



Ministero dello Sviluppo Economico

Direzione generale per la tutela della proprietà industriale

Ufficio Italiano Brevetti e Marchi

ATTESTATO DI BREVETTO PER INVENZIONE INDUSTRIALE

Il presente brevetto viene concesso per l'invenzione oggetto della domanda:

N. 102018000003588

TITOLARE/I: • ISTITUTO NAZIONALE DI GEOFISICA E VULCANOLOGIA INGV 100.0%

Leihkauf Steffen Falk

DOMICILIO: Jacobacci & Partners S.p.A.
via Tomacelli, 146
00186 Roma

INVENTORE/I: • NARDI ADRIANO

TITOLO: Tappo per vasi di Dewar utilizzando sensori a ultrasuoni per il monitoraggio del livello di
liquidi criogenici, e relativo sistema criogenico

CLASSIFICA: F17C13

DATA DEPOSITO: 15/03/2018

Roma, 27/03/2020

Il Dirigente della Divisione

Loredana Guglielmetti

Tappo per vasi di Dewar utilizzante sensori a ultrasuoni per il monitoraggio del livello di liquidi criogenici, e relativo sistema criogenico

A nome: Istituto Nazionale di Fisica e Vulcanologia
INGV

Inventore: Adriano NARDI

[0001] La presente invenzione si pone nel campo dei sistemi di criogenia, in particolare dei vasi di Dewar e dei sistemi che li utilizzano.

[0002] **Stato della tecnica**

[0003] È noto ed oramai diffuso l'utilizzo di vasi di Dewar in sistemi di criogenia.

[0004] Facendo riferimento alla Fig. 1, un "vaso di Dewar" (o semplicemente "Dewar") è un contenitore o serbatoio o bombola che mantiene il suo contenuto termicamente isolato dall'ambiente esterno grazie a un'intercapedine in cui è mantenuto il vuoto. Il vuoto è usato solo per l'isolamento termico. Il contenuto, liquido e/o solido, non è sotto vuoto.

[0005] I Dewar sono spesso usati per immagazzinare sostanze liquide che diventerebbero gassose alla temperatura ambiente, come azoto, elio, argon, anidride carbonica, ossigeno, ammoniaca. Per questi liquidi, il progressivo aumento di temperatura all'interno del contenitore può dar luogo ad ebollizione, perciò solitamente il contenitore non è pressurizzato ma dotato di un tappo semplicemente

appoggiato alla sua imboccatura. Il tappo, detto anche "tappo di Dewar", generalmente a forma di fungo realizzato in materiale isolante, è semplicemente appoggiato sull'imboccatura del vaso sotto la forza del suo stesso peso e alla minima pressione interna lascia sfiatare il gas che evapora.

[0006] Il contenuto del Dewar quindi si riduce progressivamente di livello e questo rende necessario un continuo e sistematico monitoraggio, specialmente quando si tratta del serbatoio di un liquido criogenico che deve garantire la funzionalità di qualche dispositivo. In questo caso il livello va mantenuto sempre entro un determinato range per non scoprire i tubi di raffreddamento che si dipartono dal Dewar (non mostrati).

[0007] Facendo riferimento alla Fig. 2, la misura del livello si può effettuare manualmente inserendo un'asta graduata 5 attraverso il collo del vaso di Dewar (Fig. 2 (c)), una volta rimosso il tappo 2. Il contatto dell'asta a temperatura ambiente con il liquido 4 a bassissima temperatura causa un'improvvisa ebollizione segnalando l'avvenuto contatto con il livello del liquido. Questo metodo manuale fornisce misure poco precise e riduce la durata di conservazione del contenuto del vaso, sia a causa delle perdite immediate per ebollizione 6 sia a causa dello sbalzo di temperatura nel microclima interno causato anche soltanto dall'apertura del tappo. Avviene infatti un risucchio di aria ambientale 3 all'interno del Dewar ogni qualvolta il lungo cilindro isolante del tappo

viene sfilato dal collo del vaso, e poi di nuovo parte dell'atmosfera interna 3 sarà spinta fuori a mo' di pistone quando, alla chiusura del tappo, il cilindro verrà reinserito nel collo (Fig. 2 (b)).

[0008] L'alternativa all'asta graduata è sentita ma lungi dall'essere disponibile con una struttura semplice, affidabile ed efficace, oltre che economica. La sensoristica reperibile sul mercato, infatti, è per la maggior parte inadeguata alle bassissime temperature oppure presenta costi molto elevati. Di seguito una panoramica delle possibilità, suddivisa in tre tipologie di misura, con i relativi svantaggi.

[0009] Per quanto riguarda le misure effettuate dall'esterno, l'involucro esterno del Dewar, tipicamente metallico, e la sua intercapedine a vuoto non consentono di effettuare sondaggi dall'esterno con misure di tipo capacitivo o a ultrasuoni.

[0010] Circa le misure interne senza contatto, si nota che per definizione sono considerati liquidi criogenici quelli che hanno una temperatura di ebollizione inferiore a $-73\text{ }^{\circ}\text{C}$. A queste temperature sia il liquido che il gas di evaporazione che satura l'interno del Dewar non consentono l'impiego delle comuni tecnologie elettroniche per la misura "contactless" delle distanze (tipo ultrasuoni o infrarossi) in cui sensori e/o l'elettronica devono necessariamente essere immersi almeno nel gas. Inoltre si incontrano altri svantaggi: i misuratori laser hanno un'alta precisione anche a grande distanza ma non consentono misure alla breve distanza richiesta (<

50 cm). I sensori radar, oltre al problema della distanza, possono trasmettere calore all'interno anche soltanto per conduzione termica attraverso l'antenna. Essi sono inoltre assai costosi.

[0011] Venendo alle misure interne a contatto diretto, l'alternativa che resta è la misura diretta con sonde ad immersione ma anche questo approccio richiede tecnologie ad hoc. Va considerato inoltre che un liquido di comune utilità come l'Azoto (usato nei test del prototipo in esame) essendo elettricamente isolante esclude perfino la possibilità d'impiego di resistenze ad immersione. Ciò che si trova attualmente sul mercato sono lunghi sensori ad immersione per bassissime temperature basati sulla variazione della capacità misurata tra due tubi immersi nel liquido (variazione nel dielettrico). Ciò è poco pratico in un tappo che deve essere aperto spesso. Altri tentativi basati sulla differenza di pressione hanno noti inconvenienti (ad es. perdita di liquido) dovuti alla minuscola sezione dei tubi.

[0012] Altri sistemi della tecnica nota si basano su galleggianti. Il tipo più semplice è quello usato per monitorare i vasi in pressione (non i Dewar) dove è richiesta una minima escursione (tipo 1 cm) per segnalare semplicemente la perdita del livello standard. Alcuni dispositivi si basano sulla misura dell'escursione di un galleggiante con tecnologia realizzata ad hoc per bassissime temperature. I galleggianti dovrebbero essere costruiti in modo termicamente isolante, altrimenti conducono calore

all'interno. I galleggianti hanno una escursione troppo piccola (tipo un lungo pulsante elettrico) oppure hanno un grande ingombro come un lungo cavo retrattile o un lungo tubo metallico. Nel caso di galleggianti a tubo rigido, come quelli a magnete permanente o il tipo magnetostrittivo, la struttura, che dovrebbe restare solidale al tappo, è ingombrante, delicata e costosa. Sono soluzioni poco pratiche per un tappo che deve essere aperto periodicamente per il rabbocco del liquido. Inoltre, sia i galleggianti magnetici sia i galleggianti magnetostrittivi non hanno un'escursione continua ma due intervalli di livello (massimo e minimo, con due galleggianti sulla stessa asta). In questo caso, essi non sono adatti a fare una previsione dell'autonomia del serbatoio che possa adattarsi in tempo reale, con misure continue, alle variazioni di temperatura ambientale.

[0013] È sentita l'esigenza di un tappo avente un integrato sensore di livello del contenuto di un contenitore generico, ed in particolare di un vaso di Dewar.

[0014] A seguito del controllo del livello di liquido nel Dewar, nel caso di un livello troppo basso si deve procedere al rabbocco.

[0015] Per il rabbocco del livello del liquido nel dewar si utilizzano comunemente dei recipienti in pressione dove il liquido si mantiene più a lungo, perché la chiusura è ermetica, la pressione impedisce l'ebollizione e il rivestimento è comunque isolato. Facendo riferimento alla Fig. 3, per il rabbocco

manuale si usa una appendice o "becco" 14 applicata attraverso un tubo metallico coibentato 13 alla "testa spillatrice" 11 (comprendente una valvola manuale 12 ed un tappo 15) di una bombola 10 attraverso un giunto a vite. Tale appendice è realizzata con comune tubo di rame coibentato (tipicamente da 3/8 di pollice) ed è modellata secondo la forma e la lunghezza necessari all'utente per raggiungere l'imboccatura del Dewar. In un caso tipico una bombola può fornire liquido per più di due rabbocchi nell'arco di 10 o 15 giorni. In un mese dovranno alternarsi almeno due bombole.

[0016] Il rabbocco così realizzato presenta lo svantaggio di una continuativa presenza umana per quei Dewar che servono specifici scopi funzionali di raffreddamento. Inoltre, l'intero processo di monitoraggio del livello di riempimento risulta non efficiente, costoso e non garantisce la piena funzionalità del raffreddamento.

[0017] È aggiuntivamente sentita l'esigenza di un sistema di rabbocco automatico di un contenitore, in particolare di un vaso di Dewar. A tale riguardo, anche usando un galleggiante a filo libero, non rigido, non si potrebbe implementare un rabbocco automatico, in quanto il travaso del liquido causerebbe l'agitazione della superficie del liquido impedendo la misura col galleggiante durante il rifornimento. Senza questa misura in tempo reale non è possibile richiudere la valvola al momento giusto e quindi effettuare un rabbocco automatico.

[0018] **Scopo e oggetto dell'invenzione**

[0019] Scopo della presente invenzione è quello di fornire un tappo che risolva in tutto o in parte i problemi e superi gli inconvenienti della tecnica anteriore.

[0020] È ulteriore scopo della presente invenzione un sistema di rilascio di fluido dotato di sistema di rabbocco automatico, in particolare utilizzando il tappo di Dewar scopo della presente invenzione.

[0021] È oggetto della presente invenzione un tappo secondo le allegate rivendicazioni.

[0022] È ulteriore oggetto dell'invenzione un sistema di rilascio di fluido secondo le allegate rivendicazioni, in particolare un sistema di rilascio di un gas per criogenia.

[0023] **Descrizione dettagliata di esempi di realizzazione dell'invenzione**

[0024] Nel seguito, il trovato secondo la presente descrizione verrà illustrato in riferimento ad un sistema criogenico utilizzando un vaso di Dewar, ma è da intendersi che esso può essere applicato a qualsiasi sistema di rilascio di un fluido da un serbatoio, in qualsiasi campo applicativo.

[0025] **Lista delle figure**

[0026] L'invenzione verrà ora descritta a titolo illustrativo ma non limitativo, con particolare riferimento ai disegni delle figure allegate, in cui:

- la figura 1 mostra un vaso di Dewar visto in

sezione (a) e nel suo aspetto esteriore tridimensionale (b), in (b) è anche mostrato in basso il tappo di Dewar applicato al vaso come nella sezione (a);

- la figura 2 mostra in (a) un tipico tappo di Dewar appoggiato sul vaso di Dewar sotto la forza del suo stesso peso; in (b) la pressione interna del vaso di Dewar lo solleva lievemente consentendo la degassazione del liquido che evapora lentamente; in (c) la misura del livello del liquido nel vaso di Dewar tramite un'asta graduata, che causa l'improvvisa ebollizione del liquido a contatto disperdendo più velocemente il contenuto nell'ambiente esterno;
- La figura 3 mostra una configurazione tradizionale per il rabbocco del vaso di Dewar, con una bombola in pressione per azoto liquido: la testa spillatrice consente di estrarre il liquido grazie alla pressione del suo stesso vapore (con lo stesso principio di una caffettiera). Un tubo coibentato è usato per versare il liquido nel collo del vaso di Dewar (non mostrato, in configurazione senza tappo) quando è necessario il rabbocco;
- la figura 4 mostra diversi tentativi effettuati dall'Inventore della presente descrizione per impiegare un sensore ad ultrasuoni in un tappo del Dewar: tutti risentono della bassa temperatura. Da sinistra: (a) sensore alla base del tappo; (b) sensore fuori dal tappo attraverso

due canali aperti; (c) sensore diviso con capsule alla base ed elettronica fuori dal tappo; (d) sensore fuori dal tappo con canali riempiti di isolante termico;

- la figura 5 mostra una forma di realizzazione del tappo secondo la presente descrizione, appoggiato al collo di un vaso di Dewar in modo aderente e avvolgente fungendo anche da base per una scatola di alloggiamento dell'elettronica di controllo;
- la figura 6 mostra in (a) una vista dal basso ed in (b) una vista dall'alto di una forma di realizzazione del tappo secondo la presente descrizione;
- la figura 7 mostra una vista in sezione verticale del tappo secondo la presente descrizione;
- la figura 8 mostra uno schema di sistema di rabbocco automatico di un vaso di Dewar o di altro contenitore che utilizza un tappo di Dewar secondo una forma realizzativa della presente descrizione;
- la figura 9 mostra uno schema più dettagliato di sistema di rabbocco automatico di un vaso di Dewar o di altro contenitore che utilizza un tappo (di Dewar) secondo una differente forma realizzativa della presente descrizione;
- la figura 10 mostra in (a) una vista dal basso ed in (b) una vista dall'alto di una forma di realizzazione del tappo secondo la presente descrizione utilizzato in Fig. 9; e
- la figura 11 mostra una vista in sezione verticale

del tappo secondo la presente descrizione utilizzato in Fig. 9.

[0027] Si specifica qui che elementi di forme di realizzazione differenti della presente descrizione possono essere combinati insieme per fornire ulteriori forme di realizzazione senza limiti rispettando il concetto tecnico dell'invenzione, come il tecnico medio del ramo intende senza problemi da quanto descritto.

[0028] La presente descrizione inoltre fa riferimento alla tecnica nota per la sua implementazione, riguardo alle caratteristiche di dettaglio non descritte, come ad esempio elementi di minore importanza usualmente utilizzati nella tecnica nota in soluzioni dello stesso tipo.

[0029] Quando si introduce un elemento, si intende sempre che può essere "almeno uno" o "uno o più".

[0030] Quando si elenca una lista di elementi o di caratteristiche in questa descrizione si intende che il trovato secondo l'invenzione "comprende" oppure alternativamente "è composto di" tali elementi, o ancora può comprendere singolarmente da soli gli elementi elencati.

[0031] **Forme di realizzazione**

[0032] Nel seguito, verranno illustrati aspetti del trovato secondo la presente descrizione in riferimento a prototipi realizzati e a prove effettuate, ma è da intendersi che tali

riferimenti non sono limitativi del dispositivo o sistema o processo descritto.

[0033] È stata svolta una sperimentazione preliminare su un Dewar contenente 40 litri di azoto, il liquido criogenico più comune perché inerte. La temperatura massima (punto di ebollizione) per l'azoto è di $-195,82$ °C. La temperatura del gas nel Dewar all'inizio del collo (sotto il tappo, bocca del collo) è risultata rimanere più o meno costante a -70 °C.

[0034] Sono stati posizionati in vario modo dei sensori ad ultrasuoni, come ad esempio il sonar HC-SR04, tipicamente impiegato sui microcontrollori Arduino. I sensori oggi disponibili hanno range e precisione di misura idonei allo scopo ma lavorano solamente a temperatura ambiente. Talvolta gli stessi sensori vengono venduti dichiarando una temperatura minima di esercizio di -20 °C, che risulta essere insufficientemente bassa per gli scopi della soluzione secondo la presente descrizione.

[0035] Facendo riferimento alla Fig. 4, i numerosi test eseguiti sul tappo Dewar 100, con sonar 120 simili di diversa fabbricazione, hanno dimostrato l'inefficacia di alcune soluzioni iniziali pensate dall'Inventore.

[0036] Una prima soluzione è consistita nel posizionare il sensore 120 e l'elettronica di rilevamento 110 entrambi alla base del tappo 100 come in Fig. 4 (a), ovvero all'estremità 102 che è

l'estremità che si affaccia all'interno del contenitore verso il contenuto (ad esempio liquido). In questo caso, dopo 10 minuti circa la misura si blocca su un numero fisso.

[0037] Una seconda soluzione è consistita nel posizionare sensore 120 ed elettronica di rilevamento 110 del sensore 120 alla sommità 101 al tappo 100 come in Fig. 4(b), fuori dal collo del Dewar, praticando due canali 130 nel tappo isolante 100. In questo caso, i sensori si bloccano dopo circa 30 minuti. La sommità 101 è il lato opposto alla base o estremità 102, e si affaccia all'esterno del tappo di Dewar. Tra le due estremità 101 e 102 si sviluppa il tappo di Dewar, tipicamente lungo un asse che è anche un asse del collo del vaso di Dewar.

[0038] Una terza soluzione è consistita invece nel separare le capsule a ultrasuoni 120 dall'elettronica di rilevamento 110, che contiene tra l'altro il cristallo oscillatore, in particolare posizionando le capsule 120 alla base 102 del tappo 100 e l'elettronica di rilevamento 110 appena fuori la sommità 101 del tappo 100. Il risultato in questo caso non cambia molto: entro 20 minuti la misura si blocca (perché il sensore 120 e/o l'elettronica 110 si abbassano in temperatura), se pur su un valore diverso da quelli delle precedenti soluzioni descritte.

[0039] Una quarta soluzione è consistita nell'effettuare misure con i sensori 120 e

l'elettronica 110 all'esterno (in particolare a cavallo della linea di estremità 101 come illustrato) e riempiendo i canali di comunicazione 130 con un materiale isolante 135 al calore ma più trasmissivo per la radiazione acustica (ad es. lana di vetro). Tutti i tentativi sono falliti, e una spiegazione data è che proprio le caratteristiche che in genere rendono un materiale termicamente isolante lo rendono se non proprio fonoisolante almeno fonoassorbente.

[0040] Occorre inoltre considerare che nelle soluzioni illustrate l'elettronica 110 può essere protetta adeguatamente mentre le capsule 120 che emettono il segnale ultrasonico devono necessariamente essere immerse nel gas ma hanno una meccanica di cui va preservata la rigidità facendo in modo che lavorino come se fossero a temperatura ambiente.

[0041] Un'altra spiegazione per i fallimenti di cui sopra è che il gas in pressione, dovendo fuoriuscire, attraversa i canali di comunicazione 130 con i sensori 120 e in ogni caso avvolge le loro membrane. Inoltre il tappo 100, appesantito da elettronica 110 e cavi (non mostrati) non può più svolgere la sua funzione di degassazione lenta sollevandosi leggermente e il gas a bassa temperatura tende ad attraversare i sensori 120 per poi fuoriuscire.

[0042] Una soluzione a tali problemi incontrati in quanto preliminarmente sperimentato è stata

quella di mantenere un microclima costante nei canali dei sensori creando un condotto di sfogo (di diametro ad esempio di 3 mm, ma anche superiore o preferibilmente inferiore) per il gas freddo con uno sfiato che lo libera ad un livello più basso dei sensori. Per livello qui si può intendere il livello relativo ad un piano perpendicolare al suddetto asse di sviluppo del tappo.

[0043] Facendo riferimento alla Fig. 5, si descrive un primo aspetto di un tappo (ad es. di Dewar) 200 posizionato a chiudere il collo di un vaso (ad es. di Dewar) 300.

[0044] Il tappo di Dewar 200 secondo un aspetto della presente descrizione comprende un corpo 250 che include una porzione centrale preferibilmente allungata 251, configurata ed atta ad essere inserita nel collo 310 del vaso di Dewar 300, e due porzioni laterali 252 e 253 che si estendono oltre il collo 310 (linea limite 311) del vaso di Dewar 300. Questa estensione oltre il collo 310 è solo opzionale, ma è preferita in quanto migliora la tenuta stagna del tappo 200.

[0045] Come si vede dalla Fig. 5, nella parte centrale 251 sono presenti due canali.

[0046] Il primo canale 230 attraversa preferibilmente tutto il tappo 200 ed è chiuso all'estremità opposta a quella che entra nel collo 310 da un sensore 220 e dalla relativa elettronica di rilevamento. Il canale o condotto 230 può anche

non attraversare tutto il tappo, purché sbocchi sull'estremità inferiore 254 del tappo 200.

[0047] Un secondo canale 240 (o "canale di sfogo" o "canale di sfiato"), partendo dall'estremità inferiore 254 del tappo 200, curva in 241 (in maniera angolata o arcuata) per uscire lateralmente al tappo in 242 (sulla superficie esterna del tappo). Nulla impedisce, tuttavia, che il secondo canale 240 faccia un percorso differente sboccando in qualsiasi altro punto della superficie esterna del tappo 250, che sia però più basso rispetto alla sommità 201 del tappo.

[0048] Dall'uscita del secondo canale 240 in 242 fuoriesce il gas 235 formatosi dal contenuto liquido 320 del vaso di Dewar 300.

[0049] Pur funzionando con qualsiasi configurazione reciproca tra il primo 230 ed il secondo canale 240, prove di laboratorio hanno mostrato che il tappo di Dewar ha un comportamento ottimale con una distanza D1 tra lo sbocco laterale 242 e la sommità 201 del tappo 200 (o comunque un punto qualsiasi del sensore), opposta alla base 254, di almeno 3cm, preferibilmente di almeno 4cm, ancora più preferibilmente di almeno 6cm. La distanza effettiva D1 nel tappo può variare in funzione di una serie di parametri sulla sua struttura e composizione (ed anche ad esempio dipende dal livello del liquido nel vaso, perché la distanza effettiva dal pelo del liquido o del solido cambia), ma è comunque facilmente

determinabile con una serie limitata di prove una volta nota la struttura sopra descritta. Inoltre è anche data una distanza verticale D2 tra lo sbocco laterale 242 e la bocca 312 del collo 310 del Dewar 300. Questa distanza può essere qualsiasi, preferibilmente minimizzata per non aumentare troppo l'altezza complessiva D del tappo rispetto al livello della bocca 312 del collo 310.

[0050] Con la struttura di tappo di Dewar appena descritta, il gas di azoto (o altro liquido criogenico) 320 è reso più pesante dell'aria dalla sua bassissima temperatura e in queste condizioni trabocca dallo sfiato 240,241,242 per ricadere in basso (gas 325) e sostanzialmente non penetra ulteriormente nei condotti 230 riservati agli ultrasuoni (non c'è sostanzialmente più flusso nel condotto 230 che può essere anche fornito come serie di condotti). Il tappo può essere quindi reso aderente ed "avvolgente" rispetto al collo del vaso di Dewar, in modo da avere la stabilità necessaria per fungere da supporto e contenitore di tutta la tecnologia accessoria (ad esempio l'elettronica di controllo 210), mentre la circolazione del gas è necessariamente forzata nell'apposito condotto 240 a causa della mancanza di altre uscite.

[0051] Il diametro del condotto di sfiato 240 può convenientemente essere paragonabile all'area interstiziale di un tappo originario. In sostituzione di un tappo originario dal diametro

di 6 cm, è stato verificato sperimentalmente che un condotto di sfiato di 2-4 mm di diametro (ad esempio un diametro medio) mantiene immutato il tasso di evaporazione dell'azoto liquido (tipicamente circa 4 cm al giorno) senza accumulare pressione.

[0052] Facendo riferimento alla Fig. 6 (a) è mostrata una vista dal basso del tappo di Dewar 200 secondo un aspetto della presente descrizione, con i fori del primo 230 e del secondo canale 240. Si vede anche la rientranza ad anello 255 che si appoggia sul bordo superiore 312 del collo 310 del vaso di Dewar 300. In Fig. 6 (b) si vedono gli sbocchi superiori dei due canali 230 (nel caso specifico di sensore con emettitore separato dal ricevitore). In Fig. 7 è illustrata una sezione verticale del tappo, ovvero lungo un piano passante per l'asse del condotto 230.

[0053] In tutte le forme realizzative, il sensore 220 è un qualsiasi sensore di distanza, ad esempio un sensore a tempo di volo, come ad esempio un sensore ad infrarossi o laser o ad ultrasuoni.

[0054] La soluzione descritta per il tappo è particolarmente adatta a supportare un impianto di rabbocco automatico secondo la presente descrizione.

[0055] Facendo riferimento alla Fig. 8, è illustrato un impianto automatico di rabbocco 400 che include una servo-valvola 410 installata su un tubo di rabbocco 430 e connessa da un lato ad uno

o più serbatoi di liquido S1, S2, e dall'altra parte ad una unità di controllo 420 della servo-valvola 410 connessa al sensore 220. Il tubo di rabbocco 430 passa attraverso il tappo 200 attraversando un suo canale 260. In questo modo, il tappo 200 non avrà più bisogno di essere aperto e si potrà tenere sotto controllo il livello di riempimento 321 del vaso di Dewar 300, con conseguente vantaggio in termini di presenza umana e di sicurezza dei dispositivi raffreddati.

[0056] La Fig. 9 illustra l'intero impianto di controllo di livello e rabbocco automatico del vaso di Dewar in maniera più dettagliata secondo un aspetto della presente descrizione.

[0057] Rispetto al sistema della Fig. 8 è illustrato anche il vaso di Dewar 300, una servo-valvola 410 che è connessa ad una unità di controllo 420 integrata nell'elettronica 210 del sensore 220. La connessione è fornita ad esempio attraverso il conduttore 411 che attraversa in particolare una copertura 270 (opzionale) della parte superiore del tappo 200 in modo da proteggere l'elettronica 210 ed il sensore 220. Secondo un aspetto della presente descrizione, la servo-valvola 410 può anche essere costituita integralmente con una unità di controllo al di fuori della copertura 270. Il tubo di rame 430 è connesso alla servo-valvola 410 attraverso un sistema a giunti idraulici 435. La servo-valvola, dall'altro lato, è stavolta connessa a dei

connettori applicati su tre serbatoi S1, S2, S3. Questa connessione è complessivamente indicata con il riferimento 440. Secondo un aspetto della presente descrizione, è possibile fornire una valvola manuale per lo sfogo della pressione nel punto più basso dell'impianto 440, in modo da facilitare la sostituzione del vaso di Dewar 310 senza dover necessariamente scollegare il sistema a giunti idraulici 435.

[0058] I tre serbatoi S1, S2, S3 possono essere collegati in parallelo come un unico contenitore. Quando il sensore 220 rileva un livello critico inferiore del liquido, la centralina di controllo (ad es. Arduino) può aprire l'elettrovalvola 410 lasciando versare il liquido presente nei serbatoi nel vaso di Dewar 300. Quando il sensore 220 rileva un livello critico superiore del liquido, la centralina 420 può chiudere l'elettrovalvola 410 terminando il rifornimento del vaso di Dewar 300. I contenitori in pressione S1, S2, S3 possono essere scollegati per essere riempiti periodicamente. Per questa automazione, la variante necessaria alla forma del tappo rispetto alle altre forme realizzative è un ulteriore foro passante 260. Il tappo 200 stesso fornisce l'isolamento alla sezione di tubo 430 che lo attraversa. La presenza del foro passante 260 può rendere necessario variare la posizione dei condotti 230 (è preferibile che siano centrati ma possono essere spostati in modo più o meno significativo). Si nota

qui che il condotto di rabbocco 260 può attraversare il tappo in senso assiale partendo dall'estremità esterna 201 oppure può iniziare lateralmente (secondo una variante non mostrata) e sboccare sull'estremità di inserimento 254.

[0059] Gli Inventori hanno realizzato tra l'altro un prototipo in polistirene estruso. Questo materiale ha un isolamento termico equivalente al polistirolo espanso del tappo originale del Dewar ma si presta meglio ad essere lavorato e levigato con strumenti da taglio (tornio, taglierino, carta vetrata, mole per multi-utensili elettrici). In generale, si può utilizzare un qualsiasi isolante.

[0060] Facendo riferimento alle Figg. 10-11, il profilo del tappo secondo la forma di realizzazione che si sta descrivendo è stato modellato secondo una forma di realizzazione preferita con l'aggiunta appunto del foro passante 260 per il tubo di rabbocco 430. Il progetto del prototipo è stato dimensionato per un sensore a ultrasuoni modello HC-SR04 su un vaso di Dewar da 30 litri della ORTEC con diametro interno al collo di circa 6 cm (per la precisione si è trattato del serbatoio di liquido criogenico di uno spettrometro di massa).

[0061] Esempi di sensori che si potrebbero impiegare con questo tappo sono di seguito elencati:

- HC-SR04 ultrasuoni;
- JSN-SR04T ultrasuoni impermeabile;

- GP2Y0A21YK0F infrarossi ;
- KY-032 infrarossi ; e
- LIDAR-Lite laser.

[0062] I sensori a ultrasuoni che si sono usati nelle prove sperimentali sono dei sensori tradizionali che adottano una coppia di capsule identiche per svolgere separatamente le due funzioni di emettitore e di ricevitore. Naturalmente si può usare anche una sola capsula per svolgere alternativamente le due funzioni. In quel caso semplicemente il tappo avrà un unico condotto 230. La caratteristica del dislivello rispetto al condotto di sfogo può rimanere, preferibilmente, invariata.

[0063] Il tappo costruito in questo modo consente il perfetto funzionamento del sensore a ultrasuoni, che è stato ad esempio collegato ad una unità di controllo Arduino Yun opportunamente programmata e corredata anche di una termocoppia e un altoparlante. Questo dispositivo è in grado di misurare nel range richiesto (19-40 cm) il livello del liquido con una stabilità di misura di +/- 1 mm. La misura è continua e la centralina di controllo può fornire una serie di allarmi acustici per suggerire la necessità del rabbocco al raggiungimento del livello di attenzione, intimare l'urgenza di rabbocco in prossimità di un livello limite o dare l'allarme qualora non fosse stato effettuato il rabbocco entro un termine/limite di sicurezza. Inoltre, attraverso la consolle di Arduino (non mostrata), si possono

rendere disponibili in rete tutti i dati e la previsione di autonomia a chiunque dispone dei relativi diritti di accesso all'informazione. Gli stessi dati possono essere resi disponibili sul Web.

[0064] Vantaggi dell'invenzione

[0065] L'invenzione ha il vantaggio di permettere l'impiego di sensori a tempo di volo, ad esempio ultrasonici, infrarossi, laser, per effettuare la misura del livello di riempimento di un vaso di Dewar o di altro contenitore generico di liquido e/o solido ad un costo irrisorio rispetto alle soluzioni sul mercato che impiegano sonde ad immersione. Essa inoltre è dotata di maggiore semplicità e praticità rispetto alla tecnica nota, non occupando spazio all'interno del vaso di Dewar.

[0066] Rispetto ad un'asta graduata, la misura senza contatto, senza necessità di aprire il tappo, quindi in modalità massimamente conservativa nei confronti del contenuto del vaso.

[0067] Sempre rispetto alle sonde ad immersione, l'uso del tappo secondo la presente descrizione ha poi il vantaggio di poter fornire misure medie più stabili anche durante il rabbocco del liquido (cosa difficilmente ottenibile con galleggianti o condensatori).

[0068] L'impiego di questo tappo è reso possibile secondo la presente descrizione in un sistema di fornitura di liquido/gas, ad esempio in

un sistema di raffreddamento ad azoto liquido, compreso il periodico rabbocco del serbatoio (tramite servo-valvola) ed una eventuale richiesta via rete di rifornimento del liquido/gas al fornitore. In questo caso non si tratterebbe più di un sistema di monitoraggio/allarme ma di un'automazione grazie alla quale non è più richiesta l'assistenza umana se non per il rifornimento periodico, tipicamente mensile, della scorta di liquido/gas.

[0069] In definitiva, rispetto a qualunque altra soluzione costruita appositamente per applicazioni a bassissima temperatura, il trovato della presente descrizione consente di ottenere un risultato migliore ad un costo significativamente più basso grazie all'impiego di sensori che sono già oggi diffusi (per temperature fino a -20 °C). Il trovato offre inoltre la prospettiva di poter impiegare altre tecnologie a basso costo, come i microcontrollori della serie Arduino, per un'illimitata gamma di sviluppi che vanno dal monitoraggio remoto ad ogni possibile tipo di allarme o avviso di manutenzione, dall'acustico, all'avviso via SMS o e-mail, fino ad arrivare all'automazione totale della manutenzione ordinaria dell'impianto. Ovviamente anche sensori e controllori di maggiore complessità e qualità possono essere utilizzati secondo la presente descrizione.

[0070] Tra i vantaggi del tappo secondo la presente descrizione rispetto ad un tappo tradizionale vi sono:

- l'isolamento termico e la tenuta del gas, quindi il tasso di evaporazione del liquido/solido, possono non cambiare rispetto al tipico tappo da Dewar o altro tappo;
- il costo medio può non cambiare rispetto al tipico tappo di Dewar o altro tappo;
- viene preservato il funzionamento di comuni sensori di misura a distanza (ad es. a ultrasuoni) consentendone l'impiego nell'ambiente del Dewar;
- il fatto di poter effettuare misure del livello del liquido criogenico con tecnologie a basso costo per applicazioni che vanno dal monitoraggio/allarme al rabbocco automatizzato.

[0071] Il tappo secondo la presente descrizione, in particolare ad ultrasuoni, può effettuare misure di precisione millimetrica o sub-millimetrica e può fornire da remoto al manutentore dell'impianto una previsione degli interventi da effettuare nei tempi e nei modi necessari per mantenere la sicurezza del sistema.

[0072] Considerando che la costosa apparecchiatura scientifica alla quale è dedicato un impianto criogenico rischia di rompersi qualora venisse a mancare il raffreddamento, e che il tasso di evaporazione del vaso di Dewar varia con la

temperatura esterna, prima della soluzione secondo la presente descrizione era necessario che un operatore sul posto controllasse il livello con l'asta graduata quasi ogni giorno. Tramite la soluzione della presente descrizione, è necessario solo un controllo remoto saltuario per conoscere il giorno e l'ora in cui l'operatore dovrà intervenire sul posto.

[0073] In quel che precede sono state descritte le preferite forme di realizzazione e sono state suggerite delle varianti della presente invenzione, ma è da intendersi che gli esperti del ramo potranno apportare modificazioni e cambiamenti senza con ciò uscire dal relativo ambito di protezione, come definito dalle rivendicazioni allegate.

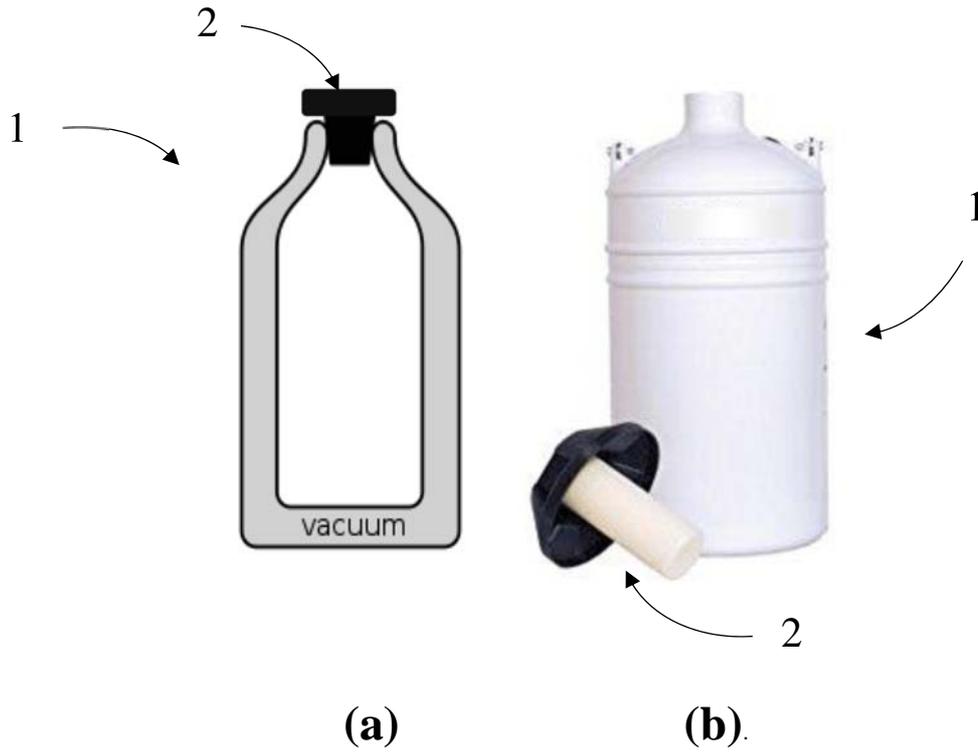


Fig. 1 (tecnica nota)

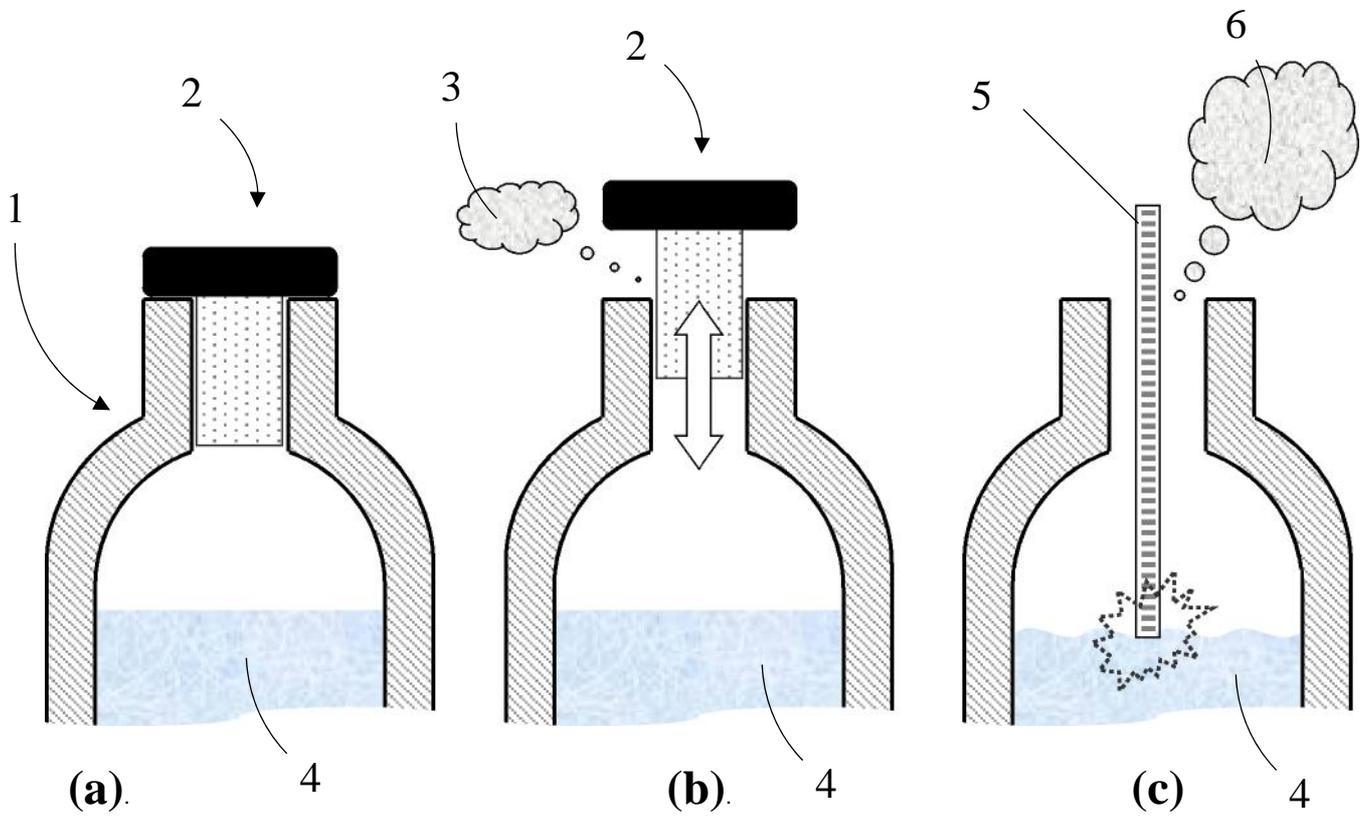


Fig. 2 (tecnica nota)

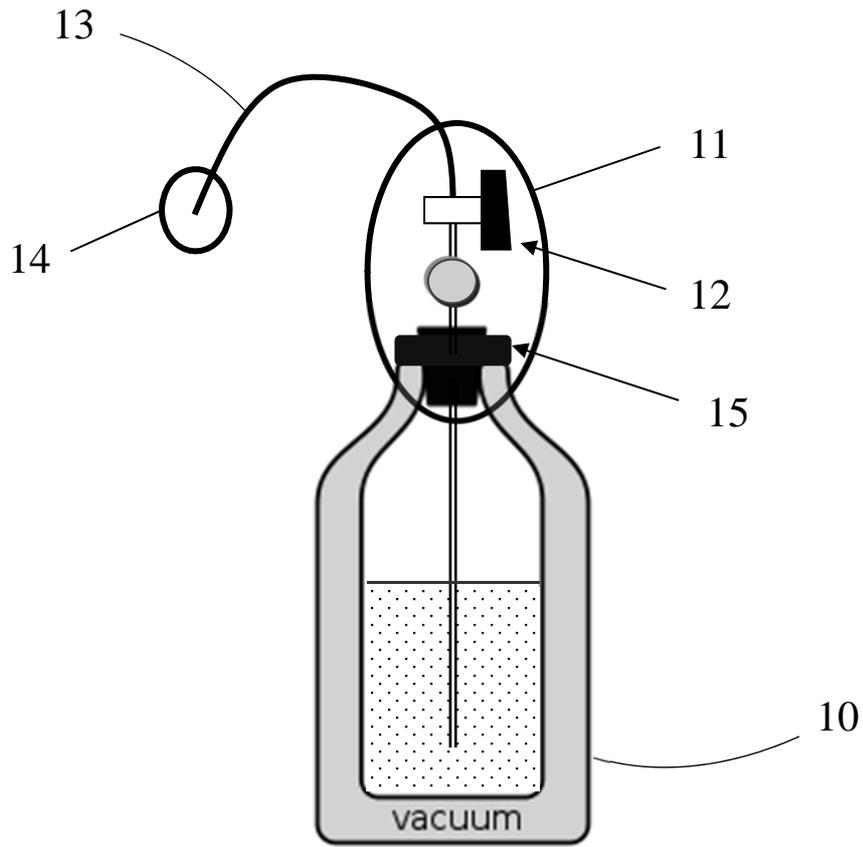


Fig. 3 (tecnica nota)

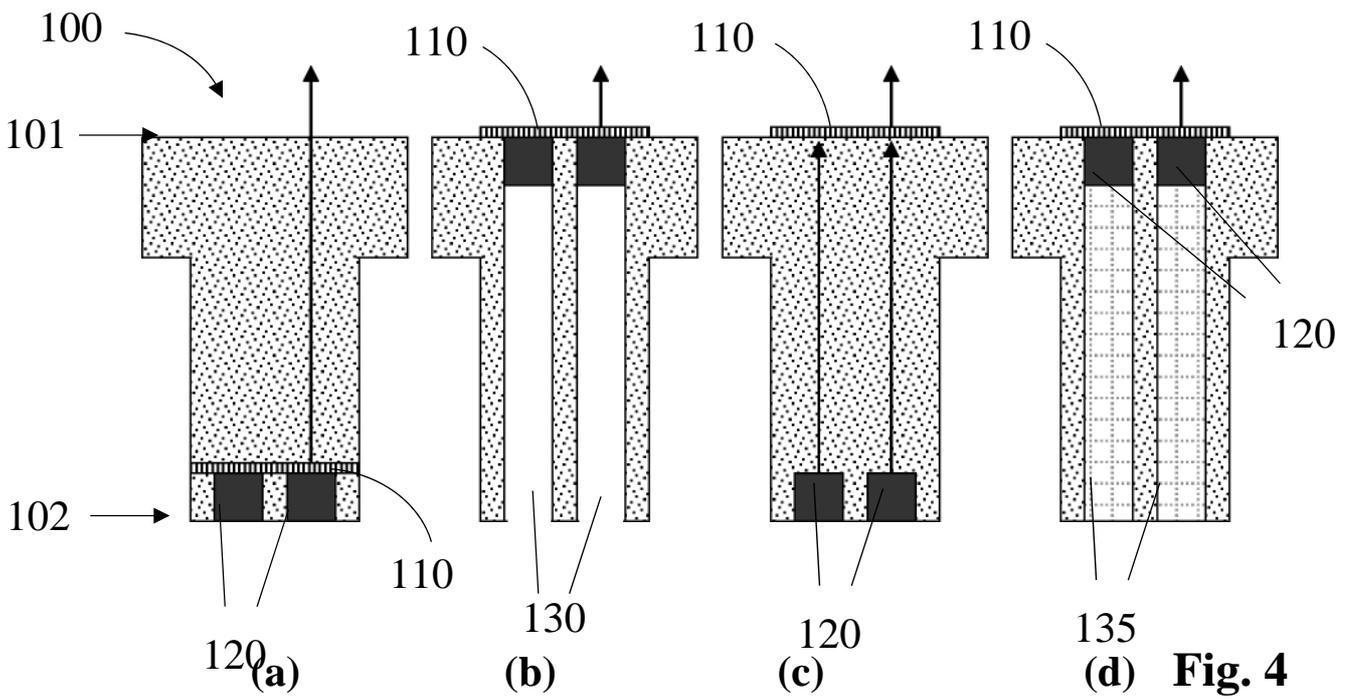


Fig. 4

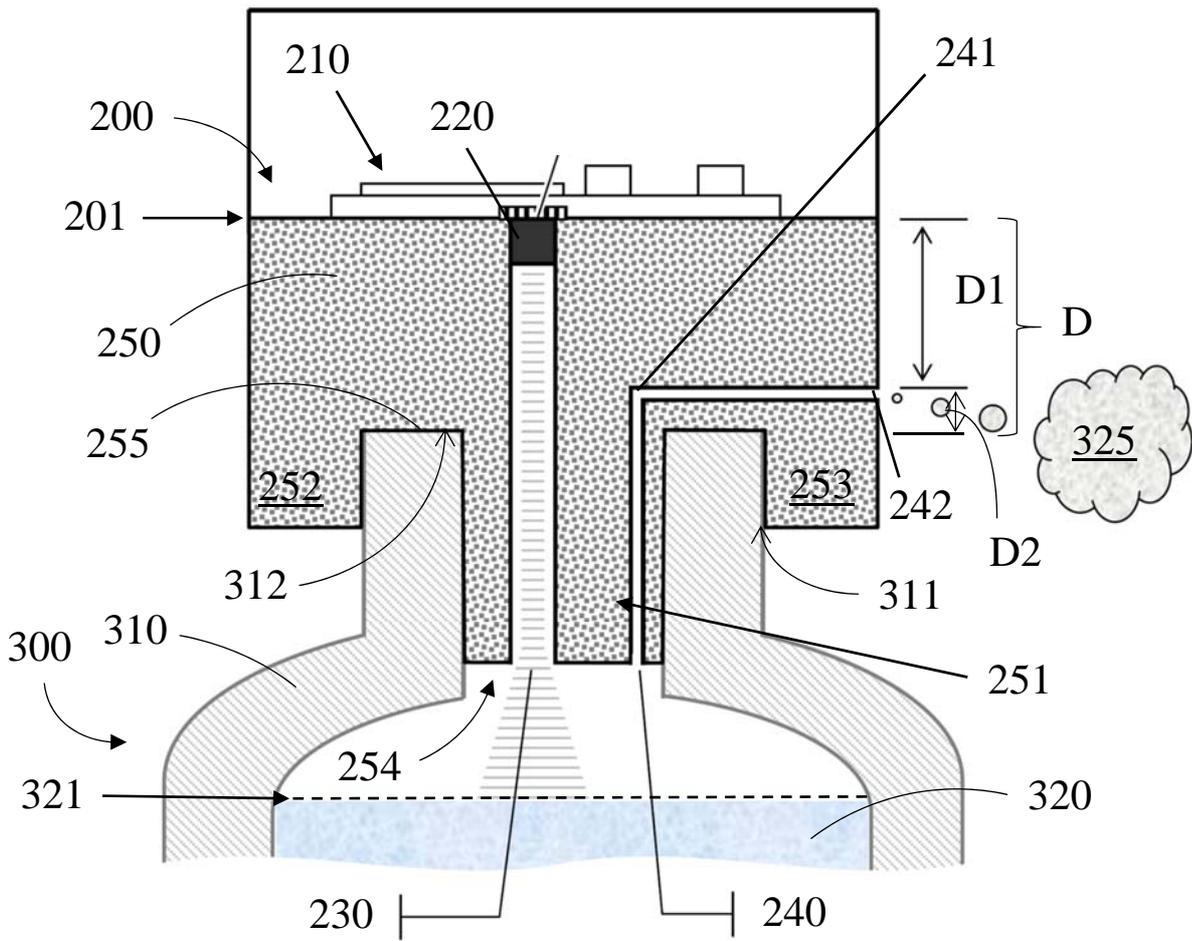


Fig. 5

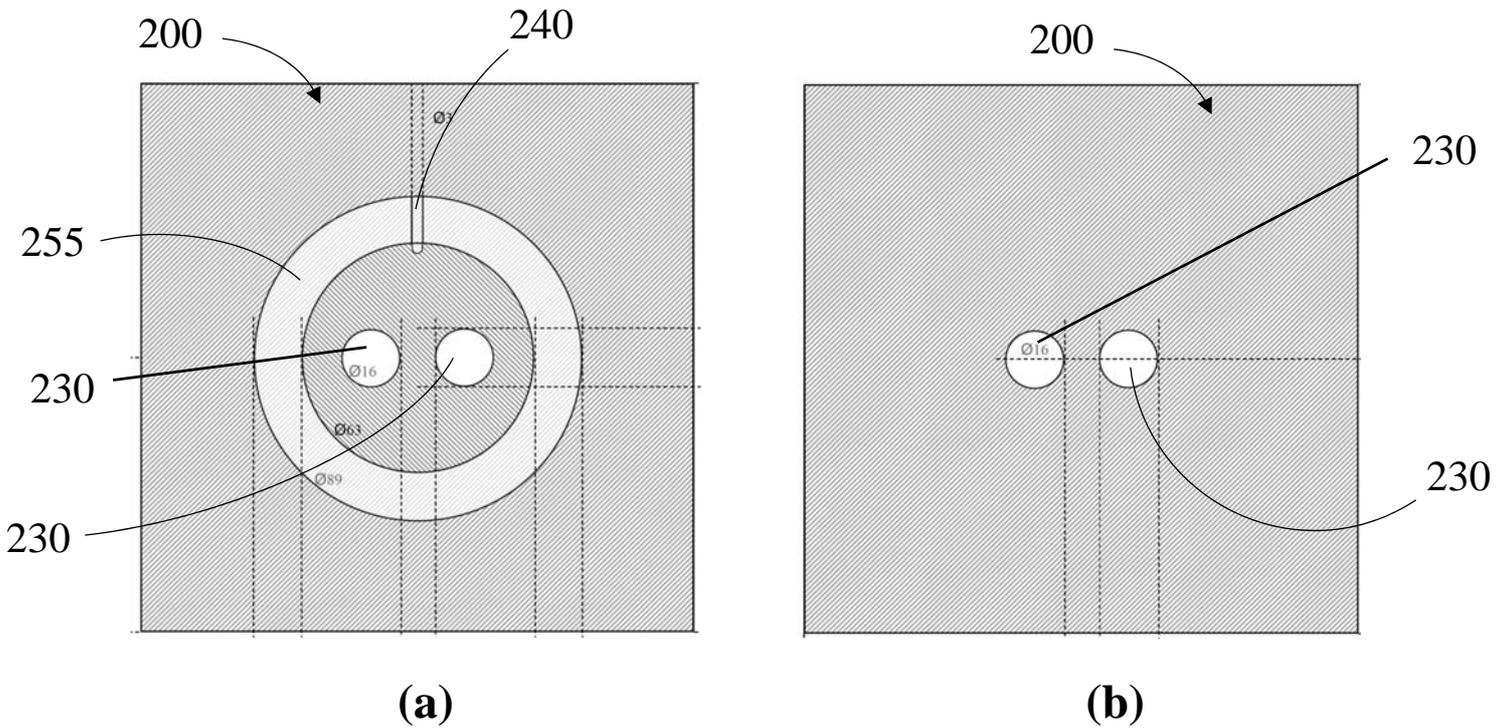


Fig. 6

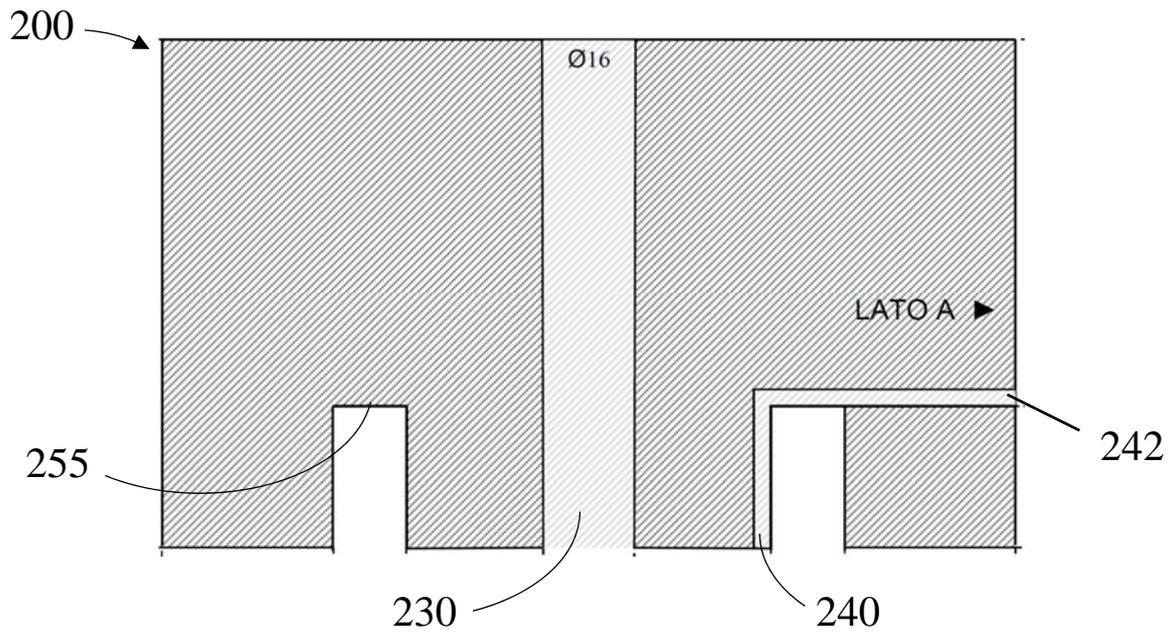


Fig. 7

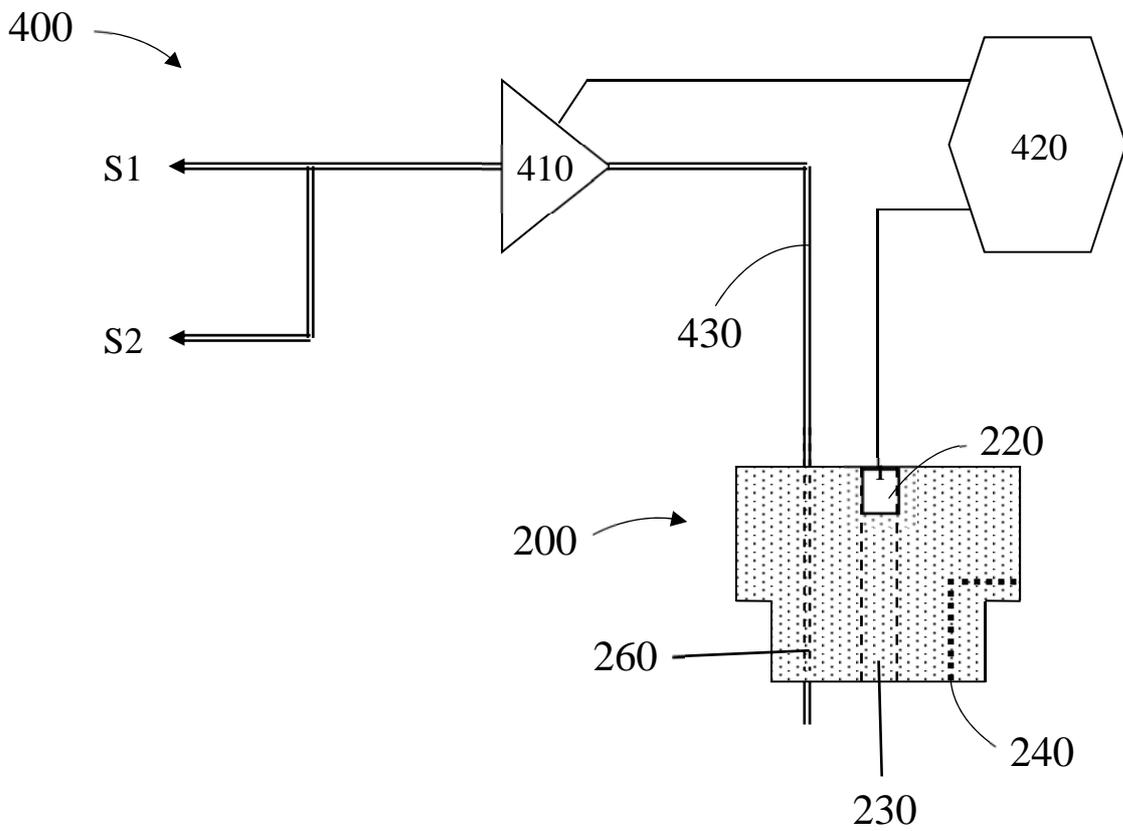


Fig. 8

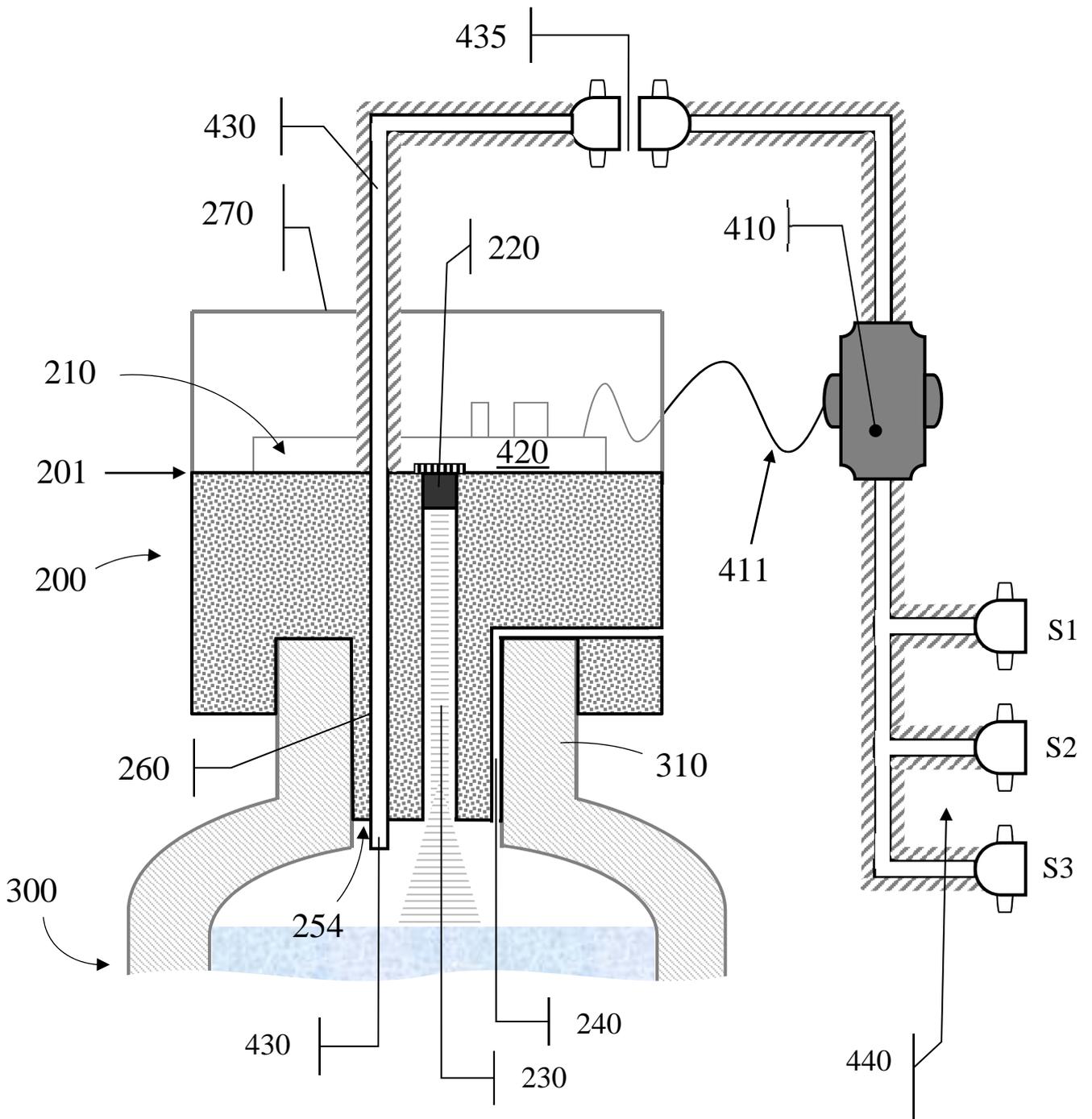


Fig. 9

RIVENDICAZIONI

1) Tappo (200) di contenitore (300) per una sostanza liquida e/o solida (320), comprendente:

- un corpo (250) con:
- un'estremità di inserimento (251), inseribile, in uso, in un collo (310) di detto contenitore (300) presentante una bocca (312) che definisce un'apertura del contenitore (300);
- un'estremità esterna (201), opposta a detta estremità di inserimento (251); e
- una superficie laterale che si estende tra detta estremità di inserimento (251) e detta estremità esterna (201);

il tappo (200) essendo caratterizzato dal fatto che:

- comprende un sensore di distanza (220);
- il sensore di distanza (220) è configurato per misurare una distanza tra lo stesso sensore di distanza (220) ed un livello (321) di detta sostanza liquida e/o solida (320);
- il sensore di distanza (220) è inserito in almeno un condotto di rilevamento (230) che attraversa in tutto o in parte il tappo (200) e sbocca, in uso, nel contenitore (300) attraverso detta estremità di inserimento (251); e
- comprende un condotto di sfogo (240) di un gas generato da detta sostanza liquida e/o solida (320), differente da detto condotto di rilevamento (230) che ha una prima estremità di

sbocco su detta estremità di inserimento (251) ed una seconda estremità di sbocco (242) su detta superficie laterale, la seconda estremità di sbocco (242) essendo ad un livello intermedio tra detta estremità di inserimento (251) e detta estremità esterna (201) misurato in modo sostanzialmente parallelo ad un asse passante per detto condotto di rilevamento (230).

2) Tappo (200) secondo la rivendicazione 1, in cui una distanza D1 tra detta estremità esterna (201) e detta seconda estremità di sbocco (242) è di almeno 3 cm.

3) Tappo secondo la rivendicazione 2, in cui la distanza D1 è almeno 4 cm.

4) Tappo secondo la rivendicazione 3, in cui la distanza D1 è almeno 6 cm.

5) Tappo secondo una o più delle rivendicazioni da 1 a 4, in cui è compreso ulteriormente un condotto di rabbocco (260) che attraversa il tappo (200) ed è configurato per l'inserimento di un tubo di rabbocco (430) di detto contenitore (300).

6) Tappo secondo una o più delle rivendicazioni da 1 a 5, in cui detto sensore di distanza (200) comprende un primo elemento o "capsula" di invio di un segnale ed un secondo elemento o "capsula" di ricezione

di un segnale, rispettivamente inseriti in due condotti di rilevamento (230).

7) Tappo secondo una o più delle rivendicazioni da 1 a 6, in cui detto sensore di distanza comprende o è costituito da un sensore ad ultrasuoni.

8) Tappo secondo una o più delle rivendicazioni da 1 a 7, in cui il secondo condotto (240) ha un diametro medio compreso tra 2 e 4 mm.

9) Tappo secondo una o più delle rivendicazioni da 1 a 8, in cui sulla estremità esterna (201) è montata una copertura (270) per la protezione del sensore (220).

10) Tappo secondo una o più delle rivendicazioni da 1 a 8, in cui il tappo (200) è configurato per chiudere un vaso di Dewar.

11) Sistema (400) di fornitura di un liquido e/o un gas, comprendente:

- un vaso (300) avente un collo (310) con una bocca (312) e contenente una sostanza liquida e/o gassosa (320);
- un tappo (200) configurato per chiudere detta bocca (312);

in cui il tappo è il tappo (200) definito secondo una o più delle rivendicazioni da 1 a 10.

12) Sistema (400) secondo la rivendicazione 11, in cui sono compresi ulteriormente:

- uno o più serbatoi di rabbocco (S1, S2, S3) contenenti lo stesso liquido e/o lo stesso gas presente nel vaso (300) e fluidicamente connessi attraverso tubazioni (430) a detto vaso (300) attraverso il tappo (200);
- una servo-valvola (410) installata su dette tubazioni (430) e configurata per iniziare o interrompere un flusso di fluido da detti uno o più serbatoi di rabbocco (S1, S2, S3) a detto vaso (300);
- una unità di controllo (420) connessa a detta servo-valvola (410) e a detto sensore di distanza (220);

in cui l'unità di controllo (420) è configurata per comandare l'apertura o la chiusura della servo-valvola (410) in funzione della distanza del liquido e/o gas rilevata da detto sensore di distanza (220), ed in cui detto tappo (200) comprende un condotto di rabbocco (260) attraverso cui è inserita una estremità di dette tubazioni (430).

13) Sistema (400) secondo la rivendicazione 11 o 12, in cui il liquido è azoto e il vaso è un vaso di Dewar, il sistema fornendo gas di azoto per il raffreddamento di un oggetto o dispositivo.

RIASSUNTO

Tappo per vasi di Dewar utilizzante sensori a ultrasuoni per il monitoraggio del livello di liquidi criogenici, e relativo sistema criogenico

La presente invenzione riguarda un tappo di Dewar che è utile nel raffreddamento di apparecchiature scientifiche e industriali, poiché è in grado di monitorare senza contatto ed automaticamente il livello del liquido criogenico. A tal fine, il tappo dell'invenzione utilizza un sensore a tempo di volo, in particolare un sensore ad ultrasuoni, nonché controllori ad esempio della serie Arduino, per offrire possibilità di monitoraggio remoto, allarme o avviso di manutenzione. È fornito inoltre un sistema di rabbocco automatico del liquido criogenico, che utilizza il tappo di Dewar secondo l'invenzione.

(Fig. 5)

CLAIMS

1) Stopper (200) of container (300) for a liquid and/or solid substance (320), comprising:

- a body (250) with:
- one insertion end (251), insertable, in use, into a neck (310) of said container (300), the neck having a mouth (312) that defines an opening of the container (300);
- an outer end (201), opposed to that insertion end (251); and
- a side surface that extends between the insertion end (251) and the outer end (201);

The stopper (200) being characterized in that:

- it includes a distance sensor (220);
- the distance sensor (220) is configured to measure a distance between the same distance sensor (220) and a level (321) of said liquid and/or solid substance (320);
- the distance sensor (220) is inserted in at least one detection conduit (230) which passes through the stopper (200) in whole or in part and opens, in use, into the container (300) through said insertion end (251); and
- it includes a vent duct (240) of a gas generated from said liquid and/or solid substance (320), different from said detection conduit (230) and having a first outlet end on said insertion end (251) and a second outlet end (242) on said side surface, the second outlet end (242) being at an

intermediate level between said insertion end (251) and said outer end (201) as measured substantially parallel to an axis passing through said sensing conduit (230).

2) Stopper (200) according to claim 1, wherein a distance D1 between said external end (201) and said second outlet end (242) is at least 3 cm.

3) Stopper according to claim 2, wherein the distance D1 is at least 4 cm.

4) Stopper according to claim 3, wherein the distance D1 is at least 6 cm.

5) Stopper according to one or more of the claims 1 to 4, wherein a top-up conduit (260) is further comprised which passes through the stopper (200) and is configured for insertion of a top-up tube (430) of said container (300).

6) Stopper according to one or more of claims 1 to 5, wherein said distance sensor (200) comprises a first element or "capsule" for sending a signal and a second element or "capsule" for receiving a signal, respectively inserted in two detection conduits (230).

7) Stopper according to one or more of claims 1 to 6, wherein said distance sensor comprises or consists of an ultrasonic sensor.

8) Stopper in one or more of the claims 1 to 7, wherein the vent duct (240) has an average diameter between 2 and 4 mm.

9) Stopper in one or more of the claims 1 to 8, wherein on the outer end (201) a cover is mounted (270) for the protection of the sensor (220).

10) Stopper according to one or more of claims 1 to 8, wherein the stopper (200) is configured to close a Dewar vessel.

11) System (400) for the supply of a liquid and/or a gas, comprising:

- a vessel (300) having a neck (310) with a mouth (312) and containing a liquid and/or gaseous substance (320);
- a stopper (200) configured to close said mouth (312);

wherein the stopper (200) is defined in one or more of the claims 1 to 10.

12) System (400) according to claim 11, wherein the following is further comprised:

- one or more top-up tanks (S1, S2, S3) containing the same liquid and/or the same gas present in the vessel (300) and in fluid connection through pipes (430) to said vessel (300) through the stopper (200);

- a servo-valve (410) installed on said pipes (430) and configured to start or stop a flow of fluid from said one or more top-up tanks (S1, S2, S3) to said vessel (300);
- a control unit (420) connected to said servo-valve (410) and to said distance sensor (220);

wherein the control unit (420) is configured to control the opening or closing of the servo-valve (410) as a function of the distance of the liquid and/or gas detected by said distance sensor (220), and wherein said stopper (200) comprises a top-up conduit (260) through which one end of said pipes (430) is inserted.

13) System (400) according to claim 11 or 12, wherein the liquid is nitrogen and the vessel is a Dewar vessel, the system supplying nitrogen gas for cooling an object or device.