



[12] 发明专利说明书

[21] ZL 专利号 97113222.4

[43] 授权公告日 2003 年 1 月 29 日

[11] 授权公告号 CN 1100375C

[22] 申请日 1997.4.30 [21] 申请号 97113222.4

[30] 优先权

[32] 1996.4.30 [33] JP [31] 132853/1996

[71] 专利权人 理化学研究所

地址 日本埼玉县

[72] 发明人 赤川和幸 和田智之 田代英夫

[56] 参考文献

CN1142699A 1997.02.12 H01S3/091

NTIS TECH NOTES 1991-10-01 ALMBER J L A-

cousto-optical filter can rapidly tune solid-state lasers

OPTICS COMMUNICATIONS VOL. 84 NO. 304 1991-07

-05 RICHTER R I ET AL A CW dye laser tuned by an
acousto-optic filter

OPTICS LETTERS VOL. 21 NO. 10 1996-05-

15 WADA S ET AL Electronically tuned ti:sapphire laser

REVUE HF VOL. 14 NO. 3-4 1988-01-

01 SCHWETCHER E ET AL Acousto-optical signal pro-
cessing and integrated optics

审查员 肖霞

[74] 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司

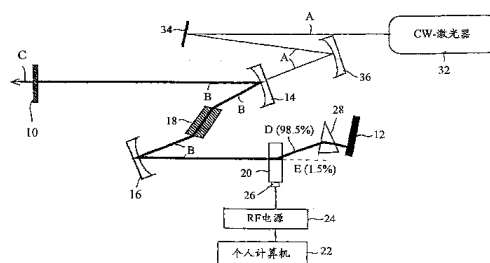
代理人 王忠忠 叶恺东

权利要求书 2 页 说明书 9 页 附图 6 页

[54] 发明名称 波长可调激光器中的波长可选择激光振荡器

[57] 摘要

波长可调激光器中的波长可选择激光振荡器包括相对的在输出侧各有规定反射率的反射镜,全反射镜、不透光、但反射光;波长可调激光介质,设置于激光谐振器中,在规定范围的波长区域实现激光振荡;设置于激光振荡器中的声光晶体,从波长可调激光介质输出的光输入晶体;声波输入装置,设置于声光晶体上,将声波输入声光晶体;连续波激光器,使受激发的激光束输入激光谐振器;从输出侧的反射镜输出的激光束用作激光谐振器的输出激光束。



1. 一种波长可调激光器中的波长可选择激光振荡器，它包括：
激光谐振器，它包括相对的全反射镜，每个全反射镜不透光，但反射光；；
5 波长可调激光介质，它设置于上述激光谐振器中，并且可在规定范围的波长区域实现激光振荡；
设置于上述激光振荡器中的声—光晶体，从上述波长可调激光介质输出的光输入该晶体；
声波输入装置，它设置于上述声—光晶体上，其用于将声波输入该声—光晶
10 体，可对从所述波长可调激光介质射出的光的波长进行选择，从而能高速度对波长进行调节；
连续波激光器，其用于使受激发的激光束输入上述激光谐振器中；
从声—光晶体输出的非衍射的光用作从上述激光谐振器发出的输出激光束。
2. 根据权利要求 1 所述的振荡器，其特征在于它还包括设置于上述激光谐振
15 器中的光学部件，该光学部件用于对从声—光晶体输出的经衍射的光的散射进行修正。。
3. 根据权利要求 1 所述的振荡器，其特征在于上述连续波激光器为连续波固态激光器。
4. 根据权利要求 2 所述的振荡器，其特征在于上述连续波激光器为连续波固
20 态激光器。
5. 根据权利要求 1 所述的振荡器，其特征在于上述连续波激光器为连续波半导体激光器。
6. 根据权利要求 2 所述的振荡器，其特征在于上述连续波激光器为连续波半导体激光器。
- 25 7. 根据权利要求 1 所述的振荡器，其特征在于上述连续波激光器为连续波 Ar 离子激光器。
8. 根据权利要求 2 所述的振荡器，其特征在于上述连续波激光器为连续波 Ar 离子激光器。

9. 根据权利要求 1 所述的振荡器, 其特征在于上述连续波激光器为连续波 Nd 固态激光器第 2 具有较高频率的谐振器的二次谐波。

10. 根据权利要求 2 所述的振荡器, 其特征在于上述连续波激光器为连续波 Nd 固态激光器第 2 具有较高频率的谐振器的二次谐波。

5 11. 根据权利要求 1 所述的振荡器, 其特征在于上述激光谐振器为 Z 型光路激光谐振器。

12. 根据权利要求 2 所述的振荡器, 其特征在于上述激光谐振器为 Z 型光路激光谐振器。

10 13. 根据权利要求 3 所述的振荡器, 其特征在于上述激光谐振器为 Z 型光路激光谐振器。

14. 根据权利要求 4 所述的振荡器, 其特征在于上述激光谐振器为 Z 型光路激光谐振器。

15 15. 根据权利要求 5 所述的振荡器, 其特征在于上述激光谐振器为 Z 型光路激光谐振器。

15 16. 根据权利要求 6 所述的振荡器, 其特征在于上述激光谐振器为 Z 型光路激光谐振器。

17. 根据权利要求 7 所述的振荡器, 其特征在于上述激光谐振器为 Z 型光路激光谐振器。

20 18. 根据权利要求 8 所述的振荡器, 其特征在于上述激光谐振器为 Z 型光路激光谐振器。

19. 根据权利要求 9 所述的振荡器, 其特征在于上述激光谐振器为 Z 型光路激光谐振器。

20. 根据权利要求 10 所述的振荡器, 其特征在于上述激光谐振器为 Z 型光路激光谐振器。

波长可调激光器中的波长可选择激光振荡器

5 本发明涉及波长可调激光器中的波长可选择激光振荡器，特别涉及下述的波长可调激光器中的波长可选择激光振荡器，在该振荡器中连续波激光（CW 激光）用作受激发的激光源，连续波激光束作为受激发的激光束射入激光谐振器。

作为将连续波激光用作受激发的激光束，并且将连续波激光束作为受激发的激光束射入激光谐振器中的波长可调激光器，例如连续波激光激发的钛-蓝宝石
10 （Ti : Al₂O₃）激光器目前已为公众所知。

在连续波激光激发的钛-蓝宝石激光器中，由于连续波激光束用作受激发的激光束，这样会产生下述的问题，即如果不使激光谐振器中的光损失变得很小，则不能实现激光振荡，因为受激发的激光束的能量较低，即使实现激光振荡，波长的调节速度也很低。

15 本发明是针对已有技术中所存在的上述问题而提出的。因此本发明的目的在于提供一种波长可调激光器中的波长可选择激光振荡器，通过该振荡器，尽管将连续波激光束用作受激发的激光束，但仍可以较高的速度对波长进行调节。

为了实现上述目的，本发明的波长可调激光器中的波长可选择激光振荡器的特征在于：激光谐振器，它包括位于射出侧的相对的反射镜，每个反射镜具有规定的反射率，和全反射镜，该全反射镜不透光，但反射光；波长可调激光介质，
20 它设置于上述激光谐振器中，并且可在规定范围的波长区域实现激光振荡；设置于上述激光振荡器中的声-光晶体，从上述波长可调激光介质射出的光射入该晶体；声波输入装置，它设置于上述声-光晶体上，其用于让声波输入声-光晶体；连续波激光器，其用于使受激发的激光束输入上述激光谐振器中；从位于输出侧
25 的反射镜射出的激光束用作从上述激光谐振器发出的射出激光束。

另外，本发明的波长可调激光器中的波长可选择激光振荡器的特征在于：激光谐振器，它包括相对的全反射镜，每个镜不透光，但反射光；波长可调激光介质，它设置于上述激光谐振器中，并且可在规定范围的波长区域实现激光振荡；

设置于上述激光振荡器中的声—光晶体，从上述波长可调激光介质射出的光输入该晶体；声波输入装置，它设置于上述声—光晶体上，其用于让声波输入声—光晶体；连续波激光器，其用于使受激发的激光束输入上述激光谐振器中；从声—光晶体输出的非衍射的光用作从上述激光谐振器发出的输出激光束。

- 5 此外，本发明的波长可调激光器中的波长可选择激光振荡器还包括设置于上述激光谐振器中的光学部件，它用于对从声—光晶体输出的经衍射的光的散射进行修正。

在上述场合，上述连续波激光器包括连续波固态激光器，连续波半导体激光器，连续波 Ar 离子激光器，连续波 Nd 固态激光器的二次谐波。

- 10 另外，上述的激光谐振器可为 Z 型激光谐振器或 X 型激光谐振器。

一方面，上述的波长可调激光介质可这样设置，即其入射端面以布儒斯特 (Brewster) 方式切削，上述入射端面相对上述激光谐振器内侧的光路以 Brewster 角倾斜设置。

- 此外，上述的波长可调激光介质可这样设置，即非反射涂层敷设于其入射端
15 面上，上述入射端面相对上述的激光器谐振器内侧的光路沿垂向设置。

还有，构成上述激光谐振器的相对的反射镜中的一个可由下述涂层代替，该涂层形成于上述波长可调激光介质的端面上。

- 因此，上述本发明的波长可调激光器中的波长可选择激光振荡器是这样设置的，即从波长可调激光介质输出的光输入声—光晶体，当通过声波输入装置、声波输入上述的声—光晶体中时，可对从波长可调激光介质射出的光的波长进行选择，这样在激光振荡的场合，可以较高的速度对波长进行调节，因此可对从波长
20 可调激光器中的波长可选择激光振荡器输出的激光束进行高速和任意波长的选择，其结果是，可增加输出激光束的波长调节速度。

- 在上述情况下，之所以可对于本发明的波长可调激光器中的波长可选择激光
25 振荡器进行波长选择，其原因是：当使声波在具有双折射性的声—光晶体、如 TeO_2 晶体等中产生时，下述的经衍射的光的偏振平面与非经衍射的光的偏振平面相垂直，该经衍射的光具有与输入上述晶体的光线中的上述声波频率相对应的特定波长，另外经衍射的光的射出角比非经衍射的光的射出角小，从而使上述两个角度产生显著差别。

图1是一个原理图,该图表示通过声波采用具有特定波长的光的偏振作用,而造成的波长选择,在这里具有波长 λ_i 和角频率 ω_i 的人射光输入具有双折射性的声-光晶体100中。在此场合,当具有频率 ω_a 的声波104射向声-光晶体100时,可获得经衍射的光106。

- 5 对于在构成上述的声-光晶体100中发生衍射的光线成分的衍射光106,当设置全反射镜110和位于输出侧112的具有规定透射率的反射镜时,激光谐振器是这样构成的,即衍射光在全反射镜110和位于输出侧112的反射镜之间作往复运动。在此场合,衍射光106的波长由在声-光晶体100中产生的声波104的频率确定。因此,将由RF电源驱动的压电部件固定于上述声-光晶体100上,该压电部件通过RT电源驱动而在其内部产生应变,这样具有与上述应变相对应的频率的声波104输入声-光晶体100中,从而可通过对RF电源进行控制,而实现有选择地对激光波长进行控制。

另一方面,衍射光106的衍射率由声波的强度确定,这样当控制RF电源的输入能量时,则可对激光谐振器的光损失进行控制,进而可控制激光输出能量。

- 15 然而,由于衍射角 α_{109} 相对衍射光的波长不能很好地保持恒定,这样可构成激光谐振器波长范围较窄。因此,设置全反射镜110的角度必须逐渐调节以便位于较宽范围内的激光产生振荡,这样会产生些危险,即从实际的观点来看,调节操作较为复杂。由于此缘故,必须在不改变所设置的全反射镜110的角度的情况下,通过增加波长调节范围的装置对衍射角 α_{109} 的偏差进行修正。

- 20 作为对衍射角 α_{109} 的偏差进行修正的装置,可以是一个将光的波长分散射的光学部件,如三棱镜或类似部件以便具有由波长 λ_1 和 λ_2 限定偏转角的光线穿过该三角棱镜后基本平行前进。其结果是,可始终使衍射光106垂直输入全反射镜110,这样可形成用于构成较大波长区域的激光谐振器。

- 25 根据下面的具体描述,以及附图可更加全面地理解本发明,该附图仅仅以说明方式给出,因此它并不构成对本发明的限定。

图1是一个原理图,该图表示通过声波采用具有特定波长的光的衍射而造成的波长选择;

图2是一个结构示意图,该图用于说明本发明的波长可调激光器中的波长可

选择激光振荡器的第1实施例;

图3是一个结构示意图,该图用于说明本发明的波长可调激光器中的波长可选择激光振荡器的第2实施例;

图4是一个结构示意图,该图用于说明本发明的波长可调激光器中的波长可选择激光振荡器的第3实施例;

图5是一个结构示意图,该图用于说明本发明的波长可调激光器中的波长可选择激光振荡器的第4实施例;

图6是一个结构示意图,该图用于说明本发明的波长可调激光器中的波长可选择激光振荡器的第5实施例;

下面结合附图对本发明的波长可调激光器中的波长可选择激光振荡器的优选实施例进行具体描述。

参照图2,该图是一个结构示意图,该图用于说明本发明的波长可调激光器中的波长可选择激光振荡器的第1实施例;

在该波长可调激光器中的波长可选择激光振荡器中,采用下述的所谓的Z型激光谐振器,在这里,该激光谐振器内侧往复移动的光径呈“Z”形路径。该Z型激光谐振器包括位于输出侧10的一个具有规定透射率反射镜(比如,该反射镜将所射入的98%的光反射,同时使2%的光透过)和全反射镜(反射率为100%)12。

另外,上述Z型激光谐振器设有第1中间反射镜14,激发激光束A输入该反射镜14,另外该反射镜14还将在位于输出侧10的反射镜和全反射镜12之间往复移动的光B全部反射,以及第2中间反射镜16,它对在位于输出侧10的反射镜和全反射镜12之间往复移动的光B进行全反射,此外上述激光谐振器是这样设置的,即在激光谐振器内侧往复移动的光B的光路呈“Z”形路径。

在激光谐振器的光路上的第1中间反射镜14和第2中间反射镜16之间设置有作为波长可调激光介质的Ti:Al₂O₃激光器晶体18,其对于入射光的入射端面是以布儒斯特(Brewster)式进行切割的,即上述入射端面保持布儒斯特(Brewster)角,在这里入射光的反射为零,从而由激发激光束产生的沿纵向的共轴激发会造成激光振荡。

还有,在激光谐振器的光路上的第2中间反射镜16和全反射镜12之间设置

有声—光晶体 20，其可对波长进行选择并具有双反射特性。

此外，作为声波输入装置，一个压电部件 26 固定于上述声—光晶体 20 上，该压电部件 26 通过 RF 电源 24 驱动，该 RF 电源的频率通过个人计算机 22 控制。因此，当压电部件 26 被 RF 电源 24 驱动时，RF 电源的频率根据个人计算机的控制以随机存取的方式设定，从而使压电部件 26 内产生应变。在压电部件 26 中产生应变，则具有与上述应变相对应的步骤的声波输入声—光晶体 20 中。其结果是，声—光晶体 20 仅仅使与所输入的声波相对应的光 D 产生衍射。

因此，声波朝向声—光晶体 20 的输入通过个人计算机 22 按照下述的方式控制，该方式为：可仅仅使具有下述输出激光束 C 的波长的光 B 作为衍射光 D 输出，上述激光束 C 通过压电部件 26 经过从位于输出侧 10 的反射镜输出，上述衍射光 D 被声—光晶体 20 按照预定方向产生衍射从而可产生激光振荡。

另外，在声—光晶体 20 和全反射镜 12 之间设置有助于修正上述衍射光 D 散射的散射修正棱镜 28。由于采用上述散射修正棱镜 28，可使输出的激光束 C 的方向性保持恒定。

在波长可调激光器中的波长可选择激光振荡器中，脉冲激发激光器 32 用作使受激发的光 A 向激光谐振器输入的激光器。作为脉冲激发激光器 32，可具体采用连续波固体状态激光器，连续波半导体激光器，连续的激光器 Ar 离子激光器（连续波—Ar 离子激光器）或类似激光器。

即，在采用 LiSAF 激光晶体、LiCAF 激光晶体或类似物作为波长可调激光介质以便代替 Ti： Al_2O_3 激光器晶体 18 的场合，可将类似 Nd 固态激光器这样的固态激光器的如 Nd：YAG 激光器、Nd：YLF 激光器、Nd：YVO 激光器等固态激光器的二次谐波谐波用作 CW 激光器 32。

连续波激光器 32 所产生的受激发的激光束 A 通过全反射镜 34 向全反射光束聚光镜 36 反射，从而由该全反射光束聚光镜 36 接收，之后通过第 1 中间反射镜 14 输入从而使上述 Ti： Al_2O_3 激光器晶体 18 沿纵向实现共轴激发。

在上述场合中，为了借助该来自连续波激光器 32、具有较低的能量、且作为受激发的激光束 A 而输入激光谐振器中的连续波激光束产生激光振荡，则要求采用声—光晶体 20，该晶体对从其中射出的经衍射的光 D 具有尽可能高的散射作

用。

在上述的结构中，为获得射出激光束 C，通过由脉冲激发激光器 32 输入的激发激光束 A 使 $\text{Ti}:\text{Al}_2\text{O}_3$ 激光器晶体 18 激发。根据上述原理，RF 电源 24 的频率通过个人计算机 22 控制从而可根据输出激光 C 的波长激发压电部件 26，该输出
5 激光 C 从输出侧 10 的反射镜输出。

在上述情况下，射出的衍射光 D 沿着从声—光晶体 20 输出的规定方向发生衍射，该输出光是从 $\text{Ti}:\text{Al}_2\text{O}_3$ 激光器晶体 18 射出的光线中具有与 RF 电源 24 的频率相对应的波长的输出光，该输出光来自向声—光晶体 20 射入并属于较宽的波长范围的光。此外，沿规定方向以衍射状态从声—光晶体 20 输出的衍射光 D 通过散
10 射修正棱镜 28 向全反射镜 12 输入，从而所输入的光被全反射镜 12 反射，这样所形成的光在激光器谐振器内侧沿“Z”形光路往复移动。

其结果是，仅仅具有与 RF 电源 24 的频率相对应的波长的光放大而产生激光振荡，这样仅仅具有上述波长的输出激光束 C 可从激光器谐振器输出。

按照上面所述，可通过个人计算机对 RF 电源的频率进行选择而实现输出的激光束 C 波长的选择，从而可借助 RF 电源 24 使压电部件 26 产生振动。因此，可快速任意对输出激光束 C 的波长进行选择，从而可提高输出的激光束的波长选择速度。
15

另外，由于设置有散射修正棱镜 28，这样可修正衍射光 D 沿衍射角度产生的散射。如果衍射光 D 在衍射角度内产生散射，则在激光谐振器内侧，光路发生改变，这样波长可选择的区域受到限制。然而，在这方面，当设置散射修正棱镜 28
20 时，可消除上述的问题。同时，还可在调节波长的同时，修正所产生的射出激光束 C 沿输出方向上产生的波动。

另外，激光谐振器的结构呈 Z 形，其是这样设置的，即可使被全反射光束聚焦镜 36 接收的激发激光束 A，输入 $\text{Ti}:\text{Al}_2\text{O}_3$ 激光器晶体 18 中。因此，甚至由
25 具有高重复的脉冲激光器 32 产生的具有较低能量的激发激光束 A，仍可实现激光振荡。

图 3 为是一个结构示意图，该图用于说明本发明的波长可调激光器中的波长可选择激光振荡器的第 2 实施例，在这里与图 2 中所示第 1 实施例的相同或相应

的部件采用相同的标号，并略去对这些部件的描述。

第2实施例的波长可调激光器中的波长可选择激光振荡器与第1实施方式的波长可调激光器中的波长可选择激光振荡器的不同之处仅仅在于：激光谐振器的结构呈所谓的X形。

- 5 在第2实施例的波长可调激光器中的波长可选择激光振荡器中所采用的X型的激光谐振器中，由于激发激光束A输入全反射光束聚光镜36，该镜36将其输入Ti:Al₂O₃激光器晶体18中，这样即使由CW激光器32产生的具有较低能量的激发激光束A，仍可实现激光振荡。。

另外，由于采用X型激光谐振器，这样其结构比Z型的激光谐振器的结构更
10 小。

图4中一介的结构示意图，该图用于说明本发明的波长可调激光器中的波长可选择激光振荡器的第3实施例，在这里与图2中所示第1实施例的相同或相应的部件采用相同的标号，这样可略去对上述部件的描述。

- 第3实施例的波长可调激光器中的波长可选择激光振荡器与第1实施例的波
15 长可调激光器中的波长可选择激光振荡器的不同之处仅仅在于：图2中的全反射镜12由位于输出侧10的反射镜代替，同时为了取代图1中的位于输出侧的反射镜以及第1中间镜14，在上述改进实施例中添加有下述的结构，在该结构中，激发激光束A输入到Ti:Al₂O₃激光器晶体18一侧的端面上，该侧面指晶本18被激发激光束A输入的一侧，另外用于反射从Ti:Al₂O₃激光器晶体18输出的光的
20 特殊涂层40敷设于该改进的端面。

因此，在第3实施例的波长可调激光器中的波长可选择激光振荡器中，激光谐振器由特殊涂层40和位于输出侧10的反射镜形成。

- 由于上述原因，根据第3实施例的波长可调激光器中的波长可选择激光振荡器，与第1实施例和第2实施例的波长可调激光器中的波长可选择激光振荡器相
25 比较，第3实施例的部件数量减小，从而整个系统的体积可减小到最小程度，另外可使成本降低。

图5是一个结构示意图，该图用于说明本发明的波长可调激光器中的波长可选择激光振荡器的第4实施例，在该实施例中，相同的标号表示与图2所示本发

明第1实施例相同的或相应的部件, 在这里略去对相同或相应部件的描述。

第4实施例的波长可调激光器中的波长可选择激光振荡器与第1实施方式的波长可调激光器中的波长可选择激光振荡器的不同之处在于: 没有采用下述的结构, 该结构为: Ti: Al₂O₃激光器晶体18经过布儒斯特(Brewster)式切削, 该晶体按照应用的布儒斯特(Brewster)角度设置; 而采用下述的结构, 该结构指: Ti: 对Al₂O₃激光器晶体18以垂直入射的方式切削, 同时敷设非反射涂层42, 晶体按照使激光束A沿垂直方向输入的方式设置。

如上所述, 对激发激光束A沿竖垂直方向输入其中的Ti: Al₂O₃激光器晶体18的设置比以布儒斯特(Brewster)角度设置的Ti: Al₂O₃激光器晶体18的设置容易, 另外上述角度的散射较小, 这样可获得较宽的波长区域。

图6为下述的结构示意图, 该图用于说明本发明的波长可调激光器中的波长可选择激光振荡器的第5实施例, 在该实施例中, 相同的标号表示与图2所示的本发明第1实施例相同的或相应的部件, 在这里略去对相同或相应部件的描述。

第5实施例的波长可调激光器中的波长可选择激光振荡器与第1实施方式的波长可调激光器中的波长可选择激光振荡器的不同之处在于: 位于图2中的输出侧10的反射镜由可进行100%反射的全反射镜42代替, 非衍射的光E作为输出激光束C输出。

按照第5实施例的波长可调激光器中的波长可选择激光振荡器, 由于没有采用位于输出侧10的透镜, 这样与第1实施例的波长可调激光器中的波长可选择激光振荡器相比较, 可降低激光谐振器所产生的光的损失, 这样可以下述方式确定从声—光晶体20输出的非衍射的光E和衍射光D的比例, 例如该方式可为: 经衍射的光D占98%, 而非衍射的光3占2%, 这样可降低衍射光的比例。其结果是, 与第1实施例的波长可调激光器中的波长可选择激光振荡器相比较, 在设定声—光晶体20和散射修正棱镜28, 以及通过其内采用个人计算机22的RF电源对压电部件26进行控制时可获得较高的容许量。

由于本发明按照上述方式构成, 这样与已有技术相比较, 重复性脉冲振荡频率可显著提高, 另外可增加波长调节的速度, 这样本发明可获得下述的优点, 即可大大改善使用波长可选择振荡器时的适用性。

本领域普通的技术人员可以知道，在不离开上述实质或主要特征的情况下，本发明可按照其它的特定方式实施。

在这里所给出的实施例在各方面为示意性的，它们不具有限定性。本发明的请求保护范围由非前述的后附的权利要求确定，该权利要求应包括落入本发明等
5 同物的含义和范围内的所有变换。

在这里引用了包括有说明书，权利要求书，附图和摘要的申请号为 JP 特愿平 8 -- 132847，申请日为 1996 年 4 月 30 日的已完全公开的日本专利申请，以便供参考。

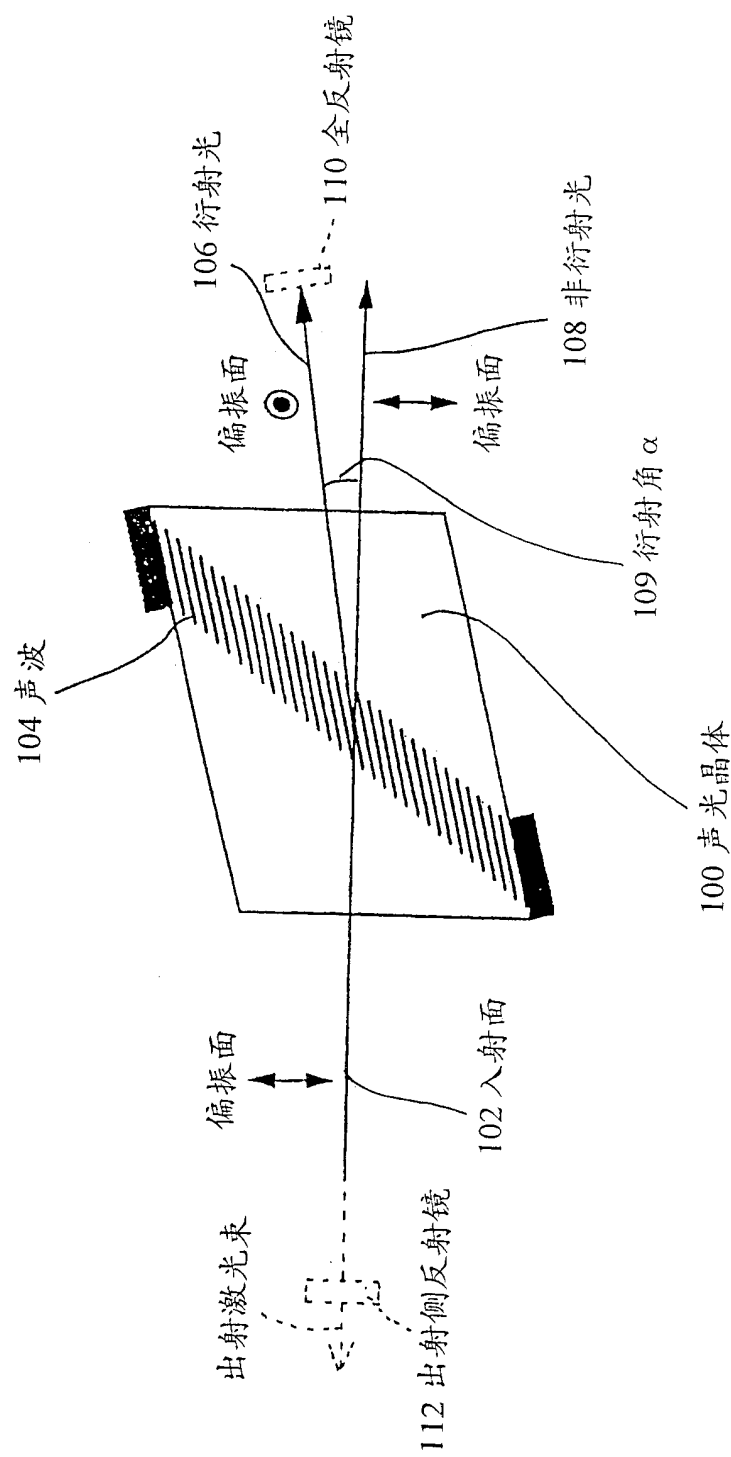


图 1

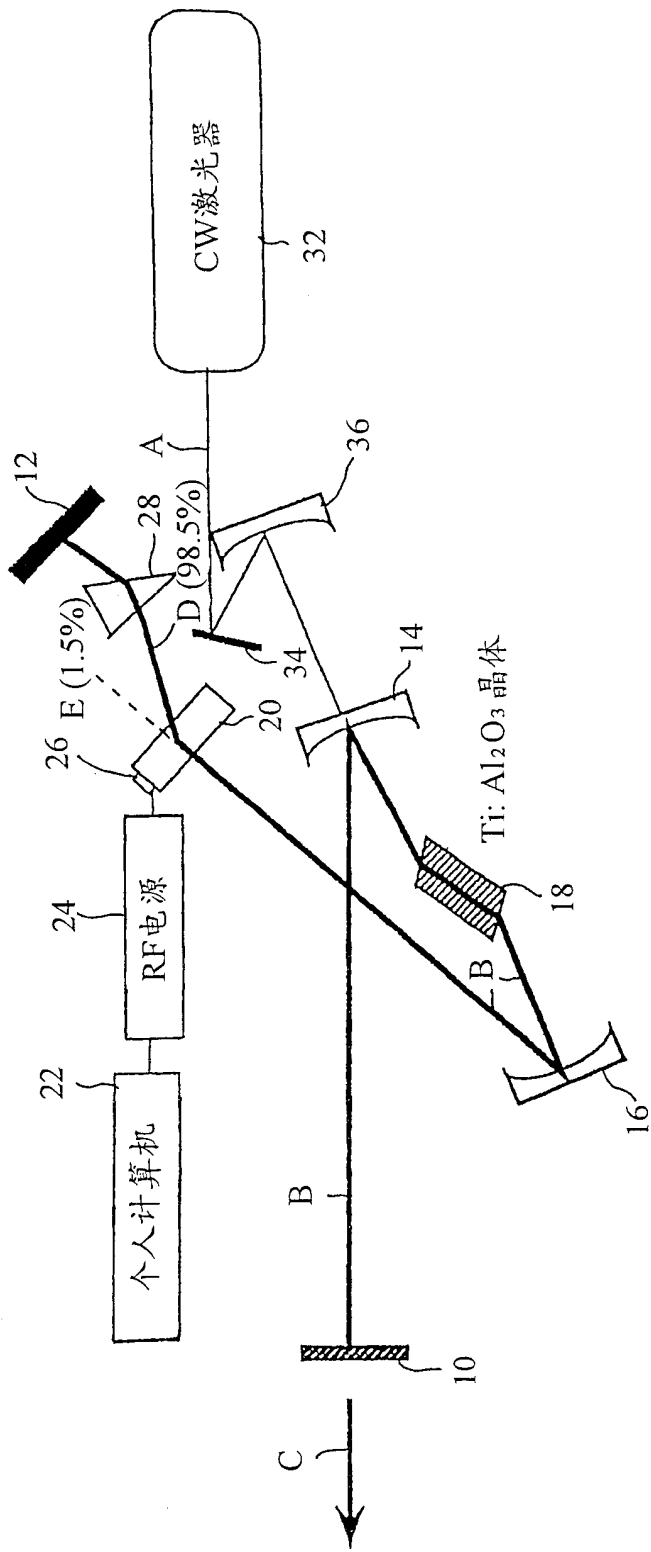


图 3

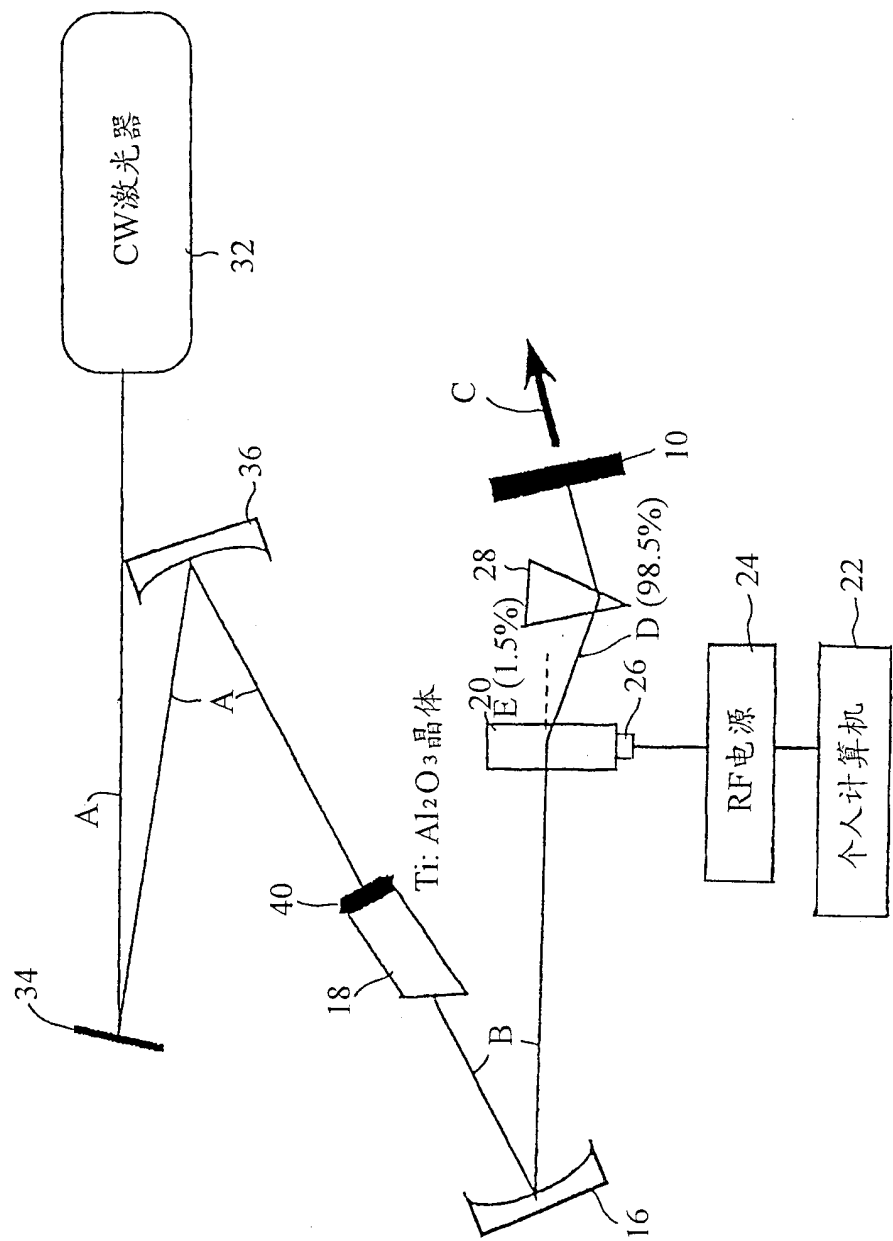


图 4

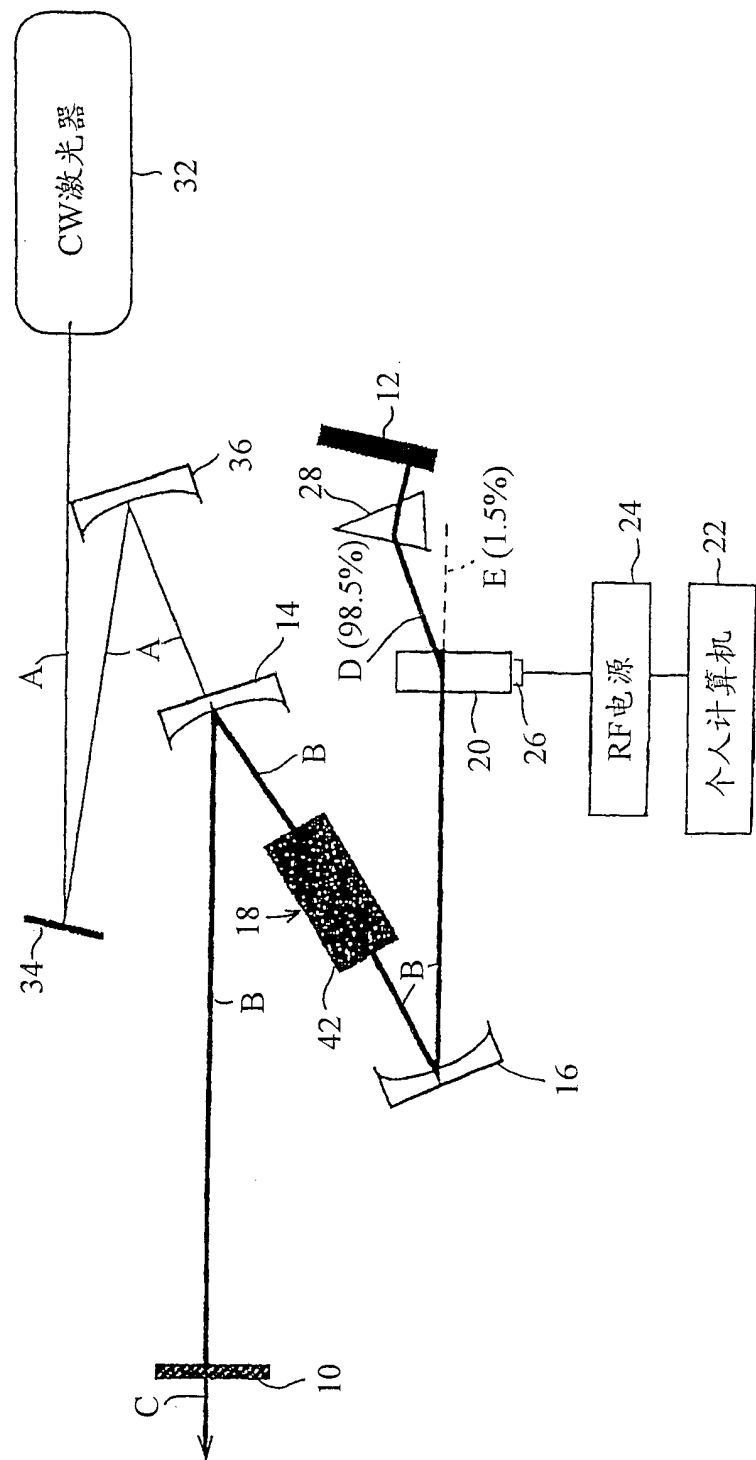


图 5

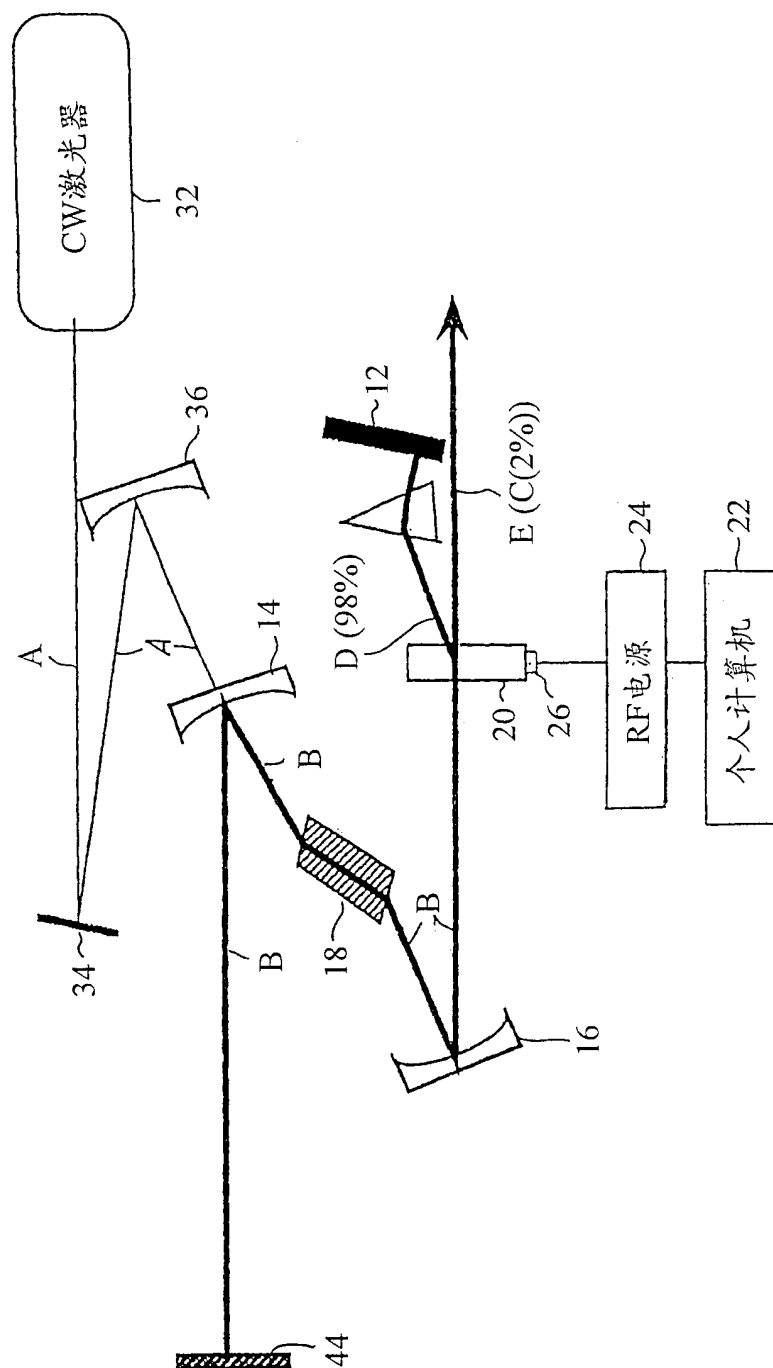


图 6