

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.
H01S 3/081 (2006.01)



[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 99802793.6

[45] 授权公告日 2006 年 5 月 17 日

[11] 授权公告号 CN 1256794C

[22] 申请日 1999.11.10 [21] 申请号 99802793.6

[30] 优先权

[32] 1998.11.10 [33] JP [31] 319059/98

[32] 1999.2.26 [33] JP [31] 49847/99

[86] 国际申请 PCT/JP1999/006262 1999.11.10

[87] 国际公布 WO2000/028631 日 2000.5.18

[85] 进入国家阶段日期 2000.8.8

[71] 专利权人 株式会社 IDX 技术

地址 日本东京

共同专利权人 铃木康夫

[72] 发明人 铃木康夫 池畑隆

审查员 王治华

[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 王以平

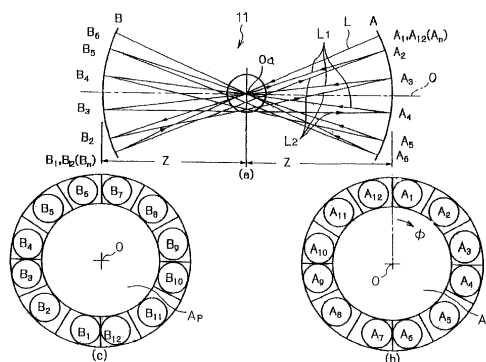
权利要求书 3 页 说明书 8 页 附图 8 页

[54] 发明名称

光反应装置

[57] 摘要

由多个相对峙的凹面镜使激光发生多次反射，使其反射光路集中而形成光子密度高的反应空间，将气体、液体、固体、等离子体、粒子束、电子束之类的反应对象引入此反应空间，通过和激光的相互作用而引起光激励、光电离、光分解、光分离、光合成、光生成、光分析等的光反应。



1. 一种光反应装置，其特征在于包括：

第一和第二镜面群，相互相对配置以形成由会聚的激光构成的反应区域，分别具有在公共轴的周围排列成环状的多个凹面镜；

产生应在上述镜面群之间来回反射的激光的激光发生装置；

将所述激光导入到上述反应区域内、在上述镜面群之间来回反射规定次数后再导出的激光导入装置；以及

用于将反应对象导入到上述反应区域内的反应对象导入装置；

属于上述第一镜面群的各个凹面镜被配置得使入射的激光向着上述第二镜面群中的对应的一个凹面镜反射，

属于上述第二镜面群的各个凹面镜被配置得使从上述第一镜面群中的上述对应的一个凹面镜入射的激光向着与上述第一镜面群中该一个凹面镜邻接的另一个凹面镜反射，从而使反射光依次在镜面群的圆周方向旋转行进，

由属于上述第一镜面群的各凹面镜或属于上述第二镜面群的各凹面镜中一方反射的光是会聚光束，而由另一方反射的光是平行光束，

上述各凹面镜被配置成上述会聚光束或平行光束通过上述轴上的一定的位置由此形成由被反射到上述轴上的一定的位置处的激光的会聚而产生的光子密度高的反应空间。

2. 如权利要求1所述的光反应装置，其特征在于：

上述相对配置的各个凹面镜的镜面之间的距离被设定为等于上述各凹面镜的镜面曲率半径。

3. 如权利要求1所述的光反应装置，其特征在于，

至少两个具备上述第一和第二镜面群、上述激光发生装置和上述激光导入装置的激光储存装置在共同的位置处具有所述反应空间，以及

波长各不相同的激光分别被导入上述激光储存装置中，由此把波长不同的多束激光聚焦在上述反应空间中。

4. 如权利要求 1 所述的光反应装置,其特征在於,导入上述反应空间的反应对象包含粒子束,通过和激光的相互作用使激光的实际输出增大或实现激光的波长选择。

5. 如权利要求 1 所述的光反应装置,其特征在於,导入上述反应空间的反应对象包含波长变换元件,通过和激光的相互作用进行激光的波长变换。

6. 如权利要求 1 所述的光反应装置,其特征在於,导入上述反应空间的反应对象包含粒子束,设置有用於荷电变换的磁铁将上述反应空间包围住,由此在上述反应空间产生磁场,由磁场使上述反应空间中被激励的粒子束电离。

7. 如权利要求 6 所述的光反应装置,其特征在於,上述反应空间被设置在环形加速器的环内,在上述反应空间被激励的、由上述磁场电离的粒子被环形加速器加速。

8. 如权利要求 1 所述的光反应装置,其特征在於,导入上述反应空间的反应对象包含离子束,通过和激光的相互作用生成多价离子。

9. 如权利要求 1 所述的光反应装置,其特征在於,导入上述反应空间的反应对象包含电子束,通过和激光的相互作用使得发生 X 射线。

10. 如权利要求 1 所述的光反应装置,其特征在於,导入上述反应空间的反应对象包含气体,通过和激光的相互作用使其发生光分解。

11. 如权利要求 10 所述的光反应装置,其特征在於,上述反应空间形成在真空室内,将前端的开口朝向上述反应空间地设置用於将被压缩的上述气体导入上述真空室内的导管。

12. 如权利要求 1 所述的光反应装置,其特征在於,导入上述反应空间的反应对象包含气体,上述反应空间被形成在真空室内,在上述真空室内、将喷嘴的前端朝向上述反应空间而设置导管,经上述导管将被压缩了的上述气体导入上述反应空间,在上述真空室内,还设置有利用电荷捕获上述气体的离子化分子的离子捕集向导,此离子捕集向导被电连接到离子飞行时间质量分析器,进行分子的分析。

13. 如权利要求 1 所述的光反应装置,其特征在於,

由属于上述第一镜面群的各个凹面镜反射的光是聚焦在上述轴上的一定位置处的会聚光束，光子密度高的所述反应空间是通过把上述轴上的一定位置处的反射光聚焦而形成的。

14. 如权利要求 1 所述的光反应装置，其特征在于，

由属于上述第一镜面群的各个凹面镜反射的光是聚焦在上述轴上的一定位置处的平行光束，光子密度高的所述反应空间是通过把上述轴上的一定位置处反射的平行光束聚焦而形成的。

15. 如权利要求 1 所述的光反应装置，其特征在于，

由属于上述第二镜面群的各个凹面镜反射的光是聚焦在上述轴上的一定位置处的会聚光束，光子密度高的所述反应空间是通过把上述轴上的一定位置处的反射光聚焦而形成的。

16. 如权利要求 1 所述的光反应装置，其特征在于，

由属于上述第二镜面群的各个凹面镜反射的光是聚焦在上述轴上的一定位置处的平行光束，光子密度高的所述反应空间是通过把上述轴上的一定位置处反射的平行光束聚焦而形成的。

光反应装置

技术领域

本发明涉及到由多个相对峙的凹面镜使激光多次反射、使这种反射光路集中起来形成光子密度高的反应空间，将气体、液体、固体、等离子体、粒子束、电子束之类的反应对象引入此反应空间，经过和激光的相互作用而引起光激励、光电离、光分解、光分离、光合成、光生成、光分析等的光反应的装置。

背景技术

气体、液体、固体、粒子束等和构成它们的原子、分子相对应的、某一特定波长的激光发生强的光反应。为进行这种光反应的以往技术一般是使用将两个曲面镜相对放置的光谐振器，在其中进行光反应。在这种情况下，光子密度高的空间集中在中心部分的一点处。这一部分极窄极短，能和通过这里的原子和分子发生光反应的时间也短。并且为了确保储存光的能力，有必要将曲面镜上开的洞尽量做得小些以降低损耗，使得应该向其反应空间导入的光和原子、分子的导入变得很困难。另外最近为了提高其强度，激光本身也有超短脉冲化的倾向。为此，使反应空间在时间和空间上都极小化，结果使光反应的发生变得困难了。

然而，为使光反应发生而入射的气体流和粒子束，需要轴上的宽大的孔（称为孔径）作为入射、出射孔，而且其多是密度低同时反应度低的。为了使这样的气体流和粒子束充分与激光发生光反应，需要在时间或空间上长度足够大的反应范围。

发明内容

本申请发明的目的在于解决这样的问题，即提供能高效利用激光的新型的光反应装置。为此，更具体地说，是以提供能够确保用于将

作为光反应对象的气体流和粒子束导入反应空间的宽大孔径，能够确保光子密度高的大的反应空间，能够确保更长的反应时间的光反应装置为目的。

为了解决上述课题，本申请提供了一种光反应装置，其特征在于包括：第一和第二镜面群，相互相对配置以形成由会聚的激光构成的反应区域，分别具有在公共轴的周围排列成环状的多个凹面镜；产生应在上述镜面群之间来回反射的激光的激光发生装置；将所述激光导入到上述反应区域内、在上述镜面群之间来回反射规定次数后再导出的激光导入装置；以及用于将反应对象导入到上述反应区域内的反应对象导入装置；属于上述第一镜面群的各个凹面镜被配置得使入射的激光向着上述第二镜面群中的对应的一个凹面镜反射，属于上述第二镜面群的各个凹面镜被配置得使从上述第一镜面群中的上述对应的一个凹面镜入射的激光向着与上述第一镜面群中该一个凹面镜邻接的另一个凹面镜反射，从而使反射光依次在镜面群的圆周方向旋转行进，由属于上述第一镜面群的各凹面镜或属于上述第二镜面群的各凹面镜中一方反射的光是会聚光束，而由另一方反射的光是平行光束，上述各凹面镜被配置成上述会聚光束或平行光束通过上述轴上的一定的位置由此形成由被反射到上述轴上的一定的位置处的激光的会聚而产生的光子密度高的反应空间。

在本申请的发明的光反应装置中，能够配置得使被入射到第一镜面群中各凹面镜的激光作为集中光束反射并聚焦于轴上的一定位置后，再使反射光入射到第二个镜面群中的对应的一个凹面镜。由此可以在反射光的焦点重叠的位置处形成光子密度高的反应空间。

附图说明

图 1 为表示本发明的光反应装置的概况的图，(a) 为侧面图，(b)、(c) 为各个镜面群的正面图。

图 2 为表示在本发明的光反应装置的镜面群之间往来的激光的光路的说明图，(a) 表示激光发出的光路，(b) 表示激光返回的光路。

图 3 为表示由本发明的光反应装置进行的气体和激光的光反应的

说明图。

图 4 为表示由本发明的光反应装置得到波长变换了的激光的方法的说明图。

图 5 说明使本发明的光反应装置应用于荷电变换装置的方法。

图 6 说明使本发明的光反应装置应用于多价离子源的方法。

图 7 为表示使本发明的光反应装置应用于微量物分析装置的方法的说明图。

图 8 为表示使本发明的光反应装置应用于微量物分析装置的方法的说明图。

图 9 为表示使本发明的光反应装置应用于微量物分解装置的方法的说明图。

图 10 为表示本发明的光反应装置中的两级激励法的说明图。

具体实施方式

参照图面对本发明的实现形式进行说明。图 1 为表示本发明的光反应装置的概况的图，(a) 为侧面图，(b)、(c) 为各个镜面群的正面图。图 2 表示在镜面群 A、B 之间往来的激光的光路 L1、L2。

光反应装置 11 有相互相对放置的一对镜面群 A、B。镜面群 A 将多个凹面镜 A1、A2、...、An 以轴 O 为中心呈环形配置而成。镜面群 B 将多个凹面镜 B1、B2、...、Bn 以轴 O 为中心呈环形配置而成。在图 1 上表示镜面群 A、B 各由 12 个凹面镜组成 (n=12 的情况) 的情况。在镜面群 A、B 的环的内侧形成用于导入电子束的开口 Ap。在图 1(a) 中表现出镜面群 A、B 侧面看来被排列成圆弧形，但这是为便于表示属于镜面群 A 的各凹面镜 An 的焦距相等的示意性示图，实际上侧面看来被排列在平面上。

属于镜面群 A 的各凹面镜 An 被配置得能反射入射的激光 L、使其聚焦于轴 O 上的一定位置处，再将反射光入射到第二个镜面群 B 中的对应的一个凹面镜 Bn。在这里，从凹面镜 An 指向凹面镜 Bn 的、在中间聚焦的激光的光路 L1 被称为「往路」。

属于第二个镜面群 B 的各凹面镜 Bn 被配置得能反射从镜面群 A

中的对应的一个凹面镜 A_n 入射的激光 L_1 、将激光入射到和镜面群 A 中的凹面镜 A_n 在 Φ 方向相邻接的相邻凹面镜 A_{n+1} 。在这里，从凹面镜 B_n 指向凹面镜 A_{n+1} 的激光的光路 L_2 被称为「复路」。从而，被导入镜面群 A、B 的激光 L 按 $A_1 - B_1 - A_2 - B_2 \cdots A_n - B_n - A_{n+1}$ 的方式使反射光在镜面群 A、B 的环形的圆周方向（ Φ 方向）顺序移动、来回反射。在图 1 上为简单起见，仅表示了从凹面镜 A_1 到 A_6 部分的来回往复的激光线的光路。

令从凹面镜 A_n 向凹面镜 B_n 的往路 L_1 的镜面间距离为 $2Z$ ，设定凹面镜 A_n 、 B_n 的曲率半径分别为 $2Z$ 。在图 1 上，从 B_{12} 的位置，如果激光通过例如望远镜以平行光束入射到凹面镜 A_1 ，则经凹面镜 A_1 反射的光 L_1 聚焦于轴 O 上的 O_a 点处，然后逐渐变宽而到达凹面镜 B_1 。由于凹面镜 B_1 和凹面镜 A_1 的焦距相等，由凹面镜 B_1 反射的光 L_2 成为平行光束进到凹面镜 A_2 。经凹面镜 A_2 反射并聚焦于 O_a 点处。如此依次反复。这种情况下往路的光 L_1 全部聚焦于 O_a 点处，复路的光 L_2 全部成为平行光束。

反之，如果对于凹面镜 A_1 作为集中光束入射激光，使其反射光成为平行光束，则经镜面群 A 反射的往路光 L_1 完全成为平行光，通过轴 O 上的 O_a 点朝向镜面群 B，被其反射的复路光 L_2 再次作为集中光束返回镜面群 A，如此反复进行反射。在这种情况下，激光作为平行光束在点 O_a 处多次重叠，在此形成光子密度高的反应空间。由于复路光 L_2 也集中在点 O_a 附近的比较狭窄的空间，根据情况复路光 L_2 也能为光反应所利用。

例如在激光从 B_{12} 位置（假定此位置无凹面镜）入射的情况下，在镜面群 A、B 之间转了一圈的光从 B_{12} 位置射出。从而，使用置于其外部的包含有（使偏振面旋转 90° 的）光学开关等的光学回路能将光导入、使其多次返回再重复入射。由此可以将激光存放在镜面群 A、B 之间。另外，由于在 SHG（第二高次谐波发生器）处波长改变而总是能够导入光。再者，对激光的入射、出射位置及其方法不受这个限制。

在凹面镜上光相对其法线倾斜反射时由于像差图像会变形，但由于使其旋转至 Φ 方向再反射，旋转角每 180° 可将其像差抵消。从而能够反复进行很长距离的反射。能够使激光在镜面群 A、B 间来回运行的次数由镜面的反射损失决定。经一次反射可以得到 0.999 的光子密度，经两次光子密度下降到 0.999^2 ，对全部取它们的和，在光的交叉部分可以得到 1000 倍 ($1/(1-0.999) = 1000$) 的光子密度。

从而，如果将气体、液体、固体、等离子体、粒子束、电子束之类的反应对象沿轴 O 引入镜面群 A、B 间，则在激光多次聚焦的 Oa 点附近的反应空间 F 处反应对象和激光相互作用可以得到所希望的光反应。

储存在此光反应装置的激光脉冲有以下 3 种形式：

(1) 单·短脉冲储存：比镜面间距离短的大功率光脉冲只放入一个脉冲，使和镜面间飞行时间相等时间间隔的脉冲串反复对电子束发生作用。(2) 多重短脉冲储存：和镜面间飞行时间相等周期的短脉冲放入多个脉冲，储存在镜面群之间。(3) 长脉冲储存：使用比镜面间距离的 2 倍更长的光脉冲，使成为在镜面群之间常有激光存在的状态。如果用这些方法将激光导入镜面群之间，不论在何种情况，光也能够重叠在光路交叉的镜面群之间的中心部分并使光子密度增高。

在进入反应空间的是具有速度 V 的粒子束的情况下，按照相对论，光能量密度由于洛伦兹收缩而变成 $\gamma(1-\beta \cdot \cos \theta)$ 倍，另外由于多普勒效应，光的波长变为 $\gamma(1-\beta \cdot \cos \theta)$ 分之一。这里 β 为 V/C ， γ 为 $(1-\beta^2)^{-1/2}$ ，而 θ 为在反应空间 F 形成的激光的光束和粒子束的交叉角。从而，靠着对粒子束的速度、交叉角的选择，能提高适当的激光器实际输出功率、或对适当的激光波长进行选择和调整。

[使原子和分子的气体发生光反应的情况]

如图 3 所表示的那样，在本发明的光反应装置的反应空间 F 中作为反应对象使气体 G 通过时，能够和激光 L 发生光反应（光激励及其他）。

例如, 选择适当波长的激光在导管内形成反应空间 F。将二噁英气、 NoX 气等的气体 G 导入此反应空间 F, 能够高效率地对它们进行光分解。或者如果导入氧气 G 的话, 能够光合成臭氧。也就是说, 由于原子和分子的气体 G 和反应空间 F 的激光发生光反应, 光分解、光处理、光合成或光分析都可以进行。

[利用液体或固体的波长变换元件发生波长变换了的激光的情况]

如图 4 所表示的那样, 在反应空间 F 中作为反应对象配置有液体或固体的波长变换元件 CE, 由适当的激光进行激励, 由另行在轴 O 上配置的光谐振器 RE 振荡产生特定波长的激光。使液体或固体的波长变换元件从流入口 IN 流入而配置在反应空间 F, 由激光 L 进行激励。由此使波长变换了的激光产生。波长变换了的激光 L_3 储存在光谐振器 RE 为希望的目的所利用。

[将粒子束进行荷电变换的情况]

如图 5 所表示的那样, 将由激光发生器 LA 发生的激光 L 导入镜面群 A、B 间, 形成反应空间 F。在反应空间 F 导入作为反应对象的高能量的氢分子束 H^0 , 由于和激光 L 的相互作用而被高效率地激励。被激励的氢束由包围着反应空间设置的用于荷电变换的磁铁 U 产生的磁场电离进行荷电变换。由于电离了的氢离子 (H^+) 经环形加速器 RA 在镜面群 A、B 间循环, 可以利用作为环形加速器 RA 的荷电变换部分。

[作为多价离子源利用的情况]

如图 6 所表示的那样, 将由离子源来的离子束 IB 导入反应空间 F, 因光学电离很多电子被剥掉, 能够使之成为电荷数多的多价离子。也就是说, 将激光发生器 LA 发生的激光 L 导入镜面群 A、B 间而形成反应空间 F。将从离子源来的离子束 IB 导入此反应空间 F, 在反应空间 F 中对此离子束进行激励使电荷数增加而发生多价离子束。在加速部分对多价离子束进行加速。具体地说, 由于从离子源将一价氧离子导入反应空间 F 使之成为 8 价的多价离子, 在加速部分能加速到 8 倍

的能量。

〔应用于微量物分析装置的情况〕

使本发明的光反应装置应用于微量物分析装置的情况，如图 7 所表示的那样，设置有引入了排出气体 G 流动的导管 D 的真空室 V。真空室 V 可以由真空泵 21 抽真空。在用于将排出气体 G 取入真空室 V 的导管 D 处设置有压缩器对排出气体 G 进行一次压缩。气体 G 经由压缩器 6 的阀门通过喷嘴 N 喷射在真空室 V 内。气体因喷射而膨胀并冷却。喷嘴 N 将喷射口向着真空室 V 内形成的反应空间 F 配置。光反应装置 11 使得排出气体 G 中的例如微量的二噁英发生共振电离。对光反应装置 11 从真空室 V 的外部供给激光 L。在真空室 V 的外部，为了能够对应二噁英那样的成为对象的微量物选择特定波长的激光供给光反应装置 11 而设置有激光发生器 LA、光开关 7、偏振片 8 和反射镜 9。特定波长的激光具有只对特定的物质发生共振并能电离的性质。如果对于例如二噁英应用长脉冲法、使用 2 纳秒长度的长脉冲的大输出功率激光的话，能够不分解二噁英的分子、以其原来状态仅剥掉电子而使之离子化。在真空室 V 处设置有离子捕集向导 10，这是一种电吸附装置。离子捕集向导 10 根据其电荷而捕获离子化的二噁英。被离子捕集向导 10 捕获的二噁英被送到飞行时间质量分析器 12 进行分析、检测，将质谱表示在监视器 13 上。再从其质谱上能够对二噁英进行量和质的分析。

〔应用于有害微量物除去装置的情况〕

如图 8 所表示的那样，在排气导管 D 的途中安置上光反应装置 11、设置光圈 15，用短脉冲法使二噁英电离。在这种情况下，是以分解、无害化为目的，由于不需要超高灵敏度，不对排出气体 G 进行压缩，而是在大气压的原来状况下发生反应。

〔作为 X 射线发生装置利用的情况〕

图 9 表示将光反应装置 11 应用于 X 射线的发生的情况的概念图。11 是光反应装置，LA 是激光发生装置，23 是 SHG（第二高次谐波发生器），24 为分色镜，A、B 分别为镜面群。镜面群 A、B 被设置在真

空室 V 内。选取某个波长的激光 L 导入光反应装置 11 内，使激光 L 集中起来形成光子密度高的反应空间 F。在真空室 V 内的反应空间 F 处沿轴 O 导入电子束 E，使其和激光 L 发生相互作用。可以认为，作为光的粒子的激光和电子束相碰撞，由于光子束的散射而发生 X 射线。如果使作为十分强的电磁波的激光作为周期地施加电磁力的波动器而起作用，即发生 X 射线的辐射光。X 是由于逆康普顿散射或由于和波动器的作用而发生的 X 射线，Ef 是散射电子。

〔两级激励〕

如图 10 所表示的那样，此光反应装置 11 是将两组镜面群 A、B 和 A'、B' 共同构成反应空间 F 地并列起来，导入例如红外激光器和 YAG-2nd 激光器那样的各自波长不同的激光 L、L'。如果向反应空间 F 作为反应对象导入粒子束 PB，则作为第一阶段由 YAG-2nd 激光器进行光反应，而第二阶段由红外激光器进行光反应。

产业上利用的可能性

本发明可以在使某一特定波长的激光和原子或分子的气体，或液体和固体等相互作用、而引起光激励、光电离、光分解、光分离、光合成、光生成、光分析等的光反应的产业领域中进行利用。

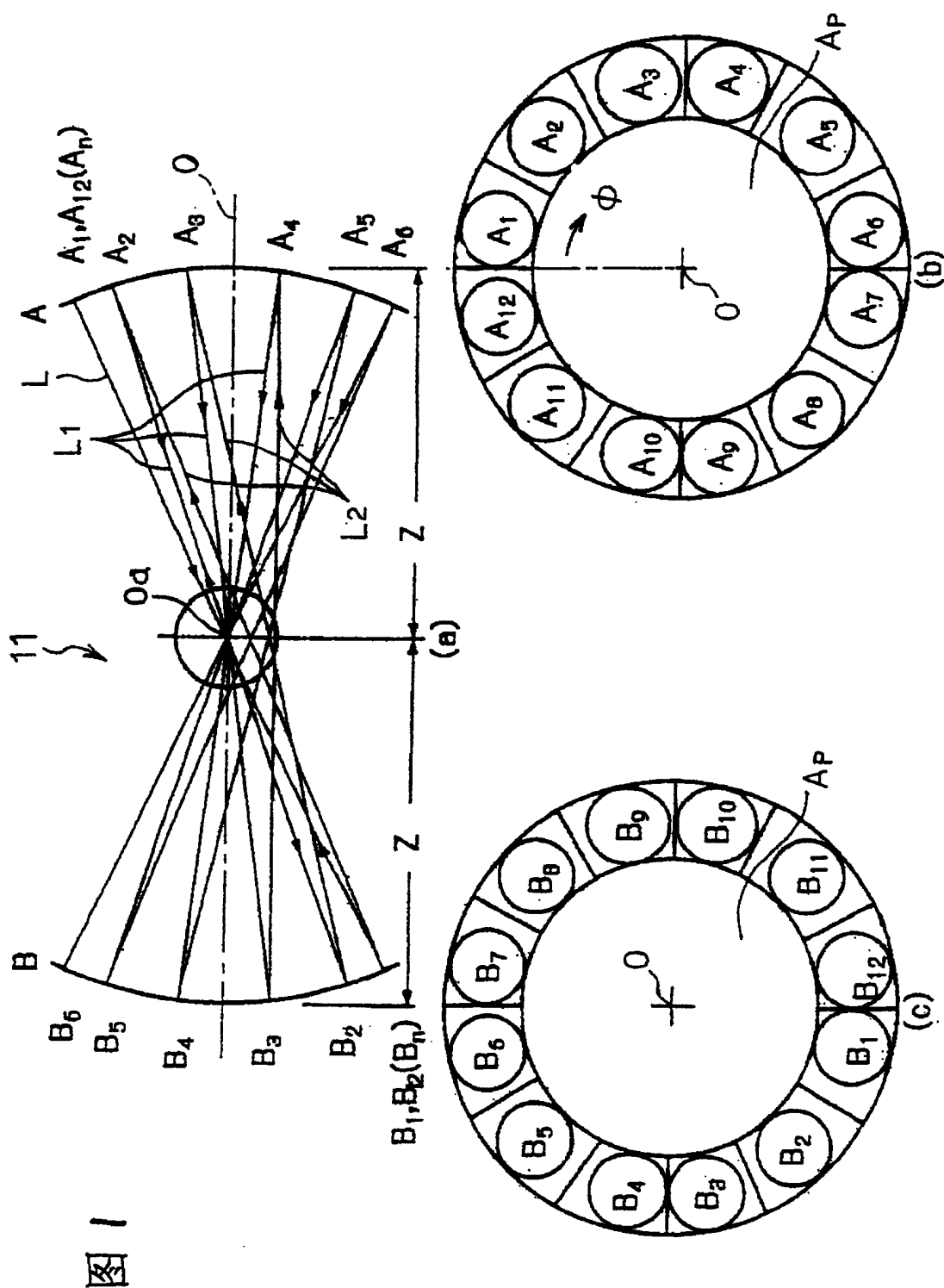


图2

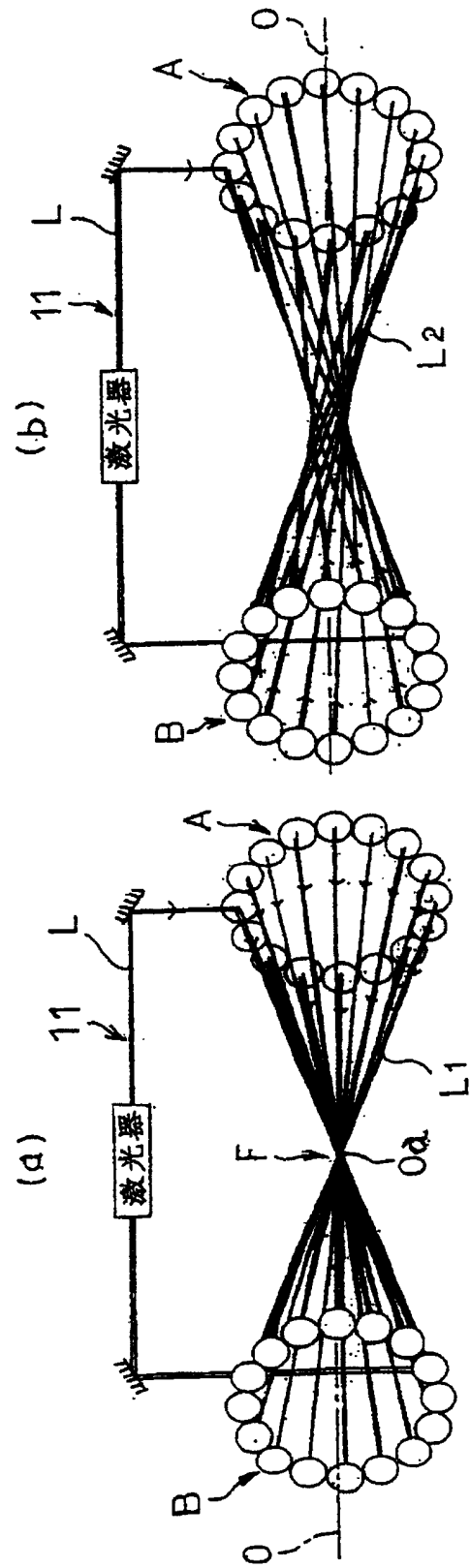
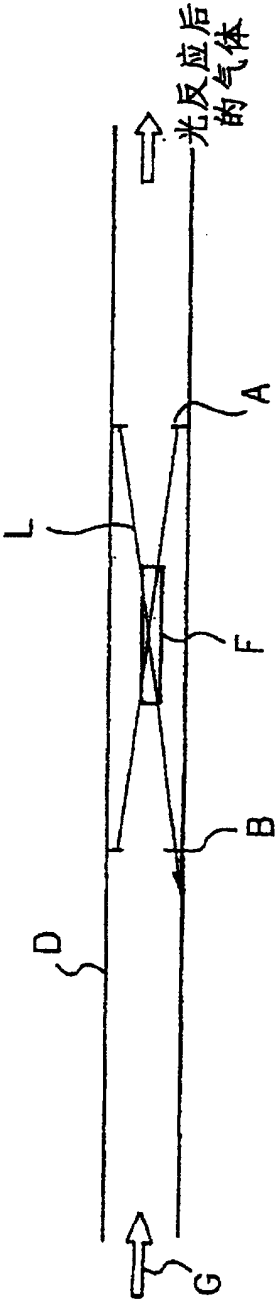


图3



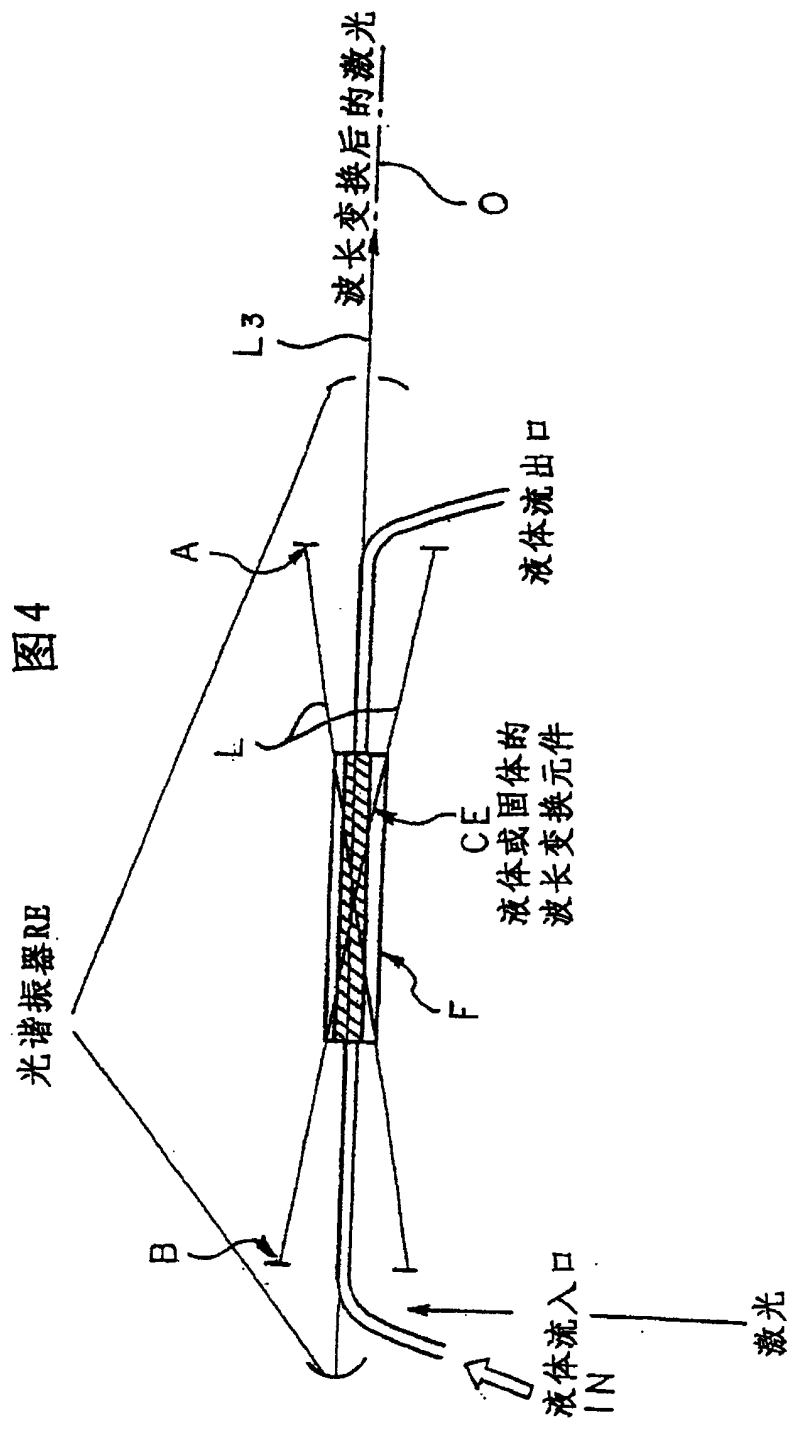


图5

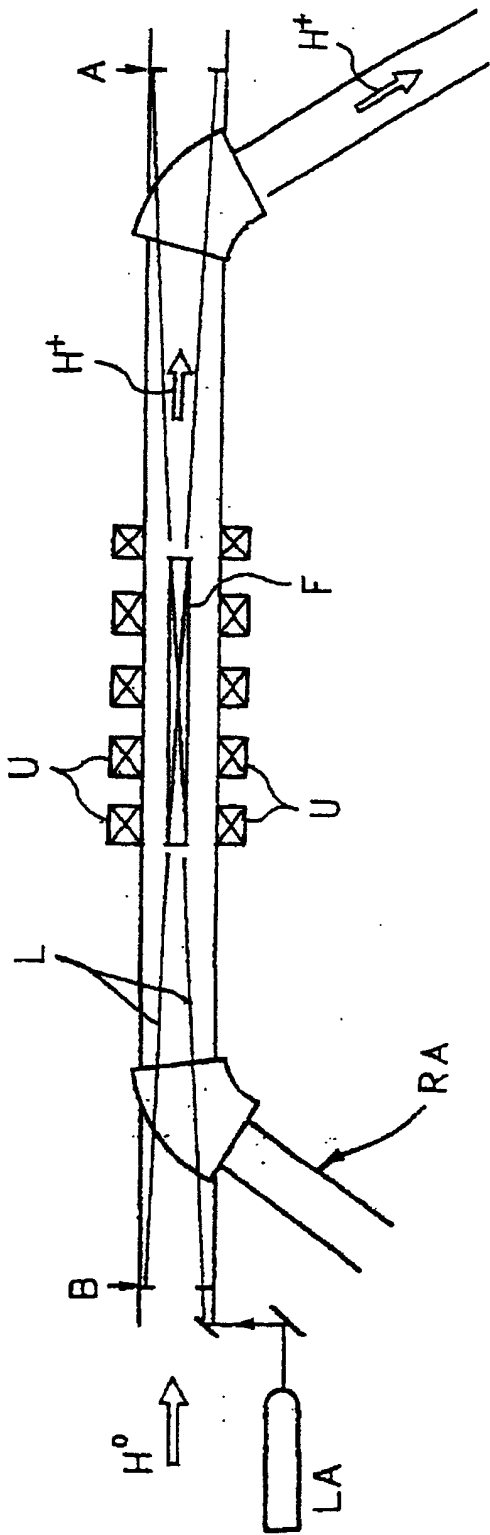


图6

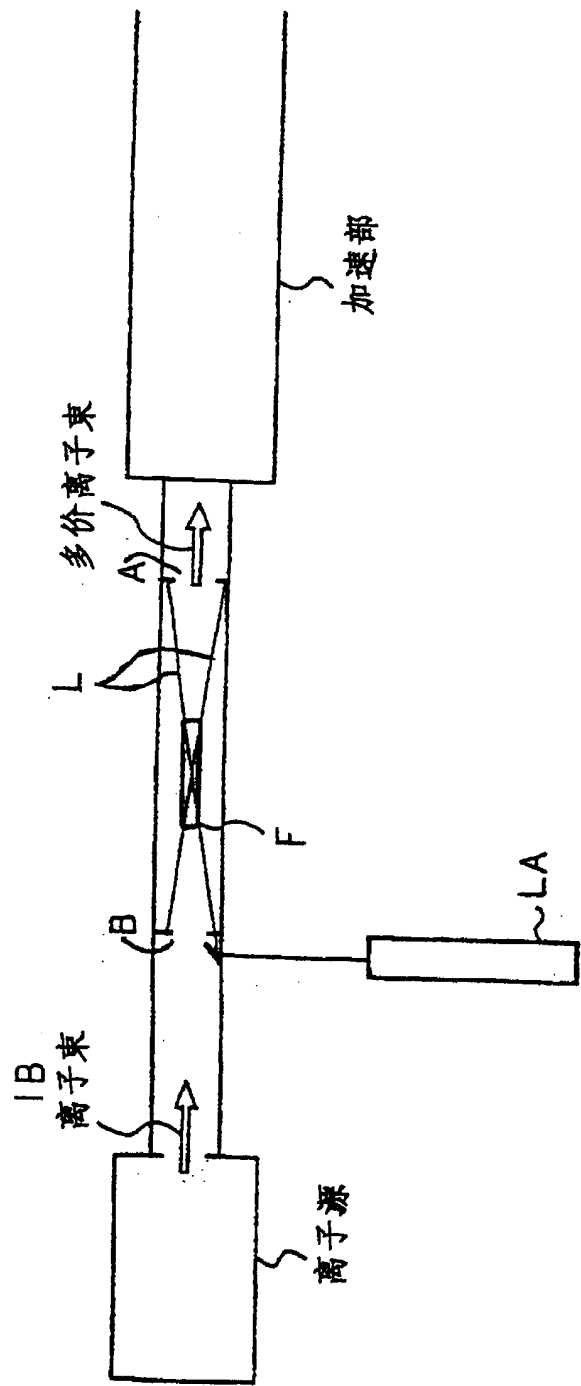


图7

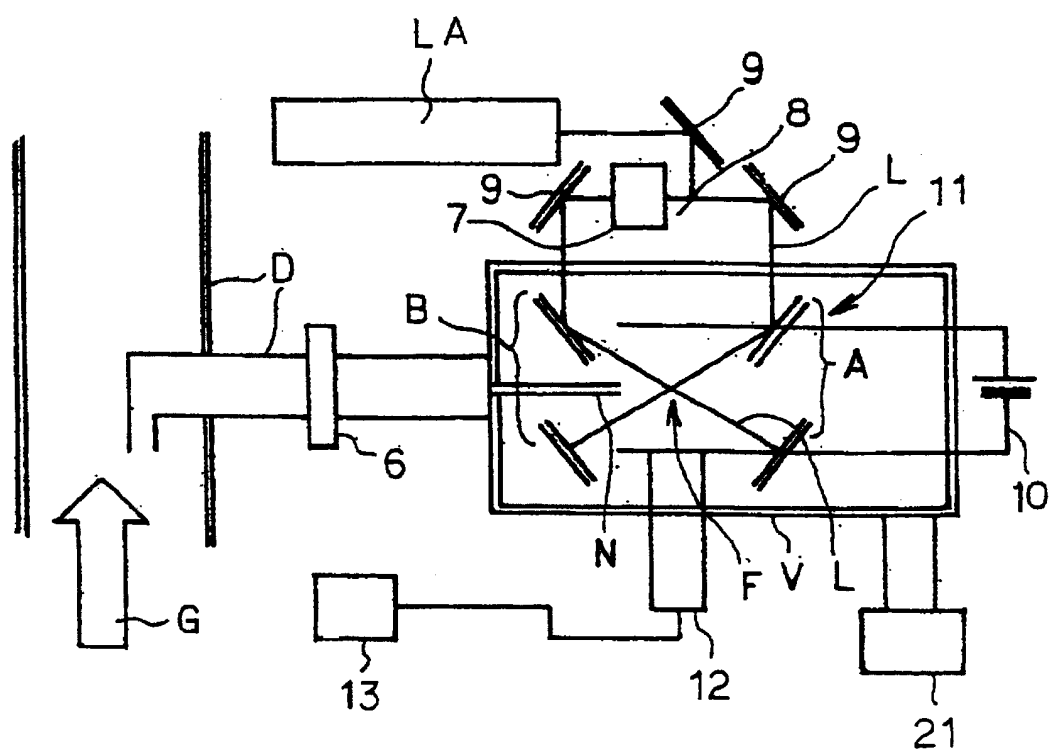


图8

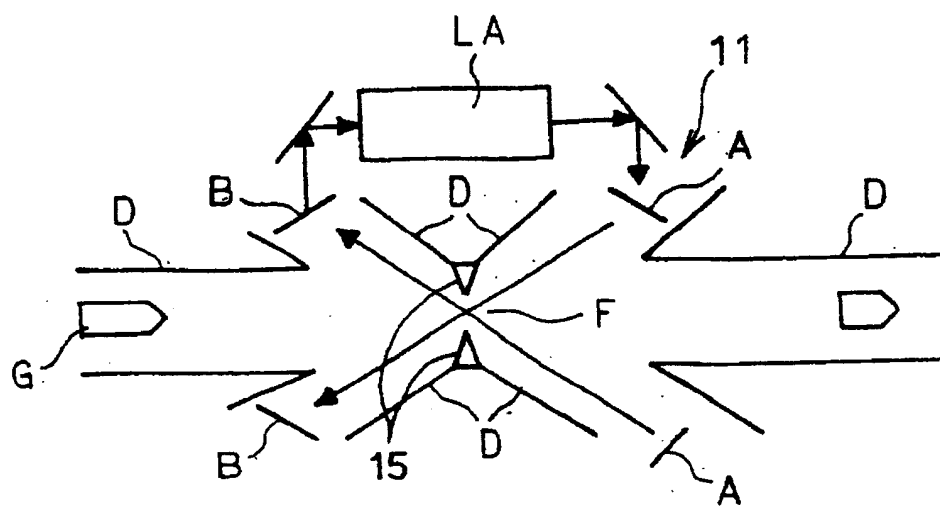


图 9

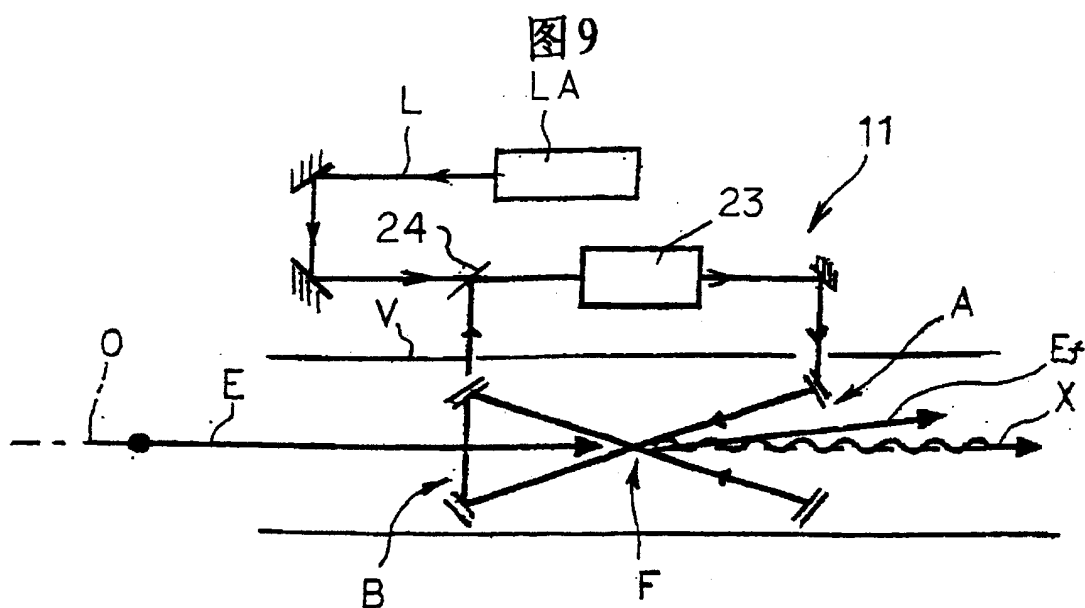


图 10

