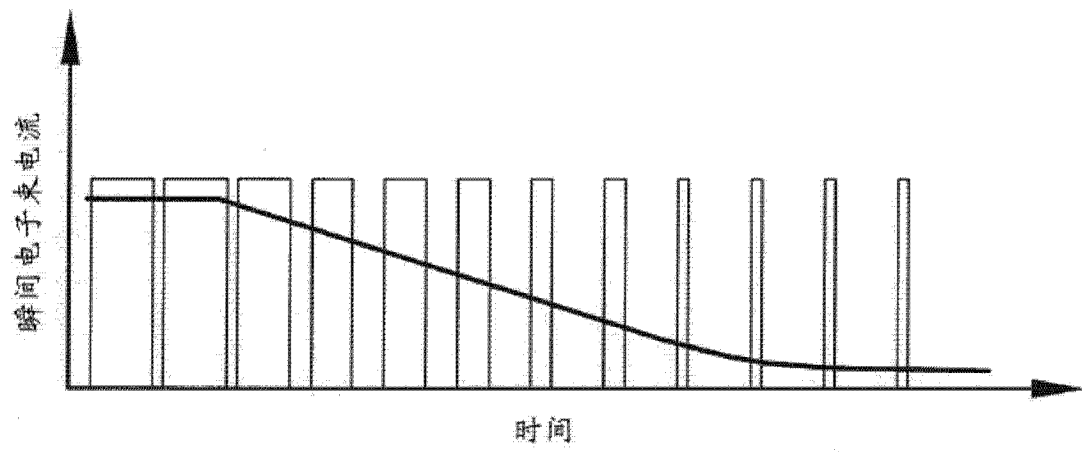


图 2

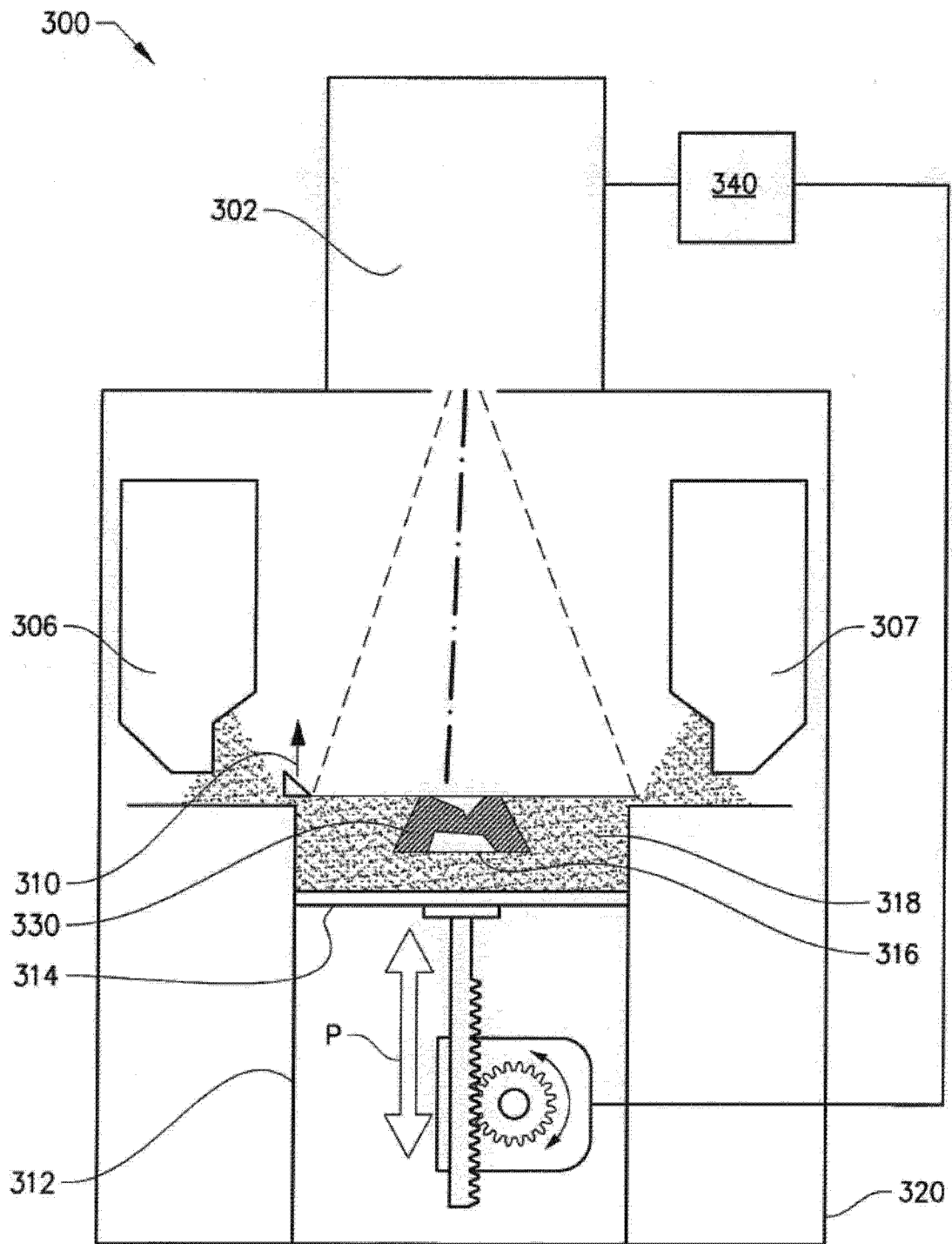


图 3

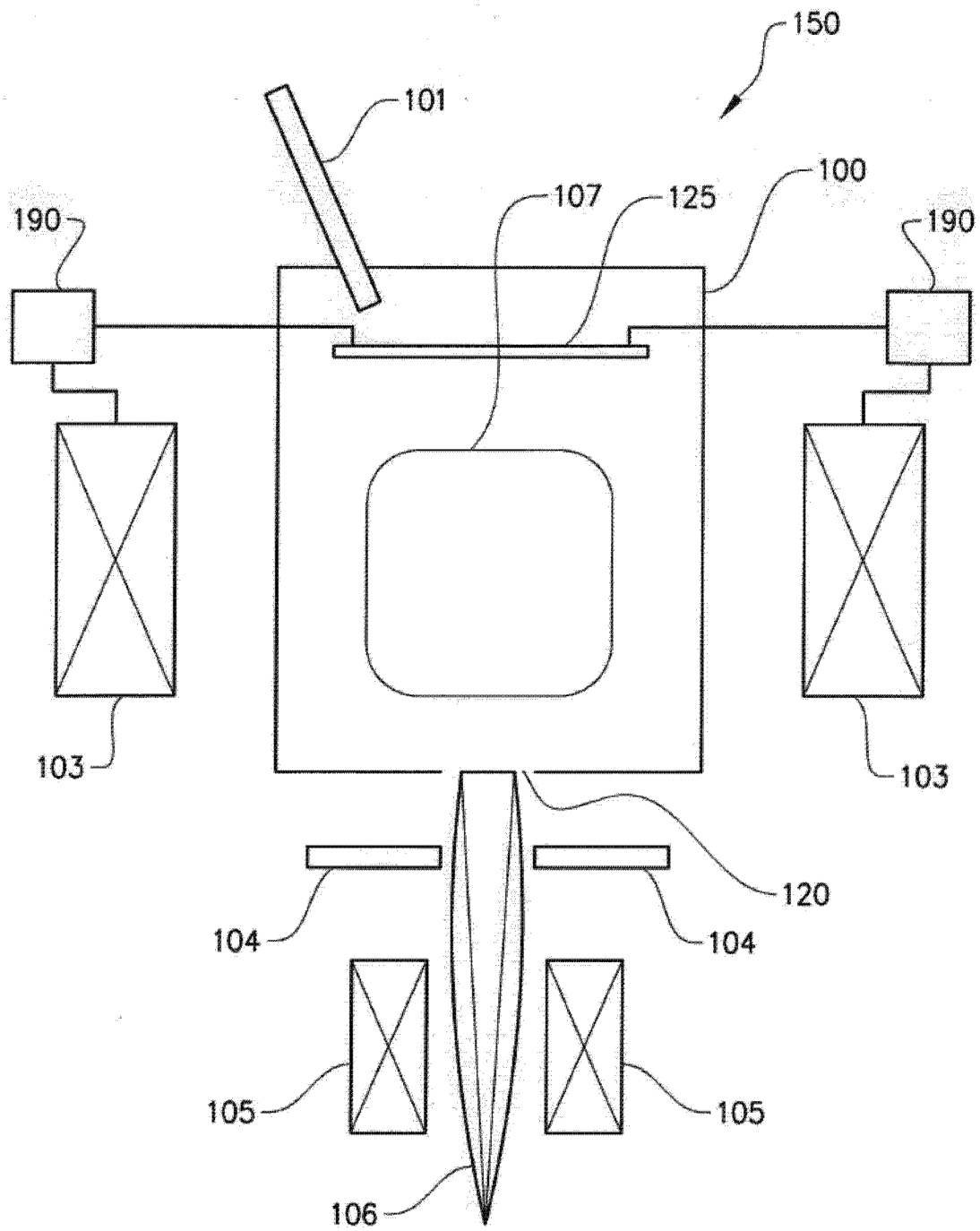


图 4a

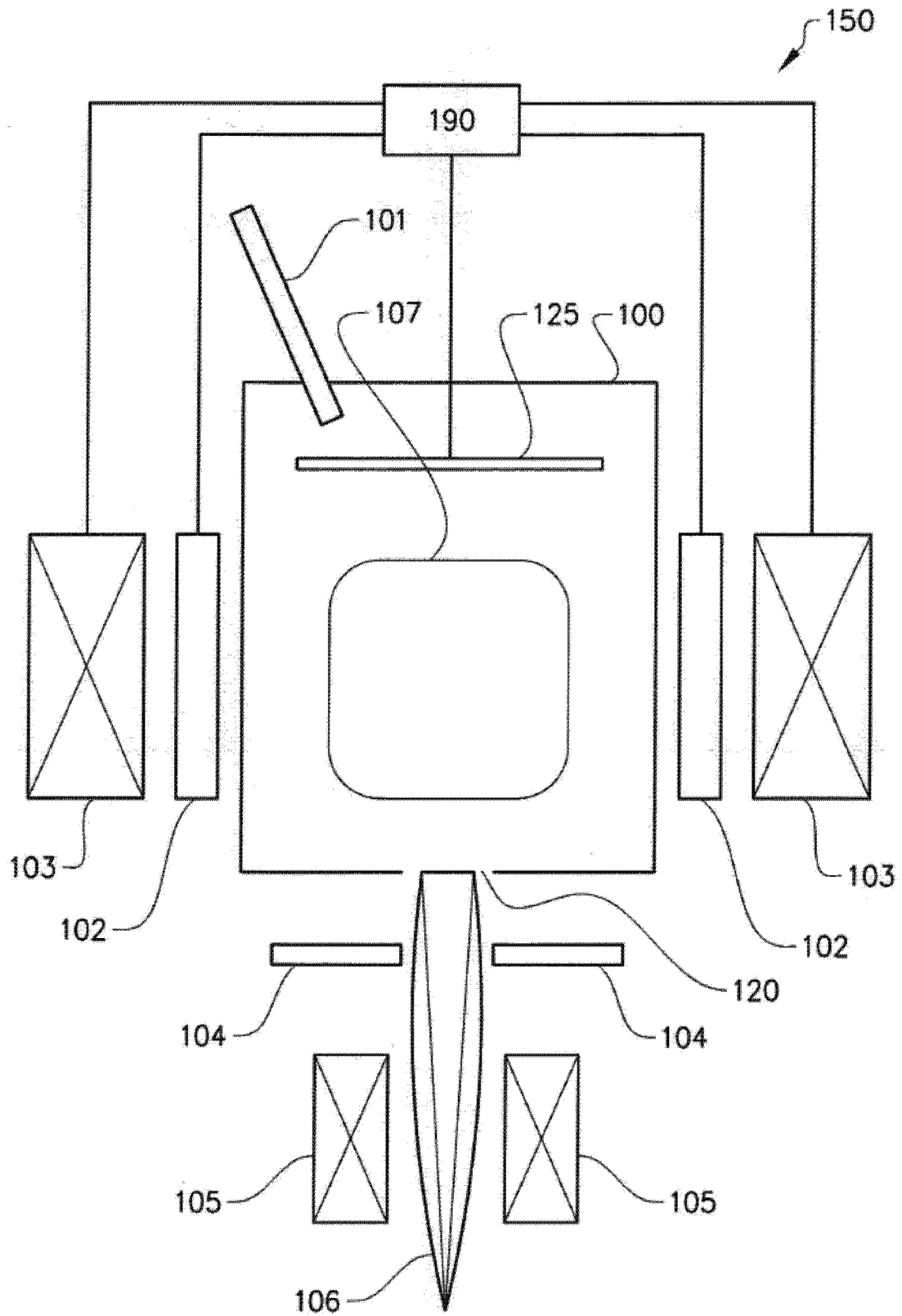


图 4b

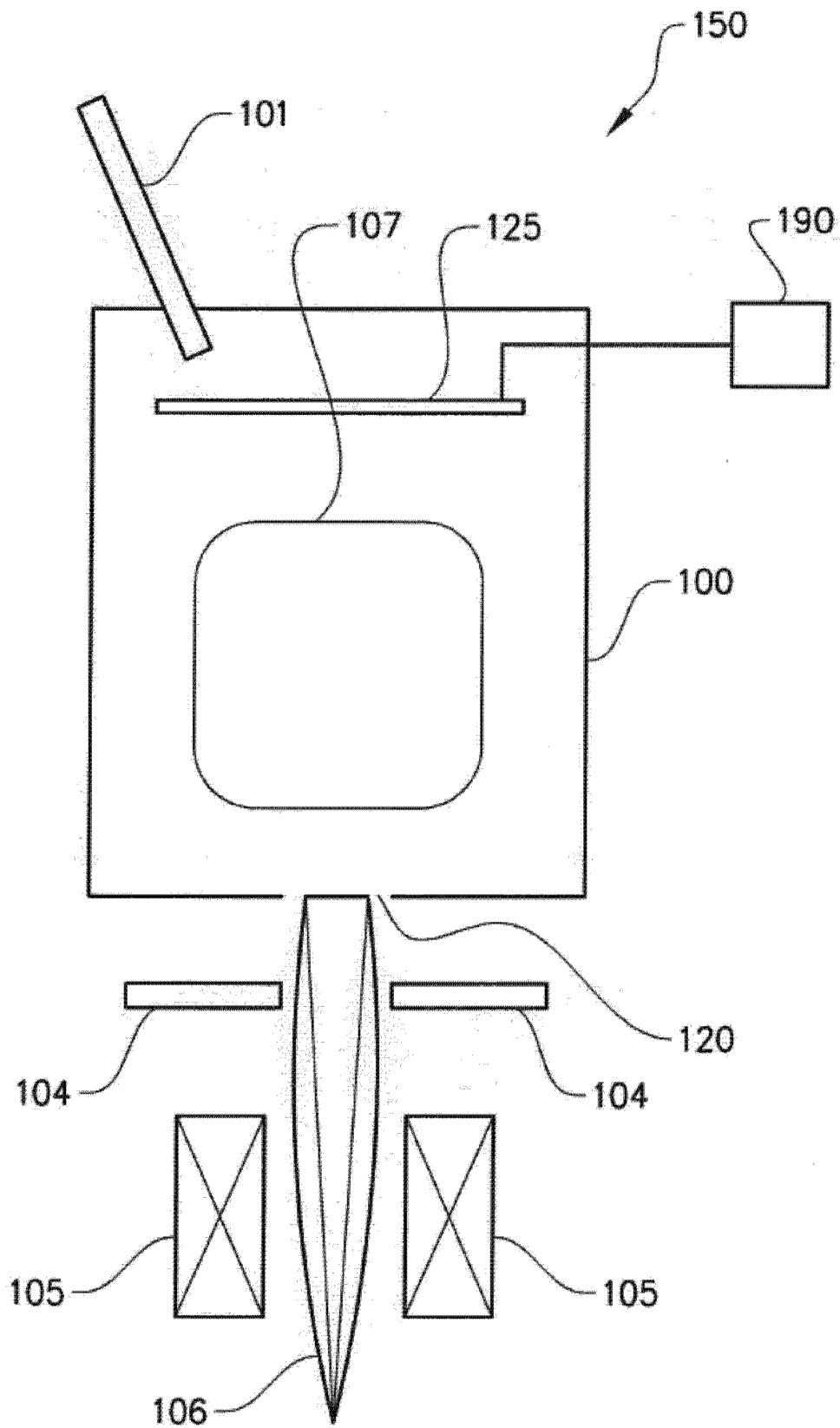


图 4c

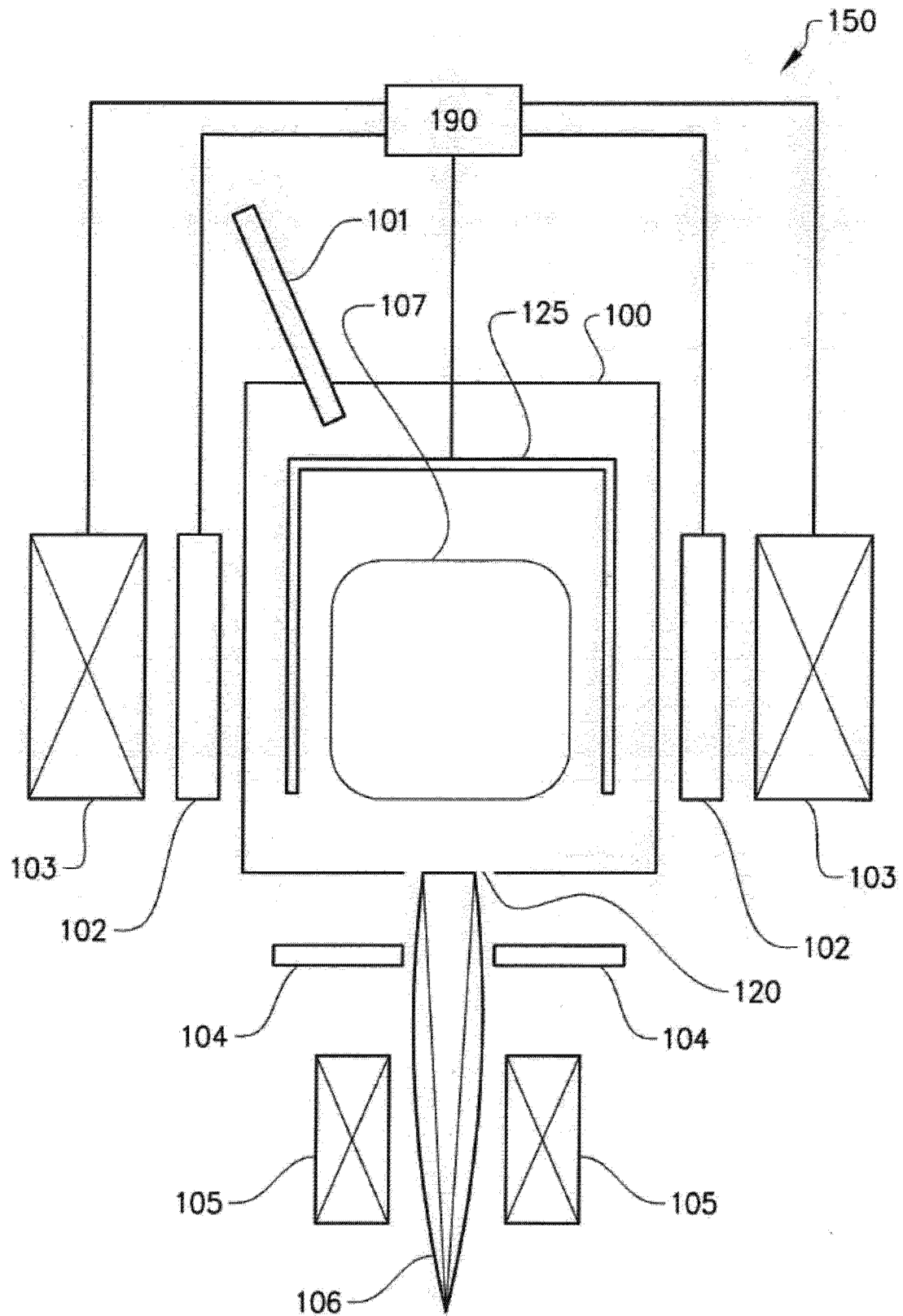


图 5