



F 10000984108



(B) (11) KUULUTUSJULKAISU
UTLAGGNINGSSKRIFT 98410
C (45) Patentti myönnetty
Patent meddelat 10 06 1997

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

G 01N 21/69

SUOMI-FINLAND
(FI)

Patentti- ja rekisterihallitus
Patent- och registerstyrelsen

(21) Patenttihakemus - Patentansökning	935682
(22) Hakemispäivä - Ansökningsdag	16.12.93
(24) Alkupäivä - Löpdag	16.12.93
(41) Tullut julkiseksi - Blivit offentlig	17.06.95
(44) Nähtäväksipanon ja kuul.julkaisun pvm. - Ansökan utlagd och utl.skriften publicerad	28.02.97

(71) Hakija - Sökande

1. Instrumentarium Oy, Kuortaneenkatu 2, 00510 Helsinki, (FI)

(72) Keksijä - Uppfinnare

1. Weckström, Kurt Peter, Frasavägen 8 A, 02710 Espoo, (FI)

(74) Asiamies - Ombud: Berggren Oy Ab

(54) Keksinnön nimitys - Uppfinningens benämning

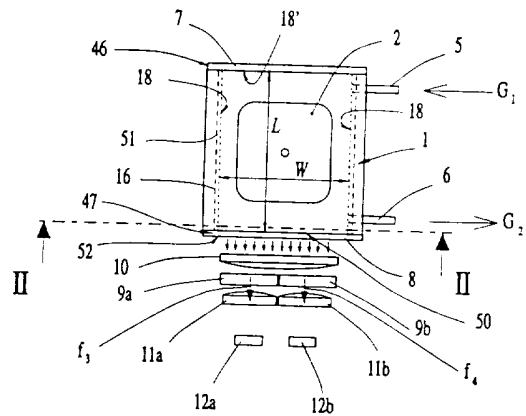
Kaaseuseosten analysointiin käytettävä mittausanturi ja mittausjärjestely
Mätgivare och mättningsanordning för analysering av gasblandningar

(56) Viitejulkaisut - Anförda publikationer

FI A 337933 (G 01N 21/69), US A 2943223 (313-201), WO A 93/10438 (G 01N 21/69)

(57) Tiivistelmä - Sammandrag

Keksintö kohdistuu mittausanturiin kaaseuseosten spektroskooppiseen analysointiin hiljaisen sähköpurkauksen avulla. Mittausanturi (1) käsittää kammion (4), jossa on dielektristä materiaalia oleva seinämä (16), tässä seinämässä virtausyhteet (5, 6), joiden kautta analysoitava kaaseuseos johdetaan (G_1) kammioon ja sieltä ulos (G_2) ulkoilman painetta vastaavassa paineessa (P), kammion vastakkaisilla pinnoilla elektrodit (2, 3), joiden välille on järjestetty korkea vaihtojännite (U) ja tässä seinämässä ainakin yhden ikkunan (8), joka on mitattavia aallonpituuksia läpäisevä. Lisäksi anturi käsittää valonilmaisinelimen (12), joka mittaa ikkunan kautta tulevan emittoituneen säteilyn intensiteettiä. Mainitun korkean vaihtojännitteen (U) taajuus on vähintään suuruusluokkaa 10 kHz ei-ionisoivaan molekyylien ja/tai atomien virittymiseen perustuvan säteilyemission synnyttämiseksi kaaseuseokseen (G). Keksinnön mukainen mittausjärjestely käsittää jollakin toisella mittausperiaatteella toimivan mittausanturin, josta saadun signaalin avulla analysoidaan ainakin jokin kaaseuseoksessa oleva toinen kaasukomponentti käyttäen laskentayksikköä. Mittausarvot voidaan tulostaa erikseen tai niiden avulla voidaan tarkistaa eri mittausantureista saatuja analysointituloksia ja tarvittaessa suorittaa tulosten oikaisuja.



Uppfinningen avser en mät-detektor för spektroskopisk analysering av gasblandningar medelst en stum elektrisk urladdning. Mät-detektorn (1) innefattar en kammare (4) med en vägg (16) bestående av ett dielektriskt material, strömningsförbindningar (5, 6) i denna vägg, genom vilka gasen som skall analyseras leds (G_1) in i kammaren och ut (G_2) därifrån under ett tryck (P) som motsvarar atmosfärtrycket, elektroder (2, 3) på kammarens motsatta ytor, mellan vilka en hög växelspanning (U) har anordnats och i denna vägg minst ett fönster (8), som är genomsläppligt för de våglängder som mätes. Mät-detektorn ytterligare innefattar ett ljussensorelement (12), som mäter intensiteten för den emitterade strålningen, som kommer ut genom fönstret. Frekvensen för den höga växelspanningen (U) ligger minst i storleksordningen av 10 kHz för att alstra strålnings-emission, som baserar sig på en icke-joniserande excitering av molekyler och/eller atomer inom gasblandningen (G). Mätarrangemanget enligt uppfinningen innefattar en mät-detektor, som fungerar enligt någon annan mätprincip, och med hjälp av signalen från denna analyseras minst någon annan gaskomponent i gasblandningen med användning av en räkneenhet. Mätvärden kan utmatas såsom skilda eller med desamma kan kollas analyseringsresultaten från skilda mät-detektorer och resultatens korrigeringar kan genomföras vid behov.

Kaasuseosten analysointiin käytettävä mittausanturi ja mittausjärjestely

5 Keksintö koskee mittausanturia kaasuseosten spektroskooppiseen analysointiin hil-
jaisen sähköpurkauksen avulla mittausanturin koostuessa kammioista, joka käsittää:
pääasiassa dielektristä materiaalia olevan kammiota ympäröivän seinämän; tässä
seinämässä läpimenevät virtausyhteet, joiden kautta analysoitava kaasuseos johde-
taan kammioon ja sieltä ulos likimain ulkoilman painetta vastaavassa paineessa;
10 kammion vastakkaisilla pinnoilla elektrodit, joiden välille on järjestetty korkea
vaihtojännite; ja tässä seinämässä ainakin yhden ikkunan, joka on mitattavia aallon-
pituuksia läpäisevä; sekä vähintään yhdestä valoilmaisinelistä, joka on sijoitettu
mittaamaan mainitun ikkunan kautta tulevan säteilyn intensiteettiä. Keksintö koskee
myös mittausjärjestelyä kaasuseosten analysoimiseksi mittausjärjestelyn käsittäessä
15 ainakin: spektroskooppisella ensimmäisellä mittausperiaatteella toimivan mittausan-
turin, jonka valoilmaisinelin antaa sähköisen signaalin siitä kaasuseoksessa tapahtu-
van hiljaisen sähköpurkauksen antamasta säteilyemissiosta, jonka korkeajännitteinen
sähkökenttä aikaansaa likimain ulkoilman paineessa ja tietyssä tilavuudessa olevassa
mainituksessa kaasuseoksessa; ja laskentayksikön kulloinkin mitattavan ainakin ensim-
mäisen kaasukomponentin ja/tai sen pitoisuuden määrittämiseksi saadun sähköisen
20 signaalin perusteella.

Erityisesti keksintö koskee anturia ja mittausjärjestelyä sellaisten kaasujen ja kaasu-
seosten kaasukomponenttien pitoisuuden mittaamiseen, jotka sisältävät toisaalta sel-
laisia kaasukomponentteja, joilla ei ole infrapuna-absorptiota tai joita ei voida mita-
25 ta paramagneettisesti tai muilla passiivisilla mittausmenetelmillä ja jotka sisältävät
tyypillisesti sellaisia kaasukomponentteja, jotka dissosioituvat helposti ulkopuolelta
tuodun aktivointienergian kuten sähkökentän tai vastaavan vaikutuksesta.

Mittausanturi ja -järjestely soveltuvat erityisesti kaasuseoksissa, kuten anestesian
30 yhteydessä käytettävissä kaasuseoksissa, olevan typen, heliumin, argonin, ksenonin
ja muiden jalokaasujen pitoisuuden mittaamiseen. Mittausanturi ja -järjestely saatta-
vat soveltua myös vedyn, kloorin ja fluorin pitoisuuksien mittaamiseen.

Kaasuseoksissa kaasukomponenttien pitoisuuksien mittaukset perustuvat yleisimmin
35 infrapunatekniikkaan, jossa kaasun aiheuttama infrapuna-absorptio läpimenevään
säteilyyn on riippuvainen molekyylien lukumäärästä eli kaasukomponentin pitoisuu-
desta. Julkaisussa US-4 233 513 on kuvattu eräs tällaista tyyppiä oleva mittausjär-
jestely. Menetelmää käytetään esimerkiksi potilasmonitoreissa hiilidioksidin, typpi-

oksiduulin ts. ilokaasun ja anestesiakaasujen mittaamiseen. Mittaustarkkuus ja -luotettavuus ovat suhteellisen hyvät, mutta ongelmana on se, ettei kaikilla kiinnostavilla kaasuilla ole infrapuna-absorptiota. Tällaisiin kuuluvat kaikki atomaariset kaasut kuten jalokaasut ja kaikki homonukleaariset diatomaariset molekyylit kuten happi, typpi, vety, kloori ja fluori.

Hapen mittaaminen perustuu yleisesti kemialliseen reaktioon tai paramagneettisen ilmiön hyväksikäyttöön. Julkaisussa US-4 633 705 on kuvattu eräs happipitoisuuden määrittämiseen soveltuva paramagneettisuuteen perustuva mittausturina, jonka tarkkuus ja luotettavuus ovat hyvät. Kemialliseen ilmiöön perustuvat mittausturinat ovat taas useisiin käyttökohteisiin liian hitaita kun verrataan niiden mittausturinaa kohdekaasun muutosten vaihtelunopeuteen.

Ramanilmiötä on yritetty käyttää sekä typen että hapen ilmaistamiseen, mutta siron-tailmiö on äärimmäisen heikko ja niin pienen ja halvan mittausturinan rakentaminen, että se soveltuisi rutiininomaiseen käyttöön esimerkiksi sairaaloissa, ei tämän vuoksi ole ainakaan nykyisin tunnetulla tekniikalla mahdollista. Jalokaasuilla ei ole edes ramansirontaa, joten niiden mittaamiseen on käytetty massaspektrometriaa. Tämäkin laite on kuitenkin kallis ja isokokoinen ja vaatii matalaa kaasunpaineita toimiakseen, joten sekään ei ole edullinen esim. sairaaloiden leikkauskäyttöön.

Ramanilmiöön ja massaspektrometriaan perustuvat mittausturinat ovat lisäksi epäherkkiä esim. typen pienille pitoisuuksille. Kaasukromatografiaa voidaan käyttää kaasukomponenttien selvittämiseen ja niiden pitoisuuden mittaamiseen, mutta tämäkin menetelmä on hidaskäyttöinen eikä soveltu jatkuvaan mittaamiseen.

On tunnettua analysoida kaasuseoksia ja määrittää niissä olevien kaasukomponenttien pitoisuuksia kromatografisesti ja spektroskooppisesti johtamalla tutkittava kaasuseos kammioon ja kohdistamalla siihen sähkökenttä sekä mittaamalla syntyneen säteilyn intensiteettiä eri aallonpituuksilla. Tällainen sähköpurkaukseen perustuva kaasuanturi on esitetty esimerkiksi julkaisussa US-4 898 465. Tässä mittausturinassa pidetään tutkittava kaasuseos hyvin pienessä paineessa, jolloin sähkökentän vaikutuksesta syntyy tavanomainen ja monessa muussakin yhteydessä tunnettu ja käytetty hohtopurkaus. Hohtopurkauksessa suuri ja useimmiten suurin osa kaasusta tai kaasuista on ionisoituneena. Kyseinen laite vaatii siten toimiakseen paineen, joka on ainakin alle 0,01 bar ja usein alle 0,003 bar, minkä paineisen näytteen otto ulkoilman paineisesta tai korkeampipaineisesta tutkittavasta kaasuvirrasta jatkuvana prosessina aiheuttaa huomattavia ongelmia. Lisäksi voimakas ionisoituminen myös dissosioi

ainakin kaasuseoksessa olevia suurimolekyylisiä kaasuja, kuten anestesiakaasuja, mikä johtaa virheellisiin mittaustuloksiin.

5 Toisenlainen säteilylähde on kuvattu julkaisussa US-5 118 989. Julkaisun mukaisessa tutkittavaa kaasua sisältävässä kammiossa elektrodit sijaitsevat kammion samalla sivulla lomittain ja muodostavat näin vähän varjostavan pintapurkaukseen, ts. koronapurkaukseen, perustuvan säteilylähteen. Tarkoituksena on synnyttää eksimer-
10 plasma, joka säteilee UV-säteilyä. Koska molemmat elektrodit ovat samalla sivulla kammiota, niin suurin osa sähkökentästä muodostuu eristeen sisään ja vain pieni osa näytekaasuun. Näin ollen viritystehokkuus on huono ja joudutaan käyttämään korkeaa jännitettä ja mahdollisesti normaalia ilmapainetta matalampaa painetta. Joka tapauksessa tarkoituksena on muodostaa plasmaa, ts. huomattavan voimakkaasti ionisoitunutta kaasua. Tällä säteilylähteellä on siten samat haittapuolet kuin edellä kuvatulla anturilla.

15 Julkaisussa US-3 336 493 kuvattu kaasukromatografiaan soveltuva ionisaatiokenno on tarkoitettu tuottamaan suuri purkaus- ja valoteho, minkä takia olennainen osa kennon rakenteesta on elektrodien jäähdytysjärjestelmää. Kuvattu ratkaisu tuskin soveltuu muita kuin atomaarisia ja diatomaarisia kaasukomponentteja sisältävien
20 kaasuseosten analysointiin, koska se hajottaa suurempimolekyylisten kaasujen molekyylit. Tällä ratkaisulla on myös samat haittapuolet kuin edellä on kuvattu.

Tunnetaan myös niin kutsuttuun hiljaiseen sähköpurkaukseen perustuva säteilylähde
25 käytettäväksi kaasuseosten spektroskooppiseen analysointiin. Samalla periaatteella toimivaa laitetta on käytetty myös otsonigeneraattorina. Tällainen hiljainen sähköpurkaus tapahtuu sähköä eristävällä materiaalilla ympäröidyssä kaasussa normaalissa ilmanpaineessa, kun viritukseen käytetään suurjännitteistä yleensä verkkotaajuista 50-60 Hz vaihtovirtaa. Tasavirralla hiljainen purkaus ei toimi. Kaasuviritys
30 tapahtuu lukuisissa mikropurkauksissa ja otsonigeneraattorissa on tarkoituksena ionisoida ja dissosoida happi mahdollisimman tehokkaasti. Julkaisussa *Analytical Chemistry*: vol. 34, no.10, September 1962, s.1254-1260: "Emission Spectrometric Method and Analyzer for Traces of Nitrogen in Argon", on kuvattu mittausanturi epäpuhtautena olevan typen pienien pitoisuuksien määrittämiseksi teollisesti valmistettavassa argonkaasussa. Sama anturi on kuvattu myös julkaisussa US-2 943 223.
35 Näiden kahden julkaisun mukaisessa anturissa kaasumolekyylien viritys ja purkaus synnytetään ulkoilman paineessa ja lasikammiossa olevaan kaasuseokseen korkealla vaihtojännitteellä. Vaihtojännite synnytetään jännitteennostomuuntajalla verkkovirrasta, jonka taajuus on 60 Hz ja jännitteeksi suositellaan arvoa 10 kV. Julkaisuissa

todetaan, että purkaus argonissa alkaa jännitteessä noin 3 kV ja että korkeammissa jännitteissä esimerkiksi yli 15 kV kammion lasi alkaa vaurioitua ja kammioon syntyy paikallisia valokaaripurkauksia. Esitetty järjestely soveltuu julkaisuissa esitettyjen pienimolekyylisten kaasujen hyvin yksinkertaisten seosten (argon+typpi) analysointiin, mutta ei useampia eikä suurempimolekyylisiä kaasukomponentteja sisältävien kaasuseosten analysointiin, koska kyseisen tyyppinen sähkökenttä aiheuttaa suurempimolekyylisten kaasujen dissosioitumista ja/tai virheellistä virittymistä. Tuloksena on kaasukomponenttien virheellisiä pitoisuuden mittaustuloksia, joita ei voida laskennallisesti oikaista. Lisäksi julkaisuissa säteilylähteenä toimiva näytekammio on pitkä ja isokokoinen, kun sopivana kammion pituutena pidettiin 200 - 250 mm, leveytenä 25 - 50 mm ja purkausetäisyytenä 5 mm. Tästä syntyvä kammi-
on tilavuus olisi pienimmillään jo 25 cm^3 , ja sopivana kaasun tilavuusvirtana pidettiin 2,3 l/min, joka on aivan liikaa sovellutuksiin, joissa tilavuusvirta on pieni ja/tai joissa pitoisuusmittaukseen voidaan ottaa vain pieni osa kohteena olevasta käyttöön
menevästä tilavuusvirrasta.

Tämän keksinnön yleisenä tavoitteena on ollut poistaa edellä selostettuja ongelmia ja saada aikaan pieni ja halpa mittaussanturi ja mittaussjärjestely, joka soveltuu likimain normaalissa ilmanpaineessa olevan sellaisen kaasuseoksen, jossa on useita ja mahdollisesti myös suurimolekyylisiä kaasukomponentteja, kaasukomponenttien tunnistamiseen sekä niiden pitoisuuksien mittaamiseen, ts. kaasuseoksen ja sen komponenttien analysointiin. Erityisesti keksinnön tavoitteena on siis sellainen mittaussanturi, jossa ei tapahtuisi lainkaan tai mahdollisimman vähän molekyyliden dissosioitumista ja ionisoitumista ja joka on riittävän nopea ja mahdollistaa hyvinkin pienellä kaasun tilavuusvirralla esim. enintään noin 200 ml/min joko oleellisesti jatkuvan mittaustuloksen tai ainakin potilasvalvonnassa potilaan hengitykseen tahdistettuna reaaliaikaisen mittaustuloksen jokaista hengitysjaksoa kohden. Edelleen keksinnön tavoitteena on mittaussanturi, joka toimii ainakin pääpiirteittäin kaikissa sellaisissa kaasuseoksen paineissa, joissa ihmisen toiminta ilman apulaitteita on mahdollista. Keksinnön tavoitteena on mittaussanturi ja mittaussjärjestely, joka soveltuu kaasuseoksessa varsinkin sellaisten kaasukomponenttien tunnistukseen ja pitoisuusmittaukseen, joilla ei ole selvää tai muuten käyttökelpoista infrapuna-absorptiota tai muuta sopivaa säteilyabsorptiota tms. ja joita ei voida mitata esim. paramagneettisuutta hyväksi käyttäen. Keksinnön tavoitteena on lisäksi mittaussanturi, jolla voidaan samaa mittausskammiota käyttäen määrittää useiden kaasuseoksessa olevien komponenttien arvot tunnistusta ja pitoisuuden saamista varten, joko samanaikaisesti tai hyvin pienin aikaväleihin. Keksinnön tavoitteena on myös mittaussjärjestely, jonka avulla saadaan tarvittaessa oikaistua eri mittaussmenetelmillä, joita ovat ainakin

spektroskooppinen analysointi hiljaisen kaasupurkauksen avulla, infrapuna-absorptioanalyysi ja paramagneettinen analyysi, saatuja kaasukomponenttien tunnistus- ja pitoisuusmittausarvoja. Edelleen tavoitteena on laite, joka olisi kokonaisuudessaan suhteellisen pieni, mahdollisimman tarkka myös mitattavien kaasukomponenttien
5 pienillä pitoisuuksilla sekä kaasuseoksissa, joissa on useita tai monimutkaisia komponentteja. Laitteen tulisi olla luotettava ja hinnaltaan kohtuullinen.

Mitattavana kaasuna olisi ensisijaisesti typpi, mutta myös atomaariset kaasut kuten helium ja argon voivat tulla kysymykseen silloin kun sovellutuskohteena ovat anes-
10 tesiaassa käytettävät kaasut. Myös muita vastaavia kaasuja olisi pystyttävä mittaamaan. Nykyään käytetään yhä enemmän potilaan nukutuksen yhteydessä suljettua kaasupiiriä. Keuhkoista poistuu typpikaasu kun ilokaasu ja anestesiakaasut syötetään hengityspiiriin hapen kanssa. Typen valvonta on tämän takia tullut yhä tärkeämmäksi. Pienikin typpipitoisuuden nousu leikkauksen kestäessä voi esimerkiksi
15 hälyttää systeemissä olevasta vuodosta tai se voi olla seurauksena potilaalle vaarallisesta ilmaemboliasta, ts. verenkiertoon joutuneesta ilmasta. Siten keksinnön tavoitteena on anturi, jolla on hyvä herkkyys ja tarkkuus pienilläkin typen pitoisuuksilla esimerkiksi suuruusluokkaa 0,1-2 %, mutta jolla voidaan mitata suurempiakin
20 komponenttien pitoisuudet voivat tietenkin olla edellä mainittuun verrattuna huomattavan erisuuruisia.

Edellä kuvatut ongelmat saadaan ratkaistua ja edellä määritellyt tavoitteet saavutetaan keksinnön mukaisella mittausanturilla, jolle on tunnusomaista se, mitä on mää-
25 ritelty patenttivaatimuksen 1 tunnusmerkkiosassa, ja mittausjärjestelyllä, jolle on tunnusomaista se, mitä on määritelty patenttivaatimuksen 10 ja 19 tunnusmerkkiosassa.

Tämän keksinnön mukainen kaasuseoksen komponenttien mittausanturi ja -järjestely
30 on lähinnä suunniteltu potilasmonitorin yhdeksi komponentiksi mittaamaan käytettyjä kaasuseoksia. Keksinnön anturi pystyy mittaamaan esimerkiksi typpeä ja jalokaasuja, kuten helium ja argon, kaasuseoksissa, joissa on useita ja myös suurimolekyylisiä komponentteja. Anturi toimii normaalissa ja muussa ihmiselle kyseeseen tulevassa paineessa ja perustuu kaasuseoksen molekyylien sähköiseen viritykseen
35 suurtaajuuden korkeajännitteen avulla. Keksinnön mukaisen sähkökentän on yllättäen havaittu olevan senlaatuinen, ettei ainakaan huomattavaa dissosioitumista tapahdu kaasuseoksessa mahdollisesti olevissa diatomaarisia kaasuja suurimolekyylisemmissä kaasuihin, kuten CO₂, H₂O ja N₂O, eikä näitä suurimolekyylisemmissä-

kään kaasuissa, kuten halogenoiduissa hiilivedyissä, joita tässä käyttökohteessa ovat esim. halotaani, isofluraani, enfluraani, sevofluraani, desfluraani, eetteri ja trikloorietyleni.

- 5 Keksinnön mukainen anturi on herkin silloin kun tyypipitoisuus on pieni ja kyllästyy yhä enemmän kun tyypipitoisuus lähenee vähemmän kiinnostavaa ilman tyypipitoisuutta. Näin ollen anturi soveltuu erityisen hyvin juuri tavoitteena kuvattuun tilanteeseen. Mittausaluetta voidaan kuitenkin asetella valitsemalla mitattavat aallonpituudet tarkoituksenmukaisesti. Itsestään selvää on, että kyseistä ratkaisua voidaan
- 10 käyttää myös muihin sovellutuksiin, joissa on tunnistettava yksi tai useampi kaasukomponentti tai kaasukomponenttien pitoisuuksia mitataan. Mahdollisia muita käyttökohteita voisivat olla erilaiset turvallisuuteen liittyvät laitteet, kuten kaasuhälyttimet tai vastaavat. Muitakin käyttökohteita on löydettävissä. Anturin mittauskammio on myös tilavuudeltaan pieni, tyypillisesti suuruusluokkaa $0,1 \text{ cm}^3$, jolloin kaasu
- 15 kammiossa vaihtuu hyvinkin pienellä tilavuusvirralla nopeaan tahtiin mahdollistaen tarvittaessa reaaliaikaisen mittauksen taajuudella, joka voi olla viisi-kymmenen kertaa sekunnissa tai enemmän.

Seuraavassa keksintöä selostetaan yksityiskohtaisesti oheisiin piirustuksiin viittamalla.

20

Kuva 1A esittää keksinnön mukaisen mittausanturin erästä edullista toteutusmuotoa päältäpäin kuvion 1B suunnasta I nähtynä ja varustettuna valonilmaisinjärjestelyn yhdellä toteutusmuodolla, joka sisältää kapeat läpäisykaistat omaavat analysointisuodattimet.

25 Kuva 1B esittää poikkileikkausta kuvion 1A mittausanturista pitkin linjaa II-II.

Kuvat 2-4 esittävät poikkileikkauksia kolmesta muusta keksinnön mukaisen anturin toteutusmuodosta samassa kuvannossa kuin kuvio 1B.

30 Kuva 5A esittää keksinnön mukaista mittausanturia varustettuna valonilmaisinjärjestelyn toisella toteutusmuodolla, joka sisältää spektrometrin ja kaksi vaihtoehtoista tapaa vaihtaa valonilmaisimeen tulevaa aallonpituutta.

Kuva 5B esittää keksinnön valoilmisinjärjestelyn kolmatta toteutusmuotoa, joka on sovitettavissa kuviosta 5A ilmenevässä keksinnön mukaisessa mittausanturissa käytettävään spektrometriin.

35 Kuva 6 esittää kaaviomaisesti mittausjärjestelyn, joka sisältää keksinnön mukaisen mittausanturin, kaasuseoksen useiden kaasukomponenttien pitoisuuden määrittämiseksi.

Kuvio 7 kuvaa periaatteellisesti viritysjännitteen riippuvuutta elektrodien välimatkasta ja kaasunpaineesta.

Kuvien 1A ja 1B mukainen mittausanturi 1 käsittää sähköä eristävää ts. dielektristä materiaalia olevan seinämän 16, joka ympäröi mittauskammiota 4. Dielektrinen materiaali on edullisesti alumiinioksidia, titaanioksidia tai muun sopivan alkuaineen kuten hiilen, typen, boorin tai piin tai jonkin tai joidenkin metallien oksidia, nitridiä, 5 karbidia, boridia tai silisidiä tai kiteistä tai amorfista silikaattia, kuten lasia, SiO_2 (esim. kvartsi), tai sisäpuolelta dielektrisellä pinnoitteella päällystettyä muuta materiaalia tai tarkoitukseen sopivaa polymeerimateriaalia. Mahdollisen polymeerimateriaalin tulee olla niin tiivistä, ettei tutkittava kaasu kulkeudu tai diffundoidu mainittavasti sen läpi. Polymeerimateriaalin on myös oltava tutkittavaan kaasuun nähden 10 epäaktiivista tai inerttiä. Myös muuntyyppiset mineraalit, kuten kiille, soveltuvat seinämän 16 materiaaliksi, mutta niiden käyttö saattaa olla konstruktiivisesti ongelmallisempaa. Tässä tapauksessa mittauskammion 4 vastakkaisilla ulkopinnoilla 19a, 19b on levy- tai pintamaiset elektrodit 2 ja 3. Mittauskammio muodostaa siten toisistaan välimatkan H_2 päässä olevien sähköä johtavien elektrodien 2, 3 kanssa 15 eräänlaisen litteän levykondensaattorin, jonka eristemateriaalia olevan seinämän 16 sisään on muodostettu mittauskammio 4, johon analysoitava kaasu G johdetaan. Tähän mittauskammioon johdetaan mitattavaa kaasua tuloyhteen 5 läpi virtauksena G_1 ja kaasu poistuu kammioista lähtöyhteen 6 kautta virtauksena G_2 . Kammion tässä tapauksessa ulkopuolinen korkeus H_2 , ts. elektrodien 2, 3 välimatka, on edullisesti 20 pieni, korkeintaan noin 3 mm, ja edullisesti suuruusluokkaa 1 mm. Tällöin mittauskammion sisäpuolinen, ts. kaasuonkalon 4, korkeus H_1 on myöskin pieni ja mielellään alle 1 mm. Vaikutuksena saadaan mm. se, että molekyylien virittymiseen tarvittava korkeajännite U saadaan pysymään varsin kohtuullisena kuten kuvion 7 perusteella on todettavissa.

25

Mittauskammion 4 ensimmäisen päädyn tai seinämäosuuden 46 sisäpinnan 18' muodostaa edullisesti peilipinta 7, joka heijastaa kammiossa syntyvää säteilyä kohti toisen päädyn tai seinämäosuuden 47 muodostavaa ikkunaa 8, jonka kautta mitattava säteily, kuten valo, pääsee ulos kammioista ja valonilmaisuelimiin 12. Ikkunan 8 tulee olla sitä säteilyä ts. valoa läpäisevää, mitä mittakammiossa 4 oleva kaasu emittoi 30 sähkökentän vaikutuksesta. Riippuen ikkunan ulkopuolelle sijoitettavan valonilmaisinelimen tyypistä tulee ikkunamateriaalin lisäksi olla diffusiviteetiltään joko alhaisista, jolloin kammioista tuleva valonsäde säilyttää suuntansa ja voimakkuutensa, tai suurempaa, jolloin ikkunasta ulostuleva säteily on hajaantunutta. Ikkuna 8 voi olla 35 samaa materiaalia kuin muukin kammio tai esimerkiksi kiillettä.

Erityisen edullisena ratkaisuna mittauskammion 4 sisäpinnan 18, 18' materiaalille on monikerroksinen dielektrisistä materiaaleista muodostettu monikalvopeili, ts. inter-

ferenssipeili 51. Tämä monikalvopeilipinnoitus 51 on edullisesti kaikkialla muualla kammion sisäpinnalla, paitsi ikkunan 8 kohdalla 50, koska siitä on säteilyn tietenkin päästävä ulos. Mittaukseen saadaan näin valoa hyvin pienin häviöin. On mahdollista, että tällainen dielektrinen monikalvopeili 51 riittäisi myös elektrodien eristeeksi kammiossa 4 olevaan kaasuseokseen G nähden. Tässä rakenteessa muodostettaisiin 5 elektrodit tavallaan seinämän 16 mekaanisesti kantavan osan sisäpinnalle, pinnoitetaan tällä monikalvopeilillä ja kootaan monikalvopeilipinnat toisiaan kohti mittauskammioiksi. On selvää, että kammiossa voidaan käyttää myös muunlaista dielektristä materiaalia olevaa pinnoitusta sisäpinnoilla 18, 18' ja että päädyssä 46 oleva peili 7 10 voi olla tavanomainen metallipinnoitettu peili, joka on sijoitettu kammion seinämän 16 ulkopuolelle. Nämä kuvatus monikalvo- tai interferenssipeilipinnoituksen 51 muodostavat dielektriset pinnoitusmateriaalit voivat periaatteessa olla mitä tahansa sinänsä tunnettuja tällaisiin peileihin ja vastaaviin interferenssisuodattimiin käytettäviä sellaisia sähköä eristäviä materiaaleja, jotka kestävät mittauskammiossa 4 valitsevat olosuhteet. Tällaisia dielektrisiä materiaaleja ovat esimerkiksi SiO_2 , TiO_2 ja 15 MgF_2 , joilla on eri taitekertoimet ja joista tunnetuilla tekniikoilla valmistetaan aallonpituuksiin nähden sopivasti suhteutetun paksuisia kalvoja, jotka tietyllä sinänsä tunnetulla tavalla päällekkäin sijaitsevina muodostavat valon interferenssiin perustuvan heijastavan peilipinnan.

20

Kammion 4 muutkin dimensiot, pituus L ja leveys W , voivat olla pieniä, kunhan läpilyöntiä ei pääse tapahtumaan esim. pintavirtana elektrodien 2 ja 3 välillä ohi mittauskammion. Jotta näytevirtaus F_t voisi olla pieni, kuten korkeintaan 200 ml/min, ja reagointinopeus pitoisuusmuutoksiin silti suuri niin, että pienelläkin 25 näytevirtauksella F_t kammiossa oleva kaasumäärä ehtii kokonaan vaihtua, voivat kammion muut mitat L , W edullisesti olla suuruusluokkaa 10 mm x 10 mm. Mittauskammion 4 tilavuus V saisi käytännössä olla enintään noin 5 cm^3 , mutta edullisesti alle 1 cm^3 . Tyypillisesti tilavuutena voi olla $0,1 \text{ cm}^3$, jolla saadaan em. näytevirtauksella varsin suuri vaihtumisnopeus, 33 kertaa sekunnissa, kaasutilavuudelle. 30 Riittävän kapasitanssin ja riittävän suuren säteilyä ikkunan 8 suuntaan emittoivan pituuden L saamiseksi on kuitenkin tarkoituksenmukaista, että kammion pituus L ja leveys W ovat vähintään kolminkertaiset, mutta edullisesti ainakin kuusinkertaiset, verrattuna kammion sisäpuoliseen korkeuteen H_1 . Tyypillisesti pituus ja/tai leveys ovat kymmen-kaksikymmenkertaiset korkeuteen verrattuna, kuten edellä kuvatussa muotoilussa. Toisaalta mittauskammion leveys W vaikuttaa paitsi yhdessä muiden 35 mittojen kanssa syntyvän säteilyemission kokonaisintensiteettiin myös valonilmaisinelimien käyttötapaan. Käytettäessä kuvioiden 5A ja 5B mukaisia spektrometrejä 14 voi leveys W olla suuruusluokkaa neljäsosa tai huomattavastikin pienempi osa

kammion pituudesta L . Tällöin kammio olisi kapea ja pitkä ja kapeassa päädyssä olevan ikkunan 8 kautta tuleva säteily varsin suunnattua. Yleensä ja erityisesti kuvioiden 1A ja 1B toteutusmuodossa, jossa käytetään kahta tai useampaa rinakkain ikkunan kohdalle sijoitettua valoilmaisineliä 12a, 12b, on edullista, että kammion

5 pituuden suhde leveyteen on alle noin kahden ja tyypillisesti suuruusluokkaa yksi. Mikään ei kuitenkaan estä muotoilemasta kammion 4 leveyttä W suuremmaksi kuin sen pituus L . Kammio 4 voi olla muunkin muotoinen kuin kuvioissa esitetty suorakulmainen särmiö. Siten kammion jokin sivu, jotkin tai kaikki sivut voivat olla kaarevia ja koko kammio pyöreä ja litteä tai pallonmuotoinen, soikio tai ei-suorakulmainen särmiö tai muun muotoinen.

10

Edullisesti sähköä johtavat elektrodit 2 ja 3 eivät kumpikaan ole kosketuksissa mitauskammiossa olevaan kaasuseokseen G vaan sijaitsevat kammion sähköä eristävien seinämien 16 ulkopuolella ts. kammion 4 ulkopinnoilla 19a ja 19b, kuten kuvissa 1A, 2 ja 3 on esitetty. Saattaa olla mahdollista, että kytkentänavastaan 17b maadoitettu toinen elektrodi 3 voisi olla kosketuksissa kammiossa olevaan kaasuun G tapauksissa, joissa mittaukseen otetaan päävirrasta F_m näytteenottovirta F_t , ilman että pitoisuuksien määrittämiseen tulee virhettä. Rakenne on esitetty kuvassa 4. Tällä rakenteella voitaisiin pienentää käyttöjännitettä U . Kaikissa rakennevaihtoehdoissa

15 on levymäinen toinen elektrodi 3 edullisesti kytketty johdolla 43b jännitelähteen 42 nolla-napaan, joka yleensä myös on maadoitettu. Ensimmäinen elektrodi 2 on koronailmiön välttämiseksi edullisesti pyörästetty reunoistaan 49 ja on yhdistetty kytkentänavastaan 17a johdolla 43a jännitelähteeseen 42 suurtaajuuden korkeajännitteen U tuomiseksi ensimmäisen ja toisen elektrodin 2 ja 3 välille. Tämä vaihtojännite U voi

20 tyypillisesti olla noin 1 - 5 kV, mutta edullisesti 1 - 2 kV, riippuen kammion 4 koosta ja kammiossa olevan kaasuseoksen G paineesta P , kuten kuviosta 7 ilmenevästä hyvin periaatteellisesta käyrästä on todettavissa. Tämä käyrä kuvaa emission synty-

25 miseen tarvittavaa jännitettä kammiossa olevan kaasunpaineen ja elektrodien välimatkan tulon funktiona. Tätä käyrää ei ole missään tapauksessa pidettävä sitovana, vaan siitä on todettavissa vain jännitteen muutossuunta. Ilmeisesti jännite voisi olla 6-8 kV tai vieläpä 10 kV, mutta näin korkeat jännitteet aiheuttanevat liikaa dissosioitumista ja ionisaatiota monissa kaasumolekyyleissä. Joissain tilanteissa saattaa kyseeseen tulla alhaisempiakin jännitteitä kuten 500 V. Mainitun suurjännitteen U taajuus on vähintään suuruusluokkaa 10 kHz, edullisesti yli 50 kHz. Ylärajataajuus

30 määräytyy lähinnä käytetyn suurjännitemuuntajan rajoituksista ja on käytännössä noin 200 kHz. Mitään teoreettista maksimiarvoa taajuudelle ei ole tiedossa.

35

Näytekammioon näin syntyvän nopeasti vaihtelevan sähkökentän uskotaan virittävän kammiossa olevia atomeja tai molekyyliä kuitenkin ionisoimatta kuin enintään pienen osan niistä, jolloin korkeataajuinen viritys on "pehmeä". Siten mitään plasmaa ei ilmeisesti synny ja missään tapauksessa kaasumolekyylien ei ole havaittu mainittavasti dissosioituvan. Näin ollen neutraali tai ionisoitumaton atomi tai molekyyli virittyy ja ryhtyy säteilemään pääasiassa näkyvää valoa tai lähi-ultravioletti- tai -infrapunavaloa. Jos kaasussa on typpimolekyyliä, niitten ensimmäinen tai pääasiassa toinen positiivinen systeemi virittyy. Syntyvä valo on esimerkiksi toiseen positiiviseen systeemiin kuuluva violetti aallonpituus 406 nm tai ensimmäiseen positiiviseen systeemiin kuuluvat punaisen valon aallonpituudet. Myös intensiteetiltään voimakkaampia aallonpituuksia, kuten 337 nm ja 358 nm, samoin kuin intensiteetiltään heikompia aallonpituuksia on tyellä todettu. Tällä hetkellä olevan käsityksen mukaan voimakkaan intensiteetin antava aallonpituus, kuten 337 nm antaa hyviä pitoisuusmittaus tuloksia, kun mitattavat pitoisuudet ovat pieniä, kuten ppm-tasoa. Jos halutaan mitata hieman suurempia pitoisuusarvoja, kuten tämän keksinnön kuvatussa tyypillisessä sovellutuksessa, ei näin voimakas intensiteetti ole enää lineaarinen, jolloin syntyy laskentaongelmia ja virhemahdollisuuksia. Siten on ilmeisesti edullisempaa valita pienemmän intensiteetin antava aallonpituus, kuten mainittu 406 nm. Kullekin tyypipitoisuusalueelle, paineelle ja kenttävoimakkuudelle on löydettävissä se aallonpituus, joka antaa lineaarisimmin ja luotettavimmin mittaustuloksen kaasuseoksessa kulloisenakin mittaushetkenä vallitsevasta yksittäisestä tyypipitoisuusarvosta. Aivan sama pätee muihinkin tällä keksinnön anturilla ja menetelmällä mitattaviin kaasuihin. Pieniä argonpitoisuuksia mitattaessa voitaisiin käyttää voimakasta emissio-kaistaa, 696 nm, ja hieman suurempia pitoisuuksia mitattaessa intensiteetiltään heikompaa, mutta kyseisellä pitoisuusmittausalueella lineaarisempaa, emissio-kaistaa 347 nm (ks. mainittu artikkeli julkaisussa "Analytical Chemistry" vol. 34, no. 10, 1962). Heliumilla edullinen mittausaallonpituus on oletettavasti 502 nm. Ksenonilla edullinen emissio-kaista lienee aallonpituudella 473 nm. Edellä olevia arvoja ei ole pidettävä sitovina, vaan ainoastaan aallonpituuksien valintaa periaatteessa kuvaavina. Jokaiseen sovellutuskohteeseen on esimerkiksi ennalta tehtävin kokein määritettävissä, mitä aallonpituutta tai aallonpituuksia on edullista käyttää kunkin kaasukomponentin pitoisuuden mittaukseen parhaan halutun mittaustuloksen saamiseksi. Vertaamalla kulloinkin emittoituvia aallonpituuksia eri kaasujen tunnetuihin emissioaallonpituuksiin on tunnistettavissa, mitä kaasuja seoksessa on.

35

Läpilyönnin estämiseksi voidaan pienen mittauskammion 4 eristystä lisätä esimerkiksi kuvan 2 mukaisella ratkaisulla, jossa kammion yhtä seinämää on pidennetty jatkeilla 44 ilman että kammion 4 tilavuus V on kasvanut. Toinen samantyyppinen

ratkaisu pienen kammion eristämiseksi on näytetty kuvassa 3. Korkeajännitteessä oleva ensimmäinen elektrodi 2 on ympäröity sähköä eristävällä materiaalilla 48. Koska silloin koronailmiöitä ei pääse tapahtumaan ohi kammion, niin elektrodin 2 muoto ja erityisesti reunan muoto ei ole kriittinen, vaan elektrodi voi olla esimerkiksi metallikalvomuodossa näytekammion ulkopinnalla 19a. Samalla tavalla toinen elektrodi 3 voi olla kammion ulkopinnalla 19b oleva metallikalvo, joka voi myöskin olla ympäröity kuvioissa ei esitetyllä tavalla sähköä eristävällä materiaalilla. Keksin-
 5
 10
 15
 20
 25
 30
 35

sinnön mukaista mittausanturia voidaan käyttää kaasuseosten G komponenttien tunnistukseen ja pitoisuusmäärittelyyn sellaisella painealueella, jossa määritelty sähköinen viritys saa aikaan sopivan säteilyemission. Tämän hetken tietojen mukaan näyttää siltä, että mittausanturi toimii kaasuseoksen paineessa P, joka on välillä noin 0,1-10 bar. Koska ilmanpaine 10 km:n korkeudessa on noin 0,28 bar ja 50 m:n syvyydessä veden alla noin 6 bar, on todettavissa, että keksinnön mittausanturia voidaan käyttää suurissa korkeuksissa ja alipaineisissa 0,2 bar tiloissa samoin kuin paineistuksen 6 bar aikana kaikkialla, missä ihminenkin voi toimia. Tyypillisin käyttöalue on kuitenkin tavanomaista ilmanpainetta vastaava paine, jota kaasuseoksen syöttö voi hieman nostaa tai laskea, ts. painealue suuruusluokkaa 0,5-2 bar.

Spektroskooppisella analysoinnilla tai mittauksella tarkoitetaan sitä, että mittaus tapahtuu havainnoimalla emittoituja tai absorboituja aallonpituuksia ja/tai emittoinnin tai absorptio-voimakkuutta, kuten on yleisesti tunnettua. Tässä hakemuksessa käsiteltyllä keksinnön mukaisella anturilla tutkitaan emissiota ja sillä voidaan siis toteuttaa sekä kvalitatiivista että kvantitatiivista analysointia. Kummatkin analysoinnit toteutetaan mittaamalla emittoitunutta säteilyä valonilmaisinelimellä ja edullisesti kapeilla aallonpituuskaistoilla. Tapauksessa, jossa mittauskammiosta lähtevä säteily käsittää tai voi käsittää useita emissio-
 20
 25
 30
 35

piikkejä, tarkoitetaan kapealla aallonpituuskaistalla sellaista aallonpituusaluetta Δf , jonka rajojen väliin tutkittava emissio-
 piikki tai kukin useista tutkittavista emissio-
 piikeistä erikseen pääasiassa mahtuu, mutta jonka rajojen väliin eivät viereiset tutkittavan emissio-
 piikin analysointia mahdollisesti haittaavat muut emissio-
 piikit mahdu. Käytettäessä myöhemmin tässä hakemuksessa selostettavia interferenssisuodattimia 9a, 9b tai spektrometriä 14 on tämän aallonpituusalueen Δf leveys yleensä suuruusluokkaa 1-100 nm ja edullisesti suuruusluokkaa 10 nm. Käytettäessä perinteisiä väriaineisiin perustuvia suodattimia 9a, 9b ovat aallonpituusalueet Δf huomattavasti tätä laajempia ja epämääräisempiä, koska väriaineiden aikaansaaman absorptio-
 vaihtelut aallonpituuden muuttuessa ovat tyypillisesti loivia. Vastaava tilanne syntyy hyödynnettäessä esimerkiksi detektorin erilaista herkkyttä eri aallonpituuksille, ts. detektorin herkkyysjakautumaa. Näissä tapauksissa, joissa ei varsinaista aallonpituusaluetta ole määriteltävissä tai

joissa kammioista tulee vain yhtä analysoitavaa emissiota, on kapea aallonpituuskaista itse asiassa epärelevantti suure, mutta sen voidaan tulkita olevan kyseisen emissioikaistan leveys.

- 5 Kammiossa 4 syntyvää valoa voidaan mitata esimerkiksi ei-dispersiivisesti kuvassa 1 esitetyllä tavalla, jossa kammion ikkunan 8 kohdalle kammion ulkopuolelle ja optisesti suunnattuna kammion 4 sisätilaa V kohti on sijoitettu valonilmaisinelimiä 12. Tässä tapauksessa on käytetty kahta valonilmaisinelintä tai detektoria 12a ja 12b sijoitettuna ikkunan 8 pinnan 52 ja kammion leveyden W suunnassa rinnakkain. Kummankin detektorin 12a ja 12b ja ikkunan väliin on järjestetty oma kapean läpäisykaistan omaava suodattimensa, ts. kaistanpäästösuodattimensa 9a ja 9b. Kaistanpäästösuodattimet 9a, 9b ovat edullisesti tunnettuja ja kaupallisesti saatavia interferenssisuodattimia. Lisäksi on tarkoituksenmukaista sijoittaa kammion ikkunan 8 ja suodattimen tai suodattimien 9a, 9b väliin optinen kollimaattori, kuten kollimointilinssi 10 tai kollimointilinssit, joilla kammioista tuleva valo saadaan suunnattua siten, että se kulkee ainakin pääpiirteittäin yhdensuuntaisena sädekimppuna kaistanpäästösuodattimien läpi. On myös edullista sijoittaa suodattimien 9a, 9b ja detektorien väliin fokuointilinssi tai -linssit 11a ja 11b, joilla kaistanpäästösuodattimien läpi tullut sädekimppu kohdistetaan tehokkaasti aina tarkoitettuun detektoriin 12a ja vastaavasti 12b. Mainituilla suodattimilla 9a ja 9b on sellaisille säteilyn aallonpituuksille f_3 ja f_4 sovitetut läpäisykaistat, jotka vastaavat haluttuja kaasuseoksen G kaasukomponenttien emissioaallonpituuksia. Tällöin detektori 12a suodattimiseen 9a mittaa säteilyintensiteettiä yhdellä aallonpituuskaistalla ja toinen detektori 12b suodattimiseen 9b mittaa säteilyintensiteettiä toisella aallonpituuskaistalla. Jos mitataan vain yhtä aallonpituutta ja/tai jos suodattimet 9 eivät vaadi kollimoitua valoa ja/tai jos detektoreihin 12 muutenkin saadaan riittävästi valoa, voidaan järjestelyssä käyttää perinteistä värisuodatinta ja jättää kollimointi ja/tai fokuointi tekemättä ja siten jättää kyseiset laiteosat pois, jolloin ikkunakin 8 mahdollisesti voi olla jonkin verran diffuusi. Edellä on kuvattu kahden aallonpituuden mittausta, mutta tarvittaessa voidaan ikkunan 8 kohdalle sijoittaa rinnakkain useampiakin kuten kolme tai neljä detektoria kaistanpäästösuodattimiseen. Tällä menettelyllä on myös yksinkertaista tunnistaa rajallinen määrä edeltäkäsien tiedossa olevia kaasukomponentteja järjestämällä kaistanpäästösuodattimien läpäisykaistat niiden emissioikaistoja vastaaville aallonpituuksille, jolloin signaalin saaminen tiettyä suodatinta vastaavasta detektorista ilmaisee kyseisen kaasun läsnäolon.

Kammiossa 4 syntyvää valoa voidaan mitata myös dispersiivisesti siten, että kammion ikkuna 8 on järjestetty prisma- tai hilaspektrometrin 14 sisääntuloksi, kuten

kuvissa 5A, 5B. Spektrometrissä 14 on tulorako 13, johon kammion ikkuna 8 on optisesti suunnattu siten, että kammion tuleva säteily menee spektrometriin sisälle tarkoitetulla tavalla ja osuu esim. hilaan 54 ja edelleen aallonpituuksiksi jakaantuneena lähtöalueelle 15a. Spektrometrissä 14 on lähtöalue 15a, johon synnytetty vierieressä olevista eri aallonpituuksista koostuva spektri f on suuntautunut. Kuvan 5A 5 spektrometrissä on tällä lähtöalueella 15a lähtörako 15b ennen valonilmaisinelintä tai detektoria 12c ja se toimii siten monokromaattorina, jolla mitataan yksi aallonpituus kuten f_1 ja f_2 kerrallaan. Kulloinkin halutun aallonpituuden valitsemiseksi on lähtörako 15b ja detektori 12c siirrettävissä yhtenä kokonaisuutena 53 lähtöalueella 10 15a sen suuntaisesti D. Vaihtoehtoisesti voidaan lähtöraon 15b ja detektorin 12c muodostama kokonaisuus 53 pitää paikallaan lähtöalueella 15a ja sen sijaan kiertää hilaa 54 tai vastaavasti prismaa suunnissa R, jolloin detektoriin 12c osuva aallonpituus vaihtuu kuten edellä. Nämä molemmat edellä kuvatut toteutusmuodot, liikutus suunnissa D tai liikutus suunnissa R, on esitetty kuviossa 5A, mutta kyse on vaihtoehtoista toteutuksista, jotka eivät käytännössä esiinny yhtäaikaan samassa laitteessa. 15 Vaihtoehtoisena järjestelyä on lähtöraon ja yhden detektorin sijasta käyttää lähtöalueella 15a kuvasta 5B ilmenevää detektoridiodiriviä 12d tai CCD-ilmaisinta, joissa valonherkät elimet ovat rinnakkain spektrin f suunnassa, jolloin voidaan mitata samanaikaisesti kokonainen spektrialue tai useampia kapeita spektrialueita. Kuvissa 20 1A, 1B esitetty ratkaisu on kuitenkin edullisin silloin kun mitataan vain yksi tai kaksi, kuten kuvassa, aallonpituutta tai muutama aallonpituus. Toinen suodatin-detektoripari 9, 12 voi esimerkiksi toimia referenssinä, jos sopiva aallonpituus tällaiseen optiseen referenssiin löytyy, kun taas toinen mittaa kohteena olevan kaasun emissiota. Nimenomaan näitä spektrometrillä toimivia keksinnön toteutusmuotoja 25 voidaan käyttää kaasukomponenttien tunnistukseen varsinkin tapauksissa, joissa komponentit voivat vaihdella tai olla tuntemattomia, koska detektorilla 12c tai detektoreilla 12d voidaan todeta täsmälleen emittoituneita aallonpituuksia esim. skannaamalla mekaanisesti tai sähköisesti yli koko aallonpituusalueen. Koska kullakin kaasulla on varsin spesifiset emittoidut aallonpituudet, ovat kaasukomponentit selkeästi todettavissa. 30

Edellä todettu valonilmaisinelimien 12 ja vastaavasti spektrometrin 14 optinen suuntaus tai kohdistus kammion 4 sisätilaa V kohti käsittää sekä suoran kohdistuksen että peilin tai peilien kautta tapahtuvan epäsuoran kohdistuksen tai vastaavan rakenteen. 35 Eräänä mahdollisuutena on myös käyttää optista kuitua tai kuitukimppua, esim. ns. kuituoptiikkaa kammion ikkunan 8 ja kollimointilinssin 10 tai vastaavasti ikkunan ja spektrometrin 14 tuloraon 13 välissä, jolloin valonilmaisinelimet ovat erittäin joustavasti sijoitettavissa kammioon nähden. Detektoreina tai valonilmaisimina 12a, 12b,

12c ja 12d voidaan edullisesti käyttää esimerkiksi pii-ilmaisinta, indiumgallium-arsenidi-ilmaisinta tai valomonistinputkea, mutta mikä tahansa muu sinänsä tunnettu ja kaupallisesti saatavissa oleva detektori, joka on riittävän herkkä käytettävällä aallonpituusalueella, voi tulla kysymykseen.

5

Mahdollisten muiden kuin varsinaisesti mittauksen kohteena olevien kaasukomponenttien aiheuttamat häiriöt kohdekaasun virittymisessä voidaan parhaiten kompensoida, jos kyseiset kaasut mitataan erikseen ja mikäli mahdollista eri menetelmällä. Esimerkiksi potilasmonitorissa hiilidioksidi, ilokaasu ja anestesiakaasut mitataan
 10 normaalisti infrapuna-absorptiotekniikkaa käyttäen ja happi paramagneettisella anturilla. Hapella ja hiilidioksidilla ei sinänsä ole häiritsevää emissiota edellä kuvatussa keksinnön mukaisessa mittausturissa, mutta ollessaan samassa kaasuseoksessa saattavat nämä molekyylit kaasumolekyylien keskinäisissä törmäyksissä siirtää latenttia viritysendergiaansa suoraan typpimolekyyliin ja sitä kautta vaikuttaa typen
 15 virityshyötysuhteeseen ja emittoituneen säteilyn intensiteettiin. Keksinnön mukainen monikaasumittaukseen soveltuva järjestely on esitetty kuvassa 6. Mittausjärjestelyssä 41 on keksinnön mukainen mittausturi 1 ja edullisesti siihen liittyvä, kuvioissa ei-esityt, suurtaajuinen korkeajännitteen U aikaansaava piiri samoin kuin valonilmaisinelimet 12 apulaitteineen 9 tai 14 sekä osittain näiden elektroniikka
 20 sijoitettu koteloon 24. Putkessa 38 kulkee kaasuseoksen G käyttökohteeseen vievä päävirtaus F_m . Tämä päävirtaus voi olla esim. hengityskoneen letkustossa kulkeva virtaus. Tästä päävirtauksesta imetään näytevirtaus F_t pumpun 29 avulla letkuun 31. Näyte menee esimerkiksi venttiilin 37 kautta edullisesti ensin infrapuna-absorptioanturilla toimivaan mittaussyksikköön 20 ja sieltä edelleen tämän infrapuna-absorptioanturin kanssa näytteenottovirtauksen suhteen sarjassa olevaan keksinnön mukaisen mittausturin 1 mittauskammioon 4. Infrapuna-anturi 20 voi olla mitä tahansa tarkoitukseen soveltuvaa rakennetta kuten julkaisussa US-4 233 513 kuvattua tyyppiä tai muuta tunnettua tyyppiä. Lisäksi järjestely käsittää paramagneettista ilmiötä käyttävän anturin 22, joka tässä toteutusmuodossa on kytketty näytteenottovirtauksen F_t suhteen keksinnön mittausturin 1 kanssa rinnan. Tämä paramagneettinen
 25 anturi 22 voi olla mitä tahansa tarkoitukseen soveltuvaa rakennetta kuten edullisesti julkaisussa US-4 633 705 kuvattua tyyppiä. Anturi 22 käyttää joskus referenssinä ulkoista ilmaa, joka saattaisi häiritä typpimittausta, muuten sarjaankytkeminen olisi mahdollinen. Infrapuna-anturi 20 taas on sijoitettu virtaukseen F_t tässä tapauksessa
 30 ensimmäiseksi, koska anestesiakäytössä se mittaa mm. hiilidioksidipitoisuutta, joka on tärkeintä saada nopeasti. Muissa käyttökohteissa anturien tyypit voivat tietenkin olla toiset ja anturit olla sijoitettuna toiseen järjestykseen. Usein varsinkin anestesiakäytössä sisältää järjestely vielä anturin 45 anestesiakaasujen tunnistamiseksi ja se

voi olla edullisesti julkaisussa US-5 070 245 kuvattua tyyppiä. Tämän anturin signaali on merkitty viitteellä S_4 .

Jokaisella anturilla 1, 20, 22 on normaalisti oma sinänsä tunnettu etuvahvistimensa 5 25, 21 ja vastaavasti 23 sekä oma analogi-digitaalimuuntimensa 28, 26 ja vastaavasti 27, joiden kautta antureista saadut sähköiset signaalit S_1 , S_2 ja vastaavasti S_3 vietään laskentayksikölle kuten mikroprosessorille 30. Laskentayksikkö 30 siis kerää mittaussignaaleita S_1 , S_2 ja S_3 jokaisesta anturista ja suorittaa mahdolliset mitta-
10 arvojen vertailut sekä tarvittavat korjaukset alkuperäisistä mittaussignaaleista saatuihin pitoisuusarvoihin ja/tai tunnistusarvoihin. Lopulliset oikaistut arvot laskentayksikkö 30 lähettää väylää 40 pitkin ei-esitettyyn näyttöön, tallennusyksikköön tai vastaa-
15 vaan. Mahdolliset korjaus- tai oikaisulaskelmat laskentayksikkö 30 toteuttaa ennalta määriteltyjen laskentasääntöjen avulla, jotka voivat perustua erilaisilla kaasuseoksilla tehtyihin testiajoihin. On syytä olettaa, että antureista 20 ja/tai 22 saaduilla signaaleilla S_2 ja S_3 on korjattava anturista 1 saadun signaalin S_1 avulla määritettyjä pitoisuuksia. On kuitenkin mahdollista, ettei oleellisia korjauksia tai oikaisuja ole tarpeen tehdä tai että oikaisuja on tehtävä toisessa järjestyksessä.

Keksinnön mukaisella mittausjärjestelyllä 41 voidaan siis tarkistaa ja tarvittaessa oi-
20 kaista minkä tahansa anturin antaman signaalin S_1 , S_2 ja S_3 perusteella laskettua pitoisuutta minkä tahansa toisen tai toisten mittaussignaalien $S_1 - S_3$ avulla. Tämä tarkistus voi perustua joko siihen, että eri anturit mittaavat saman kaasukomponentin silloin kun se on mahdollista, tai siihen, että jäljelle jäävien kaasukomponenttien pitoisuus on laskettavissa määritettyjen kaasukomponenttien pitoisuuksien avulla.

Muitakin menettelytapoja on löydettävissä. Nämä mahdollisesti tarpeelliset korjaus-
25 säännöt tai algoritmit tms. on vain ohjelmoitava laskentayksikön 30 mikroprosessorille. Signaalien S_1 , S_2 ja S_3 perusteella voidaan tietenkin tulostaa myös suoraan kyseisten anturien 1, 20, 22 antamat analyysitulokset mittauservoina kuten kaasukomponenttien tunnistuksena ja/tai pitoisuutena useiden kaasukomponenttien ana-
30 lyysitulosten saamiseksi. Tässä tapauksessa voi keksinnön mukainen mittausjärjestely käsittää useita laskentayksiköitä, esimerkiksi kullekin anturille omansa. Ei-esitetyt näyttölaitteet ja tallennusyksiköt voivat sovellutuskohteesta riippuen olla yhteisiä tai erillisiä.

Päävirtauksesta F_m otetaan näytevirtaukseen F_t niin pieni osuus, ettei sen tilavuus-
35 virta vaikuta päävirtaan. Päävirrasta otetaan siis enintään 20 % ja edullisesti enintään noin 10 %, mutta huomattavasti pienempiäkin määriä kuten yhtä prosenttia tai alempia voidaan käyttää riippuen tietenkin päävirran suuruudesta. Tässä anestesiaan

kuuluvassa käytössä infrapuna-absorptioanturilla 20 mitataan ainakin hiilidioksidi sekä ilokaasu, paramagneettisella anturilla 22 happi ja spektroskooppisella hiljaiseen sähköpurkaukseen perustuvalla anturilla 1 typpi ja mahdollinen helium ja argon. Pumpusta 29 kaasunäytevirta Ft tulee ulos letkun 36 kautta esimerkiksi ulkoilmaan.

5 Typen yksinkertainen kalibrointi voidaan suorittaa imemällä ulkoista ilmaa 33 anturin 1 kammioon 4 venttiilin 37 toisen haaran 33 kautta. Koska ilma sisältää noin 78 % typpeä, saadaan referenssipiste kiinnitettyä. Tällainen nollaus kuuluu myös antureiden 20 ja 22 toimintarutiineihin, ja ne hoidetaan samalla esim. laskentayksikön automaattisella käskysignaalin S5. Anturi 1 on edullista sulkea valotiiviiseen

10 koteloon 24, jotta mittaussignaalin nollakohta ei riippuisi ulkoisista valolähteistä, joskin valonilmaisinelimen ja sen elektroniikan toimintataajuus myös voitaisiin sovittaa kammion 4 elektrodeihin syötettävän kaasua G virittävän mainitun korkeajännitteen U taajuuteen ulkoisen valon vaikutuksen minimoimiseksi. Samaan eristettyyn koteloon voidaan myös sulkea korkeajännitemuuntaja ja siihen liittyvä elektro-

15 niikka, jolloin anturi on ulospäin matalajännitteinen ja siten täysin turvallinen.

Keksinnön mukaisella anturilla kaasuseosta analysoitaessa saadaan siis tulokseksi määritettyä erilaisia mittauservoja, joita ovat mm. emittoitunut aallonpituus ja sekä emittoitunut säteilyintensiteetti. Näiden avulla on sekä tunnistettavissa seoksessa

20 olevat kiinnostavat kaasukomponentit että niiden pitoisuudet. Keksinnön mukaisella useampaa anturia käyttävällä mittausjärjestelyllä ovat kaikki kaasuseoksessa olevat kiinnostavat kaasukomponentit analysoitavissa sekä kaasukomponenttien saadut tunnistusarvot että saadut pitoisuusarvot tarkistettavissa ja tarvittaessa oikaistavissa. Edellä on kuvattu keksinnön edullisina pidettyjä toteutusmuotoja, mutta keksintö ei

25 ole rajoitettu niihin vaan voi vaihdella oheisten patenttivaatimusten rajoissa.



Patenttivaatimukset

1. Mittausanturi kaasuseosten spektroskooppiseen analysointiin hiljaisen sähköpurkauksen avulla mittausanturin (1) koostuessa:
kammioista (4), joka käsittää pääasiassa dielektristä materiaalia olevan kammiota
5 ympäröivän seinämän (16); tässä seinämässä läpimenevät virtausyhteet (5, 6), joiden kautta analysoitava kaasuseos johdetaan (G_1) kammioon ja sieltä ulos (G_2) likimain ulkoilman painetta vastaavassa paineessa (P); kammion vastakkaisilla pinnoilla elektrodit (2, 3), joiden välille on järjestetty korkea vaihtojännite (U); ja tässä seinämässä ainakin yhden ikkunan (8), joka on mitattavia aallonpituuksia läpäisevä; sekä
10 vähintään yhdestä valonilmaisinelimestä (12), joka on sijoitettu mittaamaan mainitun ikkunan kautta tulevan säteilyn intensiteettiä, **tunnettu** siitä, että mainitun korkean vaihtojännitteen (U) taajuus on vähintään suuruusluokkaa 10 kHz pehmeään pääasiassa ei-ionisoivaan molekyylien ja/tai atomien virittymiseen perustuvan säteilyemission synnyttämiseksi kammiossa (4) olevaan analysoitavaan kaasuseokseen
15 (G).
2. Patenttivaatimuksen 1 mukainen mittausanturi, **tunnettu** siitä, että korkean vaihtojännitteen (U) taajuus on edullisesti yli noin 50 kHz ja jännite välillä 0,5-10 kV, edullisesti välillä noin 1-5 kV, ja tyypillisesti välillä noin 1-2 kV, ja että mainitut ensimmäinen ja toinen elektrodi (2, 3) sijaitsevat toisiaan vastapäätä molemmat
20 edullisesti kammion ulkopinnoilla (19a, 19b) eivätkä ole kosketuksissa kammiossa (4) olevaan kaasuseokseen (G) tai vaihtoehtoisesti nollapotentialissa oleva toinen elektrodi (3) sijaitsee kammion (4) seinämän (16) sisäpinnalla (18), jolloin se on kosketuksissa kaasuseokseen (G).
25
3. Patenttivaatimuksen 1 mukainen mittausanturi, **tunnettu** siitä, että kammiossa olevan mitattavan kaasuseoksen (G) paine (P) on välillä noin 0,1-10 bar, edullisesti välillä noin 0,2-6 bar ja tyypillisesti suuruusluokkaa 0,5-2 bar.
- 30 4. Patenttivaatimuksen 1 mukainen mittausanturi, **tunnettu** siitä, että kammion (4) sisäpuolinen pituus (L) ja leveys (W) ovat vähintään kolminkertaiset, edullisesti vähintään kuusinkertaiset ja tyypillisesti kymmen-kaksikymmenkertaiset, verrattuna kammion sisäpuoliseen paksuuteen (H_1), että kammion mainitun pituuden (L) suhde leveyteen (W) on enintään noin neljä, edullisesti alle kahden ja tyypillisesti suuruus-
35 luokkaa yksi, ja että kammion tilavuus (V) on alle noin 5 cm^3 , edullisesti alle 1 cm^3 ja tyypillisesti suuruusluokkaa $0,1 \text{ cm}^3$, jolloin kammion vastakkaisilla pinnoilla olevien elektrodien (2, 3) purkausvälimatka (H_2) on enintään noin 3 mm ja tyypillisesti suuruusluokkaa 1 mm.

5. Patenttivaatimuksen 1 mukainen mittausanturi, **tunnettu** siitä, että mainitun kammion (4) seinämä (16) koostuu kiteisestä tai amorfisesta silikaatista, alumiinioksidista tai vastaavasta tai vaihtoehtoisesti jostain kaasun diffuusioon nähden tiiviistä ja kemiallisesti epäaktiivisesta polymeeristä, että kammion ikkuna (8) koostuu jostain edellä mainitusta materiaalista tai vaihtoehtoisesti kiilteestä tai vastaavasta ja
5 että ainakin ikkunaa (8) vastapäätä oleva seinämän pintaosuus (18') käsittää peilin (7) kammion kaasuseoksessa syntyvän emittoituneen säteilyn suuntaamiseksi ikkunaa kohti.
- 10 6. Patenttivaatimuksen 1 tai 5 mukainen mittausanturi, **tunnettu** siitä, että kammion (4) sisäpinta (18, 18') on muualta kuin ikkunan (8) kohdalla (50) ainakin osittain päällystetty dielektrisistä materiaaleista muodostetulla monikerroksisella interferenssipinalla (51).
- 15 7. Patenttivaatimuksen 1 mukainen mittausanturi, **tunnettu** siitä, että mainitun valonilmaisinelimen (12) ja kammion ikkunan (8) väliin on sijoitettu kapean läpäisykaistan omaava optinen suodatin (9), edullisesti interferenssisuodatin, emittoituneen säteilyn mittaamiseksi kapeilla aallonpituuskaistoilla ja että kammion ikkunan (8) ja suodattimen välissä on kollimaattori (10) ja tämän suodattimen ja valonilmaisinelimen välissä on fokusointilinssi (11).
20
8. Patenttivaatimuksen 1 tai 7 mukainen mittausanturi, **tunnettu** siitä, että kammion ikkunan (8) kohdalla on ikkunan pinnan (52) suunnassa vierekkäin kaksi tai useampia valonilmaisinelimiä (12a ja 12b) ja jokaisen tällaisen valonilmaisinelimen ja ikkunan (8) väliin on sijoitettu kapean läpäisykaistan omaava optinen suodatin (9a ja 9b), edullisesti interferenssisuodatin, jolloin eri suodattimien läpäisykaistat ovat eri aallonpituuksilla (f_3 , f_4) kaasuseoksessa (G) tapahtuvan emission eri säteilykaistojen intensiteetin tunnistamiseksi.
25
- 30 9. Patenttivaatimuksen 1 mukainen mittausanturi, **tunnettu** siitä, että valonilmaisinelimen (12c) tai -elimien (12d) ja kammion ikkunan (8) väliin on sijoitettu spektrometri (14), kuten prisma- tai hilaspektrometri, jossa on säteilyn tulorako (13) ja säteilyn lähtöalue (15a), että kammion ikkuna on sijoitettu tuloraon kohdalle siten, että kammion (4) lähtevä emittoitunut säteily menee tuloraon (13) läpi spektrometriin ja että lähtöalueelle (15a) on sijoitettu lähtörako (15b) ja sen kohdalle valonilmaisinelimen (12c) tämän lähtöraon ja valonilmaisinelimen ollessa yhtenä kokonaisuutena (53) siirrettävissä (D) lähtöalueella; tai spektrometrin hilan (54) tai prisman ollessa käännettävissä (R) lähtöalueeseen nähden eri aallonpituuksien (f_1 , f_2) kohdis-
35

tamiseksi mittausta varten valonilmaisinelimeen (12c); tai vaihtoehtoisesti lähtöalueelle (15a) on sijoitettu kaksi tai useampia valonilmaisinelimiä spektrin (f) suunnassa rinnakkain valonilmaisinasetelmaksi (12d), emittoituneen säteilyn eri aallonpituuksien mittaamiseksi kapeilla aallonpituuskaistoilla.

5

10. Mittausjärjestely kaasuseosten (G) analysoimiseksi, mittausjärjestelyn (41) käsittäessä ainakin:

spektroskooppisella ensimmäisellä mittausperiaatteella toimivan mittausanturin (1), jonka valonilmaisinelin (12) antaa sähköisen signaalin (S_1) siitä kaasuseoksessa tapahtuvan hiljaisen sähköpurkauksen antamasta säteilyemissiosta, jonka korkeajännitteinen (U) sähkökenttä aikaansaa likimain ulkoilman paineessa (P) ja tietyssä tilavuudessa (4) olevassa mainitussa kaasuseoksessa; ja

10

laskentayksikön (30) kulloinkin mitattavan ensimmäisen kaasukomponentin analysoimiseksi saadun sähköisen signaalin (S_1) perusteella,

15

tunnettu siitä, että ensimmäisellä mittausperiaatteella toimivassa mittausanturissa (1) sähkökentän aikaansaavan korkean vaihtojännitteen (U) taajuus on vähintään suuruusluokkaa 10 kHz; ja että järjestely lisäksi käsittää jollakin toisella mittausperiaatteella toimivan mittausanturin (20 tai 22), josta saadun sähköisen signaalin (S_2 tai S_3) avulla analysoidaan ainakin jokin kaasuseoksessa oleva toinen kaasukomponentti, ja että laskentayksikkö (30) on järjestetty ennalta määrätyllä tavalla tarkistamaan ja tarvittaessa oikaisemaan tämän toisen tai ensimmäisen kaasukomponentin määritetyn arvon avulla ensimmäisen tai vastaavasti toisen kaasukomponentin alkuperäinen mittausanturin (1 tai 20 tai 22) antaman sähköisen signaalin (S_1, S_2, S_3) perusteella määritetty arvo eri kaasukomponenttien mahdollisten yhteisvaikutusten eliminoimiseksi.

25

11. Patenttivaatimuksen 10 mukainen mittausjärjestely, **tunnettu** siitä, että mainitulla spektroskooppisella ensimmäisellä mittausperiaatteella toimivalla mittausanturilla (1) analysoidaan kaasuseoksessa (G) mahdollisesti olevien eri atomaarisia ja diatomaarisia sekä muita sellaisia kaasukomponentteja, jotka emittoivat pehmeään pääasiassa ei-ionisoivaan molekyylien ja/tai atomien virittymiseen perustuvaa säteilyä, että mainitussa analysoinnissa näiden eri kaasukomponenttien arvoja määritetään havainnoimalla niiden emittoimia eri aallonpituuksia ($f_1, f_2; f_3, f_4$) ja/tai mittaamalla eri aallonpituuksilla emittoituneen säteilyn intensiteettiä ja että mainitun toisen kaasukomponentin määritetyn arvon avulla laskentayksikkö (30) oikaisee tämän ensimmäisen kaasukomponentin alkuperäistä valonilmaisinelimen (12) antaman sähköisen signaalin (S_1) perusteella määritettyä arvoa.

35

12. Patenttivaatimuksen 10 mukainen mittausjärjestely, **tunnettu** siitä, että mainitulla spektroskooppisella ensimmäisellä mittausperiaatteella toimivan mittausanturin (1) kammion (4) tilavuus (V) on niin pieni, että kohteena olevan kaasuseoksen päävirtaukseen (F_m) verrattuna pieni näytevirtaus (F_t) vaihtaa kammiossa olevan mitattavan kaasuseoksen (G) ainakin kerran kutakin hengitysjaksoa kohden ja että päävirtauksesta (F_m) erilleen otettavan näytevirtauksen (F_t) tilavuusvirta on enintään noin 20 % ja edullisesti enintään noin 10 % päävirtauksen tilavuusvirrasta.

13. Patenttivaatimuksen 10 mukainen mittausjärjestely, **tunnettu** siitä, että mainituina arvoina spektroskooppisella ensimmäisellä mittausperiaatteella toimivalla mittausanturilla (1) määritetään ainakin kaasuseoksen (G) typpipitoisuutta ja että toisella mittausperiaatteella toimiva mittausanturi on infrapuna-absorptioanturi (20), josta saadulla sähköisellä signaalilla (S₂) määritetään ainakin kaasuseoksen (G) hiilidioksidipitoisuus, minkä avulla tarvittaessa ennalta määrätyllä tavalla laskentayksikössä (30) oikaistaan mitattua typpipitoisuutta tai käänteisesti hiilidioksidipitoisuutta lopullisten pitoisuusarvojen saamiseksi.

14. Patenttivaatimuksen 13 mukainen mittausjärjestely, **tunnettu** siitä, että mainittu hiilidioksidipitoisuutta mittaava anturi (20) on edullisesti sijoitettu päävirtauksesta (F_m) päin katsottuna näytevirtaukseen (F_t) ensimmäiseksi ja mainitulla spektroskooppisella ensimmäisellä mittausperiaatteella toimiva mittausanturi (1) sen kanssa sarjaan näytevirtaukseen (F_t).

15. Patenttivaatimuksen 11 tai 13 mukainen mittausjärjestely, **tunnettu** siitä, että mittausjärjestely käsittää kolmannella mittausperiaatteella toimivan mittausanturin (22), edullisesti paramagneettiseen ilmiöön perustuvan anturin, josta saadulla sähköisellä signaalilla (S₃) määritetään ainakin kaasuseoksen (G) happipitoisuutta ja joka on sijoitettuna ensimmäisellä mittausperiaatteella toimivan anturin (1) kanssa rinnan tai sarjaan näytevirtaukseen (F_t), ja että tämän kolmannella mittausperiaatteella toimivan anturin (22) antamaa analysointitulosta käytetään ennalta määrätyllä tavalla laskentayksikössä (30) muilla mittausperiaatteella toimivista antureista (1 ja/tai 20) saatujen analysointitulosten oikaisuun tai käänteisesti.

16. Patenttivaatimuksen 11 tai 13 mukainen mittausjärjestely, **tunnettu** siitä, että mainitulla toisella mittausperiaatteella toimivalla mittausanturilla (20) mitataan lisäksi kaasuseoksen typpioksiduulipitoisuutta ja/tai anestesiakaasuja ja mainitulla ensimmäisellä mittausperiaatteella toimivalla mittausanturilla (1) lisäksi mahdollisia helium-, ksenon- ja/tai argonpitoisuuksia ja että mittausjärjestely edelleen käsit-

tää näytteenottovirtaukseen (F_t) tarvittaessa sijoitetun infrapuna-absorptioon perustuvan anestesiakaasuja tai vastaavia ilmaisevan anturin (45).

17. Patenttivaatimuksen 10 mukainen mittausjärjestely, **tunnettu** siitä, että spektroskooppisella ensimmäisellä mittausperiaatteella toimivassa mittausanturissa (1) käytetään kaasuseoksesta (G) kulloinkin tutkittavan yhden kaasukomponentin emittoimista eri aallonpituuksista (f_1, f_2, f_3, f_4) pitoisuusmittaukseen sitä aallonpituutta, joka antaa kyseeseen tulevalle pitoisuusalueella tämän kaasukomponentin pitoisuudesta luotettavimman arvon, jolloin pieniä pitoisuuksia varten valitaan suhteelliselta intensiteetiltään voimakkaampia aallonpituuksia ja vastaavasti suurempia pitoisuuksia varten suhteelliselta intensiteetiltään heikompia aallonpituuksia.

18. Patenttivaatimuksen 10 mukainen mittausjärjestely, **tunnettu** siitä, että spektroskooppisella ensimmäisellä mittausperiaatteella toimivalla mittausanturilla (1) analysoidaan edullisesti kaasuseoksen (G) sellaisia kaasukomponentteja, joilla ei ole ainakaan oleellista tai muuten käyttökelpoista infrapuna-absorptiota tai vastaavaa.

19. Mittausjärjestely kaasuseosten (G) analysoimiseksi mittausjärjestelyn (41) käsitteessä ainakin:

20 spektroskooppisella ensimmäisellä mittausperiaatteella toimivan mittausanturin (1), jonka valonilmaiselin (12) antaa sähköisen signaalin (S_1) siitä kaasuseoksessa tapahtuvan hiljaisen sähköpurkauksen antamasta säteilyemissiosta, jonka korkeajännitteinen (U) sähkökenttä aikaansaa likimain ulkoilman paineessa (P) ja tietyssä tilavuudessa (4) olevassa mainitussa kaasuseoksessa;

25 jollakin toisella mittausperiaatteella toimivan mittausanturin (20 tai 22), josta saadun sähköisen signaalin (S_2 tai S_3) avulla analysoidaan laskentayksikössä ainakin jokin kaasuseoksessa oleva toinen kaasukomponentti; ja laskentayksikön (30) tai -yksiköt kulloinkin mitattavien kaasukomponenttien analysoimiseksi saatujen sähköisten signaalien (S_1, S_2 ja/tai S_3) perusteella,

30 **tunnettu** siitä, että spektroskooppisella ensimmäisellä mittausperiaatteella toimivassa mittausanturissa (1) sähkökentän aikaansaavan korkean vaihtojännitteen (U) taajuus on vähintään suuruusluokkaa 10 kHz ja tällä mittausanturilla (1) analysoidaan edullisesti kaasuseoksen (G) sellaisia kaasukomponentteja, joilla ei ole ainakaan oleellista tai muuten käyttökelpoista infrapuna-absorptiota tai joita ei voida analysoida paramagneettiseen ilmiöön perustuvalla menetelmällä.

35

20. Patenttivaatimuksen 19 mukainen mittaussjärjestely, **tunnettu** siitä, että mainitussa ensimmäisellä mittauseriaatteella toimivassa mittaasanturissa (1) hiljaisen sähköpurkauksen aikaansaava korkea vaihtojännite (U) on välillä 0,5-10 kV.

5 Patentkrav

1. Mättdetektor för spektroskopisk analys av gasblandningar med en stum elektriskt urladdning, varvid mättdetektorn (1) består av:

en kammare (4), som innefattar en vägg (16) huvudsakligen av dielektriskt material som omger kammaren; genomgående strömningsförbindelser (5, 6) i denna vägg, genom vilka gasblandningen som skall analyseras leds (G_1) till och från (G_2) kammaren under ett tryck (P) motsvarande ungefär det atmosfäriska trycket; elektroder (2, 3) på kammarens motstående ytor, mellan vilka anordnats en hög växelspanning (U); och i denna vägg åtminstone ett fönster (8), som släpper igenom de våglängder som skall mätas;

15 samt

minst ett ljussensororgan (12), som placerats att mäta intensiteten hos den strålning som kommer in genom nämnda fönster, **kännetecknad** av att nämnda höga växelspanning (U) har en frekvens minst i storleksordningen 10 kHz för att alstra strålningsutsläpp baserat på mjuk, huvudsakligen icke joniserande excitering av molekyler och/eller atomer i gasblandningen (G) som skall analyseras i kammaren (4).

2. Mättdetektor enligt patentkrav 1, **kännetecknad** av att den höga växelspanningens (U) frekvens företrädesvis är över ca 50 kHz och spänningen i intervallen 0,5-10 kV, företrädesvis i intervallen ca 1-5 kV, och typiskt i intervallen ca 1-2 kV, och att nämnda första och andra elektrod (2, 3) ligger mitt emot varandra, vardera företrädesvis på kammarens yttre ytor (19a, 19b) och inte står i beröring med gasblandningen (G) i kammaren (4) eller alternativt en andra elektrod (3) med nollpotential ligger på innerytan (18) av kammarens (4) vägg (16), varvid den berör gasblandningen (G).

30

3. Mättdetektor enligt patentkrav 1, **kännetecknad** av att gasblandningen (G) i kammaren som skall mätas har ett tryck (P) i intervallen 0,1-10 bar, företrädesvis i intervallen ca 0,2-6 bar och typiskt av storleksordningen 0,5-2 bar.

35 4. Mättdetektor enligt patentkrav 1, **kännetecknad** av att kammarens (4) inre längd (L) och bredd (W) är minst tre gånger, företrädesvis minst sex gånger och typiskt tio eller tjugo gånger så stora som kammarens inre tjocklek (H_1), att förhållandet mellan kammarens nämnda längd (L) och bredd (W) är högst fyra, företrädes-

vis under två och typiskt av storleksordningen ett, och att kammarens volym (V) är under ca 5 cm^3 , företrädesvis under 1 cm^3 och typiskt av storleksordningen $0,1 \text{ cm}^3$, varvid urladdningssträckan (H_2) mellan elektroderna (2, 3) på kammarens motstående ytor är högst ca 3 mm och typiskt av storleksordningen 1 mm.

5

5. Mätdetektor enligt patentkrav 1, **kännetecknad** av att väggen (16) i nämnda kammare (4) består av kristallformigt eller amorft silikat, aluminiumoxid eller motsvarande, eller alternativt av något polymer som är tätt och kemiskt inaktivt med avseende på gasdiffusionen, att kammarens fönster (8) består av något av ovan-
10 nämnda material eller alternativt av glimmer eller liknande och av att det ytavsnitt (18') av väggen som ligger mitt emot fönstret (8) innefattar en spegel (7) för att rikta den i kammarens gasblandning alstrade avgivna strålningen mot fönstret.

6. Mätdetektor enligt patentkrav 1 eller 5, **kännetecknad** av att kammarens (4)
15 inneryta (18, 18') på andra ställen än vid (50) fönstret (8) är åtminstone delvis beklädd med en flerskiktad interferensspegelyta (51) bestående av dielektriskt material.

7. Mätdetektor enligt patentkrav 1, **kännetecknad** av att mellan nämnda ljussensororgan (12) och kammarens fönster (8) placerats ett optiskt filter (9) med smalt
20 transmittansband, företrädesvis ett interferensfilter, för att mäta avgiven strålning på smala våglängsband och att mellan kammarens fönster (8) och filtret finns en kollimator (10) och mellan detta filter och ljussensororganet finns en fokuseringslins (11).

25

8. Mätdetektor enligt patentkrav 1 eller 7, **kännetecknad** av att vid kammarens fönster (8) finns parallellt med fönstrets yta (52) två eller flera angränsande ljussensororgan (12a och 12b) och mellan varje sådant ljussensororgan och fönstret (8) har placerats ett optiskt filter (9a och 9b) med smalt transmittansband, företrädesvis
30 ett interferensfilter, varvid de olika filtrens transmittansband ligger på olika våglängder (f_3, f_4) för att identifiera intensiteten hos de olika strålningsbanden i utsläppet i gasblandningen (G).

9. Mätdetektor enligt patentkrav 1, **kännetecknad** av att mellan ljussensororganet
35 (12c) eller -organen (12d) och kammarens fönster (8) placerats en spektrometer (14), såsom en prisma- eller gitterspektrometer, med en ingångsspalt (13) och ett utgångsområde (15a) för strålning, att kammarens fönster placerats vid ingångsspalten så att den från kammaren (4) utgående avgivna strålningen går via ingångsspalten

(13) till spektrometern och att på utgångsområdet (15a) placerats en utgångsspalt (15b) och vid denna ett ljussensororgan (12c), varvid denna utgångsspalt och ljussensororganet kan flyttas (D) som en helhet (53) på utgångsområdet; eller spektrometers gitter (54) eller prisma kan vändas (R) i förhållande till utgångsområdet för att rikta olika våglängder (f_1 , f_2) för mätning mot ljussensororganet (12c); eller alternativt har på utgångsområdet (15a) placerats två eller flera ljussensororgan parallellt med spektret (f) i form av en ljussensoruppställning (12d), för att mäta de olika våglängderna hos avgiven strålning på smala våglängdsband.

10 10. Mätarrangemang för analys av gasblandningar (G) innefattande åtminstone: en mättdetektor (1) som fungerar enligt en första spektroskopisk mätprincip och vars ljussensororgan (12) avger en elektrisk signal (S_1) över det strålningsutsläpp alstrat av den stumma elektriska urladdningen i gasblandningen som det elektriska högspänningsfältet (U) genererar i nämnda gasblandning under ungefärligt atmosfäriskt tryck (P) och med en given volym (4); och

15 en kalkyleringsenhet (30) för analys av den respektive uppmätta första gaskomponenten på basen av den mottagna elektriska signalen (S_1), **kännetecknat** av att i mättdetektorn (1) som fungerar enligt den första mätprincipen har den höga växelspänningen (U) som genererar ett elektriskt fält en frekvens minst av storleksordningen 10 kHz; och att arrangemanget vidare innefattar en mättdetektor (20 eller 22) som fungerar enligt någon annan mätprincip, vars elektriska signal (S_2 eller S_3) tjänar till att analysera åtminstone någon annan gaskomponent i gasblandningen, och att kalkyleringsenheten (30) anordnats att på förutbestämt sätt kontrollera och vid behov korrigera det ursprungliga värde för den första resp. andra gaskomponenten som bestämts med hjälp av det bestämda värdet för denna andra eller

25 första gaskomponent på basen av den elektriska signal (S_1 , S_2 , S_3) mättdetektorn (1 eller 20 eller 22) avgivit för att eliminera eventuella synergetiska effekter av de olika gaskomponenterna.

30 11. Mätarrangemang enligt patentkrav 10, **kännetecknat** av att mättdetektorn (1) som fungerar enligt nämnda första spektrometriska mätprincip används för analys av eventuella olika atomariska och diatomariska och andra sådana gaskomponenter i gasblandningen (G) som avger strålning baserad på mjuk, huvudsakligen icke-joniserande excitering av molekyler och/eller atomer, att vid nämnda analys bestäms värdena för dessa olika gaskomponenter genom att observera de olika våglängder (f_1 , f_2 ; f_3 , f_4) de avger och/eller genom att mäta intensiteten hos den strålning som avgetts på olika våglängder och att med hjälp av det bestämda värdet för nämnda andra gaskomponent korrigerar kalkyleringsenheten (30) det ursprungliga värdet för

35

denna första gaskomponent som bestämts på basen av en elektrisk signal (S_1) avgiven av ljussensororganet (12).

5 12. Mätarrangemang enligt patentkrav 10, **kännetecknat** av att mätdetektorn (1) som fungerar enligt nämnda första spektrometriska mätprincip har en kammare (4) med så liten volym (V) att provflödet (F_t), som är litet jämfört med huvudflödet (F_m) i den analyserade gasblandningen, byter ut den analyserade gasblandningen (G) i kammaren åtminstone en gång för varje andningsperiod, och att volymströmmen i provflödet (F_t) som separeras från huvudflödet (F_m) är högst ca 20 % och
10 företrädesvis högst ca 10 % av huvudflödets volymström.

13. Mätarrangemang enligt patentkrav 10, **kännetecknat** av att som nämnda värden bestäms med mätdetektorn (1) som fungerar enligt den första spektroskopiska mätprincipen åtminstone gasblandningens (G) kvävehalt och att mätdetektorn som
15 fungerar enligt den andra mätprincipen är en infraröd-absorptionsdetektor (20), vars elektriska signal (S_2) tjänar till att bestämma åtminstone gasblandningens (G) koldioxidhalt, som vid behov används för att på förutbestämt sätt i kalkyleringsenheten (30) korrigera den uppmätta kvävehalten eller omvänt koldioxidhalten för att erhålla de slutliga koncentrationsvärdena.

20

14. Mätarrangemang enligt patentkrav 13, **kännetecknat** av att nämnda detektor (20) som mäter koldioxidhalten företrädesvis är placerad först i provflödet (F_t) sett från huvudflödet (F_m) och mätdetektorn (1) som fungerar enligt nämnda första spektroskopiska mätprincip är placerad i serie med denna i provflödet (F_t).

25

15. Mätarrangemang enligt patentkrav 11 eller 13, **kännetecknat** av att mätarrangemanget innefattar en mätdetektor (22) som fungerar enligt en tredje mätprincip, företrädesvis en detektor baserad på ett paramagnetiskt fenomen, vars elektriska signal (S_3) används till att bestämma åtminstone gasblandningens (G) syrehalt och som är placerad i provflödet (F_t) parallellt eller i serie med detektorn (1) som fungerar enligt den första mätprincipen, och att analysresultatet från detektorn (22) som
30 fungerar enligt denna tredje mätprincip används på förutbestämt sätt i kalkyleringsenheten (30) för korrigering av analysresultaten från detektorerna (1 och/eller 20) som fungerar enligt övriga mätprinciper, eller vice versa.

35

16. Mätarrangemang enligt patentkrav 11 eller 13, **kännetecknat** av att mätdetektorn (20) som fungerar enligt nämnda andra mätprincip dessutom används för att mäta gasblandningens dikväveoxidhalt och/eller anestesigaser och mätdetektorn (1)

som fungerar enligt nämnda första mätprincip dessutom för att mäta eventuella helium-, xenon-, och/eller argonhalter, och att mätarrangemanget vidare innefattar en detektor (45) vid behov placerad i provtagningsflödet (Ft) och baserad på infraröd-absorption, som detekterar anestesigaser eller dylika.

5

17. Mätarrangemang enligt patentkrav 10, **kännetecknat** av att i mätdetektorn (1) som fungerar enligt den första spektroskopiska mätprincipen används för haltmätning den våglängd bland de olika våglängder (f_1, f_2, f_3, f_4) en gaskomponent som skall undersökas i gasblandningen avger, som inom berörda haltintervall ger det tillförlitligaste värdet på denna gaskomponents koncentration, varvid man för låga halter väljer våglängder med högre relativ intensitet och analogt för högre halter våglängder med svagare relativ intensitet.

10

18. Mätarrangemang enligt patentkrav 10, **kännetecknat** av att mätdetektorn (1) som fungerar enligt den första spektroskopiska mätprincipen företrädesvis används för att analysera sådana gaskomponenter i gasblandningen (G) som åtminstone inte har någon väsentlig eller i övrigt användbar infraröd-absorption eller motsvarande.

15

19. Mätarrangemang för analys av gasblandningar (G), vilket innefattar åtminstone: en mätdetektor (1) som fungerar enligt en första spektroskopisk mätprincip, vars ljussensororgan (12) avger en elektrisk signal (S_1) över det strålningsutsläpp från den stumma elektriska urladdningen i gasblandningen som det elektriska högspännings(U)fältet alstrar i nämnda gasblandning under ungefärligt atmosfäriskt tryck (P) och med en given volym (4);

20

25 en mätdetektor (20 eller 22) som fungerar enligt någon annan mätprincip, vars elektriska signal (S_2 eller S_3) används för analys i kalkyleringsenheten av åtminstone någon annan gaskomponent i gasblandningen; och

25

en kalkyleringsenhet (30) eller -enheter för analys av de gaskomponenter som skall mätas respektive gång på basen av de elektriska signalerna (S_1, S_2 och/eller S_3),

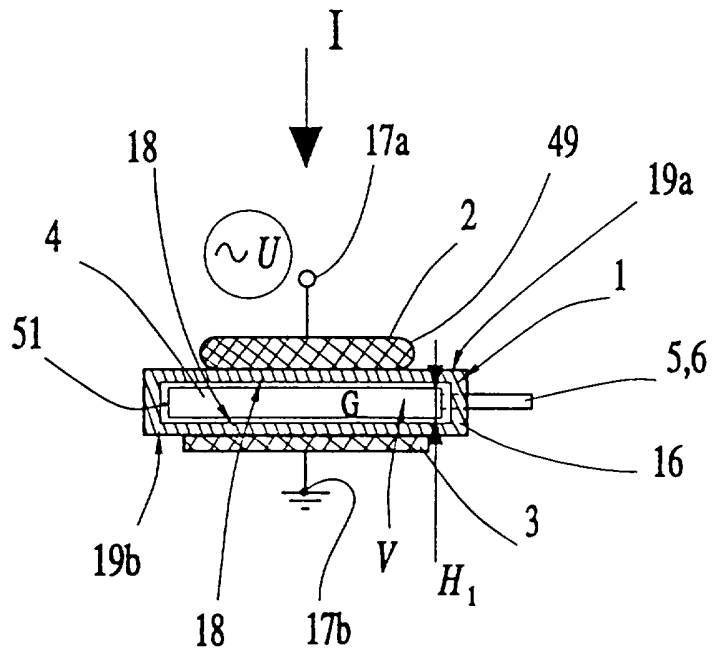
30

kännetecknat av att i mätdetektorn (1) som fungerar enligt den första spektroskopiska mätprincipen har den höga växelspänningen (U) som alstrar ett elektriskt fält en frekvens av minst storleksordningen 10 kHz och med denna mätdetektor (1) analyseras företrädesvis sådana gaskomponenter i gasblandningen (G), som åtminstone har ingen väsentlig eller i övrigt användbar infraröd-absorption eller som inte kan analyseras med en metod baserad på ett paramagnetiskt fenomen.

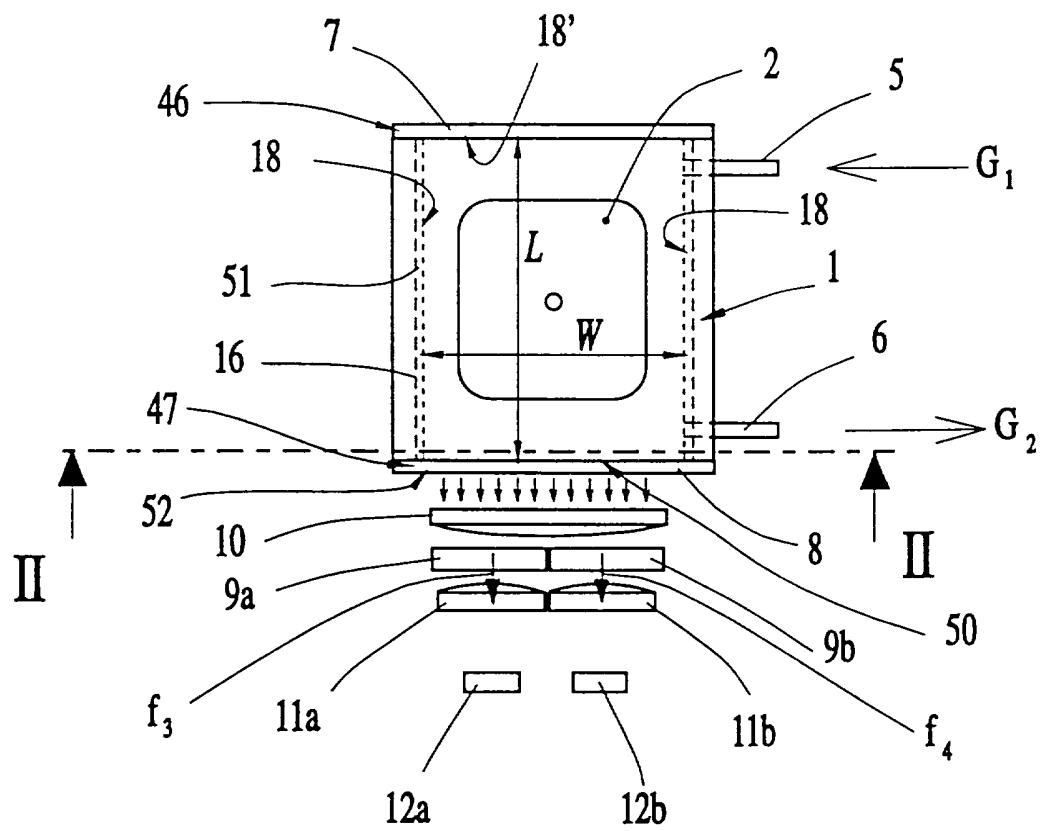
35

20. Mätarrangemang enligt patentkrav 19, **kännetecknat** av att i nämnda mätde-
tektor (1) som fungerar enligt den första mätprincipen är den höga växelspanningen
(U) som alstrar en stum elektrisk urladdning i intervallen 0,5-10 kV.

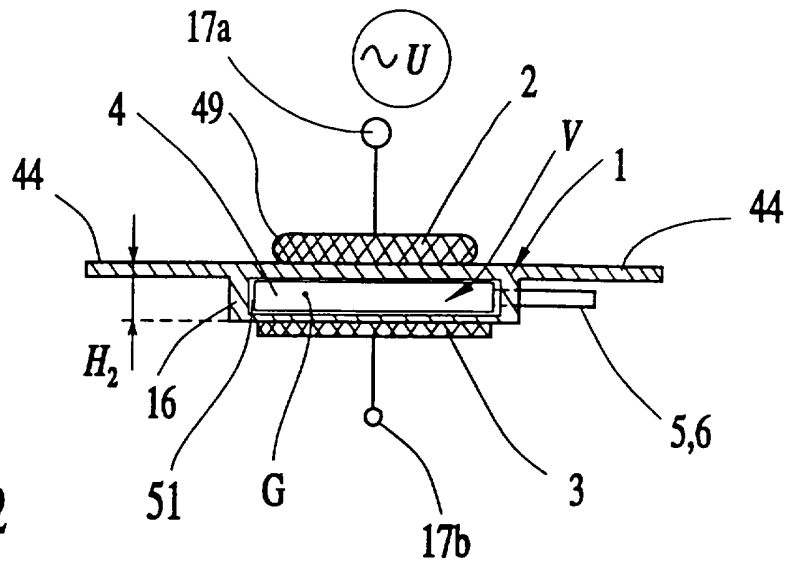




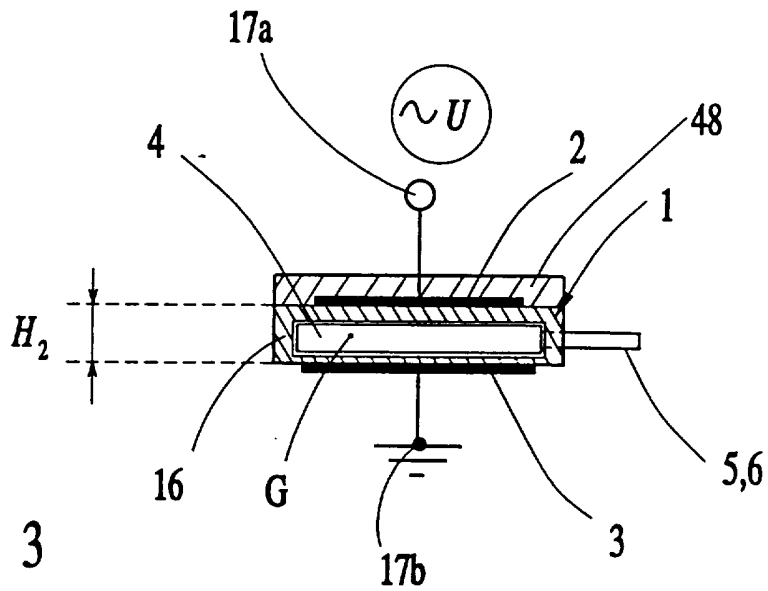
Kuva 1B



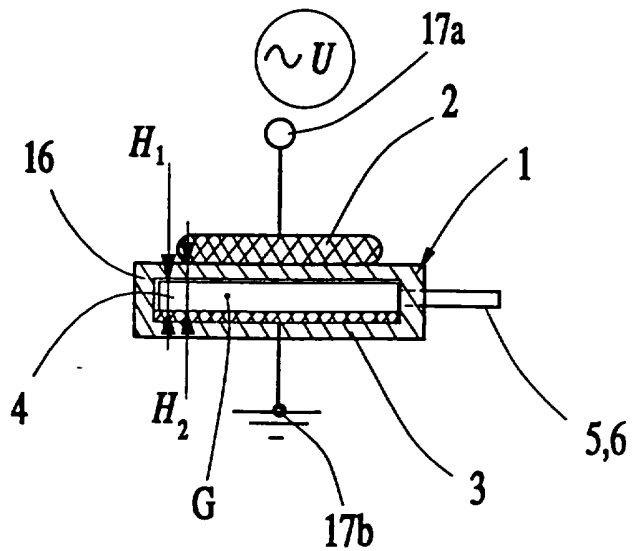
Kuva 1A



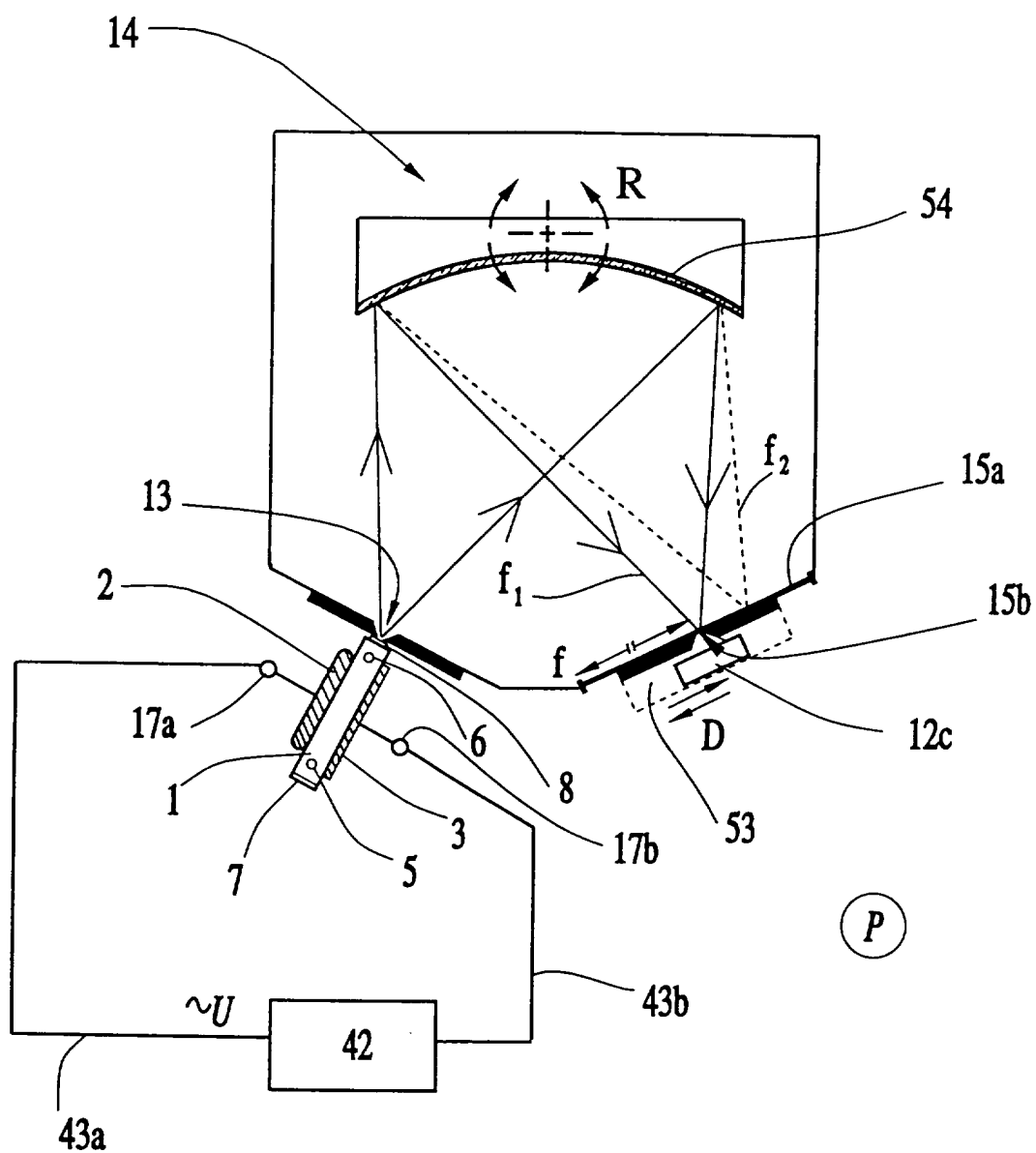
Kuva 2



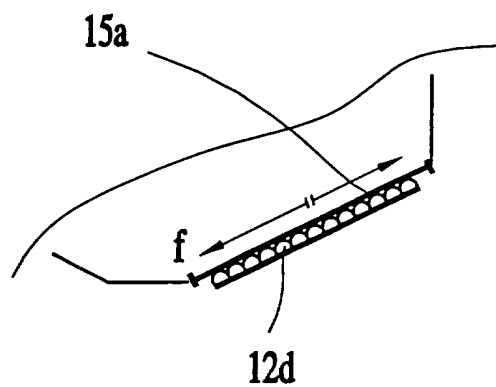
Kuva 3



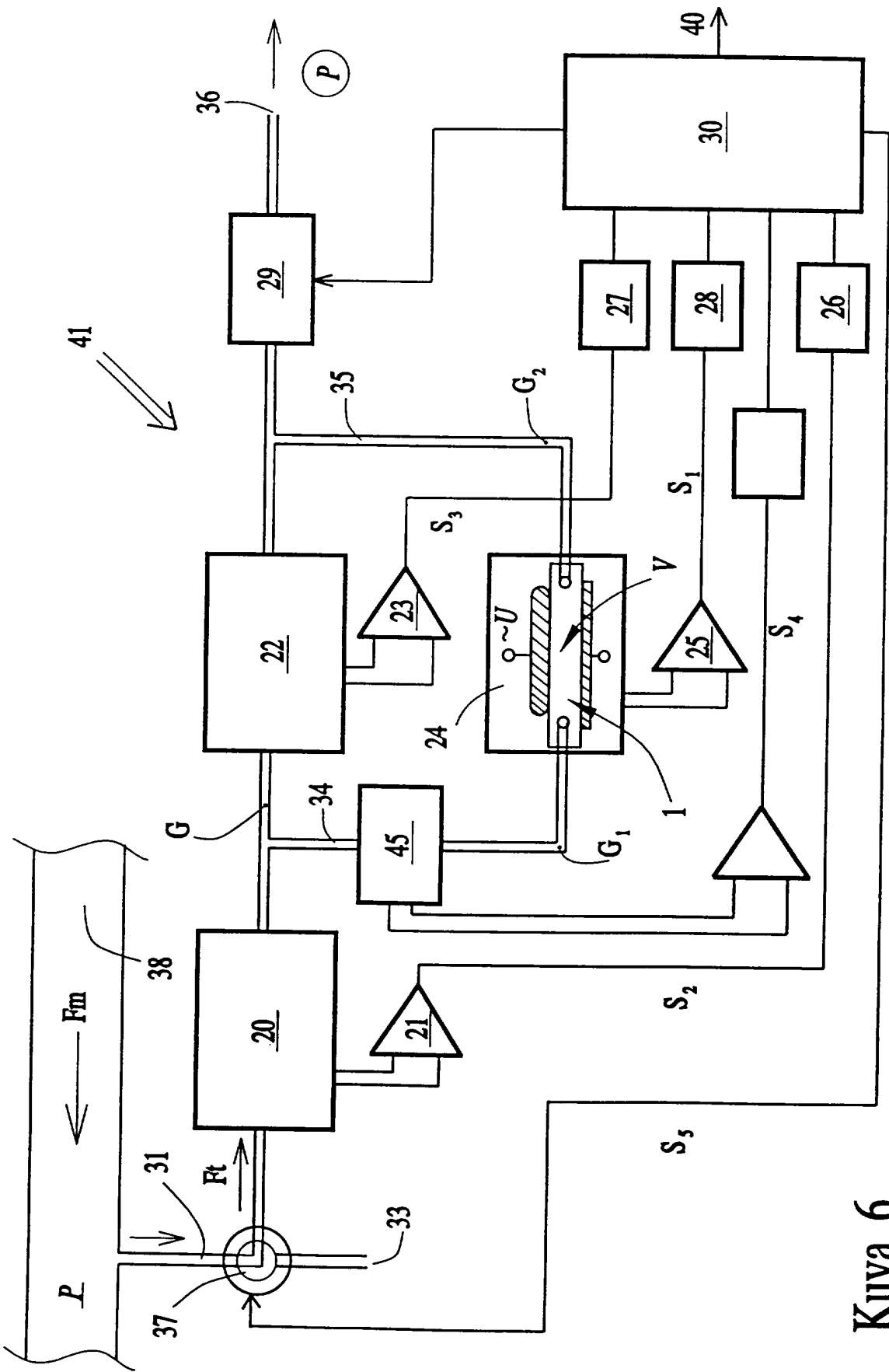
Kuva 4



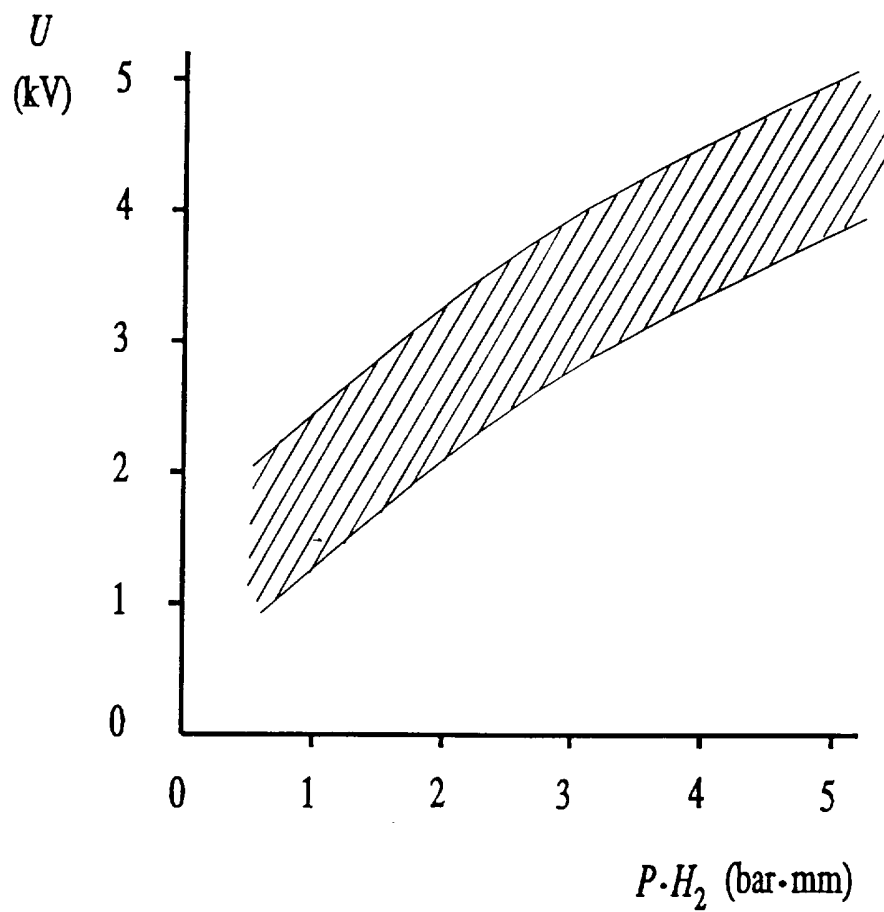
Kuva 5A



Kuva 5B



Kuva 6



Kuva 7