

[51] Int. Cl⁷

H01S 3/08

H01S 3/22 H01S 3/00

G03F 7/20



[12] 发 明 专 利 说 明 书

[21] ZL 专利号 97119293.6

[45] 授权公告日 2004 年 5 月 19 日

「11」 授权公告号 CN 1150665C

[22] 申请日 1997.7.18 [21] 申请号 97119293.6

〔30〕 優先権

[32] 1996. 7. 19 [33] JP [31] 208817/1996

[32] 1996. 7.22 [33] JP [31] 212059/1996

[32] 1996. 8. 12 [33] JP [31] 212923/1996

[32] 1996. 10. 4 [33] JP [31] 264912/1996

[32] 1997. 1. 17 [33] JP [31] 006441/1997

[32] 1997. 4. 15 [33] JP [31] 097648/1997

[71] 专利权人 大见忠弘

地址 日本宫城县

共同专利权人 佳能株式会社

[72] 发明人 大见忠弘 田中信义 平山昌树

审查员 肖 霞

[74] 专利代理机构 中国国际贸易促进委员会专利
商标事务所

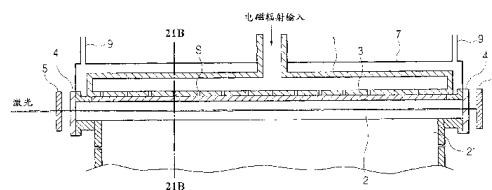
代理人 蒋世迅

权利要求书 6 页 说明书 28 页 附图 26 页

[54] 发明名称 准分子激光器振荡设备和方法及曝光设备和激光管

[57] 摘要

本发明涉及一种准分子激光振荡设备，其包括：激光室(20, 40, 2)，它存储包含 F_2 气体和选自 Kr、Ar 和 Ne 的至少一种惰性气体的气体混合物的激光气体，其内表面对要求的波长 248nm、193nm 或者 157nm 的光的反射率小于或等于 50%，内表面由对 F_2 稳定的氟化物构成；光学谐振器，其由一对反射镜(5, 6)构成，在反射镜之间夹有所述激光室，其中在输出侧反射镜的反射率不小于 90%；以及微波输入装置(42, 1)，设置在所述激光室上面，用于连续激励所述激光室中的激光气体。



ISSN 1008-4274

1. 一种准分子激光振荡设备，其包括：

激光室（20，40，2），它存储包含 F₂ 气体和选自 Kr、Ar 和 Ne 的至少一种惰性气体的气体混合物的激光气体，其内表面对要求的波长 248nm、193nm 或者 157nm 的光的反射率小于或等于 50%，内表面由对 F₂ 稳定的氟化物构成；

光学谐振器，其由一对反射镜（5，6）构成，在反射镜之间夹有所述激光室，其中在输出侧反射镜的反射率不小于 90%；以及

微波输入装置（42，1），设置在所述激光室上面，用于连续激励所述激光室中的激光气体。

2. 按照权利要求 1 的设备，其中，所述激光室内表面具有下述结构之一：通过在不锈钢表面形成 FeF₂ 层制备的结构，通过在金属上镀镍和在镀镍表面形成 NiF₂ 层制备的结构，以及通过在铝合金上形成 AlF₃ 和 MgF₂ 层制备的结构。

3. 按照权利要求 1 的设备，还包括连续把激光气体输入到激光室的装置（21a，21b，25a，25b，27a，27b）。

4. 按照权利要求 1 的设备，其中包括激光气体，激光气体包含 Kr、Ne 和 F₂，Kr 含量的原子百分数为 1-6%，F₂ 含量的原子百分数为 1-6%。

5. 按照权利要求 1 的设备，其中包括激光气体，激光气体包含 Ar、Ne 和 F₂，Ar 含量的原子百分数为 1-6%，F₂ 含量的原子百分数为 1-6%。

6. 按照权利要求 1 的设备，其中包括激光气体，激光气体包含 Ne 和 F₂，F₂ 含量的原子百分数为 1-6%。

7. 按照权利要求 1 的设备，还包括在所述激光室（20）两端形成的装置（21a，21b），用于提供激光气体，和在所述激光室中心部分形成的装置（22），用于排出激光气体。

8. 按照权利要求 1 的设备, 其中, 微波频率在 1GHz 到 50GHz 的范围内。

9. 按照权利要求 1 的设备, 其中, 用于引入微波的波导内部是处于真空状态。

10. 按照权利要求 1 的设备, 还包括构成所述激光室的激光管, 激光束在所述激光管中振荡, 所述激光管的截面垂直于椭圆形的光路。

11. 按照权利要求 10 的设备, 其中, 椭圆的短轴方向与微波输入方向一致。

12. 按照权利要求 1 的设备, 还包括把磁场施加到所述激光室中的装置 (10)。

13. 按照权利要求 12 的设备, 其中所述磁场施加装置 (10) 包括铁钒基磁铁或者 Nd. Fe. B 磁铁。

14. 按照权利要求 1 的设备, 其中, 激光气体的气压设定在几十毛到 1 大气压的范围。

15. 按照权利要求 1 的设备, 还包括用于冷却所述激光室的冷却装置 (7, 9, 50)。

16. 按照权利要求 1 的设备, 还包括一个绝缘板 (41) 用于使所述微波输入装置 (42) 内部和所述激光室内部绝缘, 在所述激光室一侧所述绝缘板的最上表面形成薄的氟化物膜。

17. 按照权利要求 1 的设备, 其中, 在所述微波输入装置 (1) 上形成多个槽 (S), 通过这些槽把微波输入到所述激光室 (2)。

18. 按照权利要求 17 的设备, 其中, 相邻槽 (S) 之间的间隔沿所述激光室 (2) 的轴方向从中心到两端增加。

19. 按照权利要求 1 的设备, 其中所述微波输入装置的微波发射部分 (11) 向所述激光室 (2) 逐渐变宽。

20. 按照权利要求 1 的设备, 其中, 所述微波输入装置的微波发射部分 (12) 有一个间隙, 其具有相应于微波频率的宽度。

21. 按照权利要求 1 的设备, 其中, 沿所述光学谐振器 (305) 的光轴 (350) 方向设置所述微波输入设备 (303), 在光轴方向, 所

述微波输入装置和光学谐振器光轴之间的距离根据在垂直于光轴方向的光束点半径在光轴方向的变化而变化。

22. 按照权利要求 1 的设备, 其中, 设置等效于所述微波输入设备的一对微波输入设备 (303a, 303b), 将光轴夹在它们之间。

23. 按照权利要求 21 的设备, 还包括设置在激光器气体供应装置上游侧的装置 (306), 用于把激光气体形成层状气流。

24. 按照权利要求 1 的设备, 其中, 所述微波输入设备包括具有槽 (S) 的槽形波导 (1), 及夹在其自身和所述激光室之间的电介质板 (3)。

25. 按照权利要求 24 的设备, 其中, 该槽包括连续的或断续的矩形槽, 每个矩形槽的长边沿光轴方向延伸。

26. 按照权利要求 1 的设备, 其中, 所述微波输入设备包括带有槽的槽形波导 (500) 和埋入槽 (530) 中的电介质部件 (510)。

27. 按照权利要求 26 的设备, 其中, 该槽包括连续的或者断续的矩形槽, 每个矩形槽的长边沿光轴方向延伸。

28. 准分子激光器振荡方法, 包括下列步骤:

连续地把激光气体输入到激光室 (20, 40, 2), 该气体包含 F_2 气体和选自 Kr、Ar 和 Ne 的至少一种惰性气体的气体混合物, 激光室内表面对所要求的波长 248nm、193nm 或 157nm 的光的反射率小于或等于 50%, 并且内表面由对 F_2 稳定的氟化物组成;

通过把微波输入到所述激光室, 连续地激励激光室中的激光气体; 以及

利用一对反射镜 (5, 6) 使受激激光气体发射的光谐振, 位于输出侧的反射镜的反射率不小于 90%。

29. 按照权利要求 28 的方法, 其中, 激光气体包含有 Kr、Ne 和 F_2 , 而 Kr 含量的原子百分数为 1-6%, F_2 含量的原子百分数为 1-6%。

30. 按照权利要求 28 的方法, 其中, 激光气体含有 Ar、Ne 和 F_2 , Ar 含量的原子百分数为 1-6%, F_2 含量的原子百分数为 1-6%。

31. 按照权利要求 28 的方法, 其中, 激光气体包含有 Ne 和 F₂, F₂ 含量的原子百分数为 1-6%。

32. 按照权利要求 28 的方法, 还包括从所述激光室两端输入激光气体和从所述激光室中心部分排出激光气体的步骤。

33. 按照权利要求 28 的方法, 其中, 微波频率为 1GHz 到 50GHz。

34. 按照权利要求 28 的方法, 还包括把用于输入微波的波导抽真空的步骤。

35. 按照权利要求 28 的方法, 还包括把磁场施加到激光室的步骤。

36. 按照权利要求 28 的方法, 还包括下述步骤: 将构成光学谐振器的所述一对反射镜 (5, 6) 之间的间隔设置为不大于约 15cm。

37. 按照权利要求 28 的方法, 还包括把激光气体的气压设定在几十毫至 1 个大气压的步骤。

38. 按照权利要求 37 的方法, 还包括把激光气体在进气口的气压设定为出气口气压的 1.2 到 1.8 倍的步骤。

39. 按照权利要求 28 的方法, 还包括冷却所述激光室的冷却步骤。

40. 准分子激光器振荡设备, 其包括:

激光室, 用于存储准分子激光气体;

光学谐振器, 由一对反射镜构成, 在它们之间夹有所述的激光室;

光选择装置, 设置在所述光学谐振器的光路中, 用于选择被振荡的光;

微波输入装置, 用于连续地激励准分子激光气体; 以及

控制装置, 用于控制所述微波输入装置, 以便连续地输入微波, 并且控制所述光选择装置, 以便当停止准分子激光器振荡时, 改变被选择的光。

41. 按照权利要求 40 的设备, 其中所述光选择装置包括波长选择元件, 用于选择波长, 所述控制装置控制所述波长选择元件, 以便选择不同于由准分子激光器气体所确定的振荡区域的区域中的波长,

以便停止准分子激光器的振荡。

42. 按照权利要求 40 的设备, 其中所述光选择装置包括光阀, 所述控制装置控制所述光阀, 以便切断进入所述激光室的光, 停止准分子激光器的振荡。

43. 按照权利要求 41 的设备, 还包括用于聚焦由准分子激光器输出的光的装置, 以及位于焦点处的空间滤光器, 用于限制输出光的发散角。

44. 激光器振荡设备, 其包括:

激光室, 用于存储准分子激光气体;

光学谐振器, 由一对反射镜组成, 在它们之间夹有所述激光室;

以及

微波输入装置, 用于激励所述激光室中的激光气体, 所述微波输入装置沿所述光谐振器的光轴设置, 在光轴方向, 所述微波输入装置和所述光学谐振器光轴之间的距离根据垂直于光轴方向的光束点半径在光轴方向的变化而变化。

45. 按照权利要求 44 的设备, 其中, 设置一对等效于所述微波输入装置的微波输入装置, 光轴夹在它们之间。

46. 按照权利要求 44 的设备, 还包括设置在激光气体输入装置上游侧的装置, 用于把激光气体形成层状气流。

47. 按照权利要求 44 的设备, 其中所述微波输入装置包括带有槽的槽形波导和夹在其本身和所述激光室之间的电介质板。

48. 按照权利要求 47 的设备, 其中该槽包括连续的或者断续的矩形槽, 每个矩形槽的长边沿光轴方向延伸。

49. 按照权利要求 44 的设备, 其中所述微波输入装置包括带有槽的槽形波导和埋入槽中的电介质部件。

50. 按照权利要求 49 的设备, 其中, 该槽包括连续的或断续的矩形槽, 每个矩形槽的长边沿光轴方向延伸。

51. 一种曝光设备, 包括:

(A) 如权利要求 1-27 之一所述的准分子激光器振荡设备(A1);

(B) 照射光学系统 (A2, A3, A4, A5), 利用由所述准分子激光器振荡设备输出的光照射形成有图案的光网 (A6);

(C) 成象光学系统 (A7), 把从光网来的光在晶片 (A8) 上成象; 以及

(D) 可移动的工作台 (A9), 在其上放置晶片, 并且工作台承载晶片。

52. 一种曝光设备, 其包括:

(A) 如权利要求 40-50 之一所述的准分子激光器振荡设备 (A1);

(B) 照射光学系统 (A2, A3, A4, A5), 利用由所述准分子激光器振荡设备输出的光照射形成有图案的光网 (A6);

(C) 成象光学系统 (A7), 把来自光网的光在晶片 (A8) 上成象; 以及

(D) 可移动的工作台 (A9), 在其上放置晶片, 并且工作台承载晶片。

53. 激光管 (40), 存储包含 F_2 气体和至少一种选自 Kr、Ar 和 Ne 的惰性气体的气体混合物的激光气体, 其包括:

激光管内表面, 其对所要求的波长 248nm、193nm 或者 157nm 的光具有小于或等于 50% 的反射率, 该内表面由对 F_2 稳定的氟化物组成, 以及

绝缘板 (41), 用于把微波导入所述激光管。

准分子激光器振荡设备和方法及 曝光设备和激光管

技术领域

本发明涉及连续发射准分子激光器振荡设备和连续光发射的方法，还涉及准分子激光设备和激光管。

背景技术

特别希望准分子激光器成为能在紫外光区域应用的唯一高功率激光器，也希望它用于电子、化学和能源工业中。

更具体地是，准分子激光器适用于金属，树脂，玻璃、陶瓷、半导体管的加工，化学反应等方面。

把产生准分子激光束的设备称为准分子激光振荡设备。填充在歧管中的激光气体包括如 Ar、Kr、Ne、F₂ 等的混合物并通过电子束辐射、放电束等激励。激发的 F 原子结合成基态惰性 KNF^{*}、ArF^{*} 原子，以便形成只存在于激发态的分子。上述分子被称为准分子。由于准分子是不稳定的，它们立刻发射紫外光，然后降到基态。上述现象称为无束缚跃迁或者自发发射，准分子激光器振荡设备利用激发的分子和放大它们，作为由一对反射镜组成的光学谐振器中的同相光，以便输出激光束。

通常，不可能使准分子激光振荡设备连续地激励，因为作为激光器介质的准分子激光的寿命很短，一般进行脉冲激励，间歇式提供快速升高的电流脉冲（大约 10nsec）。

因为这个原因，常规准分子激光振荡设备的电极的工作寿命是约半年。

另一方面，例如，在半导体加工处理过程中，利用重复频率为 100Hz 到 1KHz 的脉冲振荡型连续发射准分子激光振荡设备，对化学感光型抗蚀剂进行曝光时，则透镜材料和透镜材料表面上无反射多层膜的工作寿命是很短的。

下面详细说明上述问题。

化学感光型抗蚀剂的灵敏度是大约 $20\text{mJ}/\text{cm}^2$ 。因此， $0.1\text{W}/\text{cm}^2$ 的光需要 0.2 秒的曝光时间。另一方面， $1\text{W}/\text{cm}^2$ 的光需要曝光时间为 0.02 秒。考虑到光学系统相当大的损耗，光输出大约为 10W 。

现在使用的脉冲发射（ 1KHz ）中，产生大约 10nsec 的脉冲光，约为每秒为 1000 次。如果曝光时间是 0.2sec ，则需要 200 脉冲和 $20\text{mJ}/\text{cm}^2$ 的能。如果由于光学系统损耗，能量下降到 $1/100$ ，考虑到图 31 所示的脉冲占空比率，则每个脉冲的发射强度 I 。如下所示：

$$I_0 (\text{瓦}) \times 10(\text{nsec}) \times 2 \times 10^2 (\text{脉冲}) \times 10^{-2} (\text{效率}) = 2 \times 10^{-2} (\text{焦耳})$$

$$I_0 = 2 \times 10^{-2} / 10^{-8} \times 2 = 1 \times 10^6 (\text{瓦})$$

如果用 10nsec 获得恒定输出，则获得 1MW 的脉冲光。实际上，获得如图 32 所示的脉冲光。

实际上，由于脉冲光具有如图 32 所示的脉冲波形，光脉冲强度具有 2 到 3MW 的峰值功率区域。因为脉动地入射几 MW 的短波长光，所以对透镜材料及其表面上无反射多层膜的耐用性要求变得非常苛刻。

在准分子激光光刻阶段，不同时进行分步重复曝光，而是通过对反射镜或透镜进行扫描曝光。当每秒产生大约 1000 次光脉冲时，曝光时间为 0.2sec ，每次曝光只能利用大约 200 次脉冲。例如，如果均匀地曝光 $25 \times 35\text{mm}^2$ 面积，必须严格控制反射镜或透镜的扫描机构和光脉冲之间的关系，在光学元件方面，需要很复杂的控制系统。此外，目前，光脉冲输出波动大约 10% 。因此，不可避免的把反射镜或透镜的扫描控制系统制成很复杂，导致于一个高级的价格昂贵的准分子激光曝光设备。

此外，常规准分子激光振荡设备也存在下述问题。即，由于准分子激光器中 KrF 激光器和 ArF 激光器利用高反应性的氟气体作为激光气体。则在贮存激光气体和为该气体提供放电能量的激光器室中的氟浓度是低的。因此，提高施加到激光器室中的电压，以便获得预定的

输出。当预定输出，即使那样控制也很难输出时，则中断振荡，并且再填充氟气体。当振荡再进行时，即使再填充氟气体，最后也不能获得预定激光输出，必须把激光器室回复到上述状态。

在准分子激光发射设备中利用电压脉冲放电，发射大约 10ns 的光的情况下，因为发射时间太短，则输出光的发射光谱的半波长宽度大约为 300pm。因为这个原因，利用光栅等窄带组件的单色光可能获得 1pm 以下的半波长宽度。

在现有技术中，在预定时间必须填充氟气体，通过升高电压产生振荡。换句话说，由于氟随着时间的消逝和处理室内表面进行反应，则氟气体减少。因此，激光器处理室工作寿命不长，特别是，当把激光器长时间的用于加工物品时更是如此，处理室工作寿命是增加制造工件数量的重要因素。

利用如光栅等窄带组件通过单色化一般可能获得 1pm 以下的半波长宽度。但是，由于利用光栅等窄带宽度，使输出光发射强度减少，由于上述光强的减少，严重地阻碍了制造工件数量的增加。

发明内容

本发明的目的是提供连续发射准分子激光器振荡设备和方法，以及曝光设备，它能减少透镜材料及其表面上的负载，能简化反射镜或激光器扫描控制系统，并令人满意地用于大量生产中，因为准分子激光器的工作寿命能充分地延长。

本发明的另一个目的是提供准分子激光器振荡设备和方法，以能实现窄带宽度，同时增加光输出强度。

本发明的又一个目的是提供准分子激光曝光设备，它能实现窄波长宽度的光谱，而不用任何带状组件，并能制成小型的简单的设备。

为了实现上述目的，按照本发明第一方面，一种准分子激光振荡设备包括：

激光室，它存储包含 F_2 气体和选自 Kr、Ar 和 Ne 的至少一种惰性气体的气体混合物的激光气体，其内表面对要求的波长 248nm、193nm 或者 157nm 的光的反射率小于或等于 50%，内表面由对 F_2 稳定的氟化

物构成;

光学谐振器,其由一对反射镜构成,在反射镜之间夹有所述激光室,其中在输出侧反射镜的反射率不小于 90%; 以及

微波输入装置,设置在所述激光室上面,用于连续激励所述激光室中的激光气体。

按照本发明的一个方面,准分子激光器振荡方法,包括下列步骤:

连续地把激光气体输入到激光室,该气体包含 F_2 气体和选自 Kr、Ar 和 Ne 的至少一种惰性气体的气体混合物,激光室内表面对所要求的波长 248nm、193nm 或 157nm 的光的反射率小于或等于 50%,并且内表面由对 F_2 稳定的氟化物组成;

通过把微波输入到所述激光室,连续地激励激光室中的激光气体; 以及

利用一对反射镜使受激激光气体发射的光谐振,位于输出侧的反射镜的反射率不小于 90%。

按照本发明的一个方面,准分子激光器振荡设备包括:

激光室,用于贮存准分子激光气体;

光学谐振器,由一对反射镜组成,在它们之间夹有激光室;

选光装置,设置在光谐振器的光路中,用于选择要振荡的光;

微波输入设备,用于连续地激励准分子激光气体; 以及

控制装置,用于控制微波输入设备,以便连续输入微波,还控制选光装置,以便在停止准分子激光振荡时变化要选择的光。

按照本发明另一方面,激光器振荡设备包括:

激光室,用于贮存准分子激光气体;

光学谐振器,由一对反射镜组成,在它们之间夹有激光室; 以及

微波输入设备,用于激励激光室中的激光气体,微波输入设备设置在光学谐振器的光轴方向,在微波输入设备和光学谐振器光轴之间的距离,根据垂直于光轴的光束斑点直径在光轴方向的变化而在光轴方向变化。

按照本发明的又一方面,准分子激光器振荡设备包括:

激光室，用于贮存准分子激光气体；
光学谐振器，由一对全反射棱镜组成，在它们之间夹有激光室，
从光学谐振器来的光以布儒斯特角入射在全反射棱镜上面；以及
输入部件，用于输出光学谐振器中的光。

按照本发明的再一个方面，曝光设备包括：

(A) 上述准分子激光器振荡设备；

(B) 照射光学系统，利用由所述准分子激光器振荡设备输出的光
照射形成有图案的光网；

(C) 成象光学系统，把从光网来的光在晶片上成象；以及

(D) 可移动的工作台，在其上放置晶片，并且工作台承载晶片。

按照本发明的又一方面，一种激光管，存储包含 F_2 气体和至少一
种选自 Kr、Ar 和 Ne 的惰性气体的气体混合物的激光气体，其包括：

激光管内表面，其对所要求的波长 248nm、193nm 或者 157nm 的
光具有小于或等于 50% 的反射率，该内表面由对 F_2 稳定的氟化物组成，
以及

绝缘板，用于把微波导入所述激光管。

附图说明

通过下面描述某些实施例，本发明的各详细实施例将变得显而易
见。

图 1 是表示给激光室供应气体的供气系统的简图；

图 2 是表示准分子的反应式；

图 3A、图 3B、图 3C 是表示激光管形状的实例的剖面图；

图 4A 和 4B 是表示激光管形状的又一实例的剖面图；

图 5 是表示波导终端和绝缘板之间缝隙的透视图；

图 6A 和图 6B 是表示波导终端和绝缘板之间缝隙的剖视图；

图 7 是表示施加磁场的透视图；

图 8A 和图 8B 分别是具有微波源器件的连续发射准分子激光振荡
设备的剖面图和沿其 8B-8B 剖开的剖面图；

图 9A、9B、9C 是图 8A 和 8B 中波导 1 的底部视图(仰视图);

图 10A 和 10B 分别是具有微波源器件的连续发射准分子激光振荡设备的剖面图和沿 10B-10B 剖开的剖面图;

图 11A 和图 11B 是具有微波源器件的连续发射准分子激光振荡设备的剖面图;

图 12A 和图 12B 是具有微波源器件的另一种连续发射准分子激光振荡设备的剖面图;

图 13 是具有微波源的连续发射准分子激光器振荡设备的剖面图;

图 14 是具有微波源的连续发射准分子激光器振荡设备的剖面图;

图 15A 和图 15B 是表示光束点半径变化的曲线图;

图 16A 和图 16B 是激光器振荡设备的剖面图;

图 17A 和图 17B 是激光器振荡设备的剖面图;

图 18A, 图 18B, 图 18C 是表示槽部分附近的简图;

图 19 是表示开槽波导示例的剖面图；

图 20A 和图 20B 是表示槽形状示例的平面图；

图 21A 和图 21 是表示按照本发明实施例的准分子激光器振荡设备的剖面图；

图 22A 和图 22B 是具有微波源器件的另一种连续发射准分子激光器振荡设备的剖面图；

图 23A 和图 23B 是按照本发明另一实施例的准分子激光器振荡设备的剖面图；

图 24A 和图 24B 分别是利用棱镜在两端 100% 反射的谐振器的正视图和侧视图；

图 25A、25B、25C 是图 24A 和图 24B 所示谐振器改型的侧视图；

图 26 是准分子激光曝光设备的简图；

图 27 是按照本发明实施例准分子激光器的简图；

图 28 是按照本发明实施例的准分子激光器增益曲线的简图；

图 29 是按照本发明实施例的准分子激光器振荡设备的侧视图和正视图；

图 30 是表示按照该实施例准分子激光器振荡设备中的光反射板和激光管（金属圆筒）之间密封结构的剖面图；

图 31 是表示脉冲状态的简图；

图 32 是表示实际脉冲状态的简图。

具体实施方式

下面，通过本发明所用的技术和实施例来说明本发明的效果。

本发明中，由于采用连续发射，则不需要控制反射镜或者透镜的扫描设备和脉冲之间关系，而且能很简单的控制光学系统。

本发明人经过分析认为，由于 $0.1\text{W}/\text{cm}^2$ 的光需要的曝光时间为 0.2 秒， $1\text{W}/\text{cm}^2$ 的光需要的曝光时间为 0.02 秒，大约 10W 的输出，适当的光学系统的损耗，而且能延长透镜材料和其表面的工作寿命。

此外，获得下列效果。

首先，减少光学材料，例如玻璃的损坏。如 KrF 激光器，ArF 激

光器等标准分子激光器，产生的脉冲发射短至 10 到 20nsec，而脉冲的重复频率是大约 1000Hz。因此，该脉冲的峰值光强度是相同光强度连续发射所获得的光强的 10000 倍以上，而与光学系统的效率无关。位于准分子激光区域中材料损伤的主要原因是存在两种光吸收，存在于准分子激光的光学损耗，与峰值光强平方成正比，比连续发射精度高 10^8 倍。由于上述原因，玻璃材料的耐用性在 ArF 区域有问题。采用连续发射的光源，可能在和 ArF 相同的紫外光区域解决上述问题。

第 2，能容易地抑制由窄带光产生的作为固有现象的斑点。在脉冲发射情况，为了有效地消除作为随机干涉条的斑点，必须使单个脉冲地光发射时间分配和公知的消除斑点设备精确地同步。相反，连续振荡不需要任何专门的同步设备，利用公知的简单的设备，例如，旋转的漫射板，能容易地除掉斑点。因此，可能简化光学系统的配置，有效地降低成本。

第 3，曝光量的控制容易。当进行分散曝光例如脉冲发射时，曝光量控制的最小单位基本上决定于脉冲的数量，虽然，它也决定于每个脉冲曝光量的可控性。当用总数为 100 个脉冲进行曝光时，下一组脉冲是 99 个脉冲或 101 个脉冲。当然，已经提出控制最后一个脉冲的各种设备，但是，对于可控性或者控制，最好使精确曝光量控制不受因分散性而造成的变化的影响。当线宽减少时，要求更精确的曝光量控制。在这种情况下，连续照射的光源效果是非常好的。

如上所述，通常，不可能使准分子激光器连续地发射，因为准分子激光状态的能级具有短的寿命，原子在一定时间周期不能保持在被激励的能级状态，因此，必须进行快速上升时间脉冲激励。

本发明中，用于贮存激光器气体的激光室内表面由非反射表面组成，该表面相对于所希望的波长，例如 248nm，193nm，157nm 的光不反射。

激光室的内表面由非反射表面组成的原因是，防止自发地发射光由激光室的内表面反射而返回到气体中，使 KrF^* 或者 ArF^* 由激发态转变到基态。

注意，非反射表面不需要总是具有 100% 的透射率和吸收率，而可以有一定的反射率。在这种情况下，反射率最好是 50% 以下，特别是反射率在 20% 以下，最好是在 5% 以下。即可适当地选择反射率，由实际的设备获得均匀的激光束。

而且，为了防止 F_2 由于和激光室发生反应而减少数量，由氟化物制成激光室的内表面。特别是，通过下述方法形成激光室内表面，在对于 F_2 是稳定的不锈钢表面上形成 FeF_2 ，还可以在金属上镀镍，在镀镍层表面上形成 NiF_2 ，或在铝合金上面形成 AlF_3 和 MgF_2 层。

本发明设定位于输出侧的反射镜的反射率大于或等于 90%。

在标准谐振器设备中，使其一侧的反射率为 100%，同时设定输出一侧的反射率大约 10%。

常规 KrF^* 准分子激光器的激光气体组分如下所述：

$Kr/Ne/F_2 =$ 小于 1% : 98% : 小于 1%，

F_2 浓度是 1% 以下。如果 F_2 浓度太大，则由 F_2 吸收电子变成阴离子，导致不稳定的放电。另一方面，设定压强为 3-4atm。设定上述气压用于补偿低 F_2 浓度，以便尽可能多地产生 KrF^* 。

大约 10W 的输出就足以连续地发射。下面估算许可的增益 α_2 。

· 谐振器中的激光束强度

除非激光在饱和强度 I_s 这样的高强度下工作，否则，碰撞会使最高能级的准分子激光消失。饱和强度是指增益 g 变成 1/2 的小信号增益 g_0 的强度，在 KrF 准分子激光器的情况下（Shuntaro Watabe,

“Development and applied Techniques/Examples of Excimer Laser”）

由下式获得光强：

$$I_s = h\nu / \sigma \tau = 1.3 \text{ MW/cm}^2$$

h ：普朗克（planck）常数， $6.63 \times 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{S}$

ν ：频率 $3 \times 10^8 / 0.248 \times 10^{-6} = 1.2 \times 10^{15}$

σ ：感应发射截面积 $2 \times 10^{-16} \text{ cm}^2$

τ ：上层能级寿命 3ns

(包括由于碰撞而去激励情况)

可使最上层能级寿命 τ 增加到发射寿命的最大值 (即在自由空间中)。

这种情况下的寿命是 6.7ns, 饱和光强 I_s 是

$$I_s = 0.6 \text{ Mw/cm}^2$$

· 激光器输出效率

由每秒每单位体积输出光子数量和产生的准分子激光数量之比给出激光器的该效率。由下式给出激光器获得的效率 η_{ex} :

$$\eta_{ex} = (I/I_s)(1 - (1 + I/I_s)^{-\alpha_n/g_0})$$

I : 激光束强度

I_s : 饱和强度

α_n : 非饱和吸收系数

g_0 : 小信号增益

由于 $\alpha_n > 0$ 则有下列关系。

$$\eta_{ex} < (I/I_s)/(1 + I/I_s)$$

当激光束强度 I 等于或者小于 I_s 时, 激光器振荡有差的效率。例如, 当谐振器中的激光束强度 I 是 500 w/cm^2 , 则效率 η_{ex} 是:

$$\eta_{ex} = 1/2600 \text{ 或者更小。}$$

(激光器输出效率 η_{ex} 是很小)

因此, 为了获得高效的激光器振荡, 需要大约 1.3 MW/cm^2 的饱和强度。

下面, 叙述本发明的优选实施例。

(激光气体)

在本发明中, 作为激光介质的激光气体由选自 Kr、Ar、Ne、Fe 气体组中至少一种惰性气体的气体混合物组成。

对于这些气体, 相应于使用的波长, 可以适当把不同的气体进行混合。例如, 当波长为 248nm 时, 利用 Kr/Ne/F₂ 的混合气体, 当波长为 193nm 时, 使用 Ar/Ne/F₂ 混合气体, 当波长为 157nm 时, 使用 Ne/F₂ 混合气体。

对于本发明,最好把激光气体连续地输入激光室。图1表示可能获得上述气体源的激光气体源系统。

在图1中,在激光室20的两端,形成进气口21a和21b,在激光室20的基本中心部分形成出气口22。注意,可以按需要把出气口和真空泵等相互连接。以相等流速,从两端的进气口21a和21b输入激光气体。从激光室基本上为中心位置的出气口22排出气体。这是因为上述进出口位置也用于保护位于输出端光反射板的表面。更具体地说,由于光反射板的最上层表面涂敷决不与 F_2 和 F^* 反应的薄膜、例如,氟化膜,另一方面,进气口21a和21b以及出气口22,最好在微波流方面有狭长切口的形状。

并且,在图1中,阀25a、25b、26、27a、27b分别和进出口21a、21b、22相连。当开始输入激光气体时,关闭阀25a和27a,打开阀25b和27b,由位于阀25a和27a附近的激光气体源清洗管道内部。冲洗管道后,关闭阀25a和27b,打开阀26,把激光气体输入激光室20。一旦清洗完激光器20内部,同时连续地输入激光器气体,使激光器开始振荡。当然,如果不需要清洗等处理,则不需要设置阀。在图1中,利用流量控制器(MFCS)和气体压强控制器(PFCS)28来控制流速。在本发明中优选PFCS。把过滤器29和PFCS相互连接。

本发明中,为了稳定连续的振荡,设置激光气体的 F_2 浓度为0.1atomic%,到6atomic%,优选为1-6atomic%,最好为4-6atomic%。

激光气体气压优选为10Torr到1atm,更好地为50Torr到1atm。也就是说,本发明即使在这样的低压强下也能稳定的放电,能够获得稳定的连续的振荡和连续地发射。在现有技术中,激光气压为3到4atm,在现有技术中,当 F_2 浓度升高时,由于 F_2 变成 F^- ,电子消失,则导致于不稳定地放电,必须把 F_2 浓度设定在1%以下(比实际还低)必须把气压设定在3-4atm,以便补偿上述低浓度。但是,本发明中,即使在升高 F_2 浓度时,也能用微波实际稳定的放电,因此,不必增加气压,来补偿低 F_2 浓度。当然,因某种原因,需要增加气压时,则可

以增加气压。

图2表示反应式和在KrF准分激光器中的激光管中进行的反应。在图2中，应注意反应(3)。由(3)可见，要用F和F产生 KrF^* 准分子激发。另一方面，由(4)可见，发射光的准分子激光分裂成基态的稀有气体原子(Kr)和卤素原子(F)，但决不变成 KrF^* 准分子激发生成所要求 F_2 和F。

此外，反应式(5)中由卤素原子(F)产生卤素分子(F_2)是很慢的。

由此可知，重要的是替代在放电空间发射光的卤原子并使卤素离子(F)和卤素分子(F_2)并且返回到基态。

(激光管)

激光管40(图3A、3B、3C和图4A和图4B)是一个由激光室构成的管，具有输入微波的窗口44。激光管40在其窗口侧面和波导42相连。激光管40内部和波导管42内部密封，但由于激光管40窗口部44上绝缘板41进行密封。下面将描述绝缘板41。

等离子激励部分终端的剖面形状，即由激光室构成的激光管40的剖面形状，可能是近似半圆筒形(或半椭圆形)(图3A)，圆筒形(图3B)，椭圆形(图3C)等，如图3A、3B和3C所示。

此外，如图4A所示椭圆形状更好。椭圆的短轴方向和微波的输入方面一致。因此，在如图4A所示的剖面图形情况，微波可能均匀地输入作为激光管中激光介质的激光气体中。并且，可能获得每单位面积有较高密度的激光束，可能把它向外部输出。

并且，激光管40的窗口部分44，可能向激光管40一侧锥状变成较宽，如图4B所示。注意，也可能使它向激光管40一侧锥状变成较窄。

激光管40和波导管42之间的连接，例如可通过在它们上面形成凸缘进行密封连接来实现，如图3A、3B、3C或者4A、4B所示。

本发明中不必在激光管40内部设置例如电极那样的装置。更具体地说，不必把电极等装配到激光管中。因此，可以根据制造工艺，把

绝缘板 41 先装入激光管 40。例如，通过热压冷缩配合装配绝缘板 41。在图 4B 的情况，由激光管 40 内部，安装绝缘板 41。

注意，激光管 40 构成激光室，它的上表面由氟化物构成，以便抑制和如上所述的 F^* ， KrF^* 和 ArF^* 的反应。

当激光管 40 的主体由金属构成时，能确保容易制造，改善冷却效率。特别是，为了防止由于温度变化而改变光学谐振器的长度，可以优选的利用具有热胀系数几乎为零的金属。此外，最好用如电镀方法，在激光管内表面，形成具有高电导率的金属，例如铜或者银，其厚度大于微波的趋肤深度。

如绝缘板 41 的最佳实施例，例如，至少和等离子接触的表面，（在激光管 40 侧的表面）上涂多层膜（例如， $SiO_2, Al_2O_3, CaF_2, MgF_2, LaF_2$ 膜等），其支撑表面形成薄的氟化物膜（例如， CaF_2, MgF_2, LaF_2 ，或其它薄的氟化物膜）。

并且，绝缘板 41 的材料必须满足下列条件：该材料具有非常小的损耗，在机械方面是耐用的，不溶于水等。

绝缘板 41 的厚度只需要相应于微波半波长（内管波长）的整数倍或基本上整数倍。

（微波）

本发明中，把微波作为激光气体的激励方式。利用微波可能连续地激励激光气体，并且容易连续地发射。

作为微波源，例如，可以利用 gyNotron（商标名）。

可以根据激光气体组分气体的部分气压等适当地确定微波频率和电功率。通常，微波的频率是优选在 1GHz 到 50GHz，较好地选在 5 到 40GHz，最好地是在 20 到 35GHz。微波的电功率最好为几百瓦到几千瓦。

如果激励微波频率 ω 是例如 35GHz 时，在由作为等离子激励气体主体的 Ne 与电子碰撞的截面积确定的电子与 Ne 原子的碰撞频率 W_c 等于激励微波频率时，气体压力是 160 托。

在这种状态，决定于相等电功率的等离子激励效率最高。

当设定 Kr/Ne/F₂(3%/92%/5%) 的气压为大气压 (760 托), 则碰撞频率是激励微波频率的大约 4.5 倍, 在激励频率的一个周期中, 电子对 Ne 原子的碰撞为 4.5 次。

因此, 这种状态满足电阻等离子条件, 由下述等式确定趋肤深度, 它等于等离子体进行有效激励的深度:

$$\delta = (2/\omega \mu_0 \sigma)^{1/2}$$

其中 ω 是微波角频率, μ_0 是真空导磁率, σ 是等离子体的导电率。

当微波频率是 35GHz 时, 气压是 160 托, 电子密度是 10^{14}cm^{-3} , 则有:

$$\omega = 2\pi \times 35 \times 10^9 [\text{S}^{-1}]$$

$$\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} [\text{H/m}]$$

$$\sigma = 12.8 [\text{U} \cdot \text{m}^{-1}]$$

因此, 趋肤深度是: $\delta = 750 \mu\text{m}$

例如, 利用 5mm 高, 10cm 宽加大波导, 感应出 35GHz 的微波。

由例如 SiO₂, CaF₂, MgF₂ 等绝缘板密封的等离子激励装置和波导装置, 设定绝缘板的厚度基本上为内管波导 λ_g 的二分之一的整数倍, 并且考虑绝缘板的介电常数。

因此, 当微波频率是 17.5GHz 时, 该频率等于 80 托气压的碰撞频率。如果等离子频率是 35GHz, 则此时电子密度是 $5 \times 10^{13}\text{cm}^{-3}$ 。当利用 100W 到 1KW、频率为 3GHz, 由 70 到 80 托气压, 产生大约 1 大气压 (1atm) 的气体等离子, 则能使 F^{*}、KrF^{*}, ArF^{*} 的密度可靠地实现 10^{14}cm^{-3} 数量级。

根据提供的微波, 和等离子激励装置相互接触的波导和绝缘板表面, 最好包括相对于 248nm 等波长不反射的板。

另一方面, 可以把波导和绝缘板之间的间隙设为 $\lambda_g/2$, 如图 5 或 6A, 或者为 λ_g , 如图 6B 所示。此外, 可以把间隙设为 $3\lambda_g/2$ 。

注意, 最好把波导内部抽成真空, 以便防止放电。如果保证真空度在 10^{-4} 托以下, 则可防止放电。

注意，波导 42 位于和激光管 40 相接触部分附近的内表面，最好包括：作为激光管 40 内表面的非反射表面。以防止由波导 42 内表面反射的光返回到激光管 40。

此外，电磁铁或永久磁铁提供电场，以便完成稳定放电，如图 7 所示。

(微波输入设备)

图 8A 和 8B 至 14 表示微波输入设备结构的例子。

在如图 8A 和 8B 表示的例中，形成微波输入设备的波导 1 是具有许多槽 S 的槽形波导。槽形波导 1 和激光管 2 的外表面相连，在与轴平行的方向延伸。从槽形波导 1 的上部输入几 GHz 到几十 GHz 的电磁辐射（波），沿波导 1 传播，传播模式为 TE_{10} ，电场垂直于页面。

在槽形波导 1 的下表面（图 8A 和 8B）形成许多延长的槽 S，如图 9A、9B 和 9C 所示，在波导的外面，通过槽 S 发射电磁辐射，同时沿波导 1 进行传播。

从槽 S 发射的电磁辐射，通过电介质板 3 进入激光管 2，电离激光管 2 的激光气体，产生等离子体，磁场发生器 10 包括永久磁铁或者电磁铁，以便在垂直于激光管 2 的方向提供磁场。如果使用永久磁铁，则具有强磁力的铁钒磁铁或者 Nd、Fe、B 磁铁是合适的。

进入激光管 2 的磁场可能捕获等离子体中的电子，以便消除壁表面的损耗，可能获得高密度的等离子体。在适当选择磁场强度时，通过电子回旋加速器谐振器，可能获得更高密度的等离子体。

当然，在不用加任何磁场而能获得足够高密度的等离子体时，则不用提供磁场发生器 10。

通过如气体输入管 8，从激光器管 2 输入/输出 Kr、Ne、 F_2 气体。如果不根据产生等离子交换气体，由于只需在激光管 2 密封气体，则不需要进气管 8。在等离子体中，连续地产生寿命大约 10 秒的例如 KrF 等原子团，当它们分离时发射光。该光促进诱导发射，同时在由输出侧镜 5 和反射侧镜 6 形成的光谐振器中来回传播，并且被诱导发射放大。输出侧镜 5 反射 90% 以上，透过输出侧镜的光作为激光束

向外部输出。

在图 8A 和 8B 所示的例中,可能利用铝合金作为激光管主体材料。为了提高效率,在激光器主体和电介质板 3 的内表面上,形成电介质多层膜,所以,在振荡器持续振荡时间,反射为零(没有反射)。

为了冷却激光管 2 和波导 1,可以在有冷却水入口 9 的冷却室 7 和这些装置之间,提供例如水,空气,氮气等冷却剂。可设置抽成真空状态的槽形波导 1,以便防止其中放电。

图 9A、9B、9C 是槽形波导 1 的底视图。

在图 9A 中,在垂直于波导 1 的轴方向设置槽 5,其间隔等于波导 1 中的电磁波波长。各槽发射在波导轴向偏振的同相线性偏振电磁波。

在图 9B 中,设置与波导轴向倾斜 45° 角的凹槽,其间隔等于在波导中电磁辐射的波长。各槽发射同相线性偏振的电磁波,其方向与波导轴向倾斜 45° 角。

在图 9C 中,一对相互正交的槽,它们分别与波导轴向成 45° 角,其间隔等于波导中电磁辐射波长。各槽发射同相圆形偏振电磁波。

这些槽的长度由相应波导中的电磁辐射强度确定,从各槽发射的电磁波强度几乎彼此相等。槽的角度和相邻槽之间的距离不限于上述距离。

在图 10A 和图 10B 的结构中,从由锥形部分分叉的锥形波导 11 上部输入 $n\text{GHz}$ 到 $n + \text{GHz}$ 的电磁辐射,通过电介质板 3 输入激光管 2。在图 10A 和图 10B 所示的例中,在靠近锥形波导 11 的电磁辐射输入部分,电磁辐射以 TE_{10} 模式传播,电场平行于页面。另一种情况,电场可以和页面垂直。其它设置和图 8A 和 8B 所示情况相同。

图 11A、11B,图 12A 和图 12 表示以表面波输入微波的。例子在图 11A 和 11B 所示的结构中,由具有间隙的波导 12 上部输入几 GHz 到几十 GHz 的电磁辐射,它采用圆筒形感应管,以 TE_{10} 模式在管中进行传播,电场平行于页面。从间隙波导 12 的间隙部分在感应管 14 的轴向方向加电场。输入的微波变成表面波,并在感应管 14 的右管和左管轴向方向间隙部分传播。由表面波电场加速等离子体中的电子,

于是保持高密度等离子体。

由于表面波衰减慢，从激光管中心部分用相同模式传播，对微波电场没有局部强度分布形成。

因此，电子在等离子体表面发生均匀的等离子体激励，则可能有效地产生高密度等离子体。由于微波电场只需要单独地加在间隙部分，微波电路很简单。这种等离子产生方法，最适合于使薄的激光器振荡，因为可能有效地产生薄到几 mm 的长时间的高密度的等离子体。在图 11A 和 11B 所示的例中，感应管 14 由 CaF_2 组成。设置可动的短路板 13，以便通过调节短路板的位置，但不必移动，可以抑制电磁辐射发生器的反射。当电磁辐射频率高和波导非常小的时候，则不需要波导的间隙部分。磁场发生器 10 包括永久磁铁或者电磁铁，在感应管 14 的管轴方向产生磁场。其它设置和图 8A 及 8B 所示情况相同。

图 12A 和图 12B 表示利用感应管 14a 的例子。该结构基本上和利用圆筒形感应管的情况相同，适于产生宽而薄的等离子体。因为在等离子体下部不产生等离子体，所以在这部分，在垂直于激光管轴的方向容易获得高速气流。

在图 13 所示的结构中，从同轴变换波导 16 上部输入几 GHz 到几十 GHz 的电磁辐射，以 TE_{10} 模式在管中传播，其电场平行于页面。电磁辐射在右和左方向传播并且相对于电磁辐射改变模式，在感应管 14 的等离子体和屏蔽之间传播。利用在等离子体表面流动的 RF 电流，产生高密度的等离子体。其它设置和图 8A 及 8B 至 12A 及 12B 所示情况相同。

在图 14 所示的结构中，从同轴变换波导 16 的上部输出几 GHz 到几十 GHz 的电磁辐射，以 TE 模式在管中传播，电场平行于页面。电磁辐射在右方向传播，同时关于电磁辐射变化其模式，在感应管 14 的屏蔽板 15 和等离子体之间进行传播。其它设置和图 13 所示的情况相同（微波输入设备形状等）。

在稳定的谐振器中，形成某种恒定模式，具有非常小束点的模式是具有高斯分布的 TEM_{00} 模（基本模式）。为了制造谐振器，需要能

以基本模式没损耗的传播空间。由激光束波长、谐振器长度，谐振器镜面曲率半径，来限定基本模式的束点半径，并且用谐振器长度 L ，镜面曲率半径 R ，参数 ($g=1-L/R$) 来表示，如图 15A 所示。

图 15B 表示对称稳定谐振器镜面（谐振器端部）基本模式 $1/e^2$ 束点半径的计算结果，此时假定谐振器长度 $L=200\text{mm}$ 。横坐标表示 g 参数。

如图 15A 和图 15B 所示，束点半径在光轴方向变化。因此，当利用稳定的谐振器时，产生下述问题：即正好位于激光器处理室微波输入部分下面的高等离子密度区域，不包括在光路中。

为解决上述问题，当限定位于激光室侧面的微波输入设备有对应于束点半径形状时，则高增益区，即正好位于激光室微波输入部分下面的高等离子密度区域可能包括在光路之中。

图 16A 表示该实施例。在图 16A 中，激光振荡设备包括：激光器 301，电介质板 302，带槽板 303，光轴 350，反射镜 6，粉末 304，激光室 305，冷却水 307。在图 16 中，由波导构成的微波输入设备包括输入部分 300，有槽的槽形板（如图 16A 和 16B 所示），电介质板 302。在电介质板 302 和谐振器的光轴 305 之间距离，相应于在光轴 350 方向，垂直于光轴 350 方向光束点的变化而进行变化。更具体地说，在电介质板 302 和光束外围之间的距离是常数。注意，在波导中填入粉末（例如，ALN）以便于输入微波和减少波导的尺寸。

当不是由平板而是由曲面限定位于激光室 305 侧边电介质板 302 的形状时，如图 16A 所示，则干扰激光气体流（湍流），导致衍射损耗。为避免这种情况，如图 16B 所示，最好在激光器进气口处设置缓冲板 306（使激光气体流形成层状流的设备）。该板能使激光气体流形成为均匀的层状流。

缓冲板 306 也在激光室 305 中起限定产生等离子体的作用。注意，也可在下游侧设置另一个缓冲板，以便获得上述作用。

利用缓冲板 306 能容易地实现层流，其具有比激光室较小的传导。作为缓冲板，最好利用有许多槽的蜂窝板或平板。

因为气体可能高速均匀地流动，所以最好在激光室的中心附近形成槽，其密度比周围部分形成的密度较高。

至少调整板表面 306 由例如 AlF_3 、 MgF_2 等氟化物组成。

图 16A 和图 16B，表示设置单个微波输入设备的情况。另一方面，如图 17A 和 17B 所示，设置两个关于光轴 350 对称的微波输入设备。当对称地设置两个设备时，可以获得为单个设备增益两倍的增益。

注意，相应于光束外部形状，改变位于激光室上微波输入设备形状的技术，对于连续发射准分子激光振荡设备来说特别有效，并且能适用其它激光振荡设备，由输入微波产生等离子体。

另一方面，当由波导构成的微波输入设备包括输入部分 300，槽形板 303，电介质板 302。则电介质板 302 要求复杂的加工/处理工艺。此外，借助于简易加工/处理，则电介质板 302 必须有一定的厚度。

当介质板 410 厚时，如图 18A 所示，则激光室 430 中的微波散射。因此，为了获得密集的等离子体需要大的电功率。图 18B 表示电介质板 410 薄于图 18A 所示的情况，微波散射小于图 18A 所示情况。

为了避免这样的问题，本发明最好把电介质装置埋入槽形波导 500 的槽 530 中，而没利用任何电介质板，如图 19 所示。当用这种方法不采用电介质板时，输入宽度很小的微波，如图 18C 所示。结果，可能激励等离子体，其具有比由输入等同微波电功率获得的密度较高的密度，而且可能增加激光器的增益。

作为槽形，最好利用长边在光轴方向的矩形，如图 20A 和图 20B。

可以形成单个的连续矩形（图 20B），但是最好断续地形成矩形。

当设置每个矩形长边平行于光轴方向时，能激励窄的等离子体。结果，能激励等离子体，它具有比输入相等微波电功率获得密度较高的密度，并且能增加激光器的增益。

（激光气体供给模式）

图 21A 和 21B 表示本发明另一实施例准分子激光振荡设备。微波输入方法和设备是和图 8A，图 8B 所示的准分子激光振荡设备中的情况相同，把通过作为微波电源（没表示）的回旋管产生的微波，利用

矩形波导 1 和槽形板 3 输入到激光管 2 中。

另一方面，有关图 8A 和图 8B 所示的设备，可能从激光管端部在纵向方向提供激光气体，从纵向另一端部排出气体。与此相反，在该实施例的准分子激光设备中，沿激光管 2 纵向方向形成延长的孔，并且用作激光气体出口。这样设置，则从入口 21 输入激光气体，通过激光管放电空间从位于两侧的出口 22 排出。

为了稳定地获得连续发射准分子激光束，应该形成细的光束。例如，为了获得激光束强度为 $1.3\text{MW}/\text{cm}^2$ 的 1KW 输出，只需在直径约为 0.3mm 区域获得等离子体。因为在图 21A 和图 21B 所示的上述设备，能在上述窄区域集中地产生等离子体，则可能获得细的连续地发射准分子激光束。

此时，最好使镜 6 的反射为 100%，并且使在输出侧的镜的反射为 99%。

为了稳定获得连续发射准分子激光束，必须使放电空间中存在的氟分子 (F_2) 和氟离子 (F^-) 能足够多地形成准分子激光 (KrF^*)。为此目的，最好以高速把大量的新鲜氟气体 (F_2) 输入到放电室，在激光束发射后，把返回到基态的氟原子 (F) 从放电空间排出。

在本实施例，为了获得高速循环/替换的激光气体，形成激光气体入口和出口，使新鲜激光气体从垂直于激光管（放电空间的纵向方向）纵向方向输入新鲜的激光气体，并且把用过的激光气体从该方向排出。

上述高速循环气体也能有效地冷却激光管，因为放电空间中的气体和等离子体，以高速进行替换。

图 22A 和 22B 表示可能进一步实现高速激光室气体循环的结构。如图 22B 所示，放电空间的气流部分比进气口 23 和出气口 24 窄，结果，在放电空间获得高速气体循环/替换。

对于把等离子体限于窄区域的磁铁 10 布局来说，本发明不限于如图 21A 和图 21B 所示的特殊布局，其中设置磁铁使在与激光管纵向方向交叉的方向产生线性磁力线。例如，设置磁铁，使在沿激光管纵向

方向产生线性磁力线。

图 23A 和图 23B 表示按照本发明另一实施例准分子激光振荡设备。

微波输入方法和设置和图 11A 及 11B 所示的准分子激光振荡设备中的方法和设置相同，把作为微波功率源（未表示）的回旋管产生的微波，通过矩形波导 12 和间隙输入到激光管 14 中。在纵向方向沿激光管的壁传播微波，引起激光管 14 放电，由此产生激光气体等离子体。

如图 23A 和 23B 所示的激光气体提供方法和图 11A 和图 11B 所示设备提供的气体提供方法不同。

在如图 11A 和图 11B 所述的设备中，从激光管末端在纵向提供的激光气体，沿纵向形成气流。相反，在图 23A 和图 23B 所示的设备中，在激光管侧壁上形成两个扩大的孔，它们纵方向和激光管的纵方向一致，从一个孔输入气体，从另一个孔排出气体。

这样设置，使激光管的激光气流穿过激光管的纵方向。在该实施例中，因为在放电空间中的气体和/或等离子体可能高速地替换，因此在放电空间中可能稳定地产生激元。并且引起了对激光管的冷却作用。

对于所有的上述设备，可能采用上述的气体输入/排出方法。

对于输入激光气体而言，优选地设定入口气压为出口气压的 1.2-1.8 倍，最好，为 1.2-1.5 倍。

当入口气压设定为出口气压 12 倍以上时，通过激光处理室的激光气体使体积膨胀，而冷却等离子激励部分。另一方面，当设置入口气压为出口气压 1.8 倍时，压差变得太大、激光室中分布偏离变大。

（冷却）

由于输入约 100W 到 1000W 的微波、获得大约 10W 的激光束，并且产生大量的热。因为如果产生热膨胀，则波长变化，所以需要严格冷却。最好把这部分利用没有任何热膨胀的金属制成，再在其内表面上镀上铜或银。

等离子激励部分由金属制成的原因是要改善冷却效果。进行水冷

却，同时控制冷却水温度，冷却水流速，冷却水压。例如，最好由如图 29 所示的设备进行冷却。当排除冷却水时，设定水压为大约 1kg/cm^2 ，通常，对于提供的具有压力的冷却水不产生振动。

(谐振器)

当在激光管光轴上设置一对反射镜时，由于诱导发射可能引起激光束。

当维持光强度在给定标准，同时减少光点尺寸，获得连续发射准分子激光束时，下面将对此进行叙述，最好使一个反射面的反射率为 100%，输出激光束的位于输出侧的反射镜的反射率为 99%。

另一方面，通过在谐振器中严格减少损耗维持光强时，最好使反射镜的反射率在 100%，输出侧反射镜的反射率是在 99.5% 或较高，最好在 99.9% 或者更高。

图 24A 和 24B 表示谐振器的结构，其中利用棱镜使两端反射率变成 100%。对于全部反射棱镜 202 和 203 的入射角是 Brewster 角，对于入射光不产生光损耗。整个反射棱镜 202 和 203 采用全反射，反射时不产生损耗。因此谐振器两端的反射率变成 100%。通过调整射在平板 204 上的入射角，该板 204 设置在激光管 201 和整个反射棱镜 203 之间，可能把发射光的反射率设定在 % 到几 % 的范围。

在如图 24A 和 24B 的实例中，由于在输出光射出平板的两个表面，在两个位置反射右面和左面传播的波，则射出光束的数量为 8。由于必须处理这些发射光束，使该设备变成很复杂。为了减少发射光束的数量和防止设备复杂，采用图 25A，25B，25C 所示的改型。

在如图 25A 所示的改型中，在谐振器中相应光束设置两个发射光束射出板 a 和 b。以布儒斯特角设置板 b。由于线性偏振谐振器中的光束，则以布儒斯特角设置的发射光射出板 b 不产生任何的反射光。因此，射出光束的数目是 4。设置发射光射出板 b 的原因是校正发射光射出板 b 引起的光束位移。

在如图 25B 所示的改型中，利用谐振器光束衍射，射出发射光。设置输出镜和谐振器的一光束相互接触，它的一个或两个表面具有高

反射涂层，利用高反射涂层表面反射进入输出镜的衍射光，变成射出光束。射出光束的数量是2。

在图25C所示的改型中，利用损耗波射出发射光。面对总的反射棱镜202和203的总的反射表面，设置损耗波射出棱镜，棱镜202和203相隔近似等于波长的间隔，因此，作为发射光射出泄漏光（即损耗波）。发射光的数量为2。

（曝光设备）

图26表示利用准分子激光振荡设备的曝光设备。

从振荡设备A1输出的光，通过反射镜和透镜A2加到扫描光学系统。

扫描光学系统具有扫描透镜A4和可变角度的扫描反射镜A3。从扫描光学系统来的光通过会聚透镜A5照到有掩模图形的分划板A6上，曝光设备的照射光学系统，有上述的结构。

分划板A6上具有相应预定掩模图形强度分布的光，利用具有物镜7的成象光学系统，在位于工作台A9晶片A8上面，形成图象。在晶片A8表面上的光致抗蚀剂上，形成相应掩模图形的潜象。

如上所述，如图26所示的曝光设备，包括准分子激光振荡设备A1，照射光学系统，成象光学系统，保持晶片A8的工作台A9。

在该设备中，在振荡设备A1和扫描光学系之间设置狭带组件（未表示）。并且，振荡设备A1本身是脉冲振荡型。

（曝光设备的输出方法实例）

为了开/关，利用连续发射准分子激光器的发射光，可以采用下述方法：

（1）在准分子激光器设备外面设置切断装置。

（2）开/关连续激励装置。

但是，在方法（1）中，由于准分子激光输出深紫外线光，该输出比其它激光的输出更强、则显著地损伤切断装置，并且缩短切断装置的寿命。采用具有高响应特性AO（声光）元件的切断装置的寿命是非常短的。甚至在切断照射光时，因为在激光器中连续振荡，损伤

激光器中的光学系统，其寿命缩短。

在方法（2），为了形成稳定的激光状态，需要一定的时间周期。因为这个原因，在开启连续的激光装置时，不能立刻获得所希望的连续振荡光。

下面结合附图参照实施例详细地说明本发明。

图 27 是表示按照本发明连续振荡准分子激光器的简图。准分子激光器包括激光室，其中密封有 Kr、Ne、F₂ 气体，输出反射镜 102，用于从激光器输出光，电介质装置 103，用把微波输入激光室，槽形波导 104，用于传导微波，微波发生器 105，用来提供微波。波长选择装置 106 选择振荡波长，其由放大棱镜 106-1 和衍射光栅 106-2 组成，放大棱镜 106-1 由一对棱镜组成，用于放大光束点尺寸，衍射光栅 106-2 用来提取任意波长。

在光束成象光学系统 108 的激光器侧棱镜的焦点位置设置空间滤光器 107，其包括一对棱镜，控制由激光器发射光的发散角。在激光室和输出反射镜之间设置快门 109。控制系统 110 控制波长选择装置 106，波长发生器 105 和快门 109。

注意，输出反射镜 102 和衍射光栅 106-2 构成准分子激光谐振器。

（运作说明）

由槽形波导 104 传导从微波发生器 105 提供的微波，通过电介质装置 103 连续激励激光室 101 中的准分子激光气体。从激励的准分子激光气体产生的光通过放大棱镜 106-1 进入衍射光栅 106-2。仅仅预定波长区域中的光从衍射光栅通过放大棱镜 106-1 返回到激光室 101，由激发的准分子激光气体产生感应激励发射。使光连续地感应发射，同时在由输出反射镜 102 和衍射光栅 106-2 构成的光学谐振器中来回传播，仅仅由衍射光栅选取的预定波长区的光波放大。激励光的某些组分通过输出镜 102 被输出。

下面将说明进行开/关运作，用于从连续振荡准分子激光器来的发射光。

当切断从连续振荡准分子激光器来的输出光时，控制系统 110 关

闭快门 109，切断从准分子激光器气体产生的到输出反射镜 102 的光，同时连续地提供微波。在光学谐振器中振荡的光停止振荡时，则立刻切断从连续振荡准分子激光器发射光。

当再利用从连续振荡准分子激光器输出光时，则控制装置 110 打开快门 109，使从准分子激光气体来的光达到输出反射镜 102，同时连续输出微波。从准分子激光气体自发地发射光，立刻稳定地在光学谐振器中稳定地振荡，从连续振荡准分子激光器中获得高响应特性的稳定的输出光。

下面将说明另一种开/关运作，用于从连续的振荡准分子激光器输出光。

当切断来自连续振荡准分子激光器的输出光时，控制系统 110 转动衍射光栅 106-2，同时连续地提供微波。由于这样运作，改变由衍射光栅选择的预定波长区域的光，仅仅改变波长区域的光，通过棱镜 106-1 返回到激光处理室 101。此时，由于变化的波长区域不同于由该类型的准分子激光气体所确定振荡区域的波长，则返回光通过激发的准分子激光气体不引起感应的激励发射。因此，光停止振荡，则可能立刻切断由连续振荡准分子激光器输出光。下面参考图 28 叙述这种现象。

通常，根据气体类型，确定相关波长的准分子激光器的增益。由图 28 所示的增益曲线 GC 表示这种关系。此时，具有增益的波长为 $(\lambda - \delta \lambda$ 到 $\lambda + \delta \lambda)$ 的光 (G) 进入受激的准分子激光气体，其进行激励发射，准分子激光器振荡。另一方面，当具有增益的与波长区域 $(\lambda - \delta \lambda$ 到 $\lambda + \delta \lambda)$ 不同的 (NG) 波长区域的光进入激励的准分子激光气体，其不产生感应的激励发射，准分子激光器不产生振荡。本实施例利用这种现象，当连续振荡准分子激光器的发射光被切断时，衍射光栅 106-2 选择具有增益的不同于波长区域 $(\lambda - \delta \lambda$ 到 $\lambda + \delta \lambda)$ 的光作为返回到激光室的光。

此时，虽然，准分子激光器不振荡，但是输出自发地发射光，由空间滤光器 107 切断大部分光，因为其没有方向性。

当再利用连续振荡准分子激光器发射光时，控制系统 110 转动衍射光栅 106-2，同时连续提供微波。在这种情况下，衍射光栅选择振荡区域中的波长，仅仅选择区域中的光，通过放大棱镜 106-1 返回到激光室 101。返回光通过激励准分子激光气体，立刻产生感应激励发射，在光学谐振器中振荡。用这种方法，从连续振荡准分子激光器中获得具有高响应特性的稳定发射光。

图 29 表示本实施例采用的连续发射的准分子激光器设备。

在本实施例，利用圆柱形谐振器作为光学谐振器。

在光学谐振器内表面上面形成非反射膜。谐振器的外表面由氟化物组成。

在谐振器外表面设置外壳式冷却设备。由热绝缘装置覆盖冷却设备的外表面，设置控制装置，控制进入冷却水温度低于周围环境温度，与流出冷却水温度近似相同。利用这样装置，可能使光学谐振器的温度漂移减到最小。

作为波导，利用如图 12A 和 12B 所示的波导（5-mra 高，10cm 宽的特大波导），其内部被抽空成 10^{-4} 托。

另一方面，在本实施例由磁铁形成磁场，以便获得稳定的等离子体激励。

在谐振器侧面，利用由 CaF_2 和 MgF_2 构成的多涂层非反射膜形成绝缘板 44。在绝缘板的最上面形成氟化物膜。

由回旋管（商标名）产生微波，并设定电源频率是 35GHz。气体组分是 Kr/Ne/ F_2 （3%:92%:5%）。

设定气压为大气压。因此， $\omega_c = 4.5\omega$ ，在激励频率的一个周期、电子碰撞为 4.5 次。

ω_c ：光子碰撞的角频率。

而且，在本实施例，如图 29 所示，在激光室（激光管）20 两端形成气体入口 21a 和 21b，在激光室的中心部分，形成出气口 22。利用进出气口，使激光气体流向中心部分，如上所述，这是保护位于输出端上光反射板的表面。更具体地说，因为光反射板的上表面由例如

薄的氟化物涂覆，所以它绝不会和 F_2 及 F^* 进行反应。（注：标号 42 表示波导，44 表示绝缘板，50 表示温度控制器，51 表示磁铁，53 表示激光管。）

设定光反射板的反射率为 99% 以上。

在本实施例，设置磁铁 51，在接近垂直微波电场的方向提供 DC 磁场，于是很稳定启动和保放电。

一种由金属圆筒构成的光学振荡器，其内部直径为几 mm 到几 cm。金属圆筒内表面，由非反射多层膜涂覆。在金属圆筒的最上层表面形成氟化膜。

如图 30 所示，在光反射板 31 和由激光室构成的激光管（本实施例中的金属圆筒 32）之间获得密封连接。

更具体地说，反射板和金属圆筒由固定件 34 相互压接在一起，同时，在光反射板 31 和金属圆筒 32 法兰盘 32a 之间插入聚四氟乙烯环板 33a，在固定件和光反射板 31 的外表面之间插入聚四氟乙烯环板 33b 和金属环板 35。注意，由 O 形环 36 进行密封。当然，利用挤压在固定件 34 位置的螺钉连接它们。

根据上述设备进行光发射，能实现具有相当高输出的连续发射。

当利用连续发射的准分子激光振荡设备建立起来的分档器，可以简化该结构，提高透镜材料等寿命。

（另一实施例）

当利用如图 21A 和 21B 至图 23A 和 23B 所示的设备，很好地消除谐振器的损耗时，可能获得连续地发射准分子激光束。

例如，设置激光气压为 65 托，以便把由气体引起的能量损耗抑制到 1%。此外，通过把反射镜的反射设定在 100%，输出侧反射镜的反射在 99.5% 以上，则构成一个稳定的谐振器。利用这种结构，可能把激光器振荡所需的增益设定在 2% 或更高（相对的），并且大于损耗。

当利用 35GHz 的微波能量和设定激光管的气压为 60 托时，由于气体稍微增加损耗，最好设定输出侧反射镜的反射为 99.9% 以上。

在不脱离本发明的精神实质和基本特征的情况下，可以实施本发

明。因此认为本实施例是以各种方案进行说明而不是限制，由附带的权利要求表示本发明的范围而不是以说明书表示本发明的范围，因此，认为该含义中的各种变化和等效的权利要求被包含在本发明之中。

图1

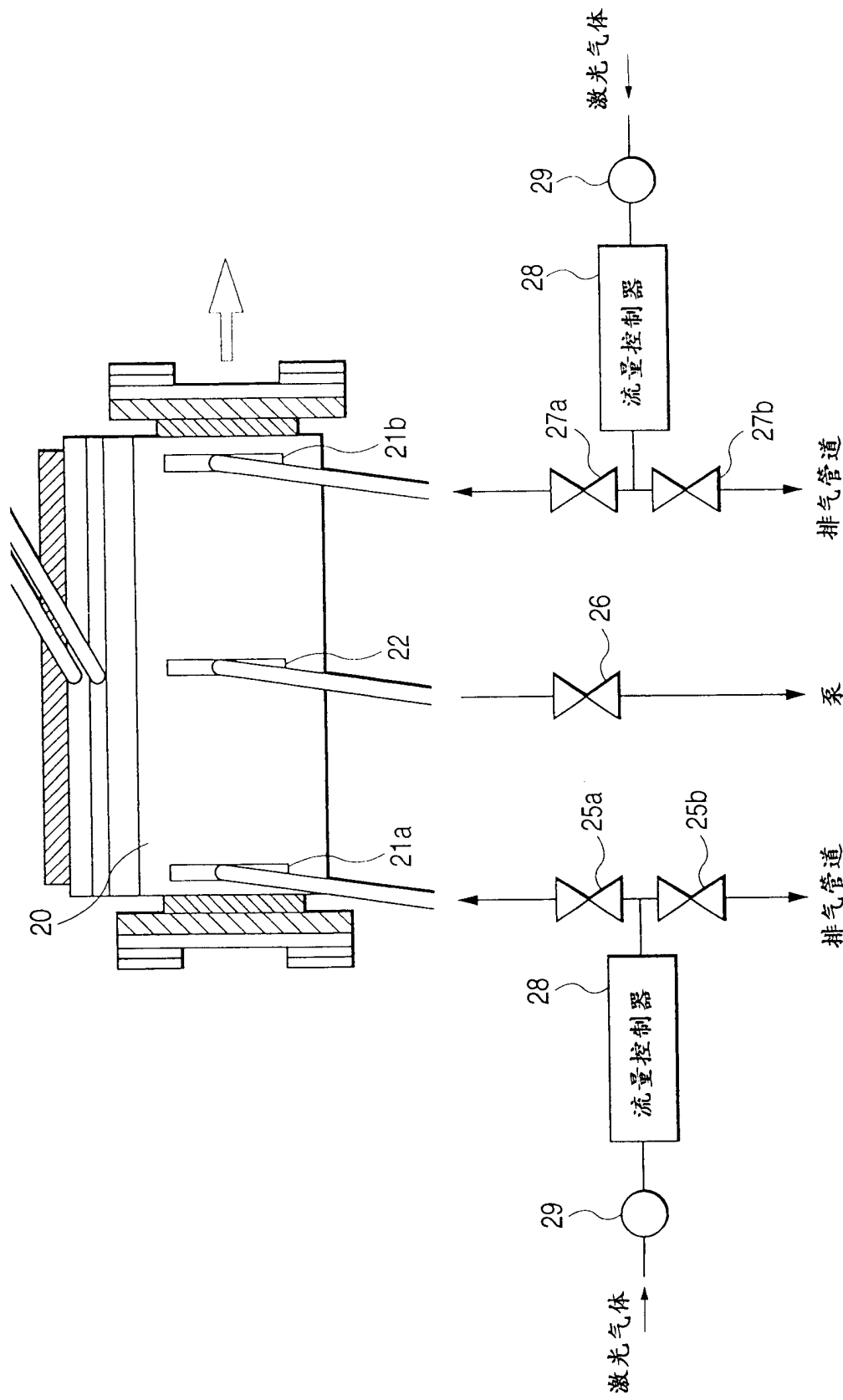
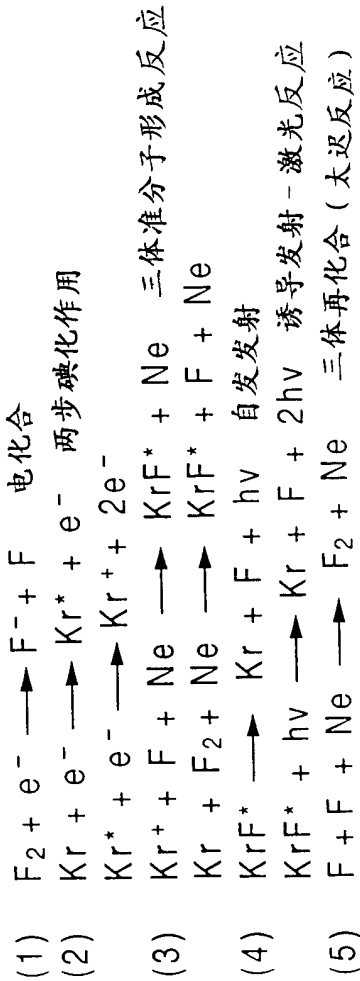


图 2



吸收反应



图 3A

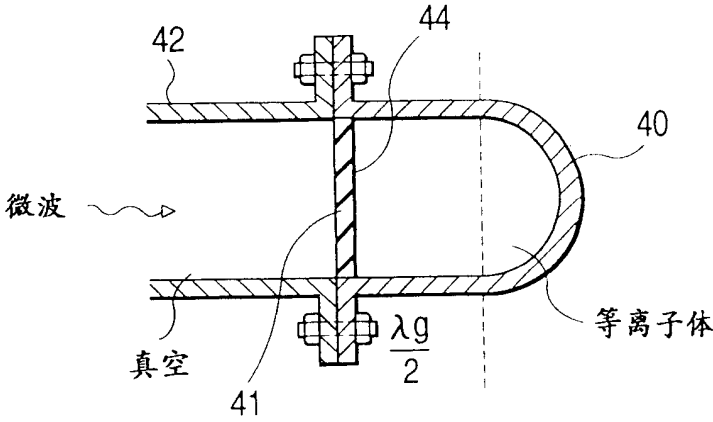


图 3B

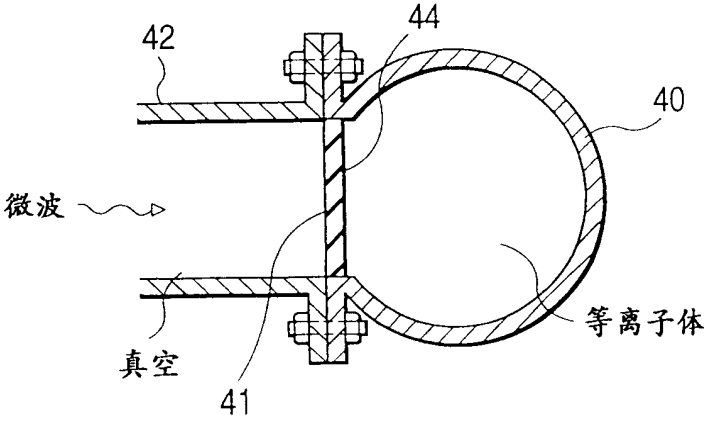


图 3C

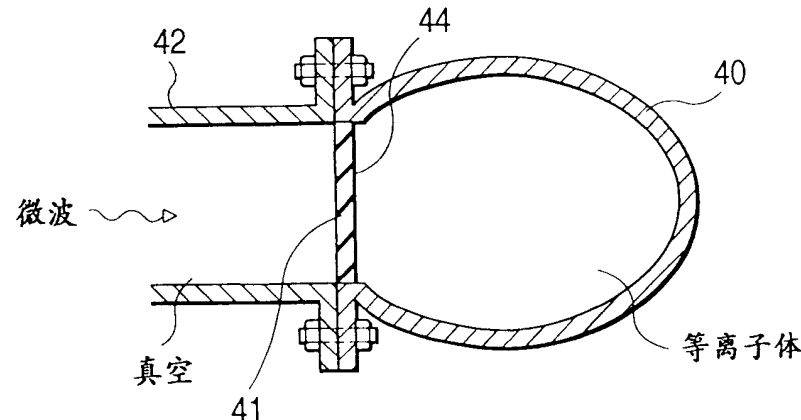


图 4A

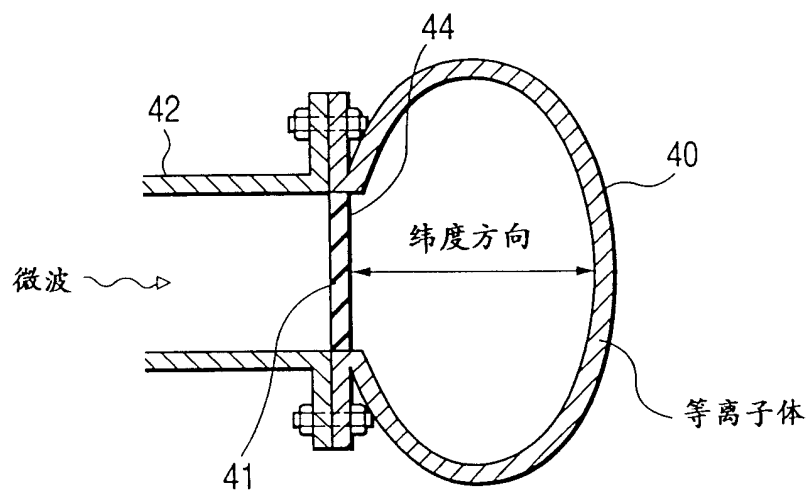
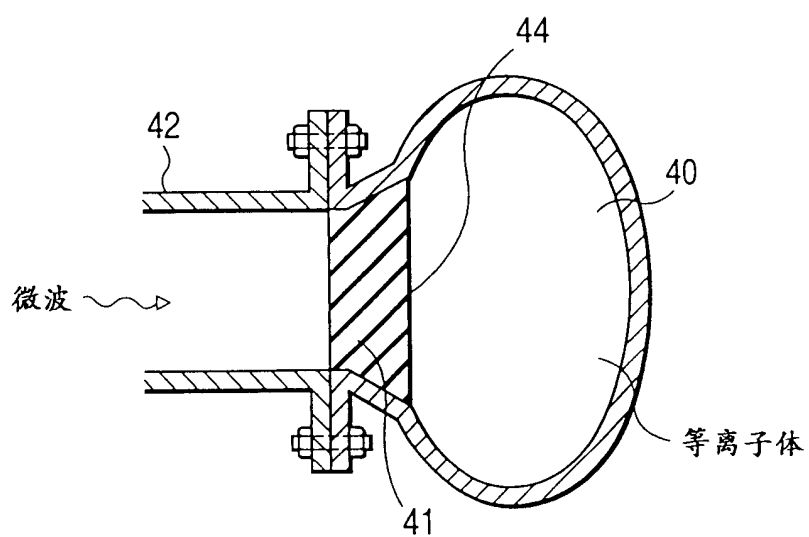


图 4B



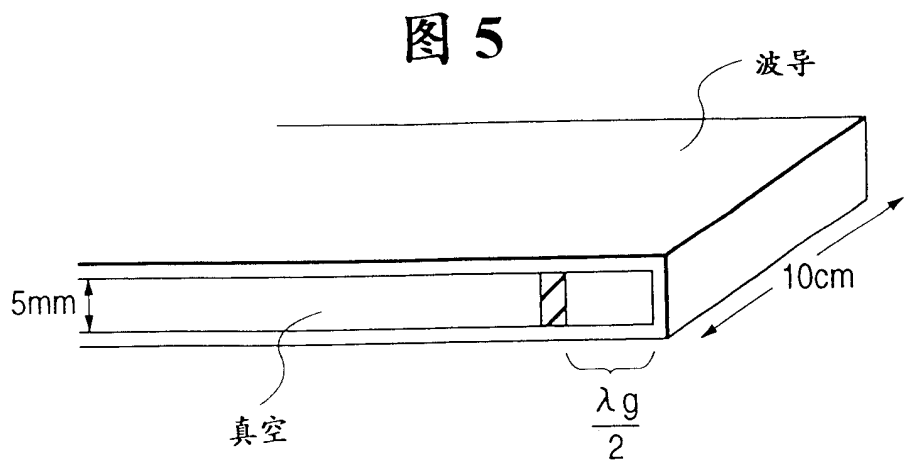


图 6A

图 6B

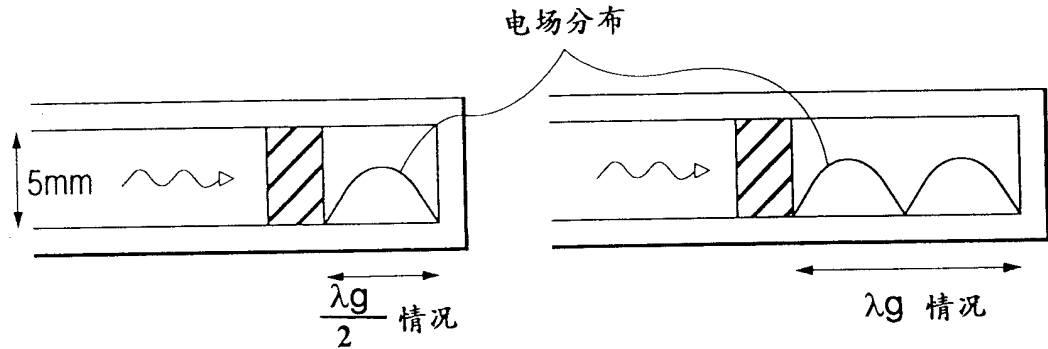


图 7

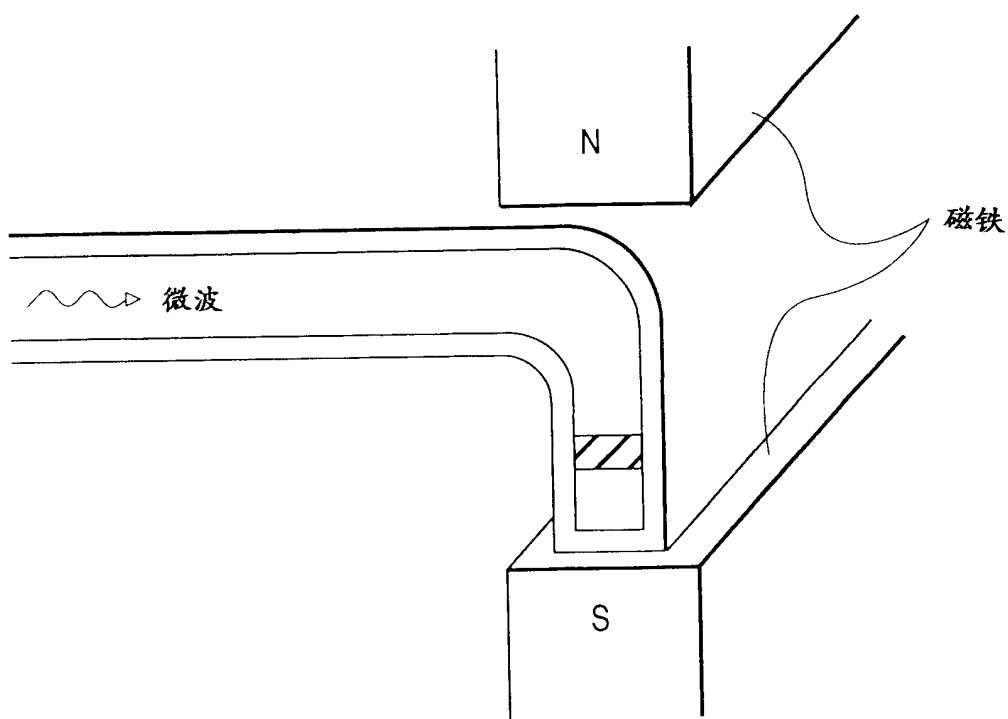


图 8A

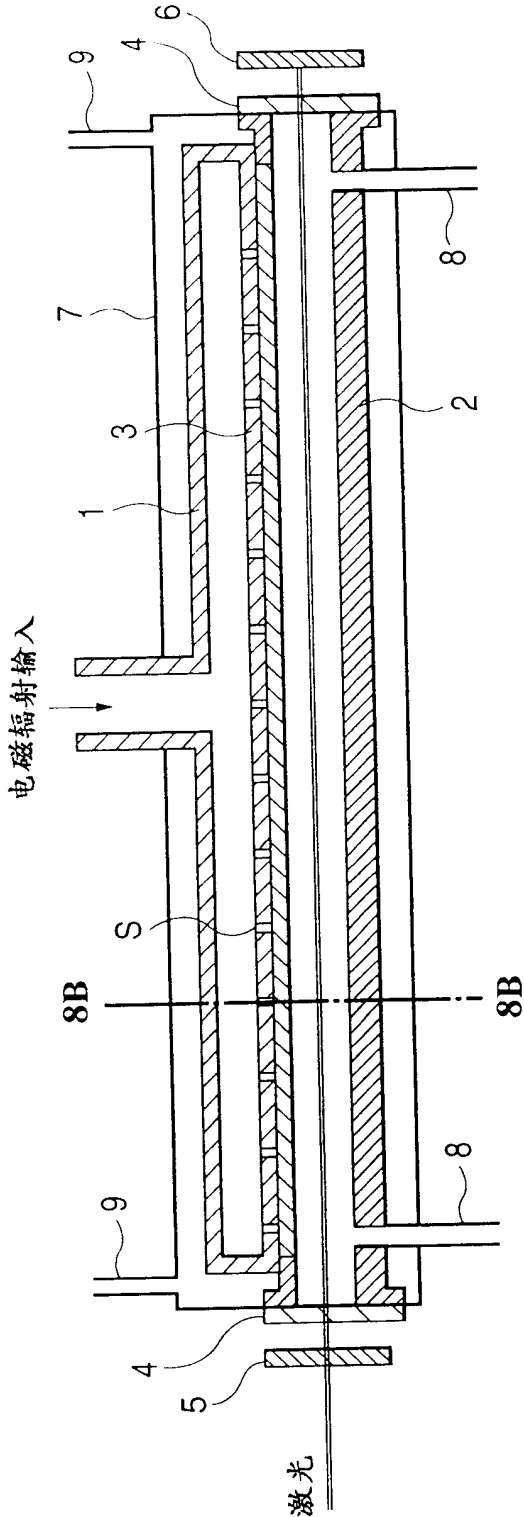
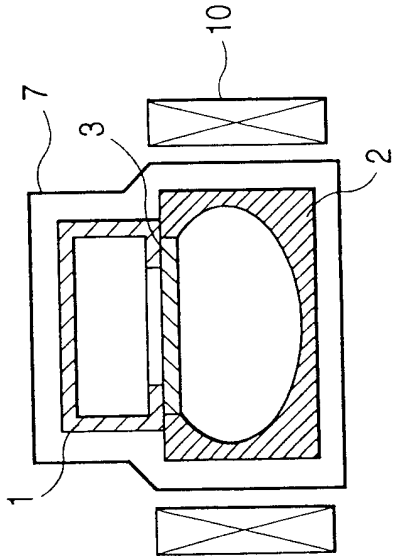


图 8B



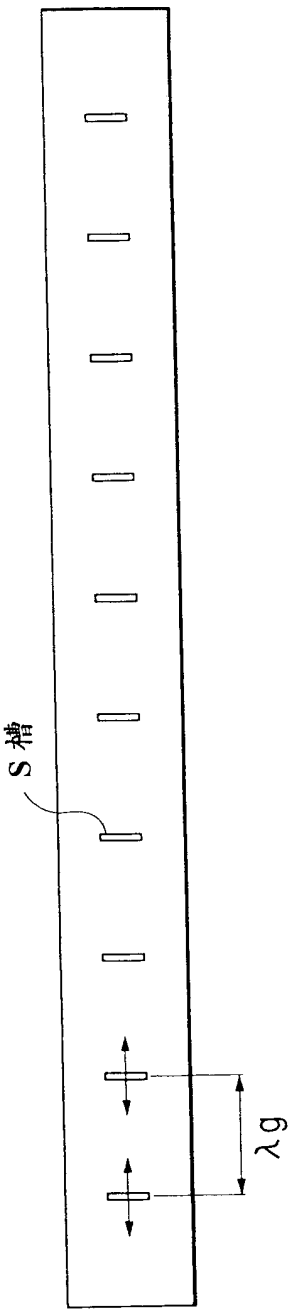


图 9A

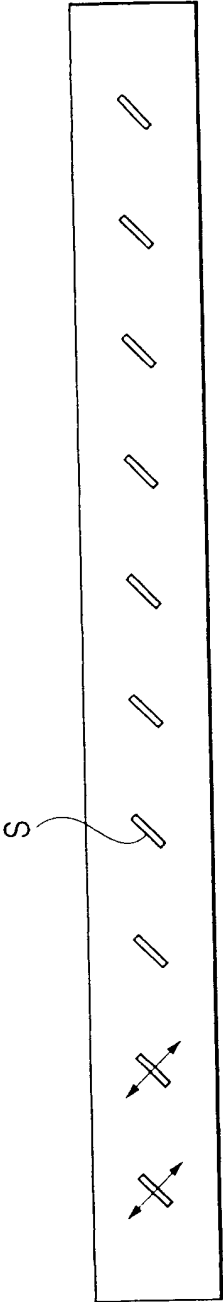


图 9B

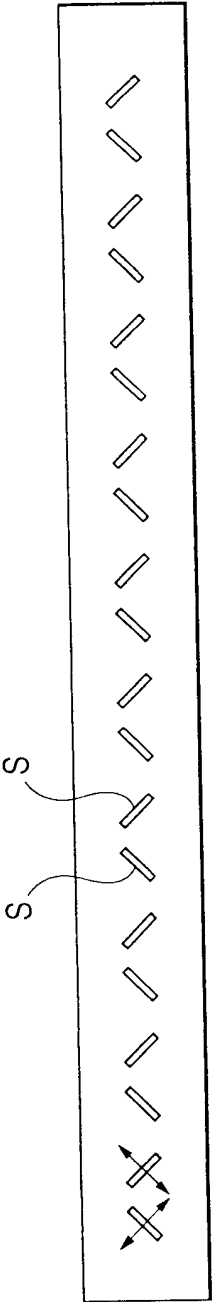


图 9C

图 10A

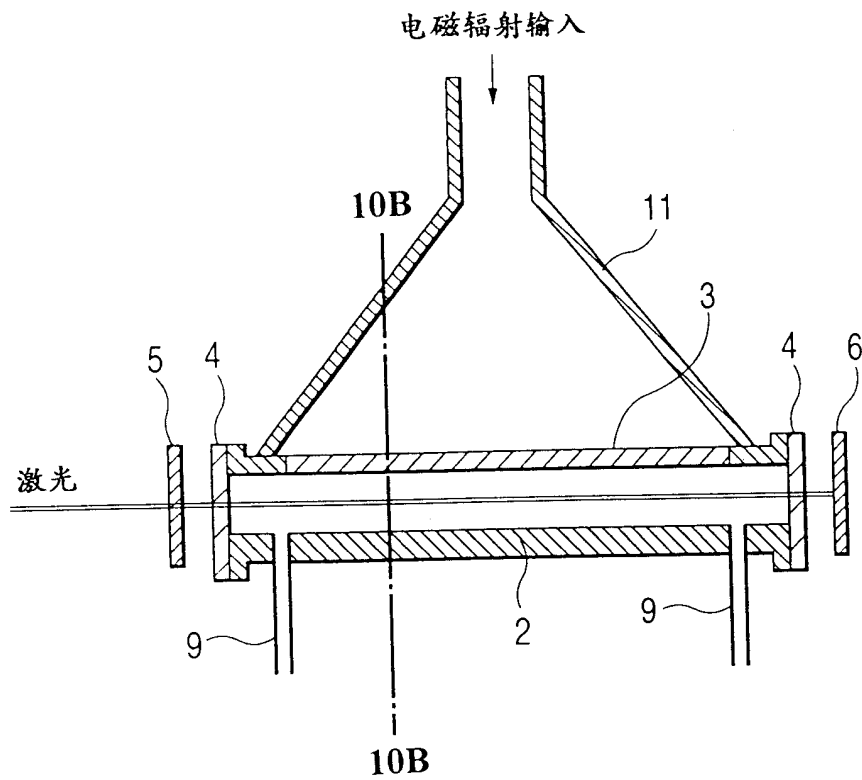
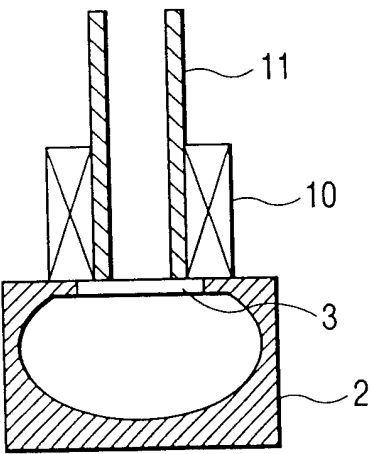


图 10B



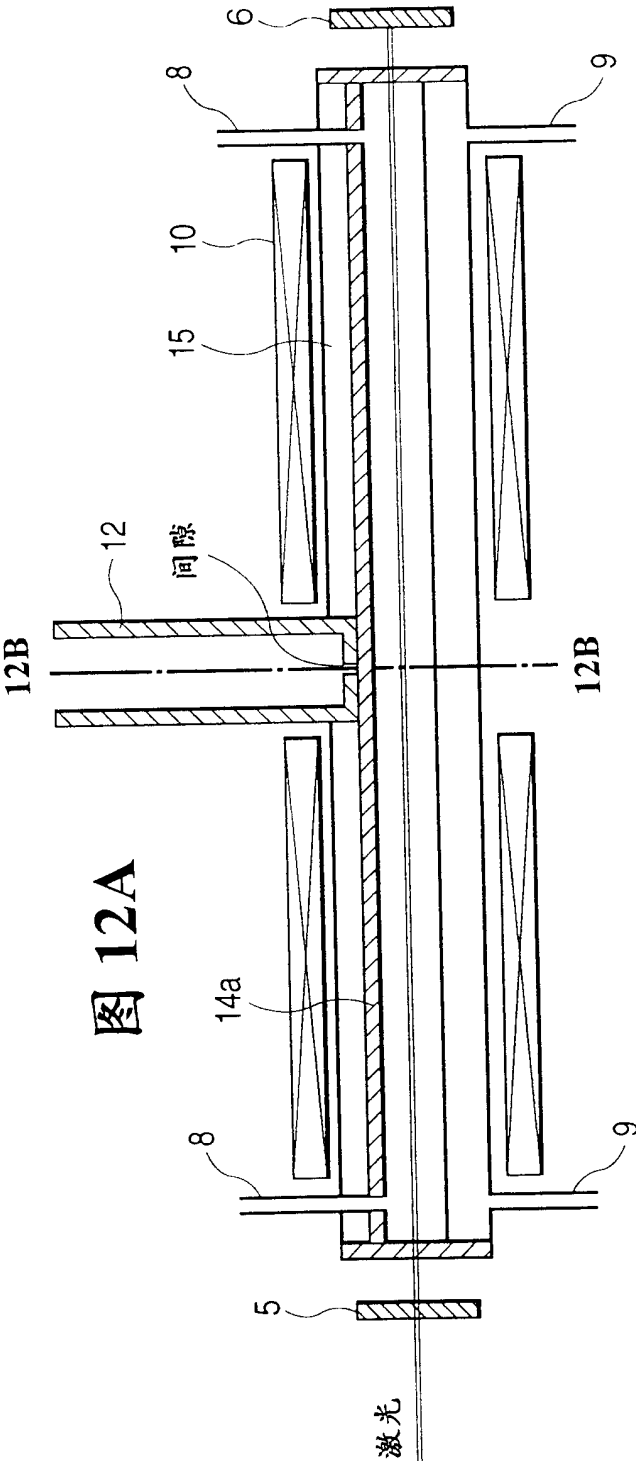


图 12B

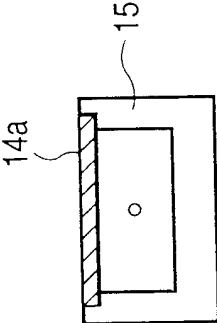


图 13

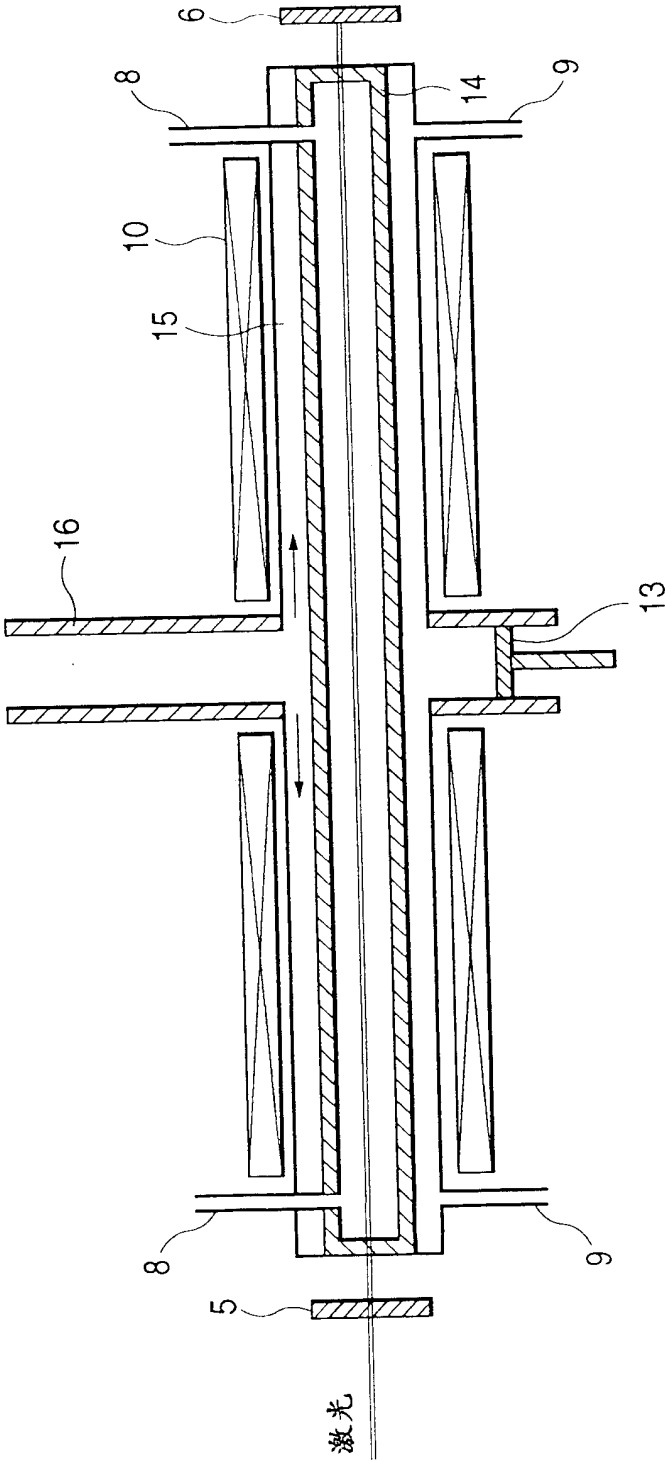


图 14

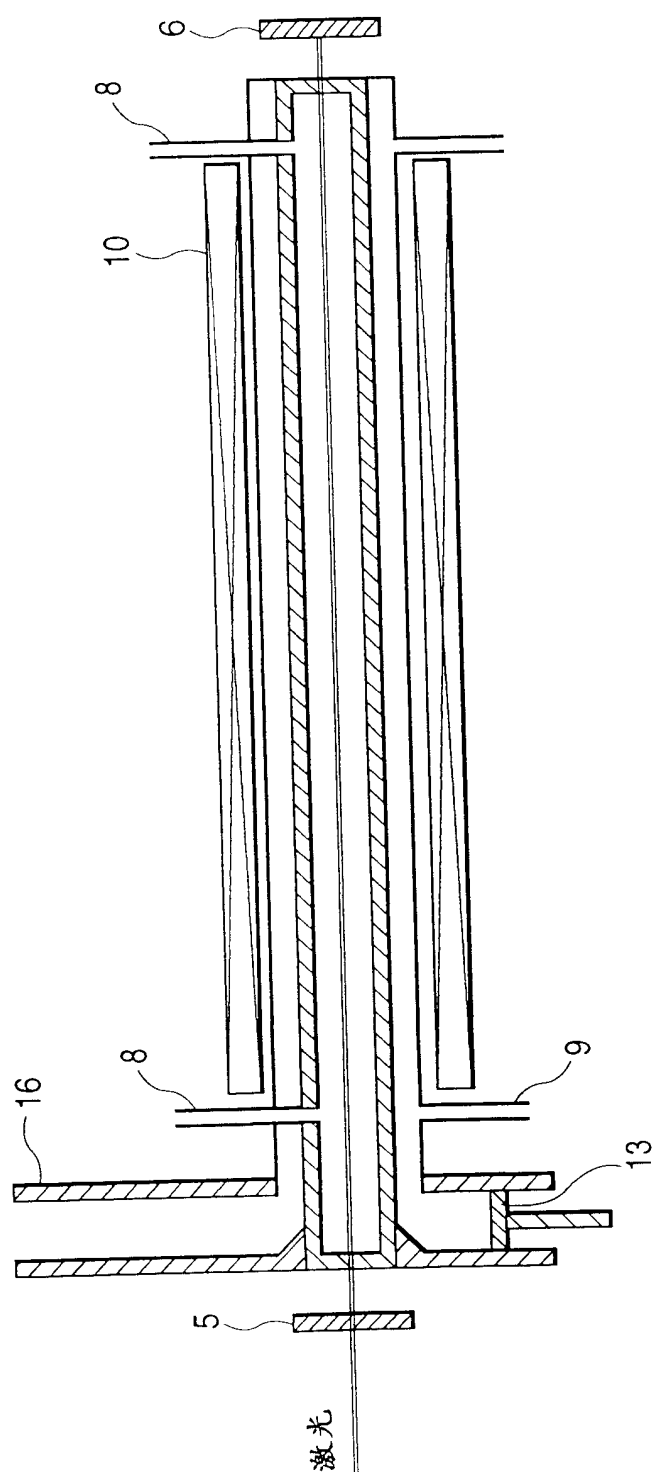
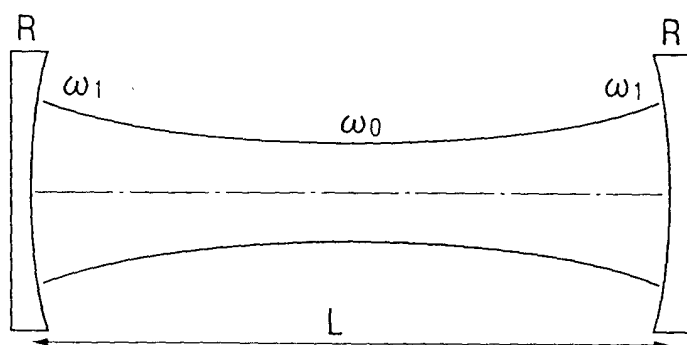


图 15A



$$\omega_1^2 = \frac{2L}{kg_1} \left(\frac{g_1 g_2}{1 - g_1 g_2} \right)^{1/2}, \quad k = \frac{2\pi}{\lambda}$$

图 15B

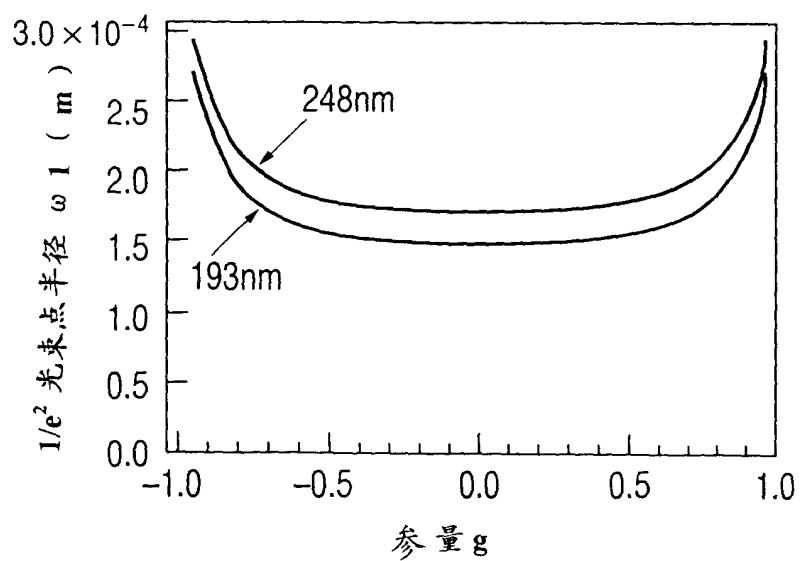


图 16A

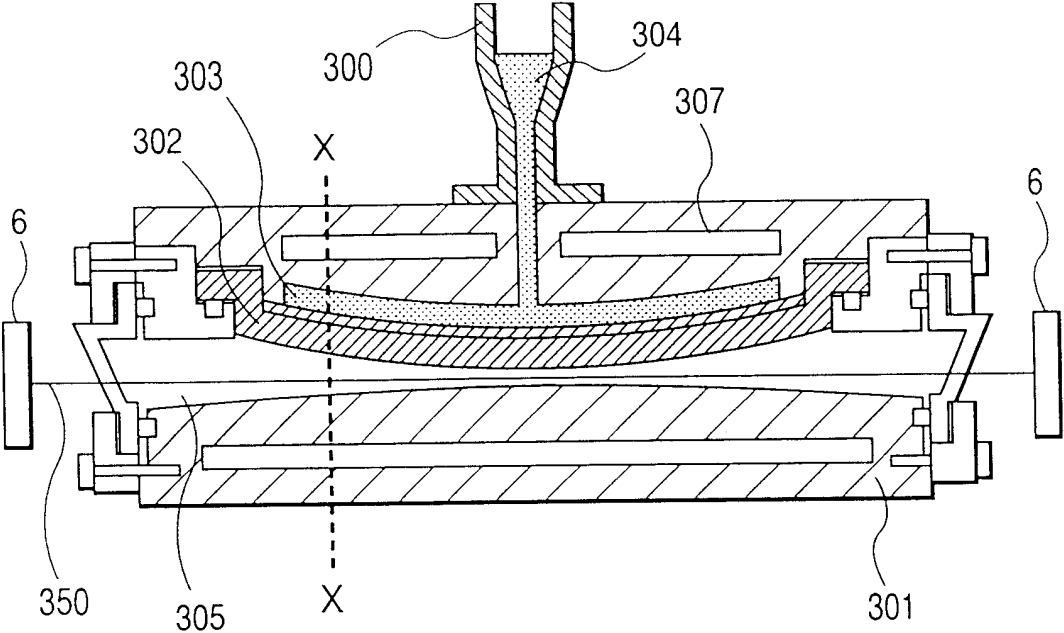


图 16B

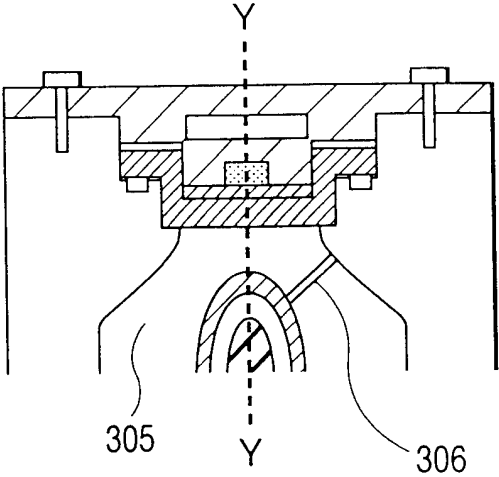


图 17A

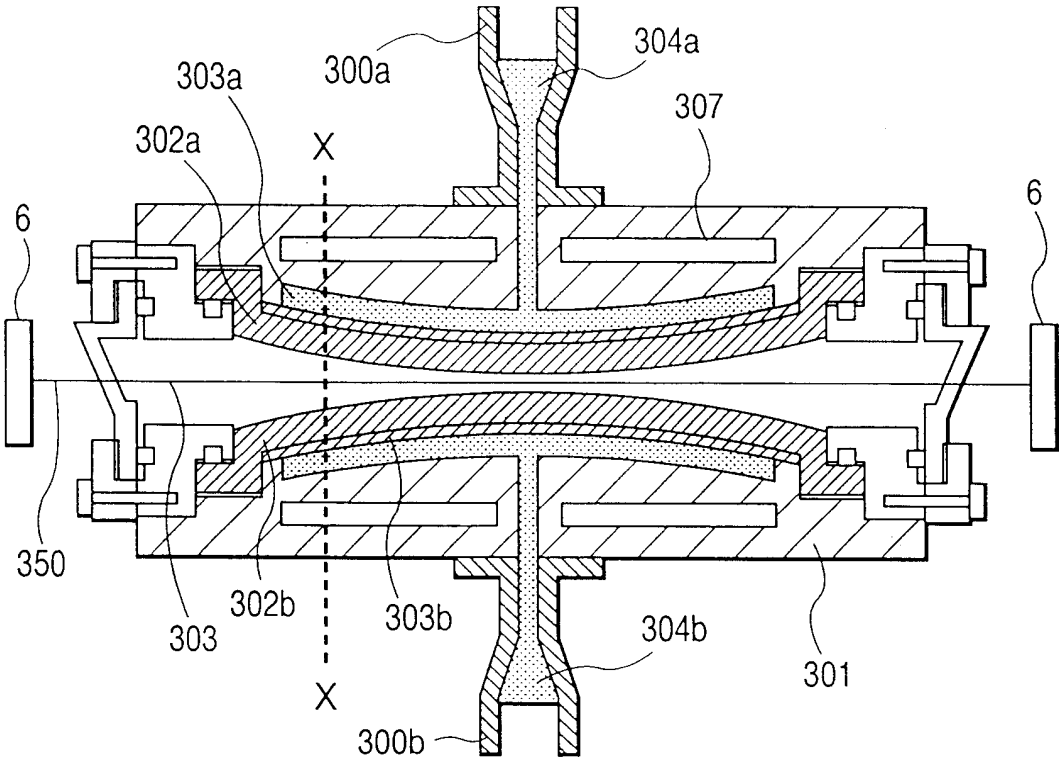


图 17B

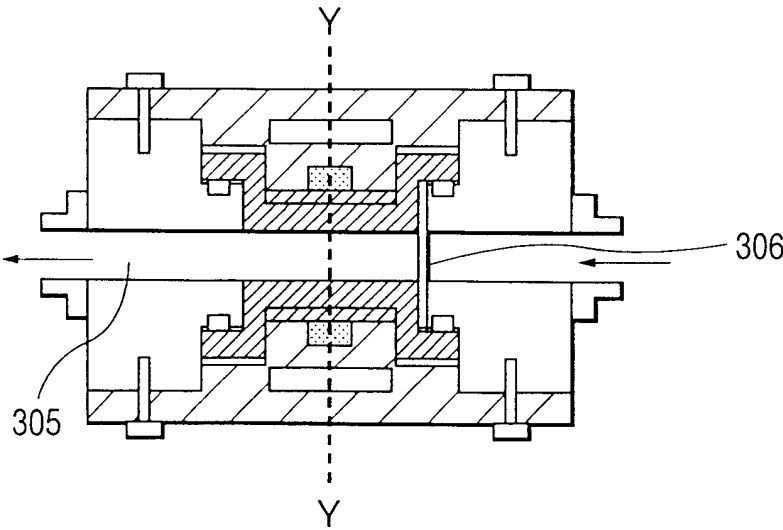


图 18A

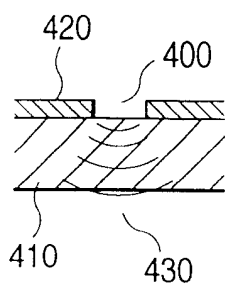


图 18B

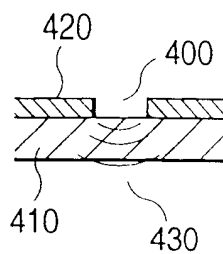


图 18C

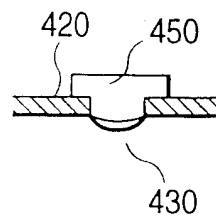


图 19

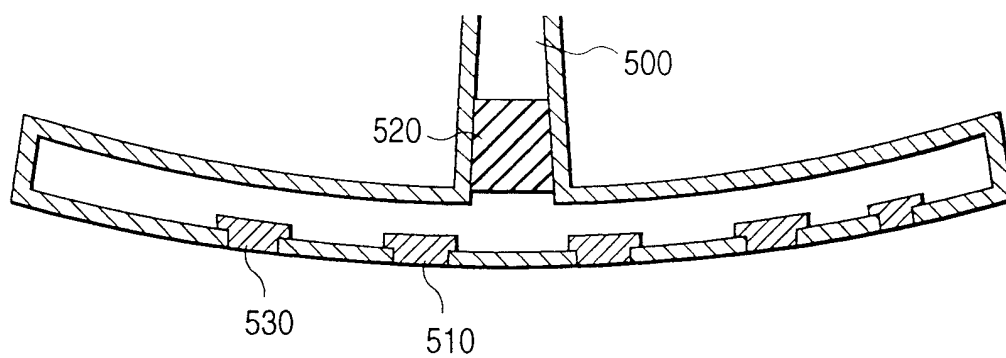


图 20A

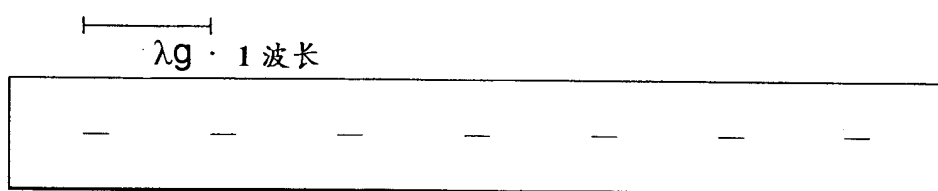
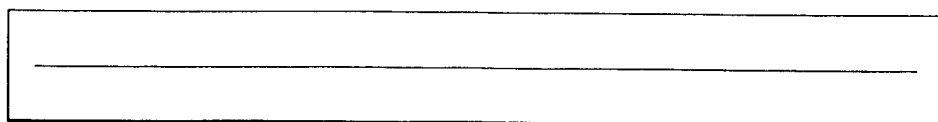


图 20B



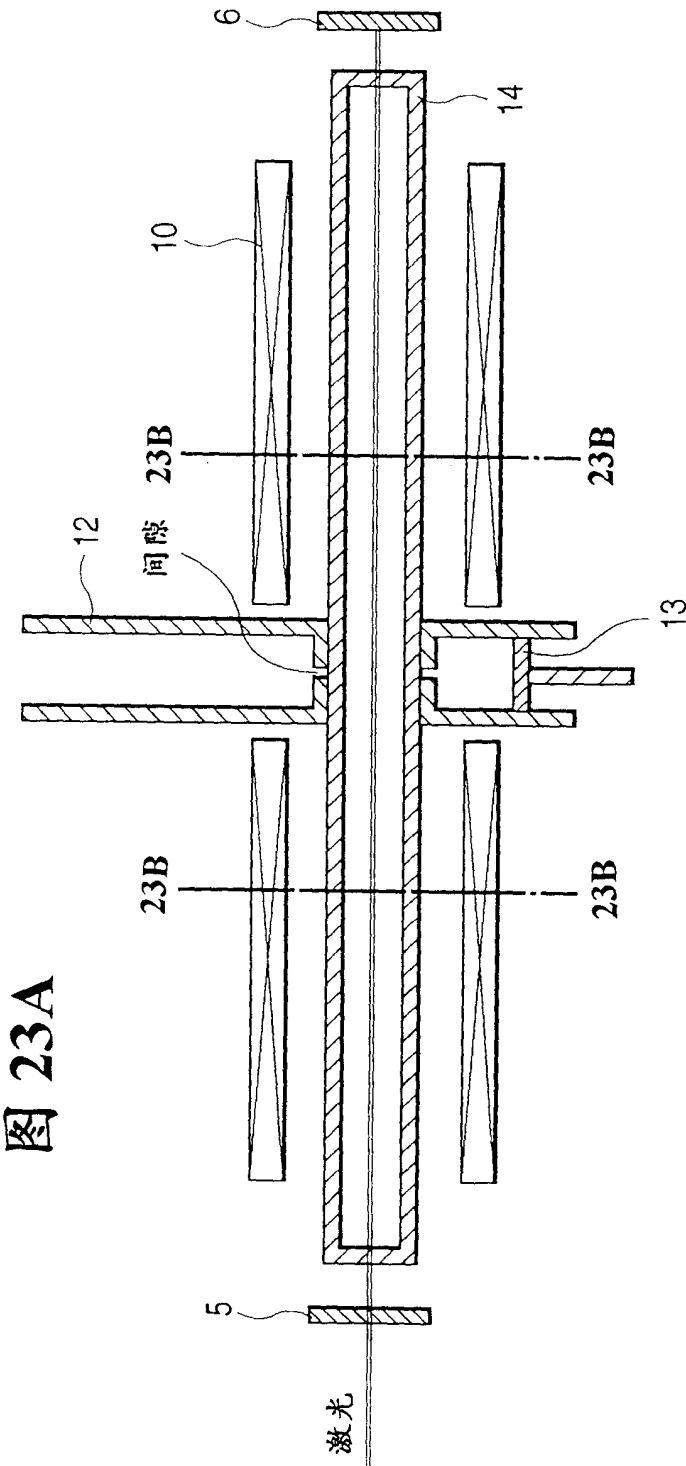


图 23B

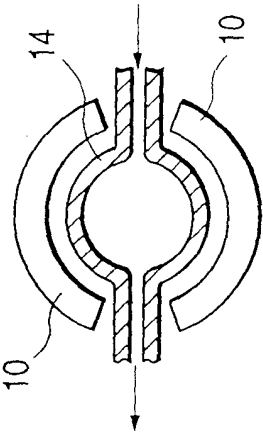


图 24A

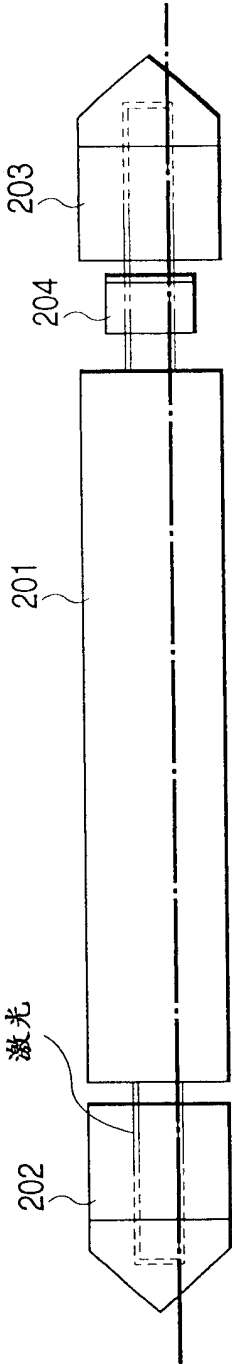


图 24B

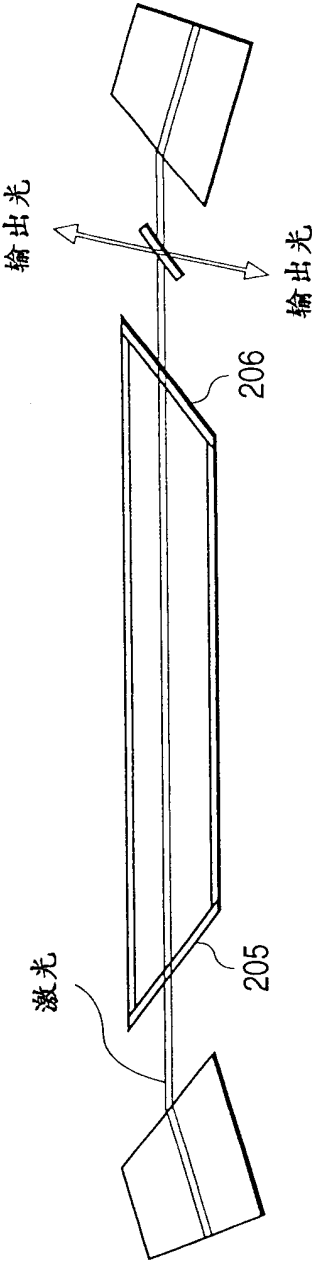
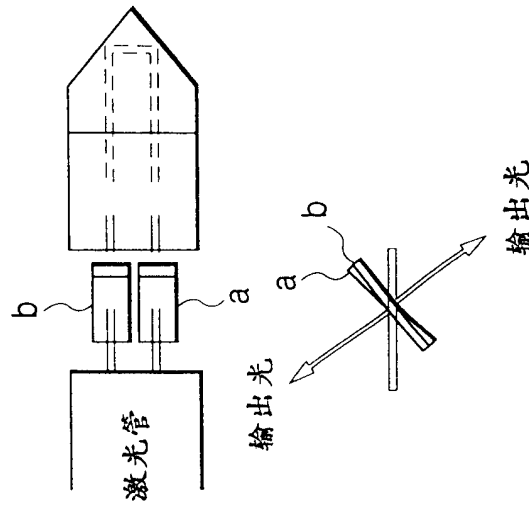
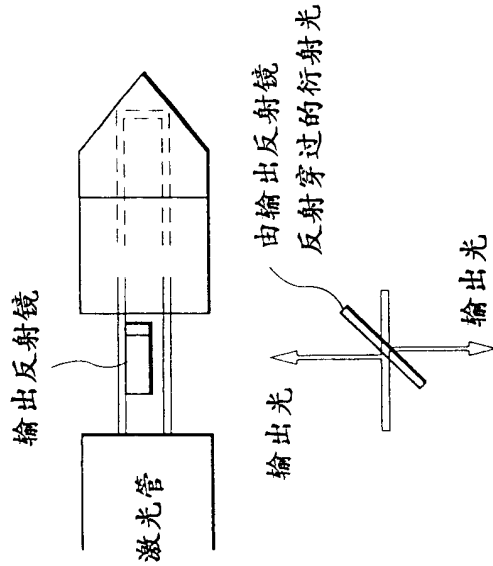


图 25A



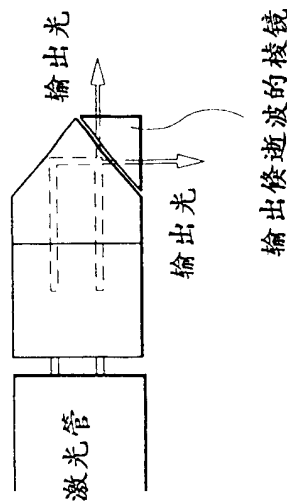
输出光束数 = 4

图 25B



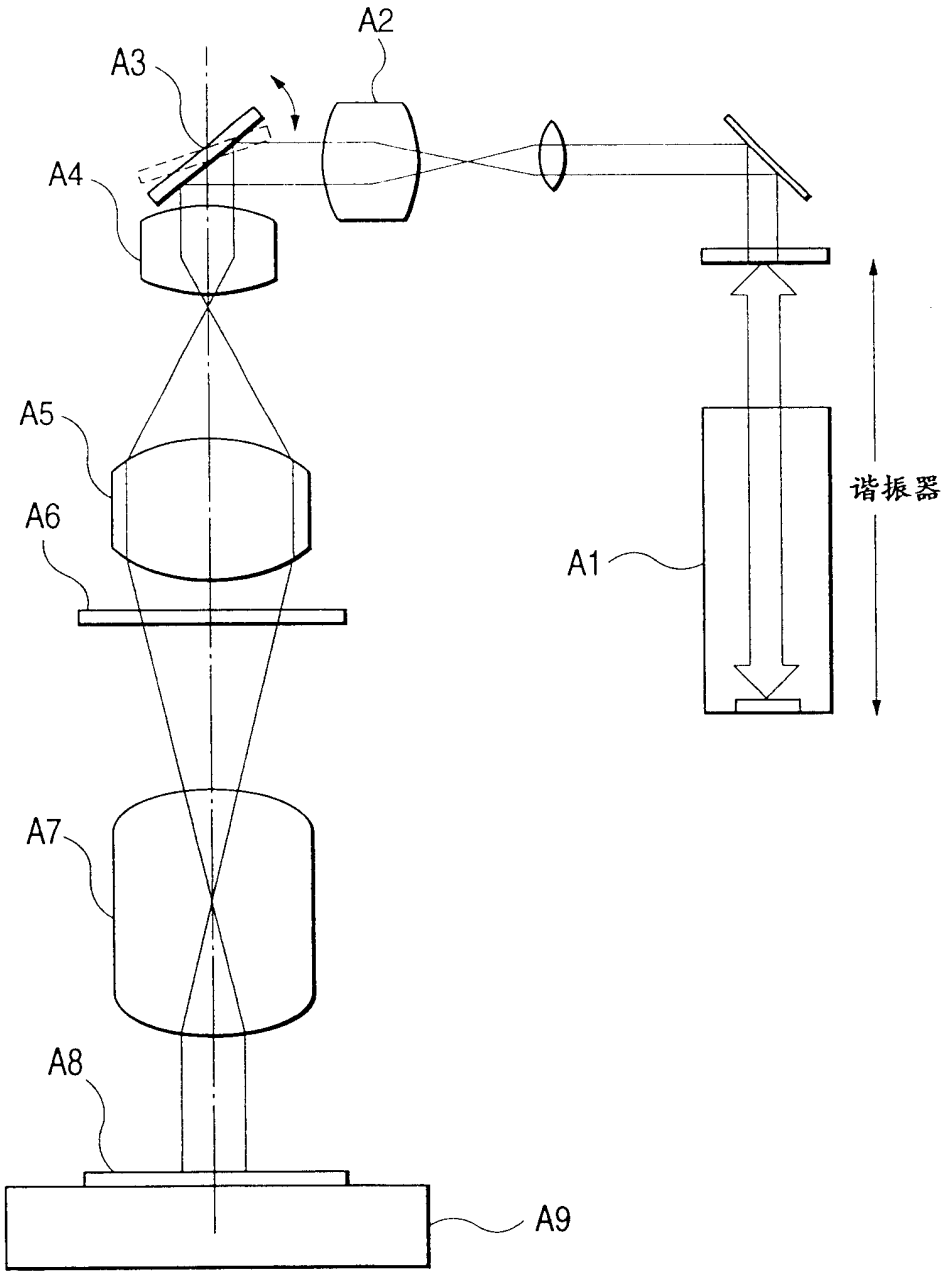
输出光束数 = 2

图 25C



输出光束数 = 2

图 26



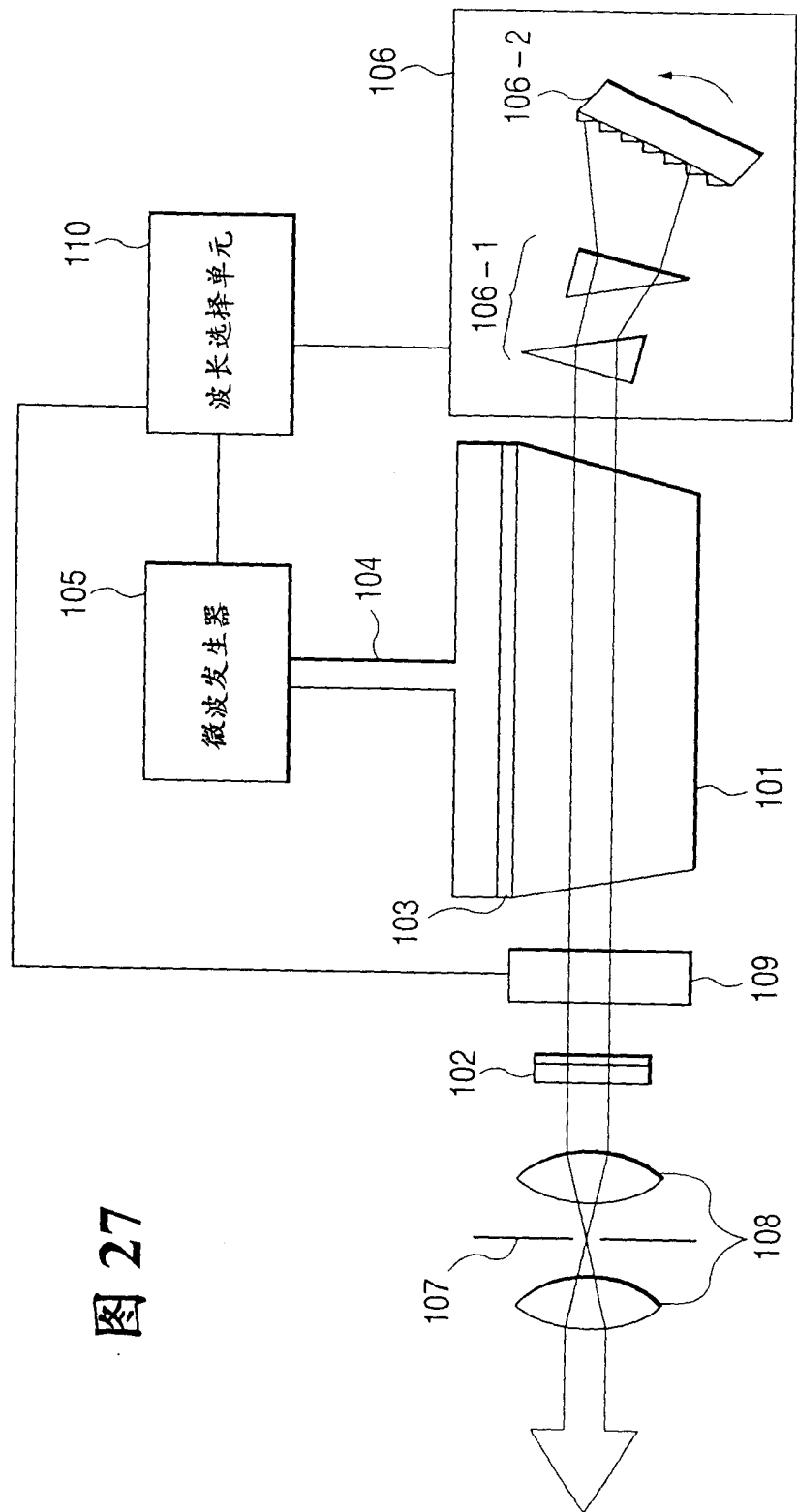


图 27

图 28

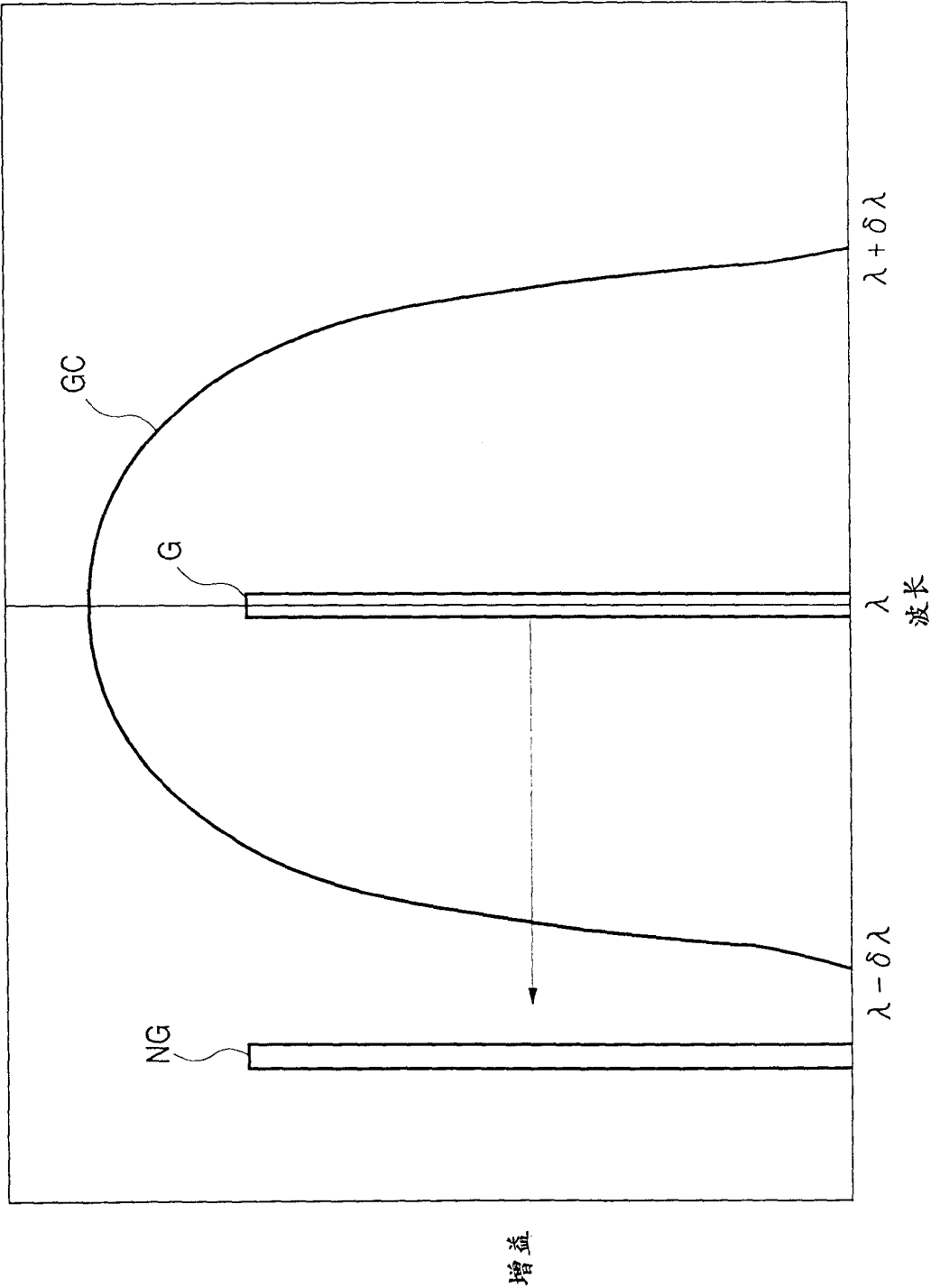


图 29

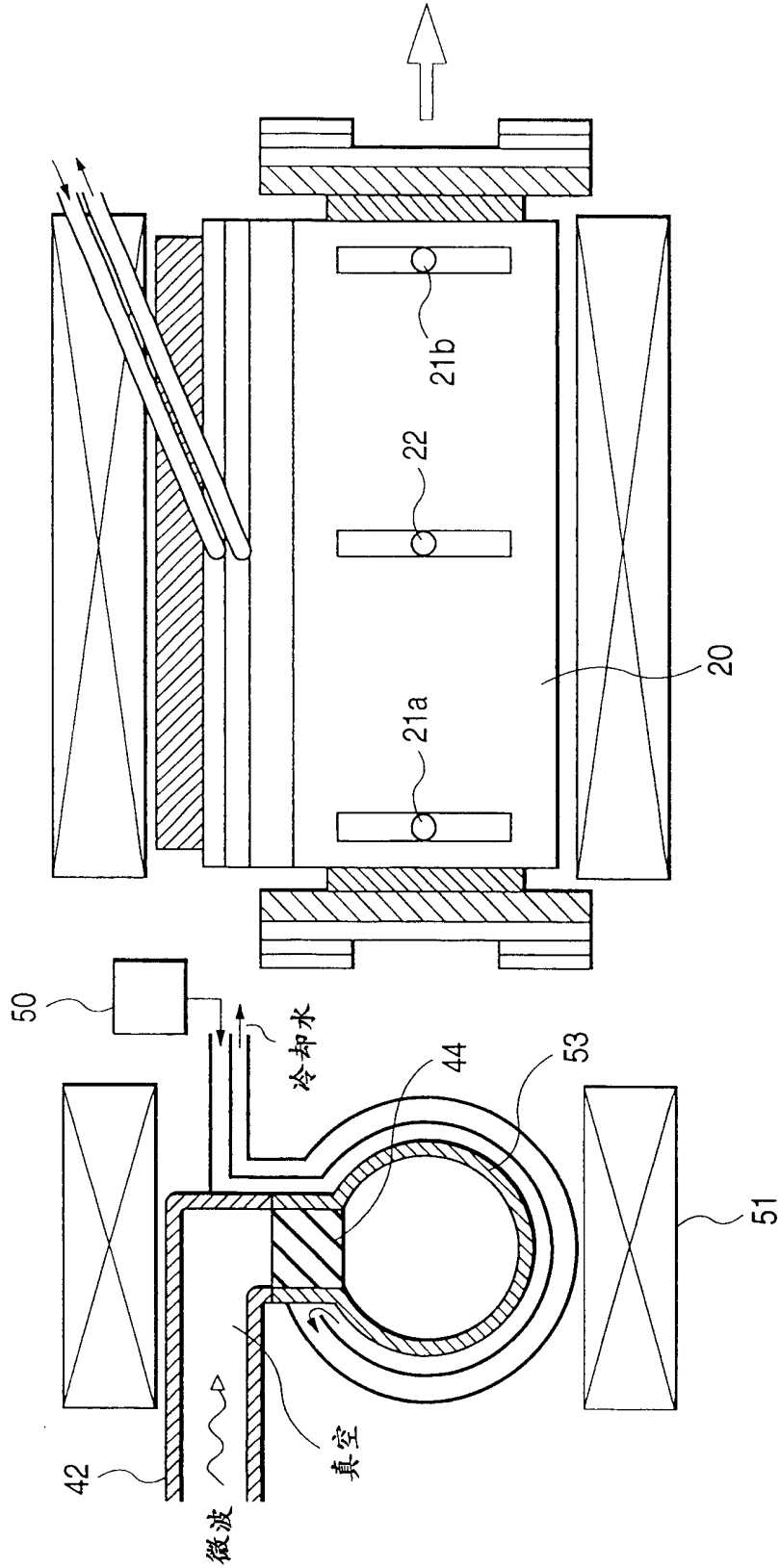


图 30

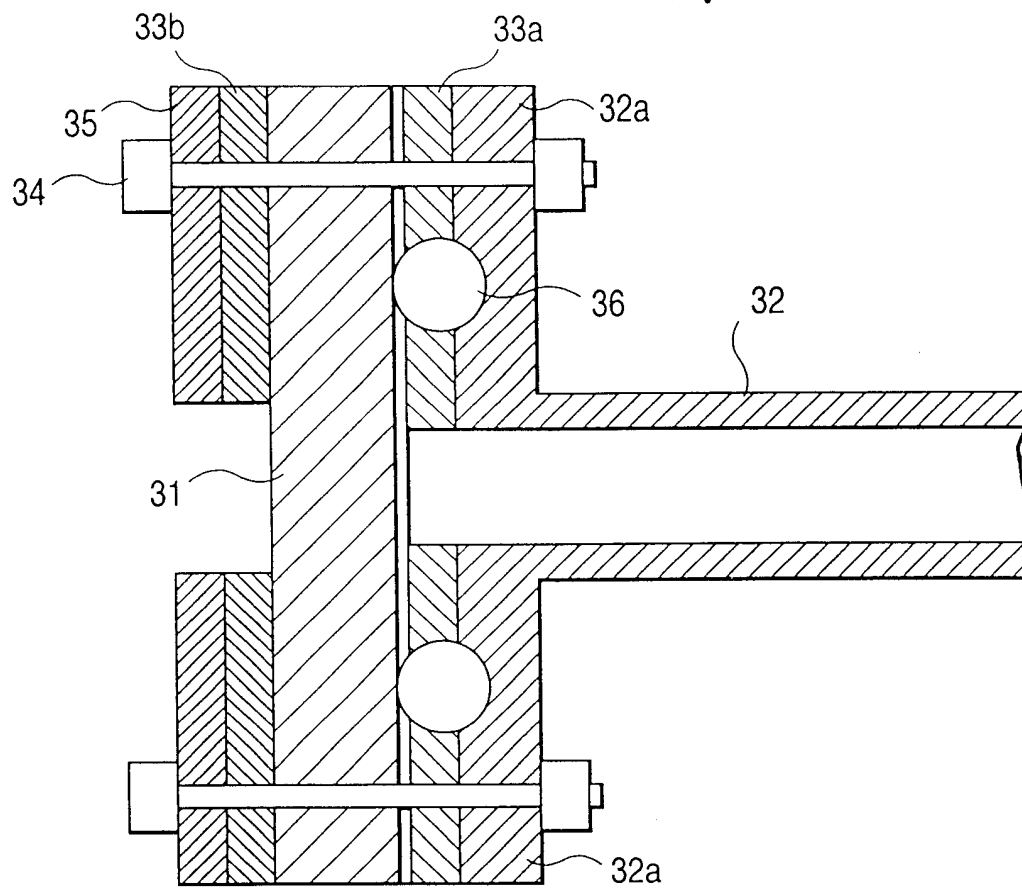


图 31

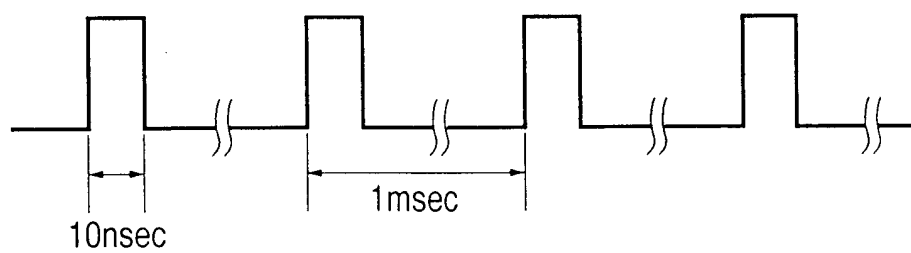


图 32

