



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 102144192 A

(43) 申请公布日 2011. 08. 03

(21) 申请号 200980134829. 8

(51) Int. Cl.

(22) 申请日 2009. 04. 30

G03F 7/20(2006. 01)

G21K 1/00(2006. 01)

(30) 优先权数据

61/136, 494 2008. 09. 09 US

61/136, 833 2008. 10. 07 US

(85) PCT申请进入国家阶段日

2011. 03. 07

(86) PCT申请的申请数据

PCT/EP2009/003135 2009. 04. 30

(87) PCT申请的公布数据

W02010/028704 EN 2010. 03. 18

(71) 申请人 ASML 荷兰有限公司

地址 荷兰维德霍温

(72) 发明人 V·Y·班尼恩 E·R·鲁普斯特拉

V·V·伊万诺夫 V·M·克里夫特逊

(74) 专利代理机构 中科专利商标代理有限责任

公司 11021

代理人 王波波

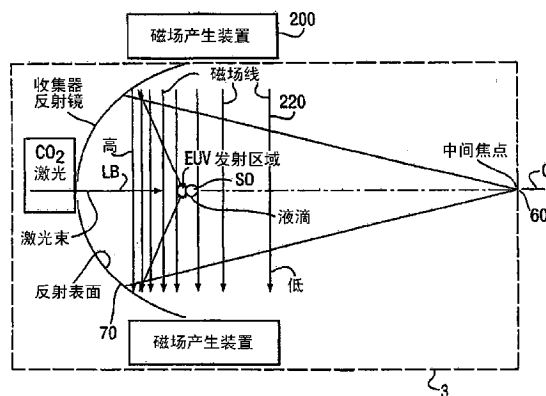
权利要求书 3 页 说明书 9 页 附图 6 页

(54) 发明名称

辐射系统和光刻设备

(57) 摘要

一种辐射系统,配置成产生辐射束。所述辐射系统包括:辐射源(50),配置成产生发射辐射和碎片的等离子体;辐射收集器(70),配置成引导所收集的辐射至辐射束发射孔(60)。磁场产生装置(200)配置成产生具有磁场强度梯度的磁场,以将等离子体引导离开辐射收集器(70)。



1. 一种辐射系统,配置成产生辐射束,所述辐射系统包括:  
辐射源,配置成产生发射辐射和碎片的等离子体;  
辐射收集器,用以引导所收集的辐射至辐射束发射孔;和  
磁场产生装置,配置成产生具有磁场强度梯度的磁场,以将等离子体引导离开所述辐射收集器。
2. 根据权利要求1所述的辐射系统,其中,所述磁场在等离子体和收集器之间的位置处比在等离子体的其他侧处的强。
3. 根据权利要求1或2所述的辐射系统,其中,所述磁场产生装置配置成用至少一个部件沿平行于所述辐射收集器的中心光轴的方向引导等离子体。
4. 根据权利要求1或2或3所述的辐射系统,其中,所述辐射收集器包括配置成收集由源产生的辐射的反射表面,并且所述磁场产生装置配置成引导碎片离开所述反射表面。
5. 根据权利要求1-4中任一项所述的辐射系统,还包括气体源,所述气体源配置成供给气体至包含等离子体的一容积体。
6. 根据权利要求5所述的辐射系统,其中,所述气体包括氢和/或氖和/或氦。
7. 根据权利要求5或6所述的辐射系统,其中,所述气体基本上由氢或氖构成。
8. 根据权利要求5-7中任一项所述的辐射系统,其中,所述气体源配置成供给气体使得在所述容积体内的气体具有大于10Pa的压力。
9. 根据权利要求8所述的辐射系统,其中,在所述容积体内的所述气体具有大于30Pa的压力。
10. 根据权利要求5-9中任一项所述的辐射系统,其中,所述气体源和磁场产生装置用作配置成引导所述碎片的中性粒子离开所述收集器的磁性泵。
11. 根据权利要求10所述的辐射系统,其中,所述气体源配置成使磁场内的带电离子形式的碎片减速,以便它们随后通过磁性泵被去除。
12. 根据权利要求1-11中任一项所述的辐射系统,其中,所述辐射包括极紫外辐射。
13. 根据权利要求1-12中任一项所述的辐射系统,其中,所述辐射源是激光产生等离子体源。
14. 根据权利要求13所述的辐射系统,其中,所述辐射源包括激光器,所述激光器构造并布置用以提供被引导至燃料液滴的激光束。
15. 根据权利要求14所述的辐射系统,其中,所述燃料包括锡。
16. 根据权利要求1-15中任一项所述的辐射系统,其中,所述磁场配置成基本上阻止等离子体与辐射收集器的部件接触。
17. 根据权利要求1-16中任一项所述的辐射系统,其中,所述磁场产生装置包括多个线圈,所述多个线圈构造并布置成产生磁场。
18. 根据权利要求17所述的辐射系统,其中,所述磁场产生装置还包括位于线圈之间的铁磁材料,所述铁磁材料构造并布置成在磁场内产生梯度。
19. 根据权利要求1-18中任一项所述的辐射系统,其中,所述磁场产生装置包括用于使得所述磁场在等离子体和收集器之间变得比在等离子体的其他侧强的铁磁管。
20. 根据权利要求19所述的辐射系统,还包括用以冷却所述铁磁管的冷却系统。
21. 一种用于抑制辐射系统内的碎片的方法,所述辐射系统包括辐射源和辐射收集器,

所述方法包括步骤：

产生发射辐射和碎片的等离子体；

使用所述辐射收集器收集辐射；和

在辐射系统内产生磁场梯度，以引导等离子体离开所述辐射收集器。

22. 根据权利要求 21 所述的方法，其中，所述磁场在等离子体和收集器之间的位置比在等离子体的其他侧处强。

23. 根据权利要求 21 或 22 所述的方法，其中，所述磁场产生装置用至少一个部件沿平行于辐射收集器的中心光轴的方向引导等离子体。

24. 根据权利要求 21 或 22 或 23 所述的方法，还包括供给气体以与所产生的碎片粒子相互作用。

25. 根据权利要求 24 所述的方法，其中，所述气体包括氢和 / 或氘和 / 或氦。

26. 根据权利要求 24 或 25 所述的方法，其中，所述气体基本上由氢和 / 或氘和 / 或氦构成。

27. 根据权利要求 21-26 中任一项所述的方法，其中，通过铁磁材料产生磁场强度的变化。

28. 根据权利要求 27 所述的方法，还包括冷却铁磁材料的步骤。

29. 根据权利要求 21-28 中任一项所述的方法，其中，所述产生发射辐射和碎片的等离子体的步骤包括引导激光束至辐射源的位置的同时提供燃料至所述位置，使得激光束的至少一部分与燃料碰撞以产生等离子体。

30. 根据权利要求 29 所述的方法，其中，所述燃料包括锡。

31. 根据权利要求 21-30 中任一项所述的方法，还包括使用磁场基本上阻止等离子体与辐射收集器的部件接触。

32. 一种光刻设备，包括：

辐射系统，配置成产生辐射束，所述辐射系统包括：

辐射源，配置成产生发射辐射和碎片的等离子体；

辐射收集器，用以引导所收集的辐射至辐射束发射孔；

磁场产生装置，配置成产生磁场梯度，以将等离子体引导离开所述辐射收集器；

照射系统，构造并布置成接收来自所述辐射束发射孔的所收集的辐射并将所收集的辐射调节为辐射束；

支撑结构，构造并布置成支撑图案形成装置，所述图案形成装置配置成将图案赋予到辐射束的横截面以形成图案化的辐射束；和

投影系统，构造并布置成将图案化的辐射束投影到衬底上。

33. 根据权利要求 32 所述的光刻设备，其中，所述磁场在等离子体和收集器之间的位置处比在等离子体的其他侧处强。

34. 根据权利要求 32 或 33 所述的光刻设备，其中，所述磁场产生装置配置成用至少一个部件沿平行于所述辐射收集器的中心光轴的方向引导等离子体。

35. 根据权利要求 32 或 33 或 34 所述的光刻设备，其中，所述辐射收集器包括配置成收集由源产生的辐射的反射表面，并且所述磁场产生装置配置成引导碎片离开所述反射表面。

36. 根据权利要求 32 或 33 或 34 或 35 所述的光刻设备,还包括气体源,配置成供给气体至包含等离子体的一容积体。

37. 根据权利要求 36 所述的光刻设备,其中,所述气体包括氢和 / 或氖和 / 或氦。

38. 根据权利要求 35 或 36 所述的光刻设备,其中,所述气体基本上由氢构成。

39. 根据权利要求 36-38 中任一项所述的光刻设备,其中,所述气体源配置成供给气体使得在所述容积体内的气体具有大于 10Pa 的压力。

40. 根据权利要求 39 所述的光刻设备,其中,在所述容积体内的所述气体具有大于 30Pa 的压力。

41. 根据权利要求 36-40 中任一项所述的光刻设备,其中,所述气体源和磁场产生装置用作磁性泵,由此引导所述碎片的中性粒子离开所述收集器。

42. 根据权利要求 41 所述的光刻设备,其中,所述气体源配置成使磁场内的带电离子形式的碎片减速,以便它们随后通过磁性泵被去除。

43. 根据权利要求 32-42 中任一项所述的光刻设备,其中,所述辐射包括极紫外辐射。

44. 根据权利要求 32-42 中任一项所述的光刻设备,其中,所述辐射源是激光产生等离子体源。

45. 根据权利要求 44 所述的光刻设备,其中,所述辐射源包括激光器,所述激光器构造并布置用以提供被引导至燃料液滴的激光束。

46. 根据权利要求 45 所述的光刻设备,其中,所述燃料包括锡。

47. 根据权利要求 32-46 中任一项所述的光刻设备,其中,所述磁场配置成基本上阻止等离子体与辐射收集器的部件接触。

48. 根据权利要求 32-47 中任一项所述的光刻设备,其中,所述磁场产生装置包括多个线圈,所述多个线圈构造并布置成产生磁场。

49. 根据权利要求 48 所述的光刻设备,其中,所述磁场产生装置还包括位于线圈之间的铁磁材料,所述铁磁材料构造并布置成在磁场内产生梯度。

50. 根据权利要求 32-49 中任一项所述的光刻设备,其中,所述磁场产生装置包括用于使得所述磁场在等离子体和收集器之间变得比在等离子体的其他侧强的铁磁管。

51. 根据权利要求 50 所述的光刻设备,还包括冷却系统,所述冷却系统构造并布置用以冷却铁磁材料。

## 辐射系统和光刻设备

### 技术领域

[0001] 本发明涉及一种辐射系统和一种光刻设备。

### 背景技术

[0002] 光刻设备是一种将所需图案应用到衬底上,通常是衬底的目标部分上的机器。可以使用例如光刻设备制造集成电路(ICs)。在这种情况下,图案形成装置(被可选地称为掩模或掩模版)可以用于生成待形成在所述IC的单层上的电路图案。可以将该图案转移到衬底(例如,硅晶片)上的目标部分(例如,包括一部分管芯、一个或多个管芯)上。所述图案的转移通常是通过将图案成像到提供到衬底上的辐射敏感材料(抗蚀剂)层上。通常,单个衬底将包含连续形成图案的相邻目标部分的网络。

[0003] 光刻技术被广泛地认为是制造ICs以及其他器件和/或结构的关键步骤之一。然而,当使用光刻技术形成的特征的尺寸变得越来越小时,光刻技术正变成实现制造小型IC或其他器件和/或结构的更加关键的因素。

[0004] 图案印刷的极限的理论估计可以由如等式(1)所示的分辨率的瑞利准则(Rayleigh criterion)给出:

$$[0005] \quad CD = k_1 * \frac{\lambda}{NA_{PS}} \quad (1)$$

[0006] 其中 $\lambda$ 是所用辐射的波长, $NA_{PS}$ 是用来印刷图案的投影系统的数值孔径, $k_1$ 是依赖于工艺的调节因子,也称为瑞利常数,而CD是印刷的特征的特征尺寸(或临界尺寸)。从等式(1)可以得出,最小可印刷的特征尺寸的减小可以通过三种方式来获得:缩短曝光波长 $\lambda$ 、提高数值孔径 $NA_{PS}$ 或减小 $k_1$ 的值。

[0007] 为了减小曝光波长,并因此减小最小可印刷尺寸,已经提出使用极紫外(EUV)辐射源。EUV辐射源配置用以输出大约13nm的辐射波长。因此,EUV辐射源可以为获得小的特征印刷贡献重要一步。这种辐射被称为极紫外或软x-射线,可能的源包括例如激光产生等离子体源、放电等离子体源或电子存储环的同步加速器辐射。

[0008] 目前的EUV源使用机械装置和其他气体或磁场,以便终止等离子体、中性和离子碎片。对碎片的抑制,尤其是在激光产生等离子体(LPP)源中,目前是不够充分的(达到10nm/Mshot锡沉积)。

### 发明内容

[0009] 期望提供一种用于光刻设备的改进的辐射系统。还期望提供一种用于光刻设备的辐射系统,其可以减少聚集在辐射系统的收集器上的碎片的量。

[0010] 根据本发明的一个实施例,提供一种辐射系统,配置成产生辐射束,辐射系统包括:辐射源,配置成产生发射辐射和碎片的等离子体;辐射收集器,用以引导所收集的辐射至辐射束发射孔;和磁场产生装置,配置成产生具有磁场强度梯度的磁场,以将等离子体引导离开辐射收集器。

[0011] 根据本发明的一个实施例,提供一种用于抑制辐射系统内的碎片的方法,辐射系统包括辐射源和辐射收集器,所述方法包括:产生发射辐射和碎片的等离子体;使用辐射收集器收集辐射;和在辐射系统内产生磁场梯度,以引导等离子体离开辐射收集器。

[0012] 根据本发明的一个实施例,提供一种光刻设备,包括:辐射系统,配置成产生辐射束,所述辐射系统包括:辐射源,配置成产生发射辐射和碎片的等离子体;辐射收集器,用以引导所收集的辐射至辐射束发射孔;磁场产生装置,配置成产生磁场梯度,以将等离子体引导离开辐射收集器;照射系统,构造并布置成接收来自辐射束发射孔的所收集的辐射并将所收集的辐射调节为辐射束;支撑结构,构造并布置成支撑图案形成装置,所述图案形成装置配置成将图案赋予到辐射束的横截面以形成图案化的辐射束;和投影系统,构造并布置成将图案化的辐射束投影到衬底上。

### 附图说明

[0013] 下面仅通过示例的方式,参考附图对本发明的实施例进行描述,其中示意性附图中相应的标记表示相应的部件,在附图中:

[0014] 图 1 示出根据本发明一个实施例的光刻设备;

[0015] 图 2 示出根据本发明一个实施例的光刻设备;

[0016] 图 3 示出根据本发明一个实施例的辐射源和正入射收集器;

[0017] 图 4 示出根据本发明一个实施例的辐射源和史瓦兹希尔型正入射收集器。

[0018] 图 5 示出根据本发明一个实施例的辐射源和正入射收集器。

[0019] 图 6 示出根据本发明一个实施例的辐射源和正入射收集器。

[0020] 图 7 示出根据本发明一个实施例的辐射源和正入射收集器。

[0021] 图 8 示出表示根据本发明一个实施例的辐射系统中的离子停止长度的两个曲线;

[0022] 图 9 示出根据本发明一个实施例的磁场产生装置;以及

[0023] 图 10 示出根据本发明还一实施例的辐射源和正入射收集器。

### 具体实施方式

[0024] 图 1 示意地示出可以是本发明的一个实施例或包括本发明的一个实施例的光刻设备的一个实施例。所述设备包括:照射系统(照射器)IL,其配置用于调节辐射束 B(例如极紫外(EUV)辐射);支撑结构或图案形成装置支撑结构(例如掩模台)MT,其构造用于支撑图案形成装置(例如掩模或掩模版)MA,并与配置用于精确地定位图案形成装置的第一定位装置 PM 相连;衬底台(例如晶片台)WT,其构造用于保持衬底(例如涂覆有抗蚀剂的晶片)W,并与配置用于精确地定位衬底的第二定位装置 PW 相连;和投影系统(例如反射式投影透镜系统)PS,其配置成用于将由图案形成装置 MA 赋予辐射束 B 的图案投影到衬底 W 的目标部分 C(例如包括一根或多根管芯)上。

[0025] 照射系统可以包括各种类型的光学部件,例如折射型、反射型、磁性型、电磁型、静电型或其它类型的光学部件、或其任意组合,以引导、成形、或控制辐射。

[0026] 所述支撑结构 MT 以依赖于图案形成装置的方向、光刻设备的设计以及诸如图案形成装置是否保持在真空环境中等其他条件的方式保持图案形成装置 MA。所述支撑结构 MT 可以采用机械的、真空的、静电的或其它夹持技术来保持图案形成装置。所述支撑结构

MT 可以是框架或台,例如,其可以根据需要成为固定的或可移动的。所述支撑结构 MT 可以确保图案形成装置位于所需的位置上(例如相对于投影系统)。

[0027] 术语“图案形成装置”应该被广义地理解为表示能够用于将图案在辐射束的横截面上赋予辐射束、以便在衬底的目标部分上形成图案的任何装置。被赋予辐射束的图案将与在目标部分上形成的器件中的特定的功能层相对应,例如集成电路。

[0028] 图案形成装置可以是透射式的或反射式的。图案形成装置的示例包括掩模、可编程反射镜阵列以及可编程液晶显示(LCD)面板。掩模在光刻术中是公知的,并且包括诸如二元掩模类型、交替型相移掩模类型、衰减型相移掩模类型和各种混合掩模类型之类的掩模类型。可编程反射镜阵列的示例采用小反射镜的矩阵布置,每一个小反射镜可以独立地倾斜,以便沿不同方向反射入射的辐射束。所述已倾斜的反射镜将图案赋予由所述反射镜矩阵反射的辐射束。

[0029] 术语“投影系统”可以包括任意类型的投影系统,包括折射型、反射型、反射折射型、磁性型、电磁型和静电型光学系统、或其任意组合,如对于所使用的曝光辐射所适合的、或对于诸如使用浸没液体或使用真空之类的其他因素所适合的。期望对于 EUV 或电子束辐射使用真空,因为其他的气体会吸收太多的辐射或电子。因此,借助真空壁和真空泵对整个束路径提供真空环境。

[0030] 如这里所示的,所述设备是反射型的(例如,采用反射式掩模)。替代地,所述设备可以是透射型的(例如,采用透射式掩模)。

[0031] 光刻设备可以是具有两个(双台)或更多衬底台(和/或两个或更多的掩模台)的类型。在这种“多台”机器中,可以并行地使用附加的台,或可以在一个或更多个台上执行预备步骤的同时,将一个或更多个其它台用于曝光。

[0032] 参照图 1,照射器 IL 接收从辐射源 S0 发出的辐射束。源 S0 可以是辐射系统 3 的一部分(即,辐射产生单元 3)。辐射系统 3 和光刻设备可以是分立的实体。在这种情况下,不会将辐射系统 3 考虑成形成光刻设备的一部分,并且通过包括例如合适的定向反射镜和/或扩束器的束传递系统 BD 的帮助,将所述辐射束从所述辐射系统 3 的源 S0 传到所述照射器 IL。在其它情况下,所述源可以是所述光刻设备的组成部分。

[0033] 辐射系统 3 的源 S0 可以以多种方式配置。例如,源 S0 可以是激光产生等离子体源(LPP 源),例如锡 LPP 源(这种 LPP 源是已知的)或放电产生等离子体源(DPP 源)。该源 S0 还可以是不同类型的辐射源。

[0034] 所述照射器 IL 可以包括用于调整所述辐射束的角强度分布的调整器 AD。通常,可以对所述照射器 IL 的光瞳平面中的强度分布的至少所述外部和/或内部径向范围(一般分别称为  $\sigma$ -外部和  $\sigma$ -内部)进行调整。此外,所述照射器 IL 可以包括各种其它部件,例如积分器 IN 和聚光器 CO。可以将所述照射器 IL 用于调节所述辐射束,以在其横截面中具有所需的均匀性和强度分布。

[0035] 所述辐射束 B 入射到保持在支撑结构(例如,掩模台)MT 上的所述图案形成装置(例如,掩模)MA 上,并且通过所述图案形成装置 MA 来形成图案。已经被图案形成装置(例如掩模)MA 反射之后,所述辐射束 B 通过投影系统 PS,所述投影系统将辐射束聚焦到所述衬底 W 的目标部分 C 上。通过第二定位装置 PW 和位置传感器 IF2(例如,干涉仪器件、线性编码器、电容传感器)的帮助,可以精确地移动所述衬底台 WT,例如以便将不同的目标部分

C 定位于所述辐射束 B 的路径中。类似地,可以将所述第一定位装置 PM 和另一个位置传感器 IF1 用于相对于所述辐射束 B 的路径精确地定位图案形成装置(例如掩模)MA。可以使用掩模对准标记 M1、M2 和衬底对准标记 P1、P2 来对准图案形成装置(例如掩模)MA 和衬底 W。

[0036] 可以将所示的设备用于以下模式中的至少一种中:

[0037] 1. 在步进模式中,在将支撑结构(例如掩模台)MT 和衬底台 WT 保持为基本静止的同时,将赋予所述辐射束的整个图案一次投影到目标部分 C 上(即,单一的静态曝光)。然后将所述衬底台 WT 沿 X 和 / 或 Y 方向移动,使得可以对不同目标部分 C 曝光。

[0038] 2. 在扫描模式中,在对支撑结构(例如掩模台)MT 和衬底台 WT 同步地进行扫描的同时,将赋予所述辐射束的图案投影到目标部分 C 上(即,单一的动态曝光)。衬底台 WT 相对于支撑结构(例如掩模台)MT 的速度和方向可以通过所述投影系统 PS 的(缩小)放大率和图像反转特征来确定。

[0039] 3. 在另一个模式中,将用于保持可编程图案形成装置的支撑结构(例如掩模台)MT 保持为基本静止状态,并且在将赋予所述辐射束的图案投影到目标部分 C 上的同时,对所述衬底台 WT 进行移动或扫描。在这种模式中,通常采用脉冲辐射源,并且在所述衬底台 WT 的每一次移动之后、或在扫描期间的连续辐射脉冲之间,根据需要更新所述可编程图案形成装置。这种操作模式可易于应用于利用可编程图案形成装置(例如,如上所述类型的可编程反射镜阵列)的无掩模光刻中。

[0040] 也可以采用上述使用模式的组合和 / 或变体,或完全不同的使用模式。

[0041] 图 2 示意地示出 EUV 光刻设备的另一实施例,其操作原理与图 1 中的实施例中示出的设备的操作原理类似。在图 2 的实施例中,设备包括源-收集器-模块或辐射单元 3(这里也称为辐射系统)、照射系统 IL 以及投影系统 PS。根据一个实施例,辐射单元 3 设置有辐射源 S0,优选设置有激光产生等离子体(“LPP”)源。在本实施例中,由辐射源 S0 发射的辐射可以经由气体阻挡件或“翼片阱”9 从源腔 7 进入腔 8。在图 2 中,腔 8 包括辐射收集器 10。

[0042] 图 2 示出掠入射收集器 10 的应用。然而,收集器可以是正入射收集器,尤其是在源是 LPP 源的情况下。

[0043] 辐射可以从腔 8 中的孔聚焦在虚拟源点 12(即,中间焦点 IF)。来自腔 8 的辐射束 16 通过正入射反射器 13、14 在照射系统 IL 内反射到定位在支撑结构或图案形成装置支撑结构(例如掩模版或掩模台)MT 上的图案形成装置(例如掩模版或掩模)上。图案化的束 17 被形成,其通过投影系统 PS 经由反射元件 18、19 成像到晶片台或衬底台 WT 上。在照射系统 IL 和投影系统 PS 内一般可以存在比示出的更多的元件。

[0044] 反射元件 19 中的一个在其前面设置有具有穿过其中的孔 21 的数值孔径(NA)圆盘 20。孔 21 的尺寸决定图案化的辐射束 17 入射到衬底台 WT 上时对着的角度  $\alpha_i$ 。

[0045] 在其他实施例中,辐射收集器是下列收集器中的一个或多个:配置成将所收集的辐射聚焦到辐射束发射孔中的收集器;具有与源重合的第一焦点和与辐射束发射孔重合的第二焦点的收集器;正入射收集器;具有一个基本上为椭圆形的辐射收集表面部分的收集器;以及具有两个辐射收集表面的史瓦兹希尔型收集器。

[0046] 此外,在另一实施例中,辐射源 S0 可以是激光产生等离子体(LPP)源,其包括配置

用以聚焦预定波长的相干光束到燃料上的光源。

[0047] 例如,图 3 示出辐射源单元 3 的一个实施例的横截面,其包括正入射收集器 70。收集器 70 具有椭圆结构,具有两个自然的椭圆焦点 F1、F2。具体地,正入射收集器包括具有单个辐射收集表面 70s 的收集器。辐射收集表面 70s 具有椭圆形的一部分的几何形状。换句话说:椭圆形的辐射收集表面部分沿虚拟的椭圆延伸(其部分用图中的虚线 E 表示)。

[0048] 正如本领域技术人员认识到的,在收集器反射镜 70 是椭圆形的情形中(即,包括沿椭圆延伸的反射表面 70s),其将来自一个焦点 F1 的辐射聚焦到另一焦点 F2。焦点位于椭圆的长轴上、离开椭圆中心的距离为  $f = (a^2 - b^2)^{1/2}$ ,其中 2a 和 2b 分别是长轴和短轴的长度。在图 1 示出的实施例包括 LPP 辐射源 S0 的情形中,收集器可以是如图 3 所示的单椭圆反射镜,其中光源 S0 定位在一个焦点(F1)中,并且中间焦点 IF 建立在反射镜的另一个焦点(F2)中。从位于第一焦点(F1)的辐射源朝向反射表面 70s 发射的辐射和被反射表面朝向第二焦点 F2 反射的反射辐射在图中用线 r 表示。例如,根据一个实施例,上面提到的中间焦点 IF 可以位于光刻设备的收集器和照射系统 IL 之间(见图 1 和 2),或位于照射系统 IL 内,如果需要。

[0049] 图 4 示意地示出根据本发明的一个实施例的包括收集器 170 的辐射源单元 3' 的剖面。在这种情形中,收集器包括两个正入射收集器部分 170a、170b,每个部分 170a、170b 优选具有(但不是必须具有)基本上椭圆的辐射收集表面部分。具体地,图 4 的实施例包括史瓦兹希尔型收集器设计,优选由两个反射镜 170a、170b 构成。源 S0 可以位于第一焦点 F1 处。例如,第一收集器反射镜部分 170a 可以具有凹的反射表面(例如是椭圆或抛物线形状的反射表面),配置成聚焦从第一焦点 F1 朝向第二收集器反射镜部分 170b 发射(尤其是朝向第二焦点 F2)的辐射。第二反射镜部分 170b 可以配置成将第一反射镜部分 170a 引导朝向第二焦点 F2 的辐射朝向另一焦点 IF(例如中间焦点)聚焦。第一反射镜部分 170a 包括孔 172,(由第二反射镜 170b 反射的)辐射经由孔 172 可以朝向另一焦点 IF 透射。例如,图 4 的实施例可以有益地与 DPP 辐射源结合使用。

[0050] 如图 5 所示,在本实施例中,源 S0 是 LPP 源,其与配置用以产生具有预定波长的激光的相干光束的激光源相关联。在激光产生等离子体过程中,激光 LB 被聚焦到燃料源 S0(例如由燃料供给源供给燃料,和例如包括燃料液滴,例如锡液滴),以从燃料源产生辐射。在本实施例中,最终的辐射可以是 EUV 辐射。在非限定的实施例中,激光的预定波长是 10.6 微米(即  $\mu\text{m}$ )。例如,燃料可以是锡(Sn),或不同类型的燃料,正如本领域技术人员认识到的。

[0051] 辐射收集器 70 可以配置成收集由源 S0 产生的辐射,并将收集的辐射聚焦到腔 3 的下游辐射束发射孔 60。

[0052] 例如,源 S0 可以配置成发射发散的辐射,并且收集器 70 可以布置成反射该发散的辐射以提供会聚的辐射束,会聚朝向发射孔 60(如图 3 和 4 所示)。具体地,收集器 70 可以将辐射聚焦到系统的光轴 O 上的焦点 IF 处(见图 2),该焦点 IF 位于发射孔 60 中。

[0053] 发射孔 60 可以是圆形的孔,或具有其他形状(例如椭圆形、方形或其他形状)。反射孔 60 优选是小的,例如具有小于大约 10cm 的直径,优选小于 1cm(沿辐射透射方向 T 的横向方向测量,例如在孔 60 具有圆形横截面的情况中沿径向方向)。优选地,光轴 O 延伸通过孔 60 的中心,但是这并不是必须的。

[0054] 可以由辐射源 S0 产生的碎片（不包括微粒子）可以看作由等离子体（相互作用的离子和电子）、离子（不相互作用的离子）以及中性粒子（所谓的“中性物”）构成。为了减少碎片并基本上阻止碎片在反射表面上或收集器的反射镜上收集，可以提供碎片减少系统 200。碎片减少系统可以包括磁场产生装置，其构造并布置用以在辐射源 S0 和收集器 70 的附近产生磁场。

[0055] 正如图 6 示出的，由辐射源产生的等离子体 210 可以通过磁场梯度被偏离离开收集器（例如 ML 反射镜）的反射表面 70 到低磁场的方向。在图 5、6 和 7 示出的实施例中，由磁场产生装置产生的磁场在收集器反射镜的收集器侧的反射表面附近具有高的磁值（即，较强的磁值），并且在离开收集器的位置具有较低的磁值（即较弱），使得在磁场内形成梯度。这在图中用磁场线 220 的间隔表示。这些进一步更远离收集器 70。也就是说，磁场的值在收集器附近比离开所述收集器高。通过在收集器附近具有较强的磁场和在离开收集器一定距离的位置具有较弱磁场，磁场产生装置配置成用至少一个部件沿平行于辐射收集器的中心光轴的方向引导等离子体离开收集器。优选地，如图所示，沿离开辐射收集器的方向基本上平行于中心光轴引导等离子体。等离子体的属性（彼此相互作用的离子和电子的聚集）是倾向于朝向较低磁场移动。因此，本发明的考虑磁场产生装置的另一方式是，其配置成在等离子体的每一侧产生不同强度的磁场。磁场强度在等离子体和辐射收集器之间比等离子体另一侧处强（即，远离辐射收集器的侧）。

[0056] 气体源 230 可以配置成供给气体，例如氢气 ( $H_2$ ) 或氘气 ( $D_2$ ) 或氦气 (He)，进入磁场 220，即进入产生等离子体（腔 3）的容积体中，如图 6 和 7 所示。气体可以与等离子体 210 相互反应。因为气体具有质量，等离子体 210 的偏移流动（即，由于磁场梯度使得等离子体移动离开收集器）可以减慢，但是可能不会停止。气体源可以配置成供给气体，使得在产生等离子体的容积体内气体具有大于 10Pa、30Pa 或 50Pa 的压力，期望大于 75Pa 或大于 100Pa 的压力。

[0057] 因为等离子体 210 将流动离开磁场 220 的具有较高磁力的部分，磁场可以看作泵，即磁性泵（图 7）。这可以以下面的方式工作。当等离子体移离收集器，留下真空。来自气体源的气体移动充满该真空。以此方式，通过磁场在离开收集器的方向上产生气流。在气体中捕获的任何碎片也被这种流动泵走。该气体可以捕获中性粒子（例如锡）以及带正电的离子（例如锡离子）。中性粒子不会受到磁场的影响，而带电粒子将受到磁场的影响并且将沿磁力线或磁场线沿基本上垂直于收集器的光轴的方向行进。

[0058] 在锡被用作源内的燃料的情形中，锡 (Sn) 离子可以与气体源供给的气体相互作用，并且该气体可以与锡中性粒子和被泵走的其他粒子相互作用。虽然中性粒子不与磁场相互作用，但是由气体源提供的气体可以与中性粒子相互作用并且增加中性粒子的质量，使得甚至中性粒子也能被泵走。在一个实施例中，锡中性粒子可以被电离，使得它们受到磁场的影响。通过在磁场的情况下使用气体，例如氢气，甚至锡中性物也可能被磁力泵走。

[0059] 当中性锡粒子移动离开等离子体（沿每个方向），它们与氢原子碰撞。氢原子比锡粒子（原子）轻得多，使得锡原子不会偏离它们的路线。然而，能量从锡粒子被提取，使得锡粒子变慢。图 8 示出当离子通过氢时离子路径将如何偏移。中性粒子的结果类似。因此，氢的存在意味着中性粒子将在其迹线上变慢离开等离子体。中性粒子将变得足够慢，使得它们受到由磁性泵引起的气流的影响。由此，中性粒子将在氢气中被泵离开到等离子体

后面。

[0060] 有关逃逸等离子体的离子,它们将沿基本上垂直于收集器的光轴的方向围绕磁场线螺旋行进。然而,这些离子也将由于与氢原子的碰撞而变慢。因为粒子围绕磁场线螺旋行进,它们将在比它们具有直的迹线时离开等离子体短得多的距离中变慢。由此,离子变慢,并且与中性粒子类似,它们可以被磁性泵抽的气体带走。本发明可以被看作使用 EUV 等离子体(及其能量)沿需要的方向加速等离子体,用于在引起周围气体沿该方向运动的磁场梯度中处理等离子体和碎片,因而产生泵抽效应并从 EUV 源区域去除碎片。

[0061] 也可以存在电子。电子将被吸引到等离子体(其带正电荷),并且当它们随着由于磁梯度而被移动的等离子体离开收集器时,还倾向于沿基本上平行于光学轴线的方向从收集器被去除。然而,这并不是非常重要的,因为电子一般具有非常小的能量以至于不会损伤部件。

[0062] 由磁场产生的磁压可以计算为  $B^2/2\mu_0$ , 其中 B 是磁场强度,  $\mu_0$  是相对导磁率。为了比较,大约 1T 的磁场可以产生大约 4 巴的磁压,作用在等离子体上。这种压力比供给到容积体的气体的压力高得多,并且可以是等离子体限制的主要驱动力。

[0063] 此外,由于梯度磁场,构成限制在磁场内的等离子体的磁泡(bubble)可以被移动至较低磁场方向,由此在其后面留下空的空间,因此供给至系统的任何气体可以以音速被吸入到该空的空间(即,磁性泵抽)。这有助于阻止锡的剩余物在先发射,并阻止不会由于气体和中性粒子的再充电而受磁场影响的粒子。沿磁场梯度膨胀并移动的包含锡和气体(例如  $H_2$  或  $D_2$  或 He) 离子的等离子体云可以在等离子体云通过时在液滴后面产生压力减小的气体区域,由此在具有音速量级的区域内形成气流。类涡流的气体可以随之而形成。

[0064] 等离子体区域的尺寸可以通过例如下面的公式表示:

$$P_{\text{magnetic}} * V^{(\gamma-1)} = E_{\text{pulse}}$$

[0065] 其中  $P_{\text{magnetic}}$  是压力, V 是气体体积,  $\gamma$  是绝热常数,  $E_{\text{pulse}}$  是脉冲能量。例如,对于 1T 和 0.1J 的脉冲,包含的磁泡的尺寸将是大约 1.5mm。该尺寸十倍的较大的磁泡也可以起作用,这意味着仍然有用的磁场可以是 30x 更小(并且不必是超导磁体)。

[0066] 一旦大量的等离子体被泵出,保留的特定量的离子将不再构成等离子体,并且因此可以看作仅是离子。在磁场内没有气体的情况下,离子可以在磁场内循环,并且沿磁场线移动。如果磁场线离开收集器的反射表面,则离子的路径可以被偏离反射表面。如果离子沿磁场线移动的同时引入气体,则离子可以与气体相互作用并且被减速和泵出,如上面所述那样。

[0067] 在一个实施例中,其中气体是所谓的“重”气体,例如氩气(Ar),离子会散射并且在每一次碰撞之后会沿任意方向离开磁场线,这意味着离子可以垂直于磁场漫射到反射镜。因此,磁场和供给至收集器的气体的影响不能增加,而实际上可能达不到预期目标。这是氢气或氘气优选作为气体的原因。

[0068] 在一个实施例中,其中气体是所谓的“轻”气体,例如氢气( $H_2$ )、氘气( $D_2$ )或氦气(He),离子可能不会被过多地散射,但是可能会被减速。离子会继续沿磁场线移动并沿着它们减速,直到离子变慢并且随后可以被气流泵走。由于沿磁场的迹线比没有磁场的情况下的迹线长(因为离子围绕磁场线螺旋行进),阻止离子的效率可以较高。

[0069] 图 8 示出在 52Pa 的  $H_2$  条件下,3keV 离子的停止长度。在 100Pa 条件下,停止长度

预期小于 5cm。因此, (通过使它们沿磁场线螺旋行进) 延长离子的行进路径可以证明会改善离子抑制。总而言之, 对于等离子体的预期的效果可以是 10000-100000x, 但是对于离子是附加的 10x。可以想到, 对于较高的氢气压力, 在没有太多散射的情况下存在的离子将具有较低的能量 (由于增多的碰撞)。

[0071] 图 9 示出根据本发明一个实施例的磁场产生装置 100 的一个实施例。如图所示, 磁场产生装置包括多个线圈 102 和位于线圈之间的铁磁材料 106。铁磁材料 106 可以配置成在磁场内产生梯度。铁磁材料 106 可以是管, 例如钢锥体, 或者其可以是在一个轭内的两个金属件。图 10 中的线表示由线圈 102 产生的场线。虽然在剖面图中仅示出两个线圈, 但是可以使用附加的线圈。因为铁磁材料 106 的磁属性在被加热时会变差, 可以提供冷却系统 108。冷却系统 108 可以构造并布置成冷却铁磁材料 106, 使得即使暴露到辐射时铁磁材料 106 的磁属性可以保持基本上不变。

[0072] 很明显, 与图 5-7 中示出的那些磁场不同的磁场可以用于引导等离子体 210 离开收集器 70。如果磁场在等离子体和收集器之间的位置比等离子体的另一侧强, 则这将具有相同的效果。例如, 在这样的布置中, 磁场实际上在收集器 70 处不那么强。图 10 示出一个实施例。这里, 在较靠近收集器的等离子体的一侧上比磁场较弱的等离子体的另一侧产生强的磁场。在图 10 的实施例中, 等离子体将再次沿大体平行于辐射收集器的中心光轴的方向移动。然而, 这并不是必须的。

[0073] 图 5-7 的实施例具有垂直于磁场线的磁场强度梯度。然而, 沿平行于磁场线的方向改变磁场强度也是可以的。这种系统可以较容易地实现并且更有效, 因为等离子体容易沿磁场线移动。在其他情况下, 当等离子体垂直于磁场线移动时在等离子体中会产生一些不稳定性。

[0074] 根据本发明的一个实施例, 提供一种辐射系统, 配置成产生辐射束。辐射系统包括: 辐射源, 配置成产生发射辐射和碎片的等离子体; 和辐射收集器, 辐射收集器包括配置成收集由源产生的辐射并且引导所收集的辐射至辐射束发射孔的反射表面。气体源配置成供给气体至包括等离子体的容积体, 并且磁场产生装置配置成产生磁场以将碎片引导离开辐射收集器的反射表面。

[0075] 根据本发明的一个实施例, 提供一种用于在辐射系统内抑制碎片的方法。辐射系统包括辐射源和辐射收集器。所述方法包括: 供给气体, 使气体与同辐射源产生的辐射一起产生的碎片粒子相互作用; 和在辐射系统内产生磁场, 以将碎片离子引导离开辐射收集器的反射表面。

[0076] 根据本发明的一个实施例, 提供一种用于用辐射系统产生辐射的方法。辐射系统包括辐射源和收集器。所述方法包括: 用辐射源产生等离子体, 所述等离子体发射辐射和碎片粒子; 和用收集器收集辐射并引导所收集的辐射至辐射束发射孔。所述方法还包括供给气体以与碎片粒子相互作用, 和在辐射系统内产生磁场以将碎片粒子引导离开收集器的反射表面。

[0077] 根据本发明的一个实施例, 提供一种光刻设备, 包括配置成产生辐射束的辐射系统。辐射系统包括: 配置成产生发射辐射和碎片的等离子体的辐射源; 和辐射收集器, 其包括配置成收集由源产生的辐射并引导所收集的辐射至辐射束发射孔的反射表面。气体源配置成供给气体至包括等离子体的容积体, 并且磁场产生装置配置成产生磁场以将碎片引导

离开辐射收集器的反射表面。设备还包括照射系统和支撑结构,所述照射系统构造并布置成接收来自辐射束反射孔的所收集的辐射并将所收集的辐射调节为辐射束。所述支撑结构构造并布置成支撑图案形成装置。图案形成装置配置成将图案赋予到辐射束的横截面上以形成图案化辐射束。设备还包括投影系统,所述投影系统构造并布置成将图案化辐射束投影至衬底上。

[0078] 虽然本申请详述了光刻设备在制造 ICs 中的应用,应该理解到,这里描述的光刻设备可以有其他应用,例如制造集成光学系统、磁畴存储器的引导和检测图案、平板显示器、液晶显示器 (LCDs)、薄膜磁头等。

[0079] 虽然上面详述了本发明的实施例在光学光刻中的应用,应该注意到,本发明可以有其它的应用,例如压印光刻,并且只要情况允许,不局限于光学光刻。

[0080] 这里使用的术语“辐射”和“束”包含全部类型的电磁辐射,包括:紫外辐射 (UV) (例如具有或约为 365、355、248、193、157 或 126nm 的波长) 和极紫外 (EUV) 辐射 (例如具有 5-20nm 范围的波长),以及粒子束,例如离子束或电子束。

[0081] 尽管以上已经描述了本发明的具体实施例,但应该认识到,本发明可以以与上述不同的方式来实现。例如,本发明可以采用包含用于描述一种如上面公开的方法的一个或多个机器可读指令序列的计算机程序的形式,或具有存储其中的计算机程序的数据存储介质 (例如半导体存储器、磁盘或光盘) 的形式。

[0082] 上面描述的内容是例证性的,而不是限定的。因而,应该认识到,本领域的技术人员在不脱离以下所述权利要求的范围的情况下,可以对上述本发明进行更改。

[0083] 应该理解,在本申请中,术语“包括”并不排除其他元件或步骤。此外,术语“一个”或“一”并不排除多个。权利要求中的任何附图标记不应该理解为限制权利要求的范围。

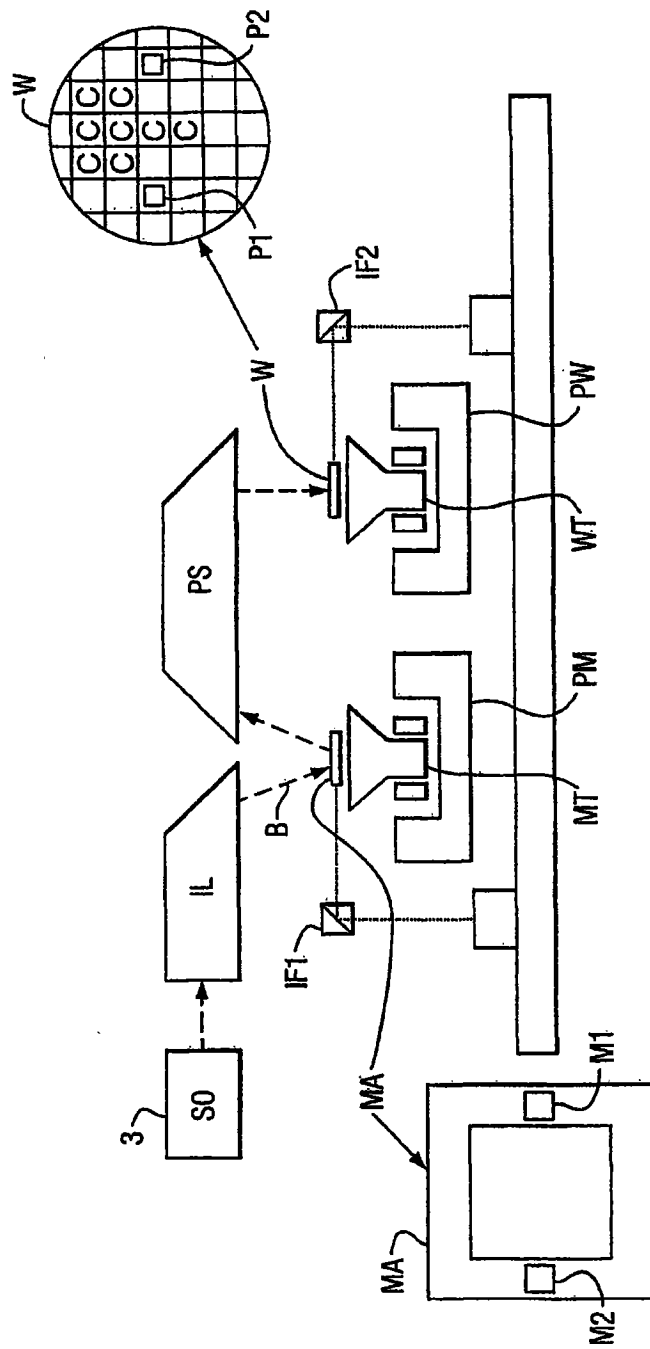


图 1

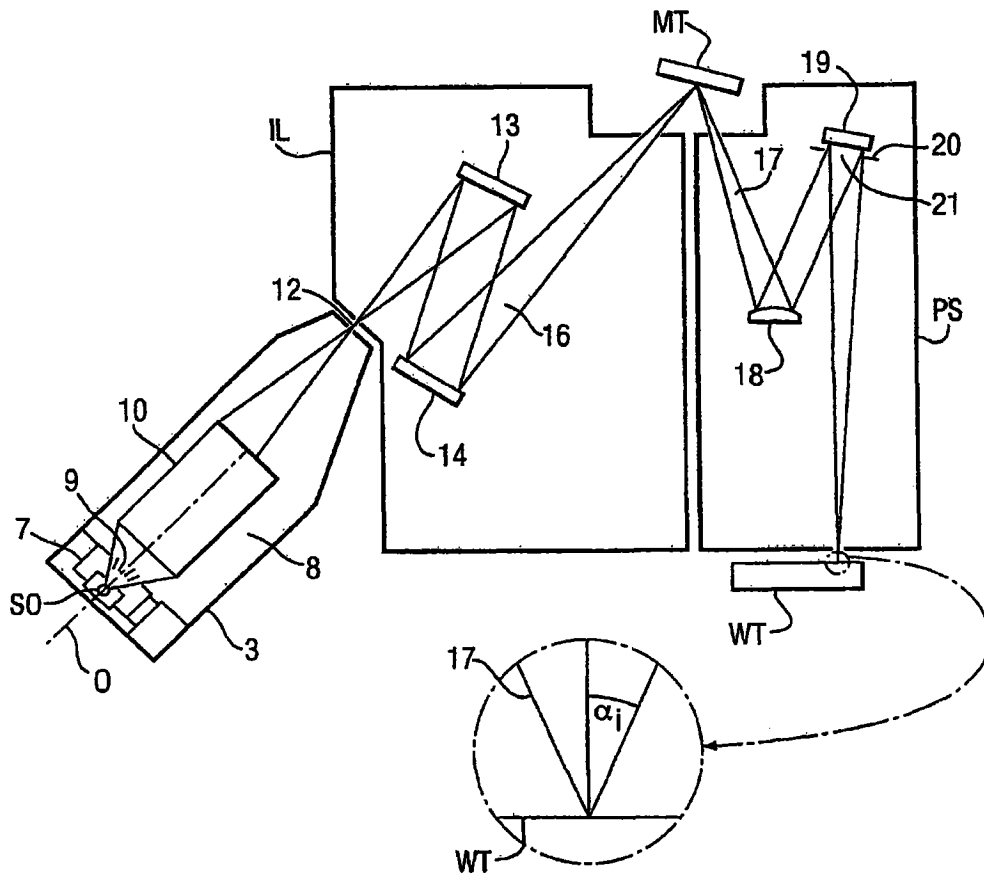


图 2

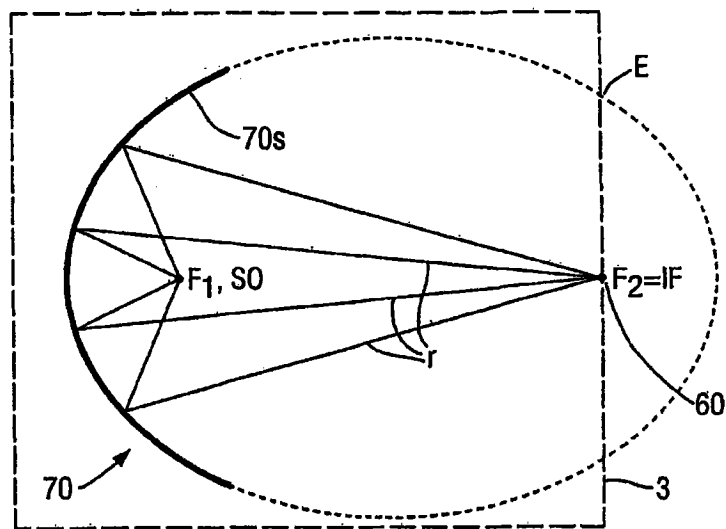


图 3

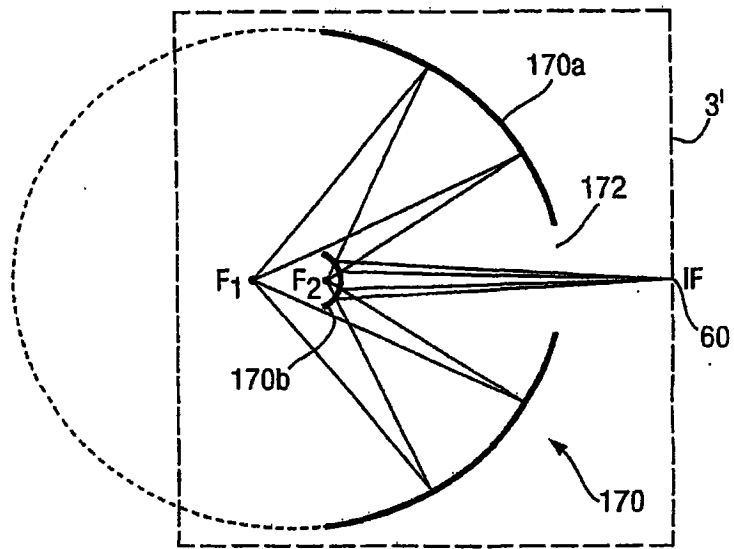


图 4

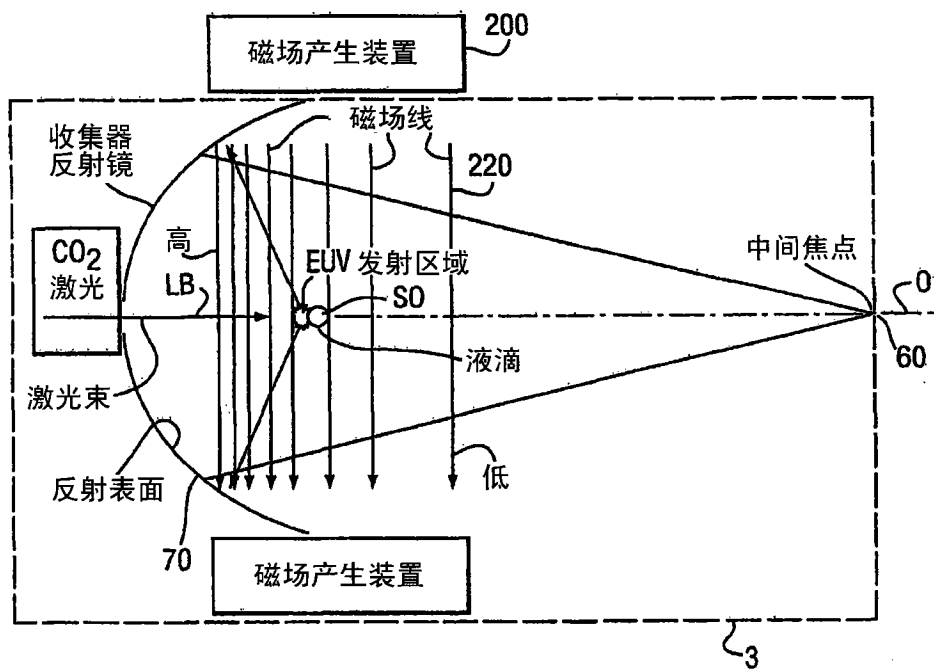


图 5

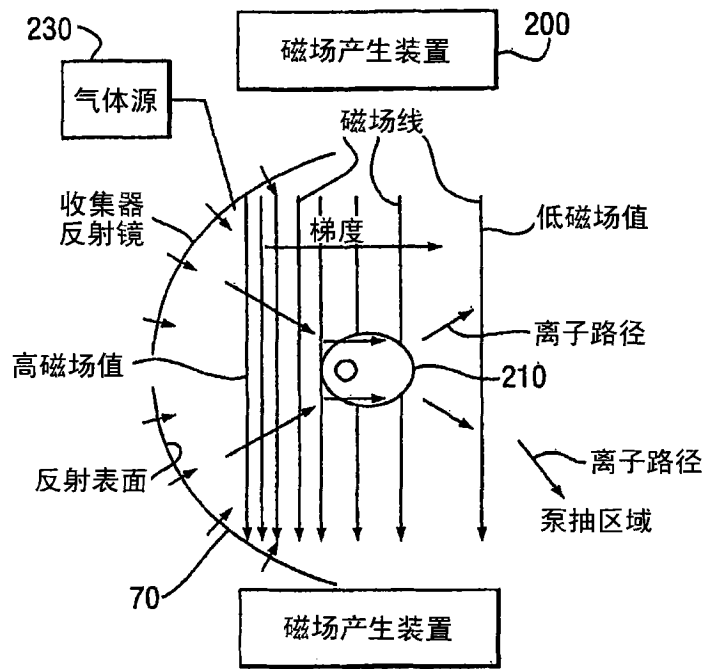


图 6

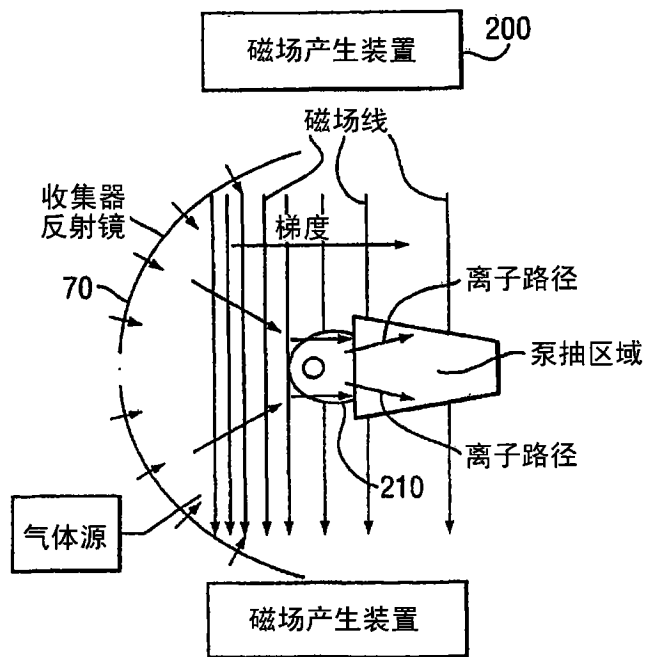


图 7

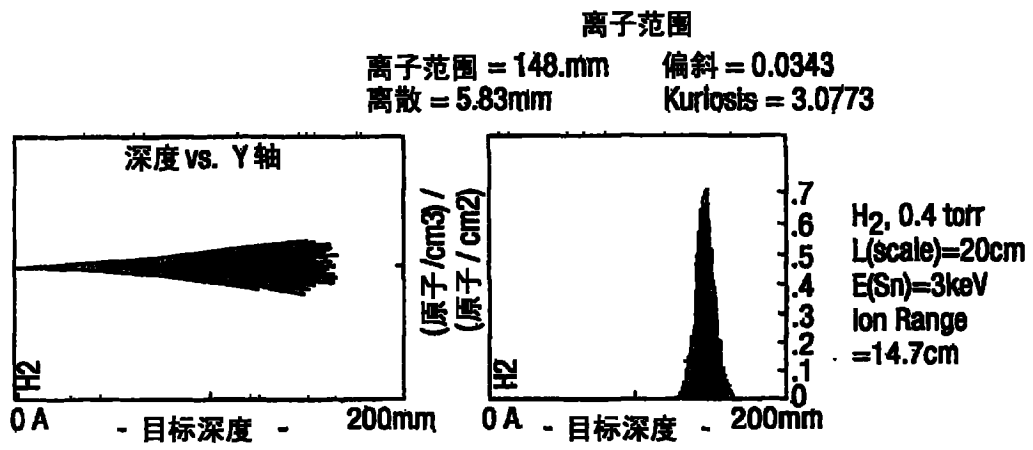


图 8

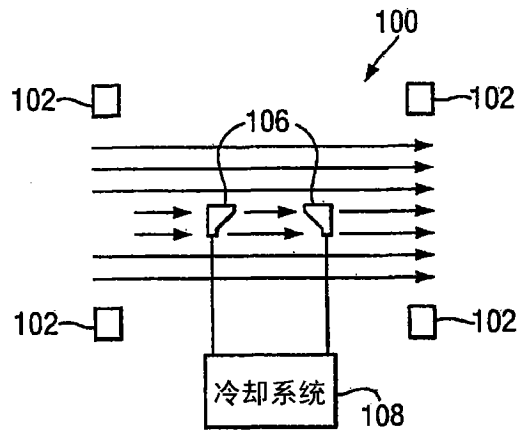


图 9

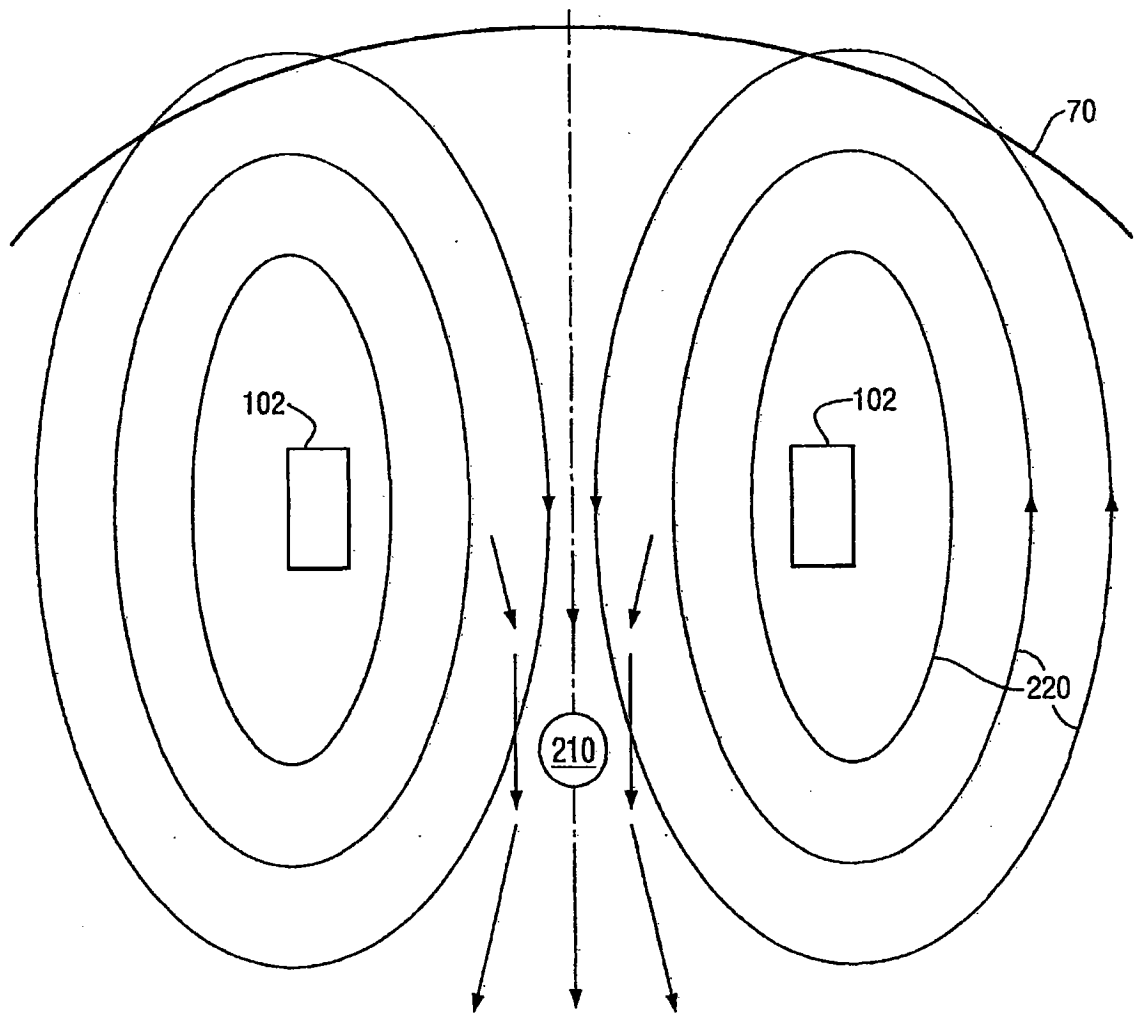


图 10