(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
2012 年 1 月 5 日 (05.01.2012)

PCT

(10) 国际公布号
WO 2012/000385 A1

(51) 国际专利分类号：
G01C 11/12 (2006.01) G06T 7/00 (2006.01)
G02B 6/06 (2006.01)

(21) 国际申请号： PCT/CN2011/075789

(22) 国际申请日： 2011 年 6 月 16 日 (16.06.2011)

(25) 申请语言： 中文

(26) 公布语言： 中文

(30) 优先权：
201010219364.0 2010 年 7 月 2 日 (02.07.2010) CN

(71) 申请人 (对除美国外的所有指定国)：中国商用飞机有限责任公司 (COMMERCIAL AIRCRAFT CORPORATION OF CHINA, LTD) [CN/CN]; 中国上海市浦东新区张杨路 25 号，Shanghai 200120 (CN)。中国商用飞机有限责任公司上海飞机设计研究院 (COMMERCIAL AIRCRAFT CORPORATION OF CHINA, LTD SHANGHAI AIRCRAFT DESIGN AND RESEARCH INSTITUTE) [CN/CN]; 中国上海市徐汇区云锦路 5 号，Shanghai 200232 (CN)。华中科技大学 (HUAZHONG UNIVERSITY OF SCIENCE & TECHNOLOGY) [CN/CN]; 中国湖北省武汉珞喻路 1037 号，Hubei 430074 (CN)。

(72) 发明人；及

(75) 发明人/申请人 (仅对美国)：陈迎春 (CHEN, Yingchun) [CN/CN]; 中国上海市徐汇区漕溪路 222 号，Shanghai 200235 (CN)。叶林 (YE, Lin) [CN/CN]; 中国湖北省武汉珞喻路 1037 号，Hubei 430074 (CN)。张淼 (ZHANG, Miao) [CN/CN]; 中国上海市徐汇漕溪路 222 号，Shanghai 200235 (CN)。葛俊锋 (GE, Junfeng) [CN/CN]; 中国湖北省武汉珞喻路 1037 号，Hubei 430074 (CN)。冯丽娟 (FENG, Lijuan) [CN/CN]; 中国上海市徐汇区漕溪路 222 号，Shanghai 200235 (CN)。刘铁军 (LIU, Tiejun) [CN/CN]; 中国上海市徐汇区漕溪路 222 号，Shanghai 200235 (CN)。周峰 (ZHOU, Feng) [CN/CN]; 中国上海市徐汇区漕溪路 222 号，Shanghai 200235 (CN)。

(74) 代理人：北京市金杜律师事务所 (KING & WOOD PRC LAWYERS); 中国北京市朝阳区东三环中路 1 号环球金融中心办公楼东楼 20 层，Beijing 100022 (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, 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, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, 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。

[见续页]

(54) Title: DETECTING DEVICE FOR DETECTING ICING

(54) 发明名称：结冰探测器

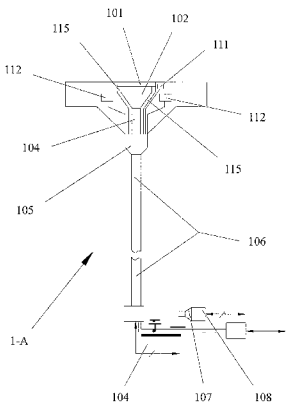


图 1 / Fig. 1

(57) Abstract: A detecting device for detecting icing by an image includes an image acquiring system (1-A) and an image processing system (2-A). The image acquiring system (1-A) can acquire an image of an object's surface. The image processing system (2-A) can analyze the image and obtain an icing condition of the object's surface. The image acquiring system (1-A) also includes an image-carrying fiber bundle (104). The detecting device can meet the requirements of application in a special space without miniaturizing the image acquiring system (1-A).

[见续页]

WO 2012/000385 A1

(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, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 政亚 (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, 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, 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)) 。

(57) 摘要 ：

一种图像结冰探测器，其包括图像获取系统 (i-A) 和图像处理系统 (2-A) ，其中图像获取系统 (1-A) 能够获取物体表面的图像，图像处理系统 (2-A) 能够对所述图像进行分析，从而得到所述物体衣面的结冰状况。所述图像获取系统 (1-Λ) 还包括传像光纤束 (104) 。通过该探测器，在无需对图像获取系统 (1-A) 进行小型化设计的情况下，即能够满足在特殊空间卜应用的要求。

结冰探测器

技术领域

本发明涉及一种结冰探测装置，用于对物体表面的结水状况进行探测，以获得是否结冰、结冰类型、结冰厚度和面积等信息。

背景技术

在很多情况下，需要对物体的特定表面或部位的结冰状况进行探测和分析。例如在寒冷地区，需要对冬季公路路面的结冰状况进行监测，需要对风力发电机的叶片及部分转动部件的结水状况进行探测，以及在飞机飞行过程中，对机体的多部位 (如风挡、机翼尾翼前缘、发动机进气道等)的结冰现象进行监测，以避免结冰对飞行造成不利影响，防止结水导致严重的飞行安全事故。需要注意的是，本申请中所涉及的词语 "冰" 应当包括各种冰、霜及其混合物。

迄今为止，人们已经设计和制造了多种用于结冰探测的装置，从而可以采取相应的措施来避免结冰危害的发生。但是，这些已有的结冰探测装置均存在各种缺陷和不足，从而极大地影响了其性能和适用范围。

例如，较早的结冰探测装置包括放射线式、电导率式和差压式。其中，放射线式结冰探测装置会给人体健康带来很大的危害，电导率式结冰探测装置的可靠性较差，差压式的体积较大，结构比较复杂，响应速度较慢。此外，这几种结冰探测装置均只能给出结冰与否的定性探测结果，而不能给出关于结冰厚度和结冰速率的定量信息。

现在广泛应用的是磁致伸缩振动筒式和压电膜片式结冰探测器，它们均能够给出一定冰厚范围内结冰厚度和结冰速率的定量信息。但它们也各有一定的缺陷：磁致伸缩振动筒式结冰探测器结构复杂、生产工艺要求高、校准困难，并且无法齐平保形地安装于曲面部位 (如飞行器机翼尾翼前缘)；压电膜片式结冰探测器虽然体积、重量较小，能够一定程度上实现曲面部位的齐平保形安装，但其敏感材料的生产要求较严，工艺较为复杂，装配比较困难。

发明内容

本发明一方面的目的在于提出一种新的图像结冰探测器，其包括：图像获取系统和图像处理系统，所述图像获取系统能够获取物体表面的图像，所述图像处理系统能够对所述图像进行分析，从而得到所述物体表面的结冰状况，并且，所述图像获取系统包括传像光纤束。

利用传像光纤束的良好传像性能，可以使得探测器的设置更加灵活，从而更好地适应各种特定的探测环境的需要。

优选地，所述图像结冰探测器还包括图像固定装置，所述传像光纤束的前端对准待探测的物体表面，后端与所述图像固定装置相连。

优选地，所述图像固定装置远离所述物体表面而设置。通过这一方案，使得探测器的前端仅包括传像光纤束的一部分及其辅助部件。这样，前端的尺寸和重量都大大减小，从而能够被安装在对空间重量有严格要求的应用中。此外，前端的结构非常简单稳定，可以适用于较为恶劣的应用环境。

优选地，所述图像固定装置包括图像传感器。

优选地，所述图像获取系统还包括设置在所述图像传感器之前的滤光镜。从而可以对系统中接收的电磁波范围进行有针对性的选择。

优选地，所述图像获取系统还包括电磁波发射装置，用于照射所述物体表面。

优选地，所述电磁波发射装置所发射的电磁波包括可见光、红外线和/或紫外线。各种电磁波所特别适用的探测环境是各不相同的，针对结冰的可能范围对电磁波源进行选择，或者采用多种电磁波进行混合探测，都可以有效地提高探测的准确性。

优选地，所述电磁波发射装置间歇地工作；或者当所述电磁波发射装置工作时，所述图像固定装置工作。这样可以显著提高设备的使用寿命。电磁波发射装置的工作频率可为 1-20Hz。

优选地，所述电磁波发射装置包括发光光纤束。

优选地，所述图像获取系统包括防冰装置和/或除冰装置，用于防止和/或消除在所述传像光纤束前端附近的结冰。并不是所有的应用中都需要进行防冰和/或除冰。在抵近待探测的物体表面的微观探测中，就是需要对传像光纤束前端附近的结冰进行探测。

优选地，所述除水装置包括微型电加热器。

优选地，所述传像光纤束的前端处设置有聚焦镜头和保护镜头。

优选地，图像获取系统还包括温度传感器。环境温度不仅是控制加热器工作的主要参数，也可以在进行结冰状况判定时予以考虑，以求进一步提高探测的准确度。

本发明另一方面的目的在于提出一种新的飞行器结冰探测器，其包括根据本发明第一个方面的图像结冰探测器。

优选地，传像光纤束的前端可以靠近待探测的物体表面而设置，用于对所述物体表面进行近距离的微观探测。

优选地，传像光纤束的前端远离待探测的物体表面而设置，用于对所述物体表面进行远距离的宏观探测。

传像光纤束的应用使得图像结水探测器的探头尺寸更小、结构更简单，并且能够耐受更恶劣的环境，从而能够便于安装到各种对尺寸和环境有严格要求的应用中。其广泛应用于运输、电力设备、野外作业设备和制冷设备等多种领域的结水探测，以及满足各种飞行器的结冰探测应用需求。

附图说明

在对本发明的实施方式进行详细描述的过程中，将参照下列附图：

图1是根据本发明第一优选实施方式的图像结冰探测器中的图像获取系统的示意图；

图2是根据本发明第一优选实施方式的图像结冰探测器中的图像处理系统的示意图；

图3是根据本发明第二优选实施方式的图像结冰探测器的示意图，其中显示了微观探测的布置方式；

图4是根据本发明第三优选实施方式的图像结冰探测器的示意图，其中显示了宏观探测的布置方式；

图5是根据本发明第四优选实施方式的图像结冰探测器的示意图，其中显示了探测器从冰层侧面进行探测的布置方式。

具体实施方式

下面将参照附图来对本发明的优选实施方式进行详细描述。

根据本发明第一优选实施方式的图像结冰探测器主要包括图像获取系统和图像处理系统，前者用于从物体表面获取图像，然后由后者对所获取的表面图像进行计算和分析，从而最终得到物体表面的结冰状况。

首先参照图 1，其显示的是上述第一优选实施方式的图像结冰探测器的图像获取系统 1-A。

其中，图像获取系统 1-A 的核心部件是传像光纤束 104，其能够在前端接收物体的表面图像，并将该表面图像沿着其中的光纤传输至与其后端相连的其它部件。传像光纤束 104 本身的结构和原理已被相关领域的技术人员所熟知，并不属于本发明的范围。并且作为一个成熟的技术，传像光纤束已经在很多领域 (例如胃窥镜) 中得到了广泛的应用，因此这里不再赘述。

而在本实施方式中采用传像光纤束 104 的优势在于，由于传像光纤束 104 能够实现对图像的高质量传播，因此可以将物体表面的图像完整地传输至远离物体表面的位置，并最终由布置在远离物体表面位置的图像固定装置接收。这一优势对于某些特殊的应用来说是非常重要的。

在一个例子中，对待探测的物体表面附近的空间尺寸有严格要求 (例如飞行器的机翼)，此时只有满足尺寸条件的设备才被允许安装。而现有的成像设备很难满足这一尺寸要求，因而无法得到应用。但是通过传像光纤束，可以仅将尺寸非常小的传像光纤束的前端设置在物体表面 (例如机翼)附近，而将其后端连接至位于远离机翼位置的成像设备上，例如位于机枪内部。这样，即使是现有的体积较大的成像 (包括照相和摄像)设备也能得到应用。通过上述方法，在未对图像获取系统进行小型化设计的情况下，即可实现与小型化设计相同的效果。

而在另一个例子中，待探测的物体表面的环境比较恶劣。此时通过传像光纤束，可以使得成像设备远离物体表面而设置，而在物体表面附近仅保留传像光纤束。由于传像光纤束本身结构简单，不容易发生损坏，因此可以方便地适用于各种探测环境，并且可以保护对相对易损坏的成像设备。

在实际应用中，所采用的传像光纤的尺寸、光纤数量以及光纤束的排列模式，可以根据不同应用场合和具体实施而合理地确定。本实施例中不再进行详细的描述。

聚焦镜头 102 连接在传像光纤束 104 的前端,用于从物体表面接收图像。其种类可以根据应用形式的不同而合适地选择,例如下文将描述的,在近距离的微观探测中,传像光纤束 104 的头部非常靠近物体表面,此时聚焦镜头 102 需要选用微距镜头;而在远距离的宏观探测中,聚焦镜头 102 就需要选用长焦镜头或是鱼眼广角镜头。

在聚焦镜头 102 的前端还可以设置有保护镜 101,以保护聚焦镜头 102 免受外界环境的损害,例如,避免位于物体表面的高速气流中携带的砂尘的磨损。

在传像光纤束 104 后端,依次串联有在本实施方式中用作图像固定装置的耦合镜头 107 和图像传感器 108。其中,耦合镜头 107 能够将由聚焦镜头 102 汇聚并经由传像光纤束 104 传输的图像传输给图像传感器 108,并最终由图像传感器 108 转换为可供数字系统识别的图像信息,以供其后连接的图像处理系统 (图 1 中未显示)进行分析。图像传感器 108 可以根据实际情况包括例如 CCD 型或是 CMOS 型图像传感器,也可以包括红外和/或紫外图像传感器,从而对物体表面图像中的红外线和/或紫外线进行探测。

此外,还可以在传像光纤束 104 的前端附近设置电磁波发射装置 115,用于向物体表面发射一定功率和一定波段的电磁波,包括可见光 (400-760 纳米)、红外线 (760 纳米至 1000 微米)和/或紫外线 (1 至 400 纳米)等,以及它们的组合,以实现主动探测。其优势不仅在于可以克服环境光不足时给探测带来的不利影响,还能根据探测需要选用某些特定波段的电磁波作为探测源,从而特别适用于探测特定类型和特定厚度范围的冰。此外,也可以实现复合探测,使得在某些应用中所针对的图像信息更为丰富。当然,本领域技术人员能够理解的是,探测并不一定要借助电磁波发射装置 115,自然光等环境光在很多应用中就足以满足探测的要求。并且在有些应用中,电磁波发射装置也不需要故意添加,而是可以利用物体表面附近已有的设备,例如在飞行器应用中,可以利用飞行器表面的信号灯作为电磁波发射装置。

同时,通过设置在保护镜 101 和图像传感器 108 之间的滤光片 (图中未显示),可以有选择地获得不同光谱的图像信息。

进一步地,为了确保探测的顺利进行,还可以在保护镜 101 和聚焦镜头 102 的附近设置防冰和/或除冰装置,例如设置在迎风面上的遮挡 (图中未显

示)和/或微型电加热器 112, 以避免和/或消除在保护镜 101 等上形成的冰 , 从而排除对探测结果的影响。还可以设置额外的温度传感器 111 , 一方面可以防止加热温度过高而损坏物体表面或传像光纤 , 另一方面温度是对结冰状况进行分析的重要参考。

图像获取系统 1-A 还包括一些其它的附属部件 , 例如保护传像光纤束 104 等的柔性保护接头 105、保护套 106, 和连接电磁波发射装置 115 的连接线 116 , 以及设备工作所需的电源线和控制信号线等 , 均不再进行详述。

下面参照图 2, 其显示的是根据本发明的第一优选实施方式的图像结冰探测器的控制部分。如图 2 所示 , 控制部分主要包括图像处理系统 2-A 、温度测控系统 2-B 、光源控制系统 2-C 以及中央微处理器 2-D 。

其中 , 图像处理系统 2-A 包括二部分 : 结冰预警单元 201 、结冰分析单元 202 和结水状况数据库 203 。

结冰预警单元 201 专门针对结冰初始期的图像信息处理 , 其可以采用高速图像处理电子系统技术 , 能在结水初始期快速地获得结冰状况信息 , 并给出开始发生结水的报警信号。如果配合探头一起使用 , 其中探头的形状经过特殊设计使其比待探测的物体表面更容易结冰 , 还能达到在物体表面开始结冰之前即提前进行预警的效果。

结冰预警单元 201 的工作过程为 , 在接收到由图像固定装置传输的图像信息后 , 将其与结冰状况数据库 203 中储存的未结冰时的清洁无水图像进行对比 , 以对是否结冰做出判断。其具体的判断过程可参考下面对于结冰分析单元 202 的描述。

结冰分析单元 202 在时间上与结冰预警单元 201 并行地工作 , 能够对物体表面的具体结冰状况 (结冰种类、结冰厚度和/或结冰面积)做出定性和定量分析 , 其大致包括参数标记模块、计算模块和判断模块 (图中均未显示)。

在接收到由图像固定装置传输的图像信息后 , 结冰分析单元 202 首先通过参数标记模块对图像进行参数标记。所用的标记方式可以包括灰度处理和色谱分析处理 , 分别通过灰度分析模块和色谱分析模块实现 , 其中 , 色谱分析处理中又可包括采用单色或多种颜色 (例如三基色)进行分析。并且 , 标记既可以针对图像的所有像素点进行 , 也可以通过取点模块从中选取若干个像素点进行 , 还可以在图像中选取多个区域并求得每个区域的平均值 , 这主

要取决于探测精度和速度的要求。在完成对表面图像的参数标记后，标记获得的参数将被传输至计算模块。

计算模块的作用在于，通过对接收到的标记参数进行计算，由此得出当前表面图像所对应的特征因数，以供后续的判断模块将其与结冰状况数据库 203 中的特征数据进行对比。

所采用的计算方法例如可以包括统计，具体来说，可以根据事先确定的标准将标记模块进行参数标记的取值范围划分为若干个区间，然后统计出所有标记参数落入各个区间的次数，并进而得出其所占据的百分比。在这一例子中，是标记参数在各个区间中的分布即为该物体表面图像所对应的特征因数。当然，本领域技术人员很容易想到，区间的划分可以根据试验结果而采取不均匀的方式。

当然，上述方法只是可行的计算方法中较为简单的一种，具体实施时可以采取更加复杂的计算方法，以求获得更加精确的特征因数。这在后面的说明中也会进一步提到。

判断模块的作用如前文所述，用于将计算获得的特征因数与结冰状况数据库 203 中的已有特征数据进行对比，从而找到与当前特征因数最接近的特征数据。该特征数据所对应的结冰状况（包括结冰种类、结冰厚度和/或结冰面积等）即可认为是物体表面的当前结冰状况。当然，在判断的过程中还可以引入新的参考量，例如由温度传感器 111 获得的环境温度。

结冰状况数据库 203 是通过大量模拟试验以及对实际探测结果进行处理和分类而获得的。其中可以包括若干条数据，每条数据都包括一种特定结冰状况的信息（结冰种类、结水厚度和/或结冰面积等）以及与该结冰状况对应的特征数据，以供判断模块将特征数据与计算获得的特征因数进行对比而得到所对应的结冰状况。

为了更好地理解本发明的内容，下面将就本发明的工作原理进行简单的说明。

无论是在可见光、红外波段还是紫外波段内，冰层的光学特性（水层一空气界面反射、冰层内的散射以及吸收等）都随着结冰状况的改变而呈现出不同，从而形成差异明显的结冰图像。结冰与没有结冰的图像，不同种类不同厚度结冰之间的图像的差别是非常明显的。

在考察结冰种类时，可以考察图像的特性例如各个像素亮度值（包括灰度亮度和三基色亮度）的均匀性。当结冰为明冰时，由于冰层内部近似于透明，因此冰层和空气界面上反射的电磁波能够以较大的强度被传像光纤束所接收，因此图像像素的亮度值较大且均匀。当结冰为凇水时，由于冰层内夹杂空气泡，反射效应大为降低，散射效应较强，因此图像像素亮度值较低且分布不均。而混合型冰则介于上述两种情况之间。

在考察结冰厚度时，也同样可以考察冰层的亮度。因为，当确定了结冰类型以后，在一定结冰厚度范围内，结冰厚度愈厚，则图像像素点的亮度也愈大。

下面将通过两个例子来对结冰分析单元 202 的整个工作过程进行描述，以便更加清楚地了解其工作原理及优点。

在第一个例子中，在接收到图像固定装置传输的图像时，结冰分析单元 202 中的参数标记模块首先根据事先确定的规则从上选取若干个像素点（例如 N 个）。所谓的规则是指取点可以只在图像的特定区域中进行，也可以在某些区域选取得相对密集而在其它区域选取得相对稀疏等等。然后，通过图像处理领域中的常用软件对每个选取的像素点进行三基色分析，分别得到每个像素的三基色值，从而完成参数标记。以八位的微处理器系统为例，各个基色的取值范围均在 0-255 之间。

标记完成的三基色值被传输至计算模块。首先根据事先划分好的三基色取值区间将每个点归入其对应的区间中。每种三基色值的划分可以根据需要进行，例如将红光、绿光和蓝光分别均匀或不均匀地划分为 p、q 和 r 个段，从而一共形成了 K=p x q x r 个三基色值区间。然后统计出落入各个区间的点的数目 n_1、n_2、n_3……η_K 以及占总点数 N 的百分比 m_1、m_2、m_3……m_K。该点的数目 $\{n_1, n_2, n_3 \cdots \eta_K\}$ 或者百分比 $\{x_1, x_2, x_3 \cdots \chi_K\}$ 即用作与当前表面图像相对应的特征因数。

最后通过判断模块将计算获得的特征因数与结冰状况数据库 203 中存有的特征数据进行对比，从而选定在数据库中与目前的结冰状况最接近的一条数据，并以该条数据中所包含的结冰状况的信息（结冰种类、结冰厚度和/或结冰面积等）作为物体表面的当前结水状况。

而在第二个例子中，参数标记模块和判断模块的工作过程并无太大区

另，但是在计算模块中却采用了不同的计算方法。

在考察结冰种类时，可采用像素亮度值的方差来作为判断的特征因数，这样可以更加明显地看出亮度的分布；而在考察冰层厚度时，可将所有像素点亮度值的总和作为最终的特征因数。通过将计算获得的所有像素点亮度值的方差和总和与结冰状况数据库 203 中的已有特征数据进行对比，即可方便地得到结水厚度大小的定量探测结果。

此外，虽然没有仔细说明，但是本领域技术人员可以想到，上述探测器和探测方法也可以实现对侧面观察到的水层厚度的直接识别求解。如图 5 所示，通过对图像中灰度和颜色等进行识别，可以清楚地区分出结冰区域和物体表面区域，并且通过对结冰图像进行分析，选取多个测量点求出其冰层厚度的平均值，也可以很容易地求出整个冰层的厚度。

除了上述实施例以外，本领域技术人员还可以想到其它改进措施，以进一步提高性能。例如，可以在获得各个点的灰度和/或色谱值后，不是直接以其进行计算，而是将其与清洁无冰图像中的灰度和/或色语值进行对比后，以其差值作为后续计算判断的标记参数；还可以将物体表面分为若干个区域，然后针对每一个区域都分别独立计算判断，以使各区域的判断结果相互印证，从而降低探测的误差。

下面将对除了图像处理系统 2-A 以外的功能单元进行简单描述，其中，这些功能单元均可采用现有技术中已有的方案，不属于本发明的内容。

温度测控系统 2-B 能够获取温度传感器 111 的温度信号，并将温度信号与设定的温度值相比较，从而作为加热器 112 工作的控制基础。并且也可以将温度值传输给判断模块，作为判断当前结冰状况的参考量。

光源控制单元 2-C 控制电磁波发射装置 115 的工作，即对电磁波种类、发射时间和发射功率等进行控制。电磁波发射装置 115 可以连续工作，也可以规律或不规律地间断工作。在规律的间断工作状态下，电磁波的发射频率可以选为 1-20 Hz, 这既可和图像获取系统协调工作，又能保证有足够快的探测速度。

在非连续的工作状态下，可以通过中央微处理器 2-D 对光源控制单元 2-C 和图像处理系统 2-A 的工作进行协调，使得仅在电磁波发射装置 115 工作时，图像处理系统 2-A 才进行工作。

中央微处理器 2-D 可以实现对图像处理系统 2-A 、温度测控系统 2-B 以及光源控制单元 2-C 的控制和相互之间的信息交换 从而实现各单元的功能。

下面将参照图 3 和 4 ，以飞行器的结水探测为例 ，说明根据本发明的结冰探测器的两种应用方式。其中 ，探测器的内部结构与前一实施方式的结构大致相同 ，因此不再重复。

根据本发明的图像结冰探测器可以用于对物体表面较小区域的结冰状况进行微观探测。例如图 3 所示 ，图像获取系统的前端 110 埋在飞行器表面中 ，并且朝向外侧 ，传像光纤束在保护套 106 中从前端 110 引出并延伸至远离该前端的图像处理系统 (图中未显示)。在该应用中 ，聚焦镜头选用的是微距镜头 ，所能获取的图像仅限于前端所对准的非常有限的面积。但是由于距离非常近 ，因此可以实现对冰层内部图像的微观探测 ，所获取的图像信息的精确度非常高。随之求得的单位时间内结冰厚度的增加量即结冰速率也相应地更加精确。

需要补充说明的是 ，在此布置方式下 ，探测器前端结水不可避免 ，否则将无法实现结冰探测。但是此时 ，仍然可以设置除冰装置 ，以用于探测器的复位。

根据本发明的图像结冰探测器还可以用于对物体表面较大区域的结冰状况进行宏观探测。如图 4 所示 ，探测器安装于飞行器的垂尾上 ，并斜对着尾翼表面。在该应用中 ，聚焦镜头选用长焦镜头或是鱼眼广角镜头 ，并且通过调整镜头的参数 ，可以实现对整个需要进行结冰探测的表面区域 (例如 ，图中所示为 a-b-c-d 的矩形区域)均获取清晰的图像。

在此布置方式下 ，探测器前端不能存在结冰 ，否则将无法获取待探测的物体表面的结冰图像。此时 ，防冰除冰装置的设置就显得非常重要。并且由于传像光纤束是耐高温的玻璃光纤或石英光纤 ，故只要加热装置的温度不是太高 ，就不会损坏探测器。

这种针对物体表面较大区域的探测形式虽然在对局部点进行探测上精度较前一种形式低 ，但是可以实现对整个区域范围的整体探测。从这一角度来说 ，又能提高对结冰状况的总体分析精度。因为冰层分布的不均匀可能造成点探测的结果并不能代表整体的结冰状况 ，使得依据几个特定点得出的结论偏离实际情况。

除此以外，这种宏观探测形式在某些特殊的应用中还能产生特殊的技术效果，例如实现对由过冷大水滴形成的"后流冰"的探测。这对于飞行器等领域的结水探测来说，具有非常重要的意义。

所谓的过冷大水滴是指中位容积直径范围超过 50 微米的过冷水滴。由于过冷大水滴具有较大的质量，因此在结水之前需要放出大量的潜热。其在接触例如飞行器表面后的一段时间内仍然保持液体状态，不会发生结冰，只有当液体的潜热完全释放出来后，结冰才会发生在沿气流方向向后一定距离的表面上。因此，在"后流冰"的情况下，会出现在例如飞行器机翼和尾翼的前缘部位没有结冰，而在前缘之后的非防护部位发生结冰的特殊情况。

根据传统的探测方法，如果要探测这种结水，需要在较大的部位上设置很多结水探测器单元。这样，不仅要求有大的安装空间，还会对物体表面的结构造成破坏，并且设置多个结冰探测器单元也会显著增加成本。

而如果采用对物体表面较大区域的结冰状况进行宏观探测的上述设置，则可以轻易地实现对"后流冰"的探测。所要做的仅仅是修改计算模块中算法 (例如将待探测的物体表面沿气流方向分区，并对每一区域分别计算)，使之能够实现对物体表面上沿着气流方向前一段没有结冰，而后一段结冰的情况进行识别，就可以实现后流冰探测。

以上描述的是本发明的优选实施方式。但是应当理解的是，本领域技术人员在阅读了上述说明后，能够很容易想到其它实现本发明的具体方式，而这些具体方式是显而易见的。发明人预期本领域技术人员可以实施合适的改变，并且这些变化都应当被包括在由权利要求书所限定的保护范围中。

权 利 要 求 书

1. 一种图像结冰探测器，包括：图像获取系统 (1-A) 和图像处理系统 (2-A)，所述图像获取系统 (1-A) 能够获取物体表面的图像，所述图像处理系统 (2-A) 能够对所述图像进行分析，从而得到所述物体表面的结冰状况，

其特征在于，所述图像获取系统 (1-A) 包括传像光纤束 (104)。

2. 如权利要求 1 所述的图像结冰探测器，其特征在于，还包括图像固定装置，所述传像光纤束 (104) 的前端对准待探测的物体表面，后端与所述图像固定装置相连。

3. 如权利要求 1 或 2 所述的图像结冰探测器，其特征在于，所述图像固定装置远离所述物体表面而设置。

4. 如上述任一项权利要求所述的图像结冰探测器，其特征在于，所述图像固定装置包括图像传感器 (108)。

5. 如权利要求 4 所述的图像结冰探测器，其特征在于，所述图像获取系统 (1-A) 还包括设置在所述图像传感器 (108) 之前的滤光镜。

6. 如上述任一项权利要求所述的图像结冰探测器，其特征在于，所述图像获取系统 (1-A) 还包括电磁波发射装置 (115)，用于照射所述物体表面。

7. 如权利要求 6 所述的图像结冰探测器，其特征在于，所述电磁波发射装置 (115) 所发射的电磁波包括可见光、红外线和/或紫外线。

8. 如权利要求 6 或 7 所述的图像结冰探测器，其特征在于，所述电磁波发射装置 (115) 间歇地工作。

9. 如权利要求 8 所述的图像结冰探测器，其特征在于，当所述电磁波发射装置 (115) 工作时，所述图像固定装置工作。

10. 如权利要求 8 或 9 所述的图像结冰探测器，其特征在于，所述电磁波发射装置 (115) 的工作频率为 1-20Hz。

11. 如权利要求 6-10 中任一项所述的图像结冰探测器，其特征

在于，所述电磁波发射装置（115）包括发光光纤束（104）。

12. 如上述任一项权利要求所述的图像结冰探测器，其特征在于，所述图像获取系统（1-A）还包括防冰装置和/或除冰装置，用于防止和/或消除在所述传像光纤束（104）前端附近的结冰。

13. 如权利要求 12 所述的图像结冰探测器，其特征在于，所述除冰装置包括微型电加热器（112）。

14. 如上述任一项权利要求所述的图像结冰探测器，其特征在于，所述传像光纤束（104）的前端处设置有聚焦镜头（102）和保护镜头（101）。

15. 如上述任一项权利要求所述的图像结冰探测器，其特征在于，图像获取系统（1-A）还包括温度传感器（111）。

16. 一种飞行器结冰探测器，其特征在于，包括如上述任一项权利要求所述的图像结冰探测器。

17. 如权利要求 16 所述的飞行器结冰探测器，其特征在于，所述传像光纤束（104）的前端靠近待探测的物体表面而设置，用于对所述物体表面进行近距离的微观探测。

18. 如权利要求 16 所述的飞行器结冰探测器，其特征在于，所述传像光纤束（104）的前端远离待探测的物体表面而设置，用于对所述物体表面进行远距离的宏观探测。

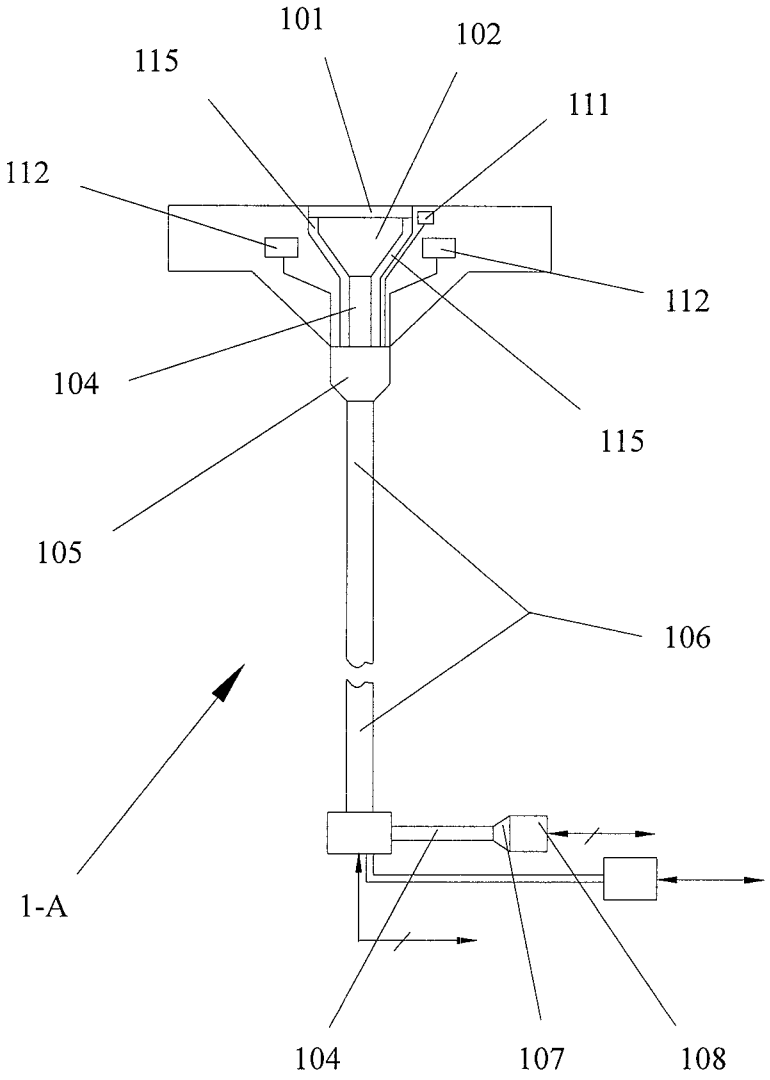


图 1

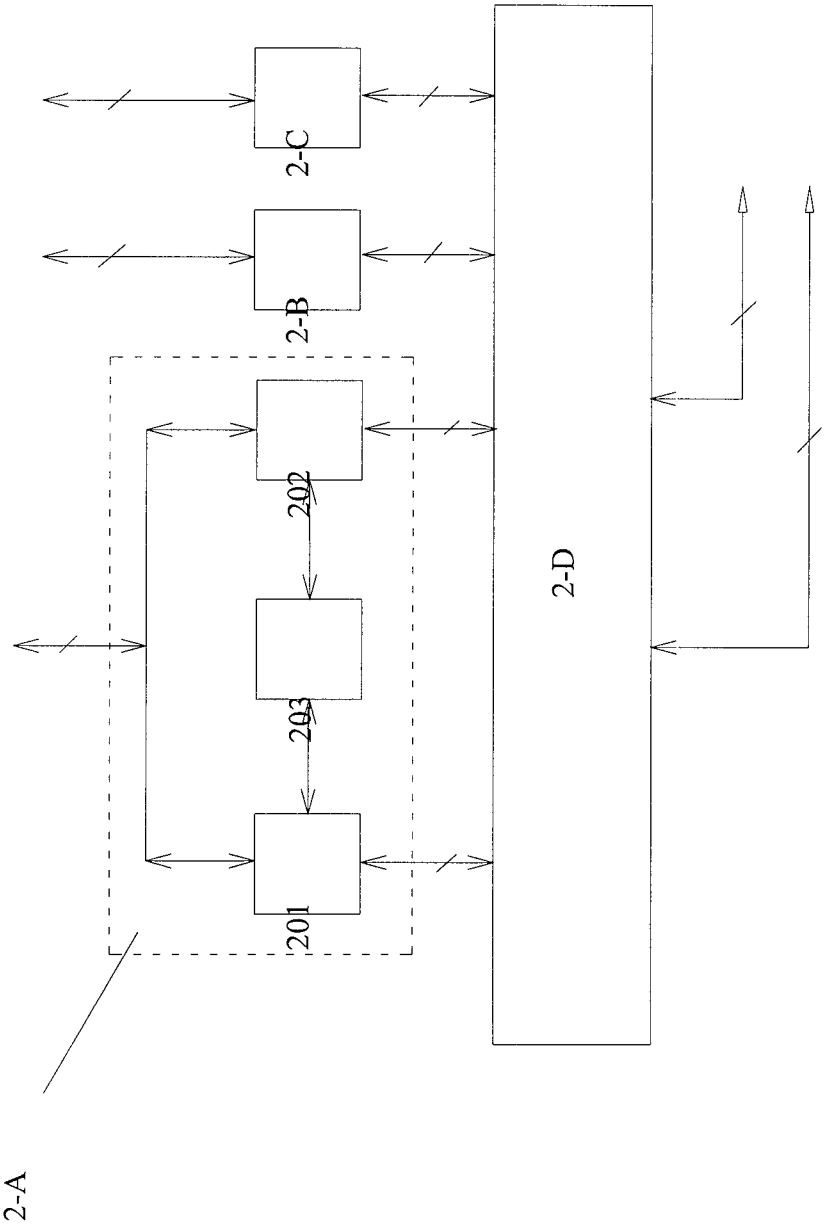


图 2

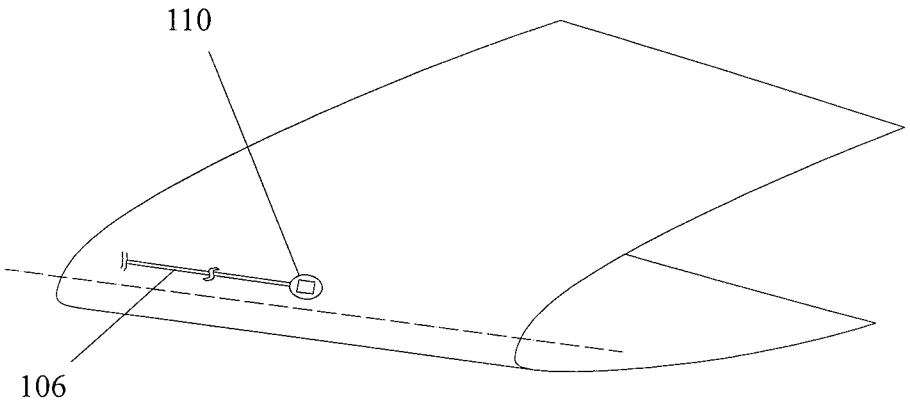


图 3

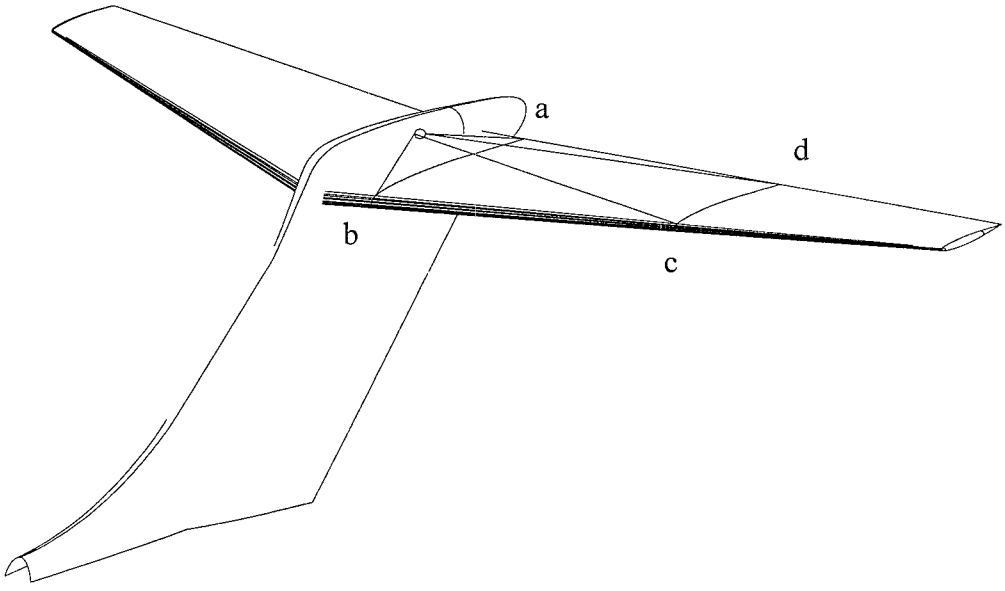


图 4

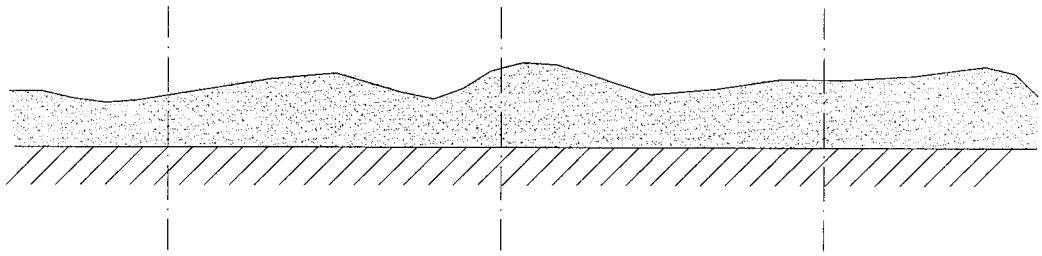


图 5

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/CN20 1 1/075789

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)

PC: GO1C,G06T,G08QG0 1N,B64F,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)

WPI,EPODOC,CNPAT,CNKI CCD, ice, icing, image, camera, fiber, fibre

C. DOCUMENT S CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category: *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	US5557261 A (NICHOLS RES CORP)17 Sept. 1996 (17.09.1996), description column 6 line 20 to column 8 line 34, figures 1-7	1-18
Y	CN100370357C (UNIV XI AN JIAOTONG) 20 Feb. 2008 (20.02.2008), description page 3 line 24 to page 5 line 23, figures 1-2	1-18
Y	US5963 148A (HONDA GIKEN KOGYO KK) 05 Oct. 1999 (05.10.1999), description column 3 line 18 to column 5 line 9, figures 1-6	1-18
Y	WO96/20465A1 (GUSTAVSSON K) 04 Jul. 1996 (04.07.1996), claims 1-15, figures 1-4	1-18
Y	CN1 01762239 A (METERORological OBSERVATION CENT CMA) 30 Jun.2010 (30.06.2010), description paragraphs [0004]-[0044], figures 1-4	1-18
A	US5921501A(NORTHROP GRUMMAN CORP) 13 Jul. 1999 (13.07.1999), the whole document	1-18

□ 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
13 Sept. 2011 (13.09.2011)	29 Sep. 2011 (29.09.2011)

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
XU,Min
Telephone No. (86-10)62085623

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

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/CN201 1/075789

Patent Documents referred in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
US5557261A	17.09. 1996	None	
CN100370357C	20.02.2008	CN1564080A	12.01 .2005
US5963 148A	05 .10. 1999	DE19609488A1	02. 10. 1996
		JP8263784A	11.10.1 996
		DE1 9609488B4	04.08.2005
WO96/20465A1	04.07. 1996	None	
CN101762239A	30.06.2010	None	
US5921501A	13 .07. 1999	None	

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN20 11/075789

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G01C 11/12 (2006.01) i
G02B6/06 (2006.01) i
G06T7/00 (2006.01) i

国 际 检 索 报 告

国际申请号
PCT/CN201 1/075789

A. 主题的分类

参见附加页

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)

IPC: G01C,G08G,G01N,B64F, G06T, 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))

WPI,EPODOC,CNPAT,CNKI

冰,霜,图像,图象,摄像,照相,光纤,传像,CCD, ice, icing, image, camera, fiber, fibre

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
Y	US5557261A(NICHOLS RES CORP) 17.9 月 1996 (17.09.1996) ,说明书第 6 栏第 20 行至第 8 栏第 34 行,附图 1_7	1—18
Y	CN100370357C (西安交通大学)20.2 月 2008 (20.02.2008) ,说明书第 3 页第 24 行至第 5 页第 23 行,附图 1_2	1—18
Y	US5963148A (HONDA GIKEN KOGYO KK) 05. 10 月 1999 (05.10.1999) ,说明书第 3 栏第 18 行至第 5 栏第 9 行,附图 1_6	1—18
Y	WO96/20465AI(GUSTAVSSON K) 04.7 月 1996 (04.07.1996) ,权利要求 1_15,附图 1_4	1—18
Y	CN101762239A (中国气象局气象探测中心)30.6 月 2010 (30.06.2010) ,说明书 【0004】 - 【0044】段,附图 1—4	1—18
A	US5921501A (NORTHROP GRUMMAN CORP) 13.7 月 1999 (13.07.1999) ,全文	1—18

口 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¾ ¾ ¾言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
13.9 月 2011 (13.09.2011)	29.9 月 2011 (29.09.2011)
ISA/CN 的名称和邮寄地址: 中华人民共和国国家知识产权局 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 许敏 电话号码: (86-10) 62085623

国际检索报告

关于同族专利的信息

国际申请号
PCT/CN201 1/075789

检索报告中引用的专利文件	公布日期	同族专利	公布日期
US5557261A	17.09. 1996	无	
CN100370357C	20.02.2008	CN1564080A	12.01.2005
US5963 148A	05. 10. 1999	DE19609488A1	02. 10. 1996
		JP8263784A	11.10. 1996
		DE19609488B4	04.08.2005
WO96/20465A1	04.07. 1996	无	
CN101762239A	30.06.2010	无	
US5921501A	13.07. 1999	无	

国际检索报告

A. 主题的分类

G01C1 1/12 (2006.01) i

G02B6/06 (2006.01) i

G06T7/00 (2006.01) i