(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
2018 年 11 月 15 日 (15.11.2018)

WIPO | PCT

(10) 国际公布号
WO 2018/205161 A1

(51) 国际专利分类号:
G02B 6/02 (2006.01)

(21) 国际申请号: PCT/CN2017/083713

(22) 国际申请日: 2017 年 5 月 10 日 (10.05.2017)

(25) 申请语言: 中文

(26) 公布语言: 中文

(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: 廖常锐(LIAO, Changrui); 中国广东省深圳市南山区南海大道3688号, Guangdong 518060 (CN)。 王义平(WANG, Yiping); 中国广东省深圳市南山区南海大道3688号, Guangdong 518060 (CN)。 朱峰(ZHU, Feng); 中国广东省深圳市南山区南海大道3688号, Guangdong 518060 (CN)。 王英(WANG, Ying); 中国广东省深圳市南山区南海大道3688号, Guangdong 518060 (CN)。 何俊(HE, Jun); 中国广东省深圳市南山区南海大道3688号, Guangdong 518060 (CN)。 李正勇(LI, Zhengyong); 中国广东省深圳市南山区南海大道3688号, Guangdong 518060 (CN)。 杨天航(YANG, Tianhang); 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,

(54) **Title:** CHIRPED PHASE-SHIFTED FIBRE BRAGG GRATING, AND MANUFACTURING METHOD AND DEVICE THEREFOR

(54) 发明名称: 一种光纤布拉格啁啾相移光栅及其制作方法和设备

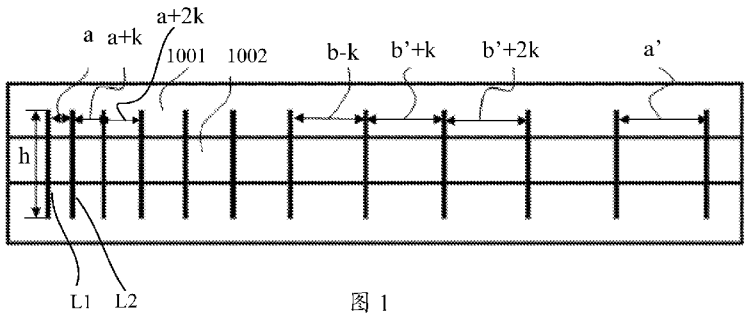


图 1

(57) **Abstract:** Disclosed are a chirped phase-shifted fibre Bragg grating, and a manufacturing method and device therefor, wherein same aim to solve the problems of high manufacturing costs and low manufacturing efficiency of existing chirped phase-shifted fibre gratings. The grating comprises a plurality of grid periods, wherein a set of the plurality of grid periods is D, and D = (a, a + k, a + 2k, a + nk, b' + k, b' + 2k, ..., b' + mk), wherein a + nk = b - k, b' + mk = a', a represents a starting period value of the grating, a' represents an end period value of the grating, k represents a chirp rate of the grating, b represents a hopping starting period value of the grating, b' represents a hopping end period value of the grating, n represents a positive integer, and m represents a positive integer. A laser scanning apparatus can obtain a chirped phase-shifted fibre Bragg grating only by scanning fibres to be processed line-by-line in the radial direction of the fibres to be processed according to a grid period rule generated by an intelligent terminal by means of calculation.

(57) 摘要: 一种光纤布拉格啁啾相移光栅及其制作方法和设备，旨在解决现有的啁啾光纤相移光栅制作成本高及制备效率低的问题。光栅包括若干个栅格周期，若干个栅格周期的集合为D，D＝(a，a+k，a+2k，...，a+nk，b'+k，b'+2k，...，b'+mk)；其中，a+nk＝b-k，b'+mk＝a'，a表示光栅的起始周期值，a'表示光栅的终止周期值，k表示光栅啁啾率，b表示光栅的跳变起始周期值，b'表示光栅的跳变终止周期值，n表示正整数，m表示正整数。激光扫描装置只需沿待加工光纤的径向，按照智能终端计算生成的栅格周期规则对待加工光纤进行逐线扫描，即可得到光纤布拉格啁啾相移光栅。

WO 2018/205161 A1

[见续页]

BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, 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, KH, KN, KP, KR, KW, 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, 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))。

一种光纤布拉格啁啾相移光栅及其制作方法和设备

技术领域

[1] 本发明属于光栅制作技术领域，尤其涉及一种光纤布拉格啁啾相移光栅及其制作方法和设备。

背景技术

[2] 啁啾光纤相移光栅在众多领域具有广泛应用，目前，行业内主要是采用基于相位掩膜版的光栅刻写技术来制备光纤相移光栅。但是，相位掩膜版造价昂贵并且保养维护困难，制作成本非常高，且由于相位掩膜版刻写光纤光栅调制量较低，要制备可耐极端环境的光栅效率比较低。

对发明的公开

技术问题

[3] 本发明提供了一种光纤布拉格啁啾相移光栅及其制作方法和设备，旨在解决现有的啁啾光纤相移光栅制作成本高及制备效率低的问题。

问题的解决方案

技术解决方案

[4] 为解决上述技术问题，本发明是这样实现的，本发明提供了一种光纤布拉格啁啾相移光栅，所述光栅包括若干个栅格周期，若干个所述栅格周期的集合为D，D=(a,a+k,a+2k,…,a+nk,b’+k,b’+2k,…,b’+mk)；

[5] 其中，a+nk=b-k，b’+mk=a’；

[6] 其中，a表示基于光栅的预设啁啾范围计算得出的光栅的起始周期值，a’表示基于光栅的预设啁啾范围计算得出的光栅的终止周期值，k表示基于光栅的预设啁啾性能计算得出的光栅啁啾率，b表示基于光栅的预设相移位置及预设相移范围计算得出的光栅的跳变起始周期值，b’表示基于光栅的预设相移位置及预设相移范围计算得出的光栅的跳变终止周期值，n表示正整数，m表示正整数。

[7] 本发明还提供了一种光纤布拉格啁啾相移光栅制作方法，所述方法包括：

[8] 智能终端根据光栅的起始周期值、光栅的终止周期值、光栅啁啾率、光栅的跳

变起始周期值以及光栅的跳变终止周期值，生成栅格周期规则；

[9] 激光扫描装置沿待加工光纤的径向，按照所述栅格周期规则对所述待加工光纤进行逐线扫描，以得到所述光纤布拉格啁啾相移光栅。

[10] 进一步地，所述栅格周期规则包含若干个栅格周期的集合，且所述集合D=(a,a+k,a+2k,…,a+nk,b'+k,b'+2k,…,b'+mk)；其中，a+nk=b-k，b'+mk=a'；其中，a表示所述光栅的起始周期值，a'表示所述光栅的终止周期值，k表示所述光栅啁啾率，b表示所述光栅的跳变起始周期值，b'表示所述光栅的跳变终止周期值，n表示正整数，m表示正整数；

[11] 则所述激光扫描装置沿待加工光纤的径向，按照所述栅格周期规则对所述待加工光纤进行逐线扫描具体包括：

[12] 所述激光扫描装置在所述待加工光纤的初始位置进行一次扫描；

[13] 三维移动平台带动所述待加工光纤沿所述待加工光纤的径向移动一个栅格周期Di后，所述激光扫描装置进行一次扫描，所述i的初始值为1，且D1=a；

[14] 若所述i不等于N，则令i=i+1，返回执行所述三维移动平台带动所述待加工光纤沿所述待加工光纤的径向移动一个栅格周期Di后，所述激光扫描装置进行一次扫描，所述N为所述集合中栅格周期的总数；

[15] 若所述i等于N，则确定扫描结束。

[16] 进一步地，所述智能终端根据光栅的起始周期值、光栅的终止周期值、光栅啁啾率、光栅的跳变起始周期值以及光栅的跳变终止周期值，生成栅格周期规则之前还包括：

[17] 智能终端利用光栅的预设啁啾范围计算得出光栅的起始周期值以及光栅的终止周期值；

[18] 智能终端利用光栅的预设啁啾性能计算得出光栅啁啾率；

[19] 智能终端利用光栅的预设相移位置及预设相移范围计算得出光栅的跳变起始周期值以及光栅的跳变终止周期值。

[20] 本发明还提供了一种光纤布拉格啁啾相移光栅制作设备，所述设备包括：

[21] 智能终端，用于根据光栅的起始周期值、光栅的终止周期值、光栅啁啾率、光栅的跳变起始周期值以及光栅的跳变终止周期值，生成栅格周期规则；

[22] 激光扫描装置，用于沿待加工光纤的径向，按照所述栅格周期规则对所述待加工光纤进行逐线扫描，以得到光纤布拉格啁啾相移光栅。

[23] 进一步地，所述栅格周期规则包含若干个栅格周期的集合，且所述集合D=(a,a+k,a+2k,…,a+nk,b'+k,b'+2k,…,b'+mk)；其中，a+nk=b-k，b'+mk=a'；其中，a表示所述光栅的起始周期值，a'表示所述光栅的终止周期值，k表示所述光栅啁啾率，b表示所述光栅的跳变起始周期值，b'表示所述光栅的跳变终止周期值，n表示正整数，m表示正整数；

[24] 则所述激光扫描装置沿待加工光纤的径向，按照所述栅格周期规则对所述待加工光纤进行逐线扫描具体包括：

[25] 所述激光扫描装置在所述待加工光纤的初始位置进行一次扫描；

[26] 三维移动平台带动所述待加工光纤沿所述待加工光纤的径向移动一个栅格周期Di后，所述激光扫描装置进行一次扫描，所述i的初始值为1，且D1=a；

[27] 若所述i不等于N，则令i=i+1，返回执行所述三维移动平台带动所述待加工光纤沿所述待加工光纤的径向移动一个栅格周期Di后，所述激光扫描装置进行一次扫描，所述N为所述集合中栅格周期的总数；

[28] 若所述i等于N，则确定扫描结束。

[29] 进一步地，所述智能终端还用于：

[30] 利用光栅的预设啁啾范围计算得出光栅的起始周期值以及光栅的终止周期值；

[31] 利用光栅的预设啁啾性能计算得出光栅啁啾率；

[32] 利用光栅的预设相移位置及预设相移范围计算得出光栅的跳变起始周期值以及光栅的跳变终止周期值。

[33] 进一步地，所述设备还包括：

[34] 三维移动平台，用于水平放置所述待加工光纤，及带动所述待加工光纤沿所述待加工光纤的径向每次水平移动一个栅格周期的距离；

[35] 光纤固定装置，用于将所述待加工光纤固定在所述三维移动平台上；

[36] 可调控能量衰减控制装置，其一端与所述激光扫描装置连接，用于衰减所述激光扫描装置发出的激光的能量；

[37] 快门光阑，其一端与所述可调控能量衰减控制装置的另一端连接，用于作为开

关，以控制衰减后的激光是否对所述待加工光纤进行扫描；

[38] 显微镜，与所述智能终端通过电荷耦合元件连接，用于在所述光纤布拉格啁啾相移光栅制作过程中，实时采集光栅的结构成像，并将所述成像发送至所述智能终端显示；

[39] 光源，与所述待加工光纤的一端连接，用于在所述光纤布拉格啁啾相移光栅制作过程中发光，以使所述光纤布拉格啁啾相移光栅生成光谱信号；

[40] 光谱仪，与所述待加工光纤的另一端连接，用于在所述光纤布拉格啁啾相移光栅制作过程中实时监测所述光谱信号。

[41] 进一步地，所述可调控能量衰减控制装置由1/2波片和格兰棱镜组成；

[42] 所述显微镜为高倍的油浸物镜。

[43] 进一步地，所述激光扫描装置发出的激光光斑与所述待加工光纤的纤芯上边缘之间的距离在0—20μm的范围内。

发明的有益效果

有益效果

[44] 本发明与现有技术相比，有益效果在于：

[45] 本发明提供了一种光纤布拉格啁啾相移光栅，该光栅包括若干个栅格周期，若干个所述栅格周期的集合为D，D=(a,a+k,a+2k,…,a+nk,b’+k,b’+2k,…,b’+mk)；其中，a+nk=b-k，b’+mk=a’，a表示所述光栅的起始周期值，a’表示所述光栅的终止周期值，k表示所述光栅啁啾率，b表示所述光栅的跳变起始周期值，b’表示所述光栅的跳变终止周期值，n表示正整数，m表示正整数。该光栅的制备方法简单，激光扫描装置只需沿待加工光纤的径向，按照智能终端计算生成的栅格周期规则对待加工光纤进行逐线扫描，即可得到光纤布拉格啁啾相移光栅。本发明还提供了一种光纤布拉格啁啾相移光栅的制作设备，通过智能终端计算生成栅格周期规则，激光扫描装置按照该栅格周期规则对待加工光纤进行逐线扫描，该制造设备结构简单，且光栅的制造效率很高。

对附图的简要说明

附图说明

[46] 图1是本发明实施例提供的光纤布拉格啁啾相移光栅结构示意图；

[47] 图2是本发明实施例提供的光纤布拉格啁啾相移光栅制作方法流程图；

[48] 图3是本发明实施例提供的光纤布拉格啁啾相移光栅制作方法流程图；

[49] 图4是本发明实施例提供的光纤布拉格啁啾相移光栅制作设备示意图；

[50] 图5是本发明实施例提供的光纤布拉格啁啾相移光栅制作设备示意图；

[51] 图6是本发明实施例提供的光纤布拉格啁啾相移光栅制作设备示意图。

发明实施例

本发明的实施方式

[52] 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。

[53] 作为本发明的第一个实施例，如图1所示，为本发明提供的一种光纤布拉格啁啾相移光栅，该光纤布拉格啁啾相移光栅包括若干个栅格周期，若干个所述栅格周期的集合为D，D=(a,a+k,a+2k,…,a+nk,b’+k,b’+2k,…,b’+mk)；其中，a+nk=b-k，b’+mk=a’；

[54] 其中，a表示基于光栅的预设啁啾范围计算得出的光栅的起始周期值，a’表示基于光栅的预设啁啾范围计算得出的光栅的终止周期值，k表示基于光栅的预设啁啾性能计算得出的光栅啁啾率，b表示基于光栅的预设相移位置及预设相移范围计算得出的光栅的跳变起始周期值，b’表示基于光栅的预设相移位置及预设相移范围计算得出的光栅的跳变终止周期值，n表示正整数，m表示正整数。

[55] 如图1所示，该光纤布拉格啁啾相移光栅的第一个栅格周期为a，第二个栅格周期为a+k，第三个栅格周期为a+2k，依次递增，直到栅格周期为b-k（即a+nk）时，则下一个栅格周期为b’+k，下一个栅格周期递增为b’+2k，依次递增，直到栅格周期为a’（即b’+mk）时，则该光纤布拉格啁啾相移光栅结束。图1中，1001表示该光纤布拉格啁啾相移光栅的光纤包层，1002表示该光纤布拉格啁啾相移光栅的光纤纤芯，h表示该光纤布拉格啁啾相移调制的光栅条纹的长度，L1表示第一条光栅条纹，L2表示第二条光栅条纹，L1与L2之间的间距即为第一个栅格周期a。

[56] 综上所述，本发明第一个实施例所提供的光纤布拉格啁啾相移光栅，其为全光

纤式结构，其结构简单，具备更好的灵活性，且由于其全光纤式的结构，因此具备抗电磁干扰的特性，从而使得在应用该光纤布拉格啁啾相移光栅进行检测的过程中，可避免电磁干扰对检测结果的影响。

[57] 作为本发明的第二个实施例，如图2所示，本发明提供了一种光纤布拉格啁啾相移光栅制作方法，该方法包括：

[58] 步骤S101：智能终端根据光栅的起始周期值、光栅的终止周期值、光栅啁啾率、光栅的跳变起始周期值以及光栅的跳变终止周期值，生成栅格周期规则。

[59] 步骤S102：激光扫描装置沿待加工光纤的径向，按照栅格周期规则对待加工光纤进行逐线扫描，以得到光纤布拉格啁啾相移光栅。

[60] 综上所述，本发明第二个实施例所提供的光纤布拉格啁啾相移光栅制作方法，智能终端根据光栅的起始周期值等参数自动生成栅格周期规则，激光扫描装置按照该栅格周期规则，基于逐线法对待加工光纤进行逐线扫描，从而得到光纤布拉格啁啾相移光栅，该制作方法简单，制备效率高。

[61] 作为本发明的第三个实施例，如图3所示，本发明提供了一种光纤布拉格啁啾相移光栅制作方法，该方法包括：

[62] 步骤S201：智能终端利用光栅的预设啁啾范围计算得出光栅的起始周期值a以及光栅的终止周期值a’。

[63] 步骤S202：智能终端利用光栅的预设啁啾性能计算得出光栅啁啾率k。

[64] 步骤S203：智能终端利用光栅的预设相移位置及预设相移范围计算得出光栅的跳变起始周期值b以及光栅的跳变终止周期值b’。

[65] 需要说明的是，上述步骤S201至S203中，如何利用光栅的预设啁啾范围计算得出光栅的起始周期值以及光栅的终止周期值、如何利用光栅的预设啁啾性能计算得出光栅啁啾率、和如何利用光栅的预设相移位置及预设相移范围计算得出光栅的跳变起始周期值以及光栅的跳变终止周期值，三者的计算过程或实现方法均为现有技术，在本发明中不详加赘述。本发明在智能终端上安装有软件应用程序，在该软件应用程序中输入预设啁啾范围、预设啁啾性能、预设相移位置及预设相移范围，该软件应用程序可以自动计算得到相应的参数结果。另外，可以根据实际生产中的需要对预设啁啾范围、预设啁啾性能、预设相移位置

及预设相移范围这些参数进行设定，以便最终得到所需的光纤布拉格啁啾相移光栅。

[66] 步骤S204：智能终端根据光栅的起始周期值、光栅的终止周期值、光栅啁啾率、光栅的跳变起始周期值以及光栅的跳变终止周期值，生成栅格周期规则。该栅格周期规则具体如下：

[67] 如图1所示，该栅格周期规则包含若干个栅格周期的集合，且该集合D=(a,a+k,a+2k,…,a+nk,b'+k,b'+2k,…,b'+mk)；其中，a+nk=b-k，b'+mk=a'；其中，a表示光栅的起始周期值，a'表示光栅的终止周期值，k表示光栅啁啾率，b表示光栅的跳变起始周期值，b'表示所述光栅的跳变终止周期值，n表示正整数，m表示正整数。

[68] 步骤S205：激光扫描装置沿待加工光纤的径向，按照栅格周期规则对待加工光纤进行逐线扫描，以得到光纤布拉格啁啾相移光栅。根据上述的栅格周期规则，则步骤S205具体包括：

[69] 首先，激光扫描装置在待加工光纤的初始位置（即第一条光栅条纹L1的位置）进行一次扫描。

[70] 然后，三维移动平台带动待加工光纤沿该待加工光纤的径向移动一个栅格周期Di后，激光扫描装置再进行一次扫描（即对第二条光栅条纹L2 的位置进行扫描），i的初始值为1，且D1=a（即相邻两条光栅条纹的间距为a）。

[71] 紧接着，若所述i不等于N，则令i=i+1，返回执行上述三维移动平台带动待加工光纤沿该待加工光纤的径向移动一个栅格周期Di后，激光扫描装置再进行一次扫描，其中，N为栅格周期集合中栅格周期的总数；若i等于N，则确定扫描结束。

[72] 上述内容可以理解为，该光纤布拉格啁啾相移光栅的第一个栅格周期为a，第二个栅格周期为a+k，第三个栅格周期为a+2k，依次递增，直到栅格周期为b-k（即a+nk）时，则下一个栅格周期为b'+k，下一个栅格周期递增为b'+2k，依次递增，直到栅格周期为a'（即b'+mk）时，则该光纤布拉格啁啾相移光栅结束。

[73] 需要说明的是，在本实施例中制备光纤布拉格啁啾相移光栅时，三维移动平台带动待加工光纤沿该待加工光纤的径向移动的速度v被设定在0.01mm/s至0.2mm/s

的范围内，同时为了使制备的光栅的局部较均匀，将折射率强度调制的激光能量设定为$\Delta n(10^{-4}—10^{-2})$，通过基于逐线法连续控制进行扫描，此时制备的光纤布拉格啁啾相移光栅沿光纤径向的线状改性区域具有连续平滑的形貌。

[74] 需要说明的是，在本实施例中，激光扫描装置发出的激光光斑与待加工光纤的纤芯上边缘之间的距离被设定在0—20μm的范围内，这个参数范围内可以达到较好的器件性能，对光纤的调制区域较为有效，而且可以达到高效加工的要求。

[75] 综上所述，本发明第三个实施例所提供的光纤布拉格啁啾相移光栅制作方法，制备的全程基本都由智能终端控制完成，其制作方法简单，制备效率高，且制备成的光纤布拉格啁啾相移光栅具有很高的灵活性。

[76] 作为本发明的第四个实施例，如图4所示，本发明提供了一种光纤布拉格啁啾相移光栅制作设备，该设备包括：

[77] 智能终端102，用于根据光栅的起始周期值、光栅的终止周期值、光栅啁啾率、光栅的跳变起始周期值以及光栅的跳变终止周期值，生成栅格周期规则。

[78] 激光扫描装置103，用于沿待加工光纤101的径向，按照上述栅格周期规则对待加工光纤101进行逐线扫描，以得到光纤布拉格啁啾相移光栅。

[79] 综上所述，本发明第四个实施例所提供的光纤布拉格啁啾相移光栅制作设备，智能终端102根据光栅的起始周期值等参数自动生成栅格周期规则，激光扫描装置103按照该栅格周期规则，基于逐线法对待加工光纤101进行逐线扫描，从而得到光纤布拉格啁啾相移光栅，该制作方法简单，制备效率高。

[80] 作为本发明的第五个实施例，如图5和图6所示，本发明提供了一种光纤布拉格啁啾相移光栅制作设备，该设备包括：

[81] 智能终端202用于：利用光栅的预设啁啾范围计算得出光栅的起始周期值以及光栅的终止周期值；利用光栅的预设啁啾性能计算得出光栅啁啾率；利用光栅的预设相移位置及预设相移范围计算得出光栅的跳变起始周期值以及光栅的跳变终止周期值。

[82] 如何利用光栅的预设啁啾范围计算得出光栅的起始周期值以及光栅的终止周期值、如何利用光栅的预设啁啾性能计算得出光栅啁啾率、和如何利用光栅的预设相移位置及预设相移范围计算得出光栅的跳变起始周期值以及光栅的跳变终

止周期值，三者的计算过程或实现方法均为现有技术，在本发明中不详加赘述，本发明将三者的计算过程通过计算机软件加以实现，可以自动通过智能终端进行计算，从而大大简化了人力、物力。在本实施例中，智能终端202为电脑等设备，智能终端202上安装有软件应用程序，在该软件应用程序中输入预设啁啾范围、预设啁啾性能、预设相移位置及预设相移范围，该软件应用程序可以自动计算得到相应的参数结果。另外，可以根据实际生产中的需要对预设啁啾范围、预设啁啾性能、预设相移位置及预设相移范围这些参数进行设定，以便最终得到所需的光纤布拉格啁啾相移光栅。

[83] 智能终端202，还用于根据光栅的起始周期值、光栅的终止周期值、光栅啁啾率、光栅的跳变起始周期值以及光栅的跳变终止周期值，生成栅格周期规则。该栅格周期规则具体如下：

[84] 如图1所示，该栅格周期规则包含若干个栅格周期的集合，且该集合D=(a,a+k,a+2k,…,a+nk,b’+k,b’+2k,…,b’+mk)；其中，a+nk=b-k，b’+mk=a’；其中，a表示光栅的起始周期值，a’表示光栅的终止周期值，k表示光栅啁啾率，b表示光栅的跳变起始周期值，b’表示光栅的跳变终止周期值，n表示正整数，m表示正整数。

[85] 激光扫描装置203，用于沿待加工光纤201的径向，按照上述栅格周期规则对待加工光纤201进行逐线扫描，以得到光纤布拉格啁啾相移光栅。在本实施例中，激光扫描装置203为飞秒激光器。根据上述的栅格周期规则，则激光扫描装置203具体用于：

[86] 首先，激光扫描装置203在待加工光纤201的初始位置（即第一条光栅条纹L1的位置）进行一次扫描。

[87] 然后，三维移动平台204带动待加工光纤201沿该待加工光纤201的径向移动一个栅格周期Di后，激光扫描装置203再进行一次扫描（即对第二条光栅条纹L2 的位置进行扫描），i的初始值为1，且D1=a（即相邻两条光栅条纹的间距为a）。扫描的时候，激光扫描装置203的光斑所经过的位置就会形成光栅条纹。

[88] 紧接着，若所述i不等于N，则令i=i+1，返回执行上述三维移动平台204带动待加工光纤201沿该待加工光纤201的径向移动一个栅格周期Di后，激光扫描装置再进行一次扫描，其中，N为栅格周期集合中栅格周期的总数；若i等于N，则确

定扫描结束。

[89] 上述内容可以理解为，该光纤布拉格啁啾相移光栅的第一个栅格周期为a，第二个栅格周期为a+k，第三个栅格周期为a+2k，依次递增，直到栅格周期为b-k（即a+nk）时，则下一个栅格周期为b'+k，下一个栅格周期递增为b'+2k，依次递增，直到栅格周期为a'（即b'+mk）时，则该光纤布拉格啁啾相移光栅结束。

[90] 三维移动平台204，主要用于水平放置待加工光纤201，且与智能终端202相连，按照智能终端202的生成的栅格周期规则的控制，带动待加工光纤201沿待加工光纤201的径向每次水平移动一个栅格周期的距离。

[91] 光纤固定装置208，用于将待加工光纤201固定在所述三维移动平台204上。

[92] 可调控能量衰减控制装置205，其一端与激光扫描装置203连接，用于衰减激光扫描装置203发出的激光的能量。在本实施例中，可调控能量衰减控制装置205由第一个1/2波片2051、格兰棱镜2052以及第二个1/2波片2053组成。

[93] 快门光阑206，其一端与可调控能量衰减控制装置205的另一端连接，用于作为开关，以控制衰减后的激光是否对待加工光纤201进行扫描，且快门光阑206还与智能终端202连接，主要根据智能终端202的控制来进行是否打开开关的操作。

[94] 显微镜207，与智能终端202通过电荷耦合元件连接，用于在光纤布拉格啁啾相移光栅制作过程中，实时采集光栅的结构成像，并将所述成像发送至智能终端202显示。通过显微镜207观察得到光栅的结构成像、条纹形貌成像等，从而人们可以根据显微镜捕捉到的成像来判断当前光栅的水平，以便在制备过程中随时调整激光能量。在本实施例中，显微镜207为高倍的油浸物镜。

[95] 光源209，与待加工光纤201的一端连接，用于在光纤布拉格啁啾相移光栅制作过程中发光，以使光纤布拉格啁啾相移光栅生成光谱信号。

[96] 光谱仪210，与待加工光纤201的另一端连接，用于在光纤布拉格啁啾相移光栅制作过程中实时监测光谱信号，以便根据该光谱信号实时判断成栅的水平。

[97] 在本实施例中，激光扫描装置203发出的激光光斑与待加工光纤201的纤芯上边缘之间的距离在0—20μm的范围内，这个参数范围内可以达到较好的器件性能，对光纤的调制区域较为有效，而且可以达到高效加工的要求。

[98] 在本实施例中，制备光纤布拉格啁啾相移光栅时，三维移动平台204带动待加工光纤201沿该待加工光纤201的径向移动的速度v被设定在0.01mm/s至0.2mm/s的范围内，同时为了使制备的光栅的局部较均匀，将折射率强度调制的激光能量设定为$\Delta n(10^{-4}—10^{-2})$，通过基于逐线法连续控制进行扫描，此时制备的光纤布拉格啁啾相移光栅沿光纤径向的线状改性区域具有连续平滑的形貌。

[99] 综上所述，本发明第五个实施例所提供的光纤布拉格啁啾相移光栅制作设备，制备的全程基本都由智能终端控制完成，其设备构造简单，制作成本低，制备效率高，且制备成的光纤布拉格啁啾相移光栅具有很高的灵活性。

[100] 以上所述仅为本发明的较佳实施例而已，并不用以限制发明，凡在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] 一种光纤布拉格啁啾相移光栅，其特征在于，所述光栅包括若干个栅格周期，若干个所述栅格周期的集合为D，D=(a,a+k,a+2k,…,a+nk,b’+k,b’+2k,…,b’+mk)；

其中，a+nk=b-k，b’+mk=a’；

其中，a表示基于光栅的预设啁啾范围计算得出的光栅的起始周期值，a’表示基于光栅的预设啁啾范围计算得出的光栅的终止周期值，k表示基于光栅的预设啁啾性能计算得出的光栅啁啾率，b表示基于光栅的预设相移位置及预设相移范围计算得出的光栅的跳变起始周期值，b’表示基于光栅的预设相移位置及预设相移范围计算得出的光栅的跳变终止周期值，n表示正整数，m表示正整数。

[权利要求 2] 一种光纤布拉格啁啾相移光栅制作方法，其特征在于，所述方法包括：

智能终端根据光栅的起始周期值、光栅的终止周期值、光栅啁啾率、光栅的跳变起始周期值以及光栅的跳变终止周期值，生成栅格周期规则；

激光扫描装置沿待加工光纤的径向，按照所述栅格周期规则对所述待加工光纤进行逐线扫描，以得到所述光纤布拉格啁啾相移光栅。

[权利要求 3] 如权利要求2所述的方法，其特征在于：

所述栅格周期规则包含若干个栅格周期的集合，且所述集合D=(a,a+k,a+2k,…,a+nk,b’+k,b’+2k,…,b’+mk)；其中，a+nk=b-k，b’+mk=a’；其中，a表示所述光栅的起始周期值，a’表示所述光栅的终止周期值，k表示所述光栅啁啾率，b表示所述光栅的跳变起始周期值，b’表示所述光栅的跳变终止周期值，n表示正整数，m表示正整数；

则所述激光扫描装置沿待加工光纤的径向，按照所述栅格周期规则对所述待加工光纤进行逐线扫描具体包括：

所述激光扫描装置在所述待加工光纤的初始位置进行一次扫描；

三维移动平台带动所述待加工光纤沿所述待加工光纤的径向移动一个栅格周期Di后，所述激光扫描装置进行一次扫描，所述i的初始值为1，且D1=a；

若所述i不等于N，则令i=i+1，返回执行所述三维移动平台带动所述待加工光纤沿所述待加工光纤的径向移动一个栅格周期Di后，所述激光扫描装置进行一次扫描，所述N为所述集合中栅格周期的总数；

若所述i等于N，则确定扫描结束。

[权利要求 4] 如权利要求2所述的方法，其特征在于，所述智能终端根据光栅的起始周期值、光栅的终止周期值、光栅啁啾率、光栅的跳变起始周期值以及光栅的跳变终止周期值，生成栅格周期规则之前还包括：

智能终端利用光栅的预设啁啾范围计算得出光栅的起始周期值以及光栅的终止周期值；

智能终端利用光栅的预设啁啾性能计算得出光栅啁啾率；

智能终端利用光栅的预设相移位置及预设相移范围计算得出光栅的跳变起始周期值以及光栅的跳变终止周期值。

[权利要求 5] 一种光纤布拉格啁啾相移光栅制作设备，其特征在于，所述设备包括：

智能终端，用于根据光栅的起始周期值、光栅的终止周期值、光栅啁啾率、光栅的跳变起始周期值以及光栅的跳变终止周期值，生成栅格周期规则；

激光扫描装置，用于沿待加工光纤的径向，按照所述栅格周期规则对所述待加工光纤进行逐线扫描，以得到光纤布拉格啁啾相移光栅。

[权利要求 6] 如权利要求5所述的设备，其特征在于：

所述栅格周期规则包含若干个栅格周期的集合，且所述集合D=(a,a

+k,a+2k,…,a+nk,b’+k,b’+2k,…,b’+mk)；其中，a+nk=b-k，b’+mk=a’；其中，a表示所述光栅的起始周期值，a’表示所述光栅的终止周期值，k表示所述光栅啁啾率，b表示所述光栅的跳变起始周期值，b’表示所述光栅的跳变终止周期值，n表示正整数，m表示正整数；

则所述激光扫描装置沿待加工光纤的径向，按照所述栅格周期规则对所述待加工光纤进行逐线扫描具体包括：

所述激光扫描装置在所述待加工光纤的初始位置进行一次扫描；

三维移动平台带动所述待加工光纤沿所述待加工光纤的径向移动一个栅格周期Di后，所述激光扫描装置进行一次扫描，所述i的初始值为1，且D1=a；

若所述i不等于N，则令i=i+1，返回执行所述三维移动平台带动所述待加工光纤沿所述待加工光纤的径向移动一个栅格周期Di后，所述激光扫描装置进行一次扫描，所述N为所述集合中栅格周期的总数；

若所述i等于N，则确定扫描结束。

[权利要求 7] 如权利要求5所述的设备，其特征在于，所述智能终端还用于：

利用光栅的预设啁啾范围计算得出光栅的起始周期值以及光栅的终止周期值；

利用光栅的预设啁啾性能计算得出光栅啁啾率；

利用光栅的预设相移位置及预设相移范围计算得出光栅的跳变起始周期值以及光栅的跳变终止周期值。

[权利要求 8] 如权利要求5所述的设备，其特征在于，所述设备还包括：

三维移动平台，用于水平放置所述待加工光纤，及带动所述待加工光纤沿所述待加工光纤的径向每次水平移动一个栅格周期的距离；

光纤固定装置，用于将所述待加工光纤固定在所述三维移动平台上；

可调控能量衰减控制装置，其一端与所述激光扫描装置连接，用于衰减所述激光扫描装置发出的激光的能量；

快门光阑，其一端与所述可调控能量衰减控制装置的另一端连接，用于作为开关，以控制衰减后的激光是否对所述待加工光纤进行扫描；

显微镜，与所述智能终端通过电荷耦合元件连接，用于在所述光纤布拉格啁啾相移光栅制作过程中，实时采集光栅的结构成像，并将所述成像发送至所述智能终端显示；

光源，与所述待加工光纤的一端连接，用于在所述光纤布拉格啁啾相移光栅制作过程中发光，以使所述光纤布拉格啁啾相移光栅生成光谱信号；

光谱仪，与所述待加工光纤的另一端连接，用于在所述光纤布拉格啁啾相移光栅制作过程中实时监测所述光谱信号。

[权利要求 9] 如权利要求8所述的设备，其特征在于，所述可调控能量衰减控制装置由1/2波片和格兰棱镜组成；

所述显微镜为高倍的油浸物镜。

[权利要求 10] 如权利要求5所述的设备，其特征在于，所述激光扫描装置发出的激光光斑与所述待加工光纤的纤芯上边缘之间的距离在0—20μm的范围内。

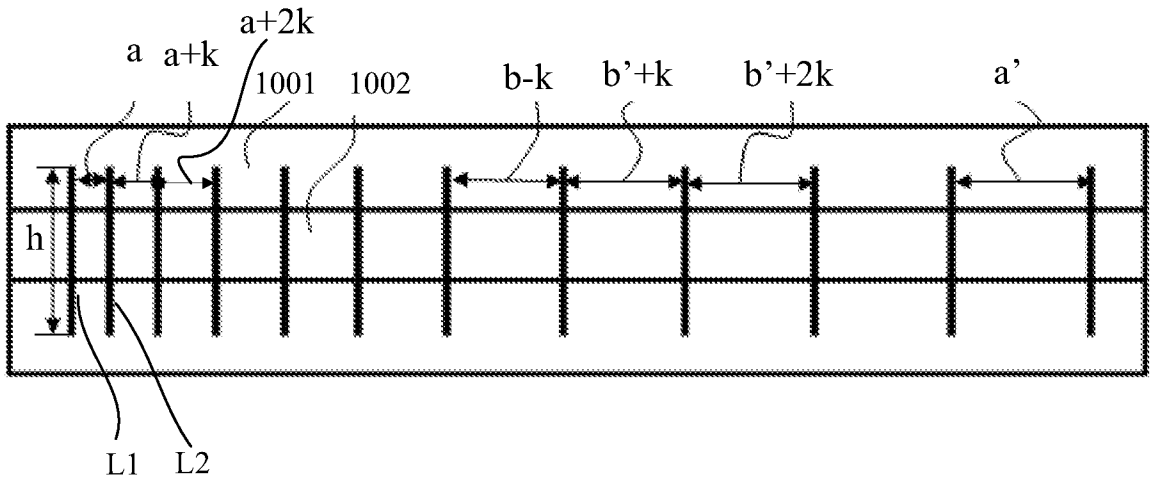

a
a+k
a+2k
1001
1002
b-k
b'+k
b'+2k
a'
h
L1
L2

图 1

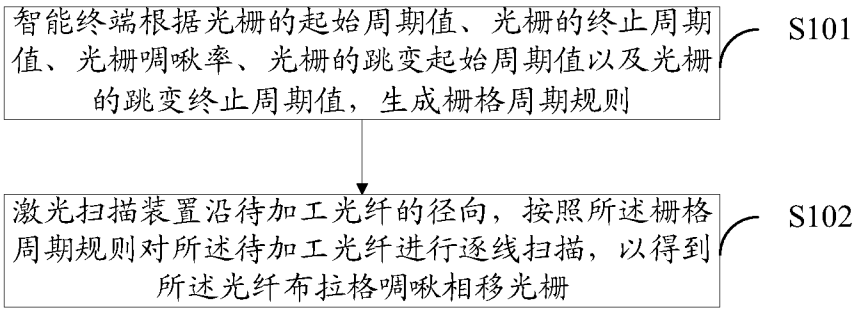

智能终端根据光栅的起始周期值、光栅的终止周期值、光栅啁啾率、光栅的跳变起始周期值以及光栅的跳变终止周期值，生成栅格周期规则
S101
激光扫描装置沿待加工光纤的径向，按照所述栅格周期规则对所述待加工光纤进行逐线扫描，以得到所述光纤布拉格啁啾相移光栅
S102

图 2

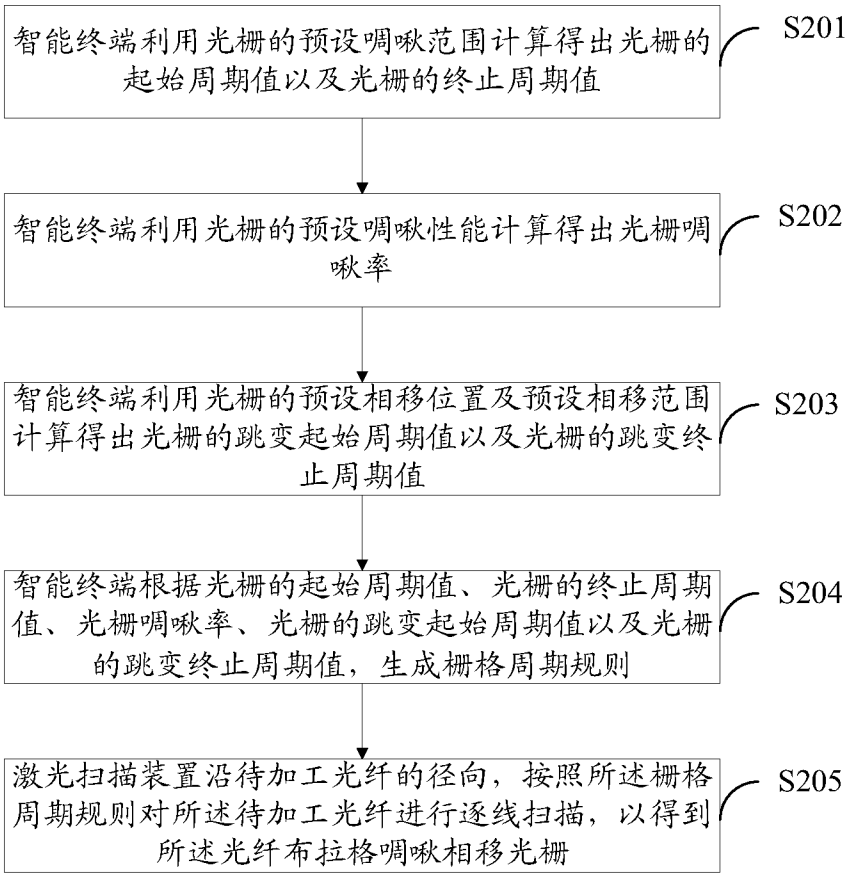

智能终端利用光栅的预设啁啾范围计算得出光栅的起始周期值以及光栅的终止周期值
S201
智能终端利用光栅的预设啁啾性能计算得出光栅啁啾率
S202
智能终端利用光栅的预设相移位置及预设相移范围计算得出光栅的跳变起始周期值以及光栅的跳变终止周期值
S203
智能终端根据光栅的起始周期值、光栅的终止周期值、光栅啁啾率、光栅的跳变起始周期值以及光栅的跳变终止周期值，生成栅格周期规则
S204
激光扫描装置沿待加工光纤的径向，按照所述栅格周期规则对所述待加工光纤进行逐线扫描，以得到所述光纤布拉格啁啾相移光栅
S205

图 3

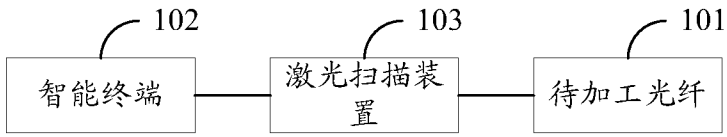

102
智能终端
103
激光扫描装置
101
待加工光纤

图 4

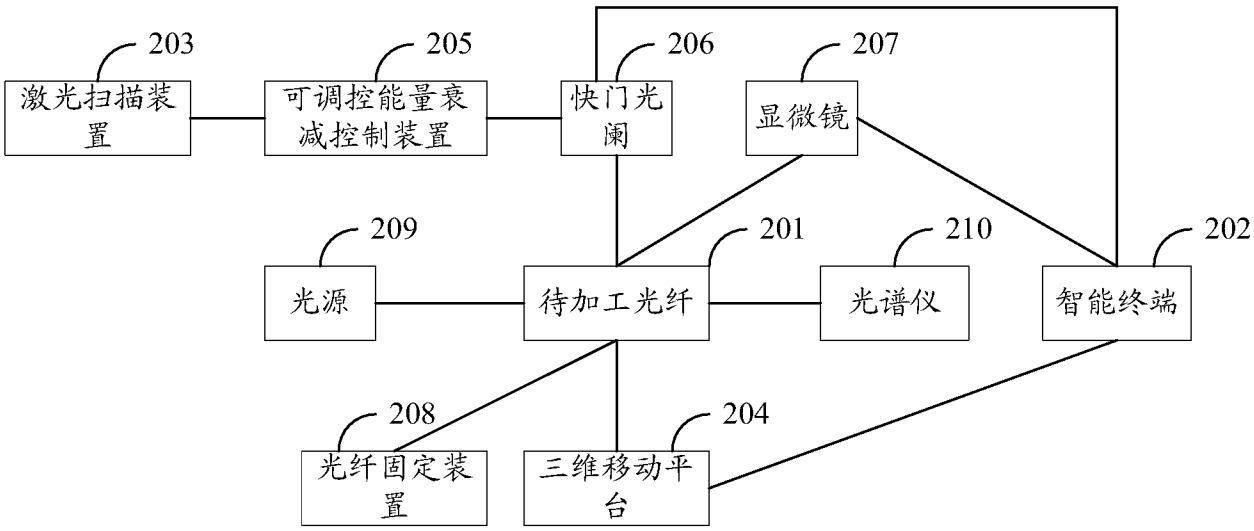

203
激光扫描装置
205
可调控能量衰减控制装置
206
快门光阑
207
显微镜
209
光源
201
待加工光纤
210
光谱仪
202
智能终端
208
光纤固定装置
204
三维移动平台

图 5

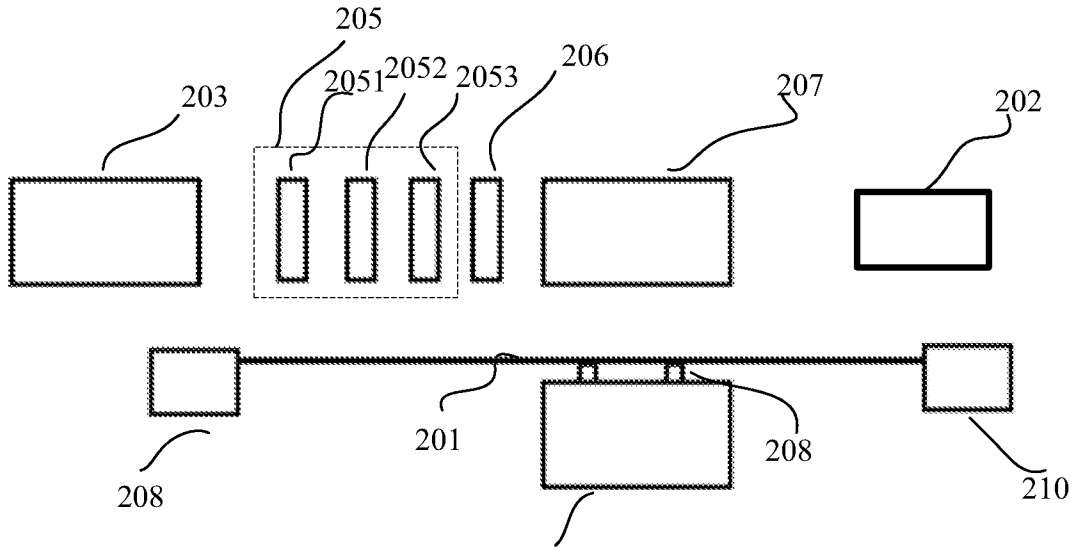

205
2051
2052
2053
206
203
207
202
201
208
208
210

图 6

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/CN2017/083713

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G02B 6/02 (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

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)

CNPAT, WPI, EPODOC, CNKI: 深圳大学, 李正勇, 王义平, 何俊, 王英, 杨天航, 廖常锐, 朱峰, 光纤, 布拉格, 啁啾, 相移, 光栅, 周期, 起始, 终止, 跳变, 集合, 啁啾率, 预设, 跳变, 径向, 扫描, fibre, bragg, chirp, phase, shift, period, start, end, terminal, jump, radial, scan

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	CN 102103227 A (CHINA JILIANG UNIVERSITY) 22 June 2011 (22.06.2011), description, paragraphs [0012] and [0013], and figures 1 and 2	1-10
A	CN 103594924 A (NANJING WEINING RUIKE INFORMATION TECHNOLOGY CO.,LTD.) 19 February 2014 (19.02.2014), entire document	1-10
A	CN 106526742 A (SHENZHEN UNIVERSITY) 22 March 2017 (22.03.2017), entire document	1-10
A	CN 103955019 A (SHENZHEN UNIVERSITY) 30 July 2014 (30.07.2014), entire document	1-10
A	US 2003086633 A1 (HUTCHINSON, DONALD P. et al.) 08 May 2003 (08.05.2003), entire document	1-10

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☒ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"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)

"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

"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

"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

"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

"&"document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
15 January 2018	06 February 2018
Name and mailing address of the ISA 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 YANG, Shixing Telephone No. (86-10) 53962441

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/CN2017/083713

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 2004208429 A1 (GILL, DOUGLAS M. et al.) 21 October 2004 (21.10.2004), entire document	1-10

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/CN2017/083713

Patent Documents referred in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
CN 102103227 A	22 June 2011	None	
CN 103594924 A	19 February 2014	None	
CN 106526742 A	22 March 2017	None	
CN 103955019 A	30 July 2014	CN 103955019 B	01 February 2017
US 2003086633 A1	08 May 2003	WO 03040822 A1	15 May 2003
		US 6597487 B2	22 July 2003
		WO 03040822 A9	05 February 2004
US 2004208429 A1	21 October 2004	US 7277645 B2	02 October 2007

国际检索报告

国际申请号 PCT/CN2017/083713

A. 主题的分类

G02B 6/02(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

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））

CNPAT,WPI,EPODOC,CNKI:深圳大学,李正勇,王义平,何俊,王英,杨天航,廖常锐,朱峰,光纤,布拉格,啁啾,相移,光栅,周期,起始,终止,跳变,集合,啁啾率,预设,跳变,径向,扫描,fibre, bragg, chirp, phase, shift, period, start, end, terminal, jump, radial, scan

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 102103227 A (中国计量学院) 2011年 6月 22日 (2011-06-22) 说明书第[0012]-[0013]段，附图1-2	1-10
A	CN 103594924 A (南京威宁锐克信息技术有限公司) 2014年 2月 19日 (2014-02-19) 全文	1-10
A	CN 106526742 A (深圳大学) 2017年 3月 22日 (2017-03-22) 全文	1-10
A	CN 103955019 A (深圳大学) 2014年 7月 30日 (2014-07-30) 全文	1-10
A	US 2003086633 A1 (HUTCHINSON, DONALD P. 等) 2003年 5月 8日 (2003-05-08) 全文	1-10
A	US 2004208429 A1 (GILL, DOUGLAS M. 等) 2004年 10月 21日 (2004-10-21) 全文	1-10

☐ 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	国际检索报告邮寄日期
2018年 1月 15日	2018年 2月 6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 传真号 (86-10)62019451	受权官员 杨世兴 电话号码 (86-10)53962441

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号
PCT/CN2017/083713

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	102103227	A	2011年 6月 22日	无			
CN	103594924	A	2014年 2月 19日	无			
CN	106526742	A	2017年 3月 22日	无			
CN	103955019	A	2014年 7月 30日	CN	103955019	B	2017年 2月 1日
US	2003086633	A1	2003年 5月 8日	WO	03040822	A1	2003年 5月 15日
				US	6597487	B2	2003年 7月 22日
				WO	03040822	A9	2004年 2月 5日
US	2004208429	A1	2004年 10月 21日	US	7277645	B2	2007年 10月 2日