(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 29 日 (29.11.2018)

WIPO | PCT

(10) 国际公布号
WO 2018/214513 A1

(51) 国际专利分类号:
G05D 3/12 (2006.01) *G01C 1/00* (2006.01)

(21) 国际申请号: PCT/CN2018/070093

(22) 国际申请日: 2018 年 1 月 3 日 (03.01.2018)

(25) 申请语言: 中文

(26) 公布语言: 中文

(30) 优先权:
201710382280.0 2017年5月26日 (26.05.2017) CN

(71) 申请人: 江苏大学 (JIANGSU UNIVERSITY) [CN/CN]; 中国江苏省镇江京口区学府路301号, Jiangsu 212013 (CN)。

(72) 发明人: 陈明阳 (CHEN, Mingyang); 中国江苏省镇江京口区学府路301号江苏大学机械学院, Jiangsu 212013 (CN)。 张丽 (ZHANG, Li); 中国江苏省镇江京口区学府路301号江苏大学机械学院, Jiangsu 212013 (CN)。 刘丕丕 (LIU, Pipi); 中国江苏省镇江京口区学府路301号江苏大学机械学院, Jiangsu 212013 (CN)。 曹国栋 (CAO, Guodong); 中国江苏省镇江京口区学府路301号江苏大学机械学院, Jiangsu 212013 (CN)。 徐小明 (XU, Xiaoming); 中国江苏省镇江京口区学府路301号江苏大学机械学院, Jiangsu 212013 (CN)。

(74) 代理人: 北京德崇智捷知识产权代理有限公司 (JW IP LAW FIRM); 中国北京市朝阳区酒仙桥路14号A5楼7层701, Beijing 100015 (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, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX,

(54) **Title:** SOLAR TRACKING SENSOR BASED ON FIBER LIGHT GUIDANCE

(54) 发明名称: 一种基于光纤导光的太阳跟踪传感器

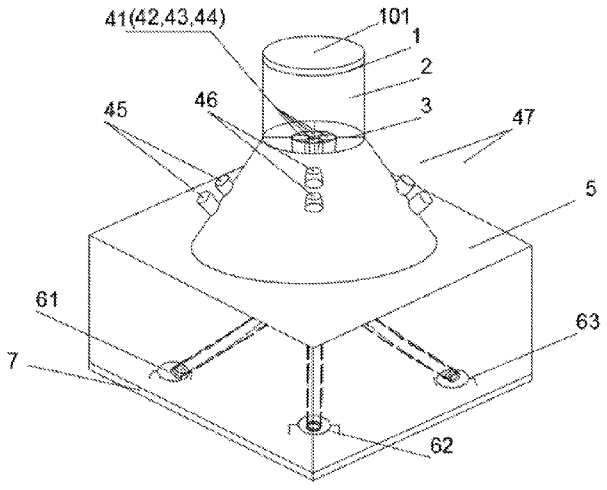


图 1

(57) **Abstract:** A solar tracking sensor based on fiber light guidance. A lens (1) and four fibers respectively representing four directions are installed in a lens barrel (2) to serve as a fine-positioning daylighting module, and four groups of fibers are installed on the side of the lens barrel (2) to serve as a coarse-positioning daylighting module. A circuit board (7) and four photocells (61-64) are installed at the bottom of a cassette (5). Each of the photocells (61-64) is connected to fine positioning fibers (41-44) located in the same direction as the photocell, and is connected to coarse positioning fibers (45-48) located in a direction diagonal to the direction of the photocell. By using a daylighting method of combining fine-positioning daylighting and coarse-positioning daylighting, the number of the photocells (61-64) is reduced, and thus the design of the circuit board (7) is simplified, and costs are reduced; moreover, because the coarse-positioning daylighting module can collect sunlight in a wide-angle range, the tracking angle range of the sensor is enlarged.

WO 2018/214513 A1

[见续页]

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))。

(57) 摘要：一种基于光纤导光的太阳跟踪传感器，通过在镜筒（2）中安装透镜（1）和分别代表四个方向的四根光纤作为精定位采光模块，并在镜筒（2）侧面安装四组光纤作为粗定位采光模块，在暗盒（5）底部安装电路板（7）和四个光电池（61-64），每个光电池（61-64）均与和其位于同方向上的精定位光纤（41-44）连接，并与和其位于对角方向的粗定位光纤（45-48）连接，采用精定位采光与粗定位相结合采光的方法，减少了光电池（61-64）的数量，从而简化了电路板（7）的设计，降低了成本，并且由于粗定位采光模块可以在宽角度范围内均能采集到太阳光，扩大了传感器的跟踪范围角。

一种基于光纤导光的太阳跟踪传感器

技术领域

本发明涉及太阳跟踪传感器，尤其涉及一种基于光纤导光的太阳跟踪传感。

背景技术

随着化石能源的不断消耗，使得地球上原本有限的能源量变得越来越紧迫，在所有可再生能源中，太阳能因具有数量大、能量强、清洁无污染等特点成为人类可持续发展的重要开发内容之一，但是太阳还有分布不均匀、强度不均匀等特点，这使的对太阳的开发和利用变得比较困难。

随着人类对太阳能的研究不断的深入与广泛，目前研制成功的太阳能产品如热水器、太阳能光伏发电等设备已成功投入生产使用，并为人类的生活带来了极大的方便，同时也节约了大量的能源。然而这些均为固定式太阳能产品，相对于地球作不断运动的太阳来说，真正被利用的能量微乎其微。所以现阶段涌现了大量对太阳实时跟踪的研究热潮。香港大学教授通过研究太阳角度与太阳采光率的关系得出结论，固定式太阳设备与跟踪式太阳设备的太阳光采集率差了 37.7%。所以跟踪式太阳设备的开发研究具有重要的意义。用于太阳跟踪的传感器使用最多的就是光电式传感，常用的有隔板式、金字塔式、镜筒式等。前两者精度不高稳定性差，而镜筒式精度得到提高的同时却限制了跟踪范围。有研究者提出将光纤和光电传感元件结合的办法提高传感器的性能，如中国专利申请号：200910264755，名称为：一种太阳敏感器及其测量方法的专利，公开了利用光纤的导光功能将四个方位上的太阳光线传送给光感元件，而一根光纤直接接受太阳光比较弱，且受到数值孔径的限制，需要外加 GPS 定位先进行粗定位后才能利用光纤进行精确定位，控制系统比较复杂，维护成本也比较高，理论上并不理想。

目前太阳跟踪常用的高精度跟踪方法是二级跟踪，包括精定位和粗定位，两者相互独立，通常需要采集八路信号或者另外使用时钟跟踪模块、GPS 全球定位等结合使用才能实现完整的跟踪，所以系统的控制就相对比较复杂，成本较高。

发明内容

针对现有技术中存在不足，本发明提供了一种基于光纤导光的太阳跟踪传感器，通过采用精定位与粗定位相结合的定位方法，扩大传感器的跟踪范围，提高传感器的跟踪精度，降低系统的成本。

本发明是通过以下技术手段实现上述技术目的的。

一种基于光纤导光的太阳跟踪传感器，包括采光模块和信号采集模块，所述采光模块主要包括精定位采光模块和粗定位采光模块，所述信号采集模块包括光电元件和采集电路，所述精定位采光模块包括凸透镜、镜筒、光纤固定管和四根精定位光纤，凸透镜安装于镜筒的顶端，四根精定位光纤的入射端通过光纤固定管固定于凸透镜的正下方，四根精定位光纤的中心连线为正方形，定义四根精定位光纤（41- 44）所处的方位分别为A、B、C、D 四个方向，所述镜筒的中心轴线与四根精定位光纤的端面垂直；

所述粗定位采光模块包括四个沿圆周方向均布在镜筒侧面上的粗定位光纤组，四个所述粗定位光纤组分别位于 A、B、C、D 四个方向上，每个粗定位光纤组中的粗定位光纤数量相同，所述粗定位光纤的入射端面从镜筒内穿过镜筒的表面，每个粗定位光纤组中的粗定位光纤的入射端从上到下依次排列，并且粗定位光纤的入射端面的垂线与镜筒中心轴线的夹角大于 α_{max}，所述 α_{max} 为粗定位光纤的最大入射角；

所述信号采集模块包括四个光电池、暗盒和电路板，所述镜筒位于暗盒的上表面，暗盒内设有四个暗格，四个光电池分别置于四个暗格内，且四个光电池分别处于 A、B、C、D 四个方向上，所述电路板设于暗盒内部底面，且所述光电池均集成在电路板上；

位于 A 和 C 方向上的精定位光纤的中心线、粗定位光纤的中心线以及光电池的中心点均位于同一平面内，位于 B 和 D 方向上的精定位光纤的中心线、粗定位光纤的中心线以及光电池的中心点均位于同一平面内；

四根精定位光纤和四个粗定位光纤组组成四个采光组，每个采光组包括一根精定位光纤和一个粗定位光纤组，并且所述精定位光纤和一个粗定位光纤的导出端均穿过暗盒的上表面进入暗盒中，四个光电池分别与一个采光组连接，每个光电池与和其位于同一方向上的精定位光纤的导出端相连，并且与位于所述光电池对面方向上的粗定位光纤组的导出端相连接。

优选地，太阳光正入射时，凸透镜（1）聚焦光斑在四根精定位光纤的入射端面上形成的光斑半径 d 满足：$\left(\sqrt{2}+1\right)r' > d > \left(\sqrt{2}-1\right)r'$，r’ 为精定位光纤纤芯的半径。

优选地，所述四根精定位光纤的入射端面与凸透镜中心的距离为 L，$L = F - \frac{\sqrt{2}F * r'}{R}$；

其中，R 为凸透镜的半径，F 为凸透镜的焦距。

优选地，所述每个粗定光纤组中有 N（N≥2）根粗定位光纤，从上到下第 i 根粗定位光纤的入射端面垂线与镜筒中心轴线夹角定义为 η_i，η_i 满足：$2\alpha_{max} > \eta_i - \eta_{i-1} > 0$，这里

N≥i>1。

优选地，每个粗定光纤组中从上到下第 1 根粗定位光纤的入射端面垂线与镜筒中心轴线夹角 η_1 满足：$\eta_1 \leq \alpha_{max}+\beta$，所述 β 满足：$\beta = \arctan\frac{(\sqrt{2}+1)r'+h}{L}$，$h$ 为太阳光正入射时，经凸透镜聚焦到达精定位光纤的入射端面时的光斑半径。

优选地，每个粗定光纤组中从上到下第 N 根粗定位光纤的入射端面的垂线与镜筒的中心轴线的夹角 η_N 满足：$\eta_N+\alpha_{max} \geq 90°$ 。

优选地，所述粗定位光纤和精定位光纤上均涂有紫外固化胶。

优选地，所述凸透镜的半径 R 与精定位光纤纤芯的半径 r'之比满足：15≥R/ r'≥5。

优选地，所述镜筒包括第一镜筒和第二镜筒，所述第一镜筒为圆柱形，凸透镜和光纤固定管均置于第一镜筒中，所述光纤固定管的底端与第一镜筒的底端平齐，所述第二镜筒为圆台形，第二镜筒连接第一镜筒和暗盒，所述粗定位光纤组沿圆周方向均布在第二镜筒侧面上。

优选地，所述四个光电池均为硅光电池。

本发明的有益效果：

1）本发明太阳发生小角度偏移时，聚焦在精定位光纤入射端面上的光斑会灵敏的发生一定位移的偏移，位于对角方向上的两根精定位光纤接受到的光强差值变化更为明显，极大的提高了传感器的跟踪精度，同时也提高了灵敏度。

2）本发明设有粗定位采光模块，当太阳偏角大于精定位采光模块的跟踪范围角，则由粗定位采光模块对太阳光进行跟踪定位，由于粗定位采光模块可以在宽角度范围内均能采集到太阳光，扩大了本发明传感器的跟踪范围角。

3）本发明采用精定位采光与粗定位采光相结合的定位方法，减少了光电池的数量，从而简化了电路板的设计，降低了成本。

4）本发明的光电池集成在电路板上，提高了传感器的集成度。

附图说明

图 1 为本发明所述基于光纤导光的太阳跟踪传感器的结构示意图。

图 2 为本发明所述精定位光纤与粗定位光纤的排布示意图。

图 3 为本发明所述基于光纤导光的太阳跟踪传感器的精定位工作原理图。

图 4 为本发明一根精定位光纤的光通量及对应光电池的输出信号的实验数据图。

图 5 为本发明所述基于光纤导光的太阳跟踪传感器的粗定位工作原理图。

图 6 为本发明粗定位在位于对角方向上的两个光电池输出电流信号数据图。

其中：

1.透镜 ；101.滤光片；2.镜筒；3.光纤固定管；41~44.精定位光纤；45~48.粗定位光纤；5.暗盒；61~64.光电池；7.电路板；.L.透镜到导光光纤端面的距离；F.透镜的焦距。

具体实施方式

下面结合附图以及具体实施例对本发明作进一步的说明，但本发明的保护范围并不限于此。

如图 1 所示，本发明所述的一种基于光纤导光的太阳跟踪传感器，包括采光模块和信号采集模块，所述采光模块包括精定位采光模块和粗定位采光模块，所述精定位采光模块包括凸透镜 1、镜筒 2、光纤固定管 3 和四根精定位光纤 41- 44，镜筒 2 包括第一镜筒和第二镜筒，所述第一镜筒为圆柱形，所述第二镜筒为圆台形，第一镜筒与第二镜筒的一端连接。

凸透镜 1 安装于第一镜筒的顶端，滤光片 101 安装于凸透镜 1 的上方，用于过滤掉可见光之外的光波，四根精定位光纤 41- 44 的入射端通过光纤固定管 3 固定于凸透镜 1 的正下方，四根精定位光纤 41- 44 的中心连线为正方形，定义四根精定位光纤 41- 44 所处的方位分别为 A、B、C、D 四个方向，所述镜筒 2 的中心轴线与精定位光纤 41- 44 的入射端面垂直；所述四根精定位光纤 41- 44 的入射端面与凸透镜中心的距离为 $L = F - \frac{\sqrt{2}F * \mathrm{r}'}{R}$，其中 R 为凸透镜 1 的半径，F 为凸透镜 1 的焦距，该表达式得到的 L 值使得太阳光正入射时，经凸透镜 1 聚焦到达光纤入射端面时的光斑半径 $h=\sqrt{3}\mathrm{r}'$。

凸透镜 1 的半径 R 与精定位光纤纤芯的半径 r’之比满足：15≥R/ r’≥5。为了保证精定位光纤识别到太阳光，凸透镜 1 聚焦光斑在四根精定位光纤 41- 44 的入射端面上形成的光斑半径 d 满足：$\left(\sqrt{2}+1\right)r' > d > \left(\sqrt{2}-1\right)r'$。

所述粗定位采光模块包括四个沿圆周方向均布在第二镜筒侧面上的粗定位光纤组 45- 48，四个所述粗定位光纤组 45- 48 分别位于 A、B、C、D 四个方向上，本实施例中每个粗定位光纤组中有两根粗定位光纤，粗定位光纤上涂有紫外固化胶，以滤除包层光。所述粗定位光纤的入射端面由镜筒 2 内穿过镜筒 2 的表面，每个粗定位光纤组中的粗定位光纤的入射端从上到下依次排列，并且每个粗定位光纤组中从上到下第 i 根粗定位光

纤的入射端面垂线与镜筒 2 中心轴线夹角定义为 η_i，η_i 满足：$2\alpha_{max} > \eta_i - \eta_{i-1} > 0$，这里 $N \geq i > 1$。其中，第一根粗定位光纤的入射端面垂线与镜筒 2 中心轴线夹角定义为 η_1 满足：$\eta_1 \leq \alpha_{max} + \beta$，所述 β 满足：$\beta = \arctan\frac{(\sqrt{2}+1)r'+h}{L}$，h 为太阳光正入射时，经凸透镜 1 聚焦到达精定位光纤 41- 44 的入射端面时的光斑半径。第 2 根粗定位光纤的入射端面垂线与镜筒 2 中心轴线夹角定义为 η_2 满足：$\eta_2 + \alpha_{max} \geq 90°$。

所述信号采集模块包括四个光电池 61- 64、暗盒 5 和电路板 7，第二镜筒的另一端与暗盒 5 的上表面连接，暗盒 5 内设有四个暗格，四个光电池 61- 64 分别置于四个暗格内，且四个光电池 61- 64 分别处于 A、B、C、D 四个方向上，所述电路板 7 设于暗盒 5 内部底面，且所述光电池 61- 64 均集成在电路板 7 上，暗盒 5 是由黑体材料制成，可以挡住光线使光电池在完全黑暗的空间中，从而保证光电池接收光时互不干扰。

位于 A 和 C 方向上的精定位光纤的中心线、粗定位光纤的中心线以及光电池的中心点均位于同一平面内，位于 B 和 D 方向上的精定位光纤的中心线、粗定位光纤的中心线以及光电池的中心点均位于同一平面内。

四根精定位光纤 41- 44 和四个粗定位光纤组 45- 48 组成四个采光组，每个采光组中包括一根精定位光纤和一个粗定位光纤组，并且所述精定位光纤和粗定位光纤的导出端均穿过暗盒 5 的上表面进入暗盒 5 中，如图 2 所示，四个光电池 61- 64 分别与一个采光组连接，每个光电池与和其位于同一方向上的精定位光纤的导出端相连，并与和其对面方向上的粗定位光纤组的导出端相连接。

如图 3 所示，当太阳光角度落在精定位范围内时，凸透镜 1 将太阳光聚焦到精定位光纤的入射端面，当太阳光光线与镜筒 2 中心轴线呈一夹角时，凸透镜 1 聚焦后的光斑也发生偏移，导致不同精定位光纤中的聚光能量不同，由此可判断太阳光偏移方向。太阳光光线与镜筒 2 中心轴线平行时，精定位光纤中聚光能量相同。在粗定位角度范围和精定位角度范围的重叠区域内，粗定位光纤仍然可能收集到光。但是，一方面由于其集光面远小于凸透镜 1，因而收集到的光强远弱于精定位光纤；另一方面，由于四个采光组中的光电池均采集处于对角方向上的精定位光纤和粗定位光纤组所导出的太阳光，因此，同一时间内处于对角方向上的粗定位光纤组与精定位光纤均导出太阳光，或者只有粗定位光纤组导出太阳光，因而，设置粗定位光纤组不影响精定位光纤对太阳光偏移方向的判断。

凸透镜 1 的半径应适宜，从而为光电池提供能量大小范围合适的太阳光。为避免凸

透镜 1 聚焦的太阳光照射到精定位光纤的侧面，对精定位光纤 41- 44 加紫外固化胶，加以保护和避免太阳光进入光纤中。凸透镜 1 也可采用具有同样功能的菲涅耳透镜来替代。

太阳光正入射时，凸透镜 1 所聚焦的光在精定位光纤 41- 44 的入射端面上形成的光斑半径 d 满足：$\left(\sqrt{2}+1\right)r' > d > \left(\sqrt{2}-1\right)r'$。即上述光斑最大能够刚好覆盖四根精定位光纤 41- 44 的入射端面，通过调节 L 值的大小来调节的光斑覆盖面的范围，但正入射时，光斑覆盖面最小能够保证四根精定位光纤 41- 44 的入射端面均可收到光。理想情况下，经凸透镜 1 聚焦到达四根精定位光纤 41- 44 的入射端面时的光斑半径应为 $h=\sqrt{3}r'$，即正入射时，光斑边缘与四个精定位光纤的 41- 44 的边缘均有两个交点，并且每个光纤上的两个交点连线为该光纤导入端面的直径，当太阳光产生小角度偏差时，同样的角度偏差，这种光斑将引起最大的采光面积变化，因而可以获得更为明显光强差，提高追踪精度。

如图 4 所示为处于对角方向上的两个光电池的输出电流差与模拟光源偏角的关系以及对应的精定位光纤的光通量差与模拟光源偏角的关系。由图可以看出，精定位光纤的光通量差的变化与光电池的输出信号差的变化趋势是一致的，实验证明精定位方案是可行的。试验中选择的凸透镜参数分别为直径为 17mm，焦距为 25mm，光斑半径为 2.38mm，距离 L 为 28mm。光纤直径为 2mm，长度为 100mm。此时的光斑正好覆盖四根精定位光纤的入射端面，而跟踪精度由精定位光纤导入端面的光斑面积变化率与光电池的光电转换率决定，

控制部分的电路板 7 若采用 12 位精度的 A/D 转换器，那么光电池可识别的光强为 4.88Lux，实验证明本发明传感器在阴天光强下可以达到 4.5° 的跟踪精度，当光强达到 10^5 Lux 时，精度达 0.02° ，而夏季正午的太阳光强可达 10^9Lux，精度可达 0.001° 以上。而本发明的理想状态下，光斑半径为 $h=\sqrt{3}r'$ 时， h 比实验所得的光斑半径更小，在太阳移动过程中处于对角方向上的两根精定位光纤的导光量差变化更大，系统分辨率更高，精度也会变高。

由于粗定位光纤的数值孔径有限，为保证粗定位光纤可以在宽角度范围内均能采集到太阳光，可以采用多根粗定位光纤以不同的角度排布在同一方向上，且这多根光纤与镜筒 2 的中轴线在同一平面内。位于同一粗定位光纤组中的粗定位光纤的入射角范围之间可以有一定的重叠，其与镜筒中心轴线的夹角范围可达 90° 以上。如图 2 和图 5 所示，为每粗定位光纤组有两根光纤，分别与镜筒中轴线成 60° 和 30° ，光纤的最大入射角为 30 ° ，每组两根光纤的入射角范围之间重叠了 30° ，可实现 90° 的集光角，所以位于

对角方向上的粗定位光纤组的集光角范围可达 180° 。而且在粗定位阶段太阳在任何角度时只能使在位于对角方向上的其中一个粗定位光纤组上产生有效入射光，而另一个粗定位光纤组则接收不到光线，由此位于对角方向上的光电池接受到的光强差就比较明显，可以快速的识别太阳的偏角情况。本发明采用封闭的镜筒 2 将光纤包在其内，除粗定位光纤的入射端面外，光纤均在镜筒 2 内部，从而避免环境杂散光的影响，为避免透镜聚焦的太阳光直接照射到光电池，采用暗盒 5 的方式，使得光电池只能接收光纤导出的光。

如图 6 所示，为粗定位组模拟光源偏角从-90° 到 0° 的对应光电池的实验数据，该实验中的传感器上只设置了一个对角方向上的粗定位光纤组，由图 6 可以看到这组光电池产生的电流输出完全符合理论猜想。当光源偏角为 0° 时两个光电池的电流输出相同，与理论值一致。在 0° 到 90° 之间实验结果与之对称，这里不再介绍。

由于粗定位光纤直接接受太阳光的辐射，难免受到干扰光的影响，精度自然不会高。所以把四根精定位与四组粗定位结合使用，既可以实现大范围跟踪，也可实现高精度稳定运行。本系统也可以在三个方向以及更多方向上同时采集光线号可以到达同样的跟踪效果，本发明介绍的仅仅是 4 个方向的采光设计，较为精简可观。

此传感器结构简单，精度高，灵敏度高，成本低，适合各种太阳能设备，可以在民用方面推广普及。

所述实施例为本发明的优选的实施方式，但本发明并不限于上述实施方式，在不背离本发明的实质内容的情况下，本领域技术人员能够做出的任何显而易见的改进、替换或变型均属于本发明的保护范围。

权 利 要 求 书

1．一种基于光纤导光的太阳跟踪传感器，包括采光模块和信号采集模块，所述采光模块主要包括精定位采光模块和粗定位采光模块，所述信号采集模块包括光电元件和采集电路，其特征在于：所述精定位采光模块包括凸透镜（1）、镜筒（2）、光纤固定管（3）和四根精定位光纤（41- 44），凸透镜（1）安装于镜筒（2）的顶端，四根精定位光纤（41- 44）的入射端通过光纤固定管（3）固定于凸透镜（1）的正下方，四根精定位光纤（41- 44）的中心连线为正方形，定义四根精定位光纤（41- 44）所处的方位分别为 A、B、C、D 四个方向，所述镜筒（2）的中心轴线与四根精定位光纤（41- 44）的端面垂直；

所述粗定位采光模块包括四个沿圆周方向均布在镜筒（2）侧面上的粗定位光纤组（45- 48），四个所述粗定位光纤组（45- 48）分别位于 A、B、C、D 四个方向上，每个粗定位光纤组中的粗定位光纤数量相同，所述粗定位光纤的入射端面从镜筒（2）内穿过镜筒（2）的表面，每个粗定位光纤组中的粗定位光纤的入射端从上到下依次排列，并且粗定位光纤的入射端面的垂线与镜筒（2）中心轴线的夹角大于 α_{max}，所述 α_{max} 为粗定位光纤的最大入射角；

所述信号采集模块包括四个光电池（61- 64）、暗盒（5）和电路板（7），所述镜筒（2）位于暗盒（5）的上表面，暗盒（5）内设有四个暗格，四个光电池（61- 64）分别置于四个暗格内，且四个光电池（61- 64）分别处于 A、B、C、D 四个方向上，所述电路板（7）设于暗盒（5）内部底面，且所述光电池（61- 64）均集成在电路板（7）上；

位于 A 和 C 方向上的精定位光纤的中心线、粗定位光纤的中心线以及光电池的中心点均位于同一平面内，位于 B 和 D 方向上的精定位光纤的中心线、粗定位光纤的中心线以及光电池的中心点均位于同一平面内；

四根精定位光纤（41- 44）和四个粗定位光纤组（45- 48）组成四个采光组，每个采光组包括一根精定位光纤和一个粗定位光纤组，并且所述精定位光纤和一个粗定位光纤的导出端均穿过暗盒（5）的上表面进入暗盒（5）中，四个光电池（61- 64）分别与一个采光组连接，每个光电池与和其位于同一方向上的精定位光纤的导出端相连，并且与位于所述光电池对面方向上的粗定位光纤组的导出端相连接。

2．根据权利要求 1 所述的一种基于光纤导光的太阳跟踪传感器，其特征在于，太阳光正入射时，凸透镜（1）聚焦光斑在四根精定位光纤（41- 44）的入射端面上形成的光斑半径 d 满足：$\left(\sqrt{2}+1\right)r' > d > \left(\sqrt{2}-1\right)r'$，r’ 为精定位光纤纤芯的半径。

3．根据权利要求 1 所述的一种基于光纤导光的太阳跟踪传感器，其特征在于，所述四根精定位光纤（41- 44）的入射端面与凸透镜中心的距离为 L，$L = F - \frac{\sqrt{2}F * r'}{R}$；

R 为凸透镜（1）的半径，F 为凸透镜（1）的焦距，r’ 为精定位光纤纤芯的半径。

4．根据权利要求 1 所述的一种基于光纤导光的太阳跟踪传感器，其特征在于，所述每个粗定光纤组中有 N（N≥2）根粗定位光纤，从上到下第 i 根粗定位光纤的入射端面垂线与镜筒（2）中心轴线夹角定义为 η_i，η_i 满足：$2\alpha_{max} > \eta_i - \eta_{i-1} > 0$，这里 N≥i>1。

5．根据权利要求 1 所述的一种基于光纤导光的太阳跟踪传感器，其特征在于，每个粗定光纤组中从上到下第 1 根粗定位光纤的入射端面垂线与镜筒（2）中心轴线夹角 η_1 满足：$\eta_1 \leqslant \alpha_{max} + \beta$，所述 β 满足：$\beta = \arctan\frac{(\sqrt{2}+1)r'+h}{L}$，$h$ 为太阳光正入射时，经凸透镜（1）聚焦到达精定位光纤（41- 44）的入射端面时的光斑半径。

6．根据权利要求 4 所述的一种基于光纤导光的太阳跟踪传感器，其特征在于，每个粗定光纤组中从上到下第 N 根粗定位光纤的入射端面的垂线与镜筒（2）的中心轴线的夹角 η_N 满足：$\eta_N + \alpha_{max} \geqslant 90°$。

7．根据权利要求 1 所述的一种基于光纤导光的太阳跟踪传感器，其特征在于，所述粗定位光纤和精定位光纤（41- 44）上均涂有紫外固化胶。

8．根据权利要求 1 所述的一种基于光纤导光的太阳跟踪传感器，其特征在于，所述凸透镜（1）的半径 R 与精定位光纤纤芯的半径 r’之比满足：15≥R/ r’≥5。

9．根据权利要求 1 所述的一种基于光纤导光的太阳跟踪传感器，其特征在于，所述镜筒（2）包括第一镜筒和第二镜筒，所述第一镜筒为圆柱形，凸透镜（1）和光纤固定管（3）均置于第一镜筒中，所述光纤固定管（3）的底端与第一镜筒的底端平齐，所述第二镜筒为圆台形，第二镜筒连接第一镜筒和暗盒（5），所述粗定位光纤组（45- 48）沿圆周方向均布在第二镜筒侧面上。

10．根据权利要求 1 所述的一种太阳跟踪的光纤式光电传感器，其特征在于，所述四个光电池（61- 64）均为硅光电池。

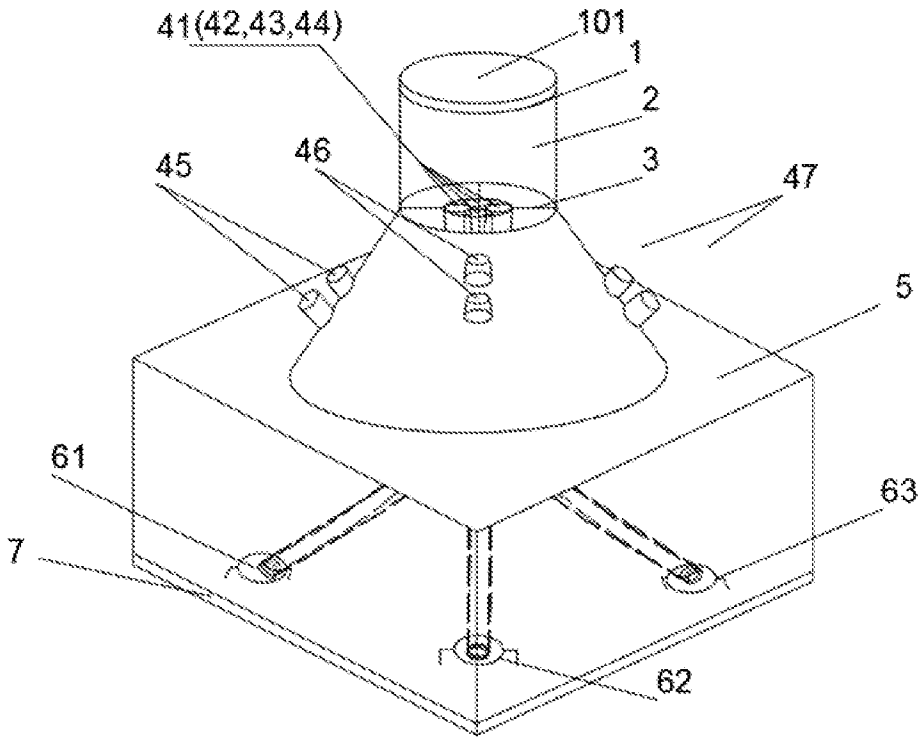

41(42,43,44)
101
1
2
3
45
46
47
5
61
63
7
62

图 1

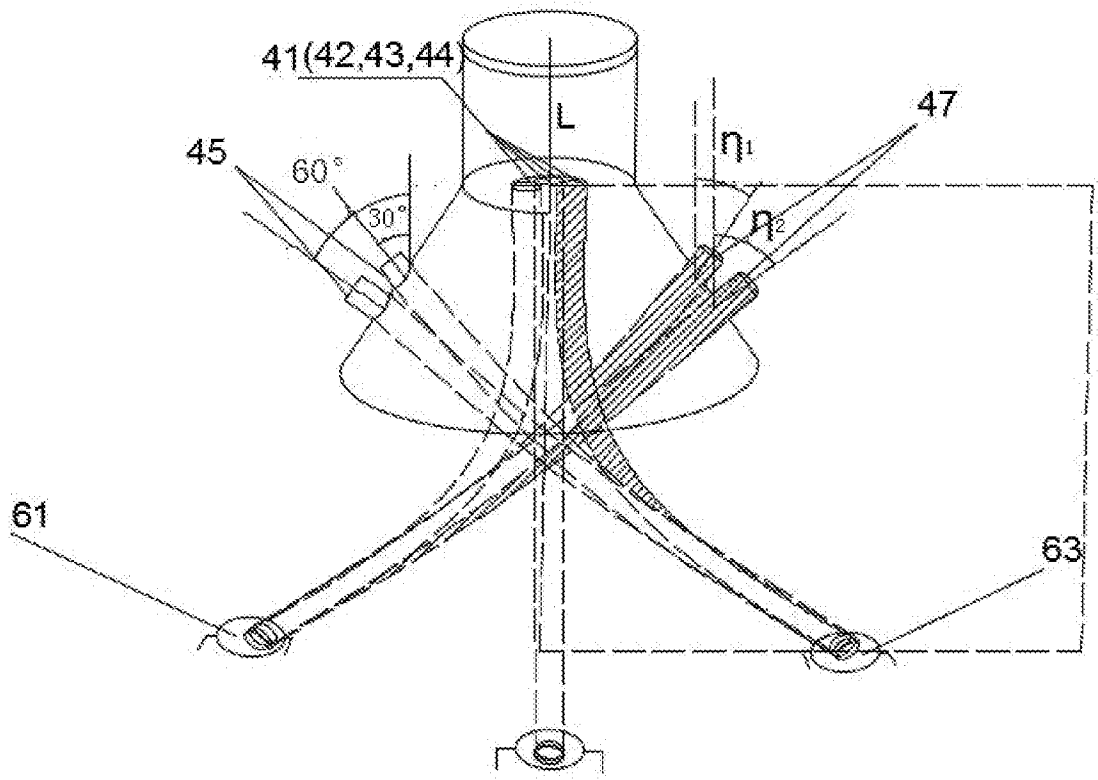

41(42,43,44
L
47
45
60°
30°
η1
η2
61
63

图 2

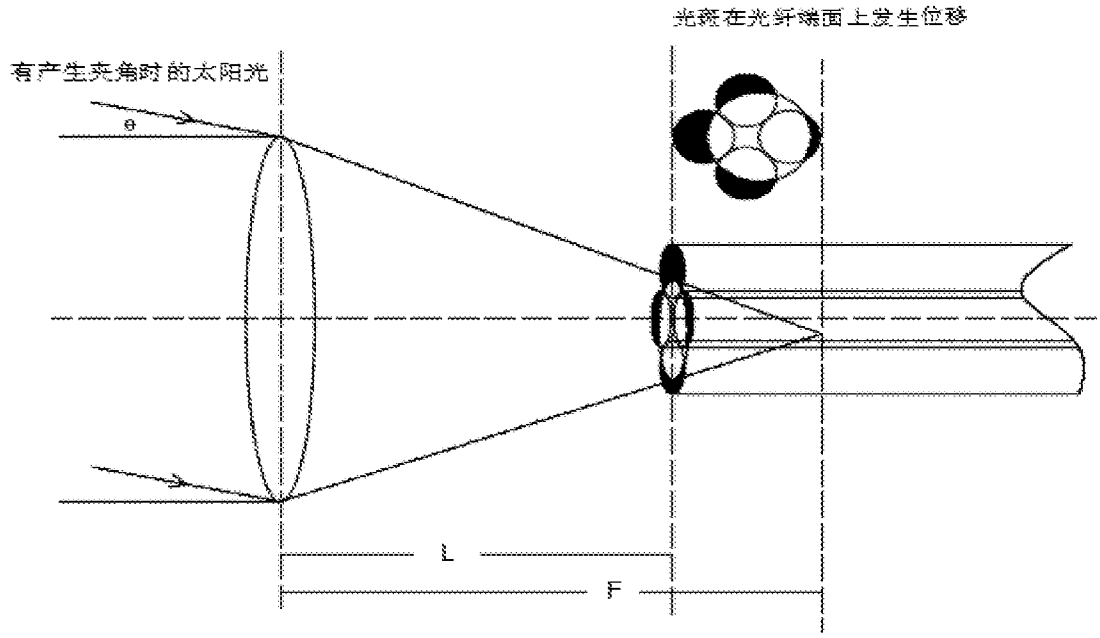


图 3

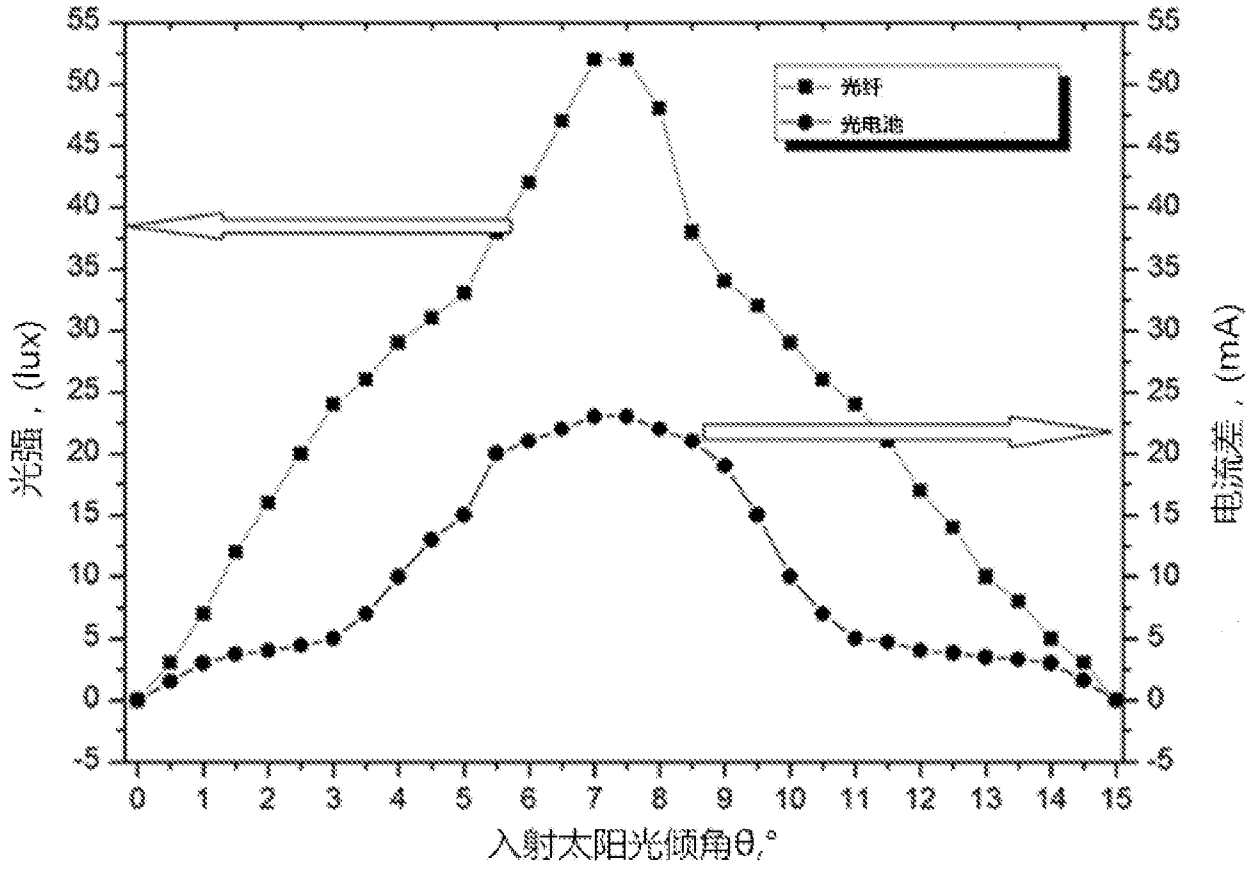


图 4

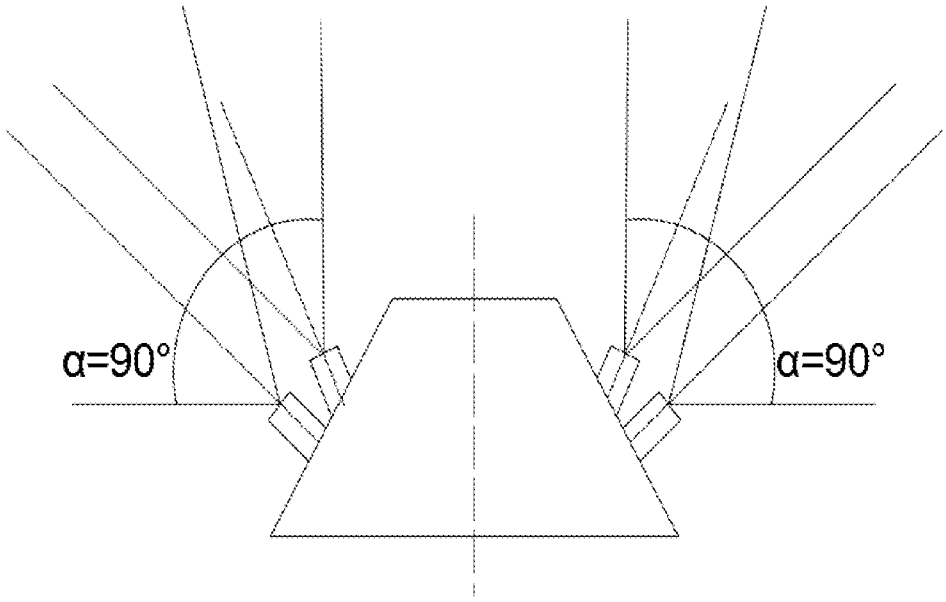

α=90°
α=90°

图 5

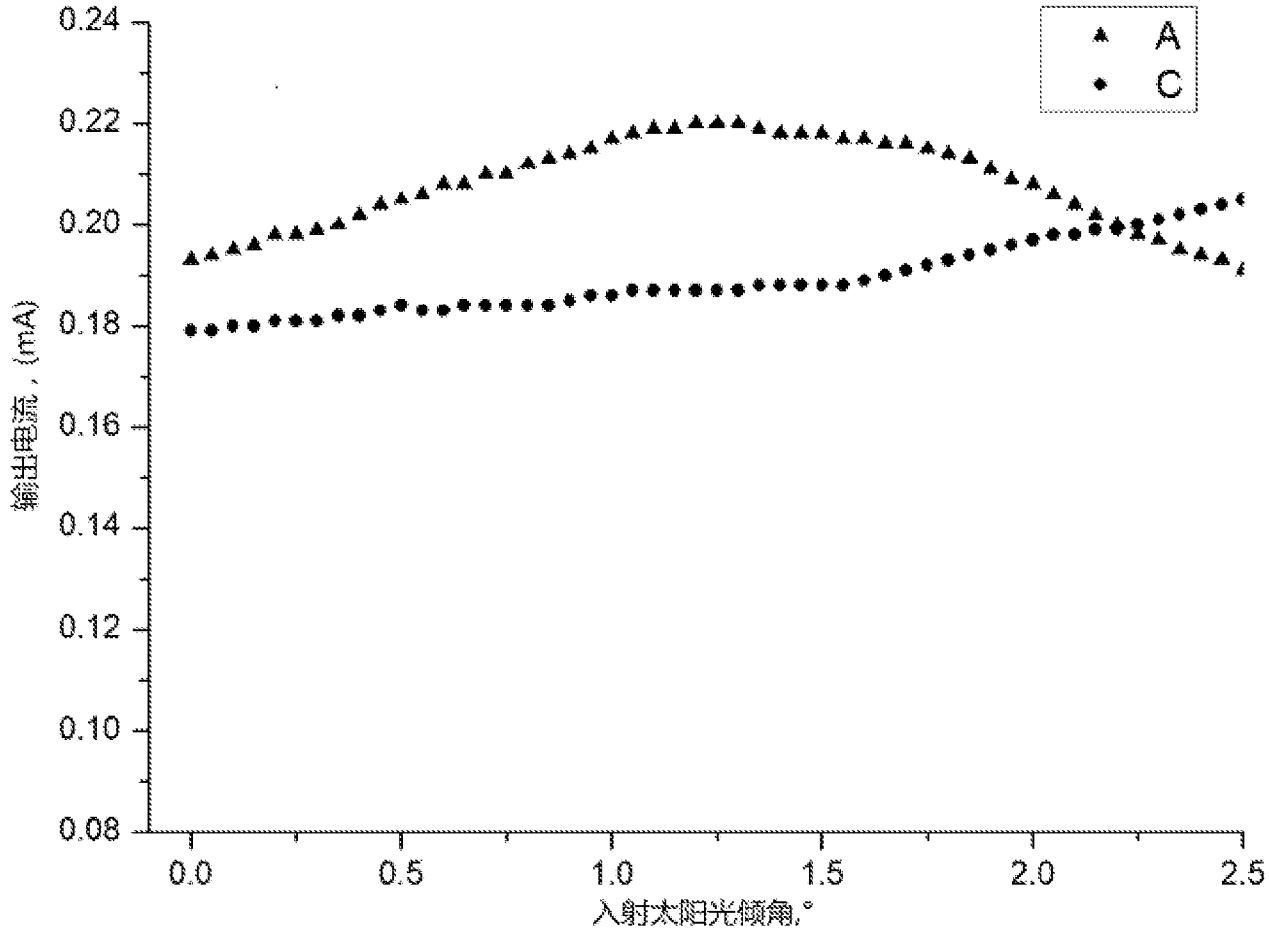

A
C
0.24
0.22
0.20
0.18
0.16
0.14
0.12
0.10
0.08
输出电流，(mA)
0.0
0.5
1.0
1.5
2.0
2.5
入射太阳光倾角,°

图 6

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/CN2018/070093

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G05D 3/12 (2006.01) i; G01C 1/00 (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)

G05D; G01C

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; CNKI; WPI; EPODOC: 江苏大学, 陈明阳, 光纤, 太阳, 传感, 跟踪, 采光, 四, 透镜, 定位, 镜筒, 暗盒, 光电池, 中心, center, box, len?, four, sensor?, fiber, fibre, sun

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
PX	CN 107153426 A (JIANGSU UNIVERSITY) 12 September 2017 (12.09.2017), description, pages 1 and 2, and figures 1-12	1-10
A	CN 105222076 A (NANJING UNIVERSITY OF POSTS AND TELECOMMUNICATIONS) 06 January 2016 (06.01.2016), description, page 2, and figures 1-4	1-10
A	CN 105929853 A (GUANGXI UNIVERSITY) 07 September 2016 (07.09.2016), entire document	1-10
A	US 4588297 A (NIPPON STEEL CORPORATION et al.) 13 May 1986 (13.05.1986), entire document	1-10
A	CN 204495463 U (LANZHOU UNIVERSITY OF TECHNOLOGY) 22 July 2015 (22.07.2015), 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
19 March 2018	30 March 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 WANG, Haifeng Telephone No. (86-10) 53962363

Form PCT/ISA /210 (second sheet) (July 2009)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/CN2018/070093

Patent Documents referred in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
CN 107153426 A	12 September 2017	None	
CN 105222076 A	06 January 2016	CN 105222076 B	16 February 2018
CN 105929853 A	07 September 2016	None	
US 4588297 A	13 May 1986	DE 3321287 A1	15 December 1983
		DE 3321287 C2	01 June 1988
		KR 840005210 A	05 November 1984
		KR 870000478 B1	11 March 1987
CN 204495463 U	22 July 2015	None	

国际检索报告

国际申请号 PCT/CN2018/070093

A. 主题的分类

G05D 3/12(2006.01)i; G01C 1/00(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)

G05D; G01C

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;CNKI;WPI;EPODOC:江苏大学，陈明阳，光纤，太阳，传感，跟踪，采光，四，透镜，定位，镜筒，暗盒，光电池，中心，center，box，len? ，four，sensor? ,fiber，fibre，sun

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 107153426 A (江苏大学) 2017年 9月 12日 (2017-09-12) 说明书第1-2页及附图1-12	1-10
A	CN 105222076 A (南京邮电大学) 2016年 1月 6日 (2016-01-06) 说明书第2页及附图1-4	1-10
A	CN 105929853 A (广西大学) 2016年 9月 7日 (2016-09-07) 全文	1-10
A	US 4588297 A (NIPPON STEEL CORP. 等) 1986年 5月 13日 (1986-05-13) 全文	1-10
A	CN 204495463 U (兰州理工大学) 2015年 7月 22日 (2015-07-22) 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 3月 19日	2018年 3月 30日

ISA/CN的名称和邮寄地址	受权官员
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	王海峰
传真号 (86-10)62019451	电话号码 (86-10)53962363

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号
PCT/CN2018/070093

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	107153426	A	2017年 9月 12日		无		
CN	105222076	A	2016年 1月 6日	CN	105222076	B	2018年 2月 16日
CN	105929853	A	2016年 9月 7日		无		
US	4588297	A	1986年 5月 13日	DE	3321287	A1	1983年 12月 15日
				DE	3321287	C2	1988年 6月 1日
				KR	840005210	A	1984年 11月 5日
				KR	870000478	B1	1987年 3月 11日
CN	204495463	U	2015年 7月 22日		无		