

(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
2017 年 7 月 13 日 (13.07.2017)



(10) 国际公布号
WO 2017/117751 A1

- (51) 国际专利分类号:
G02B 27/00 (2006.01) G03F 7/20 (2006.01)
- (21) 国际申请号: PCT/CN2016/070306
- (22) 国际申请日: 2016 年 1 月 6 日 (06.01.2016)
- (25) 申请语言: 中文
- (26) 公布语言: 中文
- (71) 申请人: 苏州大学 (SOOCHOW UNIVERSITY) [CN/CN]; 中国江苏省苏州市工业园区仁爱路 199 号, Jiangsu 215123 (CN)。
- (72) 发明人: 叶燕 (YE, Yan); 中国江苏省苏州市工业园区仁爱路 199 号, Jiangsu 215123 (CN)。 许峰川 (XU, Fengchuan); 中国江苏省苏州市工业园区仁爱路 199 号, Jiangsu 215123 (CN)。 魏国军 (WEI, Guojun); 中国江苏省苏州市工业园区仁爱路 199 号, Jiangsu 215123 (CN)。 许宜申 (XU, Yishen); 中国江苏省苏州市工业园区仁爱路 199 号, Jiangsu 215123 (CN)。 浦东林 (PU, Donglin); 中国江苏省苏州市工业园区仁爱路 199 号, Jiangsu 215123 (CN)。 陈林森 (CHEN, Linsen); 中国江苏省苏州市工业园区仁爱路 199 号, Jiangsu 215123 (CN)。

- (74) 代理人: 南京利丰知识产权代理事务所 (特殊普通合伙) (NANJING LI&FENG INTELLECTUAL PROPERTY AGENCY(SPECIAL GENERAL PARTNERSHIP)); 中国江苏省南京市秦淮区中华路 50 号江苏国际经贸大厦 1801 室王锋, Jiangsu 211100 (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: REAL-TIME VARIABLE-PARAMETER MICRO-NANO OPTICAL FIELD MODULATION SYSTEM AND INTERFERENCE PHOTOETCHING SYSTEM

(54) 发明名称: 实时变参量微纳米光场调制系统和干涉光刻系统

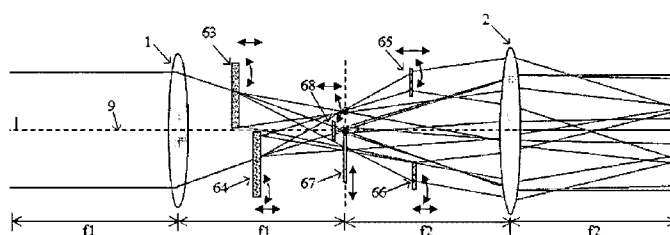


图 12

(57) Abstract: A real-time variable-parameter micro-nano optical field modulation system and an interference photoetching system. The optical field modulation system comprises a light source, a 4F optical system and an optical wave modulation optical component group, the 4F optical system comprises a first optical assembly (1) and a second optical assembly (2) sequentially arranged along an optical path, the optical wave modulation optical component group is arranged between the first optical assembly (1) and the second optical assembly (2), and the optical wave modulation optical component group generates an optical field distribution, adjustable in pattern and structural parameter, on a rear focal plane of the system by performing segment modulation on a sub wave front. The splitting of and real-time regulation for the sub wave front is realized by means of sub elements (13, 14, 23, 24, 27, 33, 34, 38, 43, 48, 53, 55, 56, 63, 64, 65, 66, 67, 68), a real-time output of different micro-nano patterns can be realized by changing a combination manner of the sub elements (13, 14, 23, 24, 27, 33, 34, 38, 43, 48, 53, 55, 56, 63, 64, 65, 66, 67, 68), and continuous modulation for structural parameters can be realized by means of a change in positions of the sub elements (13, 14, 23, 24, 27, 33, 34, 38, 43, 48, 53, 55, 56, 63, 64, 65, 66, 67, 68) or relative positions between the sub elements (13, 14, 23, 24, 27, 33, 34, 38, 43, 48, 53, 55, 56, 63, 64, 65, 66, 67, 68). The system can be flexibly integrated into various photoetching or microscopic systems so as to implement the real-time writing of a variable-parameter micro-nano structure, and optical detection of the micro-nano structure can be modulated.

(57) 摘要:

[见续页]

WO 2017/117751 A1

RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG)。 — 本国际公布: 包括国际检索报告(条约第 21 条(3))。

根据细则 4.17 的声明:

— 发明人资格(细则 4.17(iv))

一种实时变参量微纳米光场调制系统和干涉光刻系统, 该光场调制系统包括光源、4F 光学系统和光波调制光学元器件组, 4F 光学系统包括沿光路依次设置的第一光学组件(1)和第二光学组件(2), 光波调制光学元器件组设置于第一光学组件(1)和第二光学组件(2)之间, 该光波调制光学元器件组通过对子波面分段调制, 在系统的后焦面产生图案及结构参数可调的光场分布。通过子元件(13, 14, 23, 24, 27, 33, 34, 38, 43, 48, 53, 55, 56, 63, 64, 65, 66, 67, 68)实现对子波面的分立、实时调控, 通过改变子元件(13, 14, 23, 24, 27, 33, 34, 38, 43, 48, 53, 55, 56, 63, 64, 65, 66, 67, 68)组合方式可实现不同微纳米图案的实时输出, 通过子元件(13, 14, 23, 24, 27, 33, 34, 38, 43, 48, 53, 55, 56, 63, 64, 65, 66, 67, 68)的位置或子元件(13, 14, 23, 24, 27, 33, 34, 38, 43, 48, 53, 55, 56, 63, 64, 65, 66, 67, 68)间相对位置变化可实现结构参数的连续调制。该系统可灵活集成于各种光刻或显微系统中, 实现变参量微纳米结构的实时写入和可调制微纳米结构光检测。

实时变参量微纳米光场调制系统和干涉光刻系统

【技术领域】

本发明涉及一种实时变参量微纳米光场调制系统和干涉光刻系统，具体涉及一种多子波面实时、分立、连续调制的变参量光场调制系统，应用于微纳米结构加工、激光共焦显微成像、生物荧光检测和微纳米形貌检测。

【背景技术】

干涉光刻或全息光刻是一种高效制备大幅面微纳米结构的技术，干涉光刻制备的微纳米结构，其周期由干涉光束的波长与夹角共同确定（周期大小与干涉波长成正比，与干涉光束夹角的正弦值成反比）；其取向由干涉光束的波矢决定；其条纹位相分布由干涉光束的相对位相差决定。干涉光刻可与其他技术如蒸镀、刻蚀等自由组合，为微纳米结构在光子晶体、生物医学、微电子等领域的应用提供基础。

干涉光刻系统分为分振幅（Amplitude-splitting configurations）干涉系统和分波面（Wavefront-splitting configurations）干涉系统，两种系统均通过分光器件将入射光分为两束或两束以上相干光进行干涉，通常选用半透半反镜、棱镜、光栅、衍射掩膜以及 Lloyd's 镜等作为分光器件。无论采用何种分光器件实现多光束干涉，其制备的微纳米结构的结构参数为固定值，不可实时变化。即使采用万向镜（gimbal mirror），也只能在有限的范围内改变微纳米结构的周期，而基于 gimbal mirror 实现周期和取向两种参数实时变化的干涉系统，其光学设置十分复杂。

为实现微纳米结构空频调制，专利 U.S. patent 5,132,812 及其改进专利 U.S. patent 5,262,879、U.S. patent 5,822,092 以及 U.S. patent 5,132,812 通过三组不同夹角的光束干涉形成了三种不同空频的光栅像素，实现了

光栅空频的离散调制。中国专利 CN01134127.0、200510095775.2、200510095776.7、CN201010238377.2 以及 CN201010503788.X 公开了一种以二元光栅作为分光元件，通过切换不同空频的分光光栅来实现空频的离散调制。

而目前基于微纳米结构的新材料，如新型颜色显示、真彩色 3D 显示以及超颖表面材料（metasurface），对光刻系统提出了周期、取向、占空比甚至图案等参数实时制备的需求。

【发明内容】

本发明的目的在于提供一种实时变参量微纳米光场调制系统和干涉光刻系统，可灵活集成于各种光刻系统中，实现微纳米结构的实时制备，亦可集成于各种显微系统中，提供可调制结构光照明。

为实现上述目的，本发明提供如下技术方案：

本申请实施例公开了一种实时变参量微纳米光场调制系统，包括光源、4F 光学系统和光波调制光学元器件组，所述 4F 光学系统包括沿光路依次设置的第一光学组件和第二光学组件，所述光波调制光学元器件组设置于所述第一光学组件和第二光学组件之间，该光波调制光学元器件组通过对子波面分段调制，在系统的后焦面产生图案及其结构参数可调的光场分布。

在该技术方案中，第一光学组件和第二光学组件可以为单独一个透镜，也可以为多个透镜构成的组合。

优选的，在上述的实时变参量微纳米光场调制系统中，所述结构参数包括周期、取向、相位或相移量和占空比。

优选的，在上述的实时变参量微纳米光场调制系统中，所述光场分布为干涉图案。

优选的，在上述的实时变参量微纳米光场调制系统中，所述结构参

数实时、分立或同步、连续可调。

优选的，在上述的实时变参量微纳米光场调制系统中，所述第一光学组件和第二光学组件为透镜、透镜组或具有相同光学性能的超颖表面器件、微纳米结构。

优选的，在上述的实时变参量微纳米光场调制系统中，所述光波调制光学元器件组包括多个子元件，通过选用不同的子元件或/和不同的组合方式实现对各子波面的不同光场调制，并在系统的后焦面产生实现不同图案的光场分布；所述子元件通过位移变化、和/或旋转实现对各子波面的光场调制，并在系统的后焦面产生结构参数可调的光场分布。

在该技术方案中，子元件可针对不同子波面实时、独立调制，子元件运动方式，由计算机和精密控制系统共同完成。

在该技术方案中，子元件可以为任意周期结构或非周期结构。

优选的，在上述的实时变参量微纳米光场调制系统中，所述子元件选自位相元件、二元光学元件、光栅元件、全息元件、反射元件、折射元件和超颖表面元件。

优选的，在上述的实时变参量微纳米光场调制系统中，所述光波调制光学元器件组沿光路方向包括多级子器件组，每级子器件组包括至少一个所述子元件，其中位于后一级的子器件组用以对前一级调制后波面的子波面实时调制。

在该技术方案中，该处的调制是指通过子元件的移动和/或旋转实现对子波面光束路线的改变。

优选的，在上述的实时变参量微纳米光场调制系统中，所述光学元器件组还可包含可调节光阑、灰度掩膜、偏振转换元件中的一种或多种组合。

优选的，在上述的实时变参量微纳米光场调制系统中，所述光源包括激光。进一步地，光源由激光器或其他相干光源提供。其产生的入射

光为平行光。

本申请实施例还公开了一种微纳米结构的干涉光刻系统，包括所述的实时变参量微纳米光场调制系统。

在该技术方案中，调制后的不同子波面在 4F 系统的后焦面形成多路光束，不同的光束在重叠区域可相互干涉，可相互叠加，可同时干涉和叠加。

实时变参量微纳米光场调制系统还可灵活集成于各种显微系统中。

与现有技术相比，本发明的优点在于：

(1)、通过不同分立子元件的组合，实现不同图案的制备。与空间滤波设备和精密控制平台相结合，实现像素化图案制备。

(2)、通过分别调制子元件，实现多维图案在不同维度下结构参数的独立可调。

(3)、通过子元件的平移和旋转，实现图案在单维度下结构参数的连续调制。

总之，本发明利用不同的子元件组成光学调制器件组，对入射光子波面实现实时分段调制，对调制后子波面分段调制等联合调制方法，实现各种复杂微纳米结构的实时制备，并实现其结构参数的实时、连续可调。

【附图说明】

为了更清楚地说明本申请实施例或现有技术中的技术方案，下面将对实施例或现有技术描述中所需要使用的附图作简单地介绍，显而易见地，下面描述中的附图仅仅是本申请中记载的一些实施例，对于本领域普通技术人员来讲，在不付出创造性劳动的前提下，还可以根据这些附图获得其他的附图。

图 1 所示为本发明具体实施例 1 中基于两段子波面分立调制的实时变参量光场调制系统；

图 2 所示为本发明具体实施例 1 中 4F 系统后焦面双光束干涉示意图；

图 3 所示为本发明具体实施例 2 中加入位相延迟器件分段子波面调制的实时变参量光场调制系统；

图 4 所示为本发明具体实施例 2 中 4F 系统后焦面双光束干涉相移原理示意图；

图 5 所示为本发明具体实施例 3 中基于三段子波面分立调制的实时变参量光场调制系统；

图 6 所示为本发明具体实施例 3 中 4F 系统后焦面三光束干涉示意图；

图 7 所示为本发明具体实施例 4 中基于调制后子波面再调制的实时变参量光场调制系统；

图 8 所示为本发明具体实施例 4 中 4F 系统后焦面两级调制后五光束干涉示意图；

图 9 所示为本发明具体实施例 5 中基于调制后子波面再分段调制的实时变参量光场调制系统；

图 10 所示为本发明具体实施例 6 中基于分段调制后子波面再分段调制的实时变参量光场调制系统；

图 11 所示为本发明具体实施例 6 中 4F 系统后焦面两级调制后四光束干涉示意图；

图 12 所示为本发明具体实施例 6 中 4F 系统后焦面两级调制后七光束干涉示意图，

【具体实施方式】

下面将结合本发明实施例中的附图，对本发明实施例中的技术方案进行详细的描述，显然，所描述的实施例仅仅是本发明一部分实施例，

而不是全部的实施例。基于本发明中的实施例，本领域普通技术人员在没有做出创造性劳动的前提下所获得的所有其他实施例，都属于本发明保护的范围。

实施例一：基于两段子波面分立调制的实时变参量光场调制系统

本实施例中所述实时变参量微纳米光场调制系统如图 1 所示，在 4F 光路系统中，子元件 13 和子元件 14 组成光波调制光学元器件组，子元件 13 和子元件 14 中至少一个是二元光学元件、光栅元件、全息元件或超颖表面元件的一种；子元件 13 和子元件 14 可以是周期性结构，亦可以为非周期性结构；子元件 13 和子元件 14 可以完全相同，也可以不同。

在本实施例中，若子元件 13 为消 0 级光的二元光学元件，子元件 14 为消 0 级光的全息元件，子元件 13 和子元件 14 具有正负一级衍射光，则第一透镜（组）1 后的会聚光经子元件 13 和子元件 14 后，其正负一级衍射光分别在 4F 光路系统的第一透镜（组）后焦面形成两个对称的会聚光斑，即在第一透镜（组）后焦面形成四个会聚光斑。在没有其他辅助光学元件时，若第二透镜（组）2 的口径不是足够大，则仅子元件 13 的正一级衍射光以及子元件 14 的负一级衍射光进入第二透镜（组），并在第二透镜（组）的后焦面形成两束光相干涉，

如图 2 所示，其中虚线表示 4F 光路系统的光轴 9。图 2 中的两束光分别对应于平行光垂直入射条件下，元件 13 的正一级透射光场和元件 14 的负一级透射光场。因此，选用不同的子元件在第二透镜（组）的后焦面会形成不同的干涉图案。

在本实施例中，若平移元件 13 或元件 14，其在图 2 中对应的输出光束与光轴的夹角发生改变，从而改变输出图案的周期；若绕元件本身的中心旋转，其在图 2 中对应的输出光束则绕光轴旋转，从而改变输出图案的取向。

实施例二：加入位相延迟器件分段子波面调制的实时变参量光场调

制系统

本实施例中所述实时变参量微纳米光场调制系统如图 3 所示，在 4F 光路系统中，子元件 23 和子元件 24 组成光波调制光学元器件组，子元件 27 为可调节位相延迟器件。若子元件 23 和子元件 24 均为只存在正负一级衍射光的二元光学元件，则在第二透镜（组）的后焦面形成两束光相干涉，如图 4 所示，并且对应于子元件 24 的光束在子元件 27 的作用下产生不同的位相延迟。在本实施例中，子元件 23、24 在平行光垂直入射情况下的透射衍射光均为平行光，则图 4 中两束光均为平行光，干涉图案为一维条纹；随着在子元件 27 的调节下，两束光的位相差发生改变，则产生的一维条纹随之发生相移。

实施例三：基于三段子波面分立调制的实时变参量光场调制系统

本实施例中所述实时变参量微纳米光场调制系统如图 5 所示，在 4F 光路系统中，子元件 33、34 和 38 组成光波调制光学元器件组，将 4F 光路中第一透镜（组）后面的会聚光波分成三段子波分别调制，子元件 33、34 和 38 中至少一个是二元光学元件、光栅元件、全息元件或超颖表面元件的一种；子元件 33、34 和 38 可以是周期性结构，亦可以为非周期性结构；子元件 33、34 和 38 可以完全相同，也可以不同。

在本实施例中，若子元件 33 为光栅元件，子元件 34 为全息元件，子元件 38 为超颖表面元件，其中子元件 33、34 后表面紧贴掩膜消 0 极光，子元件 38 只存在 0 级衍射光。则在即在第二透镜（组）后焦面形成三束光，如图 6 所示，其中光束 3 对应于经超颖表面元件后的调制光谱，无论子元件 38 如何平移，光束 3 始终与光轴平行；若子元件 38 绕自身中心旋转，则光束 3 绕光轴旋转。子元件 33、34 的平移将分布改变光束 1 和光束 2 与光轴的夹角；子元件 33、34 绕自身中心旋转，其对应光束 1 和光束 2 将分别绕光轴旋转相应的角度；子元件 33、34 同时绕光轴旋转，则对应光束 1 和光束 2 将同时绕光轴旋转。

若子元件 33 为一维光栅,其在平行光垂直入射情况下的正一级透射衍射为平行光;若子元件 34 在平行光垂直入射情况下的负一级透射衍射光呈树叶形光强分布;若子元件 38 在平行光垂直入射情况下的 0 级透射光为螺旋形光场分布;则图 6 中分别为光场均一的平行光、光场呈树叶形分布的平行光以及光场成螺旋形分布的平行光之间的相互干涉。

实施例四：基于调制后子波面再调制的实时变参量光场调制系统

本实施例中所述实时变参量微纳米光场调制系统如图 7 所示,在 4F 光路系统中,子元件 43 和子元件 48 组成光波调制两组光学元器件组,子元件 43 对第一透镜(组)后会聚光束调制,子元件 48 针对子元件 43 调制后波面的子波面调制。子元件 43 和子元件 48 中至少一个是二元光学元件、光栅元件、全息元件或超颖表面元件的一种。

在本实施例中,若子元件 43 为具有多级透射的一维光栅,子元件 48 为具有多级透射的超颖表面器件,则第一透镜(组)后会聚波经子元件 43 后,衍射出 0 级、以及正负一级衍射光,其中正负一级衍射光会聚于第一透镜(组)后焦面,0 级光经子元件 48 后形成三束会聚光,五组光线经第二透镜(组)形成如图 8 所示的五束光相互干涉,其中光束 3 对应于子元件 48 在平行光垂直入射情况下的 0 级衍射光,光束 1、2 对应于子元件 43 在平行光垂直入射情况下的正负一级衍射光,光束 4、5 对应于子元件 48 在平行光垂直入射情况下的正负一级衍射光。在本实施例中,平移子元件 48,光束 3 始终与 4F 光路系统的光轴平行,光束 4、5 与光轴的夹角同步改变;平移子元件 43,光束 1、2 与光轴的夹角同步改变。旋转子元件 48,则光束 3、4、5 绕光轴旋转相应角度;旋转子元件 43,则光束 1、2 同时绕光轴旋转。

因此,在本实施例中,子元件 43 和子元件 48 组成两组光学调制器件组。子元件 43 针对入射光波调制,子元件 48 针对调制后光波的子波调制。

实施例五：基于调制后子波面再分段调制的实时变参量光场调制系统

本实施例中所述实时变参量微纳米光场调制系统如图 9 所示，在 4F 光路系统中，子元件 53、子元件 55 和 56 组成光波调制两组光学元器件组，子元件 53 对第一透镜（组）后会聚光束调制，其高级透射光被空间滤波子元件 57 阻拦，子元件 55 和 56 针对子元件 53 调制后波面的子波面调制。子元件 53、55 和子元件 56 中至少一个是二元光学元件、光栅元件、全息元件或超颖表面元件的一种。

若子元件 53 为全息元件，子元件 55 和 56 为消 0 极光二元光学元件，若子元件 53 的高级衍射光被子元件 57 阻挡，则第一透镜（组）后会聚光波经子元件 53 会聚于第一透镜（组）后焦点，再发散入射至子元件 55 和子元件 56，子元件 55 和子元件 56 衍射光的反向延长线会聚于第一透镜（组）后焦面。在没有其他辅助光学元件时，在第二透镜（组）的口径不够大的情况下，仅子元件 55 的负一级衍射光和子元件 56 的正一级衍射光会经过第二透镜组到达 4F 光路系统的后焦面，形成如图 2 所示的两束干涉光。在本实施例中光束、光束 2 分别对应于子元件 53 在平行光垂直入射情况下的 0 级衍射光。旋转子元件 53，光束 1、2 绕 4F 系统的光轴旋转；子元件 55、56 分别绕自身中心旋转，则光束 1、2 分别绕光轴旋转相应角度；子元件 55、56 同时绕光轴旋转，则光束 1、2 同时绕光轴旋转相应角度。

实施例六：基于分段调制后子波面再分段调制的实时变参量光场调制系统

本实施例中所述实时变参量微纳米光场调制系统如图 10 所示，在 4F 光路系统中，子元件 63 和子元件 64、子元件 65 和 66 分别组成两组光学元器件组，子元件 63 和 64 对第一透镜（组）后会聚光束调制，子

元件 65 和 66 针对前一光学元件组调制后子波面子波面调制。子元件 63、64、65 和 66 中至少一个是二元光学元件、光栅元件、全息元件或超颖表面元件的一种。

若子元件 63、64、65 和 66 均为消 0 级光二元位相元件，则会聚光经子元件 63、64 后在第一透镜（组）后焦面形成 4 个会聚光斑，子元件 63 的正一级衍射光和子元件 64 的负一级衍射光直接入射至第二透镜（组）；子元件 63 的负一级衍射光，经子元件 66 调制后入射至第二透镜（组）；子元件 64 的正一级衍射光经子元件 65 调制后入射至第二透镜（组）。在 4F 光路系统后焦面，形成如图 11 所示的四路干涉光束，在本实施例中，四路光束均为光场均匀分布的平行光束。分别平移子元件 63、64、65、66，其对应光束与光轴的夹角发生改变；分别绕子元件 63、64、65、66 自身中心旋转，其对应光束绕光轴旋转；同时将子元件 63、64、65、66 绕光轴转动，四束光同时绕光轴转动。

如图 11 中所示四束光可以在同一干涉平面内干涉，也可以在两个互相垂直的平面内两两干涉，干涉光光场几何叠加。

若子元件 63 和 64 未消 0 级光，且其 0 级光经子元件 68 调制，如图 12 所示，子元件 68 具有 0 级及高级次透射，则在子元件 68 后至少存在 7 个子波面，其中经子元件 63 和 64 调制后的部分波面再经子元件 65 和 66 调制，光轴下方子波面再经子元件 67 调制，最终在 4F 光路系统后焦面形成至少七路干涉光束，若子元件 67 为位相延迟器件，则在子元件 67 不同的位相延迟下，干涉图案产生相移。

以上实施例中，4F 光路系统的入射光与光轴平行，当入射光与光轴有夹角时，其经前一组光学调制器件后的光波传播方向仍然会聚于第一透镜（组）的后焦面，仅会聚光斑位置沿入射光方向平移。

所述实时变参量微纳米光场调制系统的实施方式并不仅限于上述实施例；所述组成光学器件组的调制子元件并不仅限于上述光学元件；所述子元件可以为一维或多维周期性或非周期性结构；所述 4F 系统的入射

光为平行光，但不仅限于平行光。

综上所述，本发明系统用激光作为光源，通过 4F 光路系统和分立的光学调制器件，产生周期、取向、占空比等结构参数实时、连续可调的干涉图案，集成于各种光刻系统，在正负光刻胶表面实时制备不同结构参数的微纳米图案，为基于微纳米结构的新型功能材料提供基础。

需要说明的是，在本文中，诸如第一和第二等之类的关系术语仅仅用来将一个实体或者操作与另一个实体或操作区分开来，而不一定要求或者暗示这些实体或操作之间存在任何这种实际的关系或者顺序。而且，术语“包括”、“包含”或者其任何其他变体意在涵盖非排他性的包含，从而使得包括一系列要素的过程、方法、物品或者设备不仅包括那些要素，而且还包括没有明确列出的其他要素，或者是还包括为这种过程、方法、物品或者设备所固有的要素。在没有更多限制的情况下，由语句“包括一个……”限定的要素，并不排除在包括所述要素的过程、方法、物品或者设备中还存在另外的相同要素。

以上所述仅是本申请的具体实施方式，应当指出，对于本技术领域的普通技术人员来说，在不脱离本申请原理的前提下，还可以做出若干改进和润饰，这些改进和润饰也应视为本申请的保护范围。

权利要求

1、一种实时变参量微纳米光场调制系统，其特征在于，包括光源、4F 光学系统和光波调制光学元器件组，所述 4F 光学系统包括沿光路依次设置的第一光学组件和第二光学组件，所述光波调制光学元器件组设置于所述第一光学组件和第二光学组件之间，该光波调制光学元器件组通过对子波面分段调制，在系统的后焦面产生图案及其结构参数可调的光场分布。

2、根据权利要求 1 所述的实时变参量微纳米光场调制系统，其特征在于：所述结构参数包括周期、取向、相位或相移量和占空比。

3、根据权利要求 1 所述的实时变参量微纳米光场调制系统，其特征在于：所述光场分布为干涉图案。

4、根据权利要求 1 所述的实时变参量微纳米光场调制系统，其特征在于：所述结构参数实时、分立或同步、连续可调。

5、根据权利要求 1 所述的实时变参量微纳米光场调制系统，其特征在于：所述第一光学组件和第二光学组件为透镜、透镜组或具有相同光学性能的超颖表面器件、微纳米结构。

6、根据权利要求 1 至 5 任一所述的实时变参量微纳米光场调制系统，其特征在于：所述光波调制光学元器件组包括多个子元件，通过选用不同的子元件或/和不同的组合方式实现对各子波面的光场调制，并在系统的后焦面产生实现不同图案的光场分布；所述子元件通过位移变化、和/或旋转实现对各子波面的光场调制，并在系统的后焦面产生结构参数可调的光场分布。

7、根据权利要求 6 所述的实时变参量微纳米光场调制系统，其特征在于：所述子元件选自位相元件、二元光学元件、光栅元件、全息元件、反射元件、折射元件和超颖表面元件。

8、根据权利要求 6 所述的实时变参量微纳米光场调制系统，其特征

在于：所述光波调制光学元器件组沿光路方向包括多级子器件组，每级子器件组包括至少一个所述子元件，其中位于后一级的子器件组用以对前一级调制后波面的子波面实时调制。

9、根据权利要求 6 所述的实时变参量微纳米光场调制系统，其特征在于：所述光学元器件组还可包含可调节光阑、灰度掩膜、偏振转换元件中的一种或多种组合。

10、根据权利要求 1 所述的实时变参量微纳米光场调制系统，其特征在于：所述光源包括激光。

11、一种微纳米结构的干涉光刻系统，其特征在于，包括权利要求 1 至 10 任一所述的实时变参量微纳米光场调制系统。

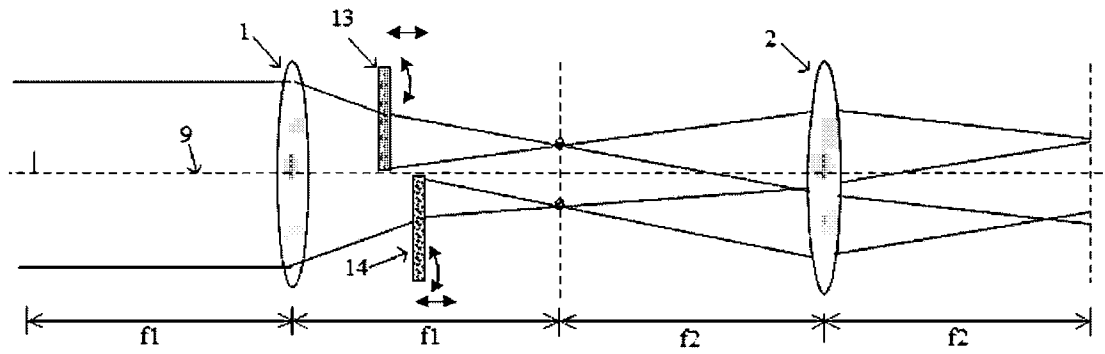


图 1

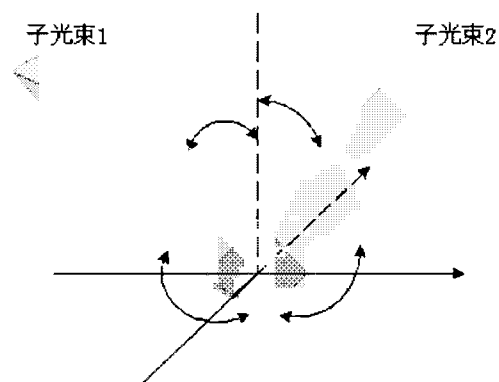


图 2

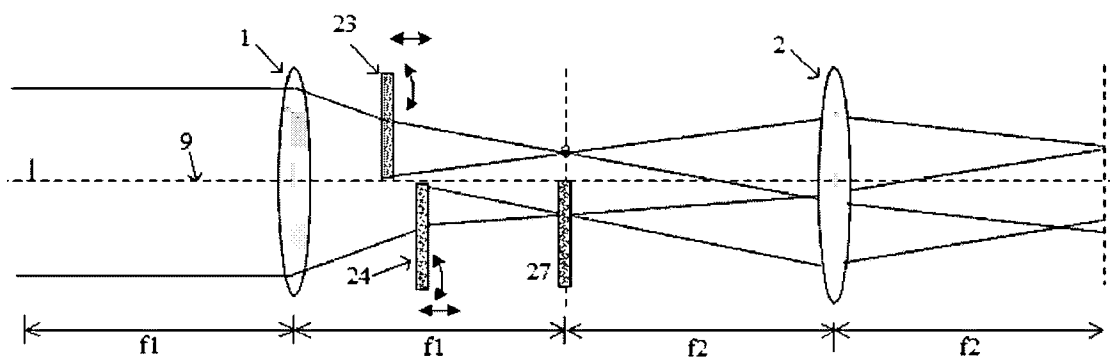


图 3

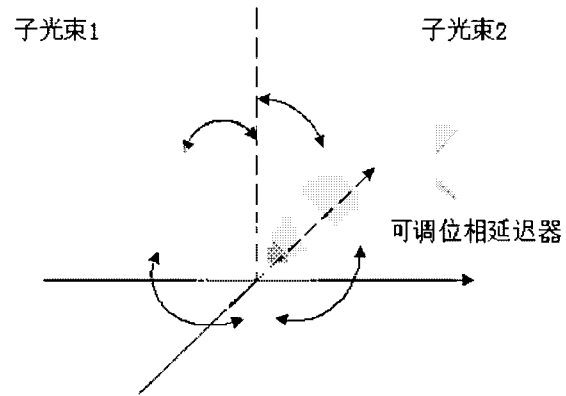


图 4

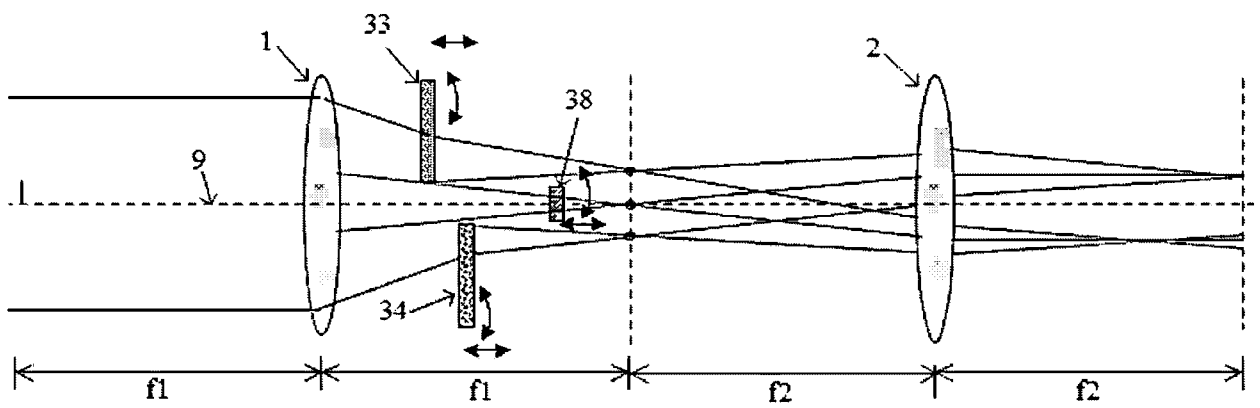


图 5

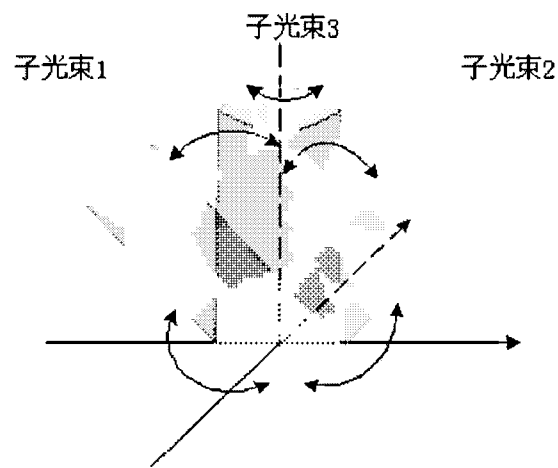


图 6

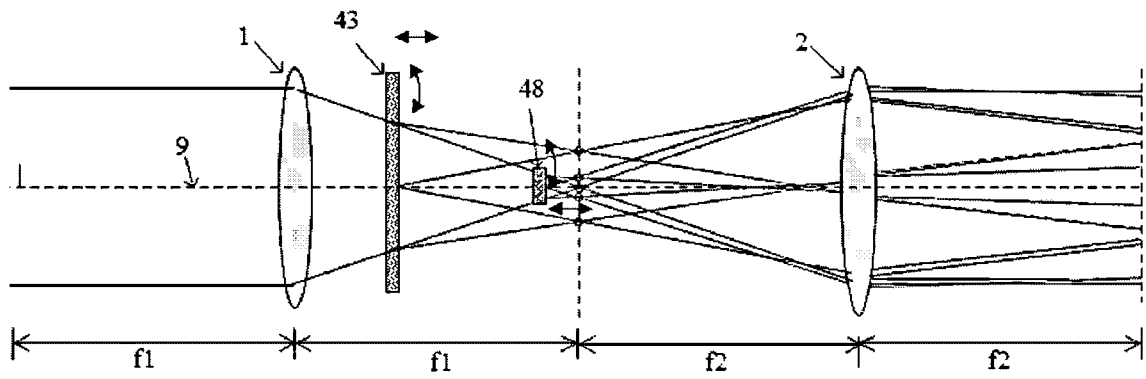


图 7

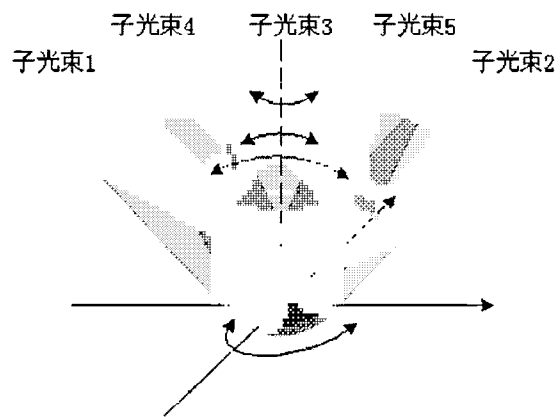


图 8

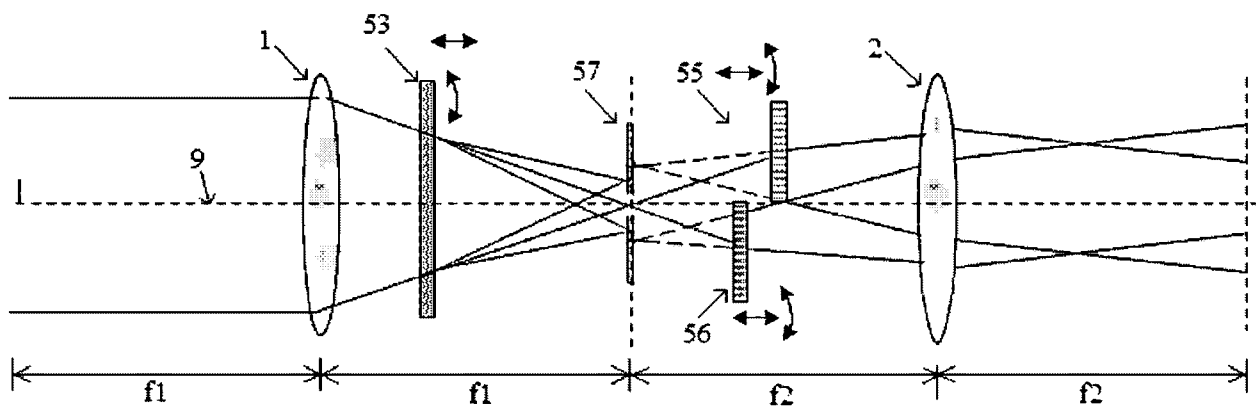


图 9

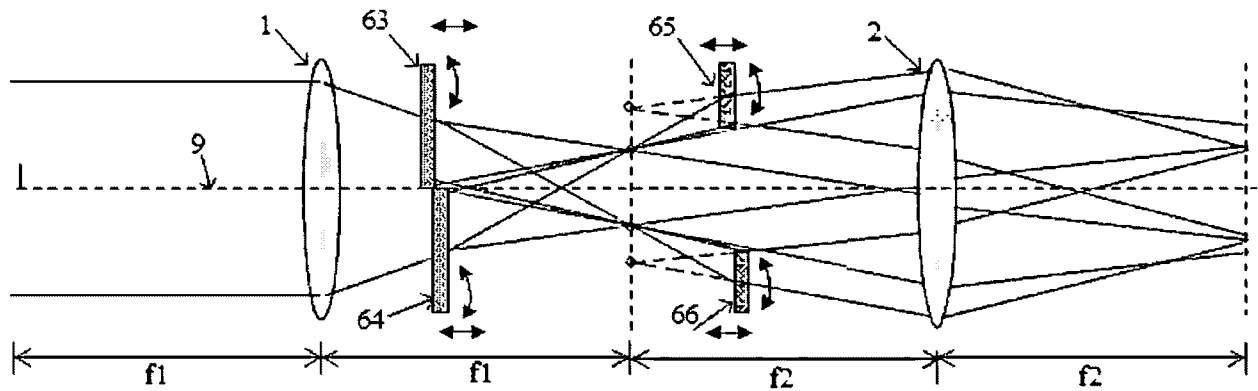


图 10

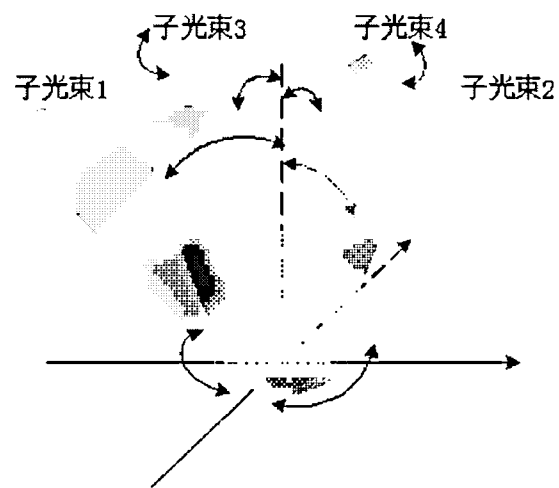


图 11

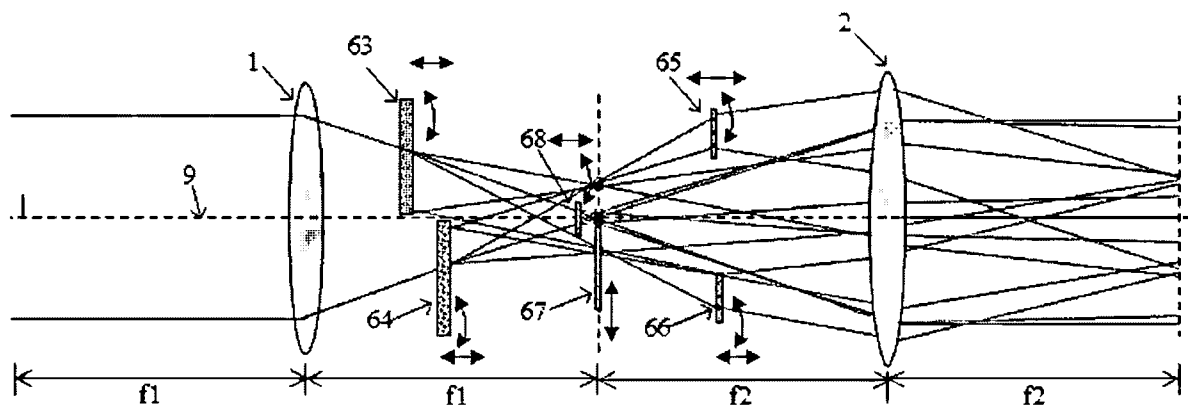


图 12

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2016/070306

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G02B 27/00 (2006.01) i; G03F 7/20 (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)

G02B; G03F; G03H; G02F

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)

CNKI, CNPAT, WPI, EPODOC: micro-nano, light field, parameter, modulat+, lens??, micro, nano, distribut+, pattern, filed, phase, period

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	CN 103246195 A (SVG OPTRONICS, CO., LTD.), 14 August 2013 (14.08.2013), description, paragraphs [0015], [0024], [0051] and [0052], and figure 4	1-11
A	CN 1786748 A (SOOCHOW UNIVERSITY et al.), 14 June 2006 (14.06.2006), the whole document	1-11
A	WO 2013102464 A1 (DANMARKS TEKNISKE UNFVERSITET), 11 July 2013 (11.07.2013), the whole document	1-11
A	CN 102073264 A (SUN YAT-SEN UNIVERSITY), 25 May 2011 (25.05.2011), the whole document	1-11
A	CN 103488036 A (SVG OPTRONICS, CO., LTD.), 01 January 2014 (01.01.2014), the whole document	1-11
A	CN 102576152 A (CARL ZEISS LASER OPTICS GMBH), 11 July 2012 (11.07.2012), the whole document	1-11

☐ 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 15 August 2016 (15.08.2016)	Date of mailing of the international search report 01 September 2016 (01.09.2016)
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 HE, Li Telephone No.: (86-10) 010-62413587

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/CN2016/070306

Patent Documents referred in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
CN 103246195 A	14 August 2013	CN 103246195 B	02 December 2015
CN 1786748 A	14 June 2006	CN 100371741 C	27 February 2008
WO 2013102464 A1	11 July 2013	EP 2800992 A1	12 November 2014
		JP 2015506496 A	02 March 2015
		US 2015042780 A1	12 February 2015
CN 102073264 A	25 May 2011	CN 102073264 B	24 April 2013
CN 103488036 A	01 January 2014	None	
CN 102576152 A	11 July 2012	DE 102009037141 A1	03 February 2011
		KR 20120041774 A	02 May 2012
		JP 2013501351 A	10 January 2013
		WO 2011012485 A1	03 February 2011
		US 2012154895 A1	21 June 2012

国际检索报告

国际申请号

PCT/CN2016/070306

A. 主题的分类

G02B 27/00(2006.01)i; G03F 7/20(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)

G02B; G03F; G03H; G02F

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))

CNKI, CNPAT, WPI, EPODOC: 参量, 调制, 透镜, 微纳米, 分布, 图案, 光场, 相位, 周期, parameter, modulat+, lens?+, micro, nano, distribut+, pattern, filed, phase, period

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 103246195 A (苏州苏大维格光电科技股份有限公司) 2013年 8月 14日 (2013 - 08 - 14) 说明书第[0015]、[0024]、[0051]、[0052]段, 附图4	1-11
A	CN 1786748 A (苏州大学 等) 2006年 6月 14日 (2006 - 06 - 14) 全文	1-11
A	WO 2013102464 A1 (DANMARKS TEKNISKE UNFVERSITET) 2013年 7月 11日 (2013 - 07 - 11) 全文	1-11
A	CN 102073264 A (中山大学) 2011年 5月 25日 (2011 - 05 - 25) 全文	1-11
A	CN 103488036 A (苏州苏大维格光电科技股份有限公司) 2014年 1月 1日 (2014 - 01 - 01) 全文	1-11
A	CN 102576152 A (卡尔蔡司激光器材有限责任公司) 2012年 7月 11日 (2012 - 07 - 11) 全文	1-11

☐ 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

2016年 8月 15日

国际检索报告邮寄日期

2016年 9月 1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)
中国北京市海淀区蓟门桥西土城路6号 100088

授权官员

何理

传真号 (86-10)62019451

电话号码 (86-10)010-62413587

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2016/070306

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	103246195	A	2013年 8月 14日	CN	103246195	B	2015年 12月 2日
CN	1786748	A	2006年 6月 14日	CN	100371741	C	2008年 2月 27日
WO	2013102464	A1	2013年 7月 11日	EP	2800992	A1	2014年 11月 12日
				JP	2015506496	A	2015年 3月 2日
				US	2015042780	A1	2015年 2月 12日
CN	102073264	A	2011年 5月 25日	CN	102073264	B	2013年 4月 24日
CN	103488036	A	2014年 1月 1日	无			
CN	102576152	A	2012年 7月 11日	DE	102009037141	A1	2011年 2月 3日
				KR	20120041774	A	2012年 5月 2日
				JP	2013501351	A	2013年 1月 10日
				WO	2011012485	A1	2011年 2月 3日
				US	2012154895	A1	2012年 6月 21日

表 PCT/ISA/210 (同族专利附件) (2009年7月)