



FI000104289B

(12) PATENTTIJULKAISU
PATENTSKRIFT

(10) FI 104289 B

(45) Patentti myönnetty - Patent beviljats 15.12.1999

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

G 01N 25/68

(21) Patenttihakemus - Patentansökning 981452

(22) Hakemispäivä - Ansökningsdag 24.06.1998

(24) Alkupäivä - Löpdag 24.06.1998

(41) Tullut julkiseksi - Blivit offentlig 15.12.1999

SUOMI-FINLAND

(FI)

Patentti- ja rekisterihallitus
Patent- och registerstyrelsen

(73) Haltija - Innehavare

1. Vaisala Oyj, PL 26, 00421 Helsinki, (FI)

(72) Keksijä - Uppfinnare

1. Viitanen, Veli-Pekka, Männistöntie 6 E 17, 02880 Veikkola, (FI)

(74) Asiamies - Ombud: Seppo Laine Oy, Itämerenkatu 3 B, 00180 Helsinki

(54) Keksinnön nimitys - Uppfinningens benämning

Menetelmä jäätymisen ilmaisemiseksi SAW-kastepisteanturissa sekä anturirakenne
Förfarande för detektion av frysning i en SAW-daggpunktsgivare samt givarkonstruktion

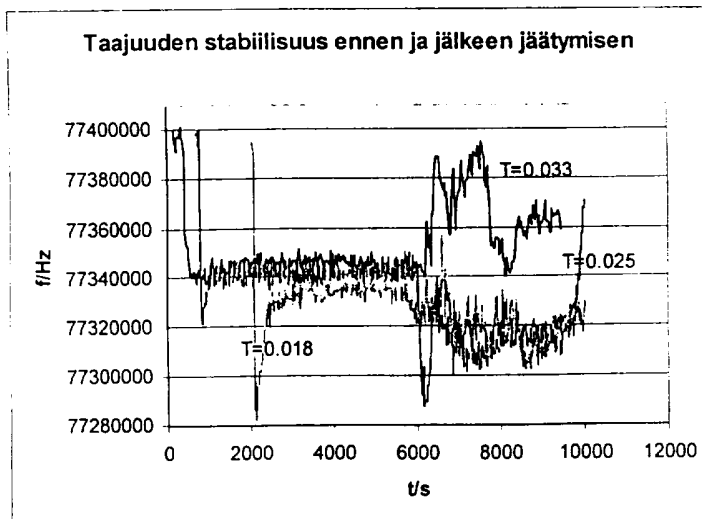
(56) Viitejulkaisut - Anförda publikationer

US A 5187980 (G 01N 9/24), US A 5051645 (H 01L 41/08), US A 5364185 (G 01N 25/68)

(57) Tiivistelmä - Sammandrag

Keksintö koskee anturirakennetta ja menetelmää jäätymisen ilmaisemiseksi SAW-anturissa. Menetelmän mukaan synnytetään SAW-anturiin akustinen pinta-aalto ja mitataan sen muutosta kuten esimerkiksi vaimennusta. Keksinnön mukaan määritetään akustisen pinta-aallon jonkin parametrin epästabiilisuus anturin (2) jäätymisen ilmaisemiseksi.

Uppfinningen avser en givarkonstruktion och ett förfarande för detektering av frysning i en SAW-givare. Enligt förfarandet alstras en akustisk ytvåg i SAW-givaren och en ändring hos densamma, såsom exempelvis dämpningen, mäts. Enligt uppfinningen bestäms en instabilitet hos en parameter för den akustiska ytvågen för detektering av frysningen i givaren (2).



Menetelmä jäätymisen ilmaisemiseksi SAW-kastepisteanturissa sekä anturirakenne

- 5 Keksinnön kohteena on patenttivaatimuksen 1 johdannon mukainen menetelmä jäätymisen ilmaisemiseksi SAW-kastepisteanturissa.

Keksinnön kohteena on myös anturirakenne.

10

Kaasujen suhteellista kosteutta voidaan mitata monilla eri tekniikoilla, kuten mittaamalla kosteutta absorboivan materiaalin dielektrisyysvakion tai johtavuuden muutosta. Suhteellinen kosteus voidaan selvittää myös mittaamalla kaasun tiheyttä tai kastepistettä.

15

Kaasun kastepisteen suora mittaus voidaan toteuttaa esimerkiksi mittaamalla jäähdytetyn peilipinnan heijastuskertoimen muutosta tai mittaamalla jäähdytetyn kvartsikiteen ominaistaaajuuden muutosta sen pinnalle kertyvän massan havaitsemiseksi, tai havaitsemalla pinta-aaltoanturin ominaistaaajuuden tai vaimennuksen muutosta joista voidaan havaita kasteen kertyminen. Kastepisteen mittaukseen liittyy luonnollisesti myös kastepisteanturin aktiivisen pinnan lämpötilan mittaus.

25

Pinta-aaltoanturin käyttö kastepisteen ilmaisemiseen on tunnettu mm. US-patentista 4,378,168 sekä julkaisusta [K.A. Vetelino et al., *Sensors and Actuators* B35-36(1996) 91-98]

- 30 Pinta-aaltoanturia (SAW-anturi) käytetäänkin yleisesti kastepisteen mittaukseen. Pinta-aaltoanturin käytöllä saavutetaan optiseen mittaukseen nähden lisäetuja: Pinta-aaltoanturista voidaan mitata samanaikaisesti useita toisistaan riippumattomia sähköisiä parametreja (transmissio, taajuus, heijastuskerroin, impedanssi), joita analysoimalla voidaan saada tietoa anturin pinnalla olevan veden määrästä, olomuodosta sekä

35

anturin likaantumisesta. Pinta-aaltoanturin vaimennus- tai taajuusmuutos on tyypillisesti verrannollinen anturin pinnalla olevan massan muutokseen. Optisissa mittalaitteissa taas esim. kasteen pisarakoko tai jään pinnanlaatu voivat vaikuttaa voimakkaasti heijastus- tai sirontakertoimen käyttäytymiseen veden tai jään massan funktiona. Edelleen pinta-aaltoanturin herkkyys on parempi kuin mitä optisella menetelmällä voidaan saavuttaa.[Vetelino et al.]

10 Nykyisillä pinta-aaltoantureilla on kuitenkin samoja heikkouksia kuin optisilla antureilla: lämpötila-alueella 0°C - -40°C voi jäähdytetylle pinnalle kertyä kosteutta joko jään tai veden muodossa. Kosteuden kertymisen tasapainolämpötila (kaste- tai huurrepiste) on erilainen riippuen veden olo-
15 muodosta: 0°C lämpötilassa kaste- ja huurrepiste ovat samat, mutta -40°C lämpötilassa niiden ero on jo noin 4°C , mikä on erittäin suuri virhe verrattuna muutoin saavutettavaan n. $0,2^{\circ}\text{C}$ mittaustarkkuuteen.

20 K. Vetelino et al on havainnut jäätymisen nopeuttavan akustisen aallon etenemistä SAW-anturissa. Muutos ei kuitenkaan jää pysyväksi vaikka jäätymistila säilyisi, mikä tekee pelkän nopeuden (samalla taajuuden) ilmaisun epäluotettavaksi tavaksi ilmaista jään olemassaolo anturin pinnalla.

25

Tämän keksinnön tarkoituksena on poistaa edellä kuvatun tekniikan puutteellisuudet ja aikaansaada aivan uudentyyppinen menetelmä jäätymisen ilmaisemiseksi SAW-anturissa.

30 Keksintö perustuu siihen, että ilmaistaan mittaussignaalin stabiilisuus ja stabiilisuuden muutoksen avulla määritetään onko anturin jäätymistä tapahtunut. Stabiilisuuden ilmaisun tueksi voidaan käyttää myös muita pinta-aaltoanturista saatavia mittaustietoja jäätymistiedon varmistamiseksi kuten
35 esimerkiksi lämpötilatietoa. Keksinnön mukainen anturirakenne

puolestaan perustuu siihen, että anturin aktiiviseen pintaan muodostetaan jään kiteytymisen siemenpisteitä kuitujen tai kidemäisten epäpuhtauksien muodossa.

- 5 Täsmällisemmin sanottuna keksinnön mukaiselle menetelmälle on tunnusomaista se, mikä on esitetty patenttivaatimuksen 1 tunnusmerkkiosassa.

Keksinnön mukaiselle anturirakenteelle on puolestaan tunnus-
10 omasta se, mikä on esitetty patenttivaatimuksen 9 tunnusmerkkiosassa.

Keksinnön avulla saavutetaan huomattavia etuja.

- 15 Keksinnön mukaisella ratkaisulla voidaan anturin jäätyminen ilmaista luotettavasti ja näin parantaa anturin suorituskykyä merkittävästi. Keksinnön mukainen anturirakenne puolestaan pienentää anturin läpi kulkevan signaalin taajuuden kohinaa huurrepistemittauksessa ja pidentää veden jäätyksen aiheut-
20 taman taajuusmuutoksen kestoa sekä edesauttaa veden jäätymistä lähempänä 0°C lämpötilaa, mikä pitää kaste- ja huurrepisteen eron pienempänä kuin sileäpintaaisessa anturissa.

- .. Keksinnön mukaisella anturirakenteella voidaan jäätymistapahtuma saada alkamaan hallitummin ja siten, että jäätymistapahtuman lämpötila on paremmin ennustettavissa, mikä pitää mittauksen epävarmuuden sileäpintaaiseen anturiin verrattuna pienempänä silloin kun ei tiedetä varmasti mitataanko kaste-
30 vai huurrepistettä.

Keksintöä ryhdytään seuraavassa lähemmin tarkastelemaan oheisten kuvioiden mukaisten suoritusesimerkkien avulla.

- Kuvio 1 esittää periaatekytkentää keksinnön mukaisesta mitta-
35 laitteesta.

Kuvio 2 esittää mittaussignaalin käyttäytymistä jäätymistilanteessa.

Kuvio 3 esittää mittaussignaalin taajuuskäyttäytymistä transmission funktiona kun anturilla ei ole jäätä.

Kuvio 4 esittää mittaussignaalin taajuuskäyttäytymistä transmission funktiona kun anturi on jäätynyt.

Kuvio 5 esittää leikattuna sivukuvantona yhtä keksinnön mukaista SWA-anturirakennetta, joka on liimattu keraamiseen substraattiin.

Kuvio 6 esittää leikattuna sivukuvantona kuvion 5 mukaista rakenennetta, joka on flip-chip-bondattu keraamiseen substraattiin.

SAW-anturilla tarkoitetaan tässä dokumentissa anturia, jonka mitattavalle suureelle alttiina olevalla alueella akustinen pinta-aalto kykenee etenemään. Tyypillisesti anturi kokonaisuudessaan on pietsosähköistä materiaalia ja siihen sisältyy lähettävät elektrodirakenteet pinta-aallon synnyttämiseksi sekä vastaanottavat elektrodirakenteet pinta-aallon vastaanottamiseksi.

25

Kuviossa 1 on esitetty SAW-anturin tyypillinen oskillaattorikytkentä, jossa pinta-aalto kulkee kvartsisubstraattia pitkin IDT-antennista toiseen. Kytkentä käsittää operatiiovahvistimen 1, anturielementin 2 ja sovitinkelat 3 ja 4, joiden avulla anturin impedanssi sovitetaan halutuksi. Itse anturi 2 käsittää sormielektrodiparit 5 ja 6, jotka ovat toisista päistään kytketty maapotentiaaliin ja toisista päistään sovitinkeloihin 3 ja 4. Sormielektrodipari 5 toimii akustisen aallon muodostajana ja sormielektrodipari 6 aallon vastaanottajana. Sormielektrodeja 5 ja 6 kutsutaan myös IDT-antenneiksi. Pinta-aaltoanturin 2 pinnalle, elektrodiparien

5 ja 6 väliin mittausalueelle 7 muodostuva huurre tai kaste vaimentaa pinta-aaltoa, jolloin anturin läpi kulkevaa amplitudia mittaamalla saadaan tieto kasteen tai huurteen määrästä. Pinta-aaltoanturin pinnalle muodostuva kaste pienentää pinta-aallon kulkunopeutta, jolloin aallonpituuden ollessa anturin pinnalla olevien antennikuvioiden määräämä, myös läpimenevän signaalin taajuus pienenee [Vetelino et al.].

Anturin 2 pinnalle kondensoituneen veden massan jakautuminen ja mekaaniset ominaisuudet muuttuvat jäätymisen yhteydessä. Massajakauma muuttuu kun tasaisesti pieniksi pisaroiksi jakautunut kaste muodostaa suhteellisesti suurempia jääkertymiä. Anturin ominaisuuksiin vaikuttaa myös esimerkiksi jään kyky välittää leikkausvoimia. Nämä muutokset näkyvät pääasi-
allisesti pinta-aallon nopeuden muutoksena, mutta myös sähköisen ja akustisen signaalin kytkeytymisefektiivisyyden sekä anturin transmission muutoksina. Taajuuden muutoksen suunta ja suuruus ovat riippuvaisia useista seikoista: kondenssin määrästä jäätymishetkellä; jäätymisnopeudesta; muodostuvan jään kidemuodosta (kiinteää jäätä vai huurretta); siitä mihin kohtaan IDT-antennia 5 tai 6 ensimmäinen jääkertymä muodostuu.

Pienillä kondenssin määrillä em. taajuus yleensä kasvaa veden jäätyessä ja suurilla kondenssin määrillä taajuus putoaa. Päästökaistan tai oskillaattoriipiirin taajuuden äkillistä, tyypillisesti alle minuutissa tapahtuvaa hyppäystä voidaan siis käyttää havaitsemaan kasteen jäätymisen. Jäätymisprosessille tyypillistä on, että taajuuden heilahtelu (matalataajuinen kohina) kasvaa äkillisesti ensimmäisten jääkertymien muodostuessa. Tämä taajuuden heilahtelu on seurausta dynaamisesta prosessista, jossa anturin jäättömille alueille muodostunut kaste jäätyessään muuttaa akustista impedanssiaan sekä massan jakautumaa anturin aktiivisella alueella.

Kasteen jäätyminen tapahtuu sileäpintaisella SAW kastepisteanturilla tai optisen anturin heijastinpinnalla tyypillisesti -10°C ... -30°C välillä, joten jäätyispistettä ei voi suoraan päätellä lämpötilasta. Jäätyyshetkellä tapahtuvan

5 taajuusmuutoksen suuruus ja suunta on riippuvainen edellä mainittujen tekijöiden lisäksi taajuudesta, anturin geometriasta, sekä anturin ja tehonsyötön impedanssisovituksen taajuusriippuvuudesta. ST-leikatulle kvartsisubstraatille processoidulla SAW-anturilla, jonka päästökaistan keskitaajuus

10 on kuivana n. 77.4 MHz, tyypillinen taajuusmuutos anturin jäätyessä on tyypillisesti 20-200kHz. Julkaisusta [Vetelino et al.] tunnettua jäätyksen ilmaisumenetelmää, jäätyyshetkellä tapahtuvaa taajuuden kasvua ei siis voi käyttää luotettavana jää-vesitransition ilmaisijana, sillä ensinnäkin taajuuden muutoksen suunta ei ole aina sama, ja toiseksi jääty-

15 misen jälkeen jään massajakauma muuttuu tyypillisesti muutamman tunnin kuluessa siten että taajuus palaa lähelle arvoa, joka sillä oli ennen jäätymistä. Kuviossa 2 on esitetty taajuuden muutos jäätyyshetkellä käyttäen samaa anturia samassa

20 lämpötilassa, mutta kolmella eri kondensoituneen veden määrällä, jotka vastaavat anturin läpäisevän signaalin transmissioita 0,033, 0,025 ja 0,018 (kuivan anturin transmissio = 0,043). Jäätyminen on tapahtunut suunnilleen hetkellä

” t=6000s. Transmissiolla siis tarkoitetaan tässä yhteydessä

25 antennin 5 ja antennin 6 signaalien amplitudien neliöiden suhdetta.

Mittalaite, joka osaa tunnistaa anturin pinnalla olevan veden olomuodon toimii edullisesti siten että jäätyyshetki havaitaan taajuuden äkillisenä muutoksena tai taajuuden kohinan

30 äkillisenä kasvuna (anturin vaimennuksen avulla tulee samanaikaisesti valvoa, että taajuushyppäys ei aiheudu todellisesta kastepisteen muutoksesta) ja erityisellä lämpötilansäätöalgoritmillä varmistetaan, että anturin lämpötilan kohotessa

35 lähelle jään sulamispistettä anturi käytetään hetken ajan korkeammassa lämpötilassa, jotta anturin pinta kuivuu ja

anturi jäähtyessään alkaa jälleen mitata kastepistettä huurrepisteen asemesta. Tämän kuivatussyklin loputtua järjestelmää ohjaava ohjelmisto siis ilmoittaa anturin mittaavan kastepistettä, kunnes havaitaan uusi jäätymistä ilmaiseva taajuushyppäys.

Koska anturin pinnalla olevan kosteuden jäädyttyä anturin päästökaistan taajuus muuttuu epästabiiliksi, ei kondenssin määrää voi enää pitää vakiona pitämällä anturin taajuusasetusarvossaan säätämällä lämpötilaa ja sitä kautta kondenssin määrää, mikä menetelmä on tunnettu esimerkiksi julkaisusta [Grate et al., Analytical Chemistry. Vol 65, No 21, November 1, 1993 p. 945].

Taajuuden epästabiilisuutta voi siis käyttää hyväksi anturin pinnalla olevan veden olomuodon määrittämisessä. Anturin 2 pinnalla olevan kondenssin määrä pidetään vakiona edullisesti pitämällä anturin 2 läpi kulkevan signaalin vaimennus vakiona lämpötilaa ja sitä kautta kondenssin määrää säätämällä. Mittaamalla esimerkiksi taajuuden keskihajontaa saadaan vertailuluku, jonka arvo yhdessä lämpötilatiedon kanssa mahdollistaa anturin pinnalla olevan kondenssin olomuodon määrittämisen. Vaihtoehtoisesti voidaan mitata suureen $((\text{taajuus-vertailutaajuus}) - \text{vakio}) \cdot (\text{transmissio-vertailutransmissio})$ keskihajontaa. Vertailutaajuus ja vertailutransmissio ovat edullisesti kuivalle anturille mitatut parametrit. Vertailutaajuus ja -transmissio voivat olla myös esimerkiksi mittausjakson aikana mitattuja keskiarvoja.

Veden olomuoto anturin pinnalla voidaan edelleen selvittää muuttamalla kondenssin määrää t.s. anturin transmissiota, ja mittaamalla taajuus kullakin transmission arvolla. Jos taajuuden ja transmission suhde on lineaarinen kuvion 3 mukaisesti ja kulmakerroin on kullekin anturityypille ominainen, transmissio-taajuuskäyrän kulmakertoimelle määriteltujen virherajojen sisäpuolella, voidaan luotettavasti todeta, että

anturin pinnalla oleva vesi on nestemäisessä olomuodossa. Ominainen transmissio-taajuuskäyrä siis tulee määritellä kun anturin pinnalla oleva vesi on nestemäisessä olomuodossa. Jos taas kulmakerroin on hyvin suuri tai vastakkaismerkkinen ja/tai transmissio-taajuuskäyrässä on hyppäyksiä tai epäjatkuvuuksia kuvion 4 mukaisesti, anturin 2 pinnalla on jäätä. On huomattava, että taajuus-transmissiokuvaaja ei ole lineaarinen hyvin suurilla kondenssin määrillä (em. kuvissa vastaten transmissiota $>0,005$), vaikka anturin pinnalla olisikin nestemäistä vettä.

Taajuuden muutokseen perustuvaa kondenssin olomuodon ilmaisu voidaan edesauttaa tuomalla anturin aktiiviselle pinnalle esimerkiksi kidemäisiä tai kuitumaisia epäpuhtauksia, jotka toimivat jäätymisen siemenpisteinä. Epäpuhtauksien avulla anturin läpäisevän signaalin taajuuden kohina pienenee, jäätymisen aiheuttama taajuusmuutos on pitkäaikaisempi ja jäätyminen tapahtuu korkeammassa lämpötilassa kuin puhtaan pinnan tapauksessa (puhtaalla pinnalla tyypillisesti -22°C), jolloin kaste- ja huurrepisteen ero voidaan selkeämmin todeta ja vähentää näin mittausepävarmuutta.

Kastepisteanturin toiminnan kannalta on erittäin tärkeää, että mitattavalle kaasulle alttiina olevan rakenteen kylmin osa on juuri pinta-aaltoanturin aktiivinen alue, eli alue, jolle kertynyt kosteus muuttaa anturin vaimennusta ja taajuutta, joita mittaamalla itse kastepisteen havaitseminen tapahtuu. Edelleen on tärkeää, että lämpötilaa mittaava anturi on sijoitettu paikkaan, jossa sen lämpötila on mahdollisimman lähellä pinta-aaltoanturin aktiivisen pinnan lämpötilaa, tyypillisesti alle $0,2^{\circ}\text{C}$ päässä riippumatta ympäristön lämpötilasta tai käytetystä jäähdytystehosta. Jos anturin ympärillä on paljon kylmää, kosteutta kondensoivaa ei-aktiivista pinta-alaa, kasteen tai huurteen kertyminen anturin aktiiviselle alueelle hidastuu oleellisesti ja lisäksi mittauksesta tulee epästabiilimpi. Edellä mainitut ehdot

voidaan täyttää käyttämällä edullisesti kuvioiden 5 ja 4 mukaista metallista muotokappaletta, jonka muodon tai materiaalien valinnoilla voidaan muuttaa anturielementin tai piirilevyn minkä tahansa kohdan ja jäähdytys-elementin välistä lämmönjohtavuutta ja siten vaikuttaa anturin pinnan lämpötilajakaumaan.

Kuvioiden 5 ja 6 mukaisesti mittapää muodostuu seuraavista komponenteista: SAW kide 11 on kuvion 5 mukaisesti liimattu tai vaihtoehtoisesti kuvion 6 mukaisesti flip-chip-bondattu yhtenäisellä kaasutiiviillä saumalla 19 keraamiseen substraattiin 14. Kaasutiiviys saavutetaan puristamalla o-rengas 12 substraatin 14 ja suojuksen 13 väliin. Anturin alla on metallinen muotokappale 15, jonka avulla huolehditaan optimaalisesta lämpöjakaumasta. Anturin jäähdytys hoidetaan peltier-elementillä 16, joka on puristuksissa metallisen muotokappaleen 15 ja lämpöä ulos rakenteesta johtavan metallisydämen 17 (joka voi olla myös ns. lämpöpiippu) väliin. Rakenteen osien keskittämiseen voidaan käyttää kohdistuskehystä 18.

Ylläesitettyjen rakenteiden etuna on myös johtimien luotettava liittäminen SAW-anturin pinnalla oleviin antenneihin ja johtimien tuominen höyrytiiviisti mittapään rakenteen sisään: jos anturi on liimattu kuvion 5 mukaisesti substraatin päälle, voidaan SAW-anturin antennit lankabondata substraatilla olevien johdinten päihin ja johtimet voidaan tuoda mittapään sisään (alumina)substraatin läpi höyrytiiviiden läpivientien kautta, tai vaihtoehtoisesti o-renkaan ali, jolloin läpivientien ei tarvitse olla tiivis. Substraatin pinta tulee planarisoita lasikerroksella, jos johtimet tuodaan o-renkaan ali.

Jos käytetään kuvion 6 mukaista flip-chip-tekniikkaa, voidaan SAW-anturin antennit liittää substraatin pinnalla oleviin johtimiin samassa prosessissa kuin missä substraatin ja anturikiteen välinen höyrytiivis liitos tehdään. Tällöin substraatin pinnalla olevat johtimet ovat valmiiksi mittapään

sisäpuolella eikä läpivientejä tarvita. Kun läpivientejä ei tarvita, voidaan substraatin materiaalina käyttää esim. kvartsia, jolloin lämpölaajenemiskerrointen erot eivät aiheuta rakenteeseen haitallisia jännityksiä, olettaen että anturikiteen materiaaliksi on myös valittu kvartsi.

Toinen tapa varmistaa kasteen kertyminen ainoastaan aktiiviselle alueelle on pinnoittaa mitattavalle kondensoitumiselle alttiit pinnat hydrofobisella materiaalilla, esimerkiksi polytetrafluoroetyleenillä.

Anturin pinnalla olevan veden olomuoto voidaan myös selvittää käyttämällä samassa anturissa kahta eri akustista aaltoa, esimerkiksi SAW (Rayleigh-aalto) ja TSM (transverse shear mode) tai SAW (Rayleigh-aalto) ja STW (surface transverse mode) aaltoja. Sekä TSM että STW aalloissa anturin pinnan liike tapahtuu pinnan suuntaisessa tasossa, kun taas SAW aallossa liikettä tapahtuu myös pintaa vastaan kohtisuoraan. Tämän eron vuoksi TSM ja STW aaltojen taajuus riippuu voimakkaammin veden jäätyessä tapahtuvasta viskositeetin muutoksesta - STW-aallon tapauksessa myös leikkausmodulin muutoksesta - kuin SAW aaltojen taajuus. Näin ollen SAW ja TSM tai SAW ja STW aaltojen taajuuksien suhteellisten muutosten eroista voidaan päätellä anturin pinnalla olevan veden leikkausmodulin ja/tai viskositeetin muutos, joista puolestaan voidaan helposti päätellä onko vesi kiinteässä vai nestemäisessä olomuodossa.

STW-aalloilla toimivassa detektorissa on tyypillisesti esimerkiksi ohut kalvo anturin pinnalla estämässä aaltojen diffraktiota substraattiin. Edellämainitussa ohuessa pinnoitekalvossa kulkevia STW-aaltoja kutsutaan Love-aalloiksi.

Patenttivaatimukset:

1. Menetelmä jäätymisen ilmaisemiseksi SAW-
5 kastepisteanturissa, jossa menetelmässä synnytetään SAW-
kastepisteanturiin akustinen pinta-aalto ja mitataan sen
muutosta kuten esimerkiksi vaimennusta,
- t u n n e t t u siitä, että
- 10 - määritetään akustisen pinta-aallon jonkin para-
metrin epästabiilisuus anturin (2) jäätymisen il-
maisemiseksi.
- 15 2. Patenttivaatimuksen 1 mukainen menetelmä, t u n n e t t u
siitä, että mitataan anturin (2) akustisen pinta-aallon vai-
mennusta ja ilmaistaan signaalin taajuuden epästabiilisuus ja
taajuuden epästabiilisuuden kasvamisesta päätellään anturin
(2) pinnalla olevan jäätä.
- 20 3. Patenttivaatimuksen 1 tai 2 mukainen menetelmä,
t u n n e t t u siitä, että anturin signaalista ilmaistaan
taajuusmuutos epästabiilisuuden muutoksen lisäksi.
- ..
- 25 4. Patenttivaatimuksen 1, 2 tai 3 mukainen menetelmä,
t u n n e t t u siitä, että anturin signaalin epästabiili-
suus ilmaistaan mittaamalla taajuuden keskihajontaa.
5. Patenttivaatimuksen 1, 2 tai 3 mukainen menetelmä
30 t u n n e t t u siitä, että suureen ((taajuus-
vertailutaajuus)-vakio*(transmissio-vertailutransmissio))
keskihajontaa mitataan ja määritetään vertailulukua, jonka
arvolla yhdessä lämpötilatiedon kanssa määritetään anturin
(2) pinnalla olevan kondenssin olomuoto.

6. Jonkin edellisen patenttivaatimuksen mukainen menetelmä
t u n n e t t u siitä, että anturin (2) läpi menevän akusti-
sen aallon taajuuden muutoksen havaitsemiseksi säätöjärjes-
telmän avulla pidetään pinta-aallon vaimennus vakiosuuruisena
5 ja lämpötilansäätöalgoritmin avulla kuivatetaan lyhytaikai-
sesti anturin pinta jos anturi on havaitun jäätyminen jälkeen
joutunut niin lähelle 0°C lämpötilaa, että anturin pinnalla
olevan veden olomuodosta ei voida olla varmoja.

10 7. Jonkin edellisen patenttivaatimuksen mukainen menetelmä
t u n n e t t u siitä, että pidetään nestefaasissa olevan
veden määrä pinta-aaltoanturin (2) pinnalla vakiosuuruisena
mittaamalla anturin läpi kulkevan pinta-aallon taajuutta
ja/tai vaimennusta, ja pidetään kiinteässä faasissa oleva
15 veden määrä anturin (2) pinnalla vakiona mittaamalla anturin
(2) läpi kulkevan pinta-aallon vaimennusta, ja havaitaan
veden olomuodon muutos anturin läpi kulkevan pinta-aallon
taajuuden kohinan muutoksesta tai taajuuden kohinan ja vai-
mennuksen avulla lasketun parametrin muutoksesta.

20 8. Jonkin edellisen patenttivaatimuksen mukainen menetelmä
t u n n e t t u siitä, että pinta-aaltoanturin (2) pinnalla
olevan veden olomuodon havaitsemiseksi mitataan anturin taa-
juuden ja transmission välisen suhteen lineaarisuus ja/tai
..
25 kulmakerroin vähintään kahdella eri transmission arvolla ja
verrataan tämän suhteen arvoa aiemmin mitattuun vertailuar-
voon.

30 9. SAW-kastepisteanturirakenne, joka käsittää mitattavalle
suureelle alttiina olevan alueen, aktiivisen pinnan (7),
jolla akustinen pinta-aalto kykenee etenemään, lähettävät
elektrodirakenteet (5) pinta-aallon synnyttämiseksi sekä
vastaanottavat elektrodirakenteet pinta-aallon vastaanottami-
seksi (6),

35 t u n n e t t u siitä, että

- anturin (2) aktiiviselle pinnalle (7) on sijoitettu esimerkiksi kidemäisiä tai kuitumaisia epäpuhtauksia, jotka toimivat jäätymisen siemenpisteinä.

5

10. Patenttivaatimuksen 9 mukainen anturirakenne t u n n e t t u siitä, että anturirakenteeseen on muodostettu höyrysulku puristamalla o-rengastiiviste (12) keraamisen piirilevyn (14) pintaa vasten.

11. Patenttivaatimuksen 9 tai 10 mukainen anturirakenne t u n n e t t u siitä, että keraaminen piirilevy (14) on liitetty pinta-aaltoanturin aktiiviselle puolelle flip-chip -tyyppisellä prosessilla, edullisesti siten että juotossauma liittää pinta-aaltoanturin (11) ja piirilevyn (14) toisiinsa hermeettisesti, ja että höyrysulku aikaansaadaan puristamalla o-rengastiiviste keraamisen piirilevyn pintaa vasten.

12. Patenttivaatimuksen 9, 10 tai 11 mukainen anturirakenne t u n n e t t u siitä, että o-rengastiivisteen tilalla on käytetty liimasaumaa joka on edullisesti epoksi- tai sili-konipohjaista liimaa.

13. Jonkin edellisen patenttivaatimuksen mukainen anturirakenne t u n n e t t u siitä, että mitattavalle kaasulle alttiina olevat jäähdytetyt osat, lukuunottamatta pinta-aaltoanturin aktiivista aluetta, on pinnoitettu hydrofobisella materiaalilla, esimerkiksi polytetrafluoroetyleenillä.

Patentkrav:

1. Förfarande för detektering av frysning i en SAW-
daggpunktsgivare, varvid en akustisk ytvåg alstras i SAW-
5 daggpunktsgivaren och en ändring hos densamma mäts, såsom till
exempel dämpningen,

k ä n n e t e c k n a t av att

10 - en instabilitet hos en parameter för den akustiska
ytvågen bestäms för detektering av frysningen i givaren
(2).

2. Förfarande enligt patentkrav 1, k ä n n e t e c k n a t av
15 att dämpningen hos den akustiska ytvågen i givaren (2) mäts
och instabiliteten hos en signalfrekvens detekteras, och av en
ökning av instabiliteten hos frekvensen dras slutsatsen att
det finns is på ytan av givaren (2).

20 3. Förfarande enligt patentkrav 1 eller 2, k ä n n e -
t e c k n a t av att en frekvensändring, förutom ändringen av
instabiliteten, detekteras utgående från givarsignalen.

25 4. Förfarande enligt patentkrav 1, 2 eller 3, k ä n n e -
t e c k n a t av att instabiliteten hos givarsignalen
detekteras genom mätning av standardavvikelsen hos frekvensen.

5. Förfarande enligt patentkrav 1, 2 eller 3, k ä n n e -
t e c k n a t av att standardavvikelsen hos en storhet
30 ((frekvens-referensfrekvens)-konstant*(transmission-referens-
transmission)) mäts och ett jämförelsetal bestäms, vars värde
tillsammans med en temperaturinformation används för
bestämning av aggregationstillståndet för kondensen på ytan av
givaren (2).

35

..

6. Förfarande enligt något av de föregående patentkraven, k ä n n e t e c k n a t av att dämpningen av ytvågen, för observation av frekvensändringen hos den genom givaren (2) löpande akustiska vågen, medelst ett regleringssystem hålls på en konstant nivå, och givarens yta medelst en temperaturregleringsalgoritm kortvarigt torkas, om givaren efter en observerad frysning kommit så nära temperaturen 0 °C, att man inte kan vara säker på aggregationstillståndet för vattnet på givarens yta.

10

7. Förfarande enligt något av de föregående patentkraven, k ä n n e t e c k n a t av att den vattenmängd på ytvågsgivarens (2) yta som befinner sig i vätskefas hålls på en konstant nivå genom mätning av frekvensen och/eller dämpningen hos den genom givaren löpande ytvågen, och den vattenmängd på givarens (2) yta som befinner sig i fast fas hålls på en konstant nivå genom mätning av dämpningen hos den genom givaren (2) löpande ytvågen, och ändringen av vattnets aggregationstillstånd observeras utgående från ändringen av frekvensbruset hos den genom givaren löpande ytvågen eller från ändringen av en medelst frekvensbruset och dämpningen beräknad parameter.

20

8. Förfarande enligt något av de föregående patentkraven, k ä n n e t e c k n a t av att lineariteten och/eller vinkelkoefficienten för förhållandet mellan givarfrekvensen och transmissionen mäts för observation av aggregationstillståndet för vattnet på ytvågsgivarens (2) yta medelst åtminstone två olika transmissionsvärden och värdet för detta förhållande jämförs med ett tidigare uppmätt referensvärde.

25

30

9. SAW-daggpunktsgivarkonstruktion omfattande ett område, som är mottagligt för en storhet avsedd för mätning, en aktiv yta (7), på vilken en akustisk ytvåg kan fortskrida, sändande

35

elektrodkonstruktioner (5) för alstring av en ytvåg, samt mottagande elektrodkonstruktioner för mottagning (6) av ytvågen,

5 k ä n n e t e c k n a d av att

- till exempel kristallartade eller fiberartade föroreningar, som fungerar som initiatorpunkter för frysningen, är anordnade på givarens (2) aktiva yta (7).

10

10. Givarkonstruktion enligt patentkrav 9, k ä n n e -
t e c k n a d av att en ångspärr är utformad i givarkonstruk-
tionen genom pressning av en o-ringpackning (12) mot en yta på
ett keramiskt kretskort (14).

15

11. Givarkonstruktion enligt patentkrav 9 eller 10,
k ä n n e t e c k n a d av att det keramiska kretskortet (14)
är anslutet till ytvågsgivarens aktiva yta medelst en process
av typen flip-chip, företrädesvis på så sätt, att en lodfog
20 hermetiskt förbinder ytvågsgivaren (11) och kretskortet (14)
med varandra, och att ångspärren åstadkoms genom pressning av
o-ringpackningen mot ytan av det keramiska kretskortet.

25

12. Givarkonstruktion enligt patentkrav 9, 10 eller 11,
k ä n n e t e c k n a d av att det i stället för o-ringpack-
ningen har använts en limfog, som företrädesvis utgörs av
epoxi- eller silikonbaserat lim.

30

13. Givarkonstruktion enligt något av de föregående
patentkraven, k ä n n e t e c k n a d av att de kyl-
delarna, som är utsatta för den för mätning avsedda gasen,
utom ytvågsgivarens aktiva område, är belagda med ett
hydrofobiskt material, till exempel polytetrafluoretylen.

∴

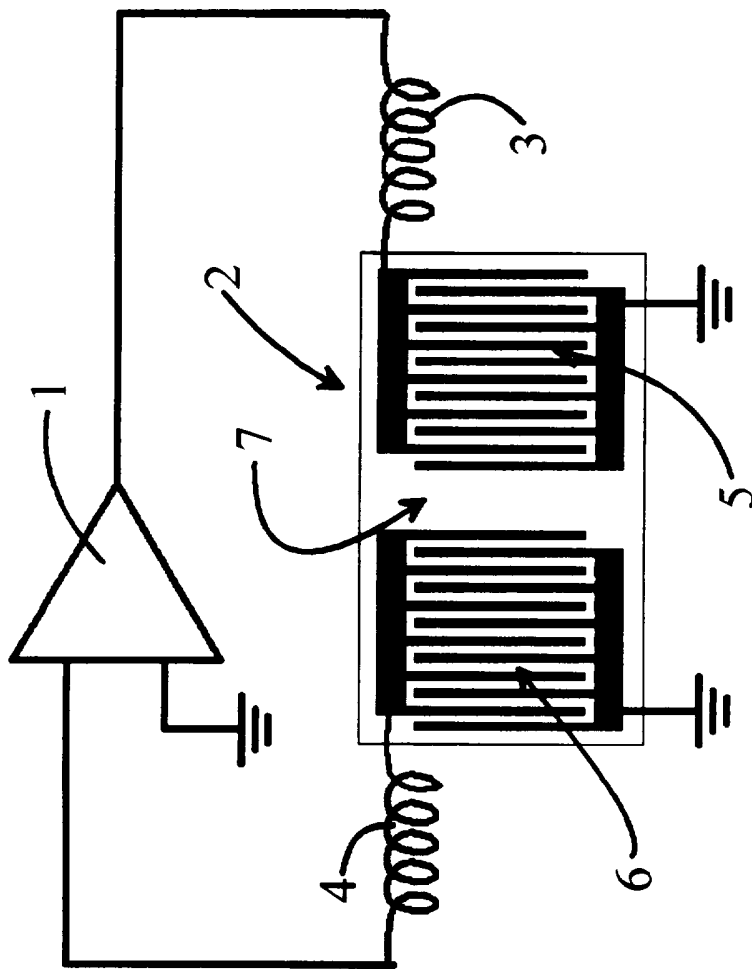


Fig. 1

Taajuuden stabiiliisuus ennen ja jälkeen jäätymisen

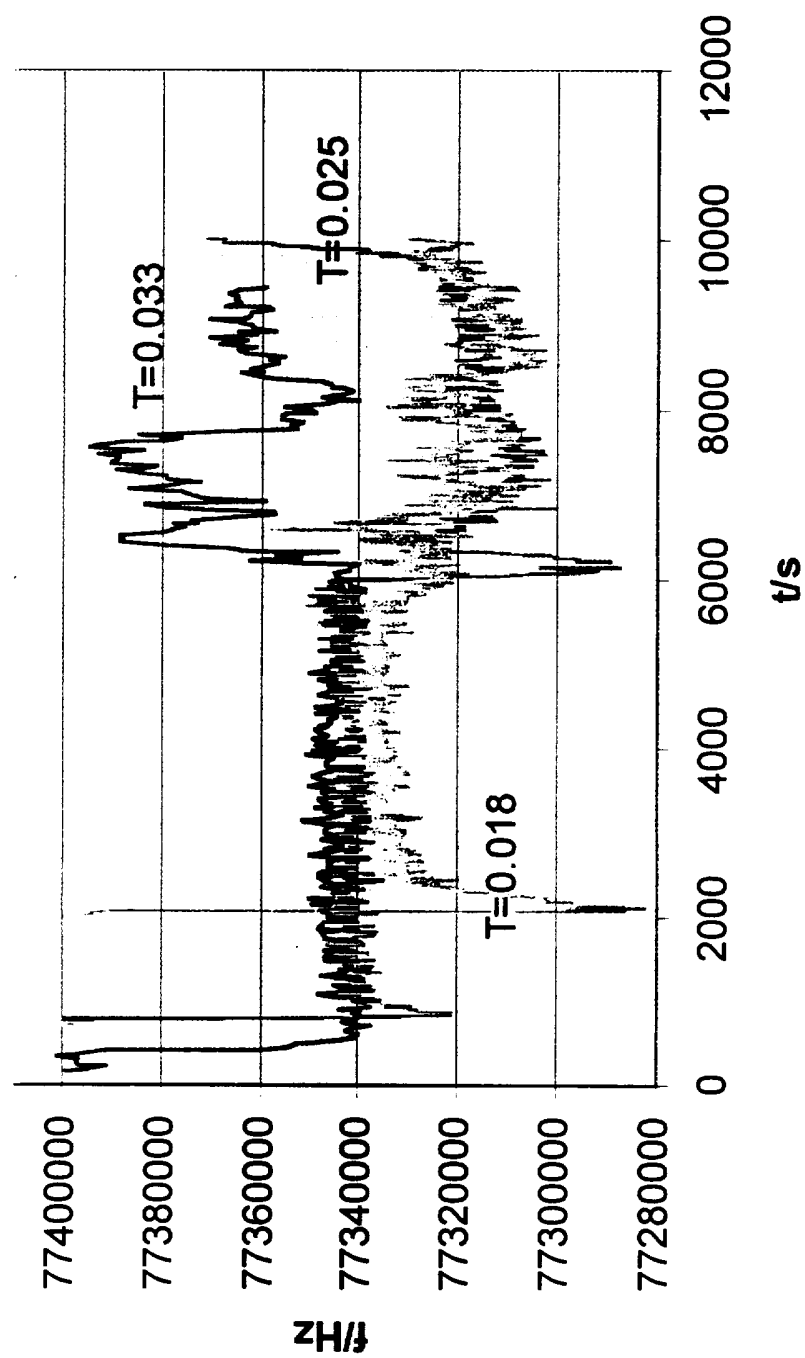


Fig. 2

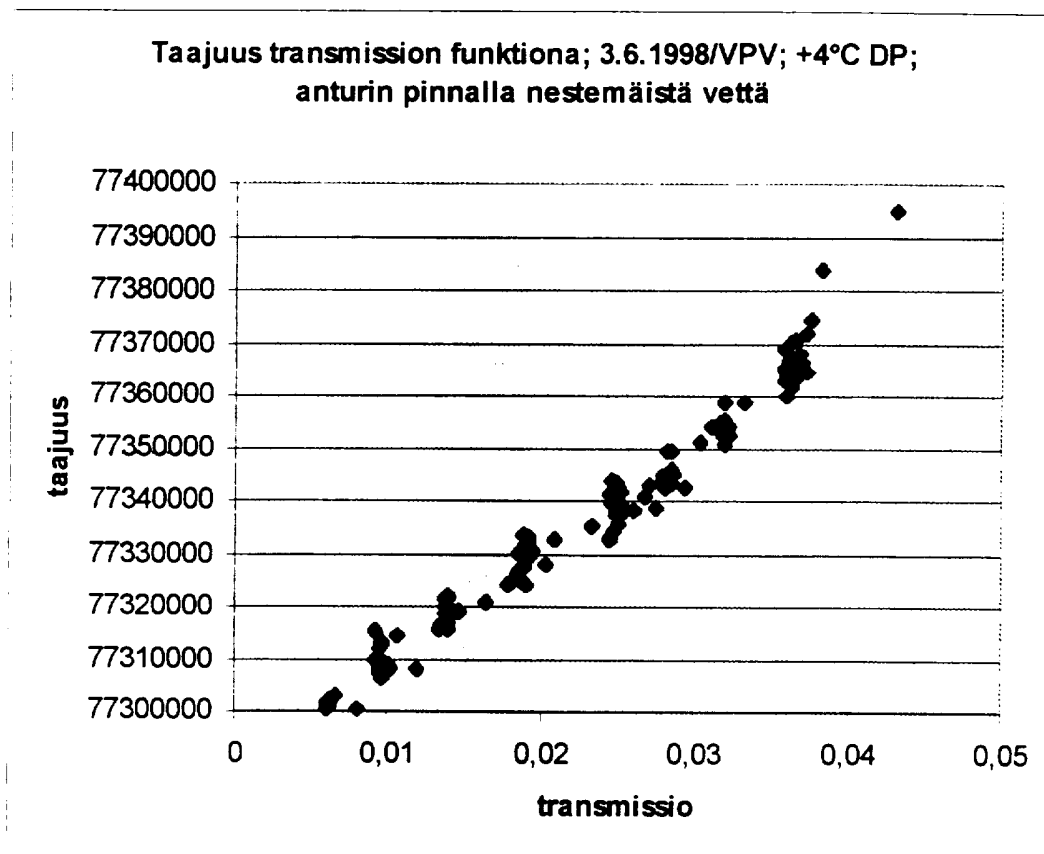


Fig. 3

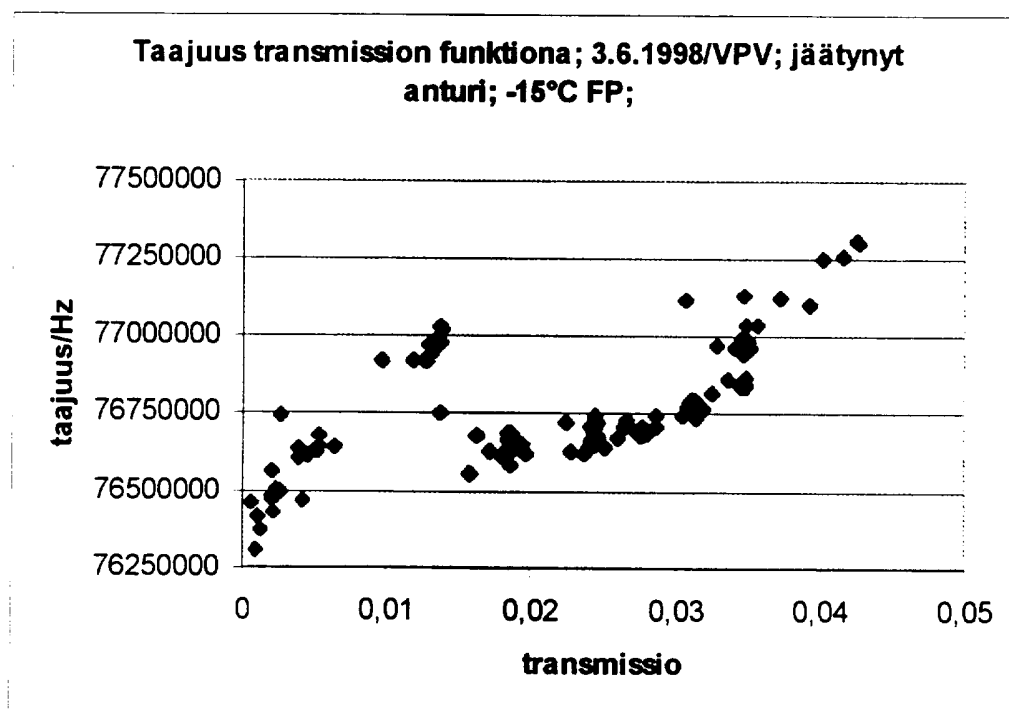


Fig. 4

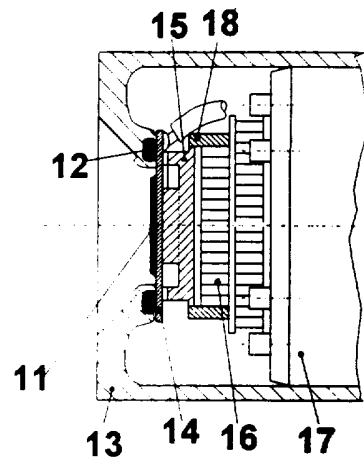


Fig. 5

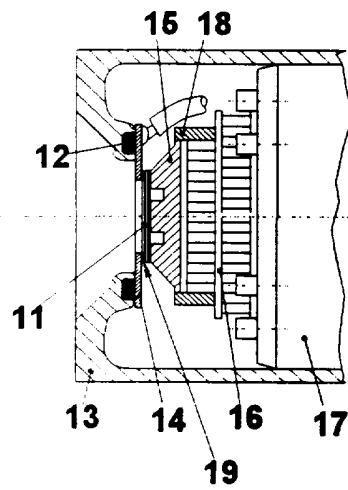


Fig. 6