

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5295505号
(P5295505)

(45) 発行日 平成25年9月18日 (2013.9.18)

(24) 登録日 平成25年6月21日 (2013.6.21)

(51) Int.Cl. F I
GO 1 N 27/74 (2006.01) GO 1 N 27/74
GO 1 N 27/82 (2006.01) GO 1 N 27/82

請求項の数 3 (全 7 頁)

(21) 出願番号	特願2007-31791 (P2007-31791)	(73) 特許権者	000173784
(22) 出願日	平成19年2月13日 (2007.2.13)		公益財団法人鉄道総合技術研究所
(65) 公開番号	特開2008-196941 (P2008-196941A)		東京都国分寺市光町二丁目8番地38
(43) 公開日	平成20年8月28日 (2008.8.28)	(74) 代理人	100089635
審査請求日	平成21年3月17日 (2009.3.17)		弁理士 清水 守
		(74) 代理人	100096426
			弁理士 川合 誠
		(72) 発明者	宮崎 佳樹
			東京都国分寺市光町二丁目8番地38 財
			団法人 鉄道総合技術研究所内
		(72) 発明者	岩松 勝
			東京都国分寺市光町二丁目8番地38 財
			団法人 鉄道総合技術研究所内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 液体酸素検知システム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

(a) 液体酸素(11)が存在する非磁性配管(12)と、
 (b) 該非磁性配管(12)の外周に配置され、容器(13C)内に収納される、サーチコイル(13A)と外部磁場を与えられる永久磁石(13B)とを備え、自己インダクタンスを測定する検査プローブ(13)と、
 (c) 該検査プローブ(13)に接続され、据え置きされるとともに、冷却用液体窒素が充填され、それを磁気シールド容器(14C)で覆うようにした高精度磁気センサー(14A)を有するインプットコイル装置(14)と、該インプットコイル装置(14)に接続される高精度磁気センサー駆動回路(15)と、該高精度磁気センサー駆動回路(15)に接続される計測用コンピュータ(16)とを具備することを特徴とする液体酸素検知システム。

【請求項2】

請求項1記載の液体酸素検知システムにおいて、前記検査プローブ(13)が、前記非磁性配管(12)の近傍を移動可能に配置されることを特徴とする液体酸素検知システム。

【請求項3】

請求項1記載の液体酸素検知システムにおいて、前記高精度磁気センサー(14A)が高温SQUIDであることを特徴とする液体酸素検知システム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、冷却媒体などとして用いられる液体酸素検知システムに関するものである。

【背景技術】

【0002】

冷却媒体などとして用いられる液体酸素が供給されているか否かを検査するには、有効な手だてがないのが現状である。

本願出願人は、低温容器内の配管のガス漏れ箇所を正確に、しかも迅速に測定することができる低温容器内の配管のガス漏れ箇所検査システムを既に提案している（下記特許文献1）。

【特許文献1】特開2006-064601号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0003】

しかしながら、液体酸素の検出については十分な研究がなされておらず、特に、密閉容器内の液体酸素配管の液体酸素漏れ検知については、有効な手だてがないのが現状である。

本発明は、上記状況に鑑みて、構成が簡単で、安全かつ容易に用いることができる液体酸素検知システムを提供することを目的とする。

【0004】

なお、常磁性を示す流体であれば同様に適用可能である。

【課題を解決するための手段】

【0005】

本発明は、上記目的を達成するために、

〔1〕液体酸素検知システムにおいて、液体酸素（11）が存在する非磁性配管（12）と、この非磁性配管（12）の外周に配置され、容器（13C）内に収納される、サーチコイル（13A）と外部磁場を与えられる永久磁石（13B）とを備え、自己インダクタンスを測定する検査プローブ（13）と、この検査プローブ（13）に接続され、据え置きされるとともに、冷却用液体窒素が充填され、それを磁気シールド容器（14C）で覆うようにした高精度磁気センサー（14A）を有するインプットコイル装置（14）と、このインプットコイル装置（14）に接続される高精度磁気センサー駆動回路（15）と、この高精度磁気センサー駆動回路（15）に接続される計測用コンピュータ（16）とを具備することを特徴とする。

【0006】

〔2〕上記〔1〕記載の液体酸素検知システムにおいて、前記検査プローブ（13）が、前記非磁性配管（12）の近傍を移動可能に配置されることを特徴とする。

〔3〕上記〔1〕記載の液体酸素検知システムにおいて、前記高精度磁気センサー（14A）が高温SQUIDであることを特徴とする。

【発明の効果】

【0007】

本発明によれば、液体酸素が存在する非磁性配管の液体酸素のリーク検知を、簡便、安全かつ容易に行うことができる。

また、高精度磁気センサー部分は、シールド内に静置するため、地磁気などの外乱に対しても強い。

【発明を実施するための最良の形態】

【0008】

本発明の液体酸素検知システムは、液体酸素（11）が存在する非磁性配管（12）と、この非磁性配管（12）の外周に配置され、容器（13C）内に収納される、サーチコイル（13A）と外部磁場を与えられる永久磁石（13B）とを備え、自己インダクタンスを測定する検査プローブ（13）と、この検査プローブ（13）に接続され、据え置き

10

20

30

40

50

されるとともに、冷却用液体窒素が充填され、それを磁気シールド容器（14C）で覆うようにした高精度磁気センサー（14A）を有するインプットコイル装置（14）と、このインプットコイル装置（14）に接続される高精度磁気センサー駆動回路（15）と、この高精度磁気センサー駆動回路（15）に接続される計測用コンピュータ（16）とを具備する。

【実施例】

【0009】

以下、本発明の実施の形態について詳細に説明する。

図1は本発明の液体酸素の検知の原理を示す模式図（その1）である。

この図において、1はサーチコイル、2はサーチコイル1の近傍に配置される外部磁場を与えられる機構としての永久磁石、3はインプットコイル、4は高精度磁気センサーとしての高温SQUID、5は検知の対象となる液体酸素である。

10

【0010】

サーチコイル1を液体酸素5に近づけた際の磁束の変化による起電力は、

$$V = - \frac{d\Phi}{dt} \quad \dots (1)$$

で与えられる。

永久磁石2により生成される磁場を B_0 、磁性体が磁化されたときの磁性体内部磁場を B_1 とすると、 B_1 は、

$$B_1 = \left\{ \frac{3}{1 + 2\mu_0 / \mu} \right\} \cdot B_0 \quad \dots (2)$$

で与えられる。

20

【0011】

$$\text{ここで、} \mu = \mu_0 (1 + \chi_m) \quad \dots (3)$$

であるから、

$$B_1 = \left\{ \frac{3(1 + \chi_m)}{3 + \chi_m} \right\} \cdot B_0 \quad \dots (4)$$

となる。サーチコイル1のコイル半径を a 、巻き数を N とすると、(1)式は、

$$V = -N a^2 (B_1 - B_0) / dt \quad \dots (5)$$

と表される。

【0012】

そこで、銅線の抵抗を R とすれば、銅線に発生する誘導電流は、

$$I = -N a^2 (B_1 - B_0) / R dt \quad \dots (6)$$

となる。

30

一方、このような電流が生じたとき、インプットコイル3側では、ビオサバールの法則により、

$$B = n \mu_0 I b^2 / 2 (b^2 + z^2)^{3/2} \quad \dots (7)$$

なる磁場が発生する。

【0013】

表1, 2にサーチコイル1, インプットコイル3のパラメータ設定の一例を示す。

【0014】

【表1】

B_0	磁場強度[T]	0.2
μ_0	透磁率	0.000001256
χ_m	磁化率	3.46E-03
n	巻き数	30
a	コイル半径[mm]	25
Δt	変化時間[sec]	2

40

【0015】

【表 2】

n	巻き数	10
r	コイル半径[mm]	5
R	銅線抵抗[Ω]	1

表 1, 2 に示す値を上記 (7) 式に代入し、SQUID 電圧に換算 (1.4 nT/V) したものを図 3 に示す。

図 2 は本発明の液体酸素の検知の原理を示す模式図 (その 2) である。

【0016】

この図において、6 は液体酸素 5 が流れる非磁性配管、例えば、テフロン (登録商標) 、銅、ステンレススチール SUS など、7 はその非磁性配管 6 の外周に配置されるコイル 8 を有する電磁石 (ソレノイド)、9 は電磁石 7 に接続される電源、10 はその電磁石 7 のコイル 8 に接続される自己インダクタンスの測定器である。

このように、液体酸素 5 を電磁石 (ソレノイド) 7 中に通過させる。

【0017】

そこで、電磁石 (ソレノイド) 7 内に何も無い、つまり、液体酸素 5 が流れない場合の自己インダクタンス L_0 は次式のように表現される。

$$L_0 = K \times \mu_0 \quad a^2 \quad (N^2 / l)$$

ここで、K: 長岡係数、a: ソレノイドの半径、N: 巻数、l: コイル長である。

そして、透磁率 μ は、以下の式で書き表される。

【0018】

$$\mu = \mu_0 (1 + X)$$

ここで、X は磁化率である。液体酸素の磁化率 X は、 3.46×10^{-3} である。

ここで、液体酸素 5 が流路断面積 S_1 で流れており、電磁石 (ソレノイド) 7 の断面積を S_2 と仮定する。その場合の自己インダクタンス L は次のように表現できる。

$$L = \{ 1 + (S_1 / S_2) X \} L_0$$

液体酸素 5 の量によって電磁石 (ソレノイド) 7 の断面積 S_2 が異なり、それに伴って自己インダクタンス L が変化する。それ以外の量は既知であることから、自己インダクタンス L を測定することにより、液体酸素 5 の流量が把握できる。

【0019】

図 4 は本発明の実施例を示す液体酸素検知システムの全体構成図である。

この図において、12 は検査対象となる液体酸素 11 が存在する非磁性配管、13 はその非磁性配管 12 からの液体酸素 11 のリークを検知する検査プローブであり、この検査プローブ 13 はサーチコイル 13A と外部磁場を与えられる機構としての永久磁石 13B とそれらを収納する容器 13C とから成っている。14 は検査プローブ 13 に接続されるインプットコイル (検出コイル) 装置であり、このインプットコイル装置 14 は高精度磁気センサーとしての高温 SQUID (Superconducting Quantum Interference Device: 超伝導量子干渉計) 14A、この高温 SQUID 14A が浸される冷却用液体窒素容器 14B、この冷却用液体窒素容器 14B を収納する磁気シールド容器 14C からなる。15 は SQUID 駆動回路、16 は SQUID 駆動回路 15 に接続される計測用コンピュータである。ここで、インプットコイル装置 14、SQUID 駆動回路 15、計測用コンピュータ 16 は据え置かれて固定されている。

【0020】

このように、検査対象となる液体酸素 11 または酸素ガスが存在する非磁性配管 12 に、サーチコイル 13A と永久磁石 13B とそれらを収納する容器 13C とからなる検査プローブ 13 を移動させて、非磁性配管 12 からの液体酸素 11 のリークを検出可能にしている。

より詳細に述べると、非磁性配管 12 に存在する液体酸素 11 が検出の対象物となり、検査プローブ 13 にはサーチコイル 13A と外部磁場を与えられる機構としての永久磁石 13B が配置されており、この検査プローブ 13 を非磁性配管 12 に沿って移動させることによって、液体酸素 11 のリークによるインダクタンスの変化をサーチコイル 13A に

10

20

30

40

50

より検知する。

【 0 0 2 1 】

固定されたインプットコイル装置 1 4 には、高温 S Q U I D 1 4 A が用いられており、高温 S Q U I D 1 4 A 自体は動かされず磁気シールド容器 1 4 C に収納されており、冷却用液体窒素により冷却されている。したがって、非磁性配管 1 2 からの液体酸素 1 1 のリークを高精度に検出することができるように構成している。

本発明では、特に、非磁性配管 1 2 に存在する液体酸素 1 1 が検出の対象物となり、検査プローブ 1 3 にはサーチコイル 1 3 A と外部磁場を与えられる機構としての永久磁石 1 3 B が配置されており、この検査プローブ 1 3 を非磁性配管 1 2 に沿って移動させることによって、液体酸素 1 1 のリークによるインダクタンスの変化をサーチコイル 1 3 A により検知するように構成している点に特徴を有している。

10

【 0 0 2 2 】

また、上記実施例では、非磁性配管内に液体酸素が導入される場合について述べたが、非磁性配管内に酸素ガスが導入される場合についても適用可能である。

なお、上記実施例では、外部磁場を与えられる機構として永久磁石を示したが、これに限定されるものではなく、例えば、電磁石などであってもよい。

また、上記実施例では流体酸素の検知について述べたが、常磁性を示す流体であれば、上記と同様に適用可能である。

【 0 0 2 3 】

なお、本発明は上記実施例に限定されるものではなく、本発明の趣旨に基づき種々の変形が可能であり、これらを本発明の範囲から排除するものではない。

20

【産業上の利用可能性】

【 0 0 2 4 】

本発明の液体酸素検知システムは、検出が困難な冷却媒体などとして用いられる液体酸素のリークを高精度に検出できる液体酸素検知システムとして利用可能である。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 2 5 】

【図 1】本発明の液体酸素の検知の原理を示す模式図（その 1）である。

【図 2】本発明の液体酸素の検知の原理を示す模式図（その 2）である。

【図 3】本発明の液体酸素の検知を S Q U I D 電圧に換算した図である。

30

【図 4】本発明の実施例を示す液体酸素検知システムの全体構成図である。

【符号の説明】

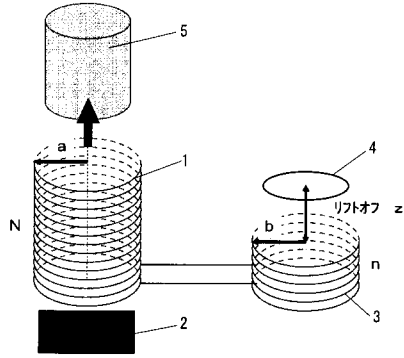
【 0 0 2 6 】

- 1, 1 3 A サーチコイル
- 2, 1 3 B 永久磁石
- 3 インプットコイル
- 4, 1 4 A 高温 S Q U I D
- 5, 1 1 液体酸素
- 6, 1 2 非磁性配管
- 7 電磁石
- 8 コイル
- 9 電源
- 1 0 自己インダクタンスの測定器
- 1 3 検査プローブ
- 1 3 C 容器
- 1 4 インプットコイル（検出コイル）装置
- 1 4 B 冷却用液体窒素容器
- 1 4 C 磁気シールド容器
- 1 5 S Q U I D 駆動回路
- 1 6 計測用コンピュータ

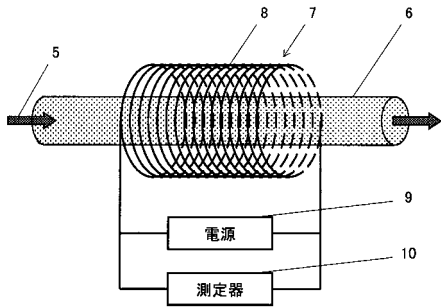
40

50

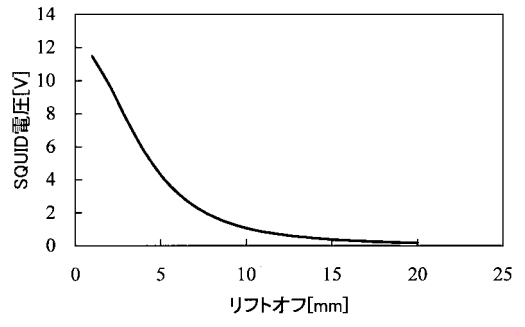
【図1】



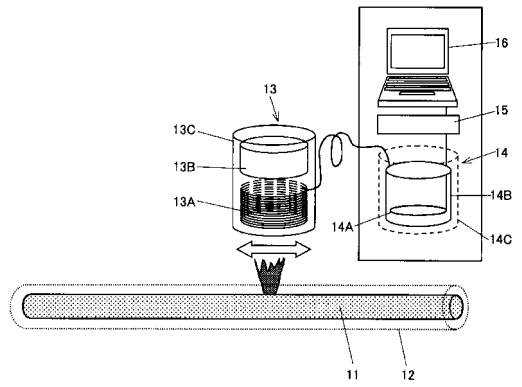
【図2】



【図3】



【図4】



フロントページの続き

(72)発明者 古澤 孝之

東京都国分寺市光町二丁目8番地38 財団法人 鉄道総合技術研究所内

審査官 蔵田 真彦

(56)参考文献 特開2006-064601(JP,A)
特開平06-324021(JP,A)
特開平08-193982(JP,A)
特開2006-294664(JP,A)
特表2002-510988(JP,A)
特開平07-077516(JP,A)
特開平07-234205(JP,A)
特開平07-012779(JP,A)
特開平01-218431(JP,A)
特開2005-351804(JP,A)
実開昭57-118353(JP,U)
特開平01-119756(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G01N 27/72