



FI00090693B

(B) (11) **KUULUTUSJULKAISU
UTLAGGNINGSSKRIFT** 90693C (45) Patentti myönnetty
Patent meddelat 10 03 1991

(51) Kv.1k.5 - Int.cl.5

G 01N 21/27

SUOMI-FINLAND

(FI)

**Patentti- ja rekisterihallitus
Patent- och registerstyrelsen**

(21) Patentihakemus - Patentansökning	875445
(22) Hakemispäivä - Ansökningsdag	11.12.87
(24) Alkupäivä - Löpdag	12.06.86
(41) Tullut julkiseksi - Blivit offentlig	11.12.87
(44) Nähtäväsipanon ja kuul.julkaisun pvm. - Ansökan utlagd och utl.skriften publicerad	30.11.93
(86) Kv. hakemus - Int. ansökan	PCT/SE86/00282
(32) (33) (31) Etuoikeus - Prioritet	
13.06.85 SE 8502946 P	

(71) Hakija - Sökande

1. Opsis AB, Forskningsbyn Ideon, 223 70 Lund, Sverige, (SE)

(72) Keksijä - Uppfinnare

1. Uneus, Leif, Vildanden E:123, 222 34 Lund, Sverige, (SE)
2. Wallin, Svante, Lagerbringsväg 5 E, 223 60 Lund, Sverige, (SE)

(74) Asiamies - Ombud: Forssén & Salomaa Oy

(54) Keksinnön nimitys - Uppfinningens benämning

**Menetelmä ja laite parametrien määrittämiseksi kaasumaisia aineita varten
Sätt och anordningen för bestämning av parametrar för gasformiga ämnen**

(56) Viitejulkaisut - Anförda publikationer

EP A 121404 (G 01N 21/25), US A 4214835 (G 01J 3/38), US tiiv. 2406318

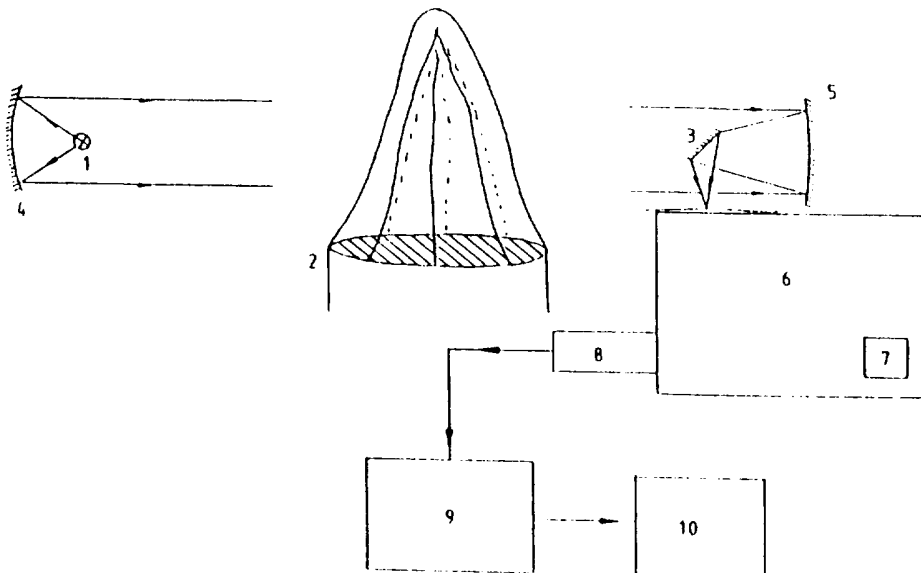
(57) Tiivistelmä - Sammandrag

Esillä olevan keksinnön kohteena on menetelmä parametrien, erityisesti paineen, lämpötilan, pitoisuuden, hiukkasten lukumäärän ja kokojakautuman, määrittämiseksi palamis- tai muiden korkeassa lämpötilassa tapahtuvien prosessien yhteydessä esiintyviä kaasumaisia aineita varten, sanotun menetelmän käsittäessä spektraalisesti leveäkaistaisen valon lähettämisen mittauskohteen (2) läpi, tämän mittauskohteen (2) läpi lähetetyn valon spektraalisen jakamisen ja valon spektraalisen jakautumisen tallentamisen tutkitulla aallonpituusvälillä useita kertoja. Jokainen tallennus tapahtuu peräkkäisessä järjestyksessä siten, että spektraalisesti jaettu valo pyyhkäistään yksikanavaisen ilmaisimen suhteen niin lyhyen ajan kuluessa, että valon yhteisvoimakkuus koko aallonpituusväliä varten pysyy vakiona jokaisen tallennuksen aikana. Tämän jälkeen tallennetusta spektraalisesta jakautumista muodostetaan keskiarvot ja etsityt parametrit laaketaan tämän spektraalisen keskiarvojakautuman perusteella, jolloin tätä jakautumaa ja tunnetuilla ehdoilla laskettuja tai tallennettuja spektreja käytetään kyseistä laskutoimitusta varten.

Laite sanotun menetelmän toteuttamista varten on tunnettu siitä, että se käsittää elimet (7,8) valon spektraalisen jakautumisen peräkkäistä tallentamista varten tutkitulla aallonpituusvälillä niin lyhyen ajan kuluessa, että koko aallonpituusväli pysyy vakiona jokaisen tallennuksen aikana, näiden elinten (7,8) sisältäessä yksikanavaisen ilmaisimen (8), jonka lähtösignaali on verrannollinen vastaanotetun valon voimakkuuteen, ja elimen spektraalisesti jaetun valon pyyhkäisemiseksi sanotun yksikanavaisen ilmaisimen suhteen, keskiarvojen muodostuslaitteen ja tietokonelaitteen (9) etsittyjen parametrien laskemista varten. Vaikeapääyisissä paikoissa suoritettun mittauksen yhteydessä voi laite sisältää optiset kuidut (11), jotka on asetettu johtamaan valo mittauskohteen ja/tai pois siitä.

Ett sätt att bestämma parametrar, speciellt koncentration, tryck, temperatur, partikelantal och partikelstorleksfördelning, för gasformiga ämnen, som är närvarande vid förbränningsprocesser eller andra processer som sker vid hög temperatur, består i att sända spektralt bredbandigt ljus genom ett mätobjekt (2), att spektraluppdelade det genom mätobjektet transmitterade ljuset, att registrera ljusets spektrala fördelning i det studerade våglängdsintervallet ett stort antal gånger. Varje registrering sker sekventiellt genom att det spektraluppdelade ljuset svepes relativt en en-kanal-detektor och under så kort tid att den sammanlagda ljusintensiteten för hela våglängdsintervallet är konstant under varje registrering. Därefter medelvärdesbildas de registrerade spektralfördelningarna och beräknas de sökta parametrarna på grundval av medelvärdespektralfördelningen, varvid dennas utseende och för kända betingelser beräknade eller registrerade spektra utnyttjas för denna beräkning.

En anordning för genomförande av sättet kännetecknas av organ (7,8) för sekventiell registrering av ljusets spektrala fördelning i det studerade våglängdsintervallet på så kort tid att den sammanlagda ljusintensiteten för hela våglängdsintervallet är konstant under varje registrering, vilka organ (7,8) innefattar en en-kanal-detektor (8), vars utsignal är proportionell mot det mottagna ljusets intensitet, och organ för svepning av det spektraluppdelade ljuset relativt en-kanal-detektorn, en medelvärdesbildare och datororgan (9) för beräkning av de sökta parametrarna. Vid mätning i svårtillgängliga miljöer kan anordningen innefatta optiska fibrer (11) vilka är anordnade att leda ljuset till och/eller från mätobjektet.



Menetelmä ja laite parametrien määrittämiseksi
kaasumaisia aineita varten
Sätt och anordningen för bestämning av parametrar
för gasformiga ämnen

5

Esillä olevan keksinnön kohteena on menetelmä parametrien, erityisesti paineen, lämpötilan, pitoisuuden, hiukkasten lukumäärän ja kokojakautu-
10 man, määrittämiseksi palamis- tai muiden korkeassa lämpötilassa tapah-
tuvien prosessien yhtydessä esiintyviä kaasumaisia aineita varten,
jossa menetelmässä kaasujen läpi johdettu valo jaetaan spektraalisesti
ja tämä valon spektraalinen jakautuma tutkitulla aallonpituusvälillä
tallennetaan peräkkäisesti siten, että spektraalisesti jaettu valo
15 pyyhkäistään yksikanavaisen ilmaisimen suhteen. Keksinnön kohteena on
myös laite menetelmän toteuttamiseksi.

Raaka-aineiden kustannusten noustessa ja vaatimusten päästöaineiden te-
hokasta puhdistusta varten lisääntyessä, on myös mielenkiinto esimer-
20 kiksi palamisprosessien valvomiseen ja säätelyyn lisääntynyt. Eräässä
70-luvun keskivaiheilla tehdyssä amerikkalaisessa tutkimuksessa osoi-
tetaan esimerkiksi, että jos palamisprosessien tehokkuutta voitaisiin
lisätä 1 %, merkitsisi tämä 15 miljoonan öljytynnyrin säästöä vuosit-
tain pelkästään USA:ssa. Hiilivoimalaitoksissa tapahtuva poltto on
25 toisena esimerkkinä palamisprosessista, jonka yhteydessä tehokas val-
vonta voisi säästää paljon taloudellisia arvoja. Jos lämpötila nousee
hiilivoimalaitoksessa liian korkeaksi, kerrostuu tällöin kuona-aineita,
mikä voi pahimmassa tapauksessa johtaa siihen, että koko voimalaitos on
suljettava puhdistusta varten. Lisäksi voitaisiin ympäristölle vaaral-
30 lisiä aineita sisältävien päästöaineiden määrää vähentää, jos tiettyjä
palamisprosesseja kyettäisiin säätelämään tehokkaammin. Esimerkkinä
tästä voidaan mainita roskien poltto. Jos lämpötila roskien polton
yhteydessä nousee liian korkeaksi (yli 1600°C), muodostuu suuria määriä
NO₂:ta, ja tämä aine on eräs niistä epäpuhtaista yhdisteistä, joiden
35 katsotaan aiheuttavan ns. metsäkuoleman. Jos lämpötila taas polton
aikana laskee liian alhaiseksi, muodostuu dioksiinia, joka on pelätty
ympäristömyrkky. Lämpötilan sopivan valvonnan avulla pitämällä tietty-

jen raja-arvojen välillä voidaan näiden molempien vaarallisten yhdisteiden päästöt minimoida.

Edellämainittujen ja muiden prosessien valvomiseksi ja säätämiseksi sopivalla tavalla on kuitenkin käytettävä antureita, joiden avulla valvonta- ja säätöparametrit, kuten esimerkiksi tiettyjen aineiden lämpötila, pitoisuus, jne., voidaan määrittää.

Valitettavasti ei tekniikka tällä alalla ole kehittynyt samassa tahdissa raaka-ainekustannusten ja ympäristöllisten ongelmien kanssa. Yhtenä syynä tähän ovat tietenkin korkeat lämpötilat, jotka tekevät mahdolliseksi normaalien anturien ja mittauslaitteiden käytön. Toisena syynä on se, että mittausympäristö esimerkiksi hiilivoimalaitoksessa asettaa erittäin korkeat vaatimukset mittauslaitteistolle, jonka on kestävä likaa, tärinää, jne. Kolmantena syynä on se, että mittausympäristö on pyörteinen, so. että mittausolosuhteet vaihtelevat suuresti ajan kuluessa, mikä aiheuttaa vaikeuksia sellaisen mittauslaitteiston valmistamisessa, joka mahdollistaa mittauksen suorittamisen suurella tarkkuudella ja luotettavuudella. Vain pari vuotta sitten oli siten käytettävissä ainoastaan epäluotettavia menetelmiä lämpötilan, pitoisuuden ja muiden parametrien mittausta varten. Lämpötila mitattiin esimerkiksi lämpöelementtien avulla, jotka häiritsivät prosesseja eivätkä siten antaneet luotettavia tuloksia. Lisäksi palamisprosessin yhteydessä esiintyvien aineiden pitoisuudet mitattiin imemällä kaasua ulos polttovyöhykkeeltä esimerkiksi massaspektrometriin. Myös nämä pitoisuusmittaukset olivat epäluotettavia, koska näytteen imeminen häiritsi prosesseja, imetty kaasunäyte jäähtyi massaspektrometrissä ja esiintyi vaara sen suhteen, että kyseiset aineet saattoivat reagoida toistensa kanssa massaspektrometrissä ja että mittaus ei tällöin tapahtunut samoilla aineilla kuin mitä esiintyi prosessin yhteydessä.

Kun muilla teknisillä aloilla halutaan välttää sitä, että mittaus häiritsisi prosessia, käytetään usein optisia mittausmenetelmiä. Tiedetyt optiset mittausmenetelmät perustuvat sille periaatteelle, että käytetään valon sekundaarista vaikutusta, esimerkiksi fluoresenssia, joka antaa tiedot etsityistä parametreista ja jonka voimakkuus mitataan.

Esimerkkinä tällaisista teknisistä menetelmistä voidaan mainita Raman-spektroskopia, laserindusoitu fluoresenssi jne. Näitä teknisiä menetelmiä on kuitenkin erittäin vaikeaa käyttää luonnollisen kokoisissa polttolaitoksissa, koska sekundäärinen vaikutus sammuttaa liekistä tulevan
5 valon.

Ainoana todellisena mahdollisuutena optisten menetelmien käyttämiseksi mittausten yhteydessä polttolaitoksissa on tehdä absorptiomittauksia, so. mitata liekkiin absorboituneen valon määrä. Tätäkin tekniikkaa on
10 vaikea soveltaa, koska hiukkastiheys näissä olosuhteissa on erittäin korkea ja valon siirtyminen siten hyvin vähäinen. Polttolaitoksen normaalissa kattilassa valon siirtyminen on alle 1 %. Tarvitaan siten erittäin voimakas valolähde käyttökelpoisen mittaussignaalin saavuttamiseksi.

15

Äskettäin on kehitetty optinen menetelmä, joka mahdollistaa aineiden pitoisuuden ja lämpötilan ilman kosketusta tapahtuvan mittauksen palamisprosessien yhteydessä. Tämä nimellä CARS (Coherent Anti-Stokes Raman Scattering) tunnettu tekniikka on selostettu julkaisussa Elteknik med
20 aktuell elektronik 1985:4, sivuilla 76-80. CARS-tekniikan avulla tapahtuvan mittauksen yhteydessä käytetään kahta laseria, joista yksi on säädettävissä ja toinen varustettu kiinteällä taajuudella. Näistä molemmista lasereista tulevat säteet fokusoidaan ja suunnataan siten, että ne kulkevat ristiin toistensa kanssa tiettyssä kulmassa. Alue,
25 johon nämä molemmat lasersäteet fokusoidaan, on pinta-alaltaan muutamia μm^2 :jä. Jos fokusointi epäonnistuu, ei menetelmä toimi. Säteiden välisen taajuuseron on lisäksi vastattava tarkasti kahden sisäisen energiatason välistä eroa siinä molekyyllissä, joka tahdotaan tutkia. Kuten tästä lyhyestä selostuksesta välittömästi ilmenee, on kysymys teknisesti
30 erittäin monimutkaisesta laitteesta, jonka vain erikoiskoulutuksen saaneet teknikot voivat asentaa ja suorittaa mittauksia sen avulla. Tällaisen laitteen kustannukset ovat tietenkin sangen suuret. Mainituksa artikkelissa on kustannuksiksi arvioitu 2 miljoonaa Ruotsin kruunua järjestelmää kohti, ja koska kyse on suurteholasereista, ei tämän summan odoteta alenevan.
35

Valitettavasti lasertekniikka sisältää muitakin haittoja. Ensiksikin voi esiintyä ongelmia kyllin voimakkaan mittausignaalin muodostamisessa hiukkaspitoisuudeltaan korkeiden prosessimittausten yhteydessä, koska CARS-tekniikassakin käytetään sekundäärivaloa mittaustulosten ilmaise-

5 miseen. Toiseksi laser on kohiseva valolähde, minkä johdosta erityisen hyvää mittaustarkkuutta ei useissa tapauksissa saavuteta. Kolmanneksi on käytettävä erilaisia mittausjärjestelyjä (lasereita) mittauksia varten eri taajuusalueilla. Neljänneksi on olemassa turvallisuusongel-

10 mastuva valo voi aiheuttaa parantumattomia vaurioita osuessaan ihmisen silmään.

Palamis- ja muiden korkeassa lämpötilassa tapahtuvien prosessien mit-

tausten yhteydessä on siten olemassa huomattava tarve yksinkertaisem-

15 man, luotettavamman ja halvemmän tekniikan suhteen, jota voidaan käyttää ilman suurempia ammattitietoja, mutta joka kuitenkin selviytyy korkeiden lämpötilojen ja runsaiden epäpuhtauksien aiheuttamista rasi-

tuksista.

20 Halvempi ja yksinkertaisempi pitoisuusmittaustekniikka, jota käytetään esimerkiksi kemiassa ja biologissa, on absorptiospektroskopia. Tämä tekniikka käsittää nestemäisen mittaushuoneen sisältävän kyvetin säteilyttämisen valkoisella valolla, jolloin hitaasti skannaavan spektromet-

rin avulla rekisteröidään jaksottaisesti spektrin eri aallonpituudet.

25 Skannaus kestää yleensä muutamia minuutteja, mutta tämä ei aiheuta mitään ongelmaa, koska mittausympäristö ei ole pyörteinen.

Tätä tekniikkaa käyttävä ja mittaukset pyörteisessä ympäristössä mah-

dollistava laite selostetaan eurooppalaisessa patenttihakemuksessa

30 84302093.4 (EP-A-0121404) ja se käsittää pulssivalolähteen valopulssien lähettämiseksi pitoisuudeltaan mitattavaa näytettä kohti, spektrometrin jokaisen näytteen läpi kulkeneen valopulssin jakamiseksi ainakin kah-

teen ennalta määrättyyn spektrikomponenttiin, diodisarjan kunkin ennal-

ta määrätyn spektrikomponentin valovoimakkuutta vastaavien lähtösignaa-

35 lien muodostamiseksi keskiarvon laskemiseksi kaikkia valopulsseja var-

ten molempia edellä mainittuja spektrikomponentteja varten siirretyn valon voimakkuuseroista.

- Pyörteisyyden vaikutus eliminoidaan siten tässä laitteessa käyttämällä pulssivalolähdettä. Tämä järjestely sisältää kuitenkin sen haitan, että on vaikea verrata eri pulssien alaisina havaittuja spektrejä keskenään, koska valolähteestä tulevan valon spektrijakautuma vaihtelee pulssikohtaisesti.
- 10 Eräänä toisena häirtana tämän laitteen yhteydessä on se, että on vaikea tallentaa spektri riittävän hyvällä signaalikohinasuhteella. Yhtenä syynä tähän on spektrin tallennusmenetelmä, jonka yhteydessä käytetään diodisarjaa. Diodisarja käsittää periaatteessa suuren määrän vierekkäin asetettuja ilmaisinelementtejä. Ongelmana näitä ilmaisinelementtejä
- 15 käytettäessä on yhtäältä se, että niillä on rakenteensa johdosta rajoitettu valoherkkyys ja toisaalta se, että nämä ilmaisinelementit ovat keskenään erilaisia pimeävirran, vahvistuksen, lämpötilaliikkeen ja vanhenemisesta aiheutuvan liikkeen suhteen. Nämä tekijät tekevät edellä mainitun laitteen sopimattomaksi korkeassa lämpötilassa tapahtuvien
- 20 prosessien valvomista ja säätelyä varten tarkoitettujen parametrien määrittämiseen.
- US-patenttijulkaisussa 2406318 on esitetty laite metallurgisissa prosesseissa tapahtuvien kemiallisten reaktioiden etenemisen ohjaamiseksi.
- 25 Laitteella analysoidaan palamisliekissä olevia kaasumaisia aineita käyttämällä säteilyttä valoa, joka on spektraalisesti jaettu ja peräkkäisesti tallennettu yksikanavaisella ilmaisimella.
- Esillä olevan keksinnön tarkoituksena on tarjota käyttöön halpa ja
- 30 yksinkertainen menetelmä korkeassa lämpötilassa tapahtuvien palamis- ja muiden prosessien yhteydessä esiintyviin kaasumaisiin aineisiin liittyvien parametrien mittaamiseksi suurella tarkkuudella. Eräänä erityisen kiinnostavana alueena on liekkien sisällä tapahtuva mittaus. Esillä olevan keksinnön eräänä toisena tarkoituksena on tarjota käyttöön laite
- 35 tämän menetelmän toteuttamista varten.

Keksinnön mukainen tarkoitus saavutetaan menetelmän avulla, jolle on tunnusomaista se, mitä on määritelty patenttivaatimuksessa 1.

5 Keksinnön mukaisen menetelmän toteuttamiseksi käytetään laitetta, jolle on tunnusomaista se, mitä on määritelty patenttivaatimuksessa 2.

Tämän menetelmän ja laitteen suurena etuna on se, että spektrin tallennus tapahtuu yksikanavaisen ilmaisimen avulla, jolloin diodisarjan ilmaisinelementtien erilaisista ominaisuuksista aiheutuva mittausvirhe
10 eliminoituu. Toisena etuna on se, että ilmaisinelementtinä voidaan käyttää tuikelaskuria, jolla on suurempi valoherkkyys kuin diodisarjaan kuuluvilla ilmaisinelementeillä.

Jatkuvan valolähteen käytön etuna on se, että se voidaan tehdä erittäin
15 vakaaksi ja että se on luotettavampi kuin esimerkiksi pulsseja lähettävä lamppu.

Esillä olevan keksinnön avulla voidaan mittaukset suorittaa kaikilla kaasumaisilla aineilla, joiden läpi voidaan lähettää valoa.

20

Lisäksi voidaan parametrit useita aineita varten määrittää yhden ja saman mittauksen avulla, mikä on tietenkin edullista.

Koska suuri määrä spektrejä tutkitaan ja jokainen spektri käsitellään
25 niin lyhyessä ajassa, että mittausolosuhteet pysyvät vakioina, voidaan ilmaista myös erittäin pienet absorptiomäärät.

Esillä olevaa keksintöä selostetaan seuraavassa erään sovellutusmuodon avulla oheisiin piirustuksiin viitaten, joissa kuvio 1 esittää kaavamaisesti keksinnön mukaista laitetta. Kuvio 2 esittää kaavamaisesti
30 erästä muunnelmaa kuvion 1 mukaisesta laitteesta. Kuviot 3A ja 3B esittävät perspektiivikuvantoa ja vastaavasti päällyskuvantoa näyttäen kaavamaisesti laitteen spektrin peräkkäisten havaintojen tekoa varten. Kuvio 4 esittää kaavamaisesti laitetta spektrin pyyhkäisemiseksi ilmaisimen yli. Kuviot 5A ja 5B esittävät eri lämpötiloissa otettuja
35 absorptiospektrejä yhtä ja samaa ainetta varten. Kuvio 6 esittää ab-

sorptioprofiilia näyttäen sen levityksen lämpötilasta ja paineesta riippuen.

Kuviossa 1 esitetään laite, joka on tarkoitettu käytettäväksi korkeassa
5 lämpötilassa tapahtuvien palamis- ja muiden prosessien yhteydessä
esiintyvien kaasujen parametrien mittaukseen. Lamppu 1, jolla on oltava
vähintään sama taajuusalue kuin tutkittavalla aallonpituusvälillä ja
jonka on oltava toiminnaltaan mahdollisimman jatkuva ja vakaa ja joka
voi esimerkiksi olla 450 W ksenonlamppu, asetetaan parabolisen peilin 4
10 polttopisteeseen ja mitattavan mittauskohteen läheisyyteen. Lampun 1
keskellä ja mittauskohteen 2, joka tässä tapauksessa on liekki, toisella
puolella on vastaanottolaite käsittäen parabolisen peilin 5 ja vi-
noon asetetun peilin 3. Jos mittaus suoritetaan mittauskohteesta heijastuneen tai säteilleen valon avulla, voidaan vastaanottolaite asettaa
15 toisiin kohtiin lampun suhteen. Spektrometri 6 valon spektraalista
jakautumista varten asetetaan siten, että se ottaa vastaan valoa vastaanottolaitteesta. Mittauskohteesta tuleva valo voidaan vaihtoehtoisesti johtaa suoraan spektrometriin 6, jolloin vastaanottolaitetta ei tarvita. Mittauksia varten näkyvällä alueella sekä infrapuna- ja ultra-
20 violettivalon alueella voi spektrometrinä toimia sopivasti yleensä tunnettu hilaspektrometri. Laite käsittää edelleen elimet 7,8 spektrometrin 6 spektraalisesti jakaman valon jaksottaista tallennusta varten. Tässä sovellutusesimerkissä nämä elimet käsittävät pyörivän peilin 7, joka pyyhkäisee spektrin spektrometrinä kiinteän etäisyyden päässä
25 olevan lähtöraon yli, sekä tämän lähtöraon taakse asetetun valoilmäimen 8, joka voi edullisesti olla tuikelaskuri, raon läpi lähetetyn valon voimakkuuden muuttamiseksi sähköisiksi signaaleiksi. Tässä tapauksessa spektri pyyhkäistään siis kiinteän raon yli, mutta alaan perehtynyt ammattimies ymmärtää kyllä, että yhtä hyvin voidaan rako
30 pyyhkäistä kiinteän spektrin yli. Molemmissa tapauksissa skannaus tapahtuu siten, että raon sijoitusta huoneessa spektron suhteen muutetaan mekaanisen laitteen avulla. Kuvioden 3 ja 4 yhteydessä selostetaan seuraavassa esimerkki sopivista tallennuselimistä. Toisena vaatimuksena, joka tallennuselinten 7,8 on täytettävä, on se, että spektri on
35 voitava tallentaa niin nopeasti, että valon kokonaisvoimakkuus koko aallonpituusväliä varten pysyy vakiona jokaisen tallennuksen aikana.

Sitävastoin voi valon kokonaisvoimakkuus olla erilainen eri tallennusten yhteydessä, koska signaalitaso vaihtelee mittauskohteessa esiintyvistä pyörteisyydestä, tärinästä, jne. riippuen. Laitteen ulostulo on liitetty nopeaan vaihtovirtamuuttimeen, joka muuttaa tuikelaskurista tulevat analogiset signaalit digitaaliseen muotoon, minkä jälkeen signaalit tallennetaan tietokoneeseen 9. Tietokoneeseen 9 on varastoitu ohjelma tallennettujen spektrien keskiarvomuodostusta varten etsittyjen parametrien laskemiseksi ja pyörivän peilin 7 ohjaamiseksi sekä tunnetuissa olosuhteissa havaittujen vertailuspektrien valvomiseksi. Tietokone on varustettu myös muistitilalla tallennettujen spektrien varastointia varten. Tietokoneeseen voidaan liittää kirjoitin 10 tai jokin muu sopiva tulostuslaite. Lisäksi voi tietokone 9 olla kytkettynä kuvi-
oissa näkymättömiin ohjaus- tai säätölaitteisiin, jotka ottavat vastaan ohjaussignaalit mittaustuloksista riippuvalla tavalla.

15

Mittauslaite toimii seuraavalla tavalla. Lampusta 1 tuleva valo heijastuu parabolisessa peilissä 4 ja lähtee siitä yhdensuuntaisena valokimppuna, joka lähetetään mittauskohteen 2 läpi. Lähetetyn valon ottaa vastaan parabolinen peili 5 heijastaen sen vinoon asetettuun peiliin 3 ja edelleen spektrometrin 6 sisäänmenoon. Spektrometrissä 6 valo jaetaan spektraalisesti. Pyörivä peili 7 pyyhäisee spektrin spektrometrin lähtöpäässä olevan kiinteän raon yli, jolloin tuikelaskuri 8 ottaa jaksottaisesti vastaan raon kautta lähetetyn valon spektrin eli aallonpituusväleistä ja antaa tämän valon voimakkuutta vastaavan analogisen
signaalin. Tämä analoginen signaali muutetaan vaihtovirran avulla ja varastoidaan tietokoneeseen 9. Näiden toimenpiteiden toistamisen avulla tallennetaan lyhyessä ajassa suuri määrä spektrejä (10 000-100 000 kpl), joista tämän jälkeen muodostetaan keskiarvot tietokoneessa. Aallonpituuksista riippuvien vaihtelujen kompensoimiseksi lampun lähtösignaalissa ja peilin heijastuksissa jne. ja kiinnostavien absorptioprofiilien selville saamiseksi jaetaan keskiarvospektri tätä varten sopivalla funktiolla. Tällä tavoin saadun spektrin perusteella lasketaan tietokoneessa reaaliajassa, kuten seuraavassa lähemmin selostetaan, etsityt parametrit.

35

Kuviossa 2 esitetään muunnelma kuvion 1 mukaisesta järjestelystä. Tämän muunnelman mukaisesti johdetaan valolähteestä 1 tuleva valo mittauskohteeseen 2 ja/tai mittauskohteesta 2 spektrometriin 6 optisten kuitujen 11 välityksellä. Valon siirtämiseksi optisissa kuiduissa käytetään erityistä laitetta 12, joka käsittää tasaisen vinoon asetetun peilin ja fokuoivan peilin. (Tälle laitteelle on haettu patentti, SE-8406025-0). Tämä mittausjärjestely on tarkoitettu käytettäväksi lähinnä vaikeapääsyisissä olosuhteissa suoritettujen sekä esimerkiksi liekin sisällä olevien lyhyiden ja tarkasti määriteltyjen välimatkojen mittaus-

5
10

Kuviossa 3A ja 3B esitetään esimerkki laitteesta spektrin jaksottaista tallentamista varten. Tämä laite käsittää kierrettävän levyn 30, joka on kehällään varustettu pystysuoralla reunuksella 30A, jossa on levyn 15 30 kiertoakselin suuntaiset ja yhtäläisten etäisyyksien päähän toisistaan asetetut raot 31. Fokusointihila 32 on lisäksi asetettu levyn 30 keskelle ja tuikelaskuri 33 reunuksen 30A taakse.

Laitetta käytettäessä levyä 30 pyöritetään kuvioissa näkymättömän moottorin avulla, jolloin valo kohdistuu reunuksen 30A yläpuolella olevaa pistettä kohti kuviossa näkymättömän kiinteän raon kautta, joka on asetettu kuviossa 3 näkyvien valonsäteiden risteyskohtaan, valon siirtyessä edelleen fokusointihilaa 32 kohti. Tämä hila jakaa valon spektraalisesti ja heijastaa sen kehää vasten, jolloin yksi rako 31 kerrallaan 25 kulkee spektrin läpi ja tuikelaskuri 33 ottaa jaksottaisesti vastaan ja tallentaa valon spektrin eri aallonpituuksia varten. Tämän laitteen etuna on se, että reunuksessa 30A olevat raot 31 ovat koko ajan fokusointihilan 32 polttotasolla.

Kuvio 4 esittää erästä toista laitetta spektrin jaksottaista tallennusta varten. Tämä laite käsittää spektrometrin 6 sisään asetetun kierrettävän peilin 36, joka ottaa vastaan spektraalisesti jaetun valon. Kierrettävän peilin 36 normaalisuora poikkeaa hieman sen kiertoakselista. Kun peiliä kierretään kuviossa näkymättömän moottorin avulla, 35 heijastuu tuleva valo elliptistä rataa pitkin spektrometrin 6 lähtököön 34, jonka taakse on asetettu tuikelaskuri 35 spektrin eri aallon-

pituuksista tulevan valon jaksottaista vastaanottoa varten. Laite käsittää edelleen kiertävän peilin 36 kehälle asetetun tapin 37, joka ulottuu säteen suunnassa peilistä, ja valoesteen 48, joka käsittää optisen lähttimen 39 ja vastaanottimen 40. Lähettimestä 39 tuleva valo 5 pysähtyy ohittaessaan tapin 37, jolloin laukaisusignaali mittausta varten muodostuu.

Tietokoneessa suoritettut laskelmat perustuvat siihen, että elektronit voivat kiertää vain tietyillä kuorilla tai radoilla atomeissa. Kukin 10 tällainen elektronirata vastaa määrättyä energiatilaa. Molekyyleissä tilanne on monimutkaisempi. Atomeissa esiintyvien energiati-
löjen lisäksi niissä on olemassa myös värähtely- ja kiertotiloja, jotka joh-
tuvat siitä, että molekyylit voivat värähdellä tiettyä akselia pitkin tai vastaavasti kiertää sen ympäri. Periaate on kuitenkin sama: jokai-
15 sella molekyylillä on rajoitettu määrä sallittuja energiati-
löjä. Jos atomiin tai molekyyliin osuu esimerkiksi valon sisältämä fotoni, jonka taajuus vastaa tarkasti atomin tai molekyylin kahden olotilan välistä energiaeroa, tämä fotoni absorboituu tietyllä todennäköisyydellä, jol-
20 loin kyseinen atomi tai molekyyli siirtyy tällöin energiatilasta toi-
seen. Lähettämällä tietyllä taajuudella ja voimakkuudella varustettua valoa esimerkiksi kaasun läpi ja tutkimalla, miten paljon valoa absor-
boituu tietyllä taajuudella kulkiessaan kaasun kautta, voidaan saada paljon tietoa kaasun sisältämistä aineista.

25 Seuraavassa selostetaan yleisluontoisesti pitoisuuden, lämpötilan, paineen, hiukkaskoon jakautumisen ja hiukkasten lukumäärän laskemista havaittujen spektrien perusteella.

Lämpötila

30

Yhdessä atomissa olevilla elektroneilla on erilaiset olotilat lämpö-
tilasta riippuen. Samalla tavoin riippuvat molekyylin erilaiset elek-
troni-, värähtely- ja kiertotilat lämpötilasta. Tämän seurauksena on,
että atomit ja molekyylit absorboivat eri taajuuksilla olevia fotoneita
35 lämpötilasta riippuen, mikä taas johtaa siihen, että jonkin aineen
absorptiospektri on erilainen eri lämpötiloissa. Kuviossa 5A ja 5B esi-

tetään rikkidioksidin kaksi erilaista spektriä, jotka on otettu eri lämpötiloissa 100 megawatin voimalaitoksessa poikittain liekin läpi. Erot näkyvät selvästi. Vertaamalla esillä olevan keksinnön mukaisen laitteen avulla otettua spektriä tunnetuissa olosuhteissa otettuun (tai laskettuun) spektriin, voidaan lämpötila määrittää.

Pitoisuus

Pitoisuus määritetään käyttäen Lambert-Beersin lakia $I = I_0 e^{-\sigma l c}$, jossa I merkitsee lähetetyn valon voimakkuutta, I_0 valolähteen voimakkuutta, σ kyseisen aineen absorptiopoikkileikkausta, l absorptiomatkaa ja c pitoisuutta. Tämän pitoisuusmäärittämisen yhteydessä edellytetään kuitenkin, että lämpötila tunnetaan, koska absorptiopoikkileikkaus on lämpötilasta riippuva. Keksinnön mukaisen menetelmän avulla voidaan lämpötila kuitenkin yksinkertaisella tavalla määrittää. Tällä tavoin määritetty pitoisuus merkitsee kyseisen aineen keskimääräistä pitoisuutta absorptiomatkaa pitkin otettuna. Jos lämpötila on erilainen absorptiomatkan eri kohdissa, voidaan saada lisätietoa.

20 Paine

Kuviossa 6 esitetään absorptioprofiili ja erityisesti sen levitys paineen ja lämpötilan johdosta. Käyrä A esittää puhdasta lämpötilaosuutta, ns. Dopplerlevitystä. Tämän käyrän puoliarvoveveys on verrannollinen lämpötilaan. Käyrä B esittää absorptioprofiilia painelevennyksen yhteydessä. Tämän käyrän puoliarvoveveys on suoraan verrannollinen paineeseen ja verrannollinen lämpötilaan. Käyrät esittävät siis itse levitysilmiötä. Todellinen absorptioprofiili on näiden molempien käyrien yhteenveto. Tuntemalla lämpötila voidaan paine siten määrittää funktiona absorptioprofiilin levityksestä ja päinvastoin.

Hiukkasten lukumäärä ja niiden kokojakautuma

Hiukkasten lukumäärää kaasussa ja niiden kokojakautumaa määritettäessä otetaan spektri koko optista aluetta varten ultraviolettivalosta infrapunavaloon asti. Ns. Mie-hajonnan ansiosta aallonpituudeltaan erilainen

valo hajoo eri määrissä kaasussa olevia hiukkasia vasten ja siten erilaiset valomäärät eri aallonpituusalueilla tulvat vastaanottolaitteeseen. Vertaamalla lähetetyn valon voimakkuutta spektrin eri aallonpituusalueilla voidaan määrittää hiukkasten kokojakautuma ja tarkastamalla koko aallonpituusalueen voimakkuustaso voidaan hiukkasten lukumäärä määrittää.

Edellytyksenä kuvatuista laskelmien suorittamiselle on se, että spektri voidaan tallentaa riittävällä tarkkuudella. Tämä tulee mahdolliseksi käyttämällä tekniikkaa, jonka yhteydessä spektri pyyhkäistään ja tallennetaan nopeasti spektrometrin ulostuloon yksikanavaisen ilmaisimen avulla. Mitä enemmän tallennuksia suoritetaan, sitä paremmaksi tulee tietenkin tarkkuus. Kohina vähenee lähemmin määriteltynä tehtyjen tallennuksien määrän mukaisesti.

15

Tällä tekniikalla on useita etuja. Se on olennaisesti halvempi kuin edellä selostettu laserpohjainen menetelmä. Lisäksi voidaan saavuttaa erittäin hyvä mittaustarkkuus pyörteisiä mittauskohteita mitattaessa käyttämällä jatkuvaa valolähdettä ja yksikanavaista ilmaisinta sekä skannaamalla spektri erittäin nopeasti. Useissa tapauksissa tarkkuus on parempi kuin jonkin muun menetelmän avulla suoritettujen mittausten yhteydessä. Kyseessä on yleiskäyttöinen tekniikka. Samaa laitetta voidaan käyttää mittausten suorittamiseen eri aineilla ja eri sovellutuksina. Mittaustekniikka on myös yksinkertainen ja luotettava eikä tarvita mitään erikoiskoulutettuja tekniikoita laitteen käsittelyä varten. Tekniikka sopii myös pitkäaikaismittauksiin, koska se ei vaadi jatkuvaa valvontaa. Se sopii lisäksi mittauksiin vaikeapääsyisissä paikoissa, koska valo voidaan johtaa mittauskohtaan ja siitä pois optisten kuitujen välityksellä, mikä ei taas ole mahdollista laservaloa käyttämällä aikaisemmin tunnetun tekniikan mukaisesti. On lisäksi mahdollista valvoa yhden ja saman mittauslaitteen avulla useita prosesseja tai mittauskohdista tietyssä prosessissa lähettämällä valo yhdestä tai useammasta lampusta eri mittauskohtiin ja eri mittauskohdista itse mittauslaitteeseen optisten kuitujen välityksellä, jolloin laitetta ohjataan laskemaan jaksottaisesti parametrit eri mittauksia varten. Jos useita absorptiomatkoja tallennetaan samanaikaisesti eri suunnissa mittaus-

35

kohteen läpi, voidaan muodostaa kolmiulotteiset karttakuvat etsittyjä mittausrvoja varten tomografiatekniikan avulla.

Esillä oleva keksintö on tarkoitettu palamisprosessien reaaliaikavalvontaa ja mittausta varten, erityisesti liekkien ja kaikkien muidenkin prosessien yhteydessä, joissa korkea lämpötila tekee tavanomaisen tekniikan käytön mahdottomaksi. Esillä oleva keksintö on tarkoitettu myös toimimaan anturina kuvatuunlaisten prosessien ohjausta ja säätöä varten. Esimerkkeinä sovellutusalueista voidaan mainita lämpö- ja voimateollisuus (erilaisten polttoaineiden poltto, liekkivalvonta), kemiallinen prosessiteollisuus (lämpötilavalvonta suolahappouuneissa), paperi- ja paperimassateollisuus (hiukkaspitoisuuden määrittäminen, korkeissa lämpötiloissa olevien kaasujen ilmaiseminen), rauta- ja terästeollisuus (lämpötilamittaus uuneissa ja konverttereissa, raskaiden elementtien analyysi kaasuvirtauksissa), autoteollisuus (pakokaasuanalyysi, erityisesti katalyyttisen pakokaasupuhdistuksen yhteydessä) jne.

Esillä oleva keksintö ei ole tietenkään rajoittunut edellä esitettyihin sovellutusmuotoihin, vaan useita muutoksia voidaan tehdä oheisten patenttivaatimusten puitteissa.

Patenttivaatimukset

1. Menetelmä parametrien, erityisesti paineen, lämpötilan, pitoisuuden, hiukkasten lukumäärän ja kokojakautuman, määrittämiseksi palamis- tai muiden korkeassa lämpötilassa tapahtuvien prosessien yhteydessä esiintyviä kaasumaisia aineita varten, jossa menetelmässä kaasujen läpi johdettu valo jaetaan spektraalisesti ja tämä valon spektraalinen jakautuma tutkitulla aallonpituusvälillä tallennetaan peräkkäisesti siten, että spektraalisesti jaettu valo pyyhkäistään yksikanavaisen ilmaisimen suhteen, t u n n e t t u siitä, että johdettu valo on spektraalisesti laajakaistaista jatkuvaa valoa ulkoisesta valolähteestä; tallennus suoritetaan useita kertoja ja niin lyhyen ajan kuluessa, että valon yhteisvoimakkuus koko aallonpituusväliä varten pysyy vakiona jokaisen tallennuksen aikana; tallennetuista spektraalisista jakautumista lasketaan keskiarvot; ja etsityt parametrit lasketaan tämän spektraalisen jakautumisen keskiarvojen perusteella, jolloin tätä jakautumista tunnetuilla ehdoilla laskettuja tai tallennettuja spektrejä käytetään kyseistä laskutoimitusta varten.
2. Laite parametrien, erityisesti paineen, lämpötilan, pitoisuuden, hiukkasten lukumäärän ja kokojakautuman, määrittämiseksi palamis- tai muiden korkeassa lämpötilassa tapahtuvien prosessien yhteydessä esiintyviä kaasuja varten, käsittäen elimen (6) kaasujen läpi johdetun valon spektraalista jakoa varten, elimet (7,8) valon spektraalisen jakautumisen peräkkäistä tallennusta varten tutkitulla aallonpituusvälillä, joka käsittää yksikanavaisen ilmaisimen (8), jonka lähtösignaali on verrannollinen vastaanotetun valon voimakkuuteen, ja elimet spektraalisesti jaetun valon pyyhkäisemiseksi yksikanavaisen ilmaisimen suhteen, t u n n e t t u siitä, että laite käsittää spektraalisesti leveäkaistaisten jatkuvan valolähteen (1), josta lähetetään valoa kohti kaasuja, että tallennuselimet (7,8) on varustettu siten, että tallennus tapahtuu useita kertoja ja niin lyhyen ajan kuluessa, että valon yhteisvoimakkuus koko aallonpituusväliä varten pysyy vakiona jokaisen tallennuksen aikana ja että laite edelleen käsittää keskiarvojen muodostuslaitteen (8) ja tietokonelaitteen (9) etsittyjen parametrien laskemista varten.

3. Patenttivaatimuksen 2 mukainen laite, tunnettu siitä, että sanotun elimen spektraalisesti jaetun valon pyyhkäisyä varten yksikanavaisen ilmaisimen (8) suhteen muodostaa kierrettävä levy (30), joka on kehällään varustettu kiertoakselinsa suuntaisilla raoilla (31) ja jonka keskelle on asetettu elin (32) valon spektraalista jakamista ja sen fokuointia varten rakoja (31) kohti.

Patentkrav

1. Sätt att bestämma parametrar, speciellt tryck, temperatur, koncentration, partikelantal och partikelstorleksfördelning, för gasformiga
5 ämnen, som är närvarande vid förbränningsprocesser och andra processer, som sker vid hög temperatur, med vilket sätt ljus som transmitterat genom gaserna spektraluppdelas och ljusets spektrala fördelning i det studerade våglängdsintervallet registreras sekventiellt genom att det spektraluppdelade ljuset svepes relativt en en-kanalsdetektor, k ä n -
10 n e t e c k n a t av, att det transmitterade ljuset är spektralt bredbandigt, kontinuerligt ljus från en yttre ljuskälla; registreringen utförs ett stort antal gånger och under så kort tid att den sammanlagda ljusintensiteten för hela våglängdsintervallet är konstant under varje registrering; de registrerade spektralfördelningarna medelvärdesbildas
15 och de sökta parametrarna beräknas på grundval av medelvärdesspektralfördelningen, varvid dennas utseende och för kända betingelser beräknade eller registrerade spektra utnyttjas för denna beräkning.

2. Anordning för bestämning av parametrar, speciellt tryck, temperatur,
20 koncentration, partikelstorleksfördelning och partikelantal, för gaser, som är närvarande vid högbränningsprocesser eller andra processer med hög temperatur, innefattande ett organ (6) för spektraluppdelning av ljus som transmitterats genom organ (7,8) för sekventiell registrering av ljusets spektrala fördelning i det studerade våglängdsintervallet
25 som innefattar en en-kanalsdetektor (8), vars utsignal är proportionell mot det mottagna ljusets intensitet, och organ för svepning av det spektraluppdelade ljuset relativt en-kanalsdetektorn; k ä n n e -
t e c k n a d av, att anordningen innefattar en spektralt bredbandig, kontinuerlig ljuskälla (1), från vilken ljus utsändes mot gaserna och
30 registreringsorganen (7,8) är utrustade på sådant sätt, att registreringen sker flera gånger och på så kort tid att den sammanlagda ljusintensiteten för hela våglängdsintervallet är konstant under varje registrering, och att anordningen vidare innefattar en medelvärdesbildare (8) och datororgan (9) för beräkning av de sökta parametrarna.

3. Anordning enligt patentkrav 2, k ä n n e t e c k n a d av att organet för svepning av det spektraluppdelade ljuset relativt en-kanalsdetektor (8) utgöres av en roterbar skiva (30), vilken längs sin periferi är försedd med parallellt skivans (30) rotationsaxel sig

5 sträckande slitsar (31) och i vars mitt är placerat ett organ (32) för spektraluppdelning av ljuset och fokusering av detta mot slitsarna (31).

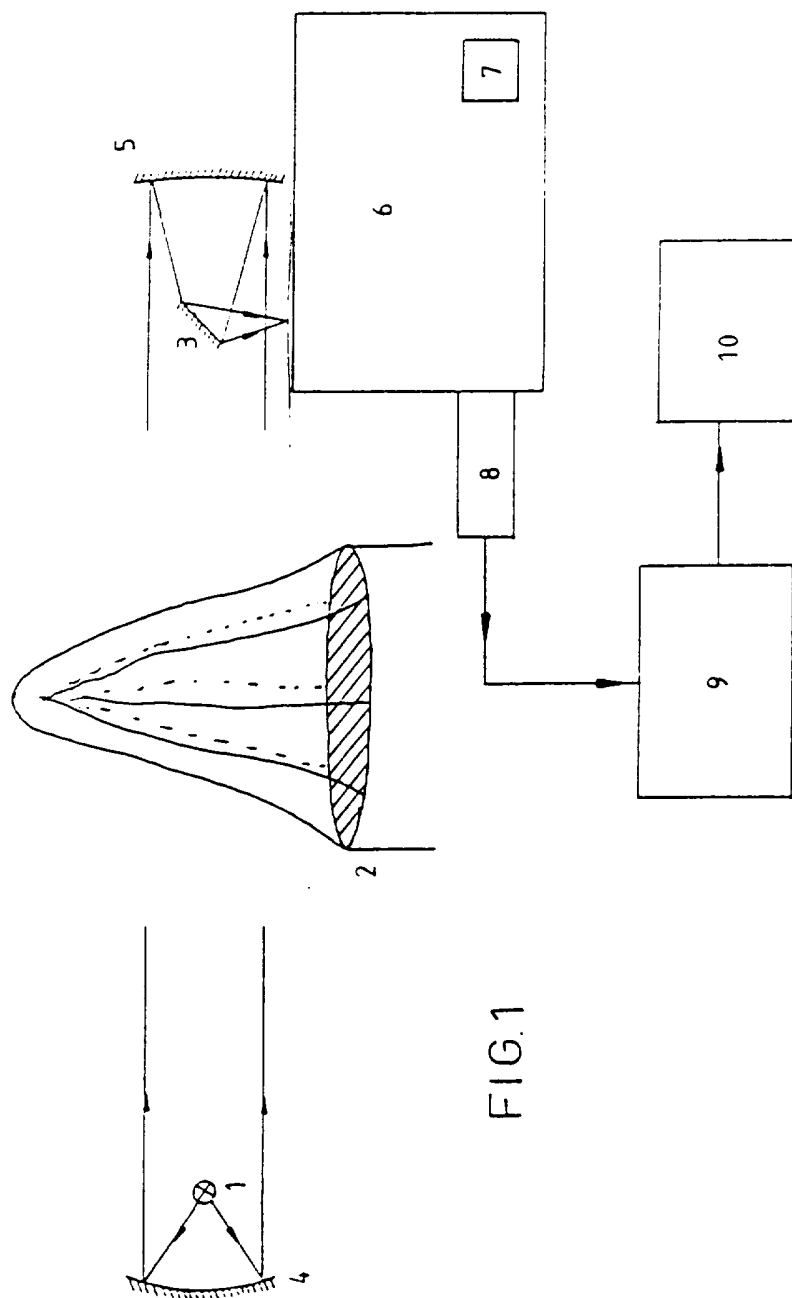


FIG.1

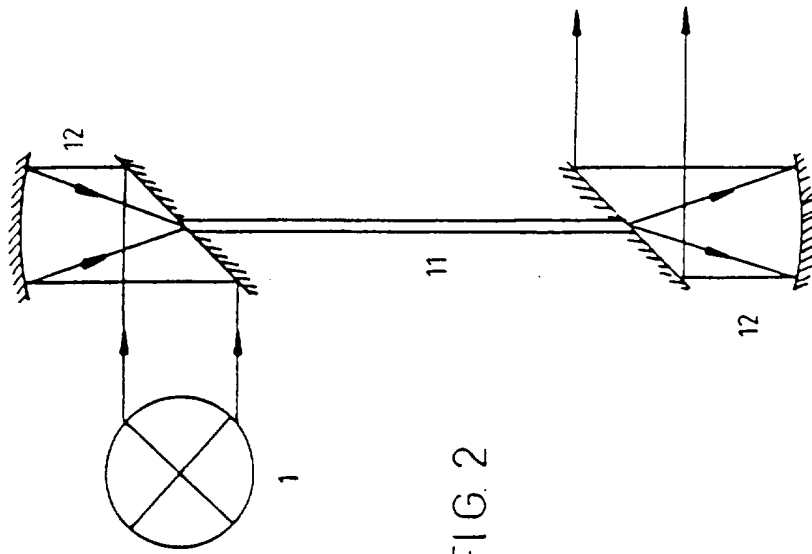
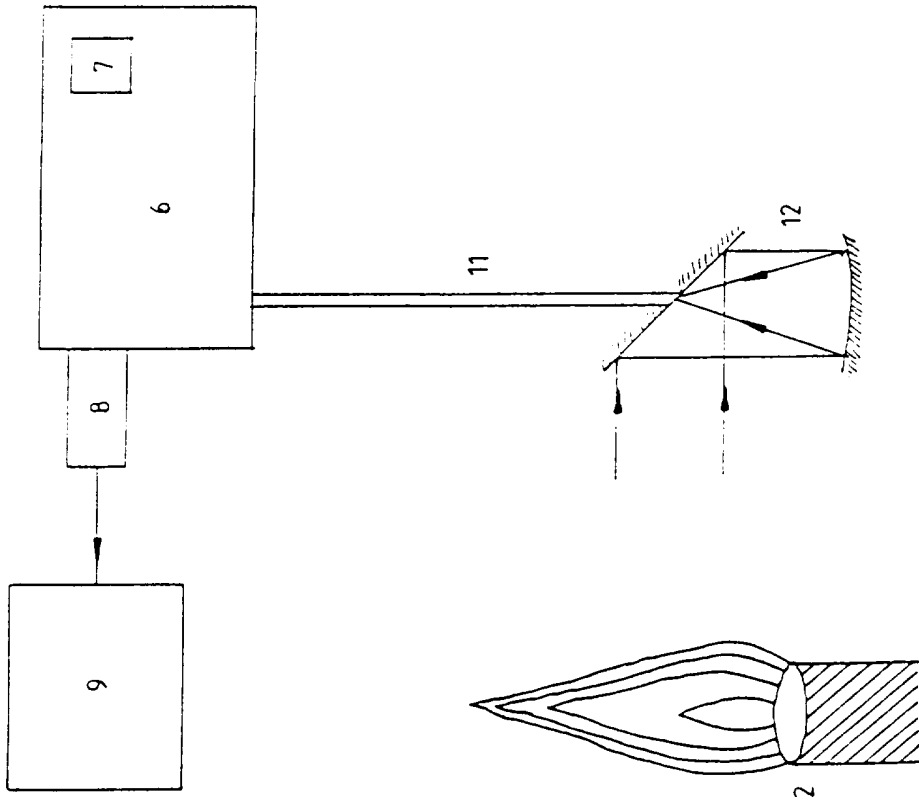


FIG. 2

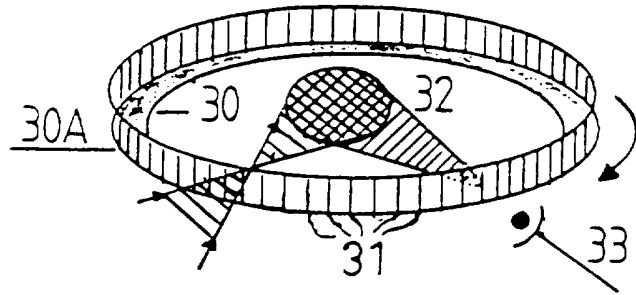


FIG 3A

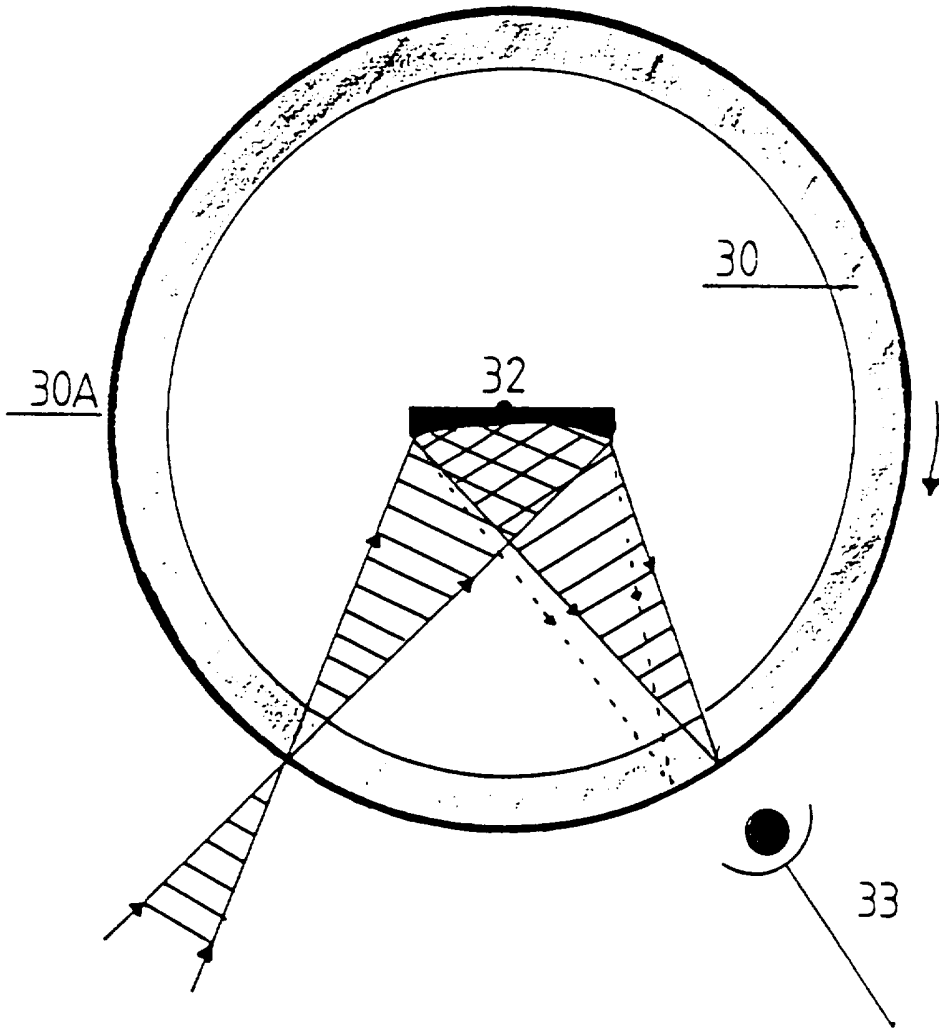
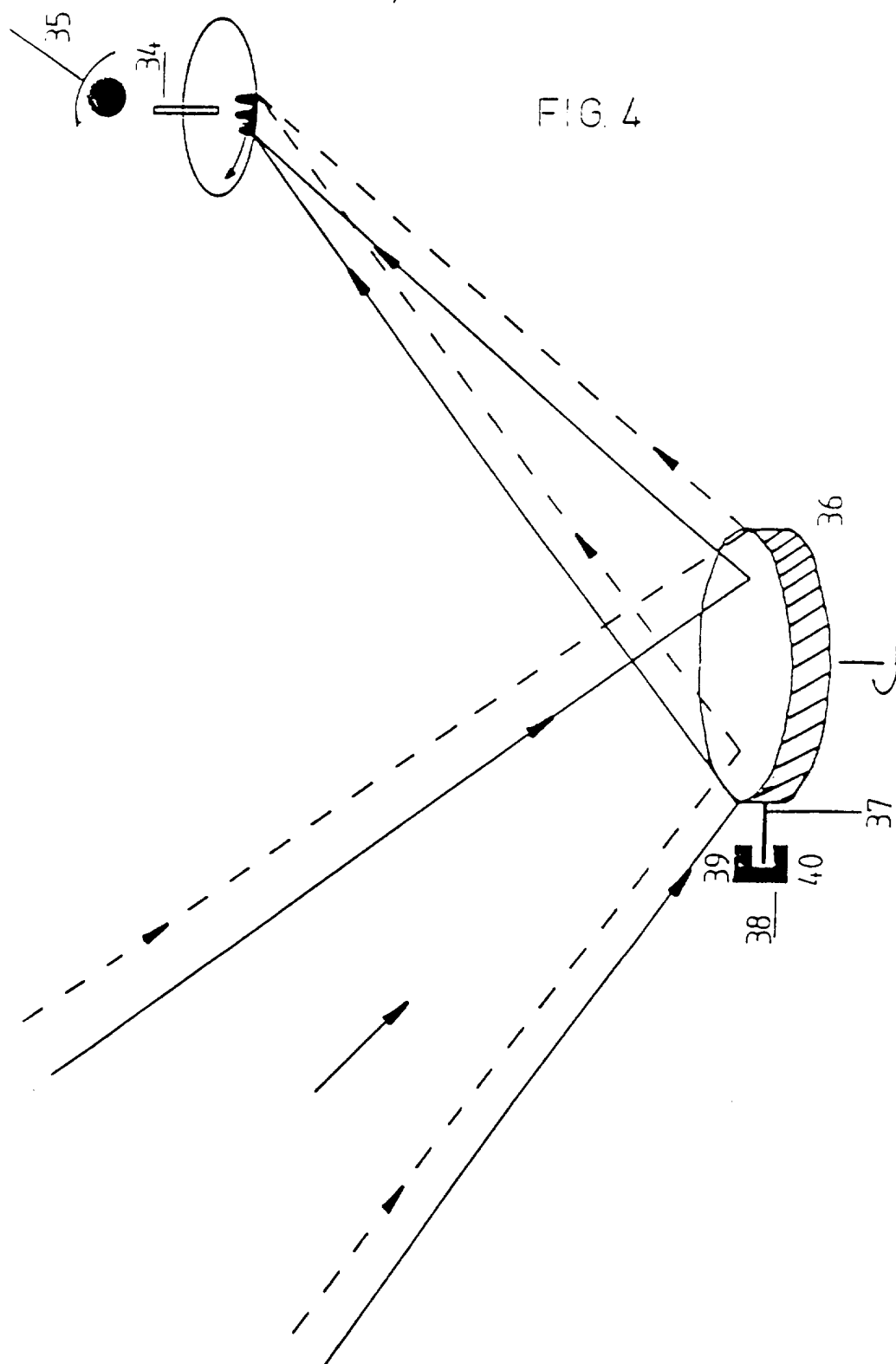


FIG. 3B



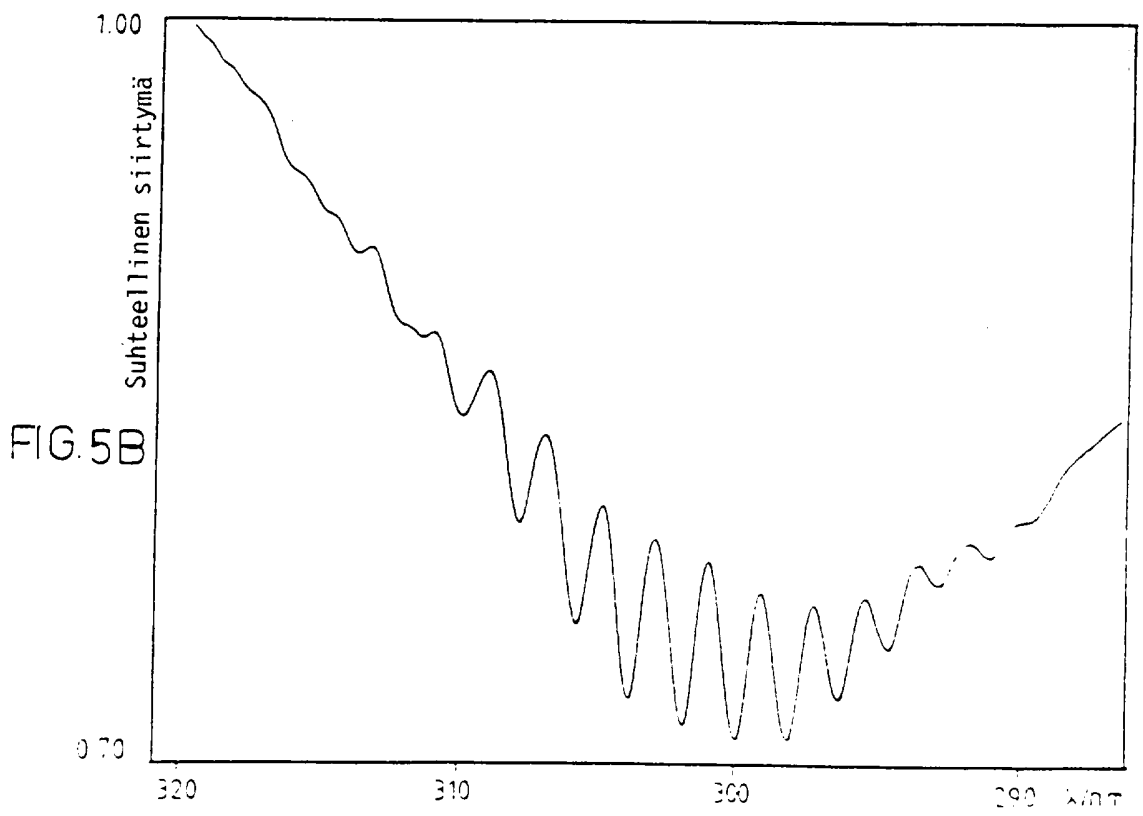
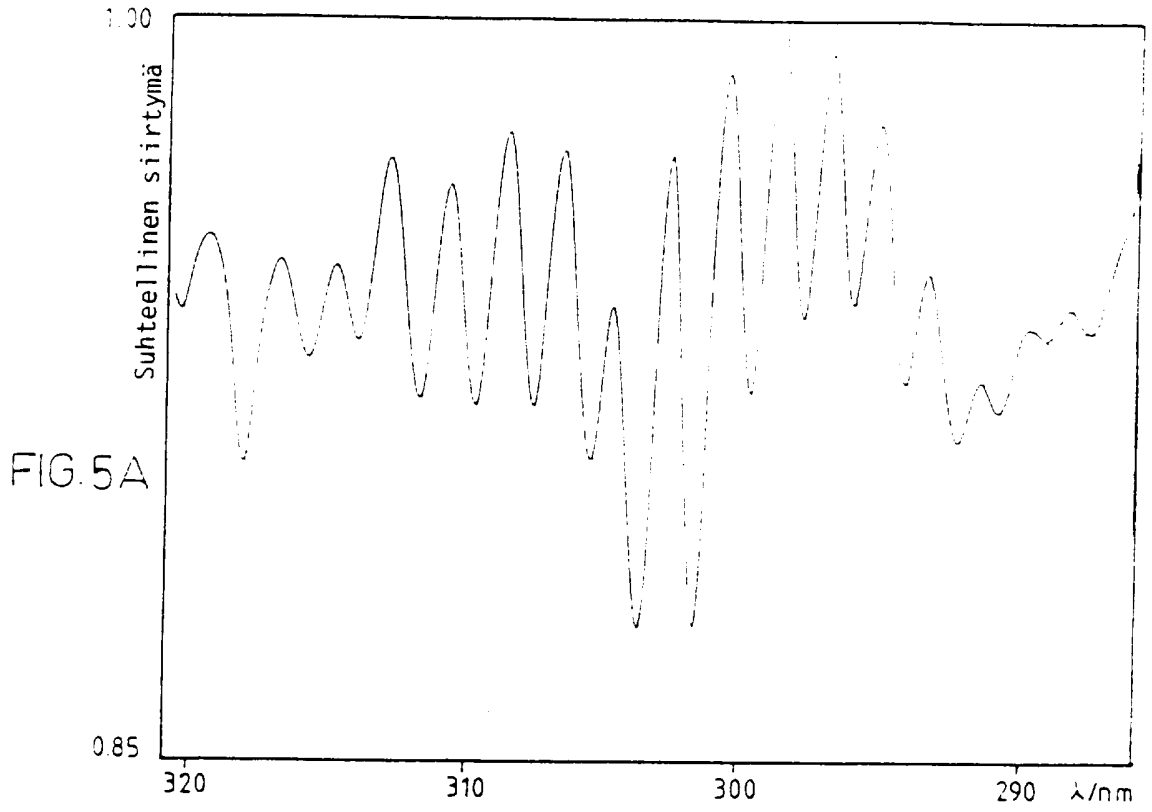


FIG.6

