



F10000945568



SUOMI-FINLAND

(FI)

Patentti- ja rekisterihallitus
Patent- och registerstyrelsen

(B) (11) KUULUTUSJULKAISU
UTLAGGNINGSSKRIFT 94556

C (45) Patentti myönnetty
Patent meddelat 25 03 1995

(51) Kv.1k.6 - Int.c1.6
G 01N 27/04

(21) Patenttihakemus - Patentansökning 882577

(22) Hakemispäivä - Ansökningsdag 01.06.88

(24) Alkupäivä - Löpdag 01.06.88

(41) Tullut julkiseksi - Blivit offentlig 03.12.88

(44) Nähtäväksipanon ja kuul.julkaisun pvm. -
Ansökan utlagd och utl.skriften publicerad 15.06.95

(32) (33) (31) Etuoikeus - Prioritet
02.06.87 US 057050 P

(71) Hakija - Sökande

1. Djourup, Robert S., 20 Lovewell Road, Wellesley, Mass. 02181, USA, (US)

(72) Keksijä - Uppfinnare

1. Djourup, Robert S., 20 Lovewell Road, Wellesley, Mass. 02181, USA, (US)

(74) Asiamies - Ombud: Oy Kolster Ab

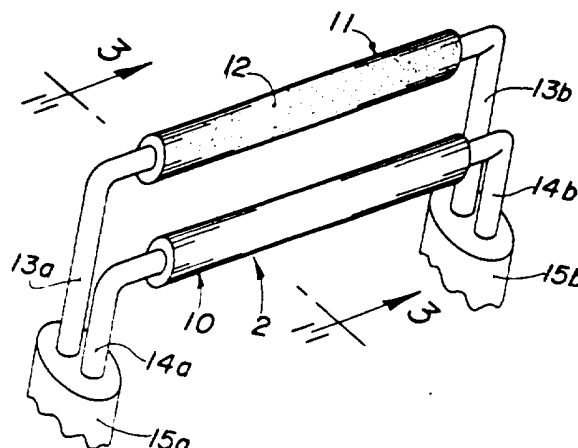
(54) Keksinnön nimitys - Uppfinningens benämning

Hygrometri
Hygrometer

(56) Viitejulkaisut - Anförda publikationer

(57) Tiivistelmä - Sammandrag

Vakiolämpötilaisena toimiva sorptiohygrometri, joka sisältää differentiaalisesti toimivan parin alustalle valmistettuja, lämmitettyjä metallikalvoanturielementtejä (10, 11), joista toinen (11) on pinnoitettu mikrohuokoisen alumiinioksidin muodostamalla hygroskooppisella kerroksella (12), ja toinen (10) on pinnoittamaton tai pinnoitettu ei-hygroskooppisella suojapinnoitteella, molempien kytkeytyessä takaisinkytkennällä ohjattuihin vakiolämpötilan säätäviin siltapiireihin. Vaihtoehtoisia hygrometrin anturilaitteen muotoja, joissa käytetään hyväksi vesihöyryn differentiaalista ilmaisu sorption avulla.



Vid konstant temperatur arbetande sorptionshygrometer, som omfattar ett differentiallyt fungerande par på substrat anordnade uppvärmda metallfilmssensorelement (10,11), av vilka det ena (11) är belagt med ett av mikroporös aluminiumoxid bildat hygroskopiskt skikt (12), och det andra (10) saknar beläggning eller är belagt med en icke-hygroskopisk skyddsbeläggning, båda kopplade till återkopplingsstyrda bryggkretsar, som reglerar den konstanta temperaturen. Alternativa former för hygrometersensoranordningar, i vilka vattenångans differentiala detektion medelst sorption utnyttjas.

Hygrometri

Keksintö liittyy yleisesti parannettuun hygrometriin ilman vesihöyrypitoisuuden mittaamiseksi. Keksintö koskee erityisesti differentiaalista vakiolämpötilaisena toimivaa sorptiohygrometrin anturilaitetta ja vakiolämpötilaista toimintaa sellaisen laitteen tapauksessa, joka on toiminnaltaan herkkä ja stabiili ja voidaan valmistaa yksinkertaisesti ja edullisesti. Keksintö kuvaa myös menetelmiä sen periaatteiden toteuttamiseksi vaihtoehtoisissa anturirakenteissa, joita käytetään suljetussa tai vapaassa tilassa.

Sähköinen kosteusmittaus on kypsä ja hyvin kehittynyt tekniikan ala. Monet, elleivät useimmat, materiaalit sorboivat ja desorboivat vesihöyryä, kun ympäristön suhteellinen kosteus lisääntyy tai vähenee. Tähän sorptioon liittyy usein materiaalin yhden tai useamman ominaisuuden vastaava muutos. Ollakseen käyttökelpoinen kosteusmittarissa materiaalilla tulee olla jonkin ominaisuuden reverssiibeli ja toistettava ominaiskäyrä kosteuden suhteen. Ilman ominaisuuksia on käytetty kosteuden määrittämisessä, ja erityisesti lämpöhäviöiden eroon perustuva lämmönjohtavuuden mittaus on tehty tunnetuksi patentissa US 1 855 774. Mainittu keksintö selittää laitteen, jonka voidaan sanoa olevan märän ja kuivan lämpömittarin muodostaman parin sähköinen vastine. Eromittaus tehdään kuumennettujen vastusten muodostamalla parilla, toinen vastus on vertailu- tai kontrollitilassa ja toinen ympäristölle altistettuna.

Metallioksidien, ja erityisesti alumiinioksidin, käyttö kosteuden tunnustelussa on tehty tunnetuksi patentissa US 2 237 006, joka kuvaa kapasitanssityyppistä kosteusanturia, jossa käytetään alumiinioksidia hygroskoopisena kerroksena kondensaattorilevyjen välissä. Patentti US 3 075 385 kehittää edelleen tätä lähestymistapaa käyttämällä alumiinioksidia eristeenä radiosondeihin tarkoitettussa kapasitiivisessa hygrometrissä. Myös patentit US 3 523 244 ja US 4 143 177 kuvaavat kapasitiivisia hygro-

metrejä, joissa käytetään alumiinioksidia kosteusherkkänä elementtinä kondensaattorilevyjen välissä, ja jälkimmäinen patentti antaa tietoja alumiinioksidin ja piidioksidin käytöstä kosteusherkkänä elementteinä puolijohdekomponenttien rakenteissa silloin, kun halutaan mitata vesihöyryn pitoisuutta suljetussa tilassa.

Tekniikan tason hygrometrien anturit toimivat yleensä ympäristön lämpötilassa, ja niihin kertyy helposti kosteutta, mikä rajoittaa niiden reagointikykyä. Kosteat ilma/kuiva ilma -vertailujärjestelmät ovat vaivalloisia ja vaikeita käyttää kenttäolosuhteissa. Alumiinioksidikosteusanturit havainnollistavat usein ympäristön lämpötilassa toimimisesta johtuvaa huonoa kalibrointistabiiliutta. Alumiinioksidin reagointi veden kanssa, alumiinioksidi-hydroksidireaktion aste, tulee esiin kalibroinnin epästabiiliutena, joka usein sekoitetaan hystereesiin. Monet näistä samoista puutteista tulevat esiin kapasitiivisissa hygrometrin antureissa, joissa käytetään eristeenä hygroskooppisia kalvomateriaaleja. Etenkin jos sellainen anturi kastuu tai tulee veden kyllästämäksi, kuluu äärimmäisen pitkä aika, ennenkuin se kuivuu ja pystyy jälleen reagoimaan ilman kosteuden muutoksiin.

Keksintö voittaa monet niistä ongelmista, jotka koskevat tekniikan tason hygrometrien antureita, ja saa aikaan huomattavan parannuksen hygrometrin anturin toiminnassa ja reagoinnin nopeudessa käyttämällä hyväksi aktiivisen anturielementin toimintaa säädetyssä vakiossa lämpötilassa. Näin menetellen syntyy tilanne, ikäänkuin koko anturin ympäristö olisi säädetyssä lämpötilassa. Varusteena on laite hygrometrin anturin desorboimiseksi tai kuivaamiseksi ajoittain tai komennosta. Parannettu differentiaalinen vakiolämpötilaisena toimiva hygrometrin anturilaitte, jossa koko anturimekanismi on alttiina ympäristölle ilman, että tarvitaan valvottua tai suljetussa tilassa olevaa referenssiä, selitetään jatkossa.

Keksinnön mukaiselle hygrometrille on tunnusomaisinta se, että se sisältää: parin lämpötilakertoimen omaavia resistiivisiä anturielementtejä, toisen elementeistä si-

sältäessä hygroskooppisen materiaalin ja toisen elementistä ollessa olennaisesti ei-hygroskooppinen; anturisillan, joka on Wheatstonen silta, ja sisältää anturielementtiparin kahtena anturisillan haarana; lämmityssillan, joka on Wheatstonen silta, ja sisältää anturisillan yhte-
5 nä lämmityssillan haarana; takaisinkytkennällä ohjatun sähköisen piirin, joka on sovitettu pitämään anturisillan resistanssi vakiona; ja piirin, joka on sovitettu mittaamaan anturisillan epätasapainoa, epätasapainon ollessa
10 suhteessa hygroskooppisen materiaalin sisältävän anturielementin adsorboimaan veden määrään.

Anturia käyttävät ja ohjaavat takaisinkytkennällä ohjattu sähköinen piiri, joka huolehtii siitä, että resistiivisten johtimien muodostaman anturielementtiparin
15 lämpötila (resistanssi) pysyy vakiona, ja differentiaali-kytkentä, joka tunnustelee tai ilmaisee sorboituneen vesihöyryn määrän. Ensisijaisessa sovellutusmuodossa aktiivinen hygroskooppinen tai adsorboiva pinnoite on alumiinioksidia, joka on anodisoitu resistiivisen platinajoh-
20 timen päälle kerrostetusta alumiinimetallista, ja parin vastakkainen tai toinen elementti on pinnoittamaton tai pinnoitettu ei-hygroskooppisella suojalasilteella, kun anturi on tarkoitettu vaihteleville ympäristöolosuhteille
altistettavaksi. Kun resistiivisistä johtimista muodostuva anturielementtipari on kytketty takaisinkytkennällä
25 ohjattuun Wheatstonen siltaan, jota käytetään säätämään anturielementtien toiminta ennalta asetettuun vakiolämpötilaan ympäristön lämpötilan yläpuolelle, yhdistelmästä tulee vakiolämpötilaisena toimiva differentiaallinen sorp-
tiohygrometri.
30

Myös sovellutusmuotoja, joissa anturin elementit ovat levyjen muodossa, selitetään. Vielä eräs sovellutus-
muoto on sellainen, jossa yksi levy voi sisältää ja olla alustana molemmille elementeille, pinnoittamattomalle
35 yhtä hyvin kuin hygroskooppisesti pinnoitetulle elementille. Edelleen eräässä sovellutusmuodossa on selitetty anturielementtiparin kerrostaminen geometrialtaan mieltävaltaiselle, yhteiselle tai erilliselle pohjalevyratkai-

sulle, ja kussakin sovellutusmuodossa elementti voi, riippuen sen geometriasta, olla jokin suljetussa tai vapaassa tilassa pidettävä ja käytettävä.

5 Keksintö voittaa monet niistä ongelmista, jotka liittyvät tekniikan tason hygrometrien antureihin kosteuden kertymisen ja epästabiiliuden suhteen, koska keksintö selittää hygrometrin antureiden käytön optimaalisissa olosuhteissa vakiolämpötilaisina ja tarjoaa mahdollisuuden hygrometrin antureiden desorboimiseen komennosta. Mikrohuokoisten metallioksidien ja muiden adsorboivien materiaalien herkkyydestä saadaan maksimaalinen hyöty käyttämällä niitä samalle ympäristölle altistetun erilaisten elementtien muodostaman parin toiseen elementtiin, ilman että tarvitsee varustaa kontrolloitua tai eristettyä ympäristöä yhdelle elementille, jota käytetään kiinteänä referenssinä.

10 Kuvio 1 on keksinnön periaatteiden mukaisesti valmistetun vakiolämpötilaisena toimivan sorptiohygrometrin ensisijaisen sovellutusmuodon yksinkertaistettu piirikaavio;

20 Kuvio 2 on keksinnön periaatteiden mukaisesti valmistetun sorptiohygrometrin anturin ensisijaisen sovellutusmuodon perspektiivikuva;

25 Kuvio 3 on kuviossa 2 kuvatun sorptiohygrometrin anturirakenteen leikkausprojeksio kohdasta 3-3 ja nuolten suuntaan katsottuna; ja

30 Kuvio 4 on keksinnön periaatteiden mukaan valmistetun sorptiohygrometrin anturin toisen sovellutusmuodon perspektiivikuva.

35 Viitaten nyt piirustuksiin ja erityisesti kuvioon 1, viitenumeroilla 10 ja 11 on merkitty anturielementtiparia, joka yhdessä muodostaa tämän keksinnön periaatteiden mukaisesti rakennetun sorptiohygrometrin anturin 2. Keksinnön tärkeä tunnusmerkki on, että sorptiohygrometrin anturin 2 elementtipari 10 ja 11 toimii

automaattisesti säädetyssä vakiossa lämpötilassa, jolloin saadaan toistettavasti tasainen herkkyys vesihöyrylle, ja anturielementti itse voidaan helposti puhdistaa kosteudesta tai desorboida komennosta tinkimättä regoinnin nopeudesta. Kuviossa 1 on esitetty keksinnön ensisijainen sovellutusmuoto, jossa differentiaalisesti toimivaa anturielementtiparia ohjataan ja käytetään vakiolämpötilaisena sorptiohygrometrinä. Anturimekanismi käyttää hyväksi kahta lähes identtistä tulenkestävälle alustalle valmistettua platinakalvovastusta tai anturielementtiä 10 ja 11, joista elementti 10 on pinnoitettu sileäpintaisella, lasimaista materiaalia olevalla suoja-kerroksella ja elementti 11 on pinnoitettu mikrohuokoisella alumiinioksidikerroksella 12 (kuvio 2), joka kykenee adsorboimaan vesihöyrymolekyylejä. Kuvio 1 kuvaa sillan sisällä, eritellymmän anturisillan takaisinkytkennällä lämpötilan (resistanssin) vakioksi säätävän sillan sisällä, jolloin takaisinkytkennällä ohjattua siltaa käytetään asettamaan ja säilyttämään anturin elementtiparin kohotettu toimintalämpötila ja anturisilltaa käytetään ilmaisemaan vesihöyryn määrä, jonka toinen lämmitetyn anturielementtiparin elementeistä on sorboinut. Kuvattu differentiaalinen ilmaisulaite sallii sellaisten yleisten ilmiöiden kuin ympäristöolosuhteiden muutosten, ilmavirtausten vaihteluiden, lämpötilan muutosten ja vastaavien huomiotta jättämisen, koska mittausjärjestelmälle differentiaalisen sisäänmenon tuottava erityinen ilmiö saa aikaan merkitsevän antosignaalin. Mikrohuokoista alumiinioksidia oleva vesihöyrylle herkkä ulomainen kerros toisessa muuten samanlaisista lämmitetyistä vastuksista saa aikaan anturielementtiparin differentiaalisen vasteen, kun ympäröivän ilman vesihöyrypitoisuus kasvaa.

Kiinteät pinnat yleensä, ja metallioksidit erityisesti, pyrkivät adsorboimaan kaasuja pienentääkseen pintaenergiaansa. Kun kaasumolekyylit adsorboituvat

pintaan, siitä vapautuu lämpöä, mihin ilmiöön viitataan "kemisorptiona". Adsorboivalla materiaalilla pinnoitetun anturielementin terminen massa kasvaa, kun adsorboitunut kaasu lisääntyy, ja adsorboivan materiaalin valinta määrää, mikä kaasu adsorboituu. Lämmön siirtyminen ympäristöön ja lämpötasapainon syntyminen ympäröivän mikroatmosfäärin kanssa johtavat lämmitetyn anturielementin tasapainotilaan. Lämpöä lämmitetystä anturielementistä siirtävä säteily, ilmavirtaukset ja johtuminen, joista tässä tapauksessa ilmavirtausten mukana tapahtuva lämmön siirtyminen on hallitseva jäähdytysmekanismi lämpötasapainon syntymisessä. Luonnollista ilmavirtausta aiheuttaa anturielementin oma lämpeneminen, ja pakotetut ilmavirtaukset syntyvät ympäröivän ilman liikkeestä.

Juuri alumiinioksidikerros 12 reagoi ympäristön kosteuden tai ilman vesihöyrypitoisuuden muutoksiin. Alumiinioksidia käyttävissä sorptiohygrometreissä on huomattava niiden luontainen nopea reagentikyky, joka johtuu alumiinioksidipinnoitteen ohuudesta yhdessä suuren adsorbointitehokkuuden kanssa. Alumiinioksidipinnoitteen 12 neliösenttimetriä kohti saadaan noin $7,7 \times 10^{10}$ halkaisijaltaan 100 - 300 ångströmin huokosta ja jopa 0,2 neliometriä tehollista adsorptiopintaa. Kosteusmittaus suoritetaan määrittämällä ero lämmön siirtymisessä ympäröivään ilmaan pinnoitetun ja pinnoittamattoman lämmitetyn anturielementin välillä. Alumiinioksidia käyttävät sorptiohygrometrit reagoivat veden höyrynpaineeseen hyvin laajalla höyrynpaineen alueella. Sorption määrä on yleensä suoraan verrannollinen vesihöyryn osapaineeseen ja kääntäen verrannollinen absoluuttiseen lämpötilaan. Veden voimakas affiniteetti alumiinioksidin suhteen tekee näistä laitteista hyvin selektiivisiä veden hyväksi. Ne eivät reagoi useimpiin muihin yleisiin kaasuihin tai moniin orgaanisiin kaasuihin ja nesteisiin. Ominaiskäyrä ilmaisee paksuilla, yli 1 mikrometrin,

alumiinioksidikerroksilla hallitsevasti suhteellista kosteutta ja ohuilla, alle 0,3 mikrometrin, alumiinioksidikerroksilla hallitsevasti absoluuttista kosteutta.

5 Anturin 2 elementit 10 ja 11 ovat kaikissa suhteissa identtisiä lukuun ottamatta päällimmäistä materiaalikerrosta. Kummallekin anturielementille 10 ja 11 kerrostettu kalvovastuspinnoite on metallia, jolla on suuri resistanssin lämpötilakerroin, esimerkiksi platinaa, niin että vastusta itseään voidaan käyttää kuumennuselementtinä, ja se voi samanaikaisesti ilmaista oman resistanssinsa, kun se toimii takaisinkytkennällä ohjatussa siltapiirissä.

15 Anturin 2 elementtiparin 10 ja 11 nähdään muodostavan kaksi haaraa nelihaaraisessa Wheatstonen sillassa, jonka täydentävät vastukset 28 ja 29. Vastuksia 28 ja 29 käytetään tasapainottamaan silta, kun hygrometrin anturi 2 on kuiva tai desorboitu. Tämä voidaan tehdä lämpötiloissa, jotka ovat veden kiehumispisteen yläpuolella, mikä varmistaa, että vesihöyry on anturista poissa. Anturin sillan ohjaus tuodaan pisteeseen 25 ja piste 27 on kytketty maahan. sillan tasapaino pisteiden 30 ja 31 välillä ilmaistaan ja vahvistetaan differentiaalivahvistimella 32, jolloin tuotetaan signaali, joka on anturisillan tasapainon tai epätasapainon asteen mitta. Vahvistin 32 voi olla tyypillisesti integroitu operaatiovahvistin, jolla on suuri vahvistus, esimerkiksi N.S.C.:n tyyppi LM-108 tai vastaava, joka on kytketty differentiaalivahvistimeksi. Antosignaali pisteessä 33 osoittaa epätasapainon heilahtamalla joko positiiviseksi tai negatiiviseksi, kun joko toinen tai toinen lämmitetyn anturielementtiparin elementeistä 10 tai 11 menettää lämpöä ympäröivään ilmaan. Kuvattu vahvistimen 32 kytkentä tuottaa positiivisenannon 33, kun vesihöyryn sorptio anturielementissä 11 aiheuttaa suurem-

man lämpöhäviön kuin elementin 10 menettämä lämpöhäviö on. Koska sarjassa olevien elementtien 10 ja 11 kokonaisvastus pidetään vakiona normaalin toiminnan aikana, pois siirtyvän lämmön lisääntyminen jommassa kummassa anturi-elementissä saa sen resistanssin pienenemään, kun taas toisen elementin resistanssi kasvaa. Anturisltaa, jonka muodostavat vastukset 28 ja 29 yhdessä anturielementtien 10 ja 11 kanssa, voidaan tarkastella sähköisesti yhtenä ainoana vastuksena, joka vuorostaan on yhtenä haarana toisessa Wheatstonen sillassa, tai lämmityssillassa, jonka muodostavat tehovastus 22 sarjassa anturisillan kanssa sekä vastukset 20 ja 21. Vastusten 20 ja 21 arvot määräävät lämmityssillan toimintapisteen ja tasapainon, ja joko vastusta 20 tai 21 voidaan vaihdella silloin, kun siltaa suunnitellaan. Joko vastus 20 tai 21 voi olla potentiometri tai valittava vastus, vaikka varovainen suunnittelu edellyttää, että toinen pidetään arvoltaan kiinteänä. Suositeltavaa on, että vastus 20 on arvoltaan kiinteä. Lämmityssillan ohjausvirta syötetään liitokseen 26 ja paluutienä on maa pisteessä 27. Sillan tasapaino pisteiden 24 ja 25 välillä ilmaistaan ja vahvistetaan differentiaalivahvistimella 23, ja tuotetaan siten pisteessä 26 signaali, joka on lämmityssillan tasapainon tai epätasapainon asteen mitta. Vahvistin 23 on differentiaalivahvistin, jolla on suuri antovirta, joka syötetään suljetun silmukan kytkennässä takaisin lämmityssillalle pisteessä 26, ja ottojen oikeaan vaiheistukseen on kiinnitettävä huomiota, jotta voidaan olla varmoja, että käytetään negatiivista takaisinkytkentää. Vahvistin 23 voi olla tyypillisesti integroitu operaatiovahvistin, esimerkiksi N.S.C.:n tyyppi LM-112, jonka antovirtaa voidaan lisätä emitteriseuraajaksi kytketyllä lisävahvistintransistorilla, kuten yleisesti menettelevät ne, joilla on kokemusta instrumentointitekniikasta. Kun anturielementit 10 ja 11 ovat kylmiä tai eivät ole toiminnassa niiden resistanssi on

pienempi kuin niiden normaali toiminta-arvo, ja asetta-
 malla referenssinä oleva vastusten 20 ja 21 resistanssien
 suhde niiden toiminta-arvoja ohjataan niin, että lämmi-
 tettyjen vastusten resistanssiarvot, jotka vaaditaan sil-
 5 lan automaattiseen tasapainottumiseen, voidaan valita etu-
 käteen, mitä kaikkea ohjataan sillalle vahvistimen 23
 kautta pisteeseen 26 tulevan negatiivisen takaisinkytken-
 nän avulla. Takaisinkytkentäsilmut säätää automaatti-
 sesti koko siltayhdistelmän läpi kulkevaa virtaa, kunnes
 10 anturielementtien 10 ja 11 resistanssi saavuttaa resistans-
 siarvon, joka tasapainottaa sillan. Vahvistimen 23 annos-
 sa täytyy olla pieni erojännite, kun piiri aluksi kytke-
 tään toimimaan, ja elementit ovat ympäristön lämpötilas-
 sa, niin että pieni siltavirta, joka kulkee erojännit-
 15 teen seurauksena, riittää kehittämään pienen erosigna-
 alin pisteiden 24 ja 25 välille sallien siten piirin kyt-
 keytymisen toimimaan. Edellä kuvattua toimintatapaa on
 kuvattu alalla termisen anturin vakiolämpötilaisena tai
 vakion resistanssin toimintatapana.

20 Tyypillisessä siltapiirissä anturielementtien 10
 ja 11 resistanssi voi olla esimerkiksi 5 ohmia huoneen
 lämpötilassa, 18°C:ssa. Tehovastus 22 voi olla arvoltaan
 2 ohmia, ja sillä on pieni resistanssin lämpötilakerroin
 ja sopiva fyysinen koko, niin että lämpeneminen ei aiheu-
 25 ta huomattavaa muutosta sen resistanssin nimellisarvossa
 ja siten vaihtelua syötetyn virran tasossa, koska sen
 kautta kulkee sarjaan kytkettyjen elementtien 10 ja 11
 koko lämmitysvirta. Kun nimellinen resistanssin lämpöti-
 30 lakerroin on 3800 ppm/°C, elementtien 10 ja 11 resistans-
 siarvo tulee olemaan noin 5,608 ohmia 50°C lämpötilalle.
 Vastusten 28 ja 29 arvot ovat alueella 20000 - 50000
 35 ohmia, niin että anturielementtejä 10 ja 11 ei kuormi-
 teta tarpeettomasti, ja niiden viakutus koko anturisiil-
 lan resistanssiin on olematon. Jos vastus 20 on arvol-
 taan 499 ohmia, vastuksen 21 arvo, joka vaaditaan sil-
 lan asettamiseksi tasapainoon on 2798,4 ohmia anturiele-

menttien 10 ja 11 lämpötilalle 50°C , joka on sorptiohygrometrin anturin 2 tyypillinen toimintalämpötila. Vedden kiehumispiste 100°C voidaan saavuttaa vastuksen 21 arvolla 3272,4 ohmia. Molemmat anturielementit 10 ja 11 voidaan desorboida tai kuivata kasvattamalla vastuksen 21 arvo yli 3272,4 ohmin, ja arvon kasvattaminen 3509,5 ohmiin nostaa anturielementtien 10 ja 11 lämpötilan 125°C :een.

Vakiolämpötilaisena toimiva sorptiohygrometri toimii normaalisti, kun anturielementtien 10 ja 11 toimintalämpötila pidetään korkeimman odotettavissa olevan kastepistelämpötilan yläpuolella. Suositeltava toimintalämpötila on juuri hygrometrin anturia 2 ympäröivän ilmamassan korkeimman odotettavissa olevan lämpötilan yläpuolella, koska ohjattu siltapiiri kytkeytyy pois päältä, kun ympäristön lämpötila on korkeampi kuin vastuksen 21 arvon valinnalla määrätty elementin toimintalämpötila. Kun ympäristön lämpötila laskee, ohjattu siltapiiri palaa normaaliin toimintaan. Vastus 21 voi sisältää yhdistelmän kytkimellä valittavia vastuksia hygrometrin anturin 2 sorptio/desorptio toiminnon satunnaista tai jaksoittaista paikallista tai ohjelmoitua etäkäyttöä varten.

Kuvio 2 on keksinnön periaatteiden mukaisesti rakennetun sorptiohygrometrin anturin 2 ensisijaisen sovellutusmuodon perspektiivikuva. Se on kuvattu sähköisesti kuviossa 1. Kuviossa 2 esitetään kaksi lähes identtistä, sylinterimäistä anturielementtiä 10 ja 11, jotka ovat niiden vastaavien johtimien 13a, 13b ja 14a, 14b varassa, jotka puolestaan on sovitettu tai tuettu sähköisesti eristäviin runkoihin 15a ja 15b. Kumpikin anturielementti käsittää tulenkestävän alustan, joka on pinnoitettu resistiivisellä platinametallikalvolla, ja elementin 10 ulkopinta on päällystetty sileäpintaisella, lasimaisen materiaalin muodostamalla suojakerroksella sekä elementin 11 ulkopinta ohuella mikrohuokoisella kerrok-

sella kovaa, hydratoitua alumiinioksidia. Ensisijaisessa rakenteessa anturi 2 koostuu erillisestä ja samansuuntaisesta parista lämmitettyjä vastuksia, jotka ovat molemmat samalla tavoin vapaasti alttiina ympäröivälle ilmalle. Elementtien 10 ja 11 sijoittelu toistensa suhteen on sellainen, että ne häiritsevät toisiaan mahdollisimman vähän, niin että ympäröivän ilman dynaamiset muutokset vaikuttavat molempiin elementteihin yleisesti ottaen samalla tavalla. Jos toinen elementti näkee tuulen puhalluksen, niin myös toisen pitäisi nähdä se. Tyypillisesti anturielementtien 10 ja 11 nimellinen ulkohalkaisija voi olla 0,8 mm ja kokonaispituus 25 mm. Anturin 10 pinnan ala on noin 0,63 neliösenttimetriä, ja sileäpintaisen suojapinnoitteen, jolla on alhainen pintaenergia, käyttö minimoi vesihöyryn sorption. Toisaalta anturielementissä 11 on tehollista adsorptiopintaa noin 0,125 neliömetriä ulommaisesta mikrohuokoisesta alumiinioksidikerroksesta johtuen. Tuloksena on, että anturielementillä 11 on vesihöyryn adsorptiopintaa noin 2000-kertaisesti se, mitä anturielementillä 10 on, mikä siten helpottaa sorboituneen vesihöyryn differentiaalista mittausta.

Keksinnön toisena sovellutusmuotona havainnollistetaan resistanssin lämpötilakeroimeltaan huomattavan resistiivisen johtimen käyttöä fyysisesti toisenmuotoisilla alustoilla, esimerkiksi levyillä, jolloin johdin on kerrostettu levyille ja pinnoitettu sileäpintaisella, vailla huokosia olevalla suojakerroksella, ja toisella, samanlaisella levyllä vastaava johdin on pinnoitettu mikrohuokoisella alumiinioksidikerroksella tai jollakin muulla adsorboivalla materiaalilla, esimerkiksi polymeeri- tai sekapolymeerikalvolla. Levypari muodostaa sorptiohygrometrin anturin, jota voidaan käyttää kuviossa 1 kuvatussa sähköisessä piirissä.

Vielä eräässä sovellutusmuodossa levyparista voi tulla yhden levyn kaltainen pohjalevy, joka sisältää kaksi erillistä resistanssin lämpötilakertoimeltaan huomattavaa resistiivistä johdinta, joista toinen on

5 pinnoitettu alumiinioksidilla tai muulla sorptiivisella materiaalilla, ja toinen on joko pinnoittamaton tai pinnoitettu sileällä huokosettomalla suojapinnoitteella tai lasitteella. Pohjalevy voi olla valmistettu alumiinioksidista tai muusta kovasta, tiheästä, tulenkestäväs-

10 tä ja eristävästä materiaalista tai metallista, joka on eristetty resistiivisestä johtimesta. Elementtiparin differentiaalinen toiminta on sellainen kuin on kuvattu kuvion 1 sähköiselle piirille.

Vielä eräässä sovellutusmuodossa anturielementtipari voidaan kerrostaa mille tahansa yhdelle tai kahdelle mielivaltaisen muotoiselle, yhteiselle tai erilliselle pohjalevygeometrialle edellyttäen, että molemmat johditimet on muotoiltu samanlaisiksi, ja että toinen johdin on pinnoitettu alumiinioksidilla tai jollakin muulla

20 sorptiivisella materiaalilla, ja toinen johdin on joko pinnoittamaton tai pinnoitettu huokosettomalla suojapinnoitteella. Tässä sovellutusmuodossa molemmat elementit altistuvat samalle ympäristölle. Kaikissa sovellutusmuodoissa elementtipari voi olla suojatussa tilassa, tai

25 aerodynaamisesta geometriasta riippuen elementtipari voi olla vapaasti ympäristölle altistettuna.

Kuvio 3 on kuviossa 2 kuvatun sorptiohygrometrin anturirakenteen leikkausprojektio kohdasta 3-3 ja nuolten suuntaan katsottuna. Leikkaus on otettu symmetrisen rakenteen keskiosasta. Anturielementit 10 ja 11 ovat

30 rakenteeltaan identtiset kaikissa suhteissa lukuun ottamatta vastaavia päällimmäisiä pinnoitteita 18 ja 12. Anturielementti 10 koostuu sähköisesti eristävästä, tiheää tulenkestävää alumiinioksidia olevasta, ontosta,

35 sylinterimäisestä rungosta 16, jolle platinakalvo 17 ja

sen kokonaan peittävä suojapinnoite 18 on kerrostettu. Alustana toimiva runko 16 voidaan valita muista sopivista materiaaleista, jotka ovat sähköisesti eristäviä, kuten kvartsi, kova lasi, mulliittiposliini, alumiinisiliikaatti ja muut tulenkestävät materiaalit. Tässä kuvattu- ja pohjalevymateriaaleja toimittavat standardivalikoimastaan Degussa Corp., Coors Porcelain Co. ja muut valmistajat. Silloin, kun on kysymys matalista toiminta- ja valmistuslämpötiloista kalvon 17 kerrostamisessa ja käytössä, kuten tietyissä tyhjöpinnitusmenetelmissä, alusta 16 voi olla valmistettu pehmeästä lasista tai jopa muoviputkesta. Rungon 16 tyypillisiä mittoja ovat: sylinterin halkaisija 0,6 tai 0,8 mm, reiän halkaisija 0,3 tai 0,4 mm ja pituus noin 20-25 mm. Koko anturielementti 10 voidaan skaalata kooltaan suuremmaksi tai huomattavasti pienemmäksi, jos aiottu sovellutus niin vaatii.

Kytkentäjohdin 14b on valmistettu platinasta, samasta materiaalista kuin platinametallikalvo 17, jotta vältettäisiin epätoivottavat termopariliitosefektit sekä pidettäisiin sähköinen kohina minimissään, ja siten autettaisiin säilyttämään maksimaalinen pitkäaikainen stabiilius. Johtimen 14b liitos runkoon 16 voidaan tehdä käyttämällä platinavaahtoa tai platinapastaa, jota sivellään johtimeen, joka työnnetään lyhyen matkaa rungon 16 reikään ja sitten poltetaan ilmassa sähköuunissa tai kuljetinuunissa. Päätyliitos sivellään useita kertoja, kunnes muodostuu siisti liitossauma, ja on huolehdittava siitä, että kaikki päätyliitokset tehdään samalla kertaa, jotta säilytetään fysikaalinen ja termodynaaminen samankaltaisuus liitoksesta liitokseen ja elementistä toiseen. Tyypillisiä platinapastoja, joita voidaan käyttää, ovat Engelhard Industries'in tyypit # 6082 ja # 6926, jotka sintrataan noin 850-900°C:ssa. Johtimien ja rungon muodostama kokonaisuus saa seuraavaksi platinametallia olevan resistiivisen kalvopinnoit-

teen 17, joka on paksuudeltaan tyypillisesti luokkaa 2-10 mikrometriä, ja jonka sähköinen resistanssi on useita ohmeja. Se voi vaihdella valitun pinnoitusmenetelmän mukaan. Useita erilaisia pinnoitusmenetelmiä voidaan käyttää ja ne voivat vaihdella tyhjösputteroinnista tai plasmapinnoituksesta yksinkertaiseen "maalauksen ja poltto" -tekniikkaan. Jälkimmäinen tekniikka periytyy vanhoista menetelmistä, joita keramiikan ja posliinin valmistajat ovat käyttäneet. Käyttökelpoisiin materiaaleihin lukeutuvat jalometalli-hartsiliuokset, joita voidaan levittää sivelemällä, kastamalla tai ruiskuttamalla ja sitten polttamalla uunissa, ja toistamalla käsittely useita kertoja, kunnes saadaan haluttu kalvon resistanssi. Engelhard Industries'in tyyppi #05-X, nestemäinen, kirkas platina, on suositeltava hartsiliuos, joka voidaan levittää pienellä soopelinkarvasiveltimellä. Polttolämpötilat ilmassa ovat 800°C alueella.

Resistiivisellä platinakalvopinnoitteella on lisäksi kerros 18, joka on lasiemalointi, lasia oleva suojaalaseite, sulatettu piidioksidi, sulatettu kvartsi tai joku muu suojaava materiaali, joka antaa platinakalvolle 17 suojan kulumista vastaan. On tärkeää, että suojapinnotteeksi 18 valittu materiaali on stabiili ja inertti sekä huokoseton, että sillä on alhainen pintaenergia, ja että se ei muutu ajan ja jatkuvan altistumisen mukana anturille 2 tarkoitettuun ympäristöön. Eräs esimerkki inertistä lasimaisesta suojaalaseitteestä, joka sopii platinametalille, on Engelhard Industries'in tyyppi # 6624, painettava suojaalaseite, joka poltetaan 625°C:ssa ilmassa. Anturielementin runko 10 liitettyine johtimineen voidaan peittää kokonaan suojaavalla kerroksella 18 kastamalla, sivelemällä tai ruiskuttamalla. Suojakerroksen 18 paksuus on tavallisesti vähemmän kuin 0,025 mm, ja useimmin käytetty polton jälkeinen paksuus on luokkaa 0,006 mm. Suojakerros 18 ulottuu peittämään alueen, jossa resistiivinen

platinakalvo 17 on päällekkäin platinajohtimen 14b kanssa, ja suojaa siten sähköisen liitsoksen anturielementin rungon 16 päädyssä.

Anturielementin runko 11 on samanlainen kuin elementti 10 lukuun ottamatta päällimmäistä suojakerrosta 12, joka edellisessä tapauksessa kerrostetaan alumiinimetallina ja muutetaan sitten mikrohuokoiseksi alumiinioksidiksi. Alumiinimetallikerros voidaan levittää käyttämällä alumiiniväriä, sähköistä kasvatusta tai tyhjökero-rostusmenetelmiä. Alumiinivärin käyttö on edullisinta, eikä vaadi eksoottisia tai mutkikkaita laitteita. Esimerkkejä alumiiniväreistä ovat Engelhard Industries'in tyypit #A-3113 ja #A-3484. Myös alumiinivärit poltetaan ilmassa ja lämpötila-alueella 550-675°C. Tietyissä tapauksissa voi olla tarpeen käyttää 900°C polttolämpötiloja värille #A-3113, jos halutaan molekyyllisidosten muodostumista. Matalampia lämpötiloja voidaan käyttää silloin, kun alumiini sijoitetaan suoraan platinametallijohtimen päälle, jolla on hiukan matta pinta polton jälkeen. Korkeampaa lämpötilaa suositellaan jos alustaa on paljaana, ja se on tarkoitus peittää alumiinilla.

Polton jälkeen alumiinin muodostama pintakerros 12 oksidoidaan mikrohuokoisen alumiinioksidikerroksen, joka myös on merkitty viitenumerolla 12 kuviossa 3, koska tapahtuva materiaalin muutos on täydellinen, muodostamiseksi. Oksidi voidaan muodostaa tyypillisesti andisointiprosessissa, jossa lämmitetyn rikkihappoliuoksen läpi johdetaan vaihtovirta siihen ripustetun anturielementti-kokonaisuuden 11 kautta, johon on tehty sähköiset liitännät puristusliittimillä johtimiin 13a ja 13b, joita ei ole peitetty alumiinilla. Happoliuos voi sisältää 20-70 % tilavuudesta rikkihappoa, ja se lämmitetään ulkoisesti sopivalla lämmityslaitteella noin 21-38°C lämpötilaan. Liuoksen läpi kulkee 54-270 ampeerin vaihtovirta anodisoitavan pinnan neliometriä kohti, kun anturielementti

:

on ripustettuna siihen. Kesto-aika on 10-80 minuuttia riippuen hapon osuudesta liuoksessa, liuoksen lämpötilasta, virrantiheydestä ja halutusta anodisoinnin syvyydestä. Alan patenteissa ja instrumentointijulkaisuissa on kerrottu, että tyydyttäviä anodisoituja pinnoitteita on saatu käyttämällä 32,2°C lämpötilassa pidettyä 50-prosenttista rikkihappoliuosta, jonka ominaispaino on 1,4, vaihtovirran ollessa 129 ampeeria anodisoitavan pinnan neliometriä kohti 25-30 minuutin ajan. Anodisoinnin täydellisyys voidaan määrätä mittaamalla anturielementin 11 sähköinen resistanssi, joka kasvaa platina-vastuksen 17 resistanssiarvoon, kun kaikki alumiinimetalli on muutettu alumiinioksidiksi.

Anodisoinnin jäkeen voi olla tarpeen stabiloida alumiinioksidi (Al_2O_3)-pinnoite, jotta estettäisiin kosteuden adsorbointiominaisuuksien muuttuminen ajan ja rasituksen funktiona. Tämä voidaan suorittaa kiehauttamalla anturielementtiä 11 tislatussa vedessä 30-45 minuutin ajan, jonka jälkeen pinta harjataan, jotta poistettaisiin jokseenkin irtonainen alumiinioksidijauhekerros, joka on saattanut muodostua kiehuvässä vedessä vanhenuksen aikana. Tämä jättää jäljelle kovan ja stabiilin, hydratoituneen alumiinioksidin, sen monohydraatti- tai kiteisen modifikaation, jota kutsutaan bohemiitiksi (engl.: boehmite) ($\frac{1}{3}\text{-Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$).

Loppuvanhennusta, joka on analoginen liuos päästön kanssa, voidaan soveltaa valmiiksi tehdyille hygrometrien anturielementille 11 valmistuksen aikana mukaan tulleiden epäpuhtauksien tai hygroskooppisten materiaalien poistamiseksi, alumiinioksidin "hiukkaskoon" stabiloimiseksi ja halkeamien vähentämiseksi. Tämä tehdään uunittamalla anturielementtiä lämpötilassa 200-350°C 30-90 minuutin ajan. Varotoimenpiteenä, jotta varmistettaisiin valmistuksessa saavutettava symmetria tai "samuus", myös anturielementille 10 voidaan tehdä loppuvan-

hennus. Tällä tavalla anturielementtiparin molemmat platinakalvovastuselementit 17 jännityspäästetään samalla tavalla.

5 Viitaten kuvioihin 1, 2 ja 3 yhdessä on kuvattu alumiinioksidi adsorboivaa materiaalia olevana pinnoitekerroksena 12 ja selitetty sen valmistusmenetelmä. Alumiinioksidi on edullinen käyttää sorptiohygrometrissä syistä, jotka tässä on kuvattu, eikä vähiten adsorbointitehokkuutensa ja turvallisuutensa vuoksi. Tietyillä metallioksidoilla, esimerkiksi berylliumoksidilla (BeO),
10 on suuri pintaenergia, ja niitä voidaan käyttää tehokkaasti adsorboivina pinnoitteina, berylliumoksidi on kuitenkin äärimmäisen vaarallinen käyttää jauhemuodossa, ja jos sitä käytetään, on ryhdyttävä asianmukaisiin varotoimenpiteisiin. Pinnoite 12 voi olla metallioksidia, piin, nikkelin tai muiden metalleiden, hydratoitua tai siten käsiteltyä, että sen pinta avautuu tehollisen sorptiopinnan lisäämiseksi. Kun välttämättömänä tekijänä on mahdollisimman alhainen hinta, kastamalla levitettävät
20 hygroskooppiset pinnoitemateriaalit tulevat kiinnostaviksi, vaikka nämä materiaalit voivat tuottaa vähemmän herkän hygrometrin. Monet kastopinnoitteet ovat ongelmallisia käytössä, kun ilma tulee vesihöyryn kyllästämäksi tai pinnoite kastuu, ja niissä esiintyy myös usein epästabiiliutta ja hystereesiä. Hygrometrin vakiolämpötilainen toiminta sellaisena, kuin tämä keksintö sen kuvaa, minimoi monien näiden puutteiden vaikutukset, ja tietyissä sovellutuksissa sorptio/desorptiojakso juuri ennen
25 käyttöä voi edelleen parantaa hygrometrin toimintaa. Tyypillisiin hygroskooppisiin polymeereihin lukeutuvat hydroksyylietyyliselluloosa, karboksimeetyyliselluloosa ja selluloosaesterit. Esimerkkejä hygroskooppisista sekapolymeereistä ovat muiden muassa vinylylikarbonaatti ja vinylyiasetaatti. Nämä materiaalit voivat olla liuotus-
30 miin liuotettuna, ja ne voidaan levittää yksinkertaisesti

:

ti kastamalla anturielementti 11 nestemäiseen materiaaliin, kuivaamalla se sitten ilmassa tai uunissa ja seuraavaksi hydrolysoimalla pinnoite kastamalla pinnoitettu anturielementti 11 happamaan tai emäksiseen kylpyyn tiettyksi ajaksi. Sellaisista materiaaleista ja niiden prosessointimenetelmistä antavat tietoa patentit US 3 350 941, US 3 582 728, US 3 802 268 ja US 4 562 725, jotka kuvaavat kosteusherkkiä polymeerejä ja sekapolymeerejä, joita voidaan käyttää sähköisten hygrometrin antureiden resistiivisiin anturielementteihin.

Arnold Wexlerin "Electric Hygrometers", julkaisut 3. syyskuuta 1957 National Bureau of Standards Circular 586, U.S. Government Printing Office, Washington D.C., nimeää edelleen käyttökelpoisia sorptiivisia pinnoitteita mukaan lukien metallioksidikalvoja, suolakalvoja ja polymeerihartseja, joita voidaan soveltaa anturielementtiin 11 käytettäväksi kosteusherkkänä pinnoitteena 12.

Kuvio 4 on keksinnön periaatteiden mukaisesti rakennetun sorptiohygrometrin anturin 4 perspektiivikuva. Se on sähköisesti samanlainen kuin hygrometrin anturi 2, ja se on toiminnallisesti kuvattu kuviossa 1. Hygrometrin anturi 4 sisältää keskikohdasta haarautuvan vastuksen, josta toinen puoli on hygroskooppisesti herkkä ja toinen puoli hygroskooppisesti epäherkkä. Resisttiivinen metallikalvo 5 on kerrostettu tulenkestävälle pohjalevylle 6, jolla sanottu metallikalvo haarautuu kahteen osaan 5a ja 5b, toisen osan 5a ollessa pinnoitettu sorboivalla materiaalikerroksella 12 ja toisen osan 5b ollessa pinnoittamaton. Suositeltava pinnoite 12 on mikrohuokoinen alumiinioksidi ja suositeltava metallikalvo 5 on platina, joka on kerrostettu tiheälle alumiinioksidipohjalevylle 6. Johtimet 7a ja 7b on liitetty johtimen 5 päihin ja johdin 7c keskikohtaan. Johtimien liitokset voidaan tehdä käyttäen platinapastaa, kuten edellä kuviossa 3 on kuvattu, tai ne voidaan hitsata tai juottaa kalvoon 5.

Vaikka tässä selityksessä on kuvattu hygroskoop-
pisesti pinnoitettuja ja pinnoittamattomia kalvoja vas-
tuspaineina, jotka ovat identtisiä pinnoitetta lukuunot-
tamatta, on huomattava, että niin kauan kuin vastuskal-
vojen resistanssin lämpötilakertoimet ovat identtisiä,
5 kalvovastusten vastusarvot voivat erota, ja ne voidaan
tasapainottaa samalla tavalla eroavilla tasapainotusvas-
tuksilla, jotka ovat osa edellä kuvattua anturisolua.

Patenttivaatimukset:

1. Hygrometri, t u n n e t t u siitä, että se sisältää:

5 parin lämpötilakertoimen omaavia resistiivisiä anturielementtejä (10,11), toisen elementeistä sisältäessä hygroskooppisen materiaalin ja toisen elementeistä ollessa olennaisesti ei-hygroskooppinen;

10 anturisillan, joka on Wheatstonen silta, ja sisältää anturielementtiparin (10,11) kahtena anturisillan haarana;

lämmityssillan, joka on Wheatstonen silta, ja sisältää anturisillan (10,11,28,29) yhtenä lämmityssillan haarana;

15 takaisinkytkennällä ohjatun sähköisen piirin, joka on sovitettu pitämään anturisillan resistanssi vakiona; ja

20 piirin, joka on sovitettu mittaamaan anturisillan epätasapainoa, epätasapainon ollessa suhteessa hygroskooppisen materiaalin sisältävän anturielementin adsorboimaan veden määrään.

2. Patenttivaatimuksen 1 mukainen hygrometri, t u n n e t t u siitä, että hygroskooppinen materiaali on alumiinioksidi.

25 3. Patenttivaatimuksen 1 mukainen hygrometri, t u n n e t t u siitä, että hygroskooppinen materiaali on hygroskooppinen polymeeri.

30 4. Patenttivaatimuksen 1 mukainen hygrometri, t u n n e t t u siitä, että hygroskooppinen materiaali on hygroskooppinen sekapolymeeri.

5. Patenttivaatimuksen 1 mukainen hygrometri, t u n n e t t u siitä, että hygroskooppinen materiaali on hydroksyylietyyliselluloosa.

35 6. Patenttivaatimuksen 1 mukainen hygrometri, t u n n e t t u siitä, että hygroskooppinen materiaali on karboksimeetyyliselluloosa.

:

7. Patenttivaatimuksen 1 mukainen hygrometri, tunnettu siitä, että hygroskooppinen materiaali on selluloosaesteri.

5 8. Patenttivaatimuksen 1 mukainen hygrometri, tunnettu siitä, että hygroskooppinen materiaali on vinyylikarbonaatti.

9. Patenttivaatimuksen 1 mukainen hygrometri, tunnettu siitä, että hygroskooppinen materiaali on vinyyliasettaatti.

10 10. Patenttivaatimuksen 1 mukainen hygrometri, tunnettu siitä, että hygroskooppinen materiaali on berylliumoksidi.

15 11. Patenttivaatimuksen 1 mukainen hygrometri, tunnettu siitä, että hygroskooppinen materiaali on metallioksidi.

12. Patenttivaatimuksen 11 mukainen hygrometri, tunnettu siitä, että metallioksidi sisältää piitä.

20 13. Patenttivaatimuksen 11 mukainen hygrometri, tunnettu siitä, että metallioksidi sisältää nikkeliä.

25 14. Patenttivaatimuksen 1 mukainen hygrometri, tunnettu siitä, että anturielementti (10,11) sisältää sylinterimäisen tulenkestävän alustan, joka on pinnoitettu johtavalla materiaalilla.

15. Patenttivaatimuksen 14 mukainen hygrometri, tunnettu siitä, että johtava materiaali on platina.

30 16. Patenttivaatimuksen 14 mukainen hygrometri, tunnettu siitä, että toisen elementin hygroskooppinen materiaali muodostaa pinnoitteen johtavan materiaalin päälle.

35 17. Patenttivaatimuksen 16 mukainen hygrometri, tunnettu siitä, että hygroskooppinen pinnoite on alumiinioksidia.

18. Patenttivaatimuksen 14 mukainen hygrometri,
t u n n e t t u siitä, että alusta on alumiinioksidia.

19. Patenttivaatimuksen 1 mukainen hygrometri,
t u n n e t t u siitä, että anturielementtiparin (10,11)
5 molemmat elementit on sijoitettu yhdelle alustalle.

20. Patenttivaatimuksen 19 mukainen hygrometri,
t u n n e t t u siitä, että alusta on olennaisesti ta-
sainen.

21. Patenttivaatimuksen 1 mukainen hygrometri,
10 t u n n e t t u siitä, että piiri, joka on sovitettu
mittaamaan anturisillan epätasapainoa, sisältää vahvisti-
men (32), joka on kytketty kahden resistiivisen antu-
rielementin (10,11) välille ja kahden muun anturisillan
vastuksen (28,29) välille.

15 22. Patenttivaatimuksen 1 mukainen hygrometri,
t u n n e t t u siitä, että takaisinkytkennällä ohjattu
sähköinen piiri sisältää differentiaalivahvistimen (23).

Patentkrav

1. Hygrometer, k ä n n e t e c k n a d därav, att den omfattar:

5 ett par temperaturkoefficientresistiva givarelement (10, 11), av vilka det ena elementet inbegriper ett hygroskopiskt material och det andra elementet är väsentligen icke hygroskopiskt;

10 en Wheatstone-givarbrygga som innehåller givarelementparet (10, 11) som två grenar i givarbryggan;

en Wheatstone-uppvärmningsbrygga, som innehåller givarbryggan (10, 11, 28, 29) som en gren i uppvärmningsbryggan;

15 en feedback-kontrollerad elektrisk krets anordnad att hålla givarbryggans resistans konstant; och

en kretsanordnad att mäta givarbryggans obalans, varvid obalansen beror på vattenmängden som adsorberats av givarelementet som inbegriper det hygroskopiska materialet.

20 2. Hygrometer enligt patentkravet 1, k ä n n e t e c k n a d därav, att det hygroskopiska materialet är aluminiumoxid.

25 3. Hygrometer enligt patentkravet 1, k ä n n e t e c k n a d därav, att det hygroskopiska materialet är en hygroskopisk polymer.

4. Hygrometer enligt patentkravet 1, k ä n n e t e c k n a d därav, att det hygroskopiska materialet är hygroskopisk kopolymer.

30 5. Hygrometer enligt patentkravet 1, k ä n n e t e c k n a d därav, att det hygroskopiska materialet är hydroxyletylcellulosa.

6. Hygrometer enligt patentkravet 1, k ä n n e t e c k n a d därav, att det hygroskopiska materialet är karboxylmetylcellulosa.

7. Hygrometer enligt patentkravet 1, k ä n n e -
t e c k n a d därav, att det hygroskopiska materialet är
en celluloester.

5 t e c k n a d därav, att det hygroskopiska materialet är
vinylkarbonat.

9. Hygrometer enligt patentkravet 1, k ä n n e -
t e c k n a d därav, att det hygroskopiska materialet är
vinylacetat.

10 10. Hygrometer enligt patentkravet 1, k ä n n e -
t e c k n a d därav, att det hygroskopiska materialet är
berylliumoxid.

15 11. Hygrometer enligt patentkravet 1, k ä n n e -
t e c k n a d därav, att det hygroskopiska materialet är
en metalloxid.

12. Hygrometer enligt patentkravet 11, k ä n n e -
t e c k n a d därav, att metalloxiden innehåller kisel.

13. Hygrometer enligt patentkravet 11, k ä n n e -
t e c k n a d därav, att metalloxiden innehåller nickel.

20 14. Hygrometer enligt patentkravet 1, k ä n n e -
t e c k n a d därav, att givarelementet (10, 11) inbegri-
per ett cylindriskt eldfast underlag, som är ytbelagt med
ett ledande material.

.. 25 15. Hygrometer enligt patentkravet 14, k ä n n e -
t e c k n a d därav, att det ledande materialet är plati-
na.

16. Hygrometer enligt patentkravet 14, k ä n n e -
t e c k n a d därav, att det ena elementets hygroskopiska
material utgör en ytbeläggning på det ledande materialet.

. 30 17. Hygrometer enligt patentkravet 16, k ä n n e -
t e c k n a d därav, att den hygroskopiska ytbelägningen
är aluminiumoxid.

18. Hygrometer enligt patentkravet 14, k ä n n e -
t e c k n a d därav, att underlaget är aluminiumoxid.

19. Hygrometer enligt patentkravet 1, k ä n n e -
t e c k n a d därav, att givarelementparets (10, 11) båda
element är placerade på ett underlag.

5 20. Hygrometer enligt patentkravet 19, k ä n n e -
t e c k n a d därav, att underlaget är väsentligen plant.

10 21. Hygrometer enligt patentkravet 1, k ä n n e -
t e c k n a d därav, att kretsen som är anordnad att mäta
givarbryggans obalans inbegriper en förstärkare (32), som
är kopplad mellan de två resistiva givarelementena (10,
11) och två andra motstånd (28, 29) i givarbryggan.

15 22. Hygrometer enligt patentkravet 1, k ä n n e -
t e c k n a d därav, att den feedback-kontrollerade
elektriska kretsen innehåller en differentialförstärkare
(23).

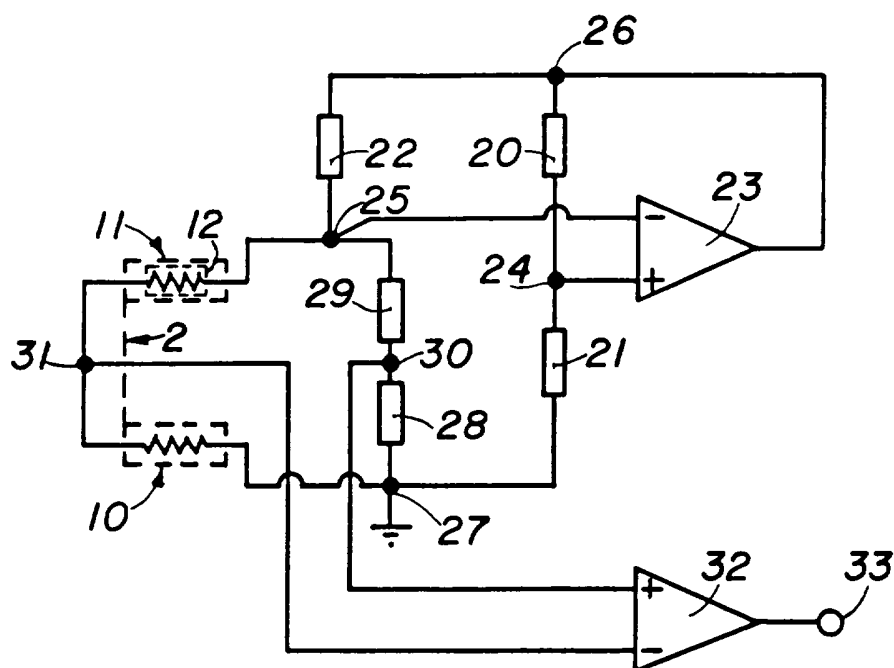


Fig. 1

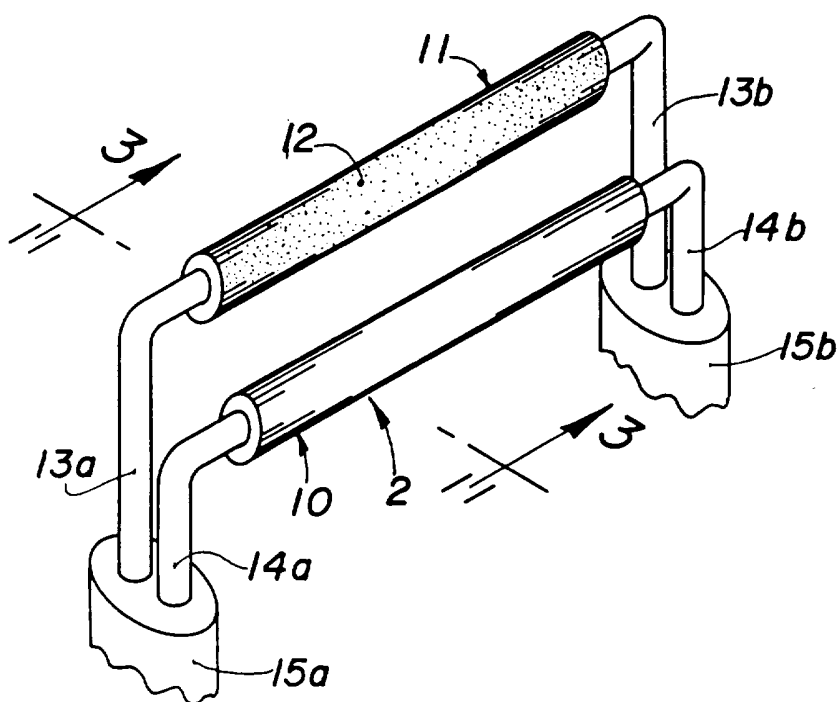


Fig. 2

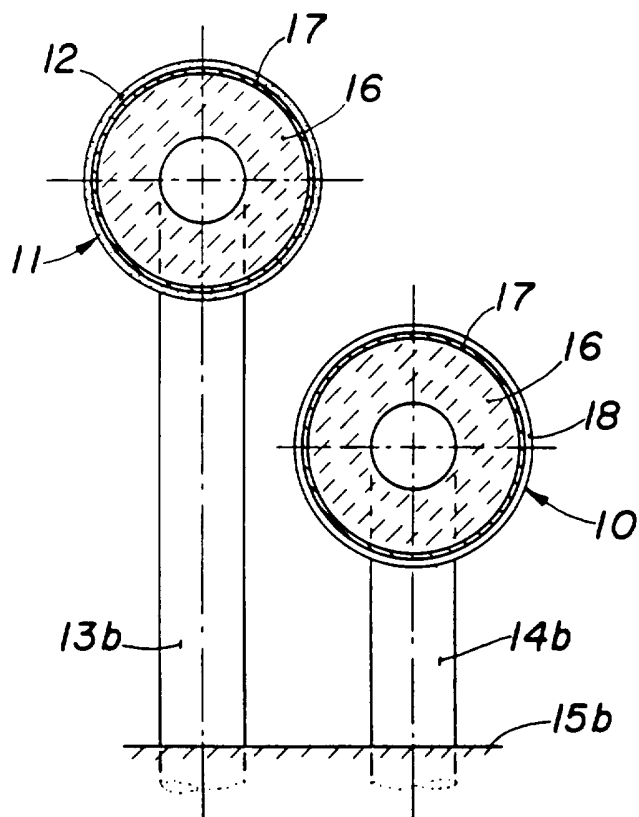


Fig. 3

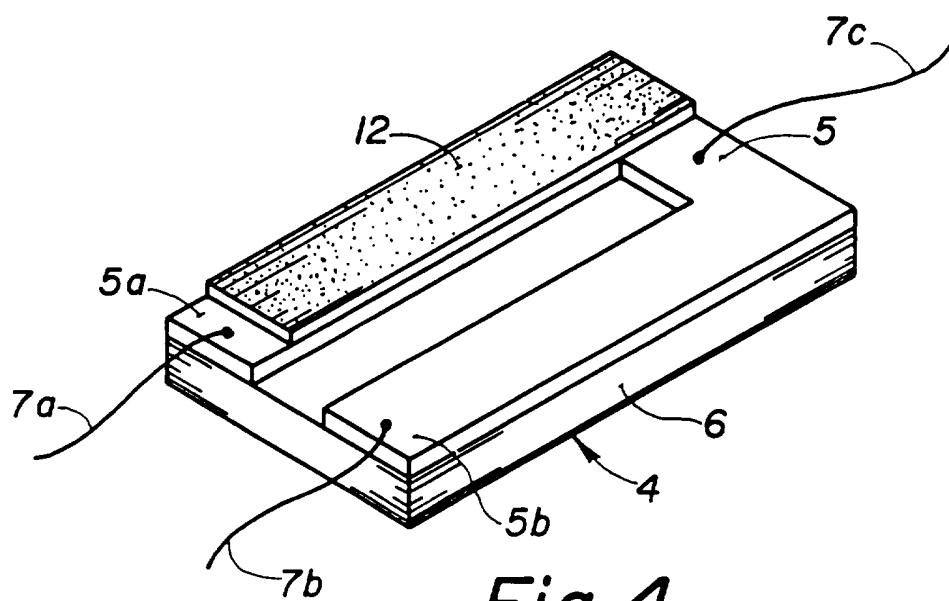


Fig. 4