



FI000104283B



SUOMI-FINLAND

(FI)

Patentti- ja rekisterihallitus  
Patent- och registerstyrelsen(12) PATENTTIJULKAISU  
PATENTSKRIFT

(10) FI 104283 B

(45) Patentti myönnetty - Patent beviljats 15.12.1999

(51) Kv.lk.6 - Int.kl.6

F 25B 9/12

(21) Patenttihakemus - Patentansökning 970442

(22) Hakemispäivä - Ansökningsdag 03.02.1997

(24) Alkupäivä - Löpdag 03.02.1997

(41) Tullut julkiseksi - Blivit offentlig 12.12.1997

(32) (33) (31) Etuoikeus - Prioritet

11.06.1996 FI 962421 P

(73) Haltija - Innehavare

1. Nanoway Oy, Ylistönmäentie 31, 40500 Jyväskylä, (FI)

(72) Keksijä - Uppfinnare

1. Pekola, Jukka, Metsäkatu 6, 40630 Jyväskylä, (FI)

(74) Asiamies - Ombud: Kespät Oy, Vapaudenkatu 60, 40100 Jyväskylä

(54) Keksinnön nimitys - Uppfinningens benämning

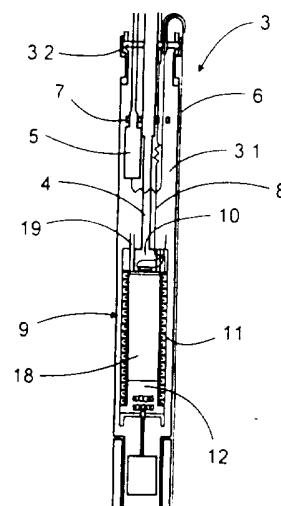
Laimennusjäähdytinlaitteisto  
Utspädningskylanordning

(56) Viitejulkaisut - Anförda publikationer

US A 5542256 (F 25B 19/00)

(57) Tiivistelmä - Sammandrag

Keksinnön kohteena on laimennusjäähdytinlaitteisto (3), johon kuuluu vakuumisäiliö (3.1) liitännöineen, sen sisälle metallisen imuputken (4) varaan asetettu oleellisesti täysmuovinen laimennusjäähdytin (9) käsittään yläpuolisen tislainosan (10) ja alapuolisen sekoituskammion (12) sekä näitä yhdistävän lämmönsiirtimen (11). Imuputki (4) on yhdistetty laimennusjäähdyttimen (9) tislainosaan (10). Sanotun tislainosan (10) putkiliitännään kuuluu metallista imuputkea (4) ja tislainosan (10) muovirakennetta erottava välikappale (16), joka on muodostettu muovin ja metallijauheen seoksesta liitoskomponenttien suuresti poikkeavien lämpölaajenemisten sovittamiseksi toisiinsa.



Uppfinningen avser en anordning (3) för utspädningskylare, vilken innefattar vakuumbekållare (3.1) med anslutningar, inuti denna, på ett sugrör (4) av metall placerad utspädningskylare (9), väsentligt helt av plast, vilken består av en destilleringsdel (10) upptill och en blandningskammare (12) nedtill samt en värmeledare (11) som förbinder dessa. Sugröret (4) är anslutet till utspädningskylarens (9) destilleringsanordning (10). Den nämnda destilleringsanordningens (10) röranslutning innefattar ett mellanstycke (16) som avskiljer sugröret (4) av metall från destilleringsanordningens (10) plaststruktur, vilket mellanstycke (16) är framställt av en blandning av plast och metallpulver för att kunna anpassa skillnaderna i temperaturutvidgning hos kopplingskomponenterna till varandra.

**LAIMENNUSJÄÄHDYTTINLAITTEISTO**

Keksinnön kohteena on laimennusjäähdytinlaitteisto, joka on sovitettu asetettavaksi DEWAR-astiaan sen kapean kaulaosan  
5 kautta ja johon kuuluu vakuumisäiliö liitännöineen, sen sisälle metallisen imuputken varaan asetettu oleellisesti täysmuovinen laimennusjäähdytin käsittäen yläpuolisen tislainosan ja alapuolisen sekoituskammion sekä näitä yhdistävän lämmönsiirtimen, ja jossa sanottu imuputki on yhdistetty laimennusjäähdyttimen  
10 tislainosaan.

US-patenttijulkaisussa 5,189,880; Frossati on esitelty täysmuovinen laimennusjäähdytin. Aikaisemmista malleista poiketen tislainosa, lämmönsiirrin ja sekoituskammio ovat kaikki valmis-  
15 tetut muovista, esimerkissä pääasiassa Araldit-epoksista.

Artikkelissa Cryogenics 1994, Vol 34, n:o 10, ss. 843-845: Pekola ja Kauppinen "Insertable dilution refrigerator for characterization of mesoscopic samples" selostetaan melko tarkasti  
20 johdannon mukaisen laimennusjäähdyttimen rakennetta ja toimintaa. Oleellisesti täysmuovinen laimennusjäähdytin antaa tiettyjä etuja. Erityisesti vältetään muuttuvan magneettikentän aiheuttama pyörrevirran (Eddy-current) lämmittävä vaikutus. Lämmönsiirtimessä hallitsevaksi tekijäksi alle 1 K lämpötiloissa tulee  
25 terminen rajapintavastus eli ns. Kapitza-vastus, joka muoveilla on pienempi kuin metalleilla. Itse laimennusjäähdyttimen rakennetta saadaan helposti tiiviiksi rakentamalla kaikki sen osan muovista, jolloin suhteellinen kutistuma on kaikkialla yhtä suurta.

30

Ongelma täysmuovisessa laimennusjäähdyttimessä kohdistuu imuputken liitännäkohtaan, koska imuputki on metallia, yleensä kuparia tai sen seosta ja sen lämpölaajenemiskerroin poikkeaa huomattavasti muovin vastaavasta. Niinpä tunnetut täysmuoviset  
35 laimennusjäähdyttimet ovat olleet mekaanisesti varsin herkkiä ja ovat helposti rikkoutuneet tästä liitännäkohdasta.

Tämän keksinnön tarkoituksena on ratkaista edellä oleva ongelma. Tämä tarkoitus saavutetaan patenttivaatimuksesta 1 ilmenevillä tunnusmerkillisillä piirteillä. Keksinnön edullisten sovellusten tunnusmerkilliset piirteet on esitetty alivaatimuk-

5 sissa.

Seuraavassa keksintöä kuvataan viittaamalla oheisiin kuviin, jotka esittävät erästä keksinnön mukaista laimennusjäähdytintä.

- 10 Kuva 1 esittää laimennusjäähdytinlaitteiston asennusta DEWAR-astiaan
- Kuva 2 esittää laimennusjäähdytinlaitteistoa halkileikattuna
- Kuva 3 esittää varsinaisen laimennusjäähdyttimen yläosaa leikattuna

15

Laimennusjäähdytinlaitteisto 3 on suunniteltu asetettavaksi tavanomaiseen DEWAR-astiaan 1. Laitteisto muodostaa liitännöineen kapean ja korkean rakenteen, joka voidaan laskea DEWAR-astian 1 kaulaosan 1.2 kautta säiliöön 1.1, jota ympäröi vakuu-

20 mi, kuva 1. Laimennusjäähdyttimeltä tulevat heliumliitännät yhdistetään pumppuun heliumkaasun, pääasiassa He3-komponentin kierrättämiseksi.

Laimennusjäähdytinlaitteisto 3 käsittää erilliseen vakuumisäiliöön 6 pakatut esijäähdytinosan ja varsinaisen täysmuovisen laimennusjäähdyttimen 9, kuva 2. Esijäähdytinosassa pumpulta takaisinpalaavaa He3-kaasua jäähdytetään 4 K:n ja 1 K:n laippoissa 3.2 ja 7. Laimennusjäähdytin 9 näytteineen roikkuu metallisen imuputken 4 varassa. Imuputki 4 on kupari-nikkeliseos-

30 ta sen huonon lämmönjohtavuuden takia ja laimennusjäähdyttimen 9 muovimateriaali kaksikomponenttiliimasta muodostuvaa epoksi-muovia (Stycast 1266, valmistaja Grace, N.V. Westerlo, Belgia).

Laippa 3.2 muodostaa lieriömäisen vakuumisäiliön 3 kannen, jossa on läpiviennit heliumputkien lisäksi säiliön vakuumiput-

35 kea sekä mittauselektronikan vaatimia sähköjohtoja varten.

Kaikkien läpivientien on oltava ehdottoman tiiviitä vakuumin ylläpitämiseksi. Varsinainen esijäähdytys tapahtuu 1K laipassa 7, jota ylläpitää 1 K:n kiehumissäiliö 5.

5 Laimennusjäähdyttimeen 9 kuuluu tislainosa 10, lämmönvaihdin 11 ja sekoituskammio 12. Näiden rakenne ja toiminta on selostettu varsin perusteellisesti edellä mainituissa julkaisuissa. Lämmönvaihdin 11 on rakenteeltaan lieriömäinen ja sen sisään on muodostettu tyhjötila 18, jota ylläpitää kanava 19. Lämmönsiir-  
10 timen 11 ulkosivua kiertää spiraalimaisesti virtauskanava, jota kautta kapillaariputki 8 on myös vedetty. Teflon-muovinen kapillaariputki 8 johtaa palaavan He3-nesteen sekoituskammioon 12. Spiraalimaista virtauskanavaa pitkin imetään He3-kaasua sekoituskammioista 12 tislaimen 10, jolloin se jäähdyttää pa-  
15 laavaa He3-virtaa. Tunnetulla tavalla sekoituskammiossa 12 tapahtuu He4/He3-seoksen faasierottuminen kahdeksi komponentiksi ja He3-atomien pumppaaminen faasirajan yli sitoo lämpöä ja aikaansaa jäädytyksen.

20 Välikappaleen rakenteelliset osat työstetään kukin kovettuneesta epoksikappaleesta.

Koska muovien lämpölaajenemiskerroin poikkeaa paljon metallien vastaavasta, laimennusjäähdyttimen 9 kannatuskohta imuputkesta  
25 4 on varsin kriittinen piste. Jäähdytettäessä metalliputkea, tässä  $\varnothing 6$  mm, seinämävahvuudeltaan 0,1 mm kuparinikkeliputkea, hyvin matalaan, tässä alle 1 K:n lämpötilaan, se kutistuu 0,2-0,4 %. Samalla Stycast-epoksi kutistuu kuitenkin 1,2 %. Kuvassa  
30 3 nähdään yksityiskohtaisesti rakenne, jolla tämä ongelma ratkaistaan. Laimennusjäähdyttimen 9 yläosan ja samalla tislaimen 10 kannen muodostaa kansi 15. Tämä on kiinnitetty imuputkeen 4 erityisen välikappaleen 16 avulla. Välikappaleessa 16 on tiivistyspinnan lisäämiseksi laippa 16.1, joka myös muodostaa suurimman liitoshalkaisijan.

Välikappale on valmistettu metallijauheesta ja valettavasta epoksi-muovista homogeenisena sekoituksena. Tässä esimerkissä välikappale 16 valmistettiin kuparijauheesta, osuus 70% (60-90%) ja Stycast-epoksimuovista. Jauhe ja kaksi-komponenttiliima 5 sekoitettiin homogeeniseksi massaksi. Kovettumisen jälkeen välikappale voitiin työstää samalla tavoin kuin muutkin rakenneosat.

Hyvän lämpölaajenemismukautuvuuden aikaansaamiseksi käytetään 10 seuraavaa mitoitus. Välikappaleen 16 ja tislainosan 10 suurin liitoshalkaisija 1,3 - 2 kertaa imuputken 4 halkaisija. Välikappaleen 16 yhteinen korkeus eli aksiaalinen mitta imuputken 4 kanssa on 1,5 - 2,5 kertaa imuputken 4 halkaisija. Välikappaleen 16 ja tislainosan 10 välisen liitoksen korkeus eli aksiaalinen mitta on 0,25-0,5 kertaa imuputken 4 halkaisija. Välikappaleen 16 ja tislainosan 10 välinen liitos käsittää kaksi eri halkaisijaista, aksiaalisuunnassa peräkkäistä lieriöpintaa ja näitä yhdistävän rengaspinnan.

20 Laimennusjäähdyttimen 3 rakenteelliset osat kuten esimerkiksi ulkolieriö 13, sisälieriö 12 sisältäen virtausspiraalin, tislainosan 10 kansi 15 ja pohja 14 sekä kriittinen välikappale 16 liimataan toisiinsa samalla epoksiliimalla kuin mistä ne on valmistettu. Samalla liimalla tiivistetään myös kapillaariput- 25 ken ja sähköjohtojen läpiviennit.

**Patenttivaatimukset**

1. Laimennusjäähdytinlaitteisto (3), joka on sovitettu asetettavaksi DEWAR-astiaan (1) sen kapean kaulaosan (1.2) kautta, ja johon kuuluu vakuumisäiliö (3.1) liitännöineen, sen sisälle metallisen imuputken (4) varaan asetettu oleellisesti täysmuovinen laimennusjäähdytin (9) käsittäen yläpuolisen tislainosan (10) ja alapuolisen sekoituskammion (12) sekä näitä yhdistävän lämmönsiirtimen (11), ja jossa sanottu imuputki (4) on yhdistetty laimennusjäähdyttimen (9) tislainosaan (10), tunnettu siitä, että sanotun tislainosan (10) putkiliitännään kuuluu metallista imuputkea (4) ja tislainosan (10) muovirakennetta erottava välikappale (16), joka on muodostettu muovin ja metallijauheen seoksesta liitoskomponenttien suuresti poikkeavien lämpölaajenemisten sovittamiseksi toisiinsa.

2. Patenttivaatimuksen 1 mukainen laimennusjäähdytinlaitteisto (3), tunnettu siitä, että välikappaleen (16) ja tislainosan (10) suurin liitoshalkaisija 1,3 - 2 kertaa imuputken (4) halkaisija.

3. Patenttivaatimuksen 1 tai 2 mukainen laimennusjäähdytinlaitteisto (3), tunnettu siitä, että välikappaleen (16) yhteinen korkeus eli aksiaalinen mitta imuputken (4) kanssa on 1,5 - 2,5 kertaa imuputken (4) halkaisija.

4. Jonkin patenttivaatimuksen 1 - 3 mukainen laimennusjäähdytinlaitteisto (3), tunnettu siitä, että välikappaleen (16) ja tislainosan (10) välisen liitoksen korkeus eli aksiaalinen mitta on 0,25-0,5 kertaa imuputken (4) halkaisija.

5. Patenttivaatimuksen 4 mukainen laimennusjäähdytinlaitteisto (3), tunnettu siitä, että välikappaleen (16) ja tislainosan (10) välinen liitos käsittää kaksi eri hal-

kaisijaista, aksiaaliskuunnassa peräkkäistä lieriöpintaa ja näitä yhdistävän rengaspinnan.

6. Jonkin patenttivaatimuksen 1 - 5 mukainen laimennusjäähdytinlaitteisto (3), tunnettu siitä, että välikappaleen (16) valmistuksessa käytetty metallijauhe on pääasiallisesti samaa metallia kuin imuputki (4).

7. Patenttivaatimuksen 6 mukainen laimennusjäähdytinlaitteisto, tunnettu siitä, että imuputki (4) on kuparinikkeli-seosta, laimennusjäähdyttimen (9) muovimateriaali epoksia ja välikappale (16) 60 - 90 %:sesti kuparijauhetta ja loppu epoksimuovia.

15

### **Patentkrav**

1. Spädningskylningsanläggning (3), som är avsedd att placeras i DEWAR-kärl (1) genom dess smala hals (1.2), och vilken innefattar vakuumbehållare (3.1) med anslutningar, inuti denna, på ett sugrör (4) av metall placerad spädningskylare (9), väsentligt helt av plast, vilken består av en destilleringsdel (10) upptill och en blandningskammare (12) nedtill samt en värmeledare (11) som förbinder dessa och i vilket det nämnda sugöret (4) är anslutet till spädningskylarens (9) destilleringsanordning (10), kännetecknad av, att den nämnda destilleringsanordningens (10) röranslutning innefattar ett mellanstycke (16) som avskiljer sugöret (4) av metall från destilleringsanordningens (10) plaststruktur, vilket mellanstycke (16) är framställt av en blandning av plast och metallpulver för att kunna anpassa skillnaderna i temperaturutvidgning hos kopplingskomponenterna till varandra.

2. Spädningskylningsanläggning (3) enligt patentkrav 1, kännetecknad av, att mellanstyckets (16) och destilleringsdelens (10) största kopplingsdiameter är 1,3 - 2 gånger sugrörets (4) diameter.

5

3. Spädningskylningsanläggning (3) enligt patentkrav 1 eller 2, kännetecknad av, att mellanstyckets (16) gemensamma diameter eller axiala mått tillsammans med sugröret (4) är 1,5 - 2,5 gånger sugrörets (4) diameter.

10

4. Spädningskylningsanläggning (3) enligt något av patentkraven 1 - 3, kännetecknad av, att höjden eller axiala måttet hos kopplingen mellan mellanstycket (16) och destilleringsdelen (10) är 0,25 - 0,5 gånger sugrörets (4) diameter.

15

5. Spädningskylningsanläggning (3) enligt patentkrav 4, kännetecknad av, att kopplingen mellan mellanstycket (16) och destilleringsdelen (10) består av två cylinderytor med olika diameter, efter varandra i axial riktning samt en ringyta som förenar dessa.

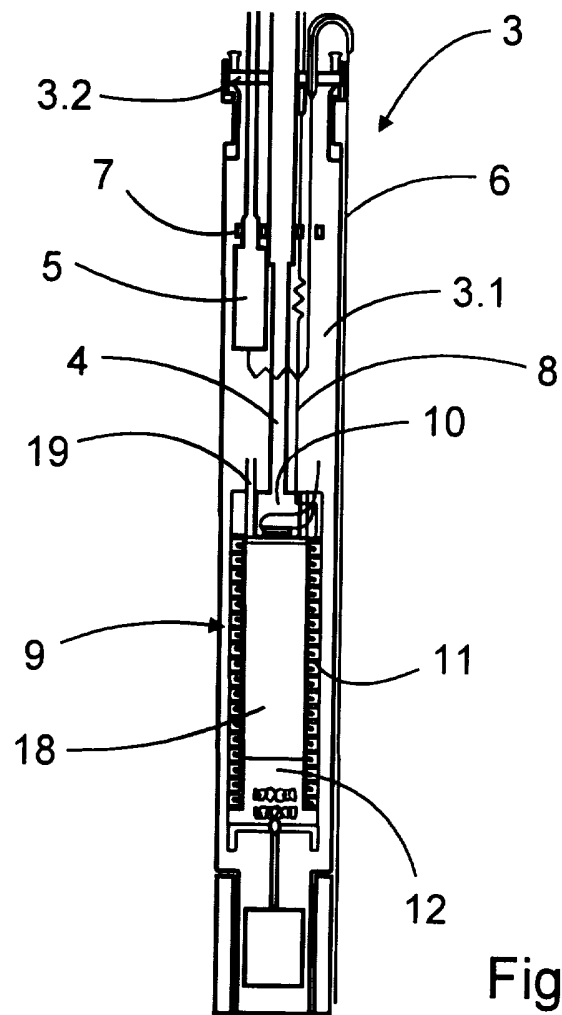
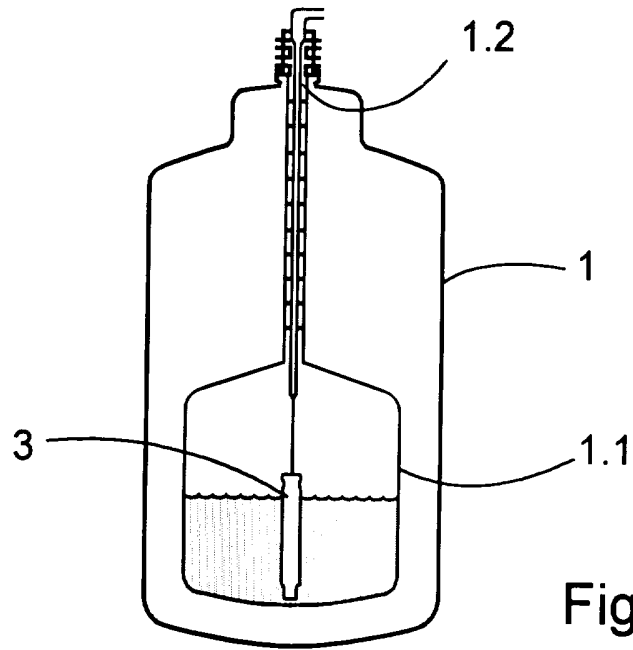
20

6. Utspädningskylningsanläggning (3) enligt något av patentkraven 1 - 5, kännetecknad av, att det metallpulver som används vid tillverkningen av mellanstycket (16) i huvudsak består av samma metall som sugröret (4).

25

7. Utspädningskylningsanläggning (3) enligt patentkrav 6, kännetecknad av, att sugröret (4) är av en kopparnickellegering, utspädningskylarens (9) plastmaterial är epoxy och mellanstycket (16) till 60 - 90% är kopparpulver och resten av epoxyplast.

30



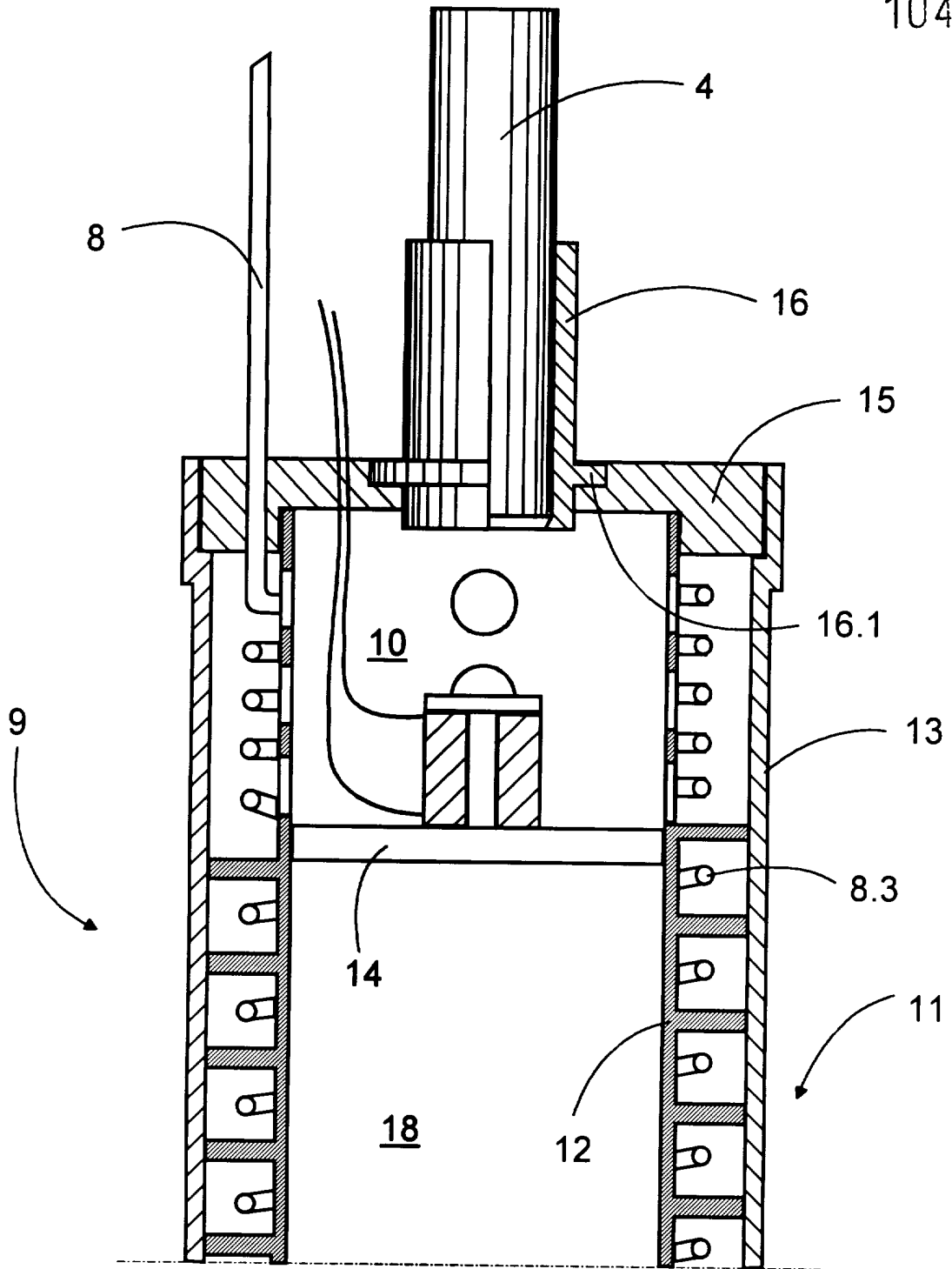


Fig.3