

(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
2023 年 3 月 30 日 (30.03.2023)



(10) 国际公布号
WO 2023/045351 A1

- (51) 国际专利分类号:
G01N 21/01 (2006.01) **G01N 21/45** (2006.01)
- (21) 国际申请号: PCT/CN2022/092452
- (22) 国际申请日: 2022 年 5 月 12 日 (12.05.2022)
- (25) 申请语言: 中文
- (26) 公布语言: 中文
- (30) 优先权:
202111126314.2 2021年9月24日 (24.09.2021) CN
- (71) 申请人: 五邑大学(WUYI UNIVERSITY) [CN/CN];
中国广东省江门市蓬江区东成村 22 号,
Guangdong 529000 (CN)。
- (72) 发明人: 张建民(ZHANG, Jianmin); 中国广东省
江门市蓬江区东成村 22 号, Guangdong 529000
(CN)。 杜梓浩(DU, Zihao); 中国广东省江门市

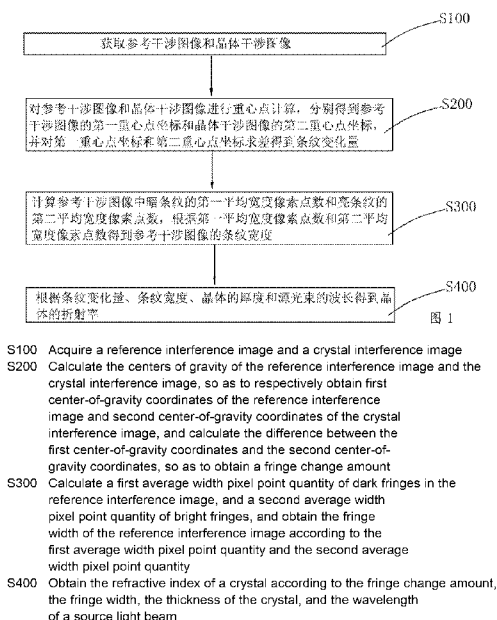
蓬江区东成村 22 号, Guangdong 529000 (CN)。
龙佳乐 (LONG, Jiale); 中国广东省江门市蓬
江区东成村 22 号, Guangdong 529000 (CN)。 黄
克森 (HUANG, Kesen); 中国广东省江门市蓬江
区东成村 22 号, Guangdong 529000 (CN)。 孙瑞
(SUN, Rui); 中国广东省江门市蓬江区东成
村 22 号, Guangdong 529000 (CN)。

(74) 代理人: 广州嘉权专利商标事务所有限公
司 (JIAQUAN IP LAW); 中国广东省广州市天
河区黄埔大道西 100 号富力盈泰广场 A 栋
910, Guangdong 510627 (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, IQ, IR, IS,

(54) Title: CRYSTAL REFRACTIVE INDEX MEASUREMENT METHOD AND APPARATUS BASED ON FRINGE IMAGE, AND STORAGE MEDIUM

(54) 发明名称: 基于条纹图像的晶体折射率测量方法、装置及存储介质



(57) Abstract: Disclosed in the present invention are a crystal refractive index measurement method and apparatus based on a fringe image, and a storage medium. The method comprises: acquiring a reference interference image and a crystal interference image; calculating the centers of gravity of the reference interference image and the crystal interference image to obtain a fringe change amount; calculating a first average width pixel point quantity of dark fringes in the reference interference image, and a second average width pixel point quantity of bright fringes, so as to obtain the fringe width of the reference interference image; and obtaining a refractive index according to the fringe change amount, the fringe width, the thickness of a crystal, and the wavelength of a source light beam. Refractive index measurement can be directly performed without the need for changing the shape of a crystal by processing same, the measurement precision is high, and the measurement rate is high, thereby greatly improving the efficiency and accuracy of crystal refractive index measurement.

(57) 摘要: 本发明公开了基于条纹图像的晶体折射率测量方法、装置及存储介质, 其中方法包括获取参考干涉图像和晶体干涉图像; 对参考干涉图像和晶体干涉图像进行重心点计算进而得到条纹变化量; 计算参考干涉图像中暗条纹的第一平均宽度像素点数量和亮条纹的第二平均宽度像素点数量进而得到所述参考干涉图像的条纹宽度; 根据条纹变化量、条纹宽度、晶体的厚度和源光束的波长得到折射率; 无需对晶体进行加工改变晶体形状即可直接进行折射率测量, 且测量精度高, 测量速率高, 大大提升了晶体折射率测量的效率和准确率。

IT, JM, 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, 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, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ,
UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, 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)。

根据细则4.17的声明:

— 发明人资格 (细则4.17(iv))

本国际公布:

— 包括国际检索报告 (条约第21条(3))。

基于条纹图像的晶体折射率测量方法、装置及存储介质

技术领域

本发明涉及折射率测量领域，特别是基于条纹图像的晶体折射率测量方法、装置及存储介质。

背景技术

折射率是晶体的一个重要参数，能反映晶体的光学性质及物理性质。目前测量折射率的代表性方法主要有精密测角仪法、显微观察法、油浸法和全反射定律测量法等。精密测角仪法测量精度高，但存在操作复杂耗时的问题，需要对晶体特殊加工为棱镜，加工精度要求高、难度大，破坏了原材料的形状，对样品的重复利用造成限制。显微观察法主要是使用偏光显微镜观察薄片晶体主要用于测量薄膜折射率，对于测量过程的要求比较高并且比较费时。油浸法所使用的溶液配制繁杂，且油浸时会使晶体透明度降低，测量精度变差。全反射定律测量法是光从光密介质入射到光疏介质时，折射角等于 90° 时的入射角称为全反射临界角，据临界角和折射率的物理关系计算得出，对测量环境要求较高。

发明内容

本发明的目的在于至少解决现有技术中存在的技术问题之一，提供基于条纹图像的晶体折射率测量方法、装置及存储介质。

本发明解决其问题所采用的技术方案是：

本发明的第一方面，基于条纹图像的晶体折射率测量方法，包括：

获取参考干涉图像和晶体干涉图像，所述参考干涉图像是源光束经过无放置晶体的干涉仪产生的，所述晶体干涉图像是所述源光束经过放置有所述晶体的干涉仪产生的；

对所述参考干涉图像和所述晶体干涉图像进行重心点计算，分别得到所述参考干涉图像的第一重心点坐标和所述晶体干涉图像的第二重心点坐标，并对所述第一重心点坐标和所述第二重心点坐标求差得到条纹变化量；

计算所述参考干涉图像中暗条纹的第一平均宽度像素点数和亮条纹的第二平均宽度像素点数，根据所述第一平均宽度像素点数和所述第二平均宽度像素点数得到所述参考干涉图像的条纹宽度；

根据所述条纹变化量、所述条纹宽度、所述晶体的厚度和所述源光束的波长得到所述晶

体的折射率。

根据本发明的第一方面，在对所述参考干涉图像和所述晶体干涉图像进行重心点计算之前，还包括：

对所述参考干涉图像和所述晶体干涉图像进行图像二值化处理。

根据本发明的第一方面，所述重心点计算包括处理图像得到像素点的灰度值和以像素点的灰度值作为像素点的质量计算图像的重心点坐标。

根据本发明的第一方面，所述所述条纹变化量通过以下式子表示：

$$s(r) = \frac{\sum_{i,j=0}^m g_{ij} y_{ij}}{\sum_{i,j=0}^m g_{ij}} - \frac{\sum_{i,j=0}^m g_{0ij} y_{0ij}}{\sum_{i,j=0}^m g_{0ij}}; \text{ 式中, } s(r) \text{ 为所述条纹变化量, } m \text{ 为图像的像素点数量, } y_{ij} \text{ 表}$$

示所述参考干涉图像的第 i 行第 j 列的像素点的纵坐标, g_{ij} 表示所述参考干涉图像的第 i 行第 j 列的像素点的灰度值, y_{0ij} 表示所述晶体干涉图像的第 i 行第 j 列的像素点的纵坐标, g_{0ij} 表示所述晶体干涉图像的第 i 行第 j 列的像素点的灰度值。

根据本发明的第一方面，所述计算所述参考干涉图像中暗条纹的第一平均宽度像素点数和亮条纹的第二平均宽度像素点数，包括：

计算所有所述暗条纹的总宽度像素点数和所述暗条纹的数量，将所有所述暗条纹的总宽度像素点数和所述暗条纹的数量相除得到所述第一平均宽度像素点数；

计算所有所述亮条纹的总宽度像素点数和所述亮条纹的数量，将所有所述亮条纹的总宽度像素点数和所述亮条纹的数量相除得到所述第二平均宽度像素点数。

根据本发明的第一方面，所述根据所述第一平均宽度像素点数和所述第二平均宽度像素点数得到所述参考干涉图像的条纹宽度，包括：

对所述第一平均宽度像素点数和所述第二平均宽度像素点数进行平均计算得到条纹宽度像素数；

将所述条纹宽度像素数与相机像素相乘，得到所述参考干涉图像的条纹宽度。

根据本发明的第一方面，所述晶体的折射率通过以下式子表示： $n = \frac{s(r)}{l} \cdot \frac{\lambda}{D}$ ；式中， n 为所述晶体的折射率， $s(r)$ 为所述条纹变化量， l 为所述参考干涉图像的条纹宽度， λ 为所述源光束的波长， D 为所述晶体的厚度。

本发明的第二方面，基于条纹图像的晶体折射率测量装置，应用如本发明的第一方面所述的晶体折射率测量方法；所述装置包括：

干涉仪；

干涉图像获取模块，用于获取参考干涉图像和晶体干涉图像，所述参考干涉图像是源光束经过无放置晶体的所述干涉仪产生的，所述晶体干涉图像是所述源光束经过放置有所述晶体的所述干涉仪产生的；

重心点计算模块，用于对所述参考干涉图像和所述晶体干涉图像进行重心点计算，分别得到所述参考干涉图像的第一重心点坐标和所述晶体干涉图像的第二重心点坐标，并对所述第一重心点坐标和所述第二重心点坐标求差得到条纹变化量；

条纹宽度计算模块，用于计算所述参考干涉图像中暗条纹的第一平均宽度像素点数和亮条纹的第二平均宽度像素点数，根据所述第一平均宽度像素点数和所述第二平均宽度像素点数得到所述参考干涉图像的条纹宽度；

折射率计算模块，用于根据所述条纹变化量、所述条纹宽度、所述晶体的厚度和所述源光束的波长得到所述晶体的折射率。

本发明的第三方面，基于条纹图像的晶体折射率测量装置，包括存储器、处理器及存储在存储器上并可在处理器上运行的计算机程序，其特征在于，所述处理器执行所述计算机程序时实现如本发明的第一方面所述的晶体折射率测量方法。

本发明的第四方面，一种存储介质，存储有可执行指令，所述可执行指令被处理器执行时实现如本发明的第一方面所述的晶体折射率测量方法。

上述方案至少具有以下有益效果：无需对晶体进行加工改变晶体形状即可直接进行折射率测量，且测量精度高，测量速率高，大大提升了晶体折射率测量的效率和准确率。

本发明的附加方面和优点将在下面的描述中部分给出，部分将从下面的描述中变得明显，或通过本发明的实践了解到。

附图说明

下面结合附图和实例对本发明作进一步说明。

图1是本发明实施例基于条纹图像的晶体折射率测量方法的流程图；

图2是本发明实施例一种晶体折射率测量装置的结构图；

图3是干涉仪和干涉图像获取模块的结构示意图；

图4是参考干涉图像的二值化图像；

图5是晶体干涉图像的二值化图像。

具体实施方式

本部分将详细描述本发明的具体实施例，本发明之较佳实施例在附图中示出，附图的作

用在于用图形补充说明书文字部分的描述，使人能够直观地、形象地理解本发明的每个技术特征和整体技术方案，但其不能理解为对本发明保护范围的限制。

在本发明的描述中，需要理解的是，涉及到方位描述，例如上、下、前、后、左、右等指示的方位或位置关系为基于附图所示的方位或位置关系，仅是为了便于描述本发明和简化描述，而不是指示或暗示所指的装置或元件必须具有特定的方位、以特定的方位构造和操作，因此不能理解为对本发明的限制。

在本发明的描述中，若干的含义是一个或者多个，多个的含义是两个以上，大于、小于、超过等理解为不包括本数，以上、以下、以内等理解为包括本数。如果有描述到第一、第二只是用于区分技术特征为目的，而不能理解为指示或暗示相对重要性或者隐含指明所指示的技术特征的数量或者隐含指明所指示的技术特征的先后关系。

本发明的描述中，除非另有明确的限定，设置、安装、连接等词语应做广义理解，所属技术领域技术人员可以结合技术方案的具体内容合理确定上述词语在本发明中的具体含义。

参照图 1，本发明的第一方面的实施例，提供了基于条纹图像的晶体折射率测量方法。

晶体折射率测量方法包括：

步骤 S100、获取参考干涉图像和晶体干涉图像，参考干涉图像是源光束经过无放置晶体的干涉仪 100 产生的，晶体干涉图像是源光束经过放置有晶体的干涉仪 100 产生的。

在步骤 S100 中，干涉仪 100 通过分振幅法产生双光束以实现干涉，干涉仪 100 具体为马赫曾德干涉仪 100。

参照图 3，干涉仪 100 包括源光束产生器 10、第一透镜 21、第二透镜 22、第一分束镜 31、第二分束镜 32、衰减片 40 和晶体放置台 50；源光束产生器 10 产生的源光束依次经过第一透镜 21、第二透镜 22 和第一分束镜 31，第一分束镜 31 分束得到的其中一个光束经过衰减片 40 和第二分束镜 32，第一分束镜 31 分束得到的另一个光束经过晶体放置台 50 和第二分束镜 32。干涉仪 100 还可以设置反射镜 60，以调整光束的传播方向。

具体地，源光束产生器 10 为氦氖激光器；源光束为氦氖激光器发出的激光。氦氖激光器是以中性原子气体氦和氖作为工作物质的气体激光器；以连续激励方式输出连续激光。气体原子具有确定的能级结构，由外界电子激发发生能级跃迁，产生受激辐射发出激光，因此氦氖激光波长是纯净的单色光，线宽极窄，波长误差只有几纳米，具有极大的相干长度。原子能级结构是确定的，因此激光不受温度波动影响。加上谐振腔的作用保障了激光输出具有良好的准直性，发散角小，只有几个毫弧度。

当晶体放置台 50 不放置晶体，则通过干涉仪 100 产生的光束能得到参考干涉图像。当晶

体放置台 50 放置晶体, 其中一个光束经过晶体, 则通过干涉仪 100 产生的光束能得到晶体干涉图像。

干涉仪 100 产生的光束进入 CCD 相机, 进而能得到参考干涉图像和晶体干涉图像。

在步骤 S200 之前还需要对所述参考干涉图像和所述晶体干涉图像进行图像二值化处理。

需要说明的是, 图像二值化是将图像上的像素点的灰度值设置为 0 或 255, 使整个图像呈现出明显的黑白效果。在数字图像处理中, 图像二值化使图像的数据量大为减少, 从而能凸显出目标的轮廓。将灰度大于或等于设定阈值的像素的灰度值用 255 表示, 将灰度小于设定阈值的像素的灰度值用 0 表示。

步骤 S200、对所述参考干涉图像和所述晶体干涉图像进行重心点计算, 分别得到所述参考干涉图像的第一重心点坐标和所述晶体干涉图像的第二重心点坐标, 并对所述第一重心点坐标和所述第二重心点坐标求差得到条纹变化量。

对于步骤 S200, 由于光束经过晶体后, 光程差发生了变化, 干涉图像有明显的干涉条纹移动和条纹宽度的变化。在图像处理过程中, 将图像的单个像素点看成一个区域, 该像素点的灰度值作为该像素点的质量, 这样能够求出干涉图像的重心点。

对参考干涉图像和晶体干涉图像均进行重心点计算, 图像的重心点坐标的纵坐标通过以下式子表示:

$$Y = \frac{G_y}{G} = \frac{\sum_{i,j=0}^m g_{ij} y_{ij}}{\sum_{i,j=0}^m g_{ij}}; \text{ 式中, } Y \text{ 为所述重心点的纵坐标, } m \text{ 为所述图像的像素}$$

点数量, y_{ij} 表示所述图像的第 i 行第 j 列的像素点的纵坐标, g_{ij} 表示所述图像的第 i 行第 j 列的像素点的灰度值。

按照上述式子对所述参考干涉图像和所述晶体干涉图像进行重心点计算, 能得到对应参考干涉图像的第一重心点坐标和对应晶体干涉图像的第二重心点坐标。对所述第一重心点坐标和所述第二重心点坐标求差即可得到条纹变化量 $s(r)$, 即

$$s(r) = \Delta Y = \frac{G_y}{G} - \frac{G_{y0}}{G0} = \frac{\sum_{i,j=0}^m g_{ij} y_{ij}}{\sum_{i,j=0}^m g_{ij}} - \frac{\sum_{i,j=0}^m g_{0ij} y_{0ij}}{\sum_{i,j=0}^m g_{0ij}}。 G \text{ 和 } G0 \text{ 分别为参考干涉图像和晶体干涉图像}$$

的总灰度值; G_y 和 G_{y0} 分别为参考干涉图像和晶体干涉图像的每个像素点坐标的纵坐标距离与该像素点的灰度值相乘; g 和 $g0$ 分别表示为参考干涉图像和晶体干涉图像的每个像素点的

灰度值。

步骤 S300，计算所述参考干涉图像中暗条纹的第一平均宽度像素点数和亮条纹的第二平均宽度像素点数，根据所述第一平均宽度像素点数和所述第二平均宽度像素点数得到所述参考干涉图像的条纹宽度。

对于步骤 S300，其中，计算所述参考干涉图像中暗条纹的第一平均宽度像素点数和亮条纹的第二平均宽度像素点数，包括但不限于以下步骤：

计算第一行暗条纹的所有像素点的灰度值，判断该灰度值是否大于或等于设定的暗条纹的检测阈值，该暗条纹的检测阈值可以根据历史经验设置，若是则计算该行暗条纹的宽度像素点数，若否则计算下一行条纹的所欲像素点的灰度值并进行灰度值判断。判断是否遇到亮条纹区域，若是则暗条纹数量加一，若否则计算下一行条纹的所欲像素点的灰度值并进行灰度值判断。判断是否超过图像区域，若是则结束，若否则计算下一行条纹的所欲像素点的灰度值并进行灰度值判断。

按照上述方法计算所有所述暗条纹的总宽度像素点数和所述暗条纹的数量。

将所有所述暗条纹的总宽度像素点数和所述暗条纹的数量相除得到所述第一平均宽度像素点数。

计算第一行亮条纹的所有像素点的灰度值，判断该灰度值是否大于或等于设定的亮条纹的检测阈值，该亮条纹的检测阈值可以根据历史经验设置，若是则计算该行亮条纹的宽度像素点数，若否则计算下一行条纹的所欲像素点的灰度值并进行灰度值判断。判断是否遇到亮条纹区域，若是则亮条纹数量加一，若否则计算下一行条纹的所欲像素点的灰度值并进行灰度值判断。判断是否超过图像区域，若是则结束，若否则计算下一行条纹的所欲像素点的灰度值并进行灰度值判断。

按照上述方法计算所有所述亮条纹的总宽度像素点数和所述亮条纹的数量。

将所有所述亮条纹的总宽度像素点数和所述亮条纹的数量相除得到所述第二平均宽度像素点数。

其中，根据所述第一平均宽度像素点数和所述第二平均宽度像素点数得到所述参考干涉图像的条纹宽度，包括但不限于以下步骤：

对所述第一平均宽度像素点数和所述第二平均宽度像素点数进行平均计算得到条纹宽度像素数；将所述条纹宽度像素数与相机像素相乘，得到所述参考干涉图像的条纹宽度。

步骤 S400，根据所述条纹变化量、所述条纹宽度、所述晶体的厚度和所述源光束的波长得到所述晶体的折射率。

对于步骤 S400, 根据晶体产生的光程差和条纹移动量的关系有 $nD = \Delta k \lambda$, 所述晶体的折射率通过以下式子表示: $n = \frac{s(r)}{l} \cdot \frac{\lambda}{D}$; 式中, n 为所述晶体的折射率, $s(r)$ 为所述条纹变化量, l 为所述参考干涉图像的条纹宽度, λ 为所述源光束的波长, D 为所述晶体的厚度。

参照图 4 和图 5, 图 4 是参考干涉图像的二值化图像; 图 5 是晶体干涉图像的二值化图像。氦氖激光器波长为 632.8nm, 晶体测量厚度为 3.9mm, 利用上述晶体折射率测量方法对图 4 和图 5 进行处理, 测量得到的晶体折射率为 2.0964, 而实际晶体折射率为 2.0974, 测量的折射率误差为 0.046%, 两者基本相近。

通过上述晶体折射率测量方法, 无需对晶体进行加工改变晶体形状即可直接进行折射率测量, 且测量精度高, 测量速率高, 大大提升了晶体折射率测量的效率和准确率。

参照图 2, 本发明的第二方面的实施例, 提供了基于条纹图像的晶体折射率测量装置。晶体折射率测量装置采用如本发明的第一方面的实施例的晶体折射率测量方法。

晶体折射率测量装置包括干涉仪 100、干涉图像获取模块 200、重心点计算模块 300、条纹宽度计算模块 400 和折射率计算模块 500。

其中, 干涉图像获取模块 200 用于获取参考干涉图像和晶体干涉图像, 所述参考干涉图像是源光束经过无放置晶体的所述干涉仪产生的, 所述晶体干涉图像是所述源光束经过放置有所述晶体的所述干涉仪产生的。具体地, 干涉图像获取模块 200 为 CCD 相机。

重心点计算模块 300 用于对所述参考干涉图像和所述晶体干涉图像进行重心点计算, 分别得到所述参考干涉图像的第一重心点坐标和所述晶体干涉图像的第二重心点坐标, 并对所述第一重心点坐标和所述第二重心点坐标求差得到条纹变化量。

条纹宽度计算模块 400 用于计算所述参考干涉图像中暗条纹的第一平均宽度像素点数和亮条纹的第二平均宽度像素点数, 根据所述第一平均宽度像素点数和所述第二平均宽度像素点数得到所述参考干涉图像的条纹宽度。

折射率计算模块 500 用于根据所述条纹变化量、所述条纹宽度、所述晶体的厚度和所述源光束的波长得到所述晶体的折射率。

需要说明的是, 本发明的第二方面的实施例所采用的晶体折射率测量装置采用如本发明的第一方面的实施例的晶体折射率测量方法, 具有相同的技术方案, 解决了相同的技术问题, 达到相同的技术效果, 在此不再详述。

本发明的第三方面的实施例, 提供了基于条纹图像的晶体折射率测量装置。晶体折射率测量装置包括存储器、处理器及存储在存储器上并可在处理器上运行的计算机程序, 其特征在于, 所述处理器执行所述计算机程序时实现如本发明的第一方面所述的晶体折射率测量方

法。

本发明的第四方面的实施例，提供了一种存储介质。存储介质中存储有可执行指令，所述可执行指令被处理器执行时实现如本发明的第一方面所述的晶体折射率测量方法。

本领域普通技术人员可以理解，上文中所公开方法中的全部或某些步骤、系统可以被实施为软件、固件、硬件及其适当的组合。某些物理组件或所有物理组件可以被实施为由处理器，如中央处理器、数字信号处理器或微处理器执行的软件，或者被实施为硬件，或者被实施为集成电路，如专用集成电路。这样的软件可以分布在计算机可读介质上，计算机可读介质可以包括计算机存储介质（或非暂时性介质）和通信介质（或暂时性介质）。如本领域普通技术人员公知的，术语计算机存储介质包括在用于存储信息（诸如计算机可读指令、数据结构、程序模块或其他数据）的任何方法或技术中实施的易失性和非易失性、可移除和不可移除介质。计算机存储介质包括但不限于 RAM、ROM、EEPROM、闪存或其他存储器技术、CD-ROM、数字多功能盘（DVD）或其他光盘存储、磁盒、磁带、磁盘存储或其他磁存储装置、或者可以用于存储期望的信息并且可以被计算机访问的任何其他的介质。此外，本领域普通技术人员公知的是，通信介质通常包含计算机可读指令、数据结构、程序模块或者诸如载波或其他传输机制之类的调制数据信号中的其他数据，并且可包括任何信息递送介质。

以上所述，只是本发明的较佳实施例而已，本发明并不局限于上述实施方式，只要其以相同的手段达到本发明的技术效果，都应属于本发明的保护范围。

权 利 要 求 书

1. 基于条纹图像的晶体折射率测量方法，其特征在于，包括：

获取参考干涉图像和晶体干涉图像，所述参考干涉图像是源光束经过无放置晶体的干涉仪产生的，所述晶体干涉图像是所述源光束经过放置有所述晶体的干涉仪产生的；

对所述参考干涉图像和所述晶体干涉图像进行重心点计算，分别得到所述参考干涉图像的第一重心点坐标和所述晶体干涉图像的第二重心点坐标，并对所述第一重心点坐标和所述第二重心点坐标求差得到条纹变化量；

计算所述参考干涉图像中暗条纹的第一平均宽度像素点数和亮条纹的第二平均宽度像素点数，根据所述第一平均宽度像素点数和所述第二平均宽度像素点数得到所述参考干涉图像的条纹宽度；

根据所述条纹变化量、所述条纹宽度、所述晶体的厚度和所述源光束的波长得到所述晶体的折射率。

2. 根据权利要求 1 所述的基于条纹图像的晶体折射率测量方法，其特征在于，在对所述参考干涉图像和所述晶体干涉图像进行重心点计算之前，还包括：

对所述参考干涉图像和所述晶体干涉图像进行图像二值化处理。

3. 根据权利要求 1 所述的基于条纹图像的晶体折射率测量方法，其特征在于，所述重心点计算包括处理图像得到像素点的灰度值和以像素点的灰度值作为像素点的质量计算图像的重心点坐标。

4. 根据权利要求 3 所述的基于条纹图像的晶体折射率测量方法，其特征在于，所述条纹变

化量通过以下式子表示：
$$s(r) = \frac{\sum_{i,j=0}^m g_{ij} y_{ij}}{\sum_{i,j=0}^m g_{ij}} - \frac{\sum_{i,j=0}^m g0_{ij} y0_{ij}}{\sum_{i,j=0}^m g0_{ij}};$$
 式中， $s(r)$ 为所述条纹变化量， m

为图像的像素点数量， y_{ij} 表示所述参考干涉图像的第 i 行第 j 列的像素点的纵坐标， g_{ij} 表示所述参考干涉图像的第 i 行第 j 列的像素点的灰度值， $y0_{ij}$ 表示所述晶体干涉图像的第 i 行第 j 列的像素点的纵坐标， $g0_{ij}$ 表示所述晶体干涉图像的第 i 行第 j 列的像素点的灰度值。

5. 根据权利要求 1 所述的基于条纹图像的晶体折射率测量方法，其特征在于，所述计算所述参考干涉图像中暗条纹的第一平均宽度像素点数和亮条纹的第二平均宽度像素点数，包括：

计算所有所述暗条纹的总宽度像素点数和所述暗条纹的数量，将所有所述暗条纹的总宽度像素点数和所述暗条纹的数量相除得到所述第一平均宽度像素点数；

计算所有所述亮条纹的总宽度像素点数和所述亮条纹的数量，将所有所述亮条纹的总宽度像素点数和所述亮条纹的数量相除得到所述第二平均宽度像素点数。

6. 根据权利要求 1 或 5 所述的基于条纹图像的晶体折射率测量方法，其特征在于，所述根据所述第一平均宽度像素点数和所述第二平均宽度像素点数得到所述参考干涉图像的条纹宽度，包括：

对所述第一平均宽度像素点数和所述第二平均宽度像素点数进行平均计算得到条纹宽度像素数；

将所述条纹宽度像素数与相机像素相乘，得到所述参考干涉图像的条纹宽度。

7. 根据权利要求 1 所述的基于条纹图像的晶体折射率测量方法，其特征在于，所述晶体的折射率通过以下式子表示： $n = \frac{s(r)}{l} \cdot \frac{\lambda}{D}$ ；式中， n 为所述晶体的折射率， $s(r)$ 为所述条纹变化量， l 为所述参考干涉图像的条纹宽度， λ 为所述源光束的波长， D 为所述晶体的厚度。

8. 基于条纹图像的晶体折射率测量装置，其特征在于，应用如权利要求 1 至 7 任一项所述的晶体折射率测量方法；所述装置包括：

干涉仪；

干涉图像获取模块，用于获取参考干涉图像和晶体干涉图像，所述参考干涉图像是源光束经过无放置晶体的所述干涉仪产生的，所述晶体干涉图像是所述源光束经过放置有所述晶体的所述干涉仪产生的；

重心点计算模块，用于对所述参考干涉图像和所述晶体干涉图像进行重心点计算，分别得到所述参考干涉图像的第一重心点坐标和所述晶体干涉图像的第二重心点坐标，并对所述第一重心点坐标和所述第二重心点坐标求差得到条纹变化量；

条纹宽度计算模块，用于计算所述参考干涉图像中暗条纹的第一平均宽度像素点数和亮条纹的第二平均宽度像素点数，根据所述第一平均宽度像素点数和所述第二平均宽度像素点数得到所述参考干涉图像的条纹宽度；

折射率计算模块，用于根据所述条纹变化量、所述条纹宽度、所述晶体的厚度和所述源光束的波长得到所述晶体的折射率。

9. 基于条纹图像的晶体折射率测量装置，包括存储器、处理器及存储在存储器上并可在处理器上运行的计算机程序，其特征在于，所述处理器执行所述计算机程序时实现如权利要求 1 至 7 任一项所述的晶体折射率测量方法。

10. 一种存储介质，其特征在于，所述存储介质中存储有可执行指令，所述可执行指令被处理器执行时实现如权利要求 1 至 7 任一项所述的晶体折射率测量方法。

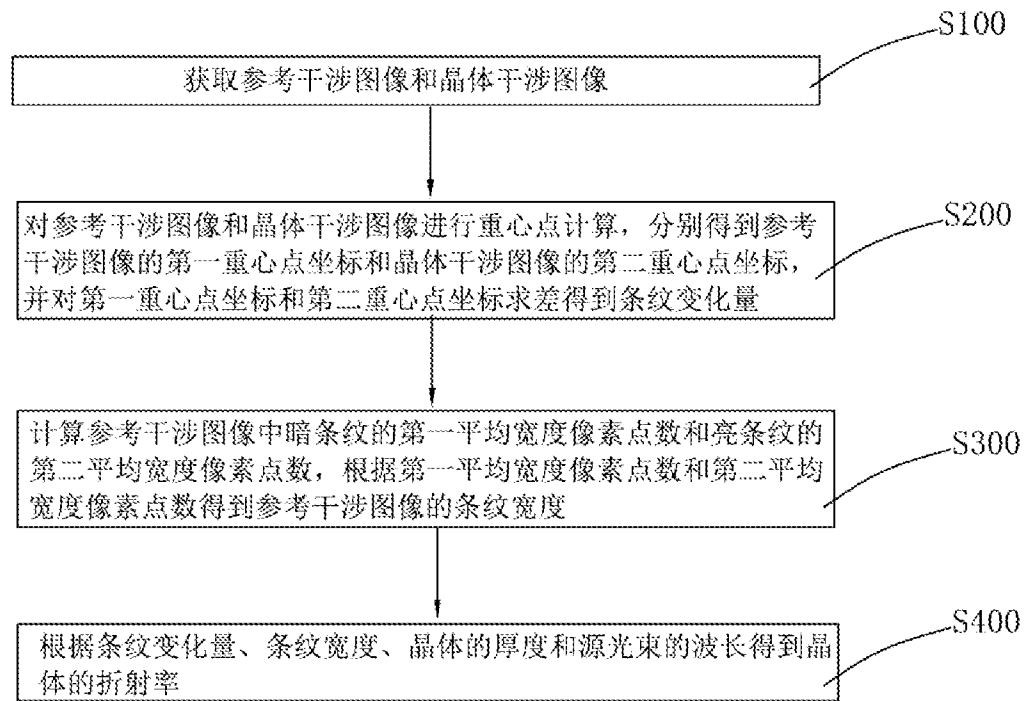


图 1

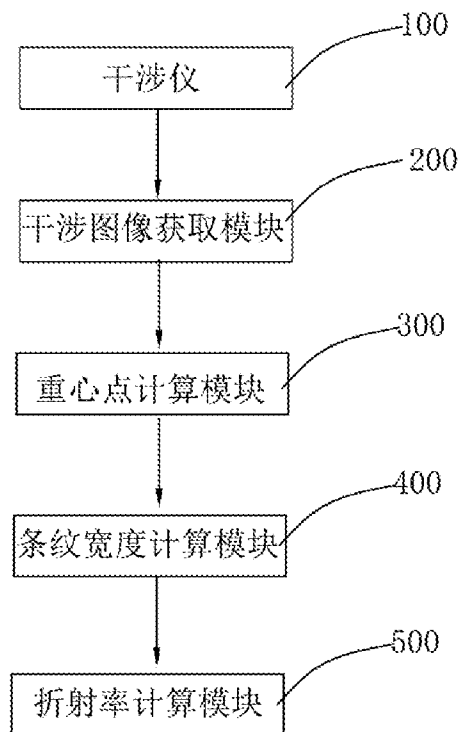


图 2

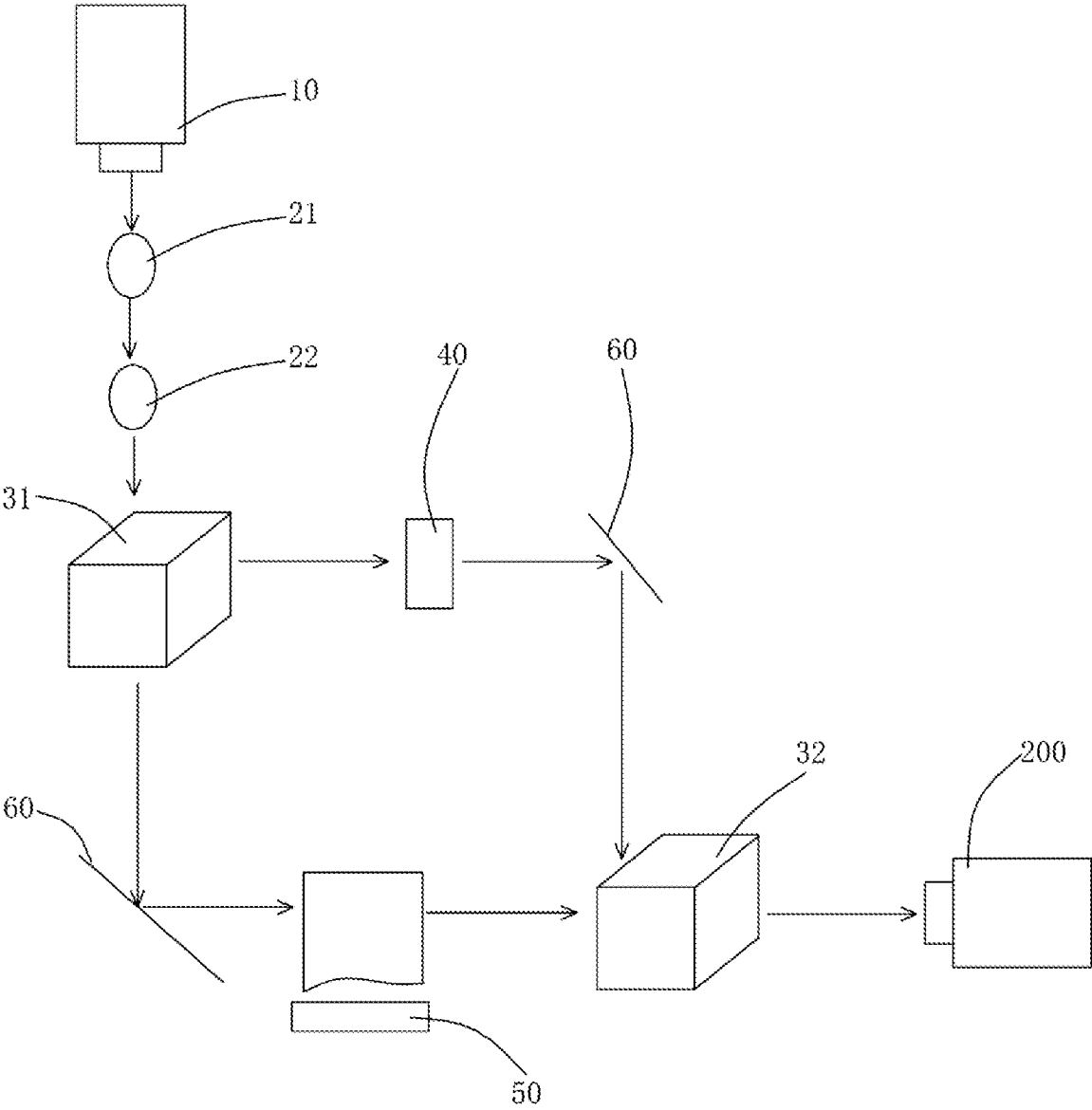


图 3

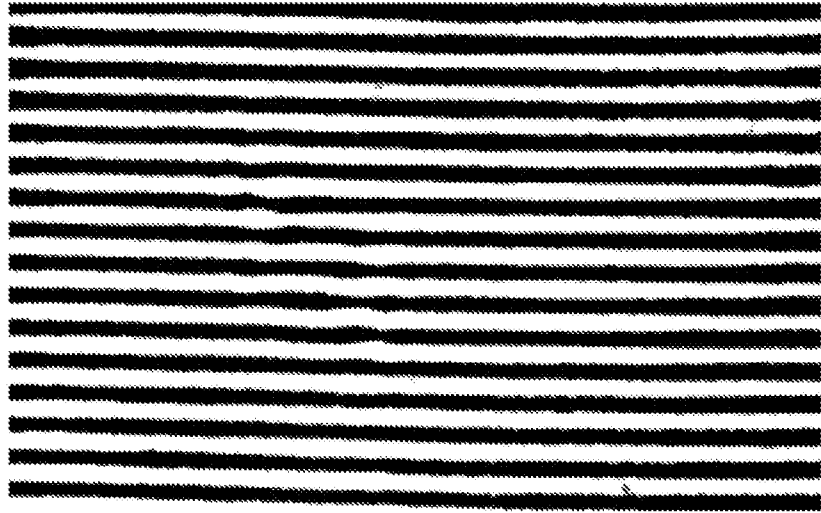


图 4

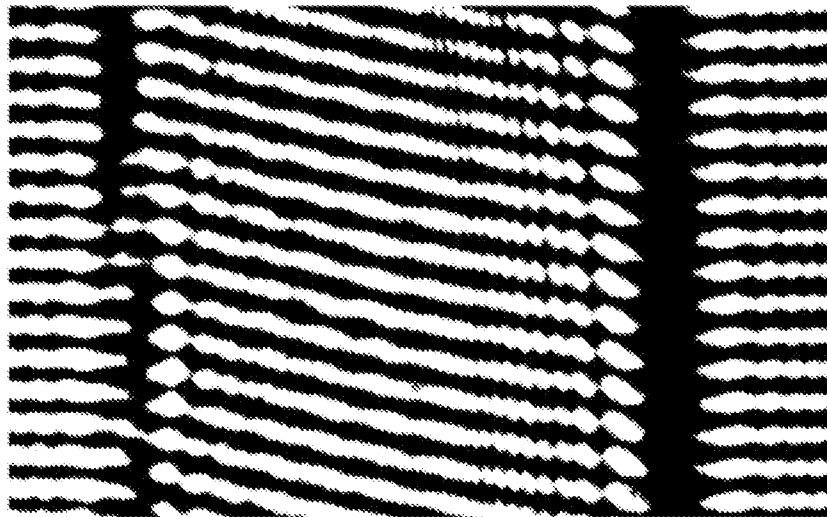


图 5

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2022/092452

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G01N 21/01(2006.01)i; G01N 21/45(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)

G01N

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; CNTXT; CNKI; WPABSC; ENTXTC; ENTXT; VEN; 万方学术数据库, WANFANG; 五邑大学, 晶体, 折射率, 干涉, 图像, 条纹, 宽度, 间距, 条纹变化, 位移, 重心, 马赫曾德尔, 马赫泽德尔, crystal, refractive, refractivity, interference, fringe, width, fringe variation, mach?zehnder

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
PX	CN 113899697 A (WUYI UNIVERSITY) 07 January 2022 (2022-01-07) claims 1-10	1-10
PX	CN 113777035 A (WUYI UNIVERSITY) 10 December 2021 (2021-12-10) claims 1-10, and description, paragraphs [0034]-[0055]	1-10
Y	陈宝东 等 (CHEN, Baodong et al.). "马赫-曾德干涉仪观测光写入平面光子晶格折射率调制制度的实验研究 (Experimental Research of Mach-Zehnder Interferometer Observation of the Refractive Index Modulation of Light-induced Planar Photonic Lattices)" 信息记录材料 (Information Recording Materials), Vol. 9, No. 2, 28 May 2008 (2008-05-28), ISSN: 1009-5624, pages 7-8, "1. Introduction" and "2. Mach-Zehnder Interference Principle and Experimental Optical Path Model"	1-10
Y	张浩 等 (ZHANG, Hao et al.). "食用油折射率的光干涉快速测量方法 (Rapid Analysis of Edible-Oil Refractive Index Using Optical Interferometry)" 光学仪器 (Optical Instruments), Vol. 39, No. 1, 28 February 2017 (2017-02-28), ISSN: 1005-5630, page 3, "1.2. Refractive Index Calculation"	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

05 July 2022

Date of mailing of the international search report

27 July 2022

Name and mailing address of the ISA/CN

China National Intellectual Property Administration (ISA/
CN)
No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao, Haidian District, Beijing
100088, China

Facsimile No. (86-10)62019451

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2022/092452**C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	CN 104596989 A (SICHUAN UNIVERSITY) 06 May 2015 (2015-05-06) entire document	1-10
A	JP 2014196966 A (KONICA MINOLTA, INC.) 16 October 2014 (2014-10-16) entire document	1-10

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/CN2022/092452

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)		Publication date (day/month/year)
CN	113899697	A	07 January 2022	None		
CN	113777035	A	10 December 2021	None		
CN	104596989	A	06 May 2015	CN	104596989	B 31 May 2017
JP	2014196966	A	16 October 2014	None		

国际检索报告

国际申请号

PCT/CN2022/092452

A. 主题的分类

G01N 21/01 (2006.01) i; G01N 21/45 (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)

G01N

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; CNTXT; CNKI; WPABSC; ENTXT; ENTXT; VEN; 万方学术数据库; 五邑大学, 晶体, 折射率, 干涉, 图像, 条纹, 宽度, 间距, 条纹变化, 位移, 重心, 马赫曾德尔, 马赫泽德尔, crystal, refractive, refractivity, interference, fringe, width, fringe variation, mach?zehnder

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 113899697 A (五邑大学) 2022年1月7日 (2022 - 01 - 07) 权利要求1-10	1-10
PX	CN 113777035 A (五邑大学) 2021年12月10日 (2021 - 12 - 10) 权利要求1-10, 说明书第[0034]-[0055]段	1-10
Y	陈宝东 等. “马赫-曾德干涉仪观测光写入平面光子晶格折射率调制度的实验研究” 《信息记录材料》, 第9卷, 第2期, 2008年5月28日 (2008 - 05 - 28), ISSN: 1009-5624, 第7页-第8页 “1 引言”、“2 马赫-曾德干涉原理及实验光路模型”	1-10
Y	张浩 等. “食用油折射率的光干涉快速测量方法” 《光学仪器》, 第39卷, 第1期, 2017年2月28日 (2017 - 02 - 28), ISSN: 1005-5630, 第3页 “1.2 折射率计算”	1-10
A	CN 104596989 A (四川大学) 2015年5月6日 (2015 - 05 - 06) 全文	1-10
A	JP 2014196966 A (KONICA MINOLTA INC) 2014年10月16日 (2014 - 10 - 16) 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

2022年7月5日

国际检索报告邮寄日期

2022年7月27日

ISA/CN的名称和邮寄地址

中国国家知识产权局 (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

王奇云

电话号码 (86-512) 88997243

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2022/092452

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	113899697	A	2022年1月7日	无	
CN	113777035	A	2021年12月10日	无	
CN	104596989	A	2015年5月6日	CN 104596989 B	2017年5月31日
JP	2014196966	A	2014年10月16日	无	