

(12) 按照专利合作条约所公布的国际申请

(19) 世界知识产权组织
国际局

(43) 国际公布日
2016 年 1 月 21 日 (21.01.2016)



(10) 国际公布号
WO 2016/008336 A1

- (51) 国际专利分类号:
G03B 39/00 (2006.01) *G02F 1/39* (2006.01)
- (21) 国际申请号: PCT/CN2015/080045
- (22) 国际申请日: 2015 年 5 月 28 日 (28.05.2015)
- (25) 申请语言: 中文
- (26) 公布语言: 中文
- (30) 优先权:
201410337541.3 2014 年 7 月 16 日 (16.07.2014) CN
- (71) 申请人: 深圳大学 (SHENZHEN UNIVERSITY)
[CN/CN]; 中国广东省深圳市南山区南海大道 3688 号, Guangdong 518060 (CN)。
- (72) 发明人: 徐世祥 (XU, Shixiang); 中国广东省深圳市南山区南海大道 3688 号, Guangdong 518060 (CN)。 陈文婷 (CHEN, Wenting); 中国广东省深圳市南山区南海大道 3688 号, Guangdong 518060 (CN)。 曾选科 (ZENG, Xuanke); 中国广东省深圳市南山区南海大道 3688 号, Guangdong 518060 (CN)。 郑水钦 (ZHENG, Shuiqin); 中国广东省深圳市南山区南海大道 3688 号, Guangdong 518060 (CN)。 蔡懿 (CAI,

Yi); 中国广东省深圳市南山区南海大道 3688 号, Guangdong 518060 (CN)。

(74) 代理人: 深圳市恒申知识产权事务所 (普通合伙) (HENSEN INTELLECTUAL PROPERTY FIRM); 中国广东省深圳市福田区南园路 68 号上步大厦 10H, Guangdong 518000 (CN)。

(81) 指定国 (除另有指明, 要求每一种可提供的国家保护): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW。

(84) 指定国 (除另有指明, 要求每一种可提供的地区保护): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 欧亚 (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 欧洲 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO,

[见续页]

(54) Title: HIGH SPATIAL RESOLUTION REAL-TIME ULTRAFAST FRAMING OPTICAL IMAGING DEVICE

(54) 发明名称: 一种实时高空间分辨的超快分幅光学成像装置

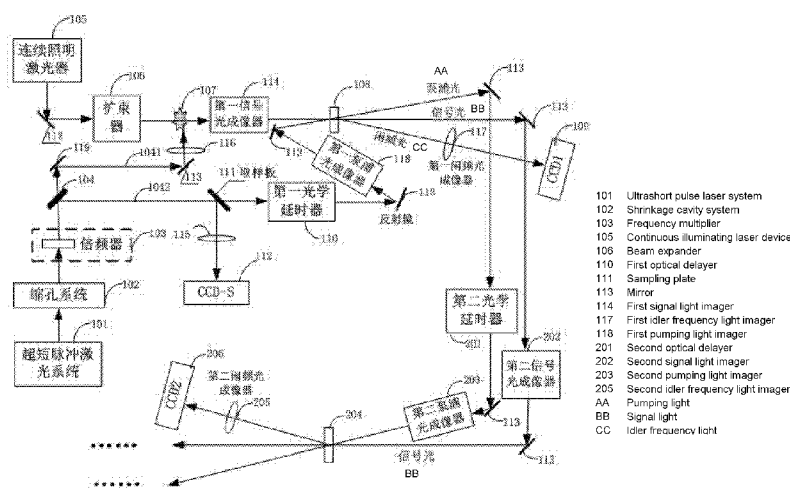


图 1 / Fig.1

(57) Abstract: A high spatial resolution real-time ultrafast framing optical imaging device, comprising an ultrashort pulse laser system (101) at the femtosecond level, a frequency multiplier (103), a wavelength splitter (104), a continuous illuminating laser device (105), a sampling plate (111), calibrated cameras (CCD-S), a first imaging recording module and a second imaging recording module. Pumping/sampling is performed on events at different times by continuous illumination of ultrafast events and an ultrashort pulse laser via non-collinear optical parametric amplification technology, and CCD cameras are employed to simultaneously receive respective idler frequency light images to realize high resolution ultrafast multi-frame optical imaging. The present invention realizes high spatial resolution, high time resolution and high framing frequency real-time imaging, with the spatial resolution greater than 20 lines/mm, the time resolution at the femtosecond level, and the framing frequency of 1012 fps.

(57) 摘要:

[见续页]

WO 2016/008336 A1



RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, **本国际公布:**

CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, — 包括国际检索报告(条约第 21 条(3))。
TG)。

一种实时高空间分辨的超快分幅光学成像装置，包括飞秒量级的超短脉冲激光系统（101）、倍频器（103）、波长分束器（104）、连续照明激光器（105）、取样板（111）、定标相机（CCD-S）、第一成像记录模块和第二成像记录模块。使用非共线光参量放大技术，利用连续光照明超快事件和超短脉冲激光对不同时刻的事件进行泵浦/取样，并采用各个 CCD 相机同时分别接收相应的闲频光图像实现高分辨超快多幅光学成像。从而实现高空间分辨、高时间分辨和高分幅频率的实时成像，空间分辨大于 20 线/mm、时间分辨达到飞秒级、分幅频率达到 1012fps 量级。

发明名称：一种实时高空间分辨的超快分幅光学成像装置

技术领域

- [1] 本发明涉及超快成像技术，尤其涉及一种实时高空间分辨的超快分幅光学成像装置。

背景技术

- [2] 探讨物质世界的高速演变的物理过程一直是物理学、化学以及生物医学等领域的研究热点。对这些物理过程进行准确成像对揭示这些动态规律，进而加以控制或利用是十分必要的。不同的事物发展过程具有不同的时间特性，因而相应的成像就有不同的时间分辨要求：发射、碰撞类瞬变过程要求毫秒和亚毫秒时间分辨；爆轰、爆炸和激波类超快过程要求微秒和亚微秒时间分辨；高电压放电和激光飞片技术要求纳秒和亚纳秒时间分辨；固体中声子和激子的衰变和迁移、液体中的解相时间和分子振动弛豫、气体和固体中的等离子体增长和衰减过程要求皮秒级时间分辨；分子结构动力学（振动、化学键的断裂和形成等原子尺度上的原子运动）、光合作用的原初反应过程、视觉过程和超快速表面动力学过程则要求飞秒级时间分辨；研究高能离子和热能电子的运动、分子中价电子的运动和原子壳层内的电子动力学（束缚电子动力学，即束缚电子的激发、电离和符合）甚至要求阿秒级时间分辨。
- [3] 当然，除了时间分辨要求，成像的高空间分辨也是至关重要的。这些瞬变过程可以分为两类：一类是周期性重复发生的，另一类是单次的、不能重复发生或低重复率发生的。周期性重复发生的过程可利用高时间分辨的泵浦—探针技术记录，成像的时间分辨率取决于成像光和探测光的脉冲时间宽度。超快激光技术的发展已经将泵浦—探针技术的时间分辨推进到飞秒甚至阿秒区。单次的、不能重复发生或低重复率发生的需要记录这种过程要求成像技术具有高时间分辨、高摄影频率和多幅的拍摄能力。显然泵浦—探针技术不能满足这种实时成像的要求。
- [4] 我们知道，对非周期重复发生的瞬态事件进行超快分幅成像的关键技术指标有

：空间分辨率、时间分辨率、分幅频率以及分幅数等。高空间分辨率除了与照明波长有关外，还取决于光学成像系统的传递函数。高时间分辨则取决于成像的快门时间。高分幅频率对于超快事件的记录也是非常重要的。如果这些分幅像是同轴传输的，则分幅频率就受制于记录介质的响应速度。扫描式记录可以摆脱这种限制，但同时也带来另一紧箍咒，即扫描速度。迄今为止利用扫描方式分幅频率难以突破10⁹fps。

对发明的公开

技术问题

- [5] 本发明所要解决的技术问题在于提供一种实时高空间分辨的超快分幅光学成像装置，旨在解决现有技术中对非周期重复发生的瞬态事件进行超快分幅时受到扫描速度限制的问题。

问题的解决方案

技术解决方案

- [6] 本发明是这样实现的，一种实时高空间分辨的超快分幅光学成像装置，包括飞秒量级的超短脉冲激光系统、倍频器、波长分束器、连续照明激光器、取样板、定标相机、第一成像记录模块和第二成像记录模块；
- [7] 所述连续照明激光器发出连续的信号光用于照明被测物体；
- [8] 所述飞秒量级的超短脉冲激光系统输出超短脉冲激光，所述超短脉冲激光用于激发超快事件；
- [9] 所述倍频器用于将所述超短脉冲激光的频率进行倍频，得到超短脉冲倍频光，所述超短脉冲倍频光用于泵浦参量放大器；
- [10] 所述波长分束器将所述超短脉冲倍频光的基波和上转换倍频光分开；
- [11] 所述的取样板和所述定标相机用于记录泵浦光的空间光强分布；
- [12] 所述第一成像记录模块包括第一光学延时器、第一泵浦光成像器、第一参量放大器、第一闲频光成像器和第一CCD相机；所述上转换倍频光经所述第一光学延时器和所述第一泵浦光成像器后照射到所述第一参量放大器上得到第一泵浦光；所述连续的信号光照明被测物体后经过所述第一信号光成像器也入射到所述第一参量放大器上得到第一信号光；所述上转换倍频光通过所述第一参量放

大器时将所述连续的信号光进行瞬时放大，并产生第一闲频光；所述第一闲频光通过所述第一闲频光成像器后，所述第一闲频光的信息由所述第一CCD相机进行记录；

- [13] 所述第二成像记录模块包括第二光学延时器、第二泵浦光成像器、第二信号光成像器、第二参量放大器、第二闲频光成像器和第二CCD相机；透过所述第一成像记录模块的所述第一泵浦光作为第二泵浦光依次经所述第二光学延时器和所述第二泵浦光成像器后照射到所述第二参量放大器上；透过所述第一成像记录模块的所述第一信号光作为第二信号光经所述第二信号光成像器后也照射到所述第二参量放大器上；所述第二泵浦光在所述第二参量放大器上将所述第二信号光进行瞬时放大，并产生第二闲频光，所述第二闲频光通过所述第二闲频光成像器后，所述第二闲频光的信息由所述第二CCD相机记录。
- [14] 所述的超快分幅光学成像装置，其中，所述超快分幅光学成像装置还包括若干个成像记录模块，所述若干个成像记录模块分别为第三成像记录模块、第四成像记录模块、……、第n-1成像记录模块、第n成像记录模块；所述第n成像记录模块包括第n光学延时器、第n泵浦光成像器、第n参量放大器、第n信号光成像器、第n闲频光成像器和第n CCD相机；
- [15] 透过所述第n-1成像记录模块的第n-1信号光和第n-1泵浦光作为第n信号光和第n泵浦光进入所述第n成像记录模块，所述第n泵浦光依次经所述第n光学延时器和所述第n泵浦光成像器后照射到所述第n参量放大器上；所述第n信号光经所述第n信号光成像器后也照射到所述第n参量放大器上；所述第n泵浦光在所述第n参量放大器上将所述第n信号光进行瞬时放大，并产生第n闲频光，所述第n闲频光通过所述第n闲频光成像器后，所述第n闲频光的信息由所述第n CCD相机进行记录。
- [16] 所述的超快分幅光学成像装置，其中，所述超快分幅光学成像装置还包括缩孔系统，所述缩孔系统将所述超短脉冲激光系统输出的超短脉冲激光的光斑尺寸变小。
- [17] 所述的超快分幅光学成像装置，其中，所述超快分幅光学成像装置还包括第一凸透镜，所述第一凸透镜置于所述定标相机前用于配合所述定标相机测量上转

换倍频光的空间光强分布。

[18] 所述的超快分幅光学成像装置，其中，所述超快分幅光学成像装置还包括第二透镜系统，所述第二透镜系统置于所述波长分束器后用于聚焦超短脉冲激光产生超快事件。

[19] 所述的超快分幅光学成像装置，其中，所述第一参量放大器、所述第二参量放大器、.....、第n参量放大器均为非共线参量放大器。

[20] 所述的超快分幅光学成像装置，其中，所述第一信号光成像器、第二信号光成像器、.....、第n信号光成像器依次替换为第一信号光傅里叶转换器、第二信号光傅里叶转换器、.....、第n信号光傅里叶转换器；相对应地，所述第一闲频光成像器、第二闲频光成像器、.....、第n闲频光成像器也依次替换为第一闲频光傅里叶转换器、第二闲频光傅里叶转换器、.....、第n闲频光傅里叶转换器。

发明的有益效果

有益效果

[21] 本发明与现有技术相比，有益效果在于：所述的实时高空间分辨的超快分幅光学成像装置利用连续照明激光器和超短脉冲激光系统相结合的成像装置能把亚皮秒时间分辨的瞬态事件单次超快成像进行记录，然后由若干个参量放大器把各个时刻的分幅图像信息分开，由各个CCD相机同时分别接收相应的闲频光图像以实现高分辨超快分幅光学成像，且各分幅成像记录对CCD相机的响应速度无要求。采用所述的超快分幅光学成像装置能达到空间分辨率大于20线/mm、高时间分辨率达到飞秒级和分幅频率达到 10^{12} fps量级的实时成像。

对附图的简要说明

附图说明

[22] 图1是本发明实时高空间分辨的超快分幅光学成像装置的结构示意图。

发明实施例

本发明的实施方式

[23] 为了使本发明的目的、技术方案及优点更加清楚明白，以下结合附图及实施例，对本发明进行进一步详细说明。应当理解，此处所描述的具体实施例仅仅用

以解释本发明，并不用于限定本发明。

- [24] 本发明主要利用连续光照明超快事件、利用超短脉冲激光对不同时刻的事件进行泵浦/取样的非共线光参量放大技术，并采用若干个CCD相机同时分别接收相应的闲频光图像以实现亚皮秒时间分辨超快分幅光学成像。
- [25] 如图1所示，为本发明其中的一个实施例。一种实时高空间分辨的超快分幅光学成像装置，包括飞秒量级的超短脉冲激光系统101、倍频器103、波长分束器104、连续照明激光器105、取样板111、定标相机CCD-S 112、第一成像记录模块和第二成像记录模块。连续照明激光器105发出连续的信号光用于照明被测物体。飞秒量级的超短脉冲激光系统101输出用于激发超快事件的超短脉冲激光给倍频器103。倍频器103用于将所述超短脉冲激光的频率进行倍频，得到超短脉冲倍频光，所述超短脉冲倍频光用于泵浦参量放大器，所述参量放大器包括第一参量放大器108、第二参量放大器204、第三参量放大器、.....、第n参量放大器。波长分束器104将超短脉冲倍频光的基波1041和上转换倍频光1042分开。取样板111和定标相机CCD-S 112用于记录泵浦光的空间光强分布。超短脉冲倍频光用于泵浦被测物体107以激发超快事件，当基波1041和连续的信号光同时照射到被测物体107上时，从被测物体107上射出的光束为携带了被测物体107信息的信号光，所述信号光中包括了闲频光。
- [26] 第一成像记录模块包括第一光学延时器110、第一泵浦光成像器118、第一参量放大器108、第一闲频光成像器117和第一CCD相机109。所述上转换倍频光1042经第一光学延时器110和第一泵浦光成像器118后照射到第一参量放大器108上得到第一泵浦光。连续的信号光照明被测物体后经过第一信号光成像器114也入射到第一参量放大器108上得到第一信号光。上转换倍频光1042通过第一参量放大器108时将连续的信号光进行瞬时放大，并分离出第一闲频光，分离出来的闲频光携带了该超快事件最初发生时刻 t_1 的信息，其时间分辨率取决于泵浦脉冲的时间宽度。第一闲频光通过第一闲频光成像器117后，第一闲频光的信息由第一CCD相机109进行记录。
- [27] 第二成像记录模块包括第二光学延时器201、第二泵浦光成像器203、第二信号光成像器202、第二参量放大器204、第二闲频光成像器205和第二CCD相机206

；透过第一成像记录模块的第一泵浦光作为第二泵浦光依次经第二光学延时器201和第二泵浦光成像器203后照射到第二参量放大器204上。透过第一成像记录模块的第一信号光作为第二信号光经第二信号光成像器202后也照射到第二参量放大器204上；第二泵浦光在第二参量放大器204上将第二信号光进行瞬时放大，并产生第二闲频光，分离出来的闲频光携带了该超快事件最初发生时刻 t_2 的信息。第二闲频光通过第二闲频光成像器205后，所述第二闲频光的信息由第二CCD相机206进行记录。

[28] 与上述实施例相结合，所述超快分幅光学成像装置还包括若干个成像记录模块，所述若干个成像记录模块分别为第三成像记录模块、第四成像记录模块、...、第 $n-1$ 成像记录模块、第 n 成像记录模块。每个成像记录模块均包含有光学延时器、信号光成像器、泵浦光成像器、参量放大器、闲频光成像器和CCD相机，即每个成像记录模块中所包含的主要器件均相同。所述第 n 成像记录模块包括第 n 光学延时器、第 n 泵浦光成像器、第 n 参量放大器、第 n 信号光成像器、第 n 闲频光成像器和第 n CCD相机。优选的，第一参量放大器108、第二参量放大器204、.....、第 $n-1$ 参量放大器、第 n 参量放大器均为非共线参量放大器。透过所述第 $n-1$ 成像记录模块的第 $n-1$ 信号光和第 $n-1$ 泵浦光作为第 n 信号光和第 n 泵浦光进入所述第 n 成像记录模块，所述第 n 泵浦光依次经所述第 n 光学延时器和所述第 n 泵浦光成像器后照射到所述第 n 参量放大器上。所述第 n 信号光经所述第 n 信号光成像器后也照射到所述第 n 参量放大器上。所述第 n 泵浦光在所述第 n 参量放大器上将所述第 n 信号光进行瞬时放大，并产生第 n 闲频光，所述第 n 闲频光通过所述第 n 闲频光成像器后，所述第 n 闲频光的信息由所述第 n CCD相机进行记录。成像记录模块的数量 n 取决于分幅数量，其分幅频率取决于 n 个时刻的时间间隔。由于所用的参量放大器均为非共线参量放大器，因此很容易将闲频光与信号光、泵浦光分开，而且 n 束闲频光空间是分离的，成像很方便被 n 个CCD相机接收。

[29] 与上述实施例相结合，所述第一信号光成像器114、第二信号光成像器202、...、第 n 信号光成像器可以依次用第一信号光傅里叶转换器、第二信号光傅里叶转换器、.....、第 n 信号光傅里叶转换器来代替，相对应地，所述第一闲频光成像器117、第二闲频光成像器205、.....、第 n 闲频光成像器也可以依次用第一闲

频光傅里叶转换器、第二闲频光傅里叶转换器、.....、第n闲频光傅里叶转换器来代替。

- [30] 所述超快分幅光学成像装置还可以包括缩孔系统102、第一凸透镜115、第二透镜系统119和扩束器106。缩孔系统102将超短脉冲激光系统101输出的超短脉冲激光的光斑尺寸变小。第一凸透镜115置于定标相机112前用于配合定标相机112测量上转换倍频光的空间光强分布。第二透镜系统119置于波长分束器104后用于聚焦超短脉冲激光产生超快事件。扩束器106用于将连续照明激光器105发出的连续光进行扩大，扩束后的连续的信号光照射到被测物体107上。
- [31] 为了使传播过程中的光更强和使整个超快分幅光学成像装置结构更加紧凑，超快分幅光学成像装置还包括若干反射镜113。若干反射镜113用于改变泵浦光、信号光或闲频光的传播方向。反射镜113可以放置在连续照明激光器105后、第一参量放大器108前后、波长分束器104后、第二信号光成像器202前、第二信号光成像器202后、第二光学延时器201后等位置，具体如图1所示。在不同的应用场景中，反射镜113的数量和安装位置可以根据需要做出变动。
- [32] 本发明选择连续光源对被测物体107的超快事件进行照明，这样该连续激光在不同时间片就携带事件在不同时刻的信息。利用成像光学系统或傅里叶变换光学系统，将事件发生所在面或它的谱面成像到光参量放大晶体上，当泵浦光在此参量晶体中与连续激光相遇产生的是连续光携带了超快事件发生在某时刻的信息，从第一参量放大器108出来的闲频光就携带了该时刻的事件信息。利用CCD相机记录闲频光信息即可获得该时刻的事件像。因此，此时泵浦光相当于光学快门，闲频光成像的时间分辨率由泵浦光的脉冲宽度决定。利用多级参量放大器，在每级参量放大器中泵浦光在参量晶体中与连续光相遇对应的连续光携带的超快事件信息对应的是不同时间点，因此它们的闲频光也就携带了不同时间点的超快事件信息，用各自的CCD相机记录，就得到超快事件的分幅图像。其分幅频率取决于相邻放大器成像事件的时间点之差，而空间分辨率除了与参量晶体的种类、厚度和相位匹配条件等外，还取决于泵浦光强度。分幅数则取决于参量放大器的级数。
- [33] 超短脉冲激光系统101可以选用800nm的钛宝石飞秒激光系统，或者1064nm波

长的飞秒激光系统，但其并不局限于800nm、1064nm的飞秒激光系统。其发出的泵浦波长可以是基波，也可以是二次谐波、甚至是三次谐波，其泵浦波的选择取决于对连续光信号光的参量放大效果。

[34] 所述的超快分幅光学成像装置具有以下优点：

[35] 连续光源结构紧凑，价格便宜，因而方便更换。连续照明激光器105发出的连续光源的波长可以根据成像的光谱需求进行选取，其范围可以从可见的500 nm到近红外。

[36] 飞秒激光泵浦可以有高达几百GW/cm²的泵浦强度，具有高参量增益和宽带特性，有利于提高成像的空间分辨率和适用弱信号成像。

[37] 成像分幅数取决于超短脉冲激光的功率和参量放大器的级数，分幅频率则取决于各参量放大器间泵浦脉冲相对于信号光传输的时间差，分幅频率可以达到10¹² Hz量级。

[38] 由于各分幅图像信息空间信息分开，所以可以被各自的CCD相机接收，且对CCD相机无快响应要求，无需任何扫描装置。

[39] 成像时间分辨率取决于参量放大器的泵浦脉冲宽度，时间分辨率可达几十飞秒量级。

[40] 以上所述仅为本发明的实施例之一而已，并不用以限制本发明。在装置中添加或减少反射镜用以改变光传输方向，增加或减少透镜系统用以改变光束传输尺寸等等属于本发明的精神和原则之内所作的任何修改、等同替换和改进等，均应包含在本发明的保护范围之内。

权利要求书

[权利要求 1]

一种实时高空间分辨的超快分幅光学成像装置，其特征在于，包括飞秒量级的超短脉冲激光系统、倍频器、波长分束器、连续照明激光器、取样板、定标相机、第一成像记录模块和第二成像记录模块；

所述连续照明激光器发出连续的信号光用于照明被测物体；

所述飞秒量级的超短脉冲激光系统输出超短脉冲激光，所述超短脉冲激光用于激发超快事件；

所述倍频器用于将所述超短脉冲激光的频率进行倍频，得到超短脉冲倍频光，所述超短脉冲倍频光用于泵浦参量放大器；

所述波长分束器将所述超短脉冲倍频光的基波和上转换倍频光分开；

所述的取样板和所述定标相机用于记录泵浦光的空间光强分布；

所述第一成像记录模块包括第一光学延时器、第一泵浦光成像器、第一参量放大器、第一闲频光成像器和第一CCD相机；所述上转换倍频光经所述第一光学延时器和所述第一泵浦光成像器后照射到所述第一参量放大器上得到第一泵浦光；所述连续的信号光照明被测物体后经过所述第一信号光成像器也入射到所述第一参量放大器上得到第一信号光；所述上转换倍频光通过所述第一参量放大器时将所述连续的信号光进行瞬时放大，并产生第一闲频光；所述第一闲频光通过所述第一闲频光成像器后，所述第一闲频光的信息由所述第一CCD相机进行记录；

所述第二成像记录模块包括第二光学延时器、第二泵浦光成像器、第二信号光成像器、第二参量放大器、第二闲频光成像器和第二CCD相机；透过所述第一成像记录模块的所述第一泵浦光作为第二泵浦光依次经所述第二光学延时器和所述第二泵浦光成像器后照射到所述第二参量放大器上；透过所述第一成像记录模块的所述第一信号光作为第二信号光经所述第二信号光成像器后也照

射到所述第二参量放大器上；所述第二泵浦光在所述第二参量放大器上将所述第二信号光进行瞬时放大，并产生第二闲频光，所述第二闲频光通过所述第二闲频光成像器后，所述第二闲频光的信息由所述第二CCD相机进行记录。

[权利要求 2] 根据权利要求1所述的超快分幅光学成像装置，其特征在于，所述超快分幅光学成像装置还包括若干个成像记录模块，所述若干个成像记录模块分别为第三成像记录模块、第四成像记录模块、...、第n-1成像记录模块、第n成像记录模块；所述第n成像记录模块包括第n光学延时器、第n泵浦光成像器、第n参量放大器、第n信号光成像器、第n闲频光成像器和第n CCD相机；

透过所述第n-1成像记录模块的第n-1信号光和第n-1泵浦光作为第n信号光和第n泵浦光进入所述第n成像记录模块，所述第n泵浦光依次经所述第n光学延时器和所述第n泵浦光成像器后照射到所述第n参量放大器上；所述第n信号光经所述第n信号光成像器后也照射到所述第n参量放大器上；所述第n泵浦光在所述第n参量放大器上将所述第n信号光进行瞬时放大，并产生第n闲频光，所述第n闲频光通过所述第n闲频光成像器后，所述第n闲频光的信息由所述第n CCD相机进行记录。

[权利要求 3] 根据权利要求1所述的超快分幅光学成像装置，其特征在于，所述超快分幅光学成像装置还包括缩孔系统，所述缩孔系统将所述超短脉冲激光系统输出的超短脉冲激光的光斑尺寸变小。

[权利要求 4] 根据权利要求1或2所述的超快分幅光学成像装置，其特征在于，所述超快分幅光学成像装置还包括第一凸透镜，所述第一凸透镜置于所述定标相机前用于配合所述定标相机测量上转换倍频光的空间光强分布。

[权利要求 5] 根据权利要求1或2所述的超快分幅光学成像装置，其特征在于，所述超快分幅光学成像装置还包括第二透镜系统，所述第二透镜系统置于所述波长分束器后用于聚焦超短脉冲激光产生超快事件

。

- [权利要求 6] 根据权利要求2所述的超快分幅光学成像装置，其特征在于，所述第一参量放大器、所述第二参量放大器、.....、第n参量放大器均为非共线参量放大器。
- [权利要求 7] 根据权利要求2所述的超快分幅光学成像装置，其特征在于，所述第一信号光成像器、第二信号光成像器、.....、第n信号光成像器依次替换为第一信号光傅里叶转换器、第二信号光傅里叶转换器、.....、第n信号光傅里叶转换器，相对应地，所述第一闲频光成像器、第二闲频光成像器、.....、第n闲频光成像器也依次替换为第一闲频光傅里叶转换器、第二闲频光傅里叶转换器、.....、第n闲频光傅里叶转换器。

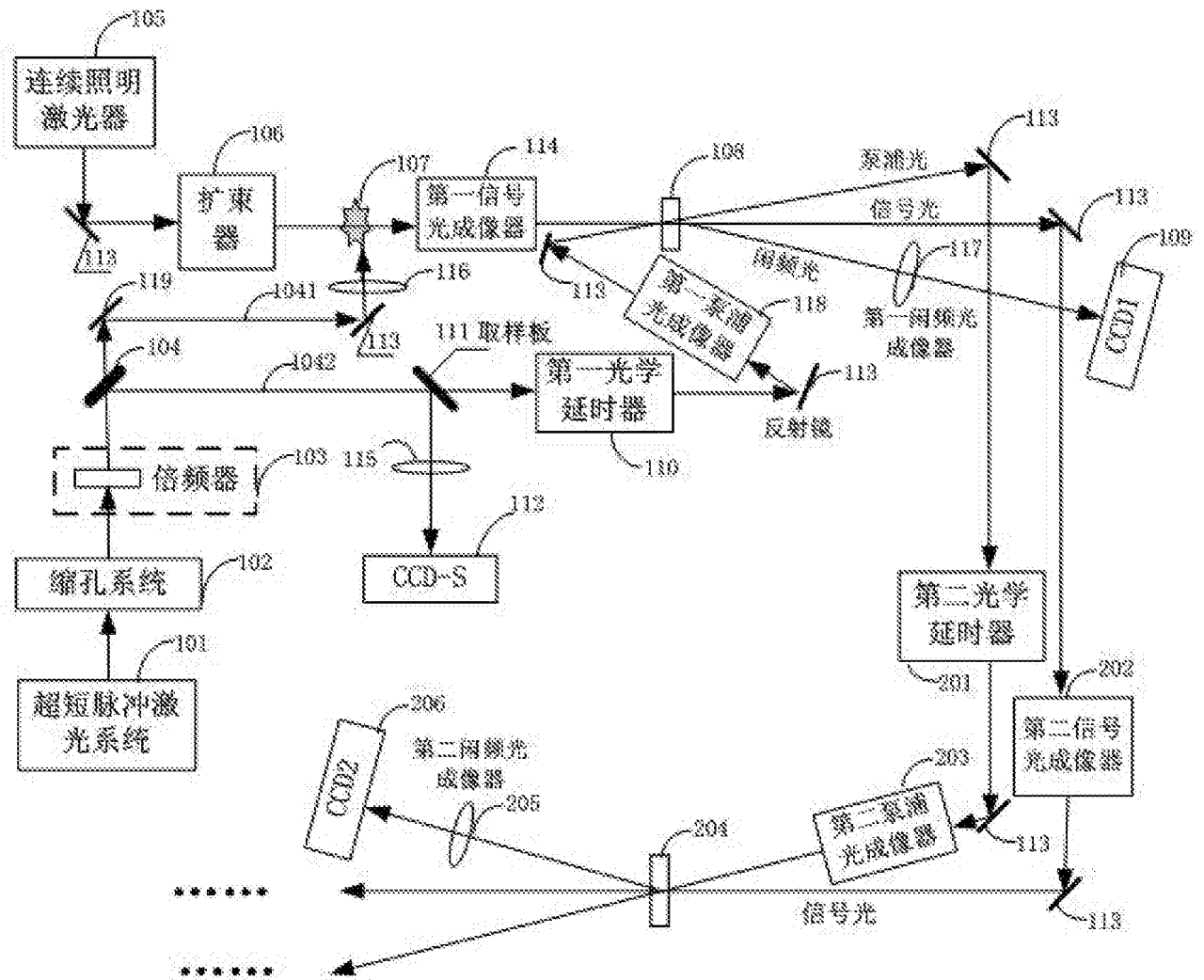


图 1

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2015/080045

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G03B 39/00 (2006.01) i; G02F 1/39 (2006.01) i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

G03B39; G02F1

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

CNABS, VEN, CNKI, IEEE, JPABS: ultrafast, ultra-short, spatial resolution, framing, frequency doubling, parametric amplification, OPA, ultra+, femto+, femtosecond, laser, pump, spatial, resolution, splitter, amplify+, imag+

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
PX	CN 104062841 A (SHENZHEN UNIVERSITY), 24 September 2014 (24.09.2014), the whole document	1-7
PX	CN 204129432 U (SHENZHEN UNIVERSITY), 28 January 2015 (28.01.2015), the whole document	1-7
A	CN 101976016 A (SHENZHEN UNIVERSITY), 16 February 2011 (16.02.2011), description, paragraphs 26-35, and figure 1	1-7
A	CN 103259180 A (INSTITUTE OF PHYSICS, CHINESE ACADEMY OF SCIENCES), 21 August 2013 (21.08.2013), description, paragraphs 52-65, and figures 4 and 5	1-7
A	US 2011273708 A1 (SAN DIEGO STATE UNIVERSITY FOUNDATION), 10 November 2011 (10.11.2011), the whole document	1-7
A	US 2006263777 A1 (TONG, W.G.), 23 November 2006 (23.11.2006), the whole document	1-7

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☒ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date	"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	"&" document member of the same patent family
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	

Date of the actual completion of the international search 27 August 2015 (27.08.2015)	Date of mailing of the international search report 09 September 2015 (09.09.2015)
Name and mailing address of the ISA/CN: State Intellectual Property Office of the P. R. China No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao Haidian District, Beijing 100088, China Facsimile No.: (86-10) 62019451	Authorized officer LIANG, Qin Telephone No.: (86-10) 62085595

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2015/080045

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	CN 103197499 A (INSTITUTE OF FLUID PHYSICS, CHINA ACADEMY OF ENGINEERING PHYSICS), 10 July 2013 (10.07.2013), the whole document	1-7
A	ZHAI, Hui et al., "Generation of Background-Free Pulses at 1064nm Accurately Synchronized with Femtosecond Laser Pulses at 794nm", ACTA PHYSICA SINICA, volume 56, number 5, 31 May 2007 (31.05.2007), ISSN: ISSN 1000-3290, pages 2821-2827	1-7

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/CN2015/080045

Patent Documents referred in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
CN 104062841 A	24 September 2014	None	
CN 204129432 U	28 January 2015	None	
CN 101976016 A	16 February 2011	CN 101976016 B	16 May 2012
CN 103259180 A	21 August 2013	CN 103259180 B	22 April 2015
US 2011273708 A1	10 November 2011	WO 2010120391 A2	21 October 2010
		WO 2010120391 A9	02 December 2010
US 2006263777 A1	23 November 2006	WO 2004068087 A3	15 September 2005
		WO 2004068087 A2	12 August 2004
		US 8268551 B2	18 September 2012
CN 103197499 A	10 July 2013	None	

A. 主题的分类 G03B 39/00(2006.01)i; G02F 1/39(2006.01)i 按照国际专利分类(IPC)或者同时按照国家分类和IPC两种分类		
B. 检索领域 检索的最低限度文献(标明分类系统和分类号) G03B39; G02F1 包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献 在国际检索时查阅的电子数据库(数据库的名称, 和使用的检索词(如使用)) CNABS, VEN, CNKI, IEEE, JPABS: 超快, 飞秒, 超短, 激光, 成像, 空间分辨, 分幅, 倍频, 泵浦, 参量放大, OPA, ultra+, femto+, femtosecond, laser, pump, spatial, resolution, splitter, amplify+, imag+		
C. 相关文件		
类 型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求
PX	CN 104062841 A (深圳大学) 2014年 9月 24日 (2014 - 09 - 24) 全文	1-7
PX	CN 204129432 U (深圳大学) 2015年 1月 28日 (2015 - 01 - 28) 全文	1-7
A	CN 101976016 A (深圳大学) 2011年 2月 16日 (2011 - 02 - 16) 说明书第26-35段、图1	1-7
A	CN 103259180 A (中国科学院物理研究所) 2013年 8月 21日 (2013 - 08 - 21) 说明书52-65段、图4, 5	1-7
A	US 2011273708 A1 (SAN DIEGO STATE UNIVERSITY FOUNDATION) 2011年 11月 10日 (2011 - 11 - 10) 全文	1-7
A	US 2006263777 A1 (TONG, W. G.) 2006年 11月 23日 (2006 - 11 - 23) 全文	1-7
☒ 其余文件在C栏的续页中列出。 ☒ 见同族专利附件。		
* 引用文件的具体类型: “A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件 “E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利 “L” 可能对优先权要求构成怀疑的文件, 或为确定另一篇引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引用的文件(如具体说明的) “O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件 “P” 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件 “T” 在申请日或优先权日之后公布, 与申请不相抵触, 但为了理解发明之理论或原理的在后文件 “X” 特别相关的文件, 单独考虑该文件, 认定要求保护的发明不是新颖的或不具有创造性 “Y” 特别相关的文件, 当该文件与另一篇或者多篇该类文件结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时, 要求保护的发明不具有创造性 “&” 同族专利的文件		
国际检索实际完成的日期 2015年 8月 27日		国际检索报告邮寄日期 2015年 9月 9日
ISA/CN的名称和邮寄地址 中华人民共和国国家知识产权局(ISA/CN) 北京市海淀区蓟门桥西土城路6号 100088 中国 传真号 (86-10)62019451		授权官员 梁沁 电话号码 (86-10)62085595

C. 相关文件		
类 型*	引用文件，必要时，指明相关段落	相关的权利要求
A	CN 103197499 A (中国工程物理研究院流体物理研究所) 2013年 7月 10日 (2013 - 07 - 10) 全文	1-7
A	翟惠，等. "与794nm飞秒激光精确同步的无直流背底的1064nm脉冲光的产生" 物理学报, 第56卷, 第5期, 2007年 5月 31日 (2007 - 05 - 31), ISSN: ISSN 1000-3290, 第2821-2827页	1-7

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2015/080045

检索报告引用的专利文件			公布日 (年/月/日)	同族专利			公布日 (年/月/日)
CN	104062841	A	2014年 9月 24日	无			
CN	204129432	U	2015年 1月 28日	无			
CN	101976016	A	2011年 2月 16日	CN	101976016	B	2012年 5月 16日
CN	103259180	A	2013年 8月 21日	CN	103259180	B	2015年 4月 22日
US	2011273708	A1	2011年 11月 10日	WO	2010120391	A2	2010年 10月 21日
				WO	2010120391	A9	2010年 12月 2日
US	2006263777	A1	2006年 11月 23日	WO	2004068087	A3	2005年 9月 15日
				WO	2004068087	A2	2004年 8月 12日
				US	8268551	B2	2012年 9月 18日
CN	103197499	A	2013年 7月 10日	无			