

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.

C21K 1/06 (2006.01)

H05G 2/00 (2006.01)



## [12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 200480030463.7

[43] 公开日 2006 年 11 月 22 日

[11] 公开号 CN 1868005A

[22] 申请日 2004.10.18

[74] 专利代理机构 北京集佳知识产权代理有限公司

[21] 申请号 200480030463.7

代理人 杨生平 杨红梅

[30] 优先权

[32] 2003.10.17 [33] FR [31] 0312202

[86] 国际申请 PCT/FR2004/002656 2004.10.18

[87] 国际公布 WO2005/038822 法 2005.4.28

[85] 进入国家阶段日期 2006.4.17

[71] 申请人 EPPRA 公司

地址 法国维勒博叙尔伊薇特

[72] 发明人 P·舒瓦

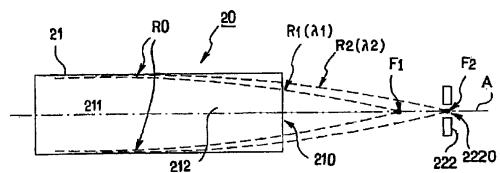
权利要求书 4 页 说明书 11 页 附图 2 页

### [54] 发明名称

定向束的等离子体源及其到微光刻的应用

### [57] 摘要

本发明涉及一种在发射方向上产生期望的波长范围内的辐射的方法。根据所述方法，由辐射源生成初始辐射，所述辐射源的波长包括所述期望的范围，并且以如此方式过滤所述初始辐射，以便于基本上消除具有期望的范围之外波长的初始辐射的束。本发明的方法特征在于过滤是通过在初始辐射通过其的控制区域中建立对折射率的受控分布来执行的，以此方式以便于根据其波长而选择性地使初始辐射的束偏离，并恢复具有期望波长的束。本发明还涉及一种相关设备。



1. 一种用于在给定的发射方向上产生期望的波长范围中的辐射的方法，其中所述方法包括：

——由辐射源生成初始辐射，所述辐射源的波长包括所述期望的范围，

——过滤所述初始辐射，以便于基本上消除其波长在所述期望的范围之外的初始辐射的束，

特征在于所述过滤通过在由所述初始辐射穿过的控制区域中引入束的折射率的受控分布来实现，以便于根据其波长使所述初始辐射的束选择性地偏转，并恢复期望波长的束。

2. 根据前一权利要求的方法，特征在于所述束的折射率的受控分布通过控制所述控制区域中的电子密度分布来获得。

3. 根据前一权利要求的方法，特征在于所述控制区域位于等离子体中。

4. 根据前一权利要求的方法，特征在于包含所述控制区域的所述等离子体自身包含在与所述辐射源相关联的室中。

5. 根据前两个权利要求之一的方法，特征在于实现电子密度控制以便于获得这样的电子密度：其在距中间初始辐射发射线一距离处比其在所述中间初始辐射发射线上大。

6. 根据前一权利要求的方法，特征在于所述中间初始辐射发射线是直的初始辐射线，且所述初始辐射由所述辐射源生成，围绕所述直的初始辐射线、以或多或少的轴对称分布。

7. 根据前一权利要求的方法，特征在于为了获得所述电子密度分布，将能量输入沿所述初始辐射的中间发射线施加到所述等离子体。

8. 根据前一权利要求的方法，特征在于所述能量输入通过沿所述初始辐射的中间发射线离子化所述等离子体来实现。

9. 根据前一权利要求的方法，特征在于，为了实现所述离子化，需要以下操作：

—— 在包含所述等离子体的室的端子处建立电压，所述端子根据通常由所述初始辐射的中间发射线所限定的方向间隔开，

—— 将能量束施加到所述中间初始辐射发射线。

10. 根据前述权利要求之一的方法，特征在于，为了恢复期望波长的束，在所述控制区域的下游存在至少一个窗，以使所述期望的波长范围中的束选择性地通过。

11. 根据前一权利要求的方法，特征在于每个窗位于所述中间初始辐射发射线上，具有对应于在所述期望的波长范围中的所述束的相交之处的曲线横坐标，所述束关于所述中间初始辐射发射线偏转。

12. 根据前述权利要求之一的方法，特征在于所述期望的波长范围落入间隔[0 – 100 nm]内。

13. 根据前一权利要求的方法，特征在于所述期望的波长范围落入 EUV 谱内。

14. 一种用于在给定发射方向上产生期望的波长范围中的辐射的设备，其中所述设备包括：

—— 初始辐射的源，其波长包括所述期望的范围，

—— 所述初始辐射的过滤资源，以便于基本上消除其波长在所述期望的范围之外的初始辐射的束，

特征在于所述过滤资源包括在由所述初始辐射穿过的控制区域中引入束的折射率的受控分布的装置，以便于根据其波长选择性地偏转所述初始辐射的束，并且恢复期望波长的束。

15. 根据前一权利要求的设备，特征在于引入折射率的受控分布的所述装置包括控制所述控制区域中的电子密度分布的资源。

16. 根据前一权利要求的设备，特征在于所述控制区域位于等离子体中。

17. 根据前一权利要求的设备，特征在于包含所述控制区域的所述等离子体自身包含在与所述辐射源相关联的室中。

18. 根据前两个权利要求之一的设备, 特征在于控制电子密度分布的所述资源能够获得这样的电子密度: 其在距中间初始辐射发射线一距离处比其在所述中间初始辐射发射线上大。

19. 根据前一权利要求的设备, 特征在于所述中间初始辐射发射线是直的初始辐射线, 且控制电子密度分布的所述资源能够获得围绕所述直的初始辐射线的或多或少的轴对称的电子密度。

20. 根据前一权利要求的设备, 特征在于控制电子密度分布的所述资源包括用于沿所述中间初始辐射发射线将能量注入所述等离子体中的资源。

21. 根据前一权利要求的设备, 特征在于用于注入能量的所述资源包括用于沿所述中间初始辐射发射线离子化所述等离子体的资源。

22. 根据前一权利要求的设备, 特征在于用于注入能量的所述资源包括资源以:

—— 在包含所述等离子体的室的端子处建立电压, 其中所述端子在由所述中间初始辐射发射线所限定的大致方向上间隔开,

—— 将能量束施加到所述中间初始辐射发射线。

23. 根据前九个权利要求之一的设备, 特征在于所述设备包括: 在所述控制区域的下游、使所述期望的波长范围中的束选择性地通过的至少一个窗口。

24. 根据前一权利要求的设备, 特征在于每个窗口位于所述中间初始辐射发射线上, 具有对应于在所述期望的波长范围中的所述束的相交之处的曲线横坐标, 所述束关于所述中间初始辐射发射线偏转。

25. 根据前两个权利要求之一的设备, 特征在于所述设备包括与至少一些窗口相关联的额外的多层过滤镜。

26. 根据前一权利要求的设备, 特征在于所述设备包括多个模块, 其每个包括: 初始辐射的源和相关联的过滤资源; 以及光学资源, 可用于收集经受过滤的辐射, 以将所述辐射重新导向所述设备之外。

27. 根据前一权利要求的设备，特征在于所述光学资源是多层镜，其还能够完成对所述辐射的过滤。

28. 根据前十四个权利要求之一的设备，特征在于所述期望的波长范围落入间隔[0 – 100 nm]内。

29. 根据前一权利要求的设备，特征在于所述期望的波长范围落入 EUV 谱内。

30. 一种光刻设备，其包括根据前十六个权利要求之一的产生设备。

## 定向束的等离子体源及其到微光刻的应用

本发明涉及在期望波长处辐射的产生。

更确切地，本发明涉及在给定方向上产生期望的波长范围内的辐射发射的方法，其中所述方法包括：

——由辐射源生成初始辐射，所述辐射源的波长包括所述期望的范围，

——过滤所述初始辐射，以便于基本上消除初始辐射中波长在所述期望范围之外的部分，

本发明还涉及一种可用于实施这种方法的辐射产生设备，以及一种合并这种产生设备的光刻设备。

我们已熟悉上述类型的方法和设备。

一个（非限制性）实施例因此涉及期望波长处辐射的产生，其意图用于光学链、用于光敏衬底上的光刻应用。图 1 因此概略地图示了光学系统 100，其由以下接连组成：

——期望的波长范围内的辐射的发生器 10，

——透镜组件 11，其接收来自发生器 10 的辐射并对其处理（例如通过使其经过校准或聚焦其束），

——掩模 12，其接收来自透镜组件的经处理的辐射，并选择性地使得仅使经由透射图案 120 到达掩模的束通过，其中辐射的剩余部分被掩模阻止。

——衬底 13，其接收已通过掩模透射的束，且其暴露于辐射的表面有光阻或光敏产品。

到达衬底的束与所述产品反应并由此在衬底的表面上形成与掩模的透射图案匹配的图案。

具体地，发生器 10 的期望的波长范围可位于紫外（UV）谱中或极

UV (EUV) 谱中。

注意，在本文中，我们按惯例使用术语“EUV”来指代 EUV 束和软 x-射线二者。

EUV 束与非常短的波长相关联（小于 100 nm，且例如，在几十 nm 的量级，其中一种应用对应于 13.5 nm 的波长）。这对于光刻应用特别有利，因为以对应的方式，由束所绘制的图案可具有非常小的尺度。特别地，其允许在相同尺寸的衬底上形成更大数量的图案。

然而，必须使辐射过滤资源与辐射发生器相关联。

实际上在某些情况下——特别是对于其波长在 EUV 范围内的辐射发生器——发生器包括等离子体源类型的辐射源。

现在，除了期望的辐射，这样的辐射源还发射：

- 其波长不与期望波长对应的辐射，和/或
- 固体碎片，由等离子体和该等离子体所位于的室中的固体部分（目标、室的壁等）之间的相互作用所引起。

在来自发生器源的辐射中为了分离仅在期望波长处的束，因而有必要提供源的下游的过滤资源（如紧接源的下游，以便避免将掩模暴露于可损坏它的碎片）。

在公知的方式中，这样的过滤资源包括多层镜，该多层镜根据束的波长而选择性的反射它们。

这种多层镜因此起到带通滤波器的作用。

其明显地不使可由源发射的不期望的碎片通过，以使位于过滤资源的下游的元件不暴露于这种碎片。

这种解决方案实际上允许过滤出易于生成这种碎片的由辐射源所发射的束。

然而与这种公知配置相关联的一个缺陷是，由源所发射的碎片可损坏过滤资源的镜。

当然将有可能设想使所述过滤资源远离所述源，以便减少碎片将损坏

这些过滤资源的镜的可能性。

然而在该情况下，由过滤资源所恢复的辐射束将有显著减少，从而不利地影响整个光学系统的性能。

因此显然，当辐射源易于产生碎片时，用于产生在期望波长的辐射的公知配置与缺陷相关联。

特别地，该缺点涉及其中期望波长落入 EUV 区的应用。

本发明的目的是使得能够绕开这些缺陷。

为了实现该目的，根据第一方面，本发明提出了用于在给定发射方向上产生期望的波长范围中的辐射的方法，其中所述方法包括：

—— 由辐射源生成初始辐射，所述辐射源的波长包括所述期望的范围，

—— 过滤所述初始辐射，以便于基本上消除其波长在所述期望的范围之外的初始辐射的束，

特征在于所述过滤通过在初始辐射穿过的控制区域中引入束的折射率的受控分布来实现，以便于根据其波长来偏转初始辐射的束，并恢复期望波长的束。

优选的，而不是限制性的，这种方法的各方面如以下所述：

—— 所述束的折射率的受控分布通过控制所述控制区域中的电子的密度分布来获得，

—— 所述控制区域在等离子体中，

—— 包含所述控制区域的所述等离子体自身包含在与所述辐射源相关联的室中，

—— 实现电子密度控制以便于获得这样的电子密度：其在距中间初始辐射发射线一距离处比其在所述初始辐射的中间发射线上大，

—— 所述中间初始辐射发射线是直的初始辐射线，且所述初始辐射由所述辐射源生成，围绕所述直的初始辐射线、以或多或少的轴对称分布。

—— 为了获得所述电子密度分布，能量输入沿所述中间初始辐射发射线施加到所述等离子体，

—— 所述能量输入通过沿所述中间初始辐射发射线的等离子体的离子化来实现，

—— 为了实现所述离子化，需要以下操作：

—— 在包含等离子体的室的端子建立电压，所述端子在由所述中间初始辐射发射线所限定的大致方向上间隔开，

—— 将能量束施加到所述中间初始辐射发射线，

—— 为了恢复期望波长的束，在所述控制区域的下游存在至少一个窗，以选择性地使期望的波长范围中的束通过，

—— 每个窗位于所述中间初始辐射发射线上，具有对应于在期望的波长范围中的所述束的相交之处的曲线横坐标，所述束关于所述中间初始辐射发射线偏转，

—— 所述期望的波长范围落入间隔[0 – 100 nm] 内，

—— 所述期望的波长范围落入 EUV 谱内。

根据第二方面，本发明还提出了一种用于在给定发射方向上产生期望的波长范围中的辐射的设备，其中所述设备包括：

—— 初始辐射的源，其波长包括所述期望的范围，

—— 所述初始辐射的过滤资源，以便于基本上消除其波长在所述期望的范围之外的初始辐射的束，

特征在于所述过滤资源包括在由初始辐射穿过的控制区域中引入束的折射率的受控分布的装置，以便于根据其波长而选择性地偏转初始辐射的束，并且恢复期望的波长的束。

优选的，而不是限制性的，这种设备的各方面包括以下：

—— 引入折射率的受控分布的所述装置包括控制所述控制区域中的电子密度分布的资源，

—— 所述控制区域位于等离子体中，

—— 包含所述控制区域的所述等离子体自身包含在与所述辐射源相  
关联的室中，

—— 控制电子密度分布的所述资源能够获得这样的电子密度：其在  
距中间初始辐射发射线一距离处比其在所述中间初始辐射发射线上大，

—— 所述中间初始辐射发射线是直的初始辐射线，且控制电子密度  
分布的所述资源能够获得围绕所述直的初始辐射线的或多或少的轴对称  
的电子密度，

—— 控制电子密度分布的所述资源包括用于沿所述中间初始辐射发  
射线将能量注入到所述等离子体中的资源，

—— 用于注入能量的所述资源包括用于沿所述初始辐射的中间发射  
线离子化等离子体的资源，

—— 用于注入能量的所述资源包括资源以：

—— 在包含等离子体的室的端子处建立电压，其中所述端子在  
由所述中间初始辐射发射线所限定的大致方向上间隔开，

—— 将能量束施加到所述中间初始辐射发射线，

—— 在所述控制区域的下游，所述设备包括使期望的波长范围内的  
束选择性地通过的至少一个窗，

—— 每个窗位于所述中间初始辐射发射线上，具有对应于在期望的  
波长范围中的所述束的相交之处的曲线横坐标，所述束关于所述中间初始  
辐射发射线偏转，

—— 所述设备包括与至少一些窗相关联的额外的多层过滤镜，

—— 所述设备包括多个模块，其每个包括：初始辐射的源和相关联  
的过滤资源；以及光学资源，可用于收集经受过滤的辐射，以将所述辐射  
重定向到所述设备之外。

—— 所述光学资源是多层镜，其还能够完成对所述辐射的过滤，

—— 所述期望的波长范围落入间隔 [0 – 100 nm]内，

—— 所述期望的波长范围落入 EUV 谱内。

最后，本发明涉及包括根据以上方面之一的产生设备的光刻设备。

在阅读了本发明的以下描述后，本发明的其它方面、目的和优点将更清楚地显现，所述描述提供有对附图的引用，除了已在以上描述的图 1，所述附图中：

- 图 2 是根据本发明的辐射发生器的示意图，
- 图 3 是类似的表示，图解了在本发明的环境下以特定方式控制的电子密度分布，
- 图 4 图解了利用多个辐射源实施本发明的特定方法。

图 2 示意性地图解了根据本发明的辐射发生器 20。

该辐射发生器包括室 21，其通常闭合但具有打开以使得由室所发射的束通过的一侧 210。

室 21 包括能够生成初始辐射 R0 的源 211。

典型地这是包含等离子体的源。

初始辐射包括其波长对应于期望的波长范围的束。

在本发明的优选的但不是限制性的应用中，期望的波长范围落入间隔 [0 – 100 nm] 内。

该期望的波长范围因此可位于 EUV 谱中。

室 21 因此能够生成初始辐射，其中大量的束对应于期望的波长范围。

然而，如先前所述，可能的是不期望的效果可与来自源的发射相关联：

- 初始辐射也可包含其波长不与期望的范围精确对应的束，
- 且还有可能的是，随着初始辐射，源 211 可发射一定量的碎片。

为了避免这些不期望的效果，发生器 20 包括用于过滤初始辐射的资源。

这些过滤资源能够在由初始辐射穿过的控制区域 212 中引入束的折射率的受控分布，以便根据其波长使初始辐射的束选择性地偏转。

期望长度的束然后得到恢复（特别是使用将在本文中描述的资源）。

我们因此利用类似与其的物理原理，例如，其在存在空气的折射率的梯度的情况下（特别是空气具有高的温度梯度的情况下）引起光束的偏转。

在图 2 所图解的情况下，控制区域位于室自身 21 之内。

注意，该控制区域还可能位于室 21 之外，后者的下游在初始辐射的轨迹上。

对控制区域中的折射率的分布的控制可通过控制所述控制区域中的电子密度分布来实现。

因此，实际上有可能利用联系折射率  $\eta$  和电子密度  $n_e$  的关系：

$\eta = (1 - n_e/n_c)^{1/2}$ ，其中  $n$  表示临界电子密度值，超过该临界电子密度值，束就不再能通过，因为该值  $n_c$  涉及有关的束的波长）。

返回图 2 中所示出的实施方法，控制区域 212 因此位于室 21 中，且该控制区域因而在与源 211 相关联的等离子体中。

对控制区域中电子密度分布的控制允许根据束的波长来影响初始辐射的不同束的轨迹。这在图 2 中示出，其允许两种类型的束的两个大致的轨迹：

—— 第一波长  $\lambda_1$  的束。这些束具有轨迹 R1。

—— 第二波长  $\lambda_2$  的束，所述波长  $\lambda_2$  比第一波长  $\lambda_1$  短。这些束具有轨迹 R2。

在这里示出的本发明的优选应用中，电子密度分布在控制区域中建立，使得电子密度在距中间初始辐射发射线一距离处比其在所述中间初始辐射发射线上大。

在图 2 的情况下，“中间初始辐射发射线”对应于直线 A。注意，在这里示出的情况下，室典型地是圆柱的形状，且围绕线 A、以束的或多或少的轴对称分布来发射初始辐射。

该情况下期望的电子密度分布的配置在图 3 中示意性地示出，图 3 示出了电子密度曲线。

在该图中，可以看出电子密度值在室的边缘（远离线 A）比在该室的中部（靠近线 A）大。

还可以看出示出的三个电子密度曲线在室的周边区域发散。我们将回到该方面。

将看到这种电子密度分布与可在辐射源的室中正常观察到的电子密度分布相反。

在公知类型的室的情况下，实际上通常在室的中心观察到较高的密度。

图 3 中示出的密度配置因此是特定的，且其通过设计产生，用于在此所述的本发明的应用。为了在控制区域中生成这种电子密度分布，将能量沿所述线 A 注入室 21 的等离子体中。

例如，该能量的输入可通过沿着由线 A 所限定的轴导向控制区域中的电子束或激光束来实现。

该能量的输入通过箭头 E 概略地示出。其用于沿着线 A 使控制区域中的等离子体离子化。

在该能量的输入之前，有可能在包含等离子体的室的端子处建立电压，所述端子沿着由所述中间初始辐射发射线所限定的大致方向被间隔开。

图 3 概略地表示了这样的端子 2121 和 2122。

因此可能产生图 3 所示的那些类型的电子密度分布。

注意，这样的分布可通过从公知类型的密度分布开始来获得，其中密度在室的中心较高。

在该情况下，能量的输入和与其相关联的离子化实际上用于“反转”密度配置，并在靠近室的周边壁获得较高密度。

图 3 示出所述的三个密度分布曲线。

这三个曲线在室的中心区域中（靠近线 A）或多或少地重合，但靠近室的壁具有不同的密度值。

当已实现控制区域的中心区的离子化时，这三个曲线对应于电子密度分布的连续状态。

在这种离子化的结尾，我们发现在控制区域的周边离子浓度已经较高。

然而，如果然后允许这样离子化的等离子体发展，该配置则将变得加重，且密度的值将在周边再次升高。实际上在室的周边大量出现的高密度电子将趋向于使得该室的内壁熔化，所述壁是涂覆有单层的壁涂层的单层的壁。

该熔化导致电子在室的周边的额外输入，这又进一步增加了该区中的电子密度。

图 2 具体表示了窗 222，其定位在轨迹 R2 上的束的焦点。

该窗对应于用于从初始辐射的束中恢复期望波长的束的资源。

已经看到，通过存在于控制区域中的电子密度分布，由初始辐射 R0 所发射的不同的束根据其波长以不同的方式偏转。

该选择性偏转使得与给定波长相关联的束向着线 A 上的特定点会聚，所述特定点我们将称为“焦点”。

因此线 A 上的焦点的位置（可由链接到所述线 A 的标记的曲线横坐标来限定的位置）依赖于与该焦点相关联的波长。

图 2 示出分别与轨迹 R1 和 R2 的束相关联的焦点 F1 和 F2。

窗 222 因此定位在焦点 F2。该窗的功能是允许使仅或多或少地在焦点 F2 到达线 A 的束（即波长  $\lambda_2$  的束）通过。为此目的，窗 222 包括开口 2220，开口 2220 优选地居中于线 A 上。

该窗因此构成用于恢复仅期望波长的束的有利资源。这因此改善了对由初始辐射所发射的束的过滤。

以此方式，可能根据想分离的波长，使窗位于线 A 上的任何期望的位置。

因此可看出本发明允许期望波长的束（或者准确的，在期望的各波长）

以有效的方式被分离。

且在本发明的情况下，不将诸如多层镜的过滤资源暴露于易于损坏它的碎片。

在本发明的情况下，期望的束在它们已向其偏转的特定点得到恢复的事实使得可避免由源 21 所发射的任何碎片的大部分。

恢复资源如窗的实施，使得大量的碎片又进一步地减少。

结果是，在该过滤的结尾，完全没有碎片——或总之非常少。

注意，在需要恢复的束的焦点的下游，有可能创建用于光学调节由这些经过滤的束所形成的束的资源。

特别地，该光学调节可以是校准和/或调焦方法。

所恢复的束因此可直接向光刻掩模发送。

如果需要这样，还有可能将恢复的束导向着额外的过滤资源。

这样的额外的过滤资源包括象这样的构成当前公知的过滤资源的多层镜。

这种多层镜的层如此设计（在组成和厚度方面），使得该镜选择性地仅反射给定波长的束（根据公知为布拉格条件（Bragg condition）的条件，该条件将镜的反射率与入射束的波长相联系）。

在该变型中，串联地使用几个过滤资源。执行对束的选择性偏转及其恢复的最远上游的资源提供了对最远下游（多层镜）的保护，使其免受由源所发射的碎片的影响。

最后注意的是，可能在包括初始辐射的多个源的设备中实施本发明，所述初始辐射的多个源每个与可用于控制相关控制区域中的折射率的分布的资源相关联。

这种实施模式在图 4 中概略地示出。

在该图中，类似于已描述的室 21 的多个室 21i 沿着相应的中间线 Ai 导引它们各自的辐射，所述中间线向着中心光学件 23 会聚。

因此，根据工作的室，中心光学件可接收由一个或多个室 21i 所发射

的束。

调整光学件 23 和每个室之间的距离以选择与每个工作的室相关联的辐射过滤波长。

因此还可能使得来自不同室的不同波长的束到达光学件 23。

在任何情况下，光学件 23 能够将接收的束重新导向外部并因此导向向例如其它光学处理资源（如光刻掩模）。

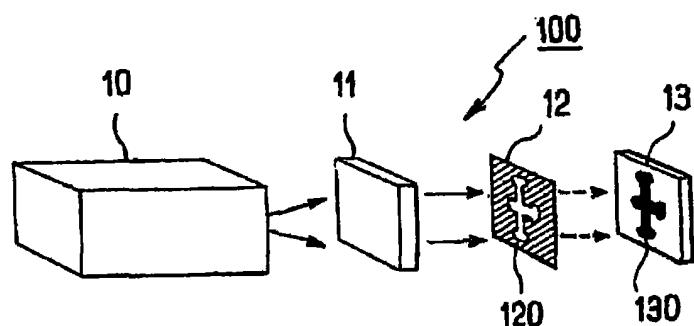


图 1

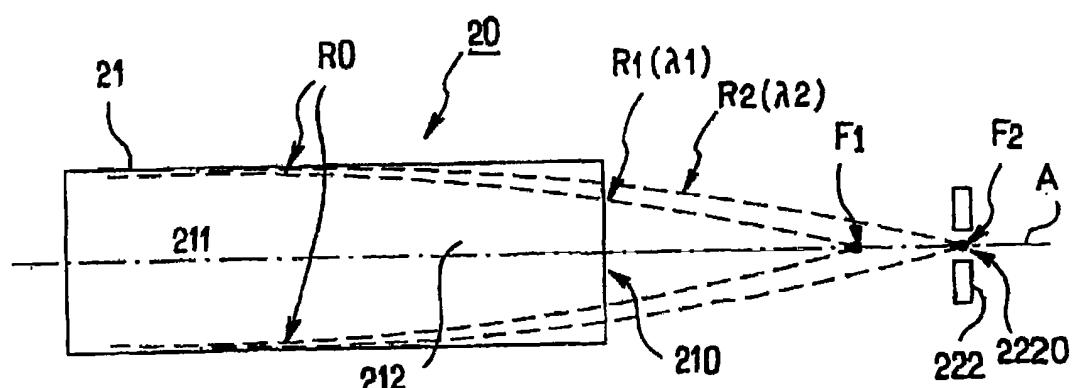


图 2

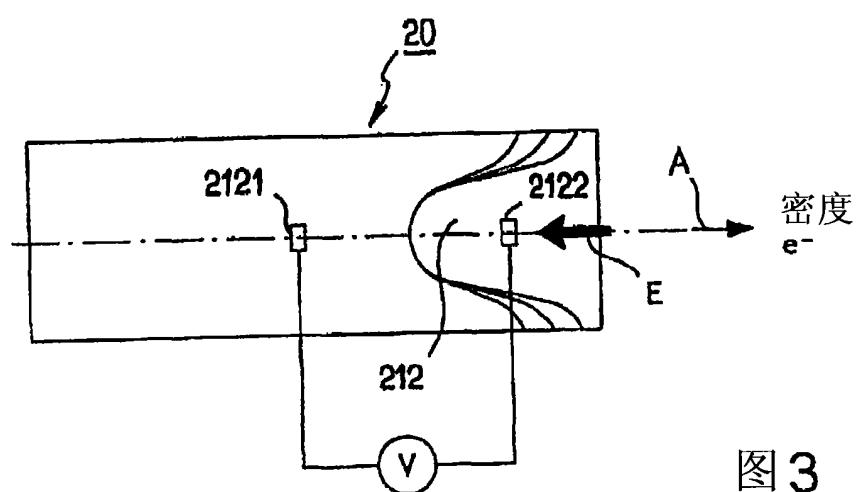


图 3

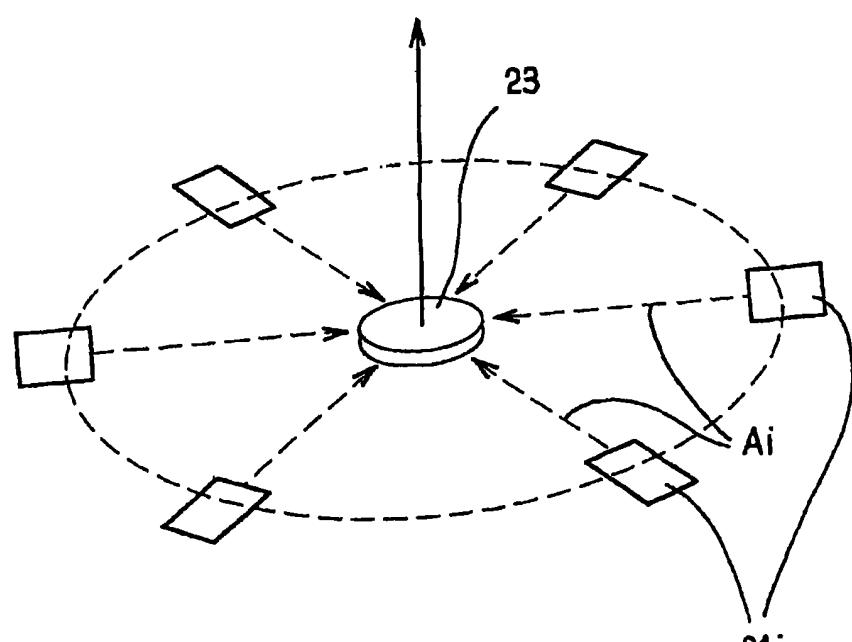


图4