(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
2006 年9 月28 日 (28.09.2006)

PCT

(10) 国际公布号
WO 2006/099805 A1

(51) 国际专利分类号:
H01S 3/117 (2006.01) G02F 1/33 (2006.01)
G02F 1/125 (2006.01)

(21) 国际申请号: PCT/CN2006/000469

(22) 国际申请日: 2006 年3 月23 日 (23.03.2006)

(25) 申请语言: 中文

(26) 公布语言: 中文

(30) 优先权:
200510056766.2
2005 年3 月25 日 (25.03.2005) CN

(71) 申请人 (对除美国外的所有指定国): **清华大学 (TSINGHUA UNIVERSITY)** [CN/CN]; 中国北京市海淀区清华园1号, Beijing 100084 (CN)。

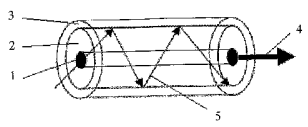
(72) 发明人; 及

(75) 发明人/申请人 (仅对美国): **巩马理(GONG, Mali)** [CN/CN]; 中国北京市海淀区清华园1号, Beijing 100084 (CN)。 **陈刚(CHEN, Gang)** [CN/CN]; 中国北京市海淀区清华园1号, Beijing 100084 (CN)。 **闫平(YAN, Ping)** [CN/CN]; 中国北京市海淀区清华园1号, Beijing 100084 (CN)。 **柳强(LIU, Qiang)** [CN/CN]; 中国北京市海淀区清华园1号, Beijing 100084 (CN)。 **张海涛(ZHANG, Haitao)** [CN/CN]; 中国北京市海淀区清华园1号, Beijing 100084 (CN)。 **李晨(LI,**

[见续页]

(54) Title: ACOUSTIC OPTICAL Q-MODULATING METHOD FOR DOUBLE-CLAD FIBER LASER AND APPARATUS

(54) 发明名称: 用于双包层光纤激光器的声光调 Q 方法及其装置



(57) Abstract: In the acoustic optical Q-modulating method, quartz optical fiber of double-clad fiber laser is used as acoustic optic medium directly. Stationary field of sound wave or traveling wave field is formed in the medium so as to form phasegrating. Deflection of transmitting direction of oscillated laser occurred caused by diffraction under effect of the phase grating is as a leaking wave. The leaking wave prevents forming oscillated laser. Thus, laser of optical fiber is in state of low Q value. When traveling wave field is disappeared, laser is in state of high Q value. The acoustic optical Q switch includes a radio frequency excited ultrasonic transducer, medium for sound propagation, sound reflection interface or body of sound absorption. The medium for sound propagation is placed between the transducer and the interface or body of sound absorption. The double-clad fiber is in medium for sound propagation. The acoustic opticical Q switch is realized in coated fiber directly so as to lower insertion loss.

(57) 摘要:

本发明涉及一种用于双包层光纤激光器的声光调 Q 方法及其装置，该方法是将双包层光纤激光器的石英光纤直接作为声光介质，在其中形成声波驻波场或行波场，产生位相光栅，振荡激光在位相光栅的作用下发生衍射，使传输方向发生偏折，成为泄露波，阻止振荡激光的形成，则光纤激光器处于低 Q 值状态；声波场消失，光纤激光器处于高 Q 值状态。本发明的装置，包括射频激励超声换能器、声传播介质和声反射界面或声吸收体；声传播介质置于频激励超声换能器和声反射界面或声吸收体之间；被调 Q 激光器的双包层光纤置于声传播介质中。本发明的优点是，直接将声光 Q 开关在双包层光纤上实现，减小了传统技术带来的插入损耗。

WO 2006/099805 A1

Chen) [CN/CN]; 中国北京市海淀区清华园1号, Beijing 100084 (CN)。 **黄磊(HUANG, Lei)** [CN/CN]; 中国北京市海淀区清华园1号, Beijing 100084 (CN)。 **叶昌庚(YE, Changgeng)** [CN/CN]; 中国北京市海淀区清华园1号, Beijing 100084 (CN)。

(74) 代理人：北京金信联合知识产权代理有限公司 (KINGSOUND & PARTNERS); 中国北京市海淀区紫竹院路116号嘉豪国际中心B座11层, Beijing 100089 (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, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, 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, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 欧亚 (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), 欧洲 (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG)。

本国际公布：

— 包括国际检索报告。

所引用双字母代码及其它缩写符号，请参考刊登在每期PCT公报期刊起始的“代码及缩写符号简要说明”。

用于双包层光纤激光器的声光调Q方法及其装置

技术领域：

本发明涉及一种用于双包层光纤激光器的声光调 Q 方法及其装置，属于激光技术领域。

背景技术：

普通声光 Q 开关的工作原理是：换能器将射频输入能量转换为超声波，超声波在声光介质（对 1μm 激光，熔融石英是声光介质的一种）中传播（可以是行波场也可以在对面介质表面反射形成驻波场），由于声光介质的声光效应，声波场的周期性强弱分布引起了光学介质的折射率的周期性分布，从而对其中传输的光形成一位相光栅，使一部分光的传播方向产生改变。对于振荡激光来说，就成为损耗。只要这个损耗足够大（即谐振腔的品质因数 Q 值足够小）就能阻止此时的振荡激光形成。当突然撤除射频输入能量，没有超声波产生，声光介质中的位相光栅消失，谐振腔的品质因数 Q 值突然升高，振荡激光产生一个调 Q 脉冲输出。

现在通用的双包层光纤激光器调 Q 方法是沿用传统调 Q 开关，将光纤中的振荡激光准直后通过声光 Q 开关，然后再耦合回光纤中去。因此插入损耗很大，一般大于 2dB。至今，还没有出现直接用于双包层光纤激光器的，无需将光纤激光准直、耦合的调 Q 方法与装置。

发明内容：

本发明的目的是提出一种用于双包层光纤激光器的声光调Q方法及其装置，以克服已有技术的缺点，直接将声光 Q 开关在双包层光纤上实现，大大减小传统技术带来的插入损耗。

本发明提出的用于双包层光纤激光器的声光调 Q 方法，将双包层光纤激光器的石英光纤直接作为声光介质，在双包层光纤中形成声波驻波场或行波场，这将使光纤中石英的折射率产生相应的周期性变化，形成位相光栅，在增益纤芯中传播的振荡激光在位相光栅的作用下将发生衍射，使传输方向发生偏折，脱离增益纤芯的波导束缚，成为泄漏波，该泄漏波等效为波导传输损耗，阻止振荡激光的形成，则光纤激光器处于低 Q 值状态；声波场消失，光纤中的位相光栅随即消失，光纤激光器处于高 Q 值状态。

本发明提出的用于双包层光纤激光器的声光调 Q 装置，包括射频激励超声换能器、声传播介质和声反射界面或声吸收体；所述的声传播介质置于频激励超声换能器和声反射界面或声吸收体之间；被调 Q 激光器的双包层光纤置于声传播介质中。

上述装置还可包括声匹配胶；所述的声匹配胶置于声传播介质中，被调 Q 激光器的双包层光纤置于声匹配胶中。

上述装置中所述的双包层光纤可以是直线的，也可以是弯曲的，其弯曲的曲率半径接近光纤的最小曲率半径。

本发明与现有技术相比，具有以下优点及突出效果：

本发明提出的用于双包层光纤激光器的声光调 Q 方法及其装置，与现有的技术相比无需将激光由双包层光纤中输出、准直、耦合入声光 Q 开关，而是直接将声光 Q 开关在双包层光纤上实现，因此大大减小了传统技术带来的插入损耗。

光纤激光器的增益是非常高的，如果只靠增加损耗要阻止振荡激光的形成必须提供很大的损耗。本项发明将双包层光纤激光器的光纤直接作为声光介质，使

声光 Q 开关在关断时，将一部分的双包层光纤激光器中的振荡激光脱离双包层光纤的增益纤芯，进入泵浦包层传输，在大大降低此时双包层光纤激光器中这部分激光所能获取的增益的同时增加这部分激光的波导传输损耗，从而阻止此时的振荡激光形成。如果能将作为声光介质的双包层光纤预先弯曲成接近其最小曲率半径的曲线还可以提高本声光调 Q 方法的开通/关断消光比。

而当本声光 Q 开关开通时，光纤中的振荡激光仍然满足全内反射条件，无附加插入损耗地通过本发明所述的声光 Q 开关。

附图说明：

图 1 为本发明所涉及的双包层光纤的结构示意图；

图 2 为本发明提供的用于双包层光纤激光器的声光调 Q 方法的原理示意图；

图 3 为本发明提供的用于双包层光纤激光器的声光 Q 开关装置的第一种实施例的结构示意图；

图 4 为本发明提供的的第二种实施例的结构示意图；

图 5 为本发明提供的的第三种实施例的结构示意图；

图 6 为本发明提供的的第四种实施例的结构示意图。

图 1～图 6 中，1 是增益纤芯，2 是泵浦包层，3 是外包层，4 是振荡激光，5 是泵浦光，6 是位相光栅，7 是泄漏波，8 是射频激励超声换能器，9 是声反射界面或声吸收体，10 是声传播介质，11 是声匹配胶，12 是双包层光纤。

具体实施方式：

本发明提出的用于双包层光纤激光器的声光调 Q 方法，其原理如图 2 所示。将双包层光纤激光器的石英光纤（其结构如图 1 所示）直接作为声光介质，在双包层光纤中形成声波驻波场或行波场，这将使光纤中石英的折射率产生相应的周期性变化，形成位相光栅（6），在增益纤芯（1）中传播的振荡激光（4）在位相光栅（6）的作用下将发生衍射，使传输方向发生偏折，脱离增益纤芯（1）的波导束缚，成为泄漏波（7），该泄漏波（7）等效为波导传输损耗，阻止振荡激光（4）的形成，则光纤激光器处于低 Q 值状态；声波场消失，光纤中的位相光栅（6）随即消失，光纤激光器处于高 Q 值状态。

本发明提出的用于双包层光纤激光器的声光调 Q 装置，其结构如图 3 所示，包括射频激励超声换能器(8)、声传播介质(10)和与声反射界面或声吸收体(9)；所述的声传播介质（10）置于频激励超声换能器（8）和声反射界面或声吸收体（9）之间；被调 Q 激光器的双包层光纤（12）置于声传播介质（10）中。

上述装置还可包括声匹配胶（11），如图 4 和图 6 所示，声匹配胶（11）置于声传播介质（10）中，被调 Q 激光器的双包层光纤（12）置于声匹配胶（11）中。

上述装置中所述的双包层光纤可以是直线的，如图 5 和图 6 所示，也可以是弯曲的，如图 3 和图 4 所示，其弯曲的曲率半径接近光纤的最小曲率半径。

以下结合附图，介绍本发明的工作原理：

双包层光纤激光器的光纤结构由增益纤芯（1）、泵浦包层（2）和外包层（3）组成（如图 1 所示），振荡激光（4）在增益纤芯（1）中传输，泵浦光（5）在泵浦包层（2）中传输。虽然双包层光纤的泵浦包层（2）数值孔径很大，但其增益纤芯（1）的数值孔径却很小，只要使一部分的双包层光纤激光器中的振荡激光（4）脱离双包层光纤的增益纤芯（1），进入泵浦包层（2）传输，就能大大降低此时双包层光纤激光器中这部分激光所能获取的增益，增加这部分激光的波导传

输损耗，阻止此时的振荡激光的形成。

本发明将双包层光纤激光器的石英光纤直接作为声光介质，在双包层光纤中形成声波驻波场或行波场，这将使光纤中石英的折射率产生相应的周期性变化，形成位相光栅（6）。在增益纤芯（1）中传播的振荡激光（4）在位相光栅（6）的作用下将发生衍射，使传输方向发生偏折，脱离增益纤芯（1）的波导束缚，成为泄漏波（7）。这将大大降低双包层光纤的增益，或者等效为一种波导传输损耗，阻止此时的振荡激光（4）的形成，此时光纤激光器处于低 Q 值状态；当声波场消失，光纤中的位相光栅（6）也将随即消失，光纤中的振荡激光无损耗地通过，此时光纤激光器处于高 Q 值状态。以一定重复频率和占空比产生和撤除声波场，即可实现双包层光纤激光器的声光调 Q。

在本发明所述方法中，根据声光调 Q 方法的开通/关断消光比要求，双包层光纤可以以直线或曲线穿过声波场。

本发明还提供了一种用于双包层光纤激光器的声光 Q 开关装置，该声光 Q 开关装置含有由射频激励超声换能器（8）与声反射界面或声吸收体（9）组成的超声谐振腔，在两者之间，用声传播介质（10）或者声传播介质（10）与填充在声场内双包层光纤周围的声匹配胶（11）的组合体固化了双包层光纤（12）。作为声光介质的双包层光纤以直线或曲线穿过其中。

权 利 要 求

1、一种用于双包层光纤激光器的声光调 Q 方法，其特征在于：将双包层光纤激光器的石英光纤直接作为声光介质，在双包层光纤中形成声波驻波场或行波场，这将使光纤中石英的折射率产生相应的周期性变化，形成位相光栅，在增益纤芯中传播的振荡激光在位相光栅的作用下将发生衍射，使传输方向发生偏折，脱离增益纤芯的波导束缚，成为泄漏波，该泄漏波等效为波导传输损耗，阻止振荡激光的形成，则光纤激光器处于低 Q 值状态；声波场消失，光纤中的位相光栅随即消失，光纤激光器处于高 Q 值状态。

2、一种用于双包层光纤激光器的声光调 Q 装置，其特征在于该装置包括射频激励超声换能器、声传播介质和声反射界面或声吸收体；所述的声传播介质置于频激励超声换能器和声反射界面或声吸收体之间；被调 Q 激光器的双包层光纤置于声传播介质中。

3、如权利要求 2 所述的装置，其特征在于还包括声匹配胶；所述的声匹配胶置于声传播介质中，被调 Q 激光器的双包层光纤置于声匹配胶中。

4、如权利要求 2 或 3 所述的装置，其特征在于其中所述的双包层光纤是弯曲的，其弯曲的曲率半径接近光纤的最小曲率半径。

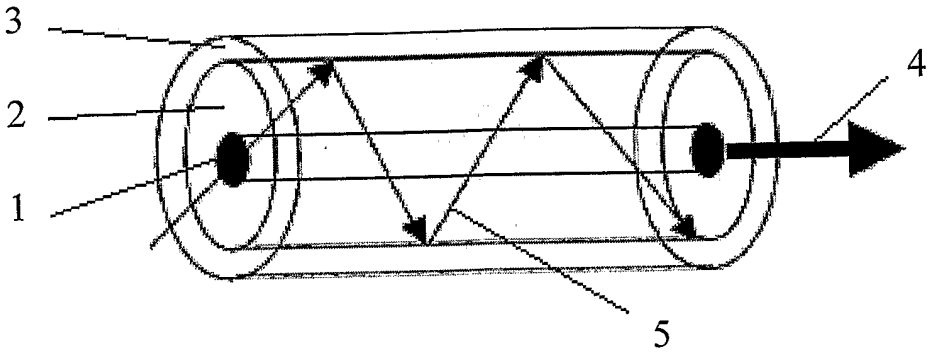


图 1

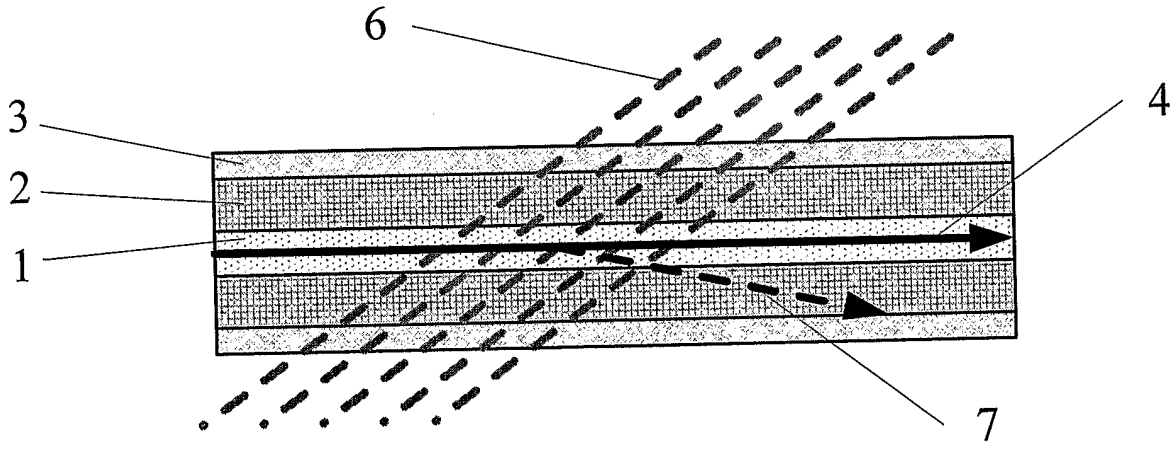


图 2

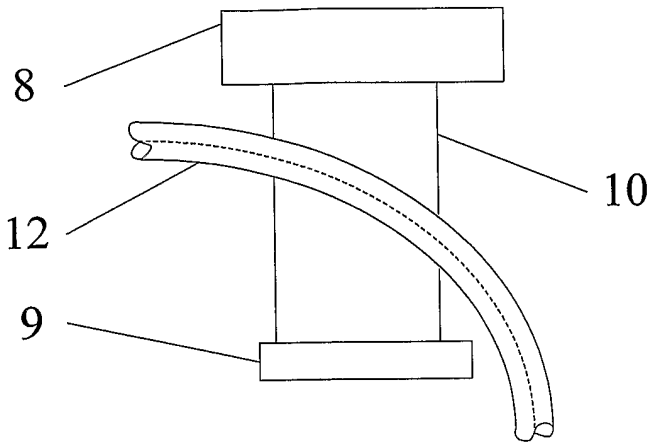


图 3

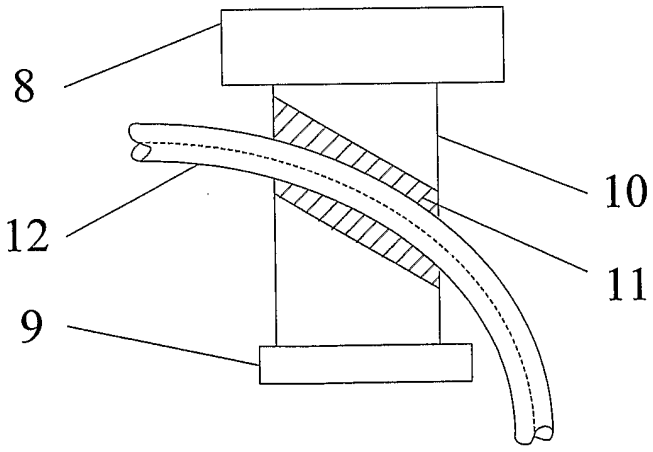


图 4

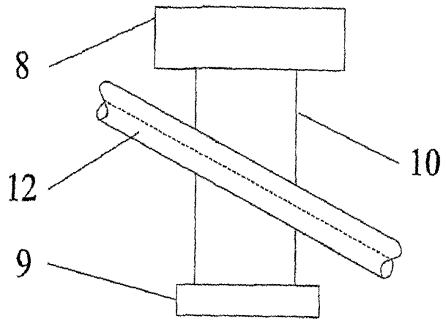


图 5

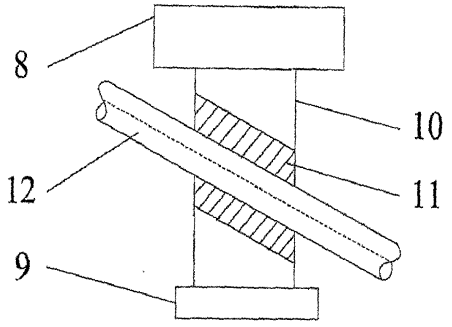


图 6

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/CN2006/000469

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

See extra sheet

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)

IPC[8]: H01S3; G02F1;

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

Chinese Patent Documents

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

EPODOC,WPI,PAJ,CNPAT FIBER; OPTICAL; DOUBLE+;
DUAL+;TWO+; LASER; CLAD+; MODULAT+; SWITCH: AOM; ACOUS;

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	CN2638295Y (LOU,Qihong et al) 01.Sept.2004 (01.09.2004) whole document	1-4
A	CN1560967A (LOU,Qihong et al) 05.Jan. 2005 (05.01.2005) whole document	1-4
A	US 6008930A (Nishikawa et al) 28.Dec.1999(28.12.19999) whole	1-4
A	US 6535665B1 (KIM BYOUNG YOON et al) 18.Mar.2003 (18.03.2003) whole document	1-4

☐ 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
12.JUN.2006 (12.06.2006)	13 · JUL 2006 (13 · 07 · 2006)
Name and mailing address of the ISA/CN The State Intellectual Property Office, the P.R.China 6 Xitucheng Rd., Jimen Bridge, Haidian District, Beijing, China 100088 Facsimile No. 86-10-62019451	Authorized officer GAO Yiying Telephone No. (86-10) 62085775

Form PCT/ISA /210 (second sheet) (April 2005)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/CN2006/000469

CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H01S3/117 (2006.01)i
G02F1/125 (2006.01)i
G02F1/33 (2006.01)i

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/CN2006/000469

Patent Documents referred in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
CN2638295Y	01.Sept.2004	None	
CN1560967A	05.Jan. 2005	None	
US 6008930A	28.Dec.1999	JP10246875A	14.Sept.1998
		EP0866357A	23.Sept.1998
US6535665B1	18.Mar. 2003	AU6808201A	03.Dec.2001
		WO 0190807A	29.Nov.2001

国际检索报告

国际申请号 PCT/CN2006/000469

A. 主题的分类

见附加页

按照国际专利分类表(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)

IPC[8]: H01S3; G02F1;

包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献

中国专利文献

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）)

EPODOC,WPI,PAJ,CNPAT 双包层； 光纤；激光器；调；Q； 开关；声光；FIBER; OPTICAL; DOUBLE+; DUAL+;TWO+; LASER; CLAD+; MODULAT+; SWITCH: AOM; ACOUS;

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	CN2638295Y （楼棋洪 等）01.09 月 2004 （01.09.2004） 全文	1-4
A	CN1560967A (楼棋洪 等) 05.01 月 2005 （05.01.2005） 全文	1-4
A	US 6008930A (Nishikawa 等) 28.12 月 1999 （28.12.1999） 全文	1-4
A	US 6535665B1 (KIM BYOUNG YOON 等) 18.3 月 2003 （18.03.2003） 全文	1-4

☐ 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

"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
12.6 月 2006（12.06.2006）	13 · 7月 2006 (13 · 07 · 2006)
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	授权官员 高懿颖 电话号码：(86-10) 62085775

国际检索报告

国际申请号
PCT/CN2006/000469

主题的分类

H01S3/117 (2006.01)i

G02F1/125 (2006.01)i

G02F1/33 (2006.01)i

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号
PCT/CN2006/000469

检索报告中引用的专利文件	公布日期	同族专利	公布日期
CN2638295Y	01.09 月 2004	无	
CN1560967A	05.01 月 2005	无	
US 6008930A	28.12 月 1999	JP10246875A	14.09 月 1998
		EP0866357A	23.09 月 1998
US6535665B1	18.3 月 2003	AU6808201A	03.12 月 2001
		WO 0190807A	29.11 月 2001