[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl[7]
G01P 3/36
G01P 5/00
G01S 17/58

[12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 03809481.9

[43] 公开日 2005 年 8 月 3 日

[11] 公开号 CN 1650174A

[22] 申请日 2003.6.30 [21] 申请号 03809481.9
[30] 优先权
[32] 2002. 7. 5 [33] US [31] 60/393,584
[86] 国际申请 PCT/DK2003/000453 2003.6.30
[87] 国际公布 WO2004/005936 英 2004.1.15
[85] 进入国家阶段日期 2004.10.27
[71] 申请人 卡姆斯特鲁普股份有限公司
地址 丹麦斯坎德尔博格
[72] 发明人 C·达姆－汗森
[74] 专利代理机构 北京市中咨律师事务所
代理人 杨晓光 李 峥
权利要求书 3 页 说明书 6 页 附图 4 页

[54] 发明名称 基于衍射光学元件的温度补偿光学系统

[57] 摘要

一种用于基于物体和射到该物体的光之间的准弹性相互作用来确定该物体的条件或状态的装置，它包括衍射光学元件，所述衍射光学元件具有一个衍射区域，所述衍射区域包括第一衍射结构和第二衍射结构，上述第一衍射结构用于衍射第一光束并把该第一光束聚焦到物体上，上述第二衍射结构在侧向上相对于第一衍射结构设置，用于衍射第二光束并把该第二光束聚焦到物体上。 第一和第一衍射结构把第一和第二光束聚焦在同一聚焦平面中，聚焦平行基本上垂直于第一和第二光束的传播方向。衍射区域还包括一个接收衍射的结构，所述接收衍射的结构用于衍射已与物体相互作用的光束中的光。 经过衍射的光以一个衍射角衍射。 衍射角的大小基本上等于入射光的入射角。



ISSN1008-4274

1. 一种用于基于物体和射到该物体的光之间的准弹性相互作用来确定该物体的状况或状态的装置，该装置包括:

衍射光学元件，适合于用入射光束照射，该衍射光学元件包括用于限定衍射平面的衍射区域，入射光束与该衍射平面的法线形成入射角，该衍射区域包括:

-第一衍射结构，用于衍射并聚焦第一光束到所述物体，和

-第二衍射结构，相对于所述第一衍射结构侧向设置，用于衍射并聚焦第二光束到所述物体，该第一和第二光束在与所述衍射平面的法线成第一衍射角下进行衍射，

所述第一和第二衍射结构将所述第一和第二光束聚焦在所述同一聚焦平面中，该聚焦平面基本上垂直于所述第一和第二光束的传播方向，

所述衍射区域还包括:

-接收衍射结构，用于衍射已与所述物体相互作用的所述光束中的光，该经过衍射的光在与所述衍射平面的法线成第二衍射角下进行衍射，

其中所述入射光束的入射角与所述第二衍射角的大小基本上相等。

2. 根据权利要求 1 所述的装置，还包括:

-接收机，用于收集和检测从所述接收衍射结构衍射的光，及

-处理器，有效连接于所述接收机，用于基于所述检测到的光来确定所述物体的状况或状态。

3. 根据权利要求 1 所述的装置，其中所述衍射区域包括用于将附加光束衍射到所述物体上的附加衍射结构，该附加光束的每一个在与所述衍射平面的法线成所述第一衍射角下进行衍射。

4. 根据权利要求 3 所述的装置，其中所述附加光束被聚焦在与所述第一和第二光束相同的聚焦平面中。

5. 根据权利要求 1～4 中任何一个所述的装置，还包括用于发射所述入射光束的光源。

6. 根据权利要求 5 所述的装置，还包括用于使所述发射的光束准直的装置。

7. 根据权利要求 5 或 6 所述的装置，其中所述光源发射波长在 400 到 10600nm 之间的光。

8. 根据权利要求 5～7 中任何一个所述的装置，其中所述光源是基本上单色的光源。

9. 根据权利要求 8 所述的装置，其中所述光源是激光器。

10. 根据权利要求 8 所述的装置，其中所述光源是激光二极管。

11. 根据权利要求 2 所述的装置，其中所述检测器包括第一和第二光敏区。

12. 根据权利要求 11 所述的装置，还包括设置于所述检测器光敏区前面的空间滤光器。

13. 根据权利要求 12 所述的装置，其中位于所述光敏区前面的所述空间滤光器为针孔。

14. 根据权利要求 12 所述的装置，其中位于所述光敏区前面的空间滤光器包括两个连接到所述检测器光敏区的光纤。

15. 根据权利要求 3 所述的装置，其中所述检测器包括单一光敏区。

16. 根据权利要求 15 所述的装置，还包括位于所述检测器光敏区前面的空间滤光器。

17. 一种用于测量流体流速的流量传感器，该流量传感器包括根据上述权利要求中任何一个所述的装置。

18. 根据权利要求 17 所述的流量传感器，其中所述流体是气体。

19. 根据权利要求 17 所述的流量传感器，其中所述流体是液体。

20. 一种用于测量物体的表面速度的速度传感器，该速度传感器包括根据权利要求 1～16 中任何一个所述的装置。

21. 一种用于基于物体和射到该物体的光之间的准弹性相互作用来确定该物体的状况或状态的方法，该方法包括以下步骤：

提供衍射光学元件，并用入射光束照射该衍射光学元件，该衍射光学

元件包括用于限定衍射平面的衍射区域，该入射光束与该衍射平面的法线形成入射角，该衍射区域包括:

-第一衍射结构，用于衍射并聚焦第一光束到所述物体，及

-第二衍射结构，相对于所述第一衍射结构侧向设置，用于衍射并聚焦第二光束到所述物体，该第一和第二光束在与所述衍射平面的法线成第一衍射角下进行衍射。

所述第一和第二衍射结构将所述第一和第二光束聚焦在所述同一聚焦平面中，该聚焦平面基本上垂直于所述第一和第二光束的传播方向。

所述衍射区域还包括:

-接收衍射结构，用于衍射来自于已与所述物体相互作用的光束中的光，该经过衍射的光在与所述衍射平面的法线成第二衍射角下进行衍射，

其中所述入射光束的入射角与所述第二衍射角的大小基本上相等。

基于衍射光学元件的温度补偿光学系统

技术领域

本发明涉及一种光学系统，所述光学系统对诸如激光二极管的发射波长的变化进行补偿。这样的波长变化可能由温度变化或者跳模（modehops）引起。通过使发射机和接收机部分的衍射角相同而提供根据本发明所述的系统。

背景技术

在单个衍射光学元件（DOE）中实现激光飞行时间测速仪（LTV）的所有光学功能的思想已在 EP0770219 中提出。EP0770219 的系统用于固体表面上的速度测量。该系统的主要优点是，系统的校准是衍射光学元件中所固有的，并且就第一近似值而言与该波长无关，并因此能够使用便宜和不稳定的激光二极管。

LTV 系统在图 1 中概略示出。源于带有准直透镜的激光二极管的准直束入射到 DOE 的中心部分上。DOE 将光束衍射，分离并聚焦到两个焦点，以形成传感器的测量体积（measurement volume）。由通过焦点的流动所携带的粒子使得光朝着所有方向散射。某些光逆向散射，并被 DOE 的接收机部分收集。这是一种透镜，将测量体积衍射并成像到两个检测器上。通过测量体积的粒子将在每个检测器中引起信号峰，并伴有延时。当已知该延时以及两焦点之间的距离时，则可以确定粒子速度，并因此确定流动速度。

DOE 的衍射角与波长十分相关，并且即使对于温度稳定的激光二极管来说，发射波长也将不限于在 1～3 个纵模内。这是由于在温度依赖上的跳模和滞后。对于 785nm 激光来说，这意味着波长不确定度是约 ±0.3nm。

如图 2 中所示，所测得的发射峰波长被示为激光二极管温度的函数。对 LTV 流动传感器来说，重要的是具有空间上明确限定的测量体积，在该测量体积中经过聚焦的激光束在一定准确度内平行。这可以通过在检测器前面应用窄孔径（共焦系统）部分地实现。接收机衍射透镜须将在流动中的测量体积成像到检测器孔径上。然而，如果接收机部分的衍射角与发射机部分的入射角不同，那么检测器平面中的成像位置将取决于波长。当具有大检测器时，这不成问题，但若为了减少串扰和限制测量体积而插入窄孔径时，，这是一个严重的问题。

本发明的目的是提供上述问题的一种解决方案—亦即提供一种传感器构造，其中在检测器平面中的成像位置与波长无关。

发明内容

图 3 示出了当发射机部分的入射角为 65° 时，计算得到的成像位置的变化是关于接收机部分的衍射角的函数。图 1 中所示的现有技术系统相应于接收机衍射角为 30° 时的计算结果。显然，只有对严格相同的角度，位置的变化才是零。对 10° 的角度差，观察到波长移动 0.5nm 时成像位置移动约 5μm。这种移动是危险的，因为孔径尺寸通常为相同的尺寸。

上述目的的第一方面是提供一种用于基于物体和射到该物体的光之间的准弹性相互作用来确定该物体的状况或状态的装置，该装置包括:

衍射光学元件，适合于用入射光束照射，该衍射光学元件包括用于限定衍射平面的衍射区域，入射光束与该衍射平面的法线形成入射角，该衍射区域包括:

-第一衍射结构，用于衍射并聚焦第一光束到所述物体，及

-第二衍射结构，相对于所述第一衍射结构侧向设置，用于衍射并聚焦第二光束到所述物体，该第一和第二光束在与所述衍射平面的法线成第一衍射角下进行衍射，

所述第一和第二衍射结构将所述第一和第二光束聚焦在所述同一聚焦平面中，该聚焦平面基本上垂直于所述第一和第二光束的传播方向，

所述衍射区域还包括:

-接收衍射结构，用于衍射已与所述物体相互作用的所述光束中的光，该经过衍射的光在与所述衍射平面的法线成第二衍射角下进行衍射，

其中所述入射光束的所述入射角与所述第二衍射角的大小基本上相等。

所述装置还可以包括:

-接收机，用于收集和检测从所述衍射结构衍射的光，及

-处理器，有效连接于所述接收机，用于基于所述检测到的光来确定所述物体的状况或状态。

衍射区域可以包括用于将附加光束衍射到所述物体上的附加衍射结构，该附加光束的每一个都在与所述衍射平面的法线成第一衍射角下进行衍射。优选的是，该附加光束应聚焦在与所述第一和第二光束相同的聚焦平面中。

所述装置还可以包括用于发射所述入射光束的光源。此外，该装置可以包括用于使该发射的光束准直的装置。这种准直装置可以是衍射构件，如透镜。

优选的是，所述光源所发射的基本上是在 400 到 10600nm 之间的单色光。甚至更优选的是，该光源为激光器，如激光二极管。可用的激光二极管的适用波长如 635，660～680，780，800，830nm。所述检测器可以包括第一和第二光敏区。甚至更进一步，在该检测器光敏区的前面可以设置空间滤光器。

这种空间滤光器可以简单地是针孔。可选择地，位于所述光敏区前面的该空间滤光器可以包括连接到该检测器光敏区上的光纤。这可以是两个光纤。

所述检测器可以包括单一光敏区，在其前面设置空间滤光器。

在第二方面，本发明涉及一种用于测量一种流体（气体或液体）流速的流量传感器。优选的是，该流量传感器包括按照本发明第一方面所述的装置。

在第三方面，本发明涉及一种用于测量物体表面速度的速度传感器。优选的是，该速度传感器包括按照本发明第一方面所述的装置。

在一个第四方面，本发明涉及一种用于基于物体和射到该物体的光之间的准弹性相互作用来确定该物体状况或状态的方法，该方法包括以下步骤：

提供衍射光学元件，并用入射光束照射该衍射光学元件，该衍射光学元件包括用于限定衍射平面的衍射区域，该入射光束与该衍射平面的法线形成入射角，该衍射区域包括：

-第一衍射结构，用于衍射并聚焦第一光束到所述物体，及

-第二衍射结构，相对于所述第一衍射结构侧向设置，用于衍射并聚焦第二光束到所述物体，该第一和第二光束在与所述衍射平面的法线成第一衍射角下进行衍射。

所述第一和第二衍射结构将所述第一和第二光束聚焦在所述同一聚焦平面中，该聚焦平面基本上垂直于所述第一和第二光束的传播方向。

所述衍射区域还包括：

-接收衍射结构，用于衍射来自于已与所述物体相互作用的光束中的光，该经过衍射的光在与所述衍射平面的法线成第二衍射角下进行衍射，

其中所述入射光束的入射角与所述第二衍射角的大小基本上相等。

附图说明

下面参照附图详细说明本发明，其中

图 1 示出了一种非补偿 LTV 系统；

图 2 示出了激光二极管的峰发射波长随激光二极管温度变化的函数—箭头表示测量循环；

图 3 示出了对于接收机部分的不同衍射角的成像位置变化，发射机部分的入射角为 65° —发射机的衍射角为 25° ，并等于接收机部分的入射角—波长改变为 0.5nm；

图 4 示出了一种补偿 LTV 系统，其接收机部分的衍射角与发射机部分

的入射角相同;

图 5 示出了使用透射发射机和反射接收机元件的补偿 LTV 系统;

图 6 示出了使用反射发射机和透射接收机元件的补偿 LTV 系统;

图 7 示出了使用相同衍射角和相同焦距的补偿 LTV 系统。

具体实施方式

如上所述，本发明涉及一种光学系统，所述光学系统对诸如激光二极管的光源的发射波长的变化进行补偿。这样的波长波动可能是由温度变化或跳模引起。

按照本发明，通过使发射机与接收机部分的衍射角相同来提供波长补偿。这样，由通过测量体积的微粒所产生的反向散射光被接收机透镜收集，并向来自激光二极管的入射准直激光束的相反方向衍射。如图 4 中所示。图 4 中所示构造产生的一个小问题是，由接收机部分收集和衍射的光必须与入射准直激光束在空间上分开。这可以用许多不同的方法实现。

图 1 和图 4 中所示的实施例基于使用透射 DOE。通过在表面浮雕式 DOE(surface relief DOE)上施加反射涂层，可以将该 DOE 作为反射 DOE。反射涂层可以是一薄层金（Au），但也可以用其它材料，例如铝（Al），或银（Ag）。DOE 本身可以用光阻材料（photoresist）制成。

在另一个实施例中，将 DOE 分成反射元件和透射元件。如图 5 中所示，其中接收机 DOE 作为反射元件起作用，而发射机元件是透射 DOE。由接收机所衍射的光将获得这样的方向，所述方向与准直光束在 DOE 平面中的单反射/镜面反射相一致。

相反的解决方案也是可能的。此处，发射机 DOE 作为反射 DOE 起作用，而接收机 DOE 作为透射 DOE 起作用。这如图 6 中所示。

优选地，所述 DOE 被实现为在光阻材料中的透射表面浮雕光栅。可以使用模拟干涉写入设备，441.6nmHeCd-激光器，以及连续分次曝光生产该 DOE。为了通过抑制较高的衍射级而最大化所述光栅的衍射效率，采用约 90° 的总衍射角（入射角加衍射角）。对表面浮雕光栅结构的使用使得

能在各种聚合物材料中采用诸如注射成型或压纹来复制 DOE。在图 7 所示的实施例中，入射角是 65°，衍射角是 25°。发射机元件和接收机元件的焦距相同，并且都等于 160mm。接收机元件的衍射角与发射机元件的入射角相同。实际上发射机和接收机衍射元件在光栅常数和焦距方面的相同大大简化了 DOE 的模拟记录过程。在这个系统中，在 DOE 之后所接收的光是准直的——类似于入射激光束。此处可以利用只反射准直激光束的窄镜面将所接收的光与入射激光束分开。所接收的光将能够通过这个镜面，并用衍射透镜成像到检测器平面上。重要的是，在此处使用衍射透镜，是为了不因使用衍射元件而引入新的波长依赖。在图 7 所示的系统中，能够将所有的光学元件都保持在 DOE 的一侧上，并因而增加了传感器单元的有效工作距离。

通常应该提到的是，本发明可适合于各种应用。因此，在不背离本发明的精神和范围的情况下，本领域技术人员可以对所披露的实施例进行各种改变和修改。

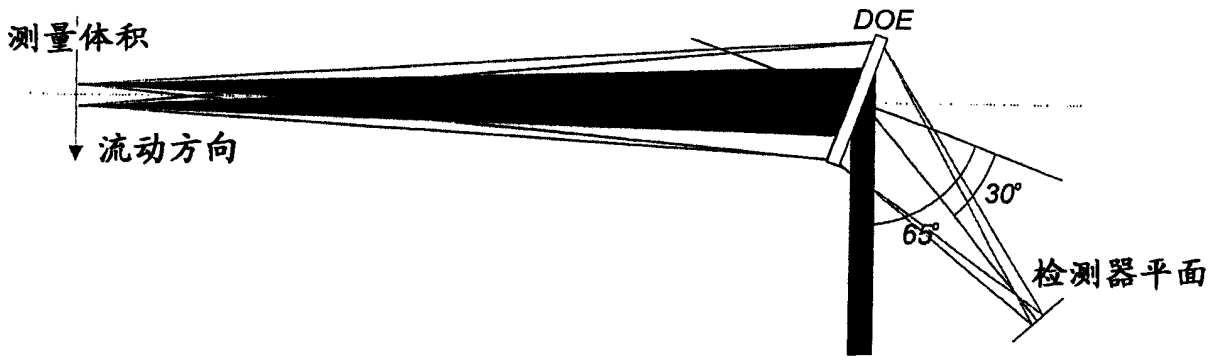
测量体积
流动方向
DOE
30°
65°
检测器平面

图 1

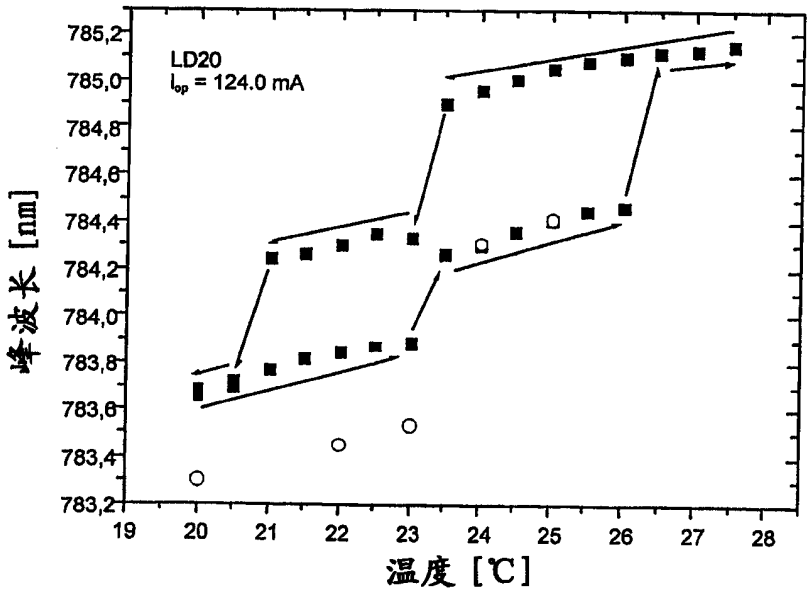
LD20
I_{op} = 124.0 mA
785,2
785,0
784,8
784,6
784,4
784,2
784,0
783,8
783,6
783,4
783,2
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
峰波长 [nm]
温度 [℃]

图 2

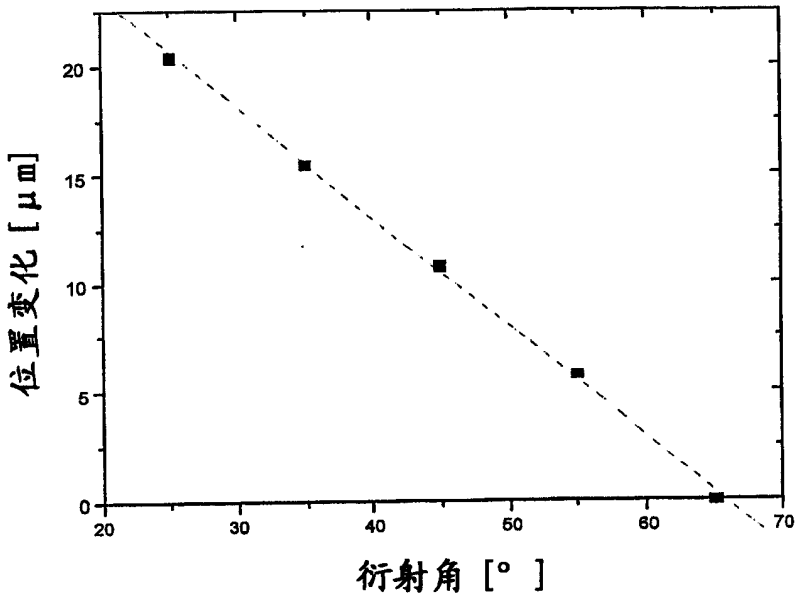

图 3

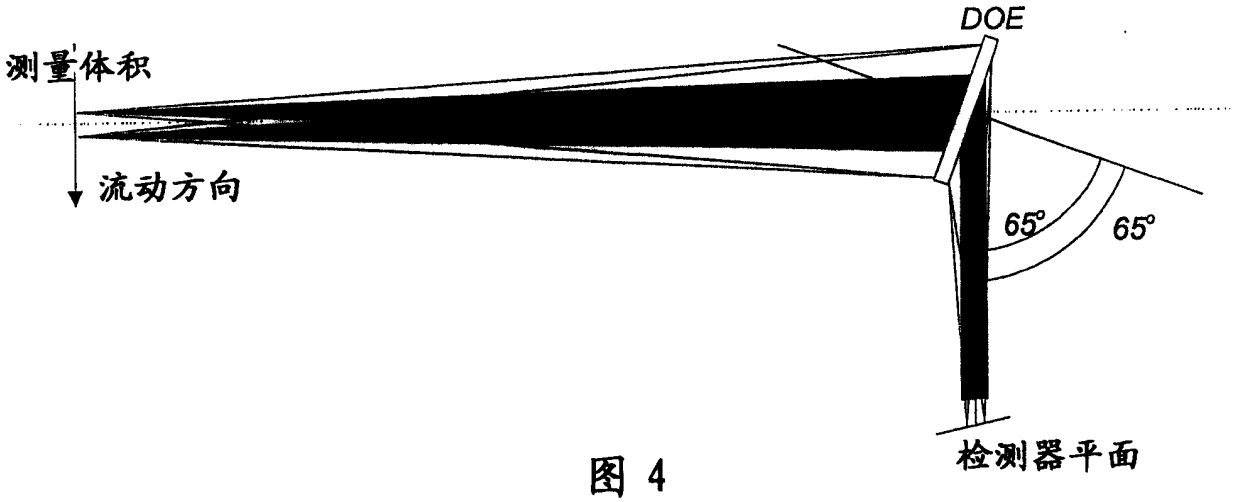

图 4

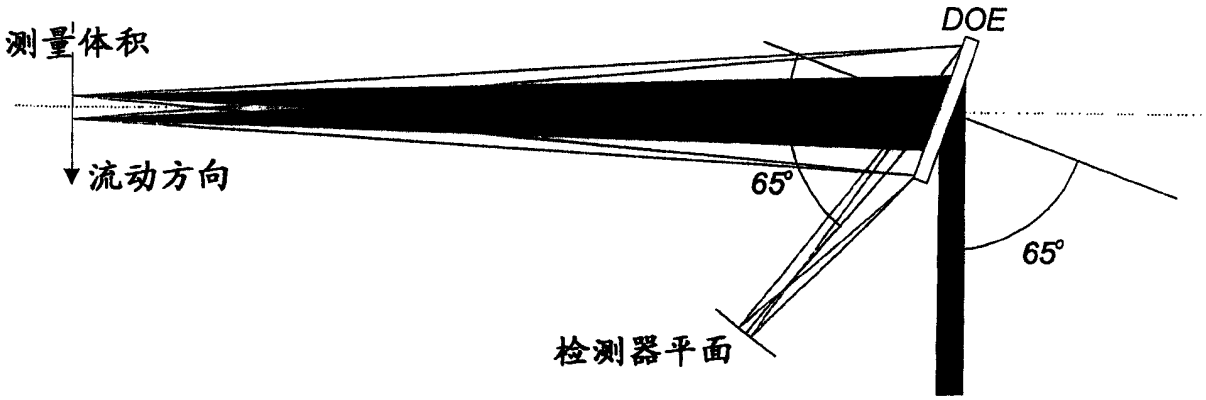

图 5

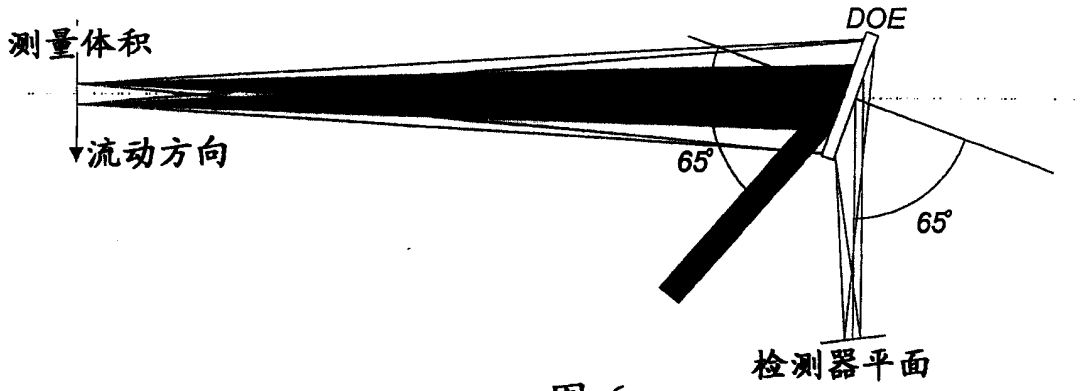

图 6

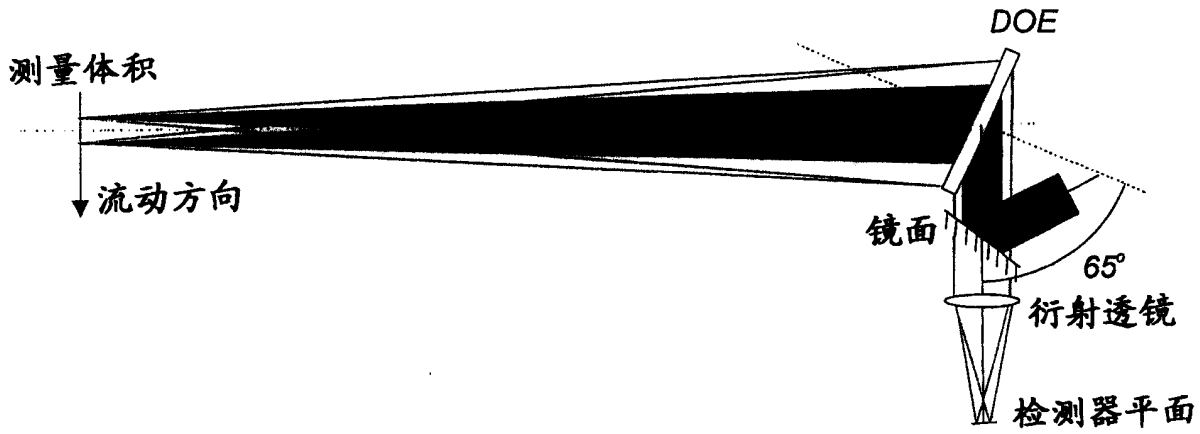

图 7