



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 108387942 B

(45)授权公告日 2020.01.14

(21)申请号 201810030344.5

(22)申请日 2018.01.12

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 108387942 A

(43)申请公布日 2018.08.10

(73)专利权人 西安理工大学

地址 710048 陕西省西安市金花南路5号

(72)发明人 唐远河 王浩轩

(74)专利代理机构 西安弘理专利事务所 61214

代理人 谈耀文

(51)Int.Cl.

G01V 8/02(2006.01)

G01V 8/10(2006.01)

审查员 尚在颖

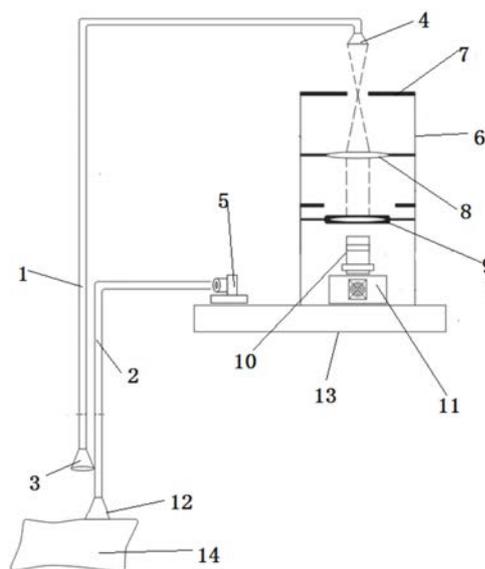
权利要求书2页 说明书6页 附图1页

(54)发明名称

一种海底可燃冰检测仪及其探测方法

(57)摘要

本发明公开的一种海底可燃冰检测仪,包括光纤a和光纤b,光纤a一端设置有通光口a,光纤a另一端连接扩束器,光纤b一端连接激光器,光纤b另一端连接有通光口b;还包括外壳,外壳顶部设置视场光阑,外壳内自上而下依次设置菲涅尔透镜、干涉滤光片、成像镜头及CCD相机。本发明的探测方法具体步骤如下:步骤1、获得海底的目标信息,步骤2、从步骤在CCD相机上得到成像干涉条纹中选择两条谱线,在CCD相机分别测出光谱的光强,并从HITRAN合成光谱数据库获取谱线相对强度S;步骤3、根据经步骤2获得的光强、谱线相对强度S计算可燃冰的温度、压强及分子数密度,即可燃冰的特征参数。对海底可燃冰探测拥有更高频率,更精准位置判定。



1. 一种海底可燃冰探测仪的探测方法,采用海底可燃冰探测仪,包括光纤a(1)和光纤b(2),所述光纤a(1)一端设置有通光口a(3),所述光纤a(1)另一端连接有扩束器(4),所述光纤b(2)一端连接有激光器(5),所述光纤b(2)另一端连接有通光口b(12);还包括外壳(6),所述外壳(6)顶部设置有视场光阑(7),所述外壳(6)内自上而下依次设置有菲涅尔透镜(8)、干涉滤光片(9)、成像镜头(10)以及CCD相机(11);所述扩束器(4)的位置与视场光阑(7)相对;还包括有光学平台(13),所述激光器(5)和CCD相机(11)均固定在光学平台(13)上;所述视场光阑(7)与菲涅尔透镜(8)之间的距离为两者的焦距之和,所述菲涅尔透镜(8)与干涉滤光片(9)之间的距离为两者的焦距之和,所述干涉滤光片(9)与成像镜头(10)之间的距离为两者的焦距之和;所述干涉滤光片(9)为FPI滤光片,带宽为6nm,其特征在于,具体包括以下步骤:

步骤1、获得海底的目标信息,

将光纤a(1)连接有通光口a(3)的一端伸入海底,将光纤b(2)连接有通光口b(12)的一端伸入海底,通光口a(3)位于通光口b(12)上方10cm~20cm处,并且通光口a(3)扩口端的边缘与光纤b(2)相接触,激光器(5)通过光纤b(2)将激光引入海底照射目标,通光口a(3)将通光口b(12)在海底激发出可燃冰的光收集,并通过光纤a(1)传输至扩束器(4),再依次经过视场光阑(7)、菲涅尔透镜(8)、干涉滤光片(9)之后,以中心波长为1650.8nm的10条洛伦兹线型的光谱线透过干涉滤光片(9)进入成像镜头(10),然后在CCD相机(11)的靶面上成像,在CCD相机(11)上得到目标信息的成像干涉条纹,探测目标为可燃冰;

步骤2、根据步骤1在CCD相机(11)测出的10条振转谱线的强度 $I(\lambda)$,从HITRAN合成光谱数据库获取对应的谱线相对强度 S ;

步骤3、根据经步骤2处理后的数据计算可燃冰的温度、压强及分子数密度,即可燃冰的特征参数;

步骤3.1、利用转动谱线测温法计算可燃冰的温度;

先从步骤1中CCD相机11上呈现的10条振转谱线中任意选择两条谱线,所述两条谱线的转动量子数分别为 L_1 和 L_2 ,根据步骤2测得两条光谱的光强 $I(\lambda)_1$ 和 $I(\lambda)_2$,则可燃冰的温度 T_r 的公式如下:

$$T_r = -\frac{B_v hc}{k} [L_1(L_1+1) - L_2(L_2+1)] \ln \left[-\frac{I(\lambda)_1(2L_2+1)}{I(\lambda)_2(2L_1+1)} \right] \quad (3);$$

式中, h 为普朗克常量 $6.63 \times 10^{-34} \text{J} \cdot \text{s}$, c 为光速 $3 \times 10^8 \text{m/s}$, k 为玻尔兹曼常数 $1.38 \times 10^{-23} \text{J/K}$, B_v 为谱线强度, $B_v = B_e - \alpha_e(v+1/2)$,其中 B_e , α_e 为光谱常数, v 为振动量子数;

步骤3.2、根据洛伦兹线型谱线特征计算可燃冰的压强;

碰撞展宽半高宽 Γ 与压强 P 和温度 T 的关系如下:

$$P = \frac{\Gamma}{9.470 \times 10^{18} \sigma_L^2 \times \sqrt{\pi T \left(\frac{1}{M_1} + \frac{1}{M_2} \right)}} \quad (4);$$

式中, R 为气体普适常数, M_1 是甲烷分子摩尔质量, M_2 是水分子摩尔质量, σ_L 是碰撞有效面积;

步骤3.3、根据洛伦兹线型谱线特征计算可燃冰分子数密度N；

用吸收系数表示辐射体的辐射率，则吸收系数 K_{ab} 与分子数密度N之间的公式如下：

$$K_{ab} = \sigma(\nu) \cdot N \quad (5);$$

式中， $\sigma(\nu)$ 为吸收截面积；

根据步骤2测得的光强 $I(\lambda)$ ，吸收系数 K_{ab} 与光强 $I(\lambda)$ 的关系式如下：

$$I(\lambda) = u(\lambda, T) \cdot K_{ab} \cdot \Delta\omega \cdot \Delta s \cdot \lambda \cdot dz \quad (6);$$

$\Delta\omega$ 是探测视场角度， Δs 为通光口 a_3 面积， λ 是谱线波长， dz 是辐射可燃冰的厚度， $u(\lambda, T)$ 是被测物体的辐射强度；

将式(5)代入式(6)中，即可燃冰分子数密度N的公式如下：

$$N = \frac{I(\lambda)}{u(\lambda, T) \cdot \sigma(\nu) \cdot \Delta\omega \cdot \Delta s \cdot \lambda \cdot dz} \quad (7);$$

步骤3.3中：

式(7)中， $\sigma(\nu)$ 为分子吸收谱线的积分线强和洛伦兹线型展宽的卷积值：

$$\sigma_\nu = S \otimes B(\nu) \quad (8);$$

式(8)中， B_ν 与光的频率 ν 的关系式如下：

$$B(\nu) = \frac{\Gamma/2\pi}{(\nu - \nu_0)^2 + \Gamma^2/4} \quad (9);$$

式中， ν_0 为谱线的中心频率；

根据波长与温度，则可得出式(7)中可燃冰的辐射强度 $u(\lambda, T)$ ：

$$u(\lambda, T) = \varepsilon \cdot \frac{8\pi hc}{\lambda^5} \cdot \frac{1}{e^{\frac{hc}{\lambda kT}} - 1} \quad (10);$$

其中， ε 是灰体吸收系数， ε 的范围为(0~1)， T 为达到热平衡的可燃冰温度 T_r ， c 为光速， h 为普朗克常数， k 为玻尔兹曼常数。

一种海底可燃冰探测仪及其探测方法

技术领域

[0001] 本发明属于探测仪技术领域,涉及一种海底可燃冰探测仪,本发明还涉及该探测仪的探测方法。

背景技术

[0002] 目前,国际通用的探测可燃冰的方法分别有:地球物理法,地震勘测法,海洋可控电磁勘探法,测井岩心分析法,海底可视探测法,地球化学勘探法等。其中,地球物理法中的地震处理与成像技术应用的最为普遍。在海洋勘探中,地震拟海底反射层BSR (Bottom Simulating Reflection) 经常被用作可燃冰存在的标志^[1,2]。地球物理法还有AVO (Amplitude Versus Offset) 分析技术^[3],速度场建立技术(利用地震波在可燃冰和围岩中传播速度的不同,来判定可燃冰的存在)^[4],波阻抗反演技术^[5]等;地震勘测法的主要方法有地震采集技术^[6],地震识别处理技术^[7],地震属性检测技术^[8]等;上述技术的共同之处都是利用分析地震波的数据,来确定可燃冰的存在,虽然易于证明确实一定范围内存在可燃冰,但尚无法提供精确的位置。具有频率低,面元大,垂向和横向分辨率较低的特点^[4],其次,此类方法暂时无法提供可燃冰相关的数据,由于地震BSR存在多解性,仅通过BSR不能得到可燃冰饱和度信息。

[0003] 海洋可控电磁勘探法(m-CSEM,marine control-source electromagnetic)是通过在近海底或海底人工激发并接收电磁场信号测量海底底层电阻率的方法^[9],能得到可燃冰的体电阻率,并能计算出含量等信息,有效的提高了钻探成功率,这种方法更加适用于陆地勘探和浅海勘探。

[0004] 测井岩心分析法,在可燃冰的勘探中占据着非常重要的地位^[10]。由于在取芯过程中会有温度和压力的变化,所以理想的取芯技术要求做到保温保压,但目前实际只能做到保压,温度的变化只是被控制到尽可能小,对岩心进行核磁共振,声波衰减以及电阻率的裂缝成像测井综合分析可进一步判断可燃冰的存在。此方法定位精准,能得到较高的垂向分辨率,但成本过高,程序繁琐。

发明内容

[0005] 本发明的目的是提供一种海底可燃冰探测仪,解决了现有探测仪无法提供可燃冰精确的位置的问题。

[0006] 本发明的另一目的是提供上述探测仪的探测方法,能够直接在海底对可燃冰进行分析。

[0007] 本发明所采用的技术方案是,一种海底可燃冰探测仪,包括光纤a和光纤b,光纤a一端设置有通光口a,光纤a另一端连接有扩束器,光纤b一端连接有激光器,光纤b另一端连接有通光口b;

[0008] 还包括外壳,外壳顶部设置有视场光阑,外壳内自上而下依次设置有菲涅尔透镜、干涉滤光片、成像镜头以及CCD相机;扩束器的位置与视场光阑相对。

[0009] 本发明的特点还在于，

[0010] 还包括有光学平台，激光器和CCD相机均固定在光学平台上。

[0011] 视场光阑与菲涅尔透镜之间的距离为两者的焦距之和，菲涅尔透镜与干涉滤光片之间的距离为两者的焦距之和，干涉滤光片与成像镜头之间的距离为两者的焦距之和。

[0012] 干涉滤光片为FPI滤光片，带宽为6nm。

[0013] 本发明所采用的另一种技术方案是，一种海底可燃冰探测仪的探测方法，具体包括以下步骤：

[0014] 步骤1、获得海底的目标信息，

[0015] 将光纤a连接有通光口a的一端伸入海底，将光纤b连接有通光口b的一端伸入海底，通光口a位于通光口b上方10cm~20cm处，并且通光口a扩口端的边缘与光纤b相接触，激光器通过光纤b将激光引入海底照射目标，通光口a将通光口b在海底激发出可燃冰的光收集，并通过光纤a传输至扩束器，再依次经过视场光阑、菲涅尔透镜、干涉滤光片之后，以中心波长为1650.8nm的10条洛伦兹线型的光谱线透过干涉滤光片进入成像镜头，然后在CCD相机的靶面上成像，在CCD相机上得到目标信息的成像干涉条纹，由此可知探测目标为可燃冰；

[0016] 步骤2根据步骤1在CCD相机(11)测出的10条振转谱线的强度 $I(\lambda)$ ，从HITRAN合成光谱数据库获取对应的谱线相对强度 S ；

[0017] 步骤3、根据经步骤2获得的光强、谱线相对强度 S 计算可燃冰的温度、压强及分子数密度，即可燃冰的特征参数。

[0018] 本发明的特点还在于，

[0019] 步骤3具体步骤如下：

[0020] 步骤3.1、利用转动谱线测温法计算可燃冰的温度；

[0021] 先从步骤1中CCD相机11上呈现的10条振转谱线中任意选择两条谱线，所述两条谱线的转动量子数分别为 L_1 和 L_2 ，根据步骤2测得两条光谱的光强 $I(\lambda)_1$ 和 $I(\lambda)_2$ ，则可燃冰的温度 T_r 的公式如下：

$$[0022] \quad T_r = -\frac{B_v hc}{k} [L_1(L_1 + 1) - L_2(L_2 + 1)] \ln \left[-\frac{I(\lambda)_1(2L_2 + 1)}{I(\lambda)_2(2L_1 + 1)} \right] \quad (3);$$

[0023] 式中， h 为普朗克常量 $6.63 \times 10^{-34} \text{J} \cdot \text{s}$ ， c 为光速 $3 \times 10^8 \text{m/s}$ ， k 为玻尔兹曼常数 $1.38 \times 10^{-23} \text{J/K}$ ， B_v 为谱线强度， $B_v = B_e - \alpha_e(v+12)$ ，其中 B_e ， α_e 为光谱常数， v 为振动量子数，；

[0024] 步骤3.2、根据洛伦兹线型谱线特征计算可燃冰的压强；

[0025] 碰撞展宽半高宽 Γ 与压强 P 和温度 T 的关系如下：

$$[0026] \quad P = \frac{\Gamma}{9.470 \times 10^{18} \sigma_L^2 \times \sqrt{\frac{2R}{\pi T} \left(\frac{1}{M_1} + \frac{1}{M_2} \right)}} \quad (4);$$

[0027] 式中， R 为气体普适常数， M_1 是甲烷分子摩尔质量， M_2 是水分子摩尔质量， σ_L 是碰撞有效面积；

[0028] 步骤3.3、根据洛伦兹线型谱线特征计算可燃冰分子数密度 N ；

[0029] 用吸收系数表示辐射体的辐射率,则吸收系数 K_{ab} 与分子数密度 N 之间的公式如下:

$$[0030] \quad K_{ab} = \sigma(\nu) \cdot N \quad (5);$$

[0031] 式中, $\sigma(\nu)$ 为吸收截面积;

[0032] 根据步骤2测得的光强 $I(\lambda)$,吸收系数 K_{ab} 与光强 $I(\lambda)$ 的关系式如下:

$$[0033] \quad I(\lambda) = u(\lambda, T) \cdot K_{ab} \cdot \Delta \omega \cdot \Delta s \cdot \lambda \cdot dz \quad (6);$$

[0034] $\Delta \omega$ 是探测视场角度, Δs 为通光口 a_3 面积, λ 是谱线波长, dz 是辐射可

[0035] 燃冰的厚度, $u(\lambda, T)$ 是被测物体的辐射强度;

[0036] 将式(5)代入式(6)中,即可燃冰分子数密度 N 的公式如下:

$$[0037] \quad N = \frac{I(\lambda)}{u(\lambda, T) \cdot \sigma(\nu) \cdot \Delta \omega \cdot \Delta s \cdot \lambda \cdot dz} \quad (7)。$$

[0038] 步骤3.3中:

[0039] 式(7)中, $\sigma(\nu)$ 为谱线相对强度 S 和洛伦兹线型展宽的卷积值:

$$[0040] \quad \sigma_\nu = S \otimes B(\nu) \quad (8);$$

[0041] B_ν

[0042] 式(8)中,与光的频率 ν 的关系式如下:

$$[0043] \quad B(\nu) = \frac{\Gamma / 2\pi}{(\nu - \nu_0)^2 + \Gamma^2 / 4} \quad (9);$$

[0044] 式中, ν_0 为谱线的中心频率;

[0045] 根据波长与温度,则得出式(7)中可燃冰的辐射强度 $u(\lambda, T)$:

$$[0046] \quad u(\lambda, T) = \varepsilon \cdot \frac{8\pi hc}{\lambda^5} \cdot \frac{1}{e^{\frac{hc}{\lambda kT}} - 1} \quad (10);$$

[0047] 其中 λ 为波长, ε 是灰体吸收系数, ε 的范围为(0~1), T 为达到热平衡的可燃冰温度 T_r , c 为光速, h 为普朗克常数, k 为玻尔兹曼常数。

[0048] 本发明的有益效果在于:

[0049] (1) 本发明的海底可燃冰探测仪,以主动遥感方式,对海底可燃冰探测拥有更高频率,更精准位置判定,通过对可燃冰的温度、压强、浓度等数据的采集来评定可燃冰的存在;

[0050] (2) 本发明的海底可燃冰探测仪,具有很高机动性,能够搭载至船舶和潜水器上,对所得数据进行实时分析,增强探测灵活性及勘探效率;

[0051] (3) 本发明的海底可燃冰探测仪,整体结构紧凑,具有推广性;

[0052] (4) 本发明的探测方法,通过干涉滤光片的多光束干涉作用得到干涉图像,利用包含可燃冰温度、压强和分子数密度等信息的干涉图样,快速提取信息,无需对可燃冰进行采样分析,保温保压等复杂操作。

附图说明

[0053] 图1为本发明一种海底可燃冰探测仪的结构示意图。

[0054] 图中,1.光纤a,2.光纤b,3.通光口a,4.扩束器,5.激光器,6.外壳,7.视场光阑,8.

菲涅尔透镜,9.干涉滤光片,10.成像镜头,11.CCD相机,12.通光口b,13.光学平台,14.可燃冰。

具体实施方式

[0055] 下面结合附图和具体实施方式对本发明进行详细说明。

[0056] 本发明一种海底可燃冰探测仪,如图1所示,包括光纤a1和光纤b2,光纤a1一端设置有通光口a3,光纤a1另一端连接有扩束器4,光纤b2一端连接有激光器5,光纤b2另一端连接有通光口b12,通光口b12接触海底的可燃冰14;

[0057] 外壳6顶部设置有视场光阑7,外壳6内自上而下依次设置有菲涅尔透镜8、干涉滤光片9、成像镜头10以及CCD相机11;扩束器4的位置与视场光阑7相对还包括有光学平台13,激光器5和CCD相机11均固定在光学平台13上。

[0058] 视场光阑7与菲涅尔透镜8之间的距离为两者的焦距之和,菲涅尔透镜8与干涉滤光片9之间的距离为两者的焦距之和,干涉滤光片9与成像镜头10之间的距离为两者的焦距之和。

[0059] 干涉滤光片9为FPI滤光片,带宽为6nm。

[0060] 本发明一种海底可燃冰探测仪的探测方法,具体包括以下步骤:

[0061] 步骤1、获得海底的目标信息;

[0062] 将光纤a1连接有通光口a3的一端伸入海底,将光纤b2连接有通光口b12的一端伸入海底接触目标,通光口a3位于通光口b12上方10cm~20cm处,并且通光口a3扩口端的边缘与光纤b2相接触,激光器5通过光纤b2将激光引入海底照射目标,通光口a3将通光口b12在海底激发出可燃冰的光收集,并通过光纤a1传输至扩束器4,再依次经过视场光阑7、菲涅尔透镜8后,由视场光阑进入的光被调制为平行光,由于可燃冰的分子结构为CH₄分子与H₂O分子组成的笼装结构,其中CH₄分子与H₂O分子间的作用力为范德瓦耳斯力,而C-H和O-H之间靠库仑力,由于分子间作用力很小,在合适波长激光光源照射下,C-H键打开并辐射出以中心波长为1650.8nm的10条谱线;平行光以不同的离轴角入射干涉滤光片9后,其他谱线被过滤,只有以中心波长为1650.8nm的10条洛伦兹线型谱线进入成像镜头10,然后在CCD相机11的靶面上成像,在CCD相机11上得到目标信息的成像干涉条纹,由此可知探测目标为可燃冰;

[0063] 10条谱线分别为1625.3nm、1630.0nm、1635.4nm、1640.3nm、1645.5nm、1650.8nm、1655.1nm、1660.9nm、1665.2nm、1670.2nm;

[0064] 步骤2、根据步骤1在CCD相机11分别测出10条振转谱线即5个干涉圆环的强度I(λ),再从HITRAN合成光谱数据库获取对应的谱线相对强度S;

[0065] 步骤3、根据经步骤2处理后的数据计算可燃冰的温度、压强及分子数密度,即可燃冰的特征参数。

[0066] 步骤3具体步骤如下:

[0067] 步骤3.1、利用转动谱线测温法计算可燃冰的温度;

[0068] 先从步骤1中CCD相机11上呈现的10条振转谱线中任意选择两条谱线,该两条谱线转动量子数分别为L₁和L₂,在温度相同的条件下,则不同转动量子数的转动谱线强度表达式分别为:

[0069] $I(\lambda)_1 = (C_r v^4 / Q_r) (2L_1 + 1) \exp[-B_v L_1 (L_1 + 1) hc / k T_r]$ (1);

[0070] $I(\lambda)_2 = (C_r v^4 / Q_r) (2L_2 + 1) \exp[-B_v L_2 (L_2 + 1) hc / k T_r]$ (2);

[0071] 式中, h 为普朗克常量 $6.63 \times 10^{-34} \text{J} \cdot \text{s}$, c 为光速 $3 \times 10^8 \text{m/s}$, k 为玻尔兹曼常数 $1.38 \times 10^{-23} \text{J/K}$, B_v 为谱线强度, T_r 为热平衡状态的转动温度, $B_v = B_e - a_e (v + 1/2)$, 其中 B_e , a_e 为光谱常数, v 为振动量子数;

[0072] 根据步骤2测得两条光谱的光强 $I(\lambda)_1$ 和 $I(\lambda)_2$, 利用热平衡后两条谱线强度的比值得出可燃冰的温度 T , 亦即 T_r , 如下所示:

[0073]
$$T = T_r = -\frac{B_v hc}{k} [L_1(L_1 + 1) - L_2(L_2 + 1)] \ln \left[-\frac{I_1(2L_2 + 1)}{I_2(2L_1 + 1)} \right]$$
 (3);

[0074] 步骤3.2、由于海底可燃冰所在环境, CH_4 发出的红外谱线的线型应该属于洛伦兹线型, 根据洛伦兹线型谱线特征计算可燃冰的压强;

[0075] 碰撞展宽半高宽 Γ 与压强 P 和温度 T 的关系如下:

[0076]
$$P = \frac{\Gamma}{9.470 \times 10^{18} \sigma_L^2 \times \sqrt{\frac{2R}{\pi T} \left(\frac{1}{M_1} + \frac{1}{M_2} \right)}}$$
 (4);

[0077] 式中, R 为气体普适常数, M_1 是甲烷分子摩尔质量, M_2 是水分子摩尔质量, σ_L 是碰撞有效面积;

[0078] 步骤3.3、根据洛伦兹线型谱线特征计算可燃冰分子数密度 N ;

[0079] 用吸收系数表示辐射体的辐射率, 则吸收系数 K_{ab} 与分子数密度 N 之间的公式如下:

[0080] $K_{ab} = \sigma(v) \cdot N$ (5);

[0081] 式中, $\sigma(v)$ 为吸收截面积;

[0082] 根据步骤2中 CCD 相机 11 上测的 10 条振转谱线光强 $I(\lambda)$, 则吸收系数 K_{ab} 与光强 $I(\lambda)$ 的关系式如下:

[0083] $I(\lambda) = u(\lambda, T) \cdot K_{ab} \cdot \Delta \omega \cdot \Delta s \cdot \lambda \cdot dz$ (6);

[0084] $\Delta \omega$ 是探测视场角度, Δs 为通光口 a_3 面积, λ 是谱线波长, dz 是辐射可

[0085] 燃冰的厚度, $u(\lambda, T)$ 是被测 CH_4 物体的辐射强度;

[0086] 将式 (5) 代入式 (6) 中, 可得到可燃冰分子数密度 N 的公式如下:

[0087]
$$N = \frac{I(\lambda)}{u(\lambda, T) \cdot \sigma(v) \cdot \Delta \omega \cdot \Delta s \cdot \lambda \cdot dz}$$
 (7)。

[0088] 步骤3.3中:

[0089] 式 (7) 中, $\sigma(v)$ 为分子吸收谱线的积分线强 S 和洛伦兹线型展宽的卷积值:

[0090] $\sigma_v = S \otimes B(v)$ (8);

[0091] 式 (8) 中, B_v 与光的频率 v 的关系式如下:

[0092]
$$B(v) = \frac{\Gamma / 2\pi}{(v - v_0)^2 + \Gamma^2 / 4}$$
 (9);

[0093] 式中, v_0 为谱线的中心频率;

[0094] 利用灰体的辐射公式, 鉴于一般物体所辐射出来的光强可以看作是灰体辐射, 灰体与黑体辐射公式的差异仅需要乘以一个系数, 利用普朗克公式, 根据波长与温度, 则可得式 (7) 中可燃冰的辐射强度 $u(\lambda, T)$:

$$[0095] \quad u(\lambda, T) = \varepsilon \cdot \frac{8\pi hc}{\lambda^5} \cdot \frac{1}{e^{\frac{hc}{\lambda kT}} - 1} \quad (10);$$

[0096] 式中, ε 是灰体吸收系数, ε 的范围为 (0~1), T 为达到热平衡的可燃冰温度 T_r , c 为光速, h 为普朗克常数, k 为玻尔兹曼常数。

[0097] 通过以上方式, 本发明的海底可燃冰探测仪, 以主动遥感方式, 对海底可燃冰探测拥有更高频率, 更精准位置判定, 通过对可燃冰的温度、压强、浓度等数据的采集来评定可燃冰的存在; 本发明的海底可燃冰探测仪, 具有很高机动性, 能够搭载至船舶和潜水器上, 对所得数据进行实时分析, 增强探测灵活性及勘探效率; 本发明的海底可燃冰探测仪, 整体结构紧凑, 具有推广性; 本发明的探测方法, 通过干涉滤光片的多光束干涉作用得到干涉图像, 利用包含可燃冰温度、压强和浓度等信息的干涉图样, 快速提取信息, 无需对可燃冰进行采样分析, 保温保压等复杂操作。

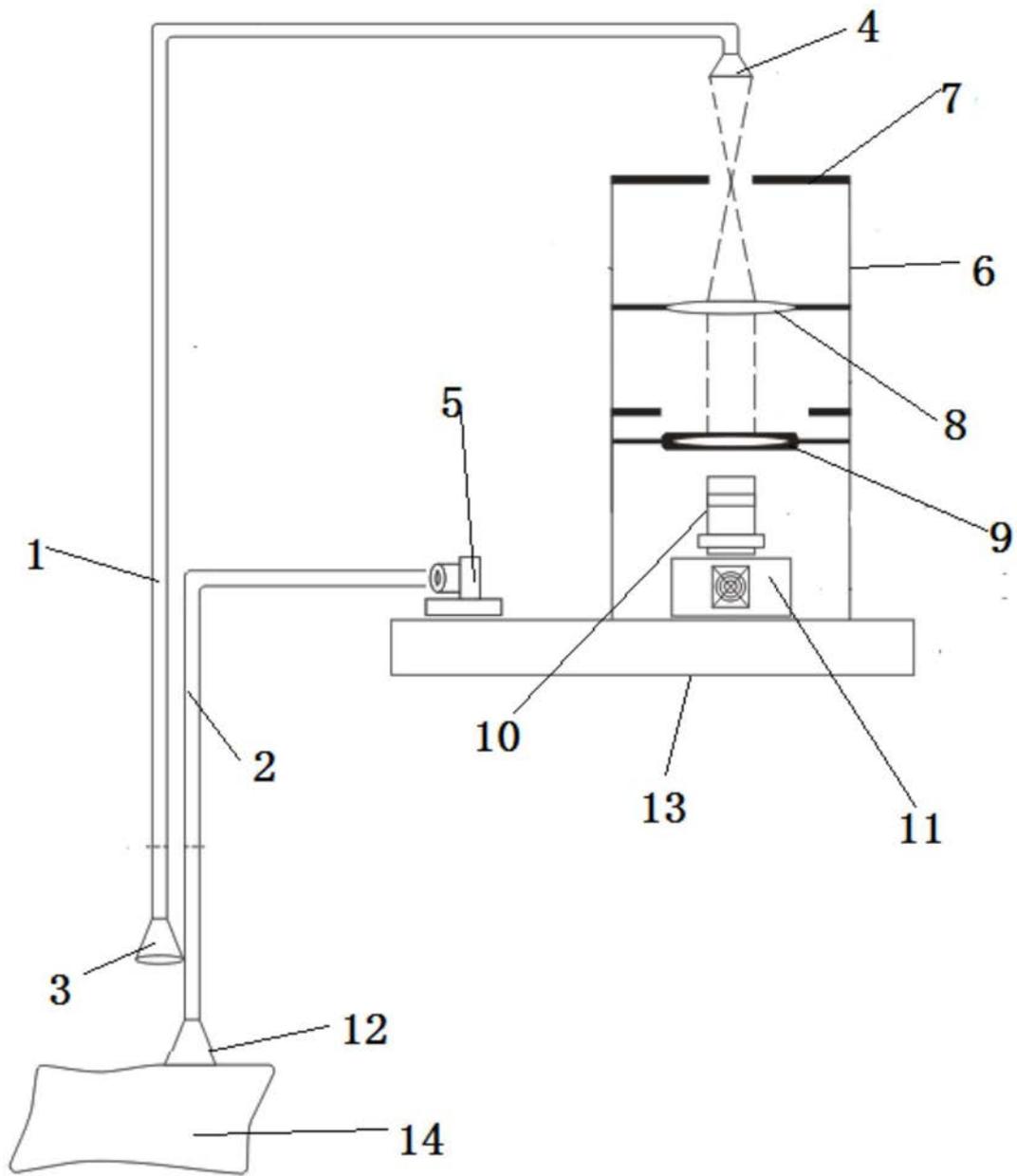


图1