

[19] 中华人民共和国国家知识产权局



[12] 发明专利申请公布说明书

[21] 申请号 200780012578.7

[51] Int. Cl.

G02F 1/39 (2006.01)

H01S 3/08 (2006.01)

H01S 3/083 (2006.01)

[43] 公开日 2009 年 4 月 22 日

[11] 公开号 CN 101416106A

[22] 申请日 2007.3.31

[21] 申请号 200780012578.7

[30] 优先权

[32] 2006. 4. 7 [33] US [31] 60/790,428

[86] 国际申请 PCT/US2007/008040 2007.3.31

[87] 国际公布 WO2007/123781 英 2007.11.1

[85] 进入国家阶段日期 2008.10.7

[71] 申请人 特克斯特罗恩系统公司

地址 美国马萨诸塞州

[72] 发明人 理查德·克瑞格·斯兰特尔

[74] 专利代理机构 中科专利商标代理有限责任公司

代理人 王波波

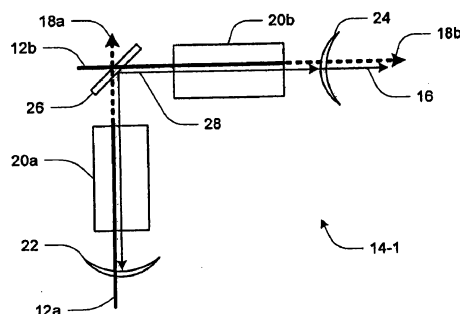
权利要求书 1 页 说明书 5 页 附图 4 页

[54] 发明名称

多端口光学参量振荡器

[57] 摘要

光学参量振荡器包括相干高能泵浦光信号源和光学谐振腔，后者包括一套光学参量放大 (OPA) 晶体和一套光学元件，诸如设置在光路上的反射镜。所述光学元件配置用于：(1) 沿光路引导由 OPA 晶体产生的振荡光信号，(2) 提供高能泵浦光信号的输入耦合，使得每个高能泵浦光信号仅穿过一个 OPA 晶体，产生相应的耗尽泵浦光信号，以及(3) 提供耗尽泵浦光信号的输出耦合，以防止每个耗尽泵浦光信号穿过多于一个 OPA 晶体。谐振腔是多叉形状，包括“L”形和“U”形，线性(或者驻波)或者环形结构。泵浦源可以采用单个高功率泵浦光束的波前分割或者替代的幅度分割。



1. 一种光学参量振荡器，包括：
多个相干高能泵浦光信号的源；以及
光学谐振腔，包括：
多个沿光路设置的光学参量放大（OPA）晶体；以及
多个沿光路设置的光学元件，所述光学元件配置用于：（1）沿光路引导由 OPA 晶体产生的振荡光信号，（2）提供高能泵浦光信号的输入耦合，使得每个高能泵浦光信号穿过相应的一个 OPA 晶体，产生相应的耗尽泵浦光信号，以及（3）提供耗尽泵浦光信号的输出耦合，防止每个耗尽泵浦光信号穿过多于一个 OPA 晶体。
2. 根据权利要求 1 中所述的光学参量振荡器，其中所述源采用相对高功率泵浦光信号的幅度分割，以产生所述多个高能泵浦光信号。
3. 根据权利要求 2 中所述的光学参量振荡器，其中所述源包括多叉光学腔，并且每个高能泵浦光信号包括在光学腔的相应分叉中出现的光信号的一部分。
4. 根据权利要求 1 中所述的光学参量振荡器，其中所述源采用相对高功率泵浦光信号的波前分割，以产生多个高能泵浦光信号。
5. 根据权利要求 1 中所述的光学参量振荡器，其中所述源包括多个反射镜，所述反射镜穿过所述相对高功率泵浦光信号波前彼此抵消，使得每个反射镜反射所述相对高功率泵浦光信号的相应部分，以产生所述多个高能泵浦光信号中对应的一个。
6. 根据权利要求 1 中所述的光学参量振荡器，其中所述光学谐振腔的光路具有互成角度设置的多个分叉，以及其中对应的光学元件包括设置于相邻分叉对之间的反射镜，所述反射镜相对于振荡器光信号是反射的，但是相对于高能泵浦和耗尽泵浦光信号是透射的。
7. 根据权利要求 1 中所述的光学参量振荡器，其中所述 OPA 晶体包括周期性极化的准相位匹配晶体。

多端口光学参量振荡器

技术领域

一种非线性光学频率转换器件利用了光学参量放大的现象，其中将在“泵浦”光信号中的一个波长处提供的能量转换成另外两个波长处的能量，通常称作“信号”波和“闲置”波。例如，一种光学参量放大（OPA）器件利用了所谓的“准相位匹配”（QPM）技术，以在紫外/可见、近红外或者中红外(MWIR)光谱范围内产生相位匹配光学参量振荡(OPO)输出。OPM 器件通过重置三个光信号在每个“相干长度” π 弧度的相位失配，产生相位匹配输出，对于 MWIR OPO 相干长度可能在 20-40 微米的范围内。一种重置相位失配的方法通过电极化的反平行畴实现，所述畴在每个相干长度上交替变化。现有 QPM 技术采用铁电晶体（铁磁体的电学相似物，其中在优选的方向上存在永久偶极矩），其中使用光刻技术制造的周期性电极引入调制电畴结构。采用非常高的场强，例如在 2-20kV/mm 的范围内，以实现所需操作。使用术语“周期性极化”（PP: periodic poling）描述这种 QPM 制造。

背景技术

现有 PP QPM 技术局限于厚度在 1-5mm 范围内的晶体结构。该限制源于铁电晶体的基本介质击穿强度。该厚度限制造成了将 PP QPM 结构用于 OPO 或者其他非线性频率转换器的潜在严重限制，所述转换器用于产生高脉冲能量输出。该限制基于事实，即 QPM 器件受限横截面积 A（大约 0.1-0.3 cm²）限制了最大泵浦脉冲能量和输出脉冲能量为横截面积 A 和典型 QPM 器件光学损伤极限 F 的乘积（F×A），极限 F 可能在例如 F=3-10 J/cm² 的范围内。

发明内容

按照公开的技术，高能量泵浦束分割成低能量泵浦束组分，每个组

分分别用于泵浦光学参量振荡器的多个 OPA 晶体中的不同晶体。例如可以通过“波前分割”实现，采用渐变反射率镜(GRMs)，反射整个波前的有限子孔径。另一种方法是通过减小幅度/强度分割泵浦束，例如使用偏振分束器或分色镜，称作幅度分割。在不超过单个 OPA 晶体光学损伤极限的情况下实现高功率。

特别地是，公开的是光学参量振荡器，包括一套相干高能泵浦光信号(energetic pump optical signal)源和一个光学谐振腔，后者包括设置在光路上的一套光学参量放大(OPA)晶体和一套对应的光学元件。所述光学元件，例如可以包括渐变反射率镜或者其他镜，配置使其(1)沿光路引导由 OPA 晶体产生的振荡光信号，(2)提供高能泵浦光信号的输入耦合，使得每个高能泵浦光信号仅穿过一个 OPA 晶体，产生相应的耗尽泵浦光信号(depleted pump optical signal)，以及(3)提供耗尽泵浦光信号的输出耦合，防止耗尽泵浦光信号穿过多于一个 OPA 晶体。

光学参量振荡器的特殊实施例采用具有多叉(multiple-leg)结构的谐振腔，每个分叉包括相应的 OPA 晶体。示出了“L”形和“U”形腔。同时，示出了线性(或者驻波)结构和环形结构。公开的采用波前分割的泵浦源利用了一套反射镜，反射镜穿过单个高功率光学泵浦束的波前彼此抵消，而替代的泵浦源采用幅度分割，从激光谐振腔的不同点提取泵浦光信号。

附图说明

结合附图，通过下面本发明具体实施例的描述可以理解前述和其他目标、特性和优点，其中相同的参考符号表示不同视图中的相同部件。附图不一定按比例绘制，重点在于说明本发明不同实施例的原理。

图 1 是根据本发明实施例的多端口光学参量振荡器的方框图；

图 2-3 是图 1 所示光学参量振荡器中光学谐振腔实施例的示意图；

图 4 是图 1 所示光学参量振荡器的实施例的示意图；

图 5-6 是图 1 所示光学参量振荡器中光学腔的其他实施例的示意图；

以及

图 7 是图 1 所示光学参量振荡器中泵浦源实施例的示意图。

具体实施方式

图 1 以广义的形式示出了光学参量振荡器。泵浦源 10 产生了多个相干高能泵浦光信号 12 (ENER PUMP OPT SIGNALS), 提供给光学腔 14, 所述光学谐振腔使用高能泵浦光信号 12 产生振荡器光信号 16 (OSC OPT SIGNAL), 信号 16 是光学振荡器的所需输出。振荡器光信号 16 是在参量放大过程中产生的“信号”波或者“闲置”波, 下面将更为详细地描述。

通常, 图 1 所示光学参量振荡器的一个优点是能够产生振荡器光信号 16, 所述信号的功率大于仅使用单个泵浦光信号时产生的功率。为了防止破坏光学谐振腔 14 中的光学参量放大 (OPA) 晶体, 每个晶体的光功率密度都保持在损伤极限以下。光学谐振腔 14 采用多个由独立泵浦光信号泵浦的 OPA 晶体, 因此每个晶体仅接收泵浦源 10 提供的全部泵浦能量的一小部分。通过利用相应的高泵浦功率但是在多个晶体中分配这一功率获得高功率输出, 以便每个晶体中的功率密度维持在损伤极限以下。

图 2 示出了光学谐振腔 14 的实施例 14-1。光学谐振腔 14-1 是“L”形结构, 有两条沿不同几何轴线的分离叉 (separate legs)。每个分叉包括各自的 OPA 晶体 20 (分别用晶体 20a 和 20b 表示分叉“a”和分叉“b”)。同时还包括端面反射镜 22、24 和内反射镜 26。在所示实施例中, 端面反射镜 22、24 是球面, 以至于全部谐振腔形成了不稳定共振器, 该术语在本领域中是已知的。当处于振荡器光信号 16 的频率时, 端面反射镜 22 和内反射镜 26 是全反射的, 而端面反射镜 24 仅为部分反射的。如本领域通常所知, 这样提供了所需振荡器光信号 16 的输出耦合, 并且反馈了在谐振腔中产生的一部分光学能量以维持振荡 (用参考数字 28 表示)。振荡器光信号 16 可以是在光学参量放大过程中产生的所谓“信号”波或者“闲置”波, 同时在此也可以指“谐振波”。优选地, 在所给 OPA 晶体 20 中产生的非共振波 (例如, 如果信号波共振的闲置波) 在光学谐振腔 14 外耦合且不进入振荡器的其他 OPA 晶体 20。尽管非谐振波没有明确地表示出来, 在图 2 所示的实施例中, 在 OPA 晶体 20a 内产生的非谐振波

通过反射镜 26 出射,而在 OPA 晶体 20b 内产生的非谐振波通过反射镜 24 出射。用这种方法提取非谐振波保证了所有三个波之间所需的相位同步。在下面的描述中,可以理解为从谐振腔 14 中提取非谐振波。

从每个晶体 20 中穿过对应的高能泵浦光信号 12 (12a、12b)。这可以通过振荡器的几何尺寸以及反射镜 22、24 和 26 的特征部分完成。每个高能泵浦光信号 12 均沿轴线被引导,沿所述轴线上有相应的晶体 20,反射镜 22、24 和 26 既提供高能泵浦光信号 12 的输入耦合又提供耗尽泵浦光信号 18 的输出耦合,使得每个高能泵浦光信号 12 仅用于泵浦一个晶体 20。因此,例如高能泵浦光信号 12a 穿过端反射镜 22 和晶体 20a 从晶体 20a 出射,而耗尽泵浦光信号 18a 通过内反射镜 26 从谐振腔 14 出射。类似地,高能泵浦光信号 12b 穿过内反射镜 26 和晶体 20b 从晶体 20b 出射,而耗尽泵浦光信号 18b 穿过端反射镜 24 从谐振腔 14 出射。

许多 OPA 晶体 20 都可以使用。一般等级包括相位匹配材料和所谓的“准相位匹配”或者 QPM 材料。QPM 晶体可以是“周期性极化”类型和/或利用多种 OPA 材料,例如铌酸锂晶体。

图 3 示出了光学谐振腔 14 的实施例 14-2,该实施例是带有三个分叉 (a、b、c) 的具有“U”形结构。可以理解,该方法可以扩展到任意数目的分叉,每个分叉都具有独立的泵浦晶体 20。该排列可以是如图 2 和图 3 所示的二维结构,也可以是在替代实施例中的三维结构。

图 4 示出了图 1 所示振荡器的一个实施例,该实施例采用了称作“波前分割”的技术,产生高能泵浦光信号 12。单个高功率泵浦光信号 30 撞击在一套反射镜 32 上(表示为 32a-32c),所述反射镜穿过泵浦光信号 30 的宽度彼此抵消。每个连续的反射镜 32 都反射该泵浦光信号 30 波前的相应部分,产生相应的高能泵浦光信号 12(例如信号 12a 由反射镜 32a 产生)。反射镜 34(表示为 34a-34c)在反射泵浦束 12 和 18 的同时传输谐振腔内的光学能量 28,使得每个高能泵浦光信号 12 被引导穿过相应的光学参量器件 36,耗尽泵浦光信号 18a、18b 在从相应的器件 36 中出射之后被引导出谐振腔。

图 4 还示出了整个振荡器的结构,其中一个分叉(图 4 中最左边的分叉“a”)包括作为光学参量振荡器的光学参量器件 36a,同时在后续的

分叉(图4中的“b”和“c”)中光学参量器件36仅作为光学参量放大器(如同图2-3中所示的实施例)。可以理解,每个光学参量器件36包括一个或者多个诸如晶体20之类的OPA晶体(未示出),以及用作光学参量振荡器的光学参量器件36a包括反射镜和/或维持振荡的其他元件(未示出)。

图5和图6分别示出了替代振荡器14-3和14-4,所述振荡器采用环形结构,相对于振荡器14-1和14-2中的线性或者“驻波”结构。所需振荡光学能量28沿顺时针方向传播,振荡器光信号16通过反射镜26中的一个出射。在每个振荡器14-3和14-4中,准直射光束扩张器38用在非泵浦分叉中。

图7示出了泵浦源10的一个实施例10-1,具体是环形不稳定谐振腔激光器。对比图4中的波前分割方法,所示泵浦源10-1采用“幅度分割”,即产生高能泵浦光信号12作为单个泵浦束的分离幅度组分。NdYAG晶体(NdYAG)40在其中的一个分叉中用作激光元件。Q开关、偏振器和波片(全部使用参考数字42表示)设置在另一个分叉中,准直射光束扩展器44在第三个分叉中。通过各自部分透镜46(46a-46c)提取三个相干高能波片光信号12(12a-12c)。

尽管已经部分表示和描述了本发明的许多实施例,但是本领域普通技术人员应该理解可以在不背离所附权利要求中限定的本发明精神和范围的情况下,在形式和细节上做出许多变化。

例如,尽管上述实施例采用诸如反射镜26和34用于内部光束控制,但是可以理解替代实施例可以采用替代类型的光学元件,所述元件可以包括例如棱镜、衍射元件等。还有可能有其他变化。

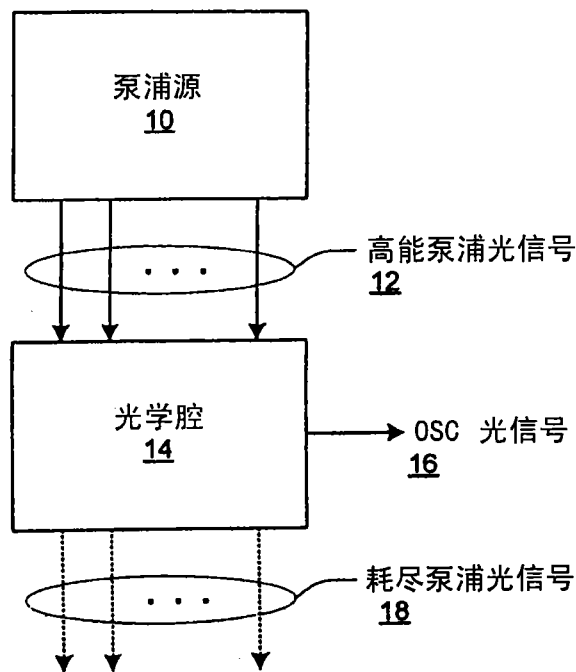


图 1

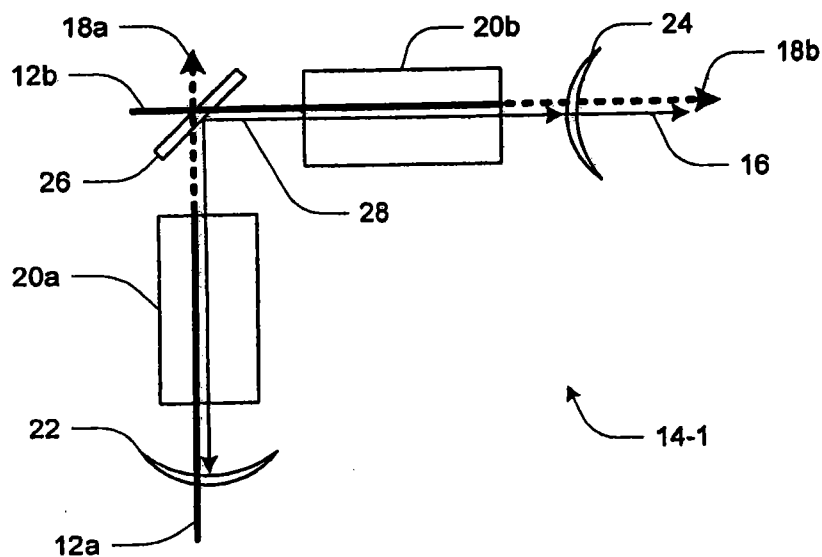


图 2

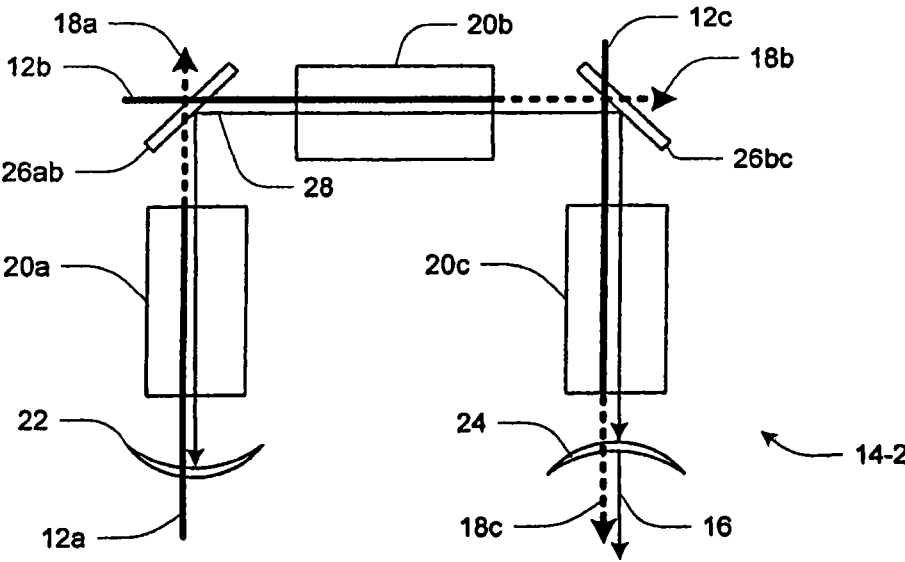


图 3

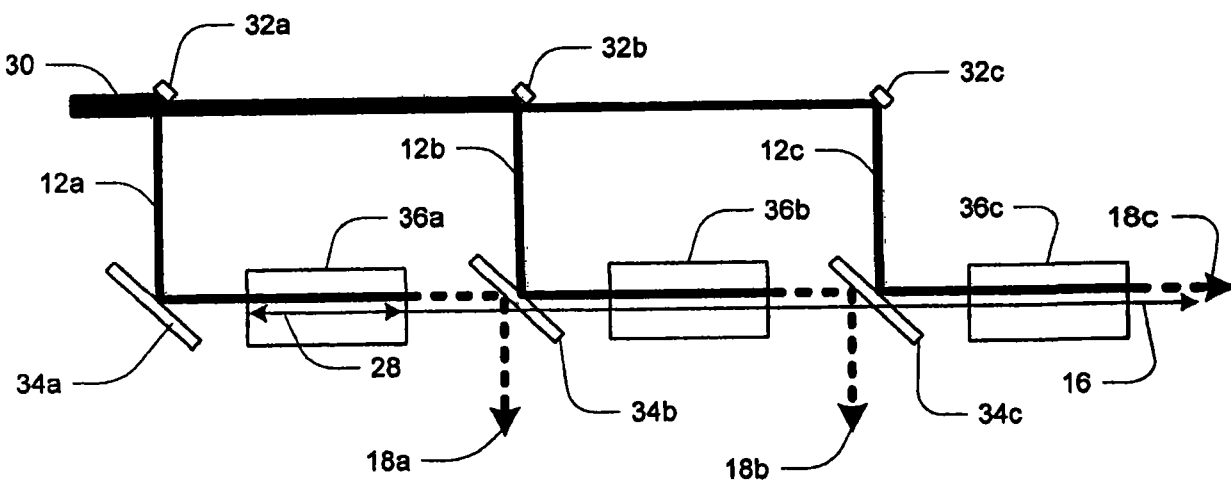


图 4

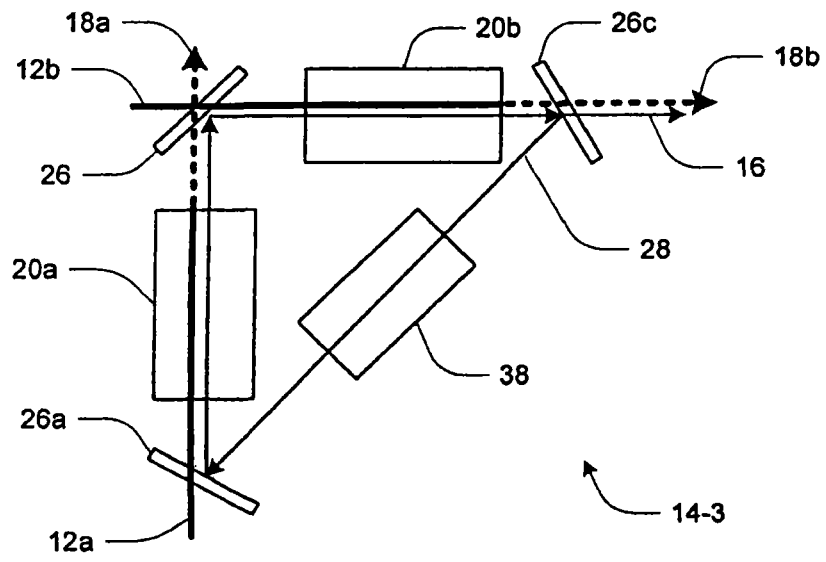


图 5

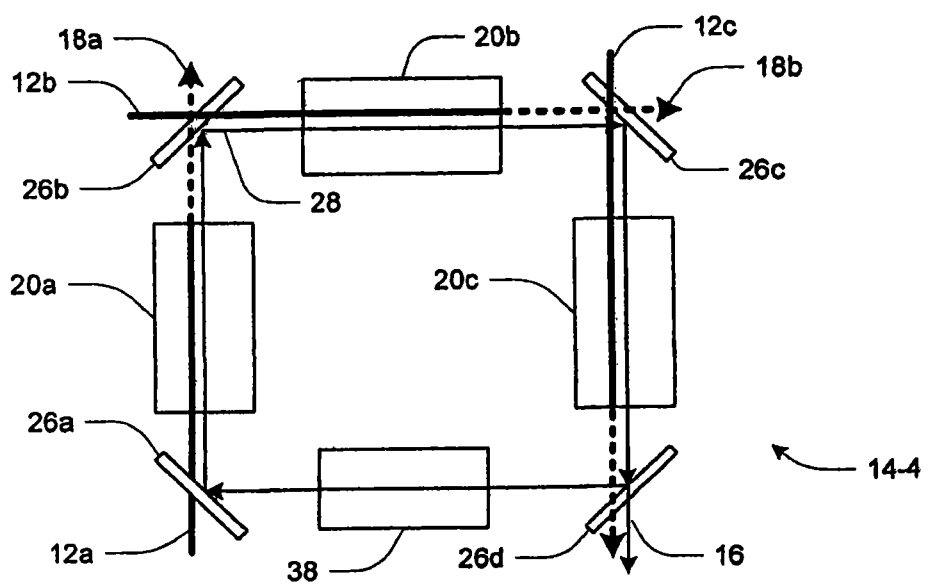


图 6

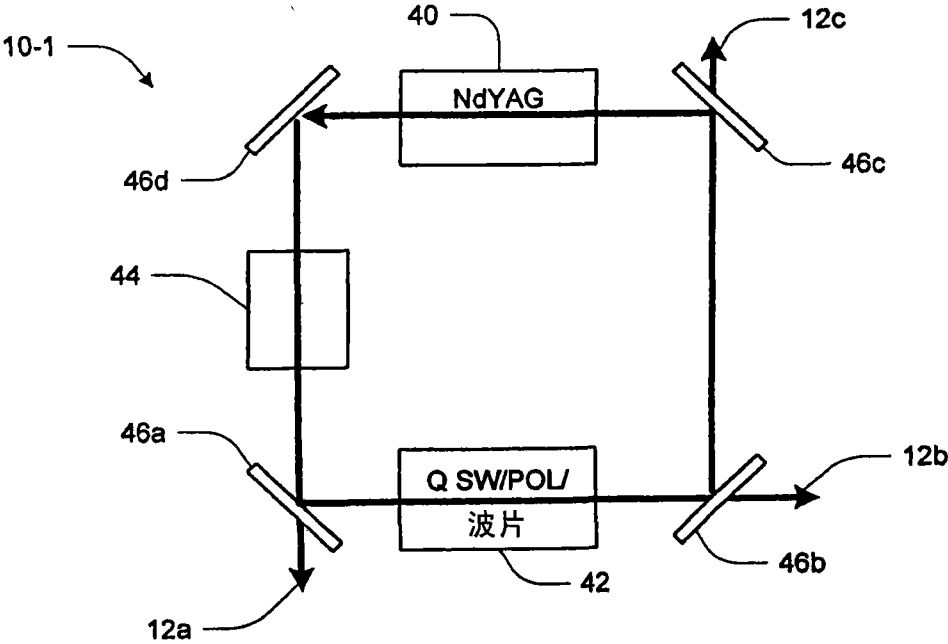


图 7