

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl⁷

H01S 5/0687

H01S 5/024 G01N 21/39



[12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 02809380.1

[43] 公开日 2004 年 6 月 23 日

[11] 公开号 CN 1507683A

[22] 申请日 2002.2.27 [21] 申请号 02809380.1

[30] 优先权

[32] 2001. 3. 8 [33] GB [31] 0105651.4

[32] 2001. 10. 11 [33] GB [31] 0124426.8

[86] 国际申请 PCT/GB2002/000870 2002.2.27

[87] 国际公布 WO2002/073757 英 2002.9.19

[85] 进入国家阶段日期 2003.11.4

[71] 申请人 英国西门子公司

地址 英国伯克郡

[72] 发明人 S·苏顿 N·K·赫齐斯

R·斯特尔佐达

[74] 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司

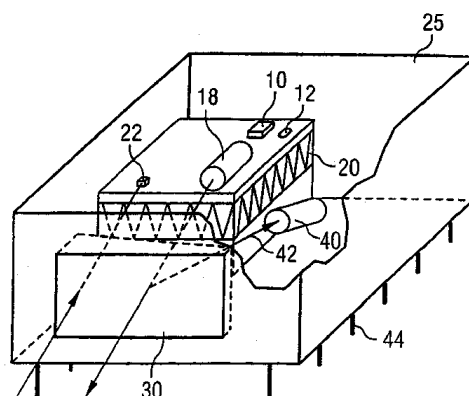
代理人 杨 凯 张志醒

权利要求书 3 页 说明书 11 页 附图 2 页

[54] 发明名称 波长稳定的激光源

[57] 摘要

提供一种集成的波长稳定的激光源，它包括激光二极管、与激光二极管进行热交换的温度稳定热泵以及至少一个检测器，它们被封装在气密封装内，所述封装包括用于使激光二极管发出的光传到封装外部的窗口。



ISSN 1008-4274

1. 一种集成的波长稳定的激光源，它包括：
激光二极管(10)；
5 与所述激光二极管进行热交换的温度稳定热泵(20)；以及
至少一个检测器(22； 40)，
它们被封装在气密封装(25)中，所述气密封装(25)包括用于使所述激光二极管发出的光传到所述封装外部的窗口(30)。
2. 如权利要求 1 所述的激光源，其特征在于，所述热泵可用来
10 调节所述激光二极管的工作温度，从而调节所述激光二极管发射的
光的波长。
3. 如前面任一权利要求所述的激光源，其特征在于还包括温度
传感器(12)，该传感器被设置为提供对所述热泵的操作的主要控制。
4. 如前面任一权利要求所述的激光源，其特征在于，所述至少
15 一个检测器包括监控检测器(40)，它被定位以接收所述激光二极管所
发射的激光的一部分(42)。
5. 如权利要求 4 所述的激光源，其特征在于，所述窗口的表面
被设置为将所述激光二极管发射的光中的所述部分反射到所述监控
检测器。
- 20 6. 如权利要求 4 或 5 所述的激光源，其特征在于，所述监控检
测器被设置为提供控制信号，用于控制所述激光二极管所产生的光
的波长。
7. 如权利要求 4-6 中任一项所述的激光源，其特征在于，所述
气密封装包含气体样本，所述气体具有供所述监控检测器用来测量
25 所述激光二极管发射的光的波长的吸收谱线。
8. 如权利要求 7 所述的激光源，其特征在于，所述气密封装的
内部实质上填充了气体样本。
9. 如权利要求 4-8 中任一项所述的激光源，其特征在于，所述

监控检测器包括暴露于所述气密封装(25)内部的光传感器。

10. 如权利要求 4-8 中任一项所述的激光源，其特征在于，所述监控检测器包括封装在盒子中的光传感器和气体样本。

5 11. 如权利要求 6-10 中任一项所述的激光源，其特征在于，来自所述监控检测器的所述控制信号被设置为控制所述热泵的操作，从而通过调节所述激光二极管的工作温度来调节所述激光二极管所发射的光的波长。

12. 如权利要求 6-11 中任一项所述的激光源，其特征在于，来自所述监控检测器的所述控制信号被设置为控制提供给所述激光二
10 极管的工作电流的电平，从而调节所述激光二极管所发射的光的波长。

13. 如权利要求 3 和 4 以及权利要求 6-12 中任一项所述的激光源，其特征在于，根据所述监控检测器的输出提供对所述热泵的辅助控制。

15 14. 如前面任一权利要求所述的激光源，其特征在于，所述至少一个检测器包括检测器(22)，它被设置为监测通过所述窗口进入所述封装的入射光。

15. 一种气体监测产品，它结合了如前面任一权利要求所述的激光源。

20 16. 如权利要求 15 和 7 所述的气体监测产品，其特征在于，所述气体样本对应于所述气体监测产品要监测的气体。

17. 如权利要求 15-16 中任一项结合权利要求 14 所述的气体监测产品，其特征在于，它经过设置，使得激光可从所述激光源发射并沿光路通过被监测气体，所述光路通过所述窗口返回到所述检测
25 器，从而可以估算所述激光的吸收，以便监测所述被监测气体的成分。

18. 一种波长参考装置，它包括如权利要求 1-14 中任一项所述的激光源。

19. 一种集成的波长稳定的激光源，它实质上如所描述的和/或如附图中所说明的那样。

波长稳定的激光源

5 本发明涉及激光源或光源，具体地说，涉及稳定波长的激光源。

本文通篇讨论波长的控制。根据本领域的标准术语，在此上下文中，术语“波长”的使用假定已知的传输媒体。再者，本发明将参考激光二极管所产生的激光来描述。但是，本发明还可以相应的方式应用于其它光源。

10 许多申请要求激光源或光源提供稳定的波长。一个例子是气体检测仪器，其中必须提供激光源或光源并加以控制，以便提供对应于待检测气体的吸收谱线的稳定波长。如果所提供的光被吸收，则认为该气体存在的程度与被吸收的光的比例相当。如果所提供的光未被吸收，则认为该气体不存在。可以将各种吸收等级与目标气体的
15 的各级密度以及其中的光路长度相关。

本发明将具体参照气体检测仪器来描述，但是本发明也适用于其它稳定波长的光源或激光源的应用，包括电信行业中重视对特定通信波长的精确调谐的应用。例如，光学测试装置如光谱分析仪、光传输/接收系统的波长参考或者密集波分复用(DWDM)系统中所用
20 激光的波长校准。

虽然现有一些气体检测仪器包括参考目标气体的特定吸收谱线的波长稳定激光二极管，但是这类仪器存在许多问题。在实现可靠的波长稳定性方面遇到难题。一些已知系统通过提供激光二极管的温度控制来解决这一问题。使激光二极管温度稳定可让激光二极管
25 获得预期的波长稳定性。但是，激光二极管的温度控制，特别是在给二极管降温的意义上，已知会产生诸如大气中的水蒸汽冷凝在激光二极管以及相关的温度和控制装置上的问题。

因此，本发明的目的是提供稳定波长的光源或激光源。本发明

的另一个目的是提供一种充分消除水汽冷凝所产生的问题的源。本发明的又一个目的是提供一种集成的气体检测装置，它包括光源或激光源、波长稳定装置以及光或激光检测器，提供稳定波长的光并且充分消除了水汽冷凝所产生的问题。

5 因此，本发明提供一种集成的波长稳定激光源，其中包括：激光二极管；与所述激光二极管进行热交换的温度稳定热泵；以及至少一个检测器，封装在气密封装中，该封装包括让光从激光二极管透射到封装外部的窗口。

 热泵可用来调节激光二极管的工作温度，从而调节激光二极管发出的光的波长。
10

 该源还可以包括温度传感器，安排该传感器提供对所述热泵操作的主要控制。

 所述至少一个检测器包括监控检测器，为其定位以接收所述激光二极管发出的一部分激光。

15 窗口的表面可以安排为将激光二极管发出的部分光反射到监控检测器。

 监控检测器可以安排为提供控制信号，用于控制所述激光二极管所产生的光的波长。

 气密封装可以含有气体样本，所述气体具有吸收谱线，可供监控检测器用来测量所述激光二极管所发出的光的波长。在此情况中，
20 气密封装内部可以实质上填充气体样本。

 监控检测器可以包括暴露于所述气密封装内部的光传感器。或者，监控检测器可以包括装在盒子中的光传感器和气体样本。

 最好根据监控检测器的输出提供对热泵的辅助控制。

25 来自监控检测器的控制信号可以安排为控制热泵的操作，从而通过调节激光二极管的工作温度来调节激光二极管发出的光的波长。作为替代或者补充，来自监控检测器的控制信号可以安排为控制供给激光二极管的工作电流的等级，从而调节激光二极管所发出

的光的波长。

至少一个检测器可包括信号检测器，安排该信号检测器监视通过窗口进入封装的入射光。

5 本发明还提供一种结合根据本发明的源的气体监测产品。在此类气体监测产品中，气体样本可对应于气体监测产品所监测的气体，但情况不一定是这样。

在根据本发明的气体监测产品中，激光可以从源发出，沿光路通过待监测气体，所述光路通过窗口返回到信号检测器，从而可以估计激光吸收情况，以便监测所述待监测气体的成分。

10 本发明还提供一种包括所述源的波长参考装置。

通过参考仅以示例方式给出的本发明特定实施例的以下描述以及附图，本发明的上述和其它目的、特征和优点会变得更加明显。图中：

图 1 表示根据本发明的一个实施例的激光源或光源；

15 图 2 表示根据本发明的另一个实施例的激光源或光源；以及
图 3 表示根据本发明的又一个实施例的激光源或光源。

本发明采用创新的方法来封装光源或激光源。所采用的技术类似于电信业中采用的技术，而且提供一种明显优于已知技术的集成方法，其中包括将所需部件分别组装在一个仪器中。已知技术存在
20 许多问题，其中包括水汽渗入和冷凝所引起的问题。

图 1 表示根据本发明的一个实施例的光源或激光源。激光二极管 10 设为与珀耳帖热泵 20 热接触，并且配备驱动电流以产生激光。设置聚焦透镜 18 以使激光二极管 10 发出的光聚焦。还设有信号检测器 22，用于检测入射光。这些部件全部封装在外壳 25 中。窗口 30
25 对于激光二极管 10 发出的波长是透明的，它设置在外壳 25 的一部分中，允许激光二极管发出的光通过聚焦透镜 18 之后离开该外壳，并允许入射光进入外壳以供信号检测器 22 检测。外壳 25 是气密封装，最好类似于电信业目前采用的并且根据该行业现有和已经设立

的规定制造的。

温度传感器 12 设置和安装在热泵 20 上,最好是在激光二极管 10 的附近。在本发明的某些实施例中,温度传感器是铂电阻温度计,但是也可以采用其它适当尺寸和灵敏度的热敏装置。温度传感器向
5 温度控制装置(图中未表示)提供输出信号,从而提供主要反馈环路,以便通过热泵控制激光二极管的加热或降温。还可以设置辅助控制来“微调”激光二极管的温度,下文将予以讨论。

根据本发明的一个方面,利用气密外壳 25 对必备部件进行封装,从而提供抵抗水的进入所需的回弹力,这些必备部件包括:激光二
10 极管 10、温度稳定热泵 20 以及信号检测器 22。重要的是外壳在密封时不含水。为此,可以在密封之前以干燥气体填充外壳。

根据本发明的另一个方面,结合温度稳定部件、如珀耳帖热泵 20 提供精确的温度控制,从而提供所要求的波长选择和稳定性。

最好还设置其它装置(图中未表示)以将预定的驱动电流提供给激
15 光二极管。

为了检测气体存在与否,必须发出波长对应于待检测气体的光谱的吸收谱线的光。如果不存在该气体,则所发出的光不会被吸收,而可能反射回到外壳 25 中而被检测器 22 检测到。如果存在该气体,则一部分光将被该气体吸收,而发射光相应减少后的部分被返回到
20 检测器 22。中等能级的气体提供中等能级的光(I)给检测器 22,这是按照比尔-朗伯定律 $I=I_0\text{Exp}(-sCd)$, 其中 I_0 是通过气体样本之前的光强度, C 是气体浓度, d 是通过气体的光路长度,而 s 是该气体的吸收常数。

本发明的集成光源或激光源适于结合到用于电信设备的气体监
25 测产品中。为了成功地制造气体监测产品,激光二极管 10 的输出波长必须被精确控制到与目标(待测)气体的光谱的吸收谱线相符。因此,激光二极管 10 必须是非常精确地温度稳定(通常精确到 0.1°C)。在本发明的所示实施例中,激光二极管的热控制是利用珀耳帖热泵 20

来实现的，它可用来根据环境温度按需要对激光二极管 10 降温或加热。

图 2 表示本发明的第二实施例，其中将监控检测器 40 设在外壳 25 内。与参考图 1 所讨论的部件相对应的部件采用相应的参考标号。此检测器的输出提供一种确定且可靠地标识激光的工作波长的方式，可以通过更改激光二极管 10 的工作温度或所施加的驱动电流或者二者皆改来根据监控检测器 40 的输出控制激光，从而可以达到激光波长的精确控制。这使得可以生成比图 1 实施例可实现的波长更为稳定的波长。

在工作时，激光二极管 10 提供的光通过透镜 18 聚焦并通过窗口 30 透出。因为窗口 30 的材料和外壳 25 内环境的材料之间折射率不同，所以一部分光 42 将被反射回到外壳中。这部分光可被监控检测器 40 接收。监控检测器可以相应地用于至少确定激光二极管或其它光源是否在工作，以及确定所发射的光强度。通过向监控检测器 40 提供呈现与波长稳定性的期望精度相符的窄吸收谱线的气体样本，监控检测器 40 可以提供反馈，以帮助使激光二极管 10 所提供的波长稳定在所要求的值。气体样本也可以是待检测气体的样本，具体取决于该气体的特性。当然，待检测气体可能具有相对较宽的谱特征，而潜在的干扰气体可能具有更为精细的结构。在此情况下，采用被监测气体可能不适合于波长稳定，而应该采用另一种气体，只要该气体呈现与波长稳定性的期望精度相符的窄吸收谱线即可。

如果激光二极管 10 所提供的光的波长得到正确调节，则从窗口 30 表面反射的一部分光 42 将被气体样本吸收，因为光 42 具有与相关气体的光谱吸收谱线对应的波长。如果光 42 不属于正确波长的，则它不被吸收到此程度，在达到监控检测器 40 内的光传感器之前将不会被吸收。这会致使向控制电路(图中未显示)发送一信号，驱使珀耳帖热泵 20 调节激光二极管的温度，使发射光返回到期望波长。

在一个实施例中，监控检测器 40 包括光传感器，它可以集成电

路芯片的形式装在密封盒子内。此监控检测器盒子最好容纳一种气体样本，其吸收谱线用于调节激光二极管所发出的波长。这种气体不一定与结合该激光源的气体检测器要检测的气体相同，但是这种气体应该选择具有目标波长范围内的吸收谱线的气体。该吸收谱线最好选择尽量精细的。

在一个替代实施例中，监控检测器 40 包括光传感器，它可以是集成电路芯片的形式，但暴露于气密外壳 25 的内部。此封装内的容积可填充一种气体，其吸收谱线用于调节激光二极管所发出的波长。这种气体不一定与结合激光源的气体检测器要检测的气体相同，但是这种气体应该选择具有目标波长范围内的吸收谱线。该吸收谱线最好选择尽量精细的。

激光二极管的主要调节是通过根据封装内温度监控器 12 所产生的信息改变二极管的温度来实现的。为使激光二极管所发射的波长能够调节到吸收谱线附近，这就足够了。在温度监控器 12 提供用于温度主要控制的信息的同时，监控检测器 40 通过比较参考气体的吸收谱线来非常精确地监控二极管所发射的波长的精确度。监控检测器 40 可以包括暴露于外壳 25 之内的光传感器。或者，该监控器可以包括本身容纳光传感器的透明盒子，而该盒子安装在外壳 25 内。在外壳 25 内最好包含参考气体样本。作为替代或者补充，参考气体样本可以设置在监控检测器的盒子内。监控检测器 40 相应产生的非常精确的信号用于对热泵 20 执行精细控制，从而实现要求的温度稳定性。这就是热泵的辅助或“微调”控制。

最好执行辅助调节以进一步微调激光二极管所发射的波长。这可以通过再次利用热泵、但根据监控检测器 40 所产生的信息控制它，从而进一步控制激光二极管的温度来实现。

在一个替代实施例中，辅助调节可以通过调整用于驱动激光二极管的电流来执行，这将输出波长调节到某个范围。与利用上述温度控制实现的辅助调节相比，这可以实现更短范围和快速得多的控

制，并且使扰动可以在更短的时间量程上尽量降低。可以利用激光二极管的这种电流相关波长特性来使输出波长稳定，或者协助要求在小范围上进行精确波长扫描的特定类型的测量。如果需要的话，还可以利用波长的电流相关性来直接控制输出以提供特定波长。此
5 调节激光的方法提供的调节范围比通过温度调节可达到的范围窄得多，同时还提供快得多的调节速度，因此有潜力提供更精确稳定的输出波长。例如，电流控制的波长调节可以在数微秒内完成，而温度控制的波长变化可能花费几毫秒的时间。

在另一个实施例中，辅助调节可以通过控制激光二极管的温度和控制通过它的电流的二者组合来实现。例如，为了产生期望的波
10 长，热泵 20 可以受控将激光二极管 10 按照激光二极管 10 的数据表上的指示以及温度传感器 12 所测得的结果加热到相应温度 T 。激光二极管被供给标称电流、如 100mA，并且产生所要求的波长附近的波长。然后可以例如在 50mA 和 150mA 之间扫描供给激光二极管的
15 电流，同时监控检测器 40 监测所得到的波长。例如，在电流为 145mA 时，可以得到要求的波长。这样激光二极管就可以在温度为 T 和电流为 145mA 的条件下工作。这就提供了所要求的波长，但是会过度消耗功率，而且只留下 5mA 的驱动电流可用来补偿所得波长在将来的漂移。最好是控制热泵以适当地为激光二极管加热或降温，而相
20 应地降低供给激光二极管的电流，直到它返回到标称值(在本例中为 100mA)，而激光二极管在不同的温度 $T + \delta T$ 下工作。这种组合辅助调节的优点在于，可以利用电流控制来实现快速响应，甚至通过短期波动来维持恒定的波长，而温度控制实现较宽的整体波长范围，它可以重置电流控制范围的中心，以确保电流控制始终可用。

25 在另一个实例中，可以利用电流控制的辅助调节在目标气体吸收谱线附近“扫描”激光二极管的输出波长。如上所述，可以通过如下方式达到要求的标称波长：(i)将激光二极管加热或降温到激光二极管数据表上指示的温度以进行主要调节；(ii)控制供给激光二极管

的电流来辅助调节波长；以及(iii)调节激光二极管的温度并重置电流控制的中心。然后可以利用电流控制通过改变供给激光二极管的电流(例如但不一定)在以标称波长为中心的波长范围上扫描。

5 此实施例在气体检测器应用中特别有用。本发明的激光源可以将参考气体样本装入封装 25 内的密封监控检测器封装内，或者实质上填充封装 25 内的整个空腔。激光源可以按如上所述进行控制，以提供与参考气体吸收谱线对应的波长。然后可以改变电流控制，扫描一定范围的不同波长，使监控检测器可以检测所扫描的波长范围内是否存在任何其它的吸收谱线，例如由于存在被测气体而存在的那些吸收谱线。

10 此模块提供的波长参考是非常精确和可靠的。在大约 1680nm 的工作波长下达到大约 0.01nm 的稳定性。

图 3 表示本发明的再一个实施例，该实施例可用作适合于任何应用的波长稳定光源。与参考图 1 和图 2 所讨论的部件对应的功能部件带有相应的参考标号。如参考图 2 所讨论的，激光二极管 10 发出的光通过聚焦透镜 18 的部分 42 从窗口 30 表面被反射。这部分光 42 被监控检测器 40 接收，所述监控检测器 40 含有光检测元件。在监控检测器内设有参考气体样本和/或参考气体样本填充外壳 25 内的空腔。可以参考图 2 所讨论的方式利用检测元件，以便将激光二极管 10 所提供的光波长调节到与气体样本的频谱吸收谱线对应。通过控制热泵 20，可以非常精确地控制激光二极管 10 的输出波长，从而提供非常稳定波长的光源。这种源可以应用于例如气体检测器和通信设备。

25 如上所述，根据本发明的激光源或光源安装在气密封装中，该封装类似于电信业常用的外壳。外壳确保了设备保持清洁和干燥，这对于可靠工作是至关重要的(尤其在珀耳帖热泵主动将封装的温度降低到低于环境温度时)。外壳可以被抽空，或者可以填充光谱吸收谱线不在工作波长范围内的干燥惰性气体。外壳内的各种部件需要保

持彼此间隔热，最好采用真空或者用干燥气体填充外壳，当然也可以采用透明液体或固体，但最好是具有低导热率的材料。

5 在各个实施例中，管脚 44 允许与珀耳帖热泵、激光二极管、检测器和/或外壳 25 内的任何其它装置进行外部连接。例如，控制热泵所需的控制电路可以在外壳外部，但通过管脚 44 与热泵连接。或者，可以将控制电路设在外壳 25 内，在此情况中只需通过管脚 44 施加电源电压。

10 根据本发明的集成激光源使激光可以用于任何需要精确波长控制的应用。潜在的应用领域可包括电信业，例如采用波分复用的光纤传输领域。容纳或安装模块时不需要特别的防护措施，也不需要提供防潮来保护内部部件。

下文将简要讨论本发明的两种可行的应用。

15 在通信领域中，可以利用本发明的波长稳定激光源提供稳定的波长以用作参考或用于通信。发射光的波长的主要控制可以根据温度传感器 12 来实施。辅助控制可以通过根据监控检测器的输出调节施加于激光二极管的驱动电流来实施，以便维持固定的波长输出。可以调节激光二极管的温度，从而降低电流控制的电平，或者可以只采用电流控制作为辅助调节。采用电流控制可获得对输出波长偏移的快速反应，从而将任何与所需波长的偏移降至最小。可以接通
20 或断开驱动电流来提供通信信令功能。辅助调节最好不要只通过温度单独完成，因为反应时间可能会太慢，而无法提供波长所要求的精度。

25 在气体测量领域，发射光的波长的主要控制可以根据温度传感器 12 来实施。辅助控制可以通过根据监控检测器的输出调节激光二极管的温度来实施。例如，可以通过对激光二极管温度的主要控制来获得所需波长，而辅助控制最初通过控制通过激光二极管的电流来提供。然后可以调节温度以使驱动电流恢复到它的标称值。通过适当选择激光二极管的工作温度来提供所要求的波长。可以调节驱

动电流来提供与要求值的波长偏离。例如，这可以用于检测除监控检测器使用的吸收谱线以外的吸收谱线。这可能是非参考气体的气体的吸收谱线。可以逐步调节驱动电流来提供在要求波长附近的一定范围上对波长的“扫描”。取出传感器 22 所接收的光的强度的测量结果，并将其与当时发射的波长相关联。通过对照波长取出一系列强度读数的测量值，可以测得被监测气体的吸收谱线的形状，从而可以识别对应气体的浓度以及存在与否。通过在波长扫描中提供足够的覆盖，可以检测两种或两种以上气体存在与否，这些气体包括例如甲烷和乙烷。应该定期将激光二极管产生的波长恢复到所要求的值，以便检查所产生波长的精度，并在需要时可以调节激光二极管的工作温度。

本发明是参考仅以示例方式给出的有限几个特定实施例进行说明的。然而，本领域的技术人员会明白许多修改和替代方案。例如，虽然讨论的是珀耳帖热泵，但是也可以设置用于对激光二极管加热或降温的替代装置。再者，各种部件的相对位置并不重要，在不背离本发明范围的前提下可以将各个部件从图示的相对位置移动。虽然激光二极管因其尺寸小且比较容易加工而在目前作为首选，但是也可以采用不同于激光二极管的光源。

在本发明的替代实施例中，可以用气体样本完全填充所述封装，而不是装入监控检测器内或者同时也装在监控检测器内。这使结构更为简单，但是可能有轻微的干扰效应，例如在气体测量应用中。如果对于特定应用来说如此轻微的干扰并不重要，则采用这种替代实施例会有两个潜在的优点。会降低制作成本，因为无需单独地封装监控检测器。此外，可以获得较大的参考气体信号，因为通过封装内气体样本的光路长度会比只有监控检测器内有参考气体的情况所得到的光路长。

在另一个替代实施例中，可以采用在两个方向上有效的激光二极管。一个方向上发射的光可以通过窗口 30 传导，而另一个方向上

发射的光可以被传导到监控检测器。在这种实施例中，监控检测器可以置于激光二极管之后，因为它无需获得从窗口的反射光。这样可以在窗口的至少一面上涂敷抗反射涂层，以便减少发射光的反射，从而降低光通过窗口所导致的任何干扰效应。

图 1

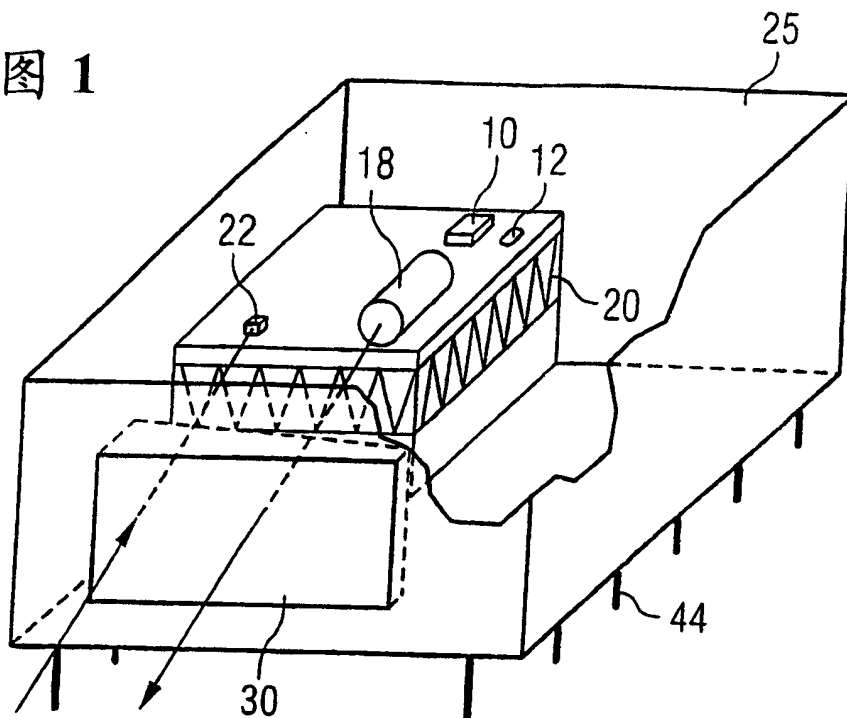


图 2

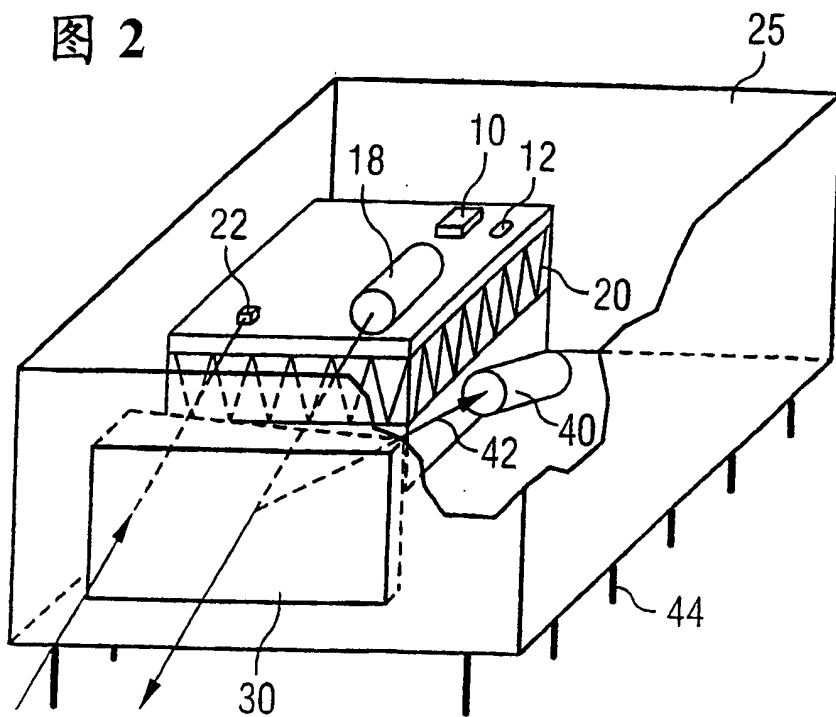


图 3

