

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl⁷

H01S 3/00

G02F 1/39

H01S 3/109



[12] 发明专利说明书

[21] ZL 专利号 03115411.5

[45] 授权公告日 2005 年 6 月 22 日

[11] 授权公告号 CN 1207825C

[22] 申请日 2003.2.14 [21] 申请号 03115411.5

[71] 专利权人 中国科学院上海光学精密机械研究所

地址 201800 上海市 800-211 邮政信箱

[72] 发明人 徐至展 杨晓东 林礼煌 陆海鹤
冷雨欣 张正泉 李儒新 张文琦

审查员 王治华

[74] 专利代理机构 上海新天专利代理有限公司

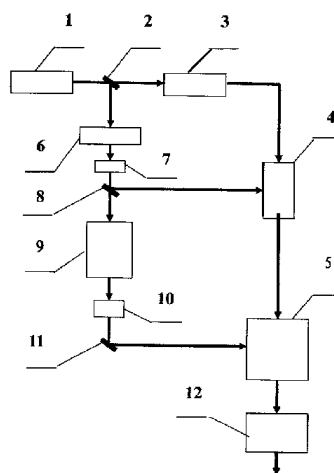
代理人 张泽纯

权利要求书 2 页 说明书 5 页 附图 2 页

[54] 发明名称 光学参量啁啾脉冲放大激光系统

[57] 摘要

一种光学参量啁啾脉冲放大激光系统，由飞秒激光振荡器、光栅对脉冲展宽器、光栅对脉冲压缩器、分束器、第一级 OPA 放大器、后级 OPA 放大器、泵浦源系统前级放大器、第一倍频晶体、二色性分光板、泵浦源系统主放大链、第二倍频晶体和二色性反射器构成，本发明的特点是信号光和泵浦光源自同一激光振荡器，信号光脉冲与泵浦光脉冲可以实现精确的时间同步，并降低了时间抖动，而且无需外加对准光源，即可对各光学参量放大级的信号光与泵浦光进行对准和同步调节，而且调整简捷、方便和准确。



ISSN 1008-4274

1、一种光学参量啁啾脉冲放大激光系统，包括飞秒激光振荡器（1）、光栅对脉冲展宽器（3）、光栅对脉冲压缩器（12），其特征在于还有：分束器（2）、第一级 OPA 放大器（4）、后级 OPA 放大器（5）、泵浦源系统前级放大器（6）、第一倍频晶体（7）、分光板（8）、泵浦源系统主放大链（9）、第二倍频晶体（10）和反射器（11），上述各元部件的相对位置关系如下：

该飞秒激光振荡器（1）产生的飞秒锁模脉冲列经分束器（2）分成两束光，其中一束光注入到光栅对脉冲展宽器（3），展宽成纳秒量级，再注入到第一级 OPA 放大器（4），作为 OPA 信号光，经放大后再注入到后级 OPA 放大器（5）作为放大信号光，从分束器（2）分出的另一束光注入到泵浦源系统的前级放大器（6），放大后通过第一倍频晶体（7）获得倍频光输出，分光板（8）将该部分倍频光注入到第一级 OPA 放大器（4），作为 OPA 泵浦光；从分光板（8）透过的剩余的基频光脉冲再注入到泵浦源系统的主放大链（9），放大后通过第二倍频晶体（10）获得倍频光输出，经反射器（11）注入到后级 OPA 放大器（5），作该 OPA 放大的泵浦光，经后级 OPA 放大器（5）放大后的信号光再引入到光栅对脉冲压缩器（12）经压缩后输出飞秒量级多太瓦激光脉冲。

2、根据权利要求 1 所述的光学参量啁啾脉冲放大激光系统，其特征在于所述的飞秒激光振荡器是钛宝石飞秒激光振荡器，或 Yb:YAG 飞秒激光振荡器。

3、根据权利要求 1 所述的光学参量啁啾脉冲放大激光系统，其特征在于所述的 OPA 放大器是由 LBO、或 BBO、或 KDP、或 DKDP 晶体制成的。

4、根据权利要求 1 所述的光学参量啁啾脉冲放大激光系统，其特征在于所述的第一倍频晶体（7）和第二倍频晶体为 DKDP 晶体、或 KDP 晶体。

5、根据权利要求 1 所述的光学参量啁啾脉冲放大激光系统，其特征

在于所述的分光板(8)为二色性分光板,所述的反射器(11)为二色性反射器。

光学参量啁啾脉冲放大激光系统

技术领域:

本发明涉及激光器，特别是一种光学参量啁啾脉冲放大激光系统，其目的是要产生高信噪比的超强超短激光脉冲。

背景技术:

近十年来，啁啾脉冲放大(Chirped Pulse Amplification, 简称为 CPA)技术已被广泛应用到建造多太瓦(即 10^{12}W , 简称为 TW)级激光系统。但 CPA 超强超短激光系统仍存在一些难以克服的缺点:激光系统的输出脉冲信噪比低,并存在预脉冲放大;放大过程存在严重的光谱增益窄化效应;另外放大介质中的热效应使得激光系统的光束质量劣化等。

近年来发展了基于啁啾脉冲放大(CPA)与光学参量放大(Optical Parametric Amplification, 简称为 OPA)相结合的光学参量啁啾脉冲放大(OPCPA)的全新原理。它是先将飞秒超短激光脉冲信号光展宽成纳秒级啁啾脉冲,由纳秒级强激光脉冲泵浦的 OPA 系统放大,最后在输出端利用光栅对进行压缩,获得飞秒超强超短激光输出。利用 LBO 或 BBO、KDP、DKDP 等非线性晶体作为光学参量放大级的 OPCPA 激光装置比用传统激光放大介质(如钕玻璃)的 CPA 激光装置具有更多的优越性,如:高输出信噪比;很低的预脉冲水平;可以消除光谱增益窄化效应,能提供比钕玻璃系统宽得多的增益带宽(约 200 纳米级)以支持超短(小于 10 飞秒级)飞秒激光脉冲放大;系统的 B 积分可以做得很小,因此激光系统可以得到极高的输出光束质量等等。目前,英国卢瑟福实验室已报道用 OPCPA 方案获得的峰值功率接近 1TW/300 飞秒的实验结果(Applied Optics, 2000, 39(15):2422-2427)。该实验室的 OPCPA 激光系统如图 1 所示,图中:

01—飞秒激光振荡器, 02—脉冲展宽器, 03—OPA 激光放大器, 04—激光泵浦源, 05—脉冲压缩器。

该激光系统的工作原理是：飞秒激光振荡器 01 产生的飞秒锁模脉冲，经过脉冲展宽器 02 展宽到纳秒量级，注入到 OPA 激光放大器 03 中，作为 OPA 放大的信号光脉冲，一台分立的激光泵浦源 04 产生的激光脉冲则作为 OPA 放大的泵浦光同时注入到 03 中，经过 OPA 激光放大器 03 放大后，信号光脉冲再通过脉冲压缩器 05 进行脉冲压缩，最后获得 1TW/300 飞秒激光输出。该激光系统在 OPA 放大过程中，泵浦源和信号源分别是两个独立的激光系统，信号光与泵浦光的时间同步是通过电子技术解决的，而信号光脉冲与泵浦光脉冲之间的时间同步（Timing Synchronization）和时间抖动（Timing Jitter）最好结果在 100 皮秒左右。由于在 OPCPA 放大过程中，信号光只在泵浦光脉冲宽度这一时间窗口内能获得增益放大，而高效 OPCPA 放大系统中，信号光与泵浦光的脉冲宽度都为 1 纳秒左右，因此信号光与泵浦光之间的时间同步误差以及时间抖动不仅会导致信号光增益的起伏，而且会导致光谱形状的畸变。理论计算和实验研究表明，当时间抖动为 100 皮秒时，会引起放大信号的明显的增益起伏和光谱畸变。另外，该激光系统的泵浦光每工作一次需近 20 分钟，使得 OPA 放大系统中信号光与泵浦光的对准只能采用外加倍频 Nd:YAG 光源，导致 OPA 放大器中的信号光与泵浦光的对准及时间同步的调节极为复杂而且准确性和可靠性降低。

发明内容：

本发明针对目前上述 OPCPA 系统在 OPA 放大器中信号光与泵浦光的精确时间同步、时间抖动以及光路精确对准方面存在的关键技术问题，提出一种光学参量啁啾脉冲放大（OPCPA）激光系统，其信号光和泵浦光可达到精确的时间同步；同时泵浦光以重复频率（1-10Hz）运行，从而使 OPA 放大系统的第一级运转在 1—10Hz 状态，直接能进行各级 OPA 放大器中信号光与泵浦光的对准和同步调节，以提高准确性和可靠性。

本发明的技术解决方案如下：

一种光学参量啁啾脉冲放大激光系统，包括飞秒激光振荡器、光栅

对脉冲展宽器、光栅对脉冲压缩器，其特征在于还有：分束器、第一级 OPA 放大器、后级 OPA 放大器、泵浦源系统前级放大器、第一倍频晶体、分光板、泵浦源系统主放大链、第二倍频晶体和反射器，上述各元部件的相对位置关系如下：

该飞秒激光振荡器产生的飞秒锁模脉冲列经分束器分成两束光，其中一束光注入到光栅对脉冲展宽器，展宽成纳秒量级，再注入到放大系统的第一级 OPA 放大器，作为 OPA 信号光，经放大后再注入到后级 OPA 放大器作为放大信号光；从分束器分出的另一束光注入到泵浦源系统的前级放大器放大后通过第一倍频晶体获得倍频光输出，分光板将该部分倍频光注入到第一级 OPA 放大器，作为 OPA 泵浦光；从分光板透过的剩余的基频光脉冲再注入到泵浦源系统的主放大链，放大后通过第二倍频晶体获得倍频光输出，经反射器注入到后级 OPA 放大器，作该 OPA 放大的泵浦光，经后级 OPA 放大器放大后的信号光再引入到光栅对脉冲压缩器经压缩后输出飞秒量级多太瓦激光脉冲。

所述的飞秒激光振荡器是钛宝石飞秒激光振荡器，或 Yb:YAG 飞秒激光振荡器。

所述的 OPA 放大器是由 LBO、或 BBO、KDP、DKDP 晶体制成的。

所述的第一倍频晶体和第二倍频晶体为 DKDP、或 LBO、或 KDP 晶体。

所述的分光板为二色性分光板，所述的反射器为二色性反射器。

本发明的技术效果在于：

在本发明的 OPCPA 放大激光系统中，信号光和泵浦光都来自同一激光振荡器，因此可以实现精确的时间同步。

泵浦光以重复频率（1-10Hz）运行，从而使 OPA 放大系统的第一级运转在 1-10Hz 状态，直接能进行各级 OPA 放大器中信号光与泵浦光的对准和同步调节；无需外加对准光源，而且对准和同步调节更简捷、方便和准确。

附图说明：

图 1 是已有的 OPCPA 放大激光系统框图。

图 2 是本发明 OPCPA 放大激光系统具体实施例框图。

图 2 中：

- | | |
|--------------|---------------|
| 1—飞秒激光振荡器 | 2—分束器 |
| 3—光栅对脉冲展宽器 | 4—第一级 OPA 放大器 |
| 5—后级 OPA 放大器 | 6—泵浦源系统的前级放大器 |
| 7—第一倍频晶体 | 8—二色性分光板 |
| 9—泵浦源系统主放大链 | 10—第二倍频晶体 |
| 11—二色性反射器 | 12—光栅对脉冲压缩器 |

具体实施方式：

先请参阅图 2，图 2 是本发明光学参量啁啾脉冲放大激光系统具体实施例框图，由图可见，本发明光学参量啁啾脉冲放大激光系统由飞秒激光振荡器 1、分束器 2、光栅对脉冲展宽器 3、第一级 OPA 放大器 4、后级 OPA 放大器 5、泵浦源系统的前级放大器 6、倍频晶体 7、二色性分光板 8、泵浦源系统的主放大链 9、倍频晶体 10、二色性反射器 11、光栅对脉冲压缩器 12 构成，该 OPCPA 激光系统的工作过程如下：

钛宝石飞秒激光振荡器 1 产生一系列约 100 飞秒的 1064 纳米锁模脉冲列经分束器 2 分成两束光，其中一束光注入到光栅对脉冲展宽器 3，展宽到 300 纳秒量级，再送到第一级 OPA 放大器（一块 LBO 晶体）4，作为 OPA 放大器系统的种子信号光。从分束器 2 分出的另一束光注入到以 1Hz 重复频率运行的泵浦源系统的前级放大器 6。在前级放大器 6 中经脉冲整形、光谱整形和放大后获得约 800 纳秒脉宽、光谱宽度小于 1 纳米的 1064 纳米激光脉冲，通过第一倍频晶体（DKDP）7 获得倍频光输出。由二色性分光板 8 将该部分倍频光反射到 OPCPA 激光系统的第一级 OPA 放大器 4，作为 OPA 的泵浦光。而从分光板 8 透过的剩余 1064 纳米基频光脉冲再注入到 OPA 泵浦源系统的钕玻璃主放大链 9，放大后

通过第二倍频晶体（KDP）10 获得倍频光输出，经二色性反射器 11 反射到后级 OPA 放大器（两块 LBO 晶体）5，作为该 OPA 放大级的泵浦光。被后级 OPA 放大器 5 放大后的信号光被引入到光栅对脉冲压缩器 12。当泵浦光的能量为 10J 时，在压缩器后得到了峰值功率高于 10TW，脉冲宽度为 120 飞秒的激光脉冲。

本发明 OPCPA 激光系统实施例，经测试表明：放大过程的信号光与泵浦光之间的时间同步和时间抖动小于 10 皮秒，另外，OPCPA 激光系统的前级 OPA 已采用 1Hz 的泵浦方式，各级 OPA 放大级可以直接对准，无需外加对准光源，对准和同步调节简捷、方便、准确。

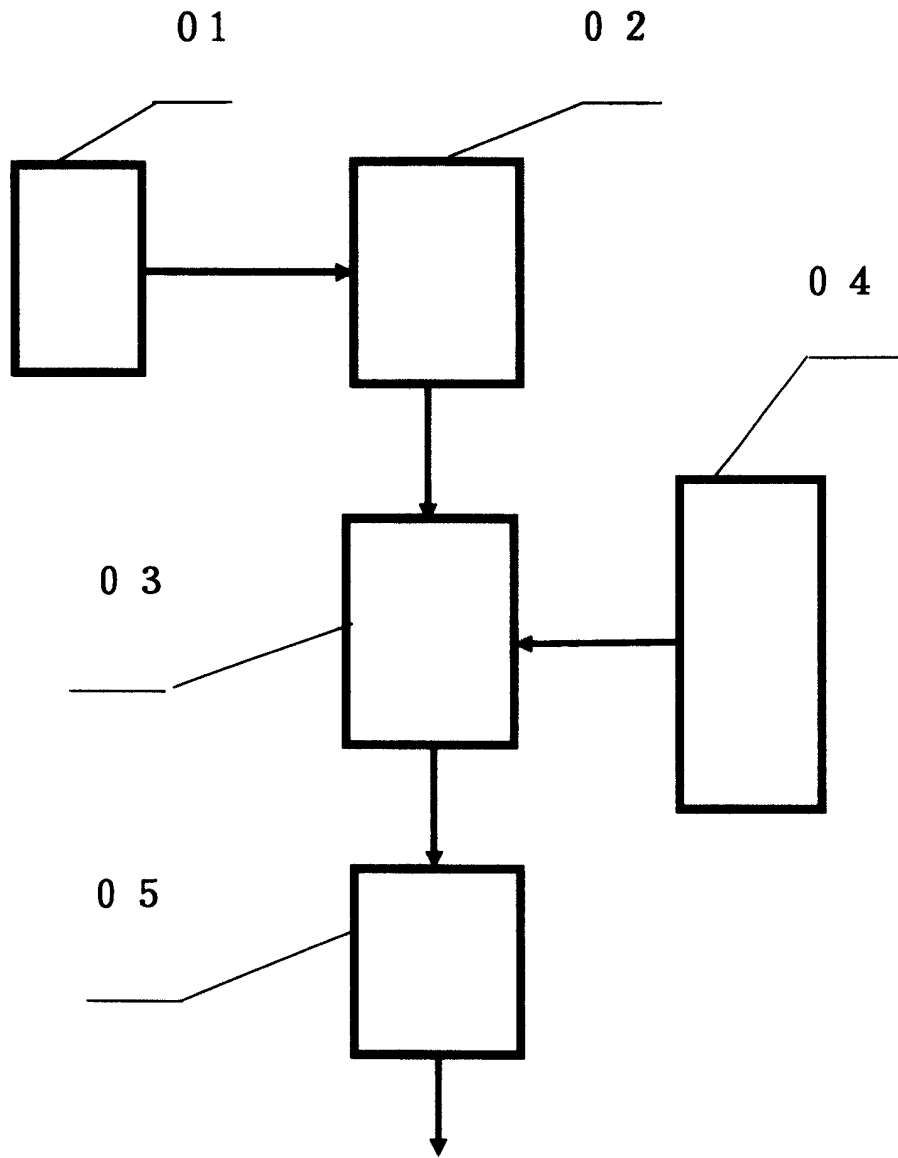


图 1

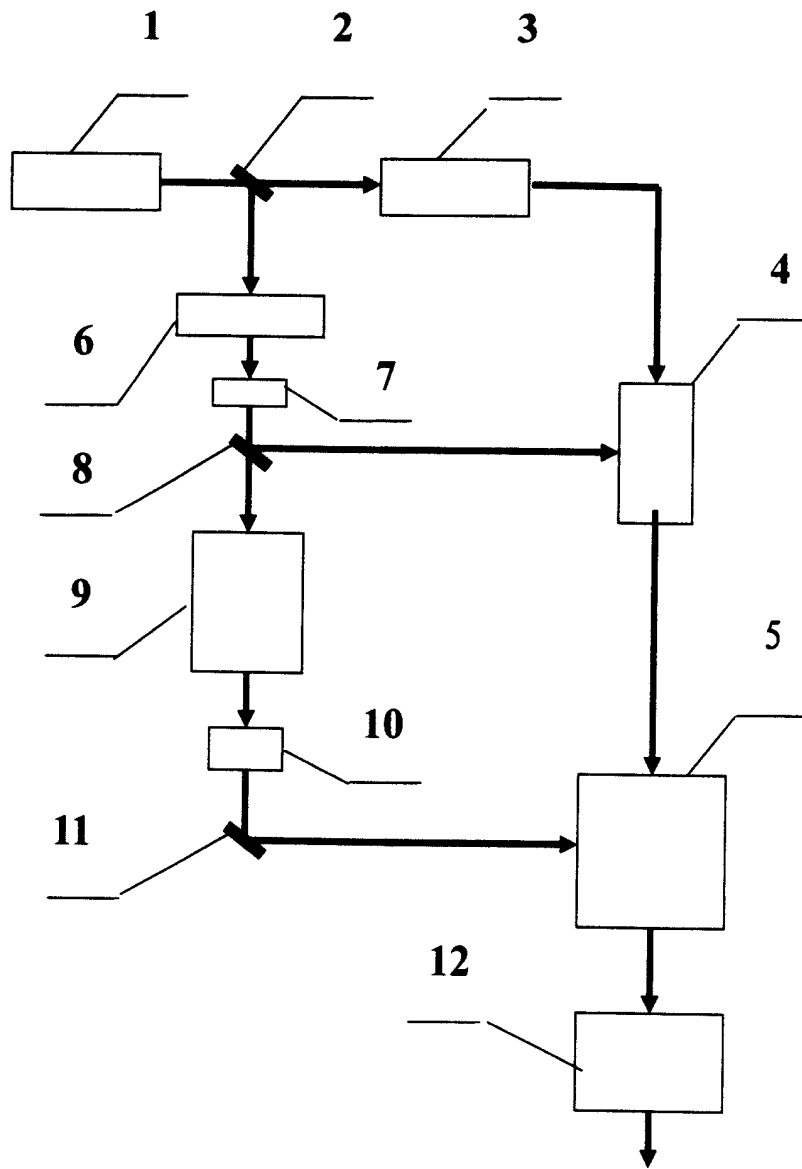


图 2