

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.



[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 200410001329.6

H01S 3/109 (2006.01)

H01S 3/081 (2006.01)

G02F 1/37 (2006.01)

B23K 26/00 (2006.01)

[45] 授权公告日 2007 年 2 月 28 日

[11] 授权公告号 CN 1302585C

[22] 申请日 2004.1.6

[21] 申请号 200410001329.6

[30] 优先权

[32] 2003. 1. 6 [33] US [31] 10/337,110

[73] 专利权人 米亚奇尤尼泰克公司

地址 美国加利福尼亚

共同专利权人 米亚奇科技株式会社

[72] 发明人 中山伸一 格瑞士·凯尔卡

格莱格瑞·贝茨

[56] 参考文献

US5580470A 1996.12.3

WO02 / 21646A1 2002.3.14

DE4228862A 1994.3.3

US2002 / 0009111A1 2002.1.24

JP11 - 68210A 1999.3.9

US5268913A 1993.12.7

US5177751A 1993.1.5

审查员 刘文治

[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 康建忠

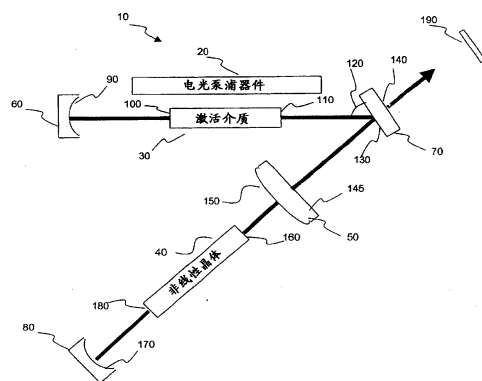
权利要求书 3 页 说明书 8 页 附图 3 页

[54] 发明名称

谐波激光器系统及其方法

[57] 摘要

本发明披露一种供金属和合金像钛，钢，铜，金，铝等使用的谐波激光器系统。该谐波激光器系统包含谐振腔，具有第一端镜和谐波分离镜；激活介质，置于所述谐振腔内；电光泵浦器件，用于在不使用 Q 开关器件的情况下，光学地泵浦所述激活介质以产生处于基波波长并具有 1 - 10 千瓦峰值的第一光束；和非线性光学晶体，置于所述谐振腔内，用来产生处于所述第一光束的谐波波长处的第二光束；以及聚焦透镜，将第一光束会聚到非线性光学晶体上，其中，谐波分离镜输出所述第二光束并反射所述第一光束。



1. 一种谐波激光器系统，包括：

具有第一端镜和谐波分离镜的谐振腔；

置于所述谐振腔内的激活介质；

电光泵浦器件，用于在不使用 Q 开关器件的情况下，光学地泵浦所述激活介质以产生处于基波波长并具有 1-10 千瓦峰值功率的第一光束；

置于所述谐振腔内的非线性光学晶体，用于响应于将第一光束会聚到非线性光学晶体上，而产生处于所述第一光束的谐波波长、适用于激光焊接的第二光束，所述谐波波长为绿光波长；以及

聚焦透镜，用于将所述第一光束会聚到所述非线性光学晶体上，其中，所述谐波分离镜输出所述第二光束并反射所述第一光束。

2. 权利要求 1 中的谐波激光器系统，其中，所述第二光束将第一工件焊接到第二工件上。

3. 权利要求 1 中的谐波激光器系统，其中，所述第二光束在工件中产生热，以改变所述工件的材料性质、再成形所述工件、或者从所述工件去除材料。

4. 权利要求 1 中的谐波激光器系统，其中，所述聚焦透镜将所述第一光束会聚到所述非线性光学晶体的表面上。

5. 权利要求 1 中的谐波激光器系统，其中，所述聚焦透镜的焦距在约 100 毫米和 150 毫米之间。

6. 权利要求 1 中的谐波激光器系统，其中，所述第一和第二光束包含脉冲激光。

7. 权利要求 6 中的谐波激光器系统，其中，所述脉冲激光的脉冲宽度大于 100 微秒。

8. 权利要求 1 中的谐波激光器系统，其中，所述非线性光学晶体选自包括双倍频、三倍频和四倍频非线性晶体的组。

9. 权利要求 1 中的谐波激光器系统，其中，所述非线性光学晶

体包含若干连续排列的非线性晶体，以通过产生高阶（ N 大于 3）谐波来提高第二光束的转换效率。

10. 权利要求 1 中的谐波激光器系统，其中，所述激活介质选自包括气体介质和激光晶体的组。

11. 权利要求 1 中的谐波激光器系统，其中，所述电光泵浦器件选自包括激光二极管和闪光灯的组。

12. 权利要求 1 中的谐波激光器系统，其中，所述激活介质和非线性光学晶体是彼此共线的。

13. 权利要求 1 中的谐波激光器系统，其中，所述谐振腔包含一个折叠谐振腔，其中所述第一光束和第二光束相互成一个角度，所述谐振腔还包含与非线性光学晶体共线的第二端镜，以将第一和第二光束都朝非线性光学晶体反射。

14. 权利要求 1 中的谐波激光器系统，其中，所述基波波长是 1064 纳米而所述谐波波长是 532 纳米。

15. 权利要求 1 中的谐波激光器系统，其中，所述电光泵浦器件不处于第一光束或第二光束的光路中。

16. 一种产生具有第一光束波长的谐波波长的第二光束的方法，包括：

在不使用 Q 开关器件的情况下，通过光学地泵浦激活介质来产生具有基波波长并具有 1-10 千瓦峰值功率的第一光束；

使用聚焦透镜将第一光束会聚到非线性光学晶体上，以产生具有谐波波长的第二光束，该第二光束适用于激光焊接，其中，所述谐波波长为绿光波长；和

引导第一和第二光束到谐波分离镜，所述谐波分离镜使第二光束通过并反射第一光束。

17. 权利要求 16 中的方法，其中，所述会聚包括：将所述第一光束聚焦到所述非线性光学晶体的表面上。

18. 权利要求 16 中的方法，其中，所述第一和第二光束垂直地入射到谐波分离镜上。

19. 权利要求 16 中的方法，其中，所述第一和第二光束以非直角的角度和互成的角度入射到谐波分离镜上。

20. 权利要求 16 中的方法，还包括使用第二光束将第一工件焊接到第二工件上。

21. 权利要求 16 中的方法，还包括在工件内使用第二光束产生热来改变工件的材料性质、再成形工件、或者从工件去除材料。

谐波激光器系统及其方法

技术领域

本发明一般涉及光谐波发生器，尤其涉及用在激光点或焊缝系统中产生输出激光束的光谐波发生器。

背景技术

近来，激光器已被应用于工业生产，尤其是用于焊接，切割，以及表面处理方面。在实践中，激光焊接技术正变的越来越重要，这主要是缘于它能获得的高精度、高加工速率，和对工件较低的热应力以及所能达到的自动化程度。当前的激光焊接系统通常用二氧化碳（CO₂）激光器，它能产生一种具有 10.6μm（微米）波长的光束，或者用一种象 Nd:YAG 激光器（钕钇铝石榴石）这样的固态器件，其产生一种具有大约 1.064μm 波长的光束。

然而，来自二氧化碳激光器的光可能不会与某些金属和合金耦合或有效地被吸收。例如，通常的二氧化碳激光器的较高波长的光在室温下可能会被诸如钛、钢等金属和合金显著地反射。类似地，YAG 激光器常用于低能状态下（小于 500 瓦），在室温下，可能不会焊接好铜金铝等这样的金属或被其有效的吸收。

当前的激光器焊接系统一般在室温下通过增加激光脉冲的峰值能量以克服金属对耦合的初始阻力，来补偿其不良的吸收性能。当金属达到其熔化的温度时，吸收会显著地提高。然而，在达到熔化温度之前，使用一个高能脉冲就可能导致相当低的效率，从而在脉冲的开始时就不能吸收激光束的有效部分。另外，一旦激光脉冲与材料耦合，该很高的峰值能量可能会施加的过大，从而导致材料溅泼（熔化金属的辐射滴）或引起金属和合金成分不必要的蒸发。这种不期望的低效率和溅泼可能会造成不一致的焊接结构。

发明内容

在依照本发明的一个实施例中，一种激光器焊接系统包括谐振腔，具有第一端镜和谐波分离镜；激活介质，置于所述谐振腔内；电光泵浦器件，用于在不使用 Q 开关器件的情况下，光学地泵浦所述激活介质以产生处于基波波长并具有 1-10 千瓦峰值功率的第一光束；和非线性光学晶体，置于所述谐振腔内，用来响应于将第一光束会聚到非线性光学晶体上，而产生处于所述第一光束的谐波波长、适用于激光焊接的第二光束，所述谐波波长为绿光波长，以及聚焦透镜，用于将所述第一光束会聚到所述非线性光学晶体上，其中，所述谐波分离镜输出所述第二光束并反射所述第一光束。

在依照本发明的另一个实施例中，提供一种产生具有第一光束波长的谐波波长的第二光束的方法。该方法包括：在不使用 Q 开关器件的情况下，通过光学地泵浦激活介质来产生具有基波波长并具有 1-10 千瓦峰值功率的第一光束；使用聚焦透镜将第一光束会聚到非线性光学晶体上，以产生具有谐波波长的第二光束，该第二光束适用于激光焊接，其中，所述谐波波长为绿光波长；和引导第一和第二光束到谐波分离镜，所述谐波分离镜使第二光束通过并反射第一光束。

附图说明

参看下面的说明、附加的权利要求及所附的附图，本发明这些和其他的特征，方面和优点将变得更加清楚，其中：

图 1 是依照本发明一个实施例，用于用在激光焊接系统中折叠发生器的光谐波发生器的简化框图；

图 2 是依照本发明另一个实施例，用于用在激光焊接系统中折叠发生器的光谐波发生器的简化框图；

图 3 是依照本发明又一个实施例，用于用在激光焊接系统中折叠发生器的光谐波发生器的简化框图。

具体实施方式

本发明的一个实施例提供一种用于产生 Nth 谐波频率光束 ($N \geq 2$) 的方法和装置。依照一个实施例, 谐波光学谐振腔包含一个电光泵浦器件 (例如, 激光二极管, 闪光灯等), 该器件产生的输出泵浦辐射光学耦合进置于光学谐振腔内的激活介质里, 以泵浦这种激活介质并在基波波长处激发该光学谐振腔。在上述的实施例中, 非线性电光介质可以与光学谐振腔被激发的基本光学模耦合来产生谐波光子。本发明的优点在下文示出的应用中可被最佳地理解, 例如, 用于一个激光焊接系统中。

图 1 是一个简化的示意图, 示出用于产生光束来焊接工件 190 的例举光学谐振腔。该光束可以是脉冲也可以是连续波。所描述的例举光学谐振腔可包括一种电光泵浦器件 20, 与激活介质像 Nd:YAG 棒光学耦合, 该泵浦器件 20 置于一个折叠腔光谐振器里以泵浦激活介质并在基波波长处激发光学谐振腔。在一个实施例中, 这种电光泵浦装置可以是一个闪光灯。在其他的实施例中, 这种激活介质 30 可以通过激光二极管或者其它本领域技术人员所知的合适泵浦器件来激发。

根据本发明的该实施例, 激活介质的选择主要依据所期望的激光特性, 诸如激光荧光寿命以及光学和机械性质。例如, 激活介质可能包括激光晶体, 气体介质, 或者其他为本领域内技术人员所知的合适激光介质。

在本发明的一个示例性实施例中, 非线性晶体 40 象 KTP (钾钛氧磷酸) 或者 LBO (三代硼酸锂 (Lithium Triborate)) 晶体可以与光学谐振腔的被激发的基模耦合, 以产生与基波波长的非线性相互作用, 从而产生谐波。这种激光谐波可被定义为具有多种基频 (即初始激光的频率) 的另一种激光。换句话说, 所有谐波波长的整体和等于基波 (即 $\lambda_f = N\lambda_h$)。

在操作中, 传播穿过非线性晶体 40 的电磁辐射与晶体中的偶极子相互作用, 从而使他们发生振荡。在实践中, 振幅和最终产生的谐

波随着辐射能量密度的增大而增大。因此，例如用在 Q 开关应用中的传统谐波系统一般采用高峰值（如，20-100 千瓦）功率，低发散，和短脉冲宽度（如 $<1\mu\text{sec}$ ，通常在纳秒范围内）的光束，这些光束可以被有效地从基波波长变换到谐波。由于该较短的脉冲宽度，因此并不能产生对于绝大多数焊接情形所必要的热输入。

然而，本申请所采用的谐波发生器，例如用在采用长脉冲宽度（如，大于 $200\mu\text{sec}$ ）或连续波、相对低峰值（1-10 千瓦）功率、相对高发散的输出光束的激光焊接系统，其可提供相对低的转换效率。因此，本发明的一个实施例还进一步包含一个位于谐振腔内的聚焦透镜 50，它能在基波波长处增加入射在非线性晶体 40 上的光束的能量密度，从而提高从基波波长到谐波波长的转换效率。该聚焦透镜 50 补偿了高发散并且提高了转换效率。例如，在没有聚焦透镜 50 的情况下，转换效率低于 0.01%，而在有聚焦透镜 50 的情况下转换效率可达到 40%。这样，不用对脉冲宽度施加任何限制就可以实现具有提高的能量密度的谐波，从而不必使用激光腔内处于激光光路上的 Q 开关。换句话说，尽管可以使用 Q-开关来产生具有谐波波长的光信号，但是其一般仅产生具有不到 $1\mu\text{m}$ 宽度的脉冲，而这一宽度并不适合进行精确地钻孔或做标记，从而通常不始于激光焊接。在本发明的实施例中，用一个或多个非线性晶体而不用 Q 开关来产生谐波，从而具有能产生长脉冲宽度（例如大于 $200\mu\text{sec}$ 和一般为大约 3msec ）谐波或者产生连续波输出的能力。这种增加了的脉冲宽度允许与工件长期相互作用，同时能且维持足够的激光能量来熔融材料，从而更有助于激光焊接。

在所描述的实施例中，激活介质 30 和非线性晶体 40 被放置在由三个反射器（或反射镜）60，70 和 80 确定的三角形谐振腔的光束光路上。在所述的实施例中，端镜 60 可具有一个凹反射面 90，耦合在棒状激活介质 30（例如激光晶体）的第一输出面 100 上。在一个实施例中，端镜 60 的凹反射面 90 可涂上一层在基波波长（例如 1.064 微米）处具有高反射率的涂层。

例如，在所描述的实施例中，凹反射面 90 可涂上多层在基波波长处具有高于约 99% 反射率的介质涂层。另外，端镜 60 的凹反射面 90 还可以在电光泵浦器件 20 的波长处是抗反射的。此外，激活介质 30 的输出面 100 和 110 可以大体是平面，并涂上一层在基波波长（例如 1.064 微米）处具有抗反射的涂层。

在所描述的实施例中，激活介质 30 的输出面 110 可光学地耦合在谐波分离镜 70 上。在所描述的实施例中，该谐波分离镜 70 可以以与激活介质 30 的光轴层 120 的角度被定向，该角度可以处在约 20 - 160 的角度内。此外，该谐波分离镜 70 可包含光质玻璃，象抛光的高纯度熔化硅（二氧化硅）或其它本领域所知的材料，例如象成模的光学类塑制品，CaAs（砷化镓），CaF₂（氟化钙）或其他类似物。在一个实施例中，该谐波分离镜 70 的表面 130 在基波波长（如 1.064 微米）处是高度反射性的，并在谐波波长（如 532 纳米）处是高透射性的。

由于例举的该光谐振腔 10 在 532 纳米处产生输出，又因为 532 纳米波长对应于绿光，因此它被称作绿光激光器。因为该实施例中的非线性晶体 40 是双倍频晶体（ $N=2$ ），它使得激光频率加倍，所以就产生 532 纳米（基波波长的一半）的谐波波长。在其它的实例中，三倍频晶体（ $N=3$ ），四倍频晶体（ $N=4$ ）或者其他类似的也可被用作非线性晶体，以分别使激光频率变成原来的三倍或四倍，从而分别产生 355 纳米和 266 纳米的波长。另外，在其他的实例中，为了达到四倍频的目的，可以连续使用两个双重晶体（ $N=2$ ）。

例如，在本实例中，表面 130 可涂上一层在基波波长处具有高反射性和在谐波波长处具有抗反射性的涂层。另外，谐波分离镜 70 的表面 140 也可涂上一层在谐波波长处具有抗反射性的涂层，以进一步提高在谐波波长处穿过谐波分离镜 70 的透射性能。

在上面所描述的实例中，聚焦透镜 50 可光学地耦合在谐波分离镜 70 的表面 130 上，以将基波波长处的光束聚焦进非线性晶体 40 中。聚焦透镜 50 可以包含例如由光质玻璃形成的平凸透镜，例如抛

光的高纯度熔化硅（二氧化硅）或者本领域内所知的其他材料，如成膜的塑料制品，CaAs, CaF₂, 或者其他类似物。在一个实例中，该聚焦透镜 50 的表面 145 和 150 可以在基波波长和谐波波长处都是高透射性的。例如，在所述的实例中，表面 145 和 150 可涂上在基波波长和谐波波长处都具有抗反射性的介质涂层。

在所述的实例中，聚焦透镜 50 的焦距大约在 50 - 500 毫米的范围内，尤其在约 100 毫米到 150 毫米的范围内。另外，在所述实例中，聚焦透镜 50 和非线性晶体 40 可以分开约等于聚焦透镜 50 焦距的距离，以增大入射到非线性晶体 40 其大体平面的光束的能量密度。

在一个示例性的实施例中，非线性晶体 40 与基波波长相互作用，通常产生由激活介质 30 发射的电磁辐射频率的 Nth 谐波。在一个实例中，KTP 或者 LBO 晶体可与基模耦合来产生第二谐波。例如，在所述实例中，激活介质 30 可包含一个 Nd:YAG 激光器（其具有大约 1064 纳米的基波波长）和非线性晶体，其产生约为 532 纳米的输出谐波。

在所述的实例中，第二端镜 80 可具有一个凹反射面 170，耦合在非线性晶体 40 的第二大体平面 180 上。在一个实例中，该第二端镜 80 的反射面 170 可涂上一层在 1064 纳米的基波波长处具有高反射性和在谐波波长（例如在本例中，532 纳米）处具有高反射性的涂层。因此，在基波波长和谐波波长处从非线性晶体 40 出射的光束被第二端镜 80 反射回非线性晶体 40，在那里，它们穿过聚焦透镜 50 到达谐波分离镜 70。

在上面的实例中，在谐波分离镜 70 表面 130 上、在 1064 纳米处具有高反射率的涂层将处于基波波长的光束反射穿过激活介质 30 回至端镜 60，在光学谐振腔内获得处于基波波长的光束。然而，由于谐波分离镜 70 对于处于谐波波长的光束是透射性的，因此，该光束穿出光学谐振腔。然后输出光束入射到工件 190 上进行所需的焊接操作。所述光束将一个第一工件焊接到一个第二工件上。所述光束在一

个工件中产生热，以改变工件的材料性质，再成形所述工件，或者从所述工件去除材料。

本发明并不限于所披露的三角形谐振腔构型，相反，本领域的普通技术人员将会理解，可以使用各种谐振腔构型来在激活介质和非线性电光晶体之间提供合适的光路。

例如，在如图 2 所示的实例中，光谐波发生器 11 的谐波分离镜 71 可包括一个凹反射面 131，以将处于基波波长的光束聚焦进非线性晶体 40 而不用聚焦透镜。在本例中，谐波分离镜 71 具有的弯曲半径能产生约 50-500 纳米焦距而不需要聚焦透镜。此外，在所述的实施例中，凹谐波分离镜 71 和非线性晶体 40 可以分开大约等于凹分离镜 71 焦距的距离。

表面 131 可以涂上一层在基波波长处具有高反射性和在谐波波长处具有抗反射性的涂层。谐波分离镜 71 的表面 141 也可涂上一层在谐波波长处具有抗反射性的涂层，以进一步提高在谐波波长处对谐波分离镜 71 的穿透性。

对于另一个实例，参考图 3，激活介质 30 和非线性晶体 40 可以设置在共线的光学谐振腔 200 内，其中谐波分离镜 70 可再次用作将光束分成基本分量和谐波分量。正如从图 3 中可以看到，基频波长和谐波波长处的光束成直角地（即以 90 度角或垂直地）入射到谐波分离镜 70 上。

尽管已经描述了本发明例举的实施例，但这并不限制所附权利要求的范围。本领域的普通技术人员将会理解，可以对上述实施例作出各种修改，而且很多其它的构造也能获得上述相同的结果。同时，对于各个领域的技术人员，本发明在此提出了解决其它任务的解决方案和对于其它应用的适应性。本申请意在由权利要求来涵盖本发明所有的这些使用和对本发明实施例做出的、实现本发明目的而又不脱离本发明精神和范围的那些改变和修改。

例如，虽然在此主要参考激光焊接描述了本发明的例举性实施例，但是本发明也可用在其它的应用中，像激光弯曲、激光热处理等

类似地，以及其它物理过程。由激光产生热，而且由于激光的较长脉冲或连续波从而其相互作用时间比用 Q-开关的系统要长，因此本发明尤其适合各种需要应用热的不同激光应用。

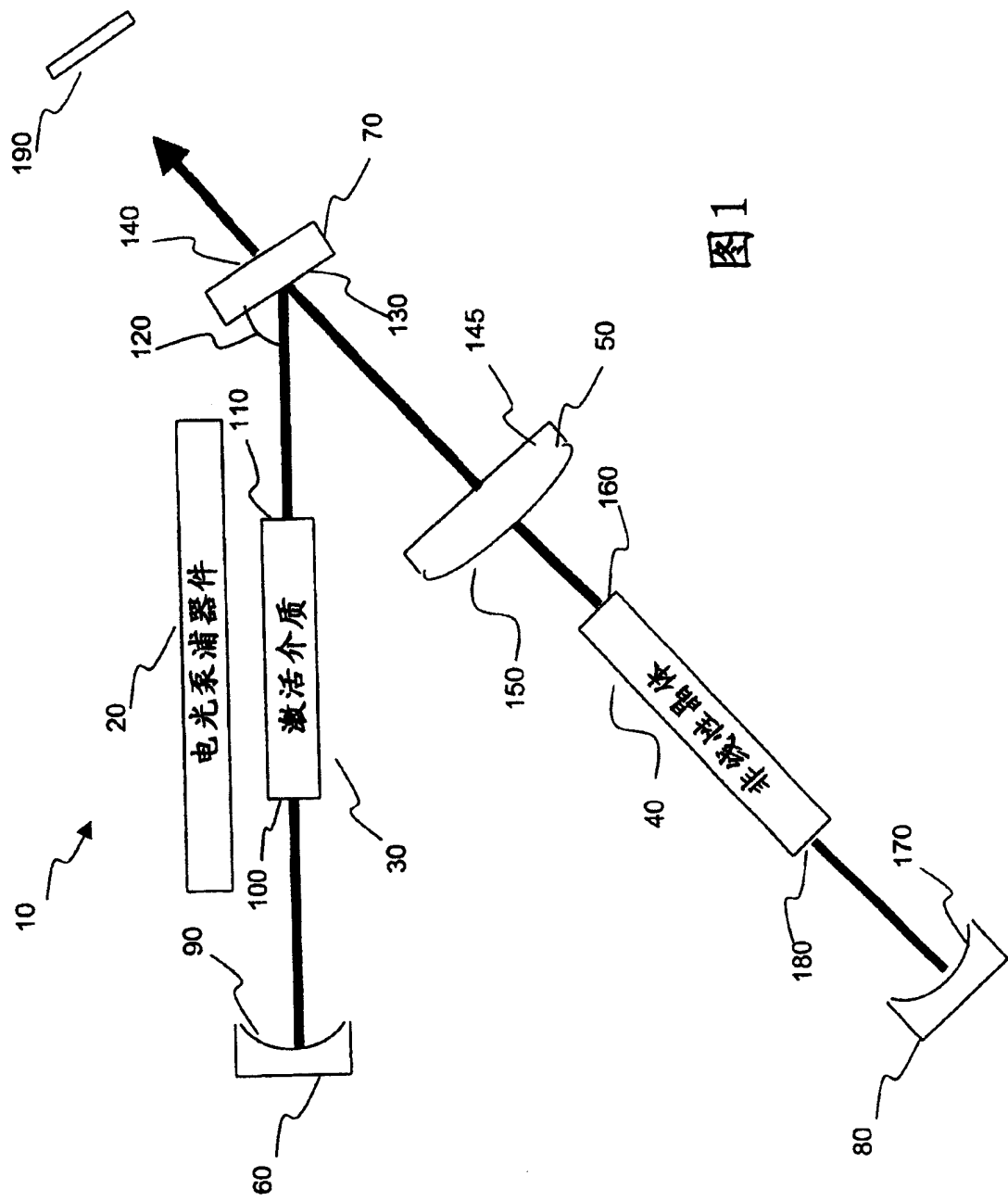


图1

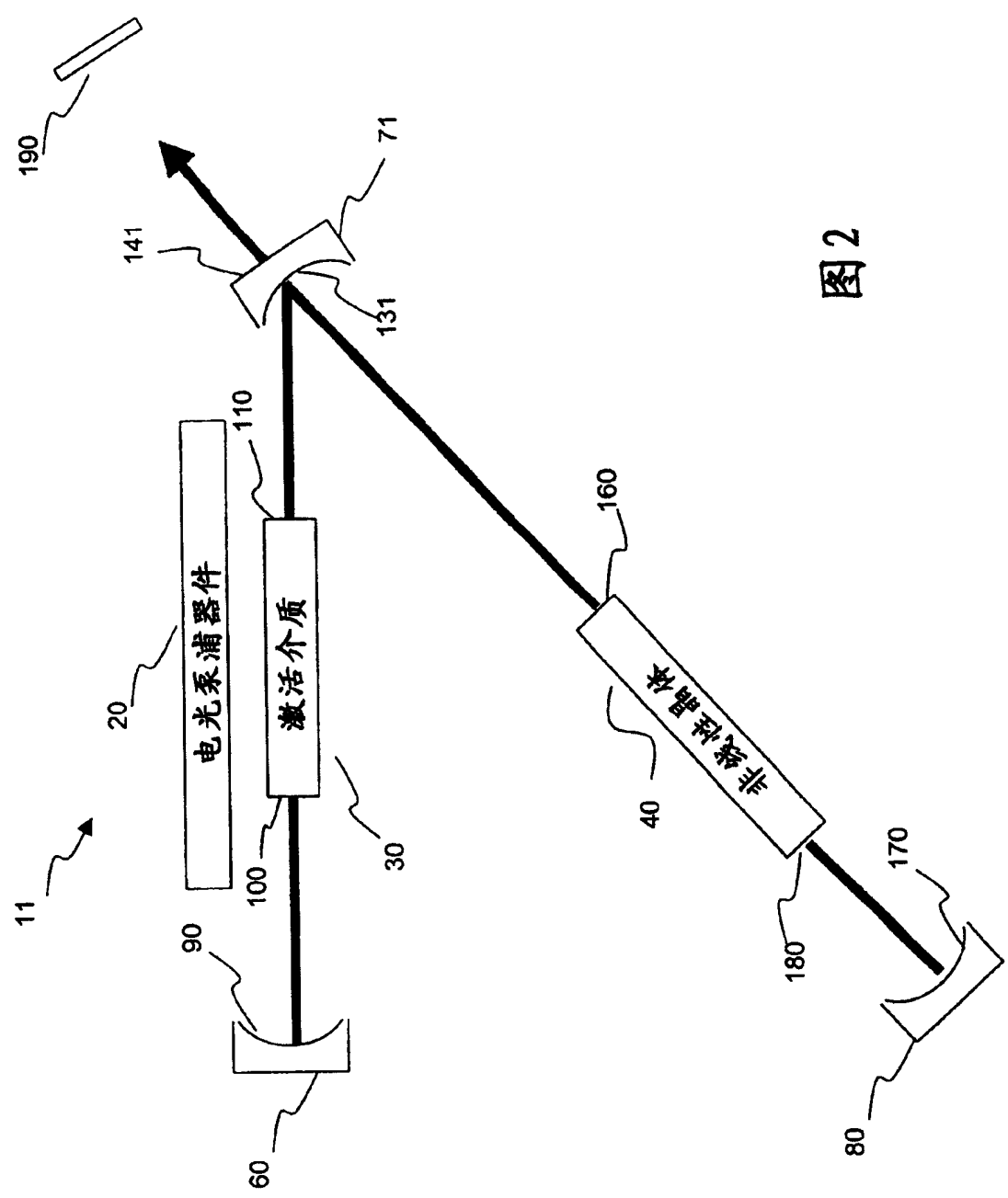


图2

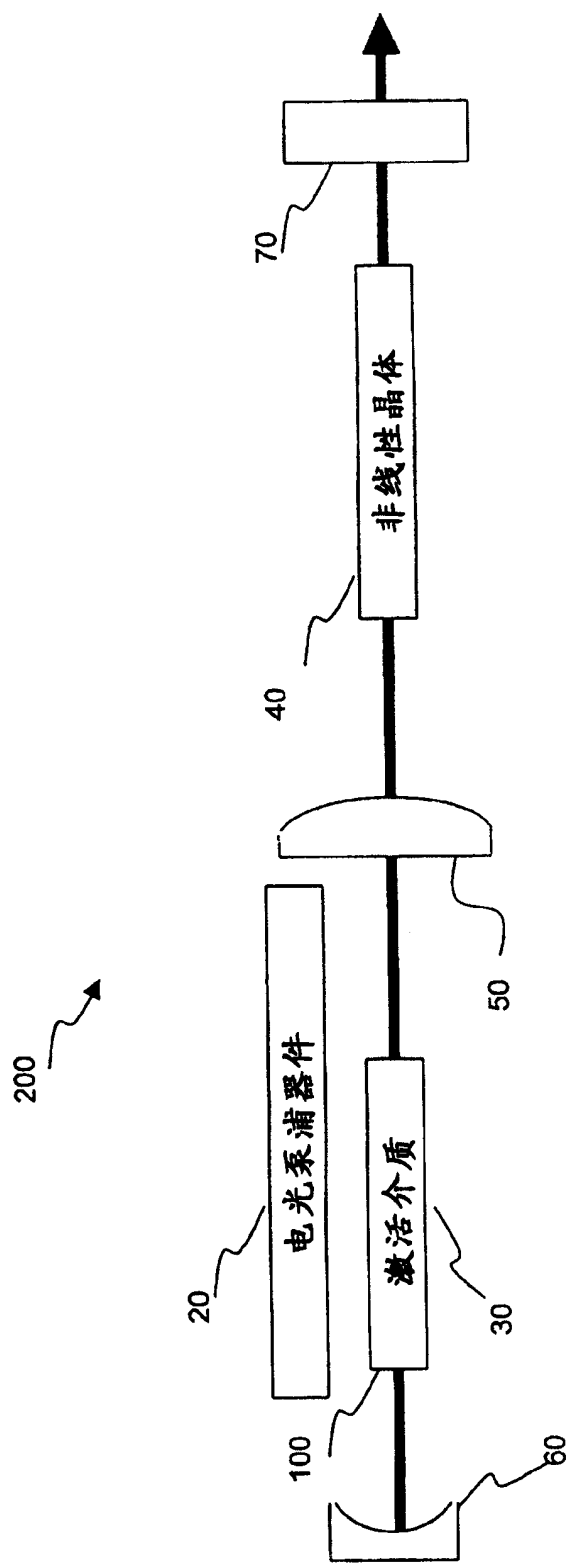


图3