

(19)



SUOMI - FINLAND

(FI)

PATENTTI- JA REKISTERIHALLITUS

PATENT- OCH REGISTERSTYRELSEN

FINNISH PATENT AND REGISTRATION OFFICE

(10) **FI 871111 A7**

(12) **JULKISEKSI TULLUT PATENTTIHAKEMUS
PATENTANSÖKAN SOM BLIVIT OFFENTLIG
PATENT APPLICATION MADE AVAILABLE TO THE
PUBLIC**

(21) Patentihakemus - Patentansökan - Patent application **871111**

(51) Kansainvälinen patenttiluokitus - Internationell patentklassifikation -
International patent classification
G01R 33/20

(22) Tekemispäivä - Ingningsdag - Filing date **14.07.1986**

(23) Saapumispäivä - Ankomstdag - Reception date **13.03.1987**

(41) Tullut julkiseksi - Blivit offentlig - Available to the public **13.03.1987**

(43) Julkaisupäivä - Publiceringsdag - Publication date **12.06.2019**

(86) Kansainvälinen hakemus - **14.07.1986 PCT/US1986/001497**
Internationell ansökan - International
application

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

16.07.1985 US 755666

(71) Hakija - Sökande - Applicant

1 • President and Fellows of Harvard College, 17 Quincy Street, Cambridge, MA 02138, AMERIKAN YHDYSVALLAT, (US)

(72) Keksijä - Uppfinnare - Inventor

1 • Halpern, Howard J., United States, AMERIKAN YHDYSVALLAT, (US)

(74) Asiamies - Ombud - Agent

Kolster Oy Ab, Salmisaarenaukio 1, 00180 Helsinki

(54) Keksinnön nimitys - Uppfinningens benämning - Title of the invention

Häviöitä aiheuttavaa materiaalia sisältävissä näytteissä olevien aineiden magneettiresonanssianalyysi.
Magnetresonansanalys för substanser i sample innehållande material som förorsakar förlust.

Hajoavaa materiaalia sisältävien näyteaineiden magneettinen resonanssianalyysi

Keksinnön taustaa

- 5 Esillä olevan keksinnön kohteena on magneettisten resonanssitekniikoiden, erityisesti elektronispinniresonanssin (ESR) käyttö hajottavaa materiaalia, esimerkiksi eläinkudosta, sisältävien näyteaineiden analysoimiseen.
- ESR:ää on käytetty spektroskooppisesti tiettyjen
- 10 aineiden olemassaolon ja pitoisuuden määrittämiseksi analysoitavassa näytteessä. Yleensä erittäin pieni näyte asetetaan kiinteään radiotaajuuskentän alaiseksi ns. X-kaistalle (esimerkiksi 9,5 gigahertsiä) sekä myös ajallisesti muuttuvan homogeenisen magneettikentän alaiseksi.
- 15 Tuloksena oleva absorptiospektri ilmaistaa niiden näytteen sisältämien aineiden olemassaolon ja pitoisuuden mukaisesti, joiden elektronispinniresonanssit vastaavat kyseisen spektrin sisältäviä magneettikenttävoimakkuuksia käytettyä erityistä kiinteää radiotaajuutta varten. Täl-
- 20 lainen magneettikenttä on yleensä suuruusluokkaa useita tuhansia gausseja ja se muodostetaan asettamalla näyte sähkömagneettin napojen väliin. Aikamuutos magneettikentässä aiheutetaan vaihtelemalla virranvoimakkuutta kahdessa pyyhkäisykelassa, jotka on asetettu vastaavasti
- 25 sähkömagneettin kummankin navan ja näytteen väliin.

Yhteenveto keksinnöstä

- Keksinnön yhtenä ominaispiirteenä on se, että sen avulla saadaan näytteen sisältämän aineen jakautumiskuvaa edustavaa tietoa muodostamalla magneettikenttä näytteen sisälle kelaparia käyttäen, näiden kelojen ollessa asetettuina vastaavalla tavalla näytteen vastakkaisille sivuille toistensa suhteen viistoon asentoon magneettikenttägradientin synnyttämiseksi näytteen akselia pitkin,

jolloin magneettinen resonanssi stimuloidaan näytteen sisällä kyseisen aineen jakautumisen ilmaisevan magneettisen resonanssisignaalin muodostamiseksi, tämä resonanssisignaali ilmaistaan ja saadaan resonanssisignaalista kuvaa edustavat tiedot.

Keksinnön suositeltavat sovellutusmuodot sisältävät seuraavat ominaispiirteet. Kelat on asetettu Helmholtz-muotoon ja niiden keskustat ovat yhteisellä akselilla, joka kulkee niiden kautta ristiin näytteen kanssa, viistoon asetettujen kelojen ollessa sijoitettuuina tämän akselin suhteen yhtä suuriin vastakkaisiin kulmiin. Molempien kelojen keskikohdat on asetettu molempien kelojen sijoitustason suhteen kohtisuorassa tasossa olevaan ympyrään, kummakin kelatason sivutessa tätä ympyrää siinä kelatason kohdassa, jossa kelan keskipiste sijaitsee. Tämän viistoympyrän säde on puolet kelan säteestä. Magneettisen kentän lisägradientti on muodostettu magneettikenttään synnyttämällä erilaiset virtatasot vastaaviin keloihin, tämän lisägradientin sijaitessa tietyssä kulmassa (esimerkiksi kohtisuorassa) kelojen viistouden aiheuttaman magneettikenttägradientin akselin suhteen. Viistouskulma saatetaan ajan tasalle minimikulmasta maksimikulmaan siirryttäessä esiintyvien peräkkäisten vaiheiden avulla, tämän maksimikulman vastatessa magneettikenttägradientin maksimitasoa, jolloin erilaiset virtatasot saatetaan eroamaan toisistaan viistoja kulmia vastaavilla yhä suuremmilla peräkkäisillä määrillä, virtatasojen suuruuksien tullessa pyyhkäistyiksi viistouskulman ja virtatasoeron kutakin yhdistelmää varten. Käytössä on myös laitteet näytteen tekemiseksi herkäksi resonanssille vain sen yhdessä ai-noassa valitussa poikkileikkauslohkossa, esimerkiksi keloja ympäröivässä kahdessa johdinsilmukassa, joissa kulkevat erisuuntaiset ja eri tasoilla olevat virrat.

Keksinnön eräänä toisena ominaispiirteenä on se,

että sen avulla saadaan tietoja eläinkudosta sisältävässä
 näytteessä olevan ennalta määrätyn aineen olemassaolosta
 muodostamalla magneettikenttä näytteen sisälle, kohdistam-
 malla radiotaajuusenergiaa näytteeseen, magneettikentän
 5 ollessa muodostettuna, riittävän alhaisella taajuudella
 tunkeutumista varten kaikkiin kohtiin eläinkudoksessa
 elektronispinniresonanssisignaalin synnyttämiseksi, joka
 ilmoittaa kyseisen aineen olemassaolon, ilmaisemalla
 tämä elektronispinniresonanssisignaali ja saamalla tieto-
 10 ja tästä signaalista.

Keksinnön kolmantena yleispiirteenä on se, että
 sen avulla saadaan tietoja hajoavaa materiaalia sisältä-
 västä näytekuvasta käyttäen riittävän alhaista taajuutta
 tunkeutumista varten kaikkiin kohtiin näytteessä, ilmai-
 15 semalla signaali ja saamalla siitä kuvaa edustavia tie-
 toja.

Keksinnön suositeltavat sovellutusmuodot sisältävät
 seuraavat ominaispiirteet. Taajuus on alle 1 gigahertsiä,
 esimerkiksi 260 megahertsiä. Näyte on elävää kudosta.
 20 Ennalta määrättyä aineena on happi.

Viistoamalla kelat voidaan lineaarinen magneetti-
 kenttägradientti muodostaa helposti kelojen välillä ole-
 van akselin suhteen syrjässä olevaa akselia pitkin. Tämän
 tuloksena voidaan saada aikaan kaksiulotteiset kuvat yh-
 25 den ainoan kelaparin avulla. Resonanssin stimulointiin
 käytetyn radiosignaalin matala taajuus mahdollistaa sen
 tunkeutumisen elävään kudokseen tämän kudoksen suuresta
 vesipitoisuudesta huolimatta, mikä yksinkertaistaa lait-
 teen käyttöä.

Keksinnön muut edut ja ominaispiirteet ilmenevät
 sen suositeltavan sovellutusmuodon seuraavasta selostuk-
 sesta sekä oheisista vaatimuksista.

Suositteluvan sovellutusmuodon selostus
Selostamme ensin piirustuksia, joissa:

Kuvio 1 esittää kaaviomaista isometristä osittain leikattua kuvaa resonaattoriontelosta\ja siihen liittyvistä keloista ja laitteesta;

Kuvio 2 esittää kuvio 1 linjaa 2-2 pitkin otettua osittain leikattua poikkileikkausta;

Kuvio 3 esittää kuvion 1 mukaiseen laitteeseen liittyvää virtapiirikaaviota;

Kuvio 4 esittää isometristä osittain leikattua kuvaa kotelosta kuvion 1 mukaisia suuria Helmholtz-keloja varten;

Kuvio 5 esittää päällyskuvaa suuria Helmholtz-keloja varten tarkoitettua viistosta käyttömekanismista;

Kuvio 6 esittää vastaavaa näytelohkoa;

Kuvio 7 esittää lohkokaaaviota ohjausvirtapiiristä;

Kuvio 8 esittää kulkukaaviota näytekuvan synnyttämiseen tarvittavasta prosessista.

20

Rakenne ja käyttö

Kuvioihin 1 ja 2 viitaten elävän hiiren (ei näy) raaja sisältäen kasvainkudosta (joka on määrää analysoida happipitoisuuskuvien tuottamiseksi kasvainkudoksen pien-tilavuuksisessa näytesarjassa - kunkin näytteen tilavuuden ollessa esimerkiksi $1/2 \text{ cm}^3$), asetetaan osittain leikattuna esitetyn resonaattoriontelon 8 sisään, joka on DeCorps & Fricin artikkelissa "Un spectrometre basse fréquence a haute sensibilite pour l'etude de la resonance des spins electroniques", Journal de Physique E 5:337, 1972, selostetun resonaattorin kaltainen, tämän artikkelin ollessa mainittuna tässä yhteydessä viiteaineistona. Resonaattoriontelo 8 sisältää yksinkertaisen onton päästään avoimen lieriön 10 tehtynä erittäin puhtaasta kupari-

35

kappaleesta. Lieriön 10 pituus on 1,126", säde 0,508" ja seinäpaksuus 1/16" ja lieriön yhden sivun pituussuunnassa kulkee rako 12. Yksinkertaisen kapeavälisen (0,010") kondensaattorin 14 kaksi levyä on vastaavalla tavalla liitetty lieriön 10 molempiin raon 12 vieressä oleviin reunoihin. Lieriö 10 ja kondensaattori 14 muodostavat täten yhdensuuntaisen LC-resonanssiipiirin. Tämä piiri synnyttää homogeenisen magneettikentän lieriön 10 sisällä ja poistaa lieriöstä pääosan LC-järjestelmässä olevasta sähkökentästä minimoiden siten hiirikasvaimen dielektrisen vesipitoisuuden kudoksen heikentävän vaikutuksen resonaattorin lautekijään (Q). Resonaattoriontelo (käsittäen lieriön 10, levyt 24, 25 ja levyn 27) on sovitettu tiukasti 5/8" D-muotoiseen läpinäkyvään akryylivälilevyyn 16, joka puolestaan on asetettu tiiviisti läpimitaltaan 1,8" olevaan radiotaajuussuojalieriöön 18. Lieriön 18 yksi pää on varustettu kannella 20 (kuvio 1), joka sisältää säteeltään 0,75" olevan pääsyreiän 22 hiiren asettamista varten lieriön 10 sisään. Lieriön 18 toinen pää (ei näy kuviossa 1) on suljettu umpikannella.

Kondensaattorin 14 pohjalevy 24 on taivutettu suorassa kulmassa välilevyn 16 tasaiseen pintaan muodostaen pinnan 26 (0,5 x 1,26"), jota vasten on asetettu samankokoinen yksinkertainen paksuudeltaan 1/16" oleva kuparilevy 28. Levy 27 on taivutettu laipan 29 muodostamiseksi, joka peittää ja suojelee levyä 26. Laippa 29 on kiinnitetty ruuveilla välilevyyn 16. Liitäntä suojalieriöön 18 tapahtuu suojakaapelin 32 jäykän metallisen ulkopäällyksen välityksellä. Kaapelin 32 keskijohdin 34 kulkee lieriössä 18 olevan välisyreiän 35 kautta ja sen pää on liitetty levyyn 28 tätä tukevalla tavalla. Lieriön 10 ja kondensaattorin 14 muodostama L-C-piiri on siten kapasiitiivisesti kytketty levyjen 26 ja 28 muodostaman kondensaattorin välityksellä johtimen 34 kautta syötettyyn ra-

diotaajuustehosignaaliin.

Johdinta 34 voidaan siirtää sisään- ja ulospäin akselin suunnassa (kuten kuviossa 2 on nuolilla merkitty) 5 levyjen 26, 28 välisen etäisyyden säätämiseksi resonaattoriontelorakenteen impedanssin karkeaa yhteensovittamista varten radiotaajuustehosignaalin syöttävän virtapiirin impedanssin kanssa.

Kondensaattorin 14 levy 25 on liitetty kuparinauhan 10 31 (kuvio 2) välityksellä lieriöön 18, joka on maadoitettu. Nauha 31 on puristettu levyn 25 yläpinnan ja välilevyn 16 väliin ja se ulottuu välilevyn 16 tasaista pintaa pitkin lieriöön 18, jossa sen toinen pää pidätetään välilevyn 16 ja lieriön 18 väliin. Levyn 28 ja suojalieriön 18 15 muodostama kondensaattori sekä levyjen 26, 28 muodostama kondensaattori on liitetty sarjaan muodostaen kondensaattorin jakolaitteen impedanssien yhteensovittamiseksi ja jännitteen nostamiseksi johtimesta 34 levyyn 26 molempien kapasitanssien välisen suhteen mukaisella tavalla. Tämän 20 kapasitanssisuhteen hienosäätö (ja siten impedanssien yhteensovitus) muodostetaan elektronisesti valvotun, johtimen 34 ja suojan 18 väliin liitetyn kapasitanssidiodin (kuvio 3) välityksellä. Pelkästään kapasitiivinen impedanssien yhteensovitus on riippumaton vaihemuunnosvaikutuk- 25 sista.

Noin 93 gaussin magneettikenttä kohdistetaan näytteeseen kahden rengasmaisen Helmholtz-kelan 40, 42 avulla, joiden kummankin läpimitta on 0,3 metriä virran ollessa 6 ampeeria ja jännitteen 35 volttia sopivasta virtalähteestä 220 (Kepco ATE 75-15) (kuvio 6). Kelat 40, 42 on 30 kummatkin käämitty 400 kierroksella #10 kuparilankaa. Kelojen synnyttämä magneettikenttä on homogeeninen $1/10^4$ lieriön 10 tilassa. Kelojen 40, 42 magneettikenttää modu- loidaan audiotajuudella läpimitaltaan pienemmän yhden-

suuntaisen Helmholtz-kelojen 44, 46 muodostaman parin välityksellä, joista kummankin läpimitta on 0,14 metriä. Kumpikin kela 44, 46 on käämitty 184 kierroksella #10 kuparilankaa. Kelat 44, 46 on liitetty sarjaan ja niitä käytetään kuvatusunlaisella tavalla.

Molempia keloja 40, 42 ympäröi pari suorakulmaisia silmukkajohtimia 48, 50, näiden johtimien ollessa asetettuina vastaavasti suojan 18 ylä- ja alapuolelle. Molemmat silmukat 48, 50 johtavat vastaavalla tavalla kahta eri-

10 laista vastakkaissuuntaisesti värähtelevää virtaa, jonka taajuus on erilainen kuin magneettikentän modulointia varten tarkoitetuissa keloissa 44, 46 käytetty taajuus. Tämän järjestelyn tarkoituksena on tehdä järjestelmä herkäksi resonansseille ainoastaan lieriön 10 sisällä olevan näyt-

15 teen valitussa vaakasuorassa tasossa mahdollistaen siten näytteen peräkkäisten vaakasuorien lohkojen analyysi Henshawin, Mooren et al julkaisussa J. App. Phys. 47: 3709 (1976) selostetulla tavalla, tämän julkaisun toimies-

sa tämän selostuksen viiteaineistona.

20 Kuvioon 3 viitaten johdin 34 on liitetty 180° hybridijakolaitteen (Olektron O-H-30V-1) tulopäähän A ja sen jälkeen jakolaitteen 100 summausliittimen välityksellä taajuusmoduloidun signaaligeneraattorin 102 (Hewlett -

25 Packard HP - 8654A) yhteen lähtöpäähän. Hienosäädetty 50 ohmin valeimpedanssi 101 on liitetty hybridin 100 liittimeen B. Teholtaan 260 megahertsiä oleva radiotaajuus syötetään johtimen 34 kautta onteloon 8 ja myös valeimpedanssiin 101 ja ontelosta 8 mahdollisesti heijastuneet tehosignaalit palautetaan johtimeen 34. Ontelosta 8 ja valeimpedanssista 101 heijastuneet signaalit peruuntuvat, ellei

30 ESR absorption tai dispersion aiheuttama tasapainottomuus muuta onteloimpedanssia. Hybridin 100 erotusliitin syöttää valeimpedanssin (50,0 ohmia) ja ontelon 8 impedanssin (joka on muunnettu kapasitanssin jakolaitteen avulla) vä-

listä eroa edustavan signaalin. Tämä erotussignaali kulkee säädettävän vaimentimen 104 kautta 60 dB:n vahvistimeen (Trontech malli #W500ef), jolla on 1,5 dB:n kohina-kerroin. Erotussignaali demoduloidaan kolmessa vaiheessa

5 \ ESR spektriä edustavan signaalin synnyttämiseksi.

Ensimmäinen demodulaatiovaihe poistaa 260 megahertsin kantoaallon ja siirtää erotussignaalin sisältämät ESR-spektritiedot 10 megahertsin kantaaltosignaaliksi.

Tämä suoritetaan nelivaiheisessa modulaattorissa 108

10 (Olektron O-JPM-240), joka on muodostettu signaalin sivukaistamodulaattorina. Kvadraattinen jakolaite 110 syöttää 10 megahertsin tehosignaalin kvadraattiset komponentit

(jotka on saatu singaaligeneraattorista 111 - Hewlett Packard HP 606A) modulaattoriin 108 erotussignaalin nostamiseksi arvosta 260 arvoon 270 megahertsiä. Modulaattorin 108 lähtöteho sekoitetaan kaksoistasautetussa sekoittimessa 112 (Olektron 3002/A) toisen 260 megahertsin signaalin (generaattorista 102) kanssa, joka taajuusmoduloidaan samalla tavoin kuin alkuperäinen tehosignaali (muodostaen siis samasta taajuuslähteestä tulevan haaran).

15 Tulos suodatetaan sitten Chebyshev-alipäästösuodattimessa 114 10 megahertsin kantoaallon synnyttämiseksi, jonka päälle ESR spektritiedot asetetaan.

20 Toisessa demodulaatiovaiheessa 10 megahertsin signaali jaetaan jakolaitteessa 116. Se yhdistetään sitten kahdessa identtisessä kaksoistasautetussa sekoittimessa 118, 120 (Minipiirit ZAD-1) generaattorista 111 jakolaitteeseen 110 syötetyn saman 10 megahertsin signaalin vastaaviin viivästettyihin vaihe- ja kvadraattimuunnelmiin.

25 Molemmat 10 megahertsin signaalit synnytetään jakolaitteen 124 välityksellä. Kvadraattimuunnelmat synnytetään kvadraattisessa jakolaitteessa 122 yhden viive-elementissä 126 viivästetyn 10 megahertsin signaalin perusteella. Sekoitin 118 syöttää sitten signaalin, joka on suoraan

verrannollinen ontelosta heijastuneen signaalin imaginääriseen osaan (vaihe) ja sekoitin 120 syöttää toisen signaalin, joka on suoraan verrannollinen ontelosta heijastuneen signaalin todelliseen osaan (laajuus). Vaihesignaali kulkee sitten alipäästösuodattimen 130 ja 741 käyttövahvistimen 132 kautta palauttamista varten generaattorin 102 taajuusmodulaatio (FM) tulopäähän generaattorin 102 taajuuden lukitsemiseksi ontelosignaalin taajuuteen.

Ontelolaajuussignaali jaetaan jakolaitteessa 134.

- 10 Jaetun signaalin yhtä osaa käytetään säätämään onteloresonaattorijärjestelmän impedanssia sen yhteensovittamiseksi RF tehonsyöttöpiirin impedanssin kanssa. Tämä osa syötetään alipäästösuodattimen 136 ja modulaatiotaajuuteen (10 megahertsiä) säädetyn LC imusuodattimen 138 välityksellä sen herkkyyden vähentämiseksi ontelovastuksen muutosten mukaisesti, jotka johtuvat ESR absorptiosta magneettikenttämodulaation taajuudella. Imusuodattimen lähtöteho kulkee unipolaarisen käyttövahvistimen 140 kautta, jonka lähtöteho valvoo kapasitanssidiodia 142.
- 20 Tämä kapasitanssidiodi säätää taas mikrofoni kohinan, koe-eläimen liikkeen jne. aiheuttamia muutoksia onteloimpedanssissa. Sekä tämä laajuusherkkyyteen liittyvä että vaihesignaalin generaattoriin 102 palauttava feedback stabiloi järjestelmän eläimen liikkeiden suhteen.
- 25 Kolmannessa demodulaatiovaiheessa magneettikentän audiotajuusmodulointi (esim. 200 hertsiä, kelojen 44, 46 välityksellä, audiotajuusgeneraattorin 150, Hewlett Packard HP 205 AG aiheuttamana) demoduloidaan syöttämällä amplitudisignaalin toinen osa R-C alipäästösuodattimen 152 kautta lukitusvahvistimeen 154 (Princeton Applied Research Company PARC 5101). Vahvistimen 154 toinen tulopää vastaanottaa generaattorista 150 saman signaalin, jota käytettiin magneettikentän moduloimiseen.
- 30

Lähtösignaali 156 edustaa ESR ontelosignaalin spek-

triä sekä näytteen keskustassa olevan magneettikenttävoimakkuuden että magneettikenttägradienttien funktiona, jotka muodostetaan seuraavassa selostetulla tavalla. Lähtösignaali voidaan tämän jälkeen analysoida paramagneettisen materiaalin pitoisuuden määrittämiseksi näytteessä tai niiden aineiden pitoisuuden määrittämiseksi, joiden suhteen ESR spektrit ovat herkkiä, erityisesti hapen.

Kuvioon 4 viitaten on kelat 40, 42 asetettu vastaavalla tavalla kahteen suorakulmaiseen laatikkokehykseen 302, 304, molempien kehysten 302, 304 ollessa pidätettyinä parin yhdensuuntaisia alumiinilevyjä 308, 310 muodostamassa kotelossa 306, neljän pystysuoran pylvään 312 pitäessä nämä kooltaan $17 \times 17 \frac{1}{2}$ olevat levyt yhdessä. Levyn 310 yläpintaan on muodostettu ympyrän muotoinen ura 314, jonka poikkileikkaus on puoliympyrä. Kumpikin kehys 302, 304 sisältää laakeriparin 316, 318 (vain kaksi esitetty) asetettuna kehyksen urassa 314 olevan pohjan vastakkaisiin päihin. Pari puoliympyrän muotoisia rakoja 320, 322 on leikattu ylälevyyn 308. Kehykset 302, 304 on varustettu pystysuorilla tangoilla 324, 325, 326, 329, jotka kulkevat rakojen 320, 322 kautta niiden ohjaamina. Kuhunkin tankoon 324, 325, 326, 329 on asennettu kuula-laakeritripletti, esimerkiksi 327, levyn 308 yläpintaan. Raot 320, 322 on keskitetty kohdassa, joka on suoraan uran 314 muodostaman ympyrän keskipisteen päällä. Ympyrä 314, raot 320, 322 ja kohdat, joissa laakerit 316, 318 ja tangot 324, 325, 326, 329 on asennettu kehyksiin 302, 304, on asetettu siten, että molempien kehysten keskitasoja voidaan kiertää ympyrää pitkin, jonka säde on puolet kunkin kelan säteestä, kelojen tasojen pysyessä ympyrää sivuavina.

Kuvioon 5 viitaten on tankojen 324, 325, 326, 329 päät asetettu vastaavalla tavalla kääntölavapariin 202, 203, näiden kääntölavojen ollessa asetettuina ylälevyn

308 päälle kiertämään vastakkaisiin suuntiin keskiakselin 204 ympäri, niin että kääntölavojen 202, 203 kiertäessä akselin 204 ympäri kelat 40, 42 kiertävät myös akselin 204 ympäri (nuolien 205 suunnassa). Kääntölavojen 202, 203
5 kiertäessä kelat 40, 42 tulevat viistoon asentoon toistensa suhteen. Tätä viistoutta voidaan lisätä kiertämällä kääntölavoja 202, 203, kunnes (viiva- ja pisteviivojen 206, 207 esittämässä maksimiasennossa) kela 40 törmää ke- laan 42. Kääntölavojen 202, 203 säde on $(1/2) r$, kun r
10 merkitsee kunkin kelan 40, 42 sädettä. Kääntölava 202 kannattaa puolilieriömäistä hammaskiskoa 208 alapinnassaan. Kääntölavan 203 yläpinta on varustettu samanlaisella ham- maskiskolla 209 yläpinnassaan. Kiskot 208, 209 toimivat pitkän vetopyörän 210 kanssa, jota käyttää kääntölevyjen
15 202, 203 suhteen kiinteään asentoon levyille 308 asennettu vaihemoottori 212. Vaihemoottori 212 on liitetty johdon 214 välityksellä ohjauspiiriin 216, joka synnyttää vaihe- moottoripulssit kääntölavojen 202, 203 kierrättämiseksi akselin 204 ympäri pieninä peräkkäisinä vaiheina ja myös
20 mihin tahansa haluttuun kohtaan.

Kuvioon 6 viitaten kelojen 40, 42 viistous aiheut-
taa näytteeseen kohdistettuun magneettikenttään gradien-
tin akselille (X-akseli kuviossa 6), joka on asetettu vaa-
ka- ja kohtisuoraan kelojen keskipisteiden välisen akse-
lin (Z-akselin kuviossa 6) suhteen. Tämä gradientti on
25 suoraviivainen jaksen siirtymän (x) akselin 218 suhteen ollessa suuruusluokkaa $(x/r)^4$. Kuviossa 6 Y-akseli edus-
taa näytteen kunkin vaakasuoran lohkon (esimerkiksi ku-
vion 6 esittämän lohkon 213) pystysuoraa asentoa. Mootto-
30 rin 212 asettaminen levyn 308 yläpuolelle auttaa moottorin aiheuttaman resonaattoriontelosta tulevan sähköisen kohi-
nan torjumisessa.

Kuvioon 7 viitaten ohjauspiiri 216 on pulssien
syöttämistä varten vaihemoottoriin 212 tarkoitetun liitän-
35

nän lisäksi liitetty syöttämään ohjaussignaaleit vaihtovirtalähteeseen 218, joka lähettää virrat vastaavalla tavalla silmukoihin 48, 50 magneettikentän modulointii käytetyn audiotaaajuuden suhteen erilaisella taajuudella.

- 5 Silmukoissa 48, 50 kulkevat virrat ovat vastakkaissuuntaisia ja eritasoisia. Silmukat 48, 50 muodostavat siten valikoidun herkän vaakasuoran lohkon näytteen läpi, niin että kuvion 3 mukaisen virtapiirin feedback-järjestelmän ollessa toiminnassa tämän vaakasuoran lohkon ulkopuolella
- 10 oleviin näyteosiin liittyvät ontelosignaalin mahdolliset osat eliminoituvat. Silmukoihin 48, 50 syötettyjen virtojen suhteellisia tasoja säätämällä voidaan tämän herkän lohkon pystysuoraa asentoa muuttaa. Säätämällä näiden virtojen absoluuttisia tasoja voidaan lohkon paksuutta muuttaa.
- 15 Ohjauspiiristä 216 lähteeseen 218 lähetetyt ohjaussignaaleit määrittävät näiden molempien virtojen tasot ja siten myös herkän lohkon aseman ja paksuuden.

- Ohjauspiiri 216 on on myös liitetty siten, että se lähettää signaaleja tasavirtalähteeseen 220 tasavirran
- 20 syöttämiseksi keloihin 40, 42 kahdella eri tasolla gradientin muodostamiseksi magneettikenttään molempien kelojen keskipisteiden väliin akselia pitkin sekä tämän gradientin suuruuden valvomiseksi.

- Ohjauspiiri 216 sisältää edelleen A-D muuttimen
- 25 224, joka vastaanottaa analogisen lähtösignaalin ja digitoi sen tallentamista ja käsittelyä varten.

- Ohjauspiiri 222 on liitetty kuvanmuodostuslaitteeseen, kuten kirjoittimeen tai katodisädeputkeen näytteen kunkin vaakasuoran lohkon sisältämän paramagneettisen materiaalin pitoisuuden jakautumiskuvan kaksiulotteista näyttöä varten eli erityisesti happitoisuuden jakautumisen näyttämiseksi, joka saadaan selville spektrien avulla
- 30 Lain et al artikkelissa "ESR studies of O₂ uptake by Chinese hamster ovary cells during the cell cycle", Pro-

ceedings Nat'l Acad. Sci. USA Vol. 79:1166-1170, 1982, mukaisella tavalla, tämän artikkelin toimiessa tämän selostuksen viiteaineistona.

Ohjauspiirinä 216 toimii mikroprosessori (varustettuna digitaalisella muistilla) ohjelmoituna valvomaan kuvien muodostusta seuraavalla tavalla.

Kuvioon 8 viitaten hiiren raaja (400) asetetaan lieriöön 10. Yksittäisen vaakasuoran lohkon kuvan muodostamiseksi signaaleja lähetetään (402) virtalähteeseen 218 silmukoissa 48, 50 kulkevan virran säätämiseksi arvoihin, jotka määrittävät vaakasuoran lohkon näytteen herkkänä osana. Sen jälkeen kuvion 3 mukainen virtapiiri käännetään päälle (406) RF-tehosignaalin syöttämiseksi johtimeen 34, magneettikentän moduloimiseksi ja tuloksena olevan lähtösignaalin 156 synnyttämiseksi. RF-tehosignaali syötetään jatkuvalla tavalla pulssimaisen syötön sijasta. Sitten vaihepulssit lähetetään moottoriin 212 kelojen 40, 42 siirtämiseksi (408) uuteen viistouskulmaan keloihin 40, 42 syötettyjen virtojen välisen eron ollessa säädettyinä uuteen arvoon (410) kahden magneettikenttägradientin muodostamiseksi, joista ensimmäinen käsittää kelojen 40, 42 keskipisteiden välistä akselia pitkin kulkevan jyrkän gradientin ja toinen taas tietyssä kulmassa tämän akselin suhteen olevan lievän gradientin. Tämän jälkeen keloissa 40, 42 kulkevia virtoja lisätään ylläpitäen sama ero niiden välillä, niin että magneettikentän keskimääräinen arvo pyyhkiytyy gradienttien muodostamien magneettikentän muutosrajojen läpi. Virtojen pyyhkiytymisen yhteydessä lähtösignaali digitoidaan ja tuloksena olevat näytteet tallennetaan (414). Ellei maksimaalista viistouskulmaa (joka vastaa maksimaalista kenttägradienttia G_{MAX}) ole saavutettu (416), kelaviistouskulmaa lisätään differentiaalisesti (408) ja vaiheet 410, 412, 414 toistetaan. Koko prosessi toistetaan maksimaalisen kenttägradientin

G_{MAX} saavuttamiseen asti.

Tallennetut digitaaliset näytteet analysoidaan sit-
ten matemaattisesti lohkon kutakin tilavuuselementtiä var-
ten sopivan ESR spektrin saavuttamiseksi (esimerkiksi ku-
vion 6 mukainen elementti). Sen jälkeen ESR spektrit ana-
lysoidaan tavanomaiseen tapaan (käyttäen esimerkiksi Fou-
rierin analyysiä hapen läsnäoloa vastaavien lyhytaikais-
ten huippuarvojen tunnistamiseen esillä olevassa esimer-
kissä tai ainakin neliöintitekniikkaa) pitoisuuden määrit-
tämiseksi lohkon kussakin tilavuuselementissä. Tulokseksi
saadut pitoisuusarvot järjestetään sitten matriisiksi
näyttöä varten, esimerkiksi lohkon pitoisuuden topografi-
sen kuvan muotoon. Sama prosessi toistetaan näytteen kaik-
kia muita kiinnostuksen kohteena olevia lohkoja varten.
Tämän jälkeen voidaan näytteen pitoisuuden kolmiulottei-
nen kuva muodostaa ja näyttää.

Keksinnön muut sovellutusmuodot sisältyvät oheis-
ten patenttivaatimusten rajoihin.

Muita kuin eläinkudosta sisältäviä näytteitä voi-
daan analysoida erilaisten määrättyjen aineiden, jotka
eivät ole happea, pitoisuuden selvillesaamiseksi.

Kelaviistous voidaan aloittaa negatiivisesta kul-
masta (0:n asemasta) ja nostaa se nolnaan tai positiivi-
seen kulma-arvoon.

RF teho voidaan syöttää muillakin kuin 260 mega-
hertsin taajuuksilla, jotka kuitenkin ovat sopivimmin
alle 1 gigahertsiä ja joka tapauksessa kyllin alhaisia
tunkeutuakseen näytteen kaikkiin osiin silloinkin, kun
näyte sisältää hajoavaa materiaalia.

30

35

Patenttivaatimukset:

1. Magneettinen resonanssilaitte ennalta määrätyn
aineen jakautumiskuvaa näytteessä edustavien tietojen saa-
5 miseksi, t u n n e t t u siitä, että se käsittää

laitteen magneettikentän muodostamiseksi sanotun
näytteen sisällä,

laitteen magneettisen resonanssin stimuloimiseksi
sanotun näytteen sisällä sanotun ennalta määrätyn aineen
10 sanotun jakautumisen ilmaisevan signaalin synnyttämistä
varten, ja

laitteen sanotun resonanssisignaalin ilmaisemisek-
si ja sanottua kuvaa edustavien tietojen saamiseksi sano-
tusta resonanssisignaalistä,

15 sanotun laitteen magneettikentän muodostamista
varten käsittäessä kelaparin, näiden kelojen ollessa ase-
tettuina vastaavalla tavalla sanotun näytteen vastakkai-
sille puolille viistosti toistensa suhteen magneettikent-
tägradientin synnyttämiseksi sanotun näytteen akselia pit-
20 kin.

2. Patenttivaatimuksen 1 mukainen laite,
t u n n e t t u siitä, että sanotut kelat on asetettu
Helmholz-kokoonpanoon.

25 3. Patenttivaatimuksen 1 mukainen laite,
t u n n e t t u siitä, että sanottujen kelojen keskipis-
teet sijaitsevat niiden välissä kulkevalla yhteisellä ak-
selilla, sanotun akselin kulkiessa ristiin sanotun näyt-
30 teen kanssa, sanottujen kelojen ollessa viistoon asetet-
tuina suuruudeltaan samoissa mutta vastakkaissuuntaisissa
kulmissa sanotun akselin suhteen.

4. Patenttivaatimuksen 1 mukainen laite,
 t u n n e t t u siitä, että sanottujen kelojen keskipis-
 teet sijaitsevat niiden välissä kulkevalla yhteisellä ak-
 selilla, ja kelojen ollessa viistoon astettuina molemmat
 5 sanotut keskipisteet sijaitsevat ympyrän kehällä, joka
 on sanottujen kelojen molempien sijaintitasojen suhteen
 kohtisuorassa tasossa, kummankin sanotun kelatason sivu-
 tessa sanottua ympyrää kohdassa, jossa sanotun kelan sa-
 nottu keskipiste sijaitsee.

10

5. Patenttivaatimuksen 4 mukainen laite,
 t u n n e t t u siitä, että sanotun ympyrän säde on puo-
 let sanotun kelan säteestä.

15 6. Patenttivaatimuksen 1 mukainen laite,
 t u n n e t t u siitä, että sanottu laite magneettiken-
 tään muodostamista varten sisältää lisäksi laitteen lisä
 gradientin siirtämiseksi sanottuun magneettikenttään syöt-
 tämällä erilaisia virtatasoja vastaaviin sanottuihin ke-
 20 loihin, sanotun lisägradientin sijaitessa akselilla, joka
 on tiettyssä kulmassa sanottujen kelojen viiston asetuk-
 sen synnyttämän sanotun magneettikenttägradientin akselin
 suhteen.

25 7. Patenttivaatimuksen 6 mukainen laite,
 t u n n e t t u siitä, että sanottu lisägradientti on
 kohtisuorassa sanottujen kelojen viiston asetuksen syn-
 nyttämän sanotun magneettikenttägradientin sanotun akse-
 lin suhteen.

30

8. Patenttivaatimuksen 6 mukainen laite,
 t u n n e t t u siitä, että se sisältää lisäksi ohjaus-
 laitteen sanotun viistoonasetuskulman säätämiseksi peräk-
 käisinä vaiheina minimikulmasta maksimikulmaan asti, joka
 35

vastaa sanotun magneettikenttägradientin maksimitasoa, ja sanottujen erilaisten virtatasojen tekemiseksi toisistaan eroaviksi sanottuja viistoonasetuskulmia vastaavilla peräkkäisessä järjestyksessä kasvavilla määrillä sekä sanottujen virtatasojen suuruuksien pyyhkiytymisen aiheuttamiseksi viistoonasetuskulman ja virtatasoeron kutakin yhdistelmää varten.

9. Patenttivaatimuksen 8 mukainen laite,
t u n n e t t u siitä, että sanottuna minimikulmana on 0.

10. Patenttivaatimuksen 1 mukainen laite,
t u n n e t t u siitä, että se sisältää lisäksi laitteen sanotun näytteen tekemiseksi herkäksi vain sanotun näytteen yhdessä ainoassa valitussa poikkileikkauslohkossa.

11. Patenttivaatimuksen 10 mukainen laite,
t u n n e t t u siitä, että sanottu herkäksi tekevä laite käsittää kaksi johdinsilmukkaa, jotka kummatkin ympäröivät molempia sanottuja keloja, ja tehölähteen sanotun kahden silmukan virtojen muodostamiseksi vastaavalla tavalla vastakkaissuuntaisina ja eritasoisina.

12. Elektronispinniresonanssilaitte ennalta määrätyn aineen olemassaolon eläinkudoksen käsittävässä näytteessä ilmaisevien tietojen saamiseksi, t u n n e t t u siitä, että se käsittää

laitteen magneettikentän muodostamiseksi sanotun näytteen sisällä,

laitteen elektronispinniresonanssin stimuloimiseksi sanotussa näytteessä sanotun ennalta määrätyn aineen sanotun olemassaolon ilmaisevan elektronispinniresonanssisignaalin synnyttämistä varten, ja

laitteen sanotun elektronispinniresonanssisignaali-

lin ilmaisemiseksi ja sanottujen tietojen saamiseksi sanotusta resonanssisignaalista,

sanottujen stimuloimislaitteiden käsittäessä radiotaajuusgeneraattorin, joka synnyttää radiotaajuussignaalin, tämän signaalin ollessa taajuudeltaan riittävän alhainen tunkeutuakseen kaikkiin kohtiin sanotun eläinkudoksen sisällä.

13. Elektronispinniresonanssilaitte ennalta määrätyn aineen jakautumiskuvan hajoavaa materiaalia sisältävässä näytteessä ilmaisevien tietojen saamiseksi, t u n n e t t u siitä, että se käsittää

laitteen magneettikentän muodostamiseksi sanotun näytteen sisällä,

15 laitteen elektronispinniresonanssin stimuloimiseksi sanotussa näytteessä sanotun ennalta määrätyn aineen sanotun jakautumisen ilmaisevan elektronispinniresonanssisignaalin synnyttämistä varten, ja

laitteen sanotun elektronispinniresonanssisignaalin ilmaisemiseksi ja sanottua kuvaa edustavien sanottujen tietojen saamiseksi sanotusta resonanssisignaalista, sanotun stimuloimislaitteen käsittäessä radiotaajuusgeneraattorin, joka synnyttää radiotaajuussignaalin syöttöä varten sanottuun näytteeseen, sanotun radiotaajuussignaalin taajuuden ollessa riittävän alhainen tunkeutuakseen kaikkiin kohtiin sanotun näytteen sisällä.

14. Patenttivaatimuksen 10 tai 11 mukainen laite, t u n n e t t u siitä, että sanottu taajuus on alle 1 gigahertsiä.

15. Patenttivaatimuksen 12 mukainen laite, t u n n e t t u siitä, että sanottu taajuus on 260 megahertsiä.

16. Patenttivaatimuksen 1, 10 tai 11 mukainen laite, t u n n e t t u siitä, että sanottu näyte käsittää elävän kudoksen.

5 17. Patenttivaatimuksen 1, 10 tai 11 mukainen laite, t u n n e t t u siitä, että sanottuna ennalta määrättyä aineena on happi.

18. Patenttivaatimuksen 1 mukainen laite,
10 t u n n e t t u siitä, että sanottu magneettinen resonanssi käsittää elektronispinniresonanssin.

19. Magneettinen resonanssimenetelmä ennalta määrätyn aineen jakautumiskuvaa näytteessä edustavien tietojen saamiseksi, t u n n e t t u siitä, että se käsittää
15 magneettisen kentän muodostamisen sanotun näytteen sisälle käyttäen kelaparia, jotka on asetettu vastaavalla tavalla sanotun näytteen vastakkaisille puolille ja viistoon toistensa suhteen magneettikenttägradientin synnyttämiseksi sanotun näytteen akselille,
20

magneettisen resonanssin stimuloimisen sanotussa näytteessä sanotun ennalta määrätyn aineen jakautumisen ilmaisevan magneettiresonanssisignaalin synnyttämiseksi, ja

25 sanotun resonanssisignaalin ilmaisemisen ja sanottua kuvaa edustavien tietojen saamisen sanotusta resonanssisignaalista.

20. Elektronispinniresonanssimenetelmä ennalta
30 määrätyn aineen olemassaolon eläinkudoksen käsittävässä näytteessä ilmaisevien tietojen saamiseksi.
t u n n e t t u siitä, että se käsittää
magneettikentän muodostamisen sanotun näytteen sisällä,

radiotaajuusenergian kohdistamisen sanottuun näytteeseen, sanotun magneettikentän ollessa muodostettuna, riittävän alhaisella taajuudella tunkeutumista varten kaikkiin kohtiin sanotussa eläinkudoksessa sanotun ennalta määrätyn aineen sanotun olemassaolon ilmaisevan elektronispinniresonanssin synnyttämiseksi, ja

sanotun elektronispinniresonanssisignaalin ilmaisemisen ja tietojen saamisen sanotusta signaalista.

10 21. Elektronispinniresonanssimenetelmä ennalta määrätyn aineen jakautumiskuvan hajoavaa materiaalia sisältävässä näytteessä ilmaisevien tietojen saamiseksi, t u n n e t t u siitä, että se käsittää

15 magneettikentän muodostamisen sanotun näytteen sisällä,

radiotaajuusenergian kohdistamisen sanottuun näytteeseen, sanotun magneettikentän ollessa muodostettuna, riittävän alhaisella taajuudella tunkeutumista varten kaikkiin kohtiin sanotussa näytteessä sanotun ennalta määrätyn aineen sanotun jakautumisen ilmaisevan elektronispinniresonanssin synnyttämiseksi, ja

sanotun signaalin ilmaisemisen ja sanottua kuvaa edustavien tietojen saamisen sanotusta signaalista.

25

30

35

Patentkrav

1. Magnetisk resonansapparat för derivering av data som representerar en bild av fördelningen hos en i för-
5 väg bestämd substans i ett prov, k ä n n e t e c k n a d därav, att den omfattar

ett medel för etablering av ett magnetiskt fält i nämnda prov,

ett medel för stimulering av magnetisk resonans i
10 det nämnda provet för alstrande av en magnetisk resonanssignal, vilken indikerar fördelningen av den i förväg bestämda substansen, och

ett medel för detektering av resonanssignalen och för derivering av nämnda data, vilken representerar nämnda
15 bild, från resonanssignalen,

varvid medlet för etablering av det magnetiska fältet omfattar ett par spolar, vilka placerats på var sin sida av provet och vilka snedställts i förhållande till varandra för alstrande av en magnetisk fältgradient utmed
20 en axel av provet.

2. Apparat enligt patentkravet 1, k ä n n e t e c k n a d därav, att spolarna anordnats i en Helmholtz-konfiguration.

3. Apparat enligt patentkravet 1, k ä n n e t e c k n a d
25 därav, att spolarna har mittpunkter, vilka ligger på en gemensam axel, som löper mellan dem, och axeln skär det nämnda provet, varvid spolarna vid snedställningen orienteras i vinkel i förhållande till den nämnda axeln, vilka vinklar är av samma storlek men har motsatt orientering.

4. Apparat enligt patentkravet 1, k ä n n e t e c k n a d
30 därav, att spolarna har mittpunkter, vilka ligger på en gemensam axel, som löper mellan dem, och att nämnda mittpunkter, då spolarna snedställs, vardera ligger på en cirkel, vilken i sin tur ligger i ett plan som står vinkelrätt mot de bägge planen, i vilka spolarna befinner sig,

och att vardera spolplanet bildar tangent med den nämnda cirkeln vid den punkt där mittpunkten av spolen ligger.

5 5. Apparat enligt patentkravet 4, k ä n n e t e c k-
n a d därav, att cirkelns radie är lika med halva spolens
radie.

10 6. Apparat enligt patentkravet 1, k ä n n e t e c k-
n a d därav, att medlet för etablering av ett magnetiskt
fält ytterligare inkluderar ett medel för förlänande av
det magnetiska fältet en ytterligare gradient genom matande
av olika strömnivåer till respektive spolar, varvid nämnda
ytterligare gradient går utmed en axel som står i vinkel
till axeln hos den magnetiska fältgradienten som etablerats
genom snedställning av spolarna.

15 7. Apparat enligt patentkravet 6, k ä n n e t e c k-
n a d därav, att axeln för den ytterligare gradienten står
vinkelrätt mot axeln för den magnetiska fältgradienten,
som etablerats genom snedställning av spolarna.

20 8. Apparat enligt patentkravet 6, k ä n n e t e c k-
n a d därav, att den ytterligare omfattar en kontroller
för förorsakande av att vinkeln i nämnda snedställning upp-
dateras via en sekvens av steg från en minimivinkel till
en maximivinkel, vilken motsvarar en maximinivå hos den
magnetiska fältgradienten, och för förorsakande av att
25 nämnda olika strömnivåer avviker från varandra med succes-
sivt större mängder, vilka motsvarar nämnda snedställnings-
vinklar, och för förorsakande av att storlekarna hos nämnda
strömnivåer sveps för varje kombination av snedställnings-
vinkel och strömnivåskillnad.

30 9. Apparat enligt patentkravet 8, k ä n n e t e c k-
n a d därav, att nämnda minimivinkel är 0.

10. Apparat enligt patentkravet 1, k ä n n e -
t e c k n a d därav, att den ytterligare omfattar ett me-
del för görande av provet känsligt för resonans i en enda
vald, tvärsnittsskiva av provet.

35 11. Apparat enligt patentkravet 10, k ä n n e -

t e c k n a d därav, att det känsliggörande medlet omfattar två ledande slingor, vilka vardera omger vardera spolen, och en kraftkälla för åstadkommande av strömmar i de bägge slingorna, vilka strömmar är motsatt riktade och på
5 olika nivåer.

12. Elektronspinnresonansapparat för derivering av data, vilka representerar förefintligheten av en i förväg bestämd substans i ett prov av en animal vävnad, k ä n -
n e t e c k n a d därav, att nämnda apparat omfattar
10 ett medel för etablering av ett magnetiskt fält i provet,

ett medel för stimulering av elektronspinnresonans i provet för alstrande av en elektronspinnresonanssignal som indikerar förefingligheten av den i förväg bestämda
15 substansen, och

ett medel för detektering av elektronspinnresonanssignalen och för derivering av nämnda data från resonanssignalen,

20 varvid medlet för stimulering omfattar en radiofrekvensgenerator, vilken alstrar en radiofrekvenssignal med en frekvens, som är tillräckligt låg för att genomtränga samtliga ställen i den animala vävnaden.

13. Elektronspinnresonansapparat för derivering av data, vilka representerar en bild av fördelningen hos en
25 i förväg bestämd substans i ett prov av en typ som inkluderar försvinnande material, k ä n n e t e c k n a d därav, att nämnda apparat omfattar

ett medel för etablering av ett magnetiskt fält i provet,

30 ett medel för stimulering av elektronspinnresonans i provet för alstrande av en elektronspinnresonanssignal som indikerar fördelningen hos den i förväg bestämda substansen, och

ett medel för detektering av elektronspinnresonanssignalen och för derivering av nämnda data, vilka represen-
35

terar den nämnda bilden, från resonanssignalen,

varvid medlet för stimulering omfattar en radiofrekvensgenerator, vilken producerar en radiofrekvenssignal som matas till provet, varvid radiofrekvenssignalen har
5 en frekvens som är tillräckligt låg att tränga in på samtliga ställen i provet.

14. Apparat enligt patentkravet 10 eller 11, k ä n n e t e c k n a d därav, att nämnda frekvens är lägre än 1 gigahertz.

10 15. Apparat enligt patentkravet 12, k ä n n e t e c k n a d därav, att den nämnda frekvensen är 260 megahertz.

16. Apparat enligt patentkravet 1, 10 eller 11, k ä n n e t e c k n a d därav, att provet omfattar levande vävnad.
15

17. Apparat enligt patentkravet 1, 10 eller 11, k ä n n e t e c k n a d därav, att den i förväg bestämda substansen omfattar syre.

18. Apparat enligt patentkravet 1, k ä n n e t e c k n a d därav, att den magnetiska resonansen omfattar elektronspinnresonans.
20

19. Magnetiskt resonansförfarande för derivering av data, vilka representerar en bild av fördelningen hos en i förväg bestämd substans i ett prov, k ä n n e t e c k n a t därav, att det omfattar
25

etablering av ett magnetiskt fält i provet under användande av ett par spolar, vilka placerats på var sin sida om provet och snedställts i förhållande till varandra för alstrande av en magnetisk fältgradient utmed en axel
30 i provet,

stimulering av magnetisk resonans i provet för alstrande av en magnetisk resonanssignal, vilken indikerar fördelningen hos den i förväg bestämda substansen, och

detektering av resonanssignalen och derivering av
35 nämnda data, vilka representerar bilden, från resonanssignalen.

20. Elektronspinnresonansförfarande för derivering av data, vilka representerar förefintligheten av en i förväg bestämd substans i ett prov av animal vävnad, k ä n - n e t e c k n a t därav, att det omfattar

- 5 etablering av ett magnetiskt fält i provet,
 matande av radiofrekvensenergi till provet då det magnetiska fältet etableras, vid en frekvens som är tillräckligt låg att tränga in på samtliga ställen i den animala vävnaden för alstrande av en elektronspinnresonanssignal,
 10 vilken indikerar förefintligheten av den i förväg bestämda substansen, och

 detektering av elektronspinnresonanssignalen och derivering av nämnda data från signalen.

21. Elektronspinnresonansförfarande för derivering
 15 av data, vilka representerar en bild av fördelningen hos en i förväg bestämd substans i ett prov som inkluderar försvinnande material, k ä n n e t e c k n a t därav, att det omfattar

- etablering av ett magnetiskt fält i provet,
 20 matande av radiofrekvensenergi till provet medan det magnetiska fältet etableras, vid en frekvens som är tillräckligt låg att tränga in på samtliga platser i provet, för alstrande av en elektronspinnresonanssignal, vilken indikerar fördelningen hos den i förväg bestämda substansen,
 25 och

 detektering av signalen och derivering av nämnda data, vilka representerar bilden, från signalen.

FIG 1

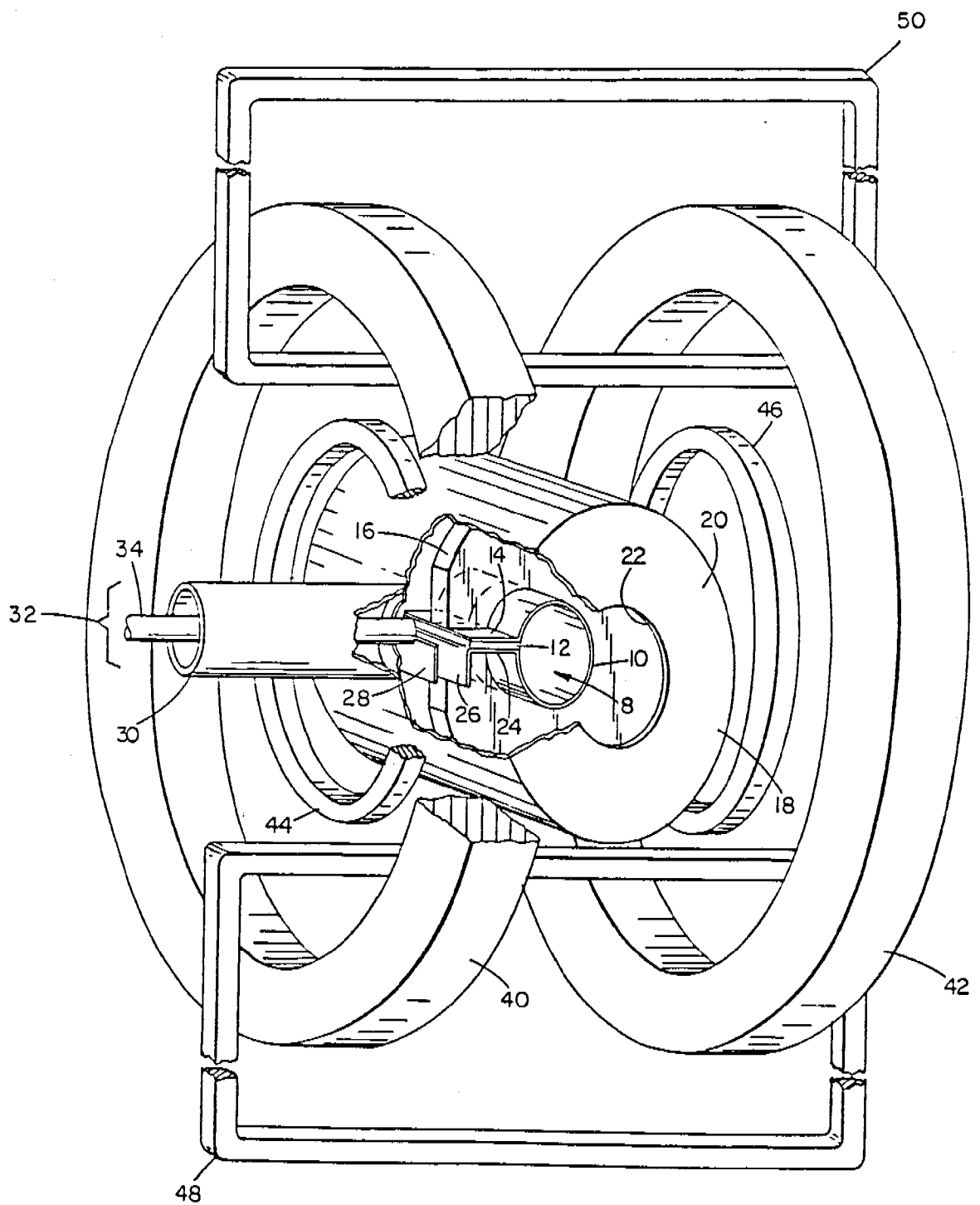


FIG 2

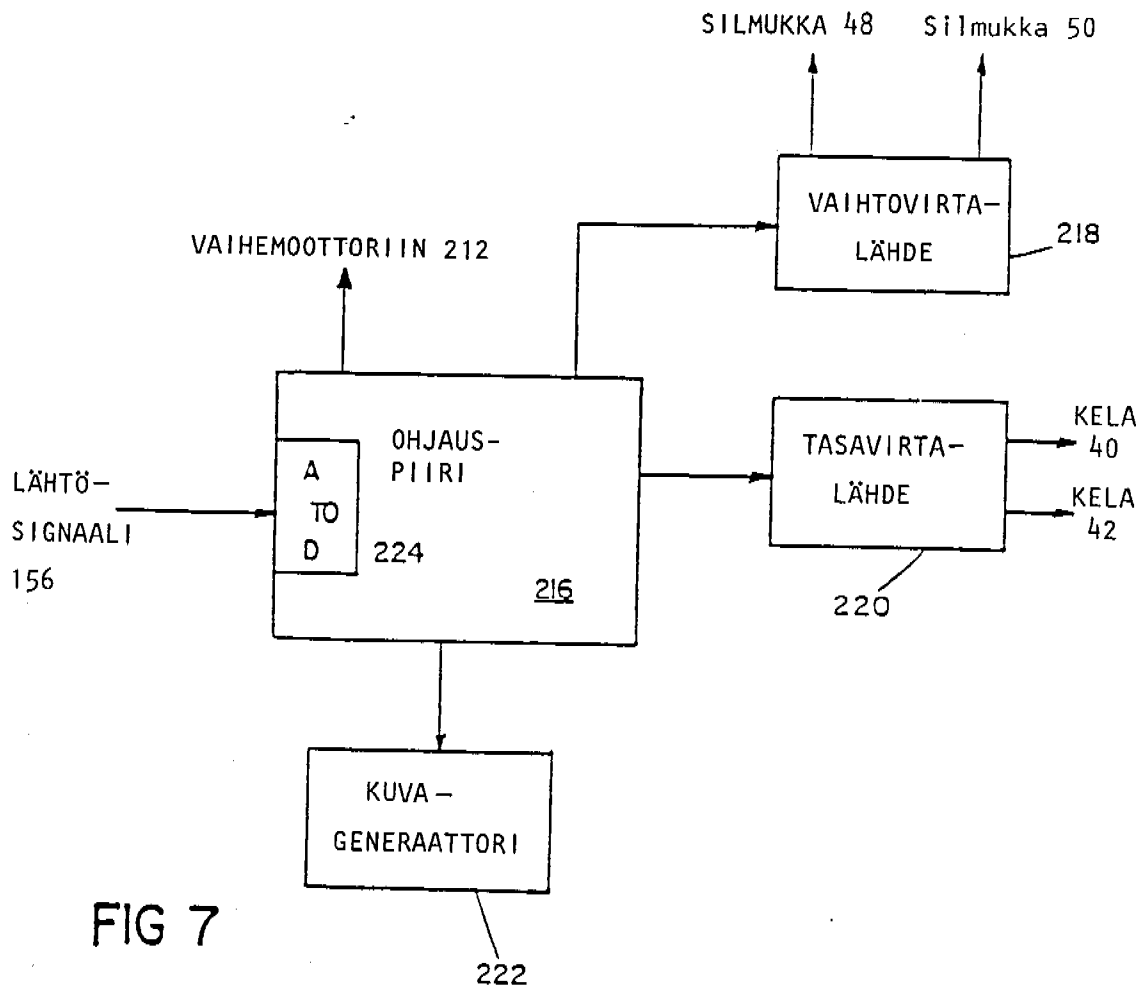
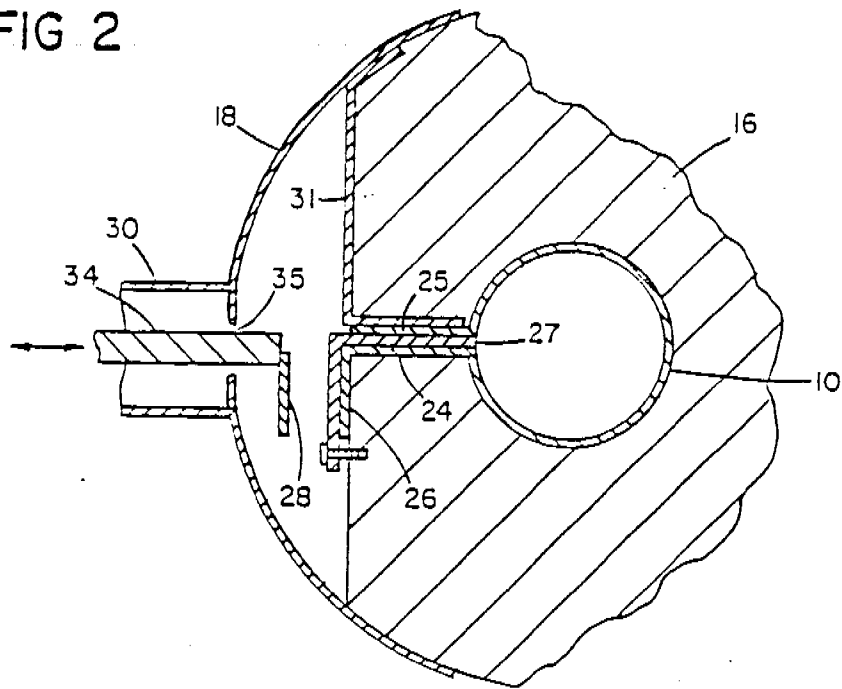


FIG 7

FIG. 3

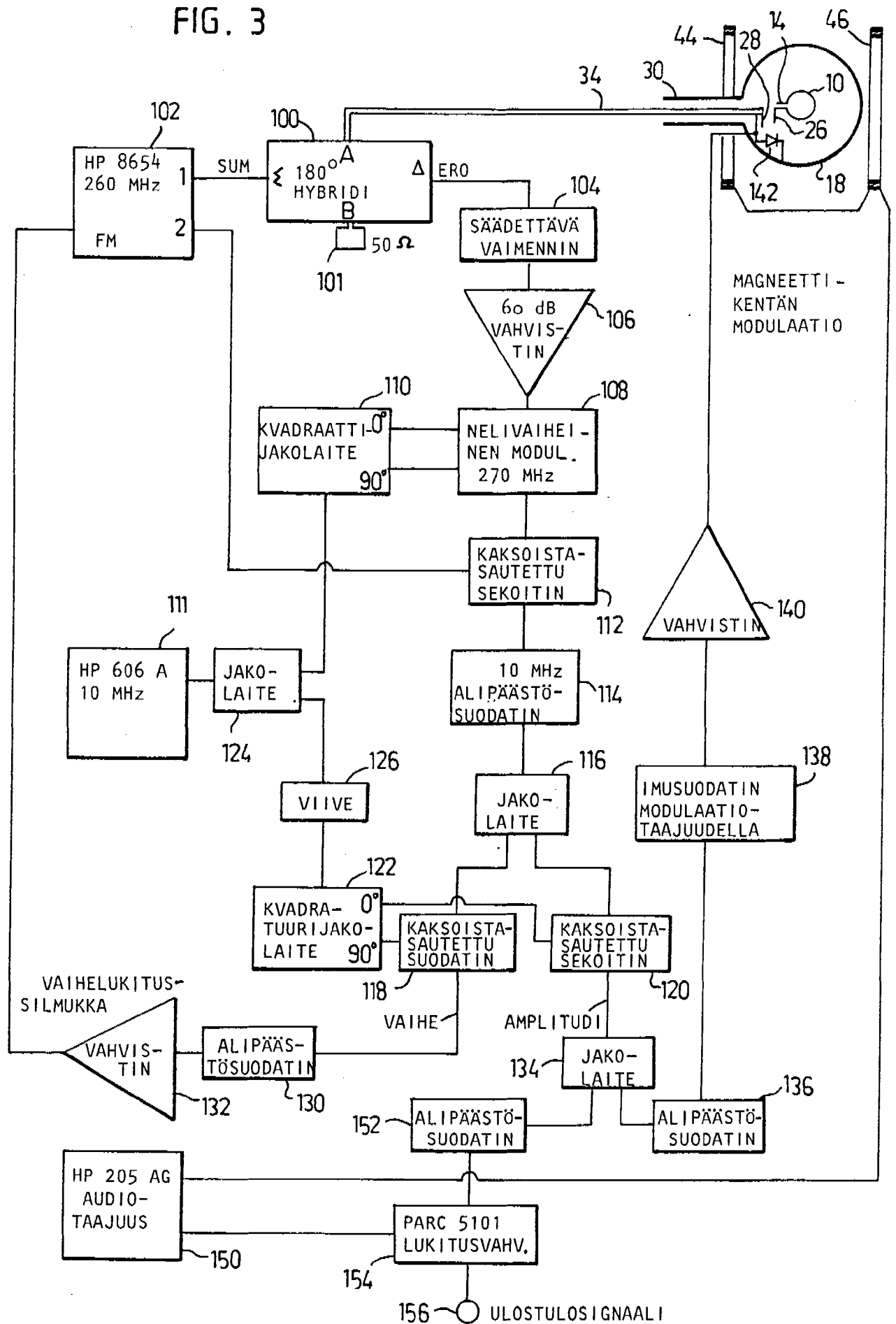


FIG 4

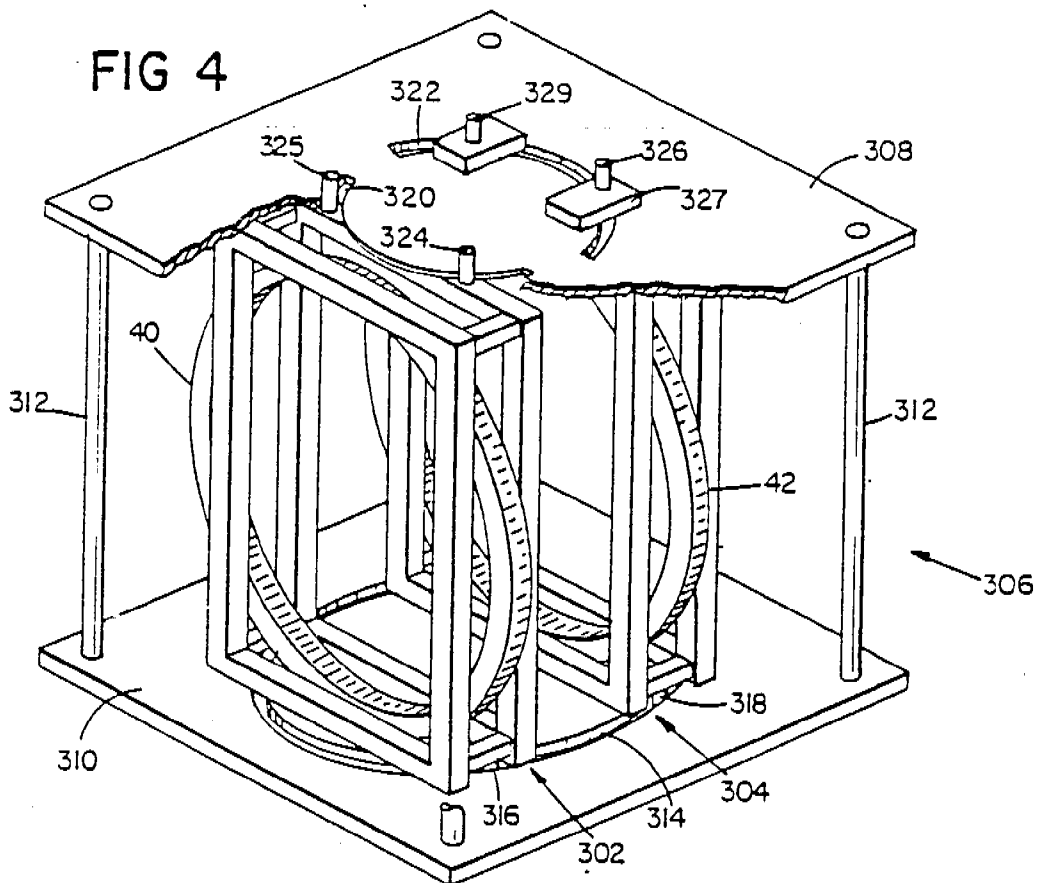


FIG 5

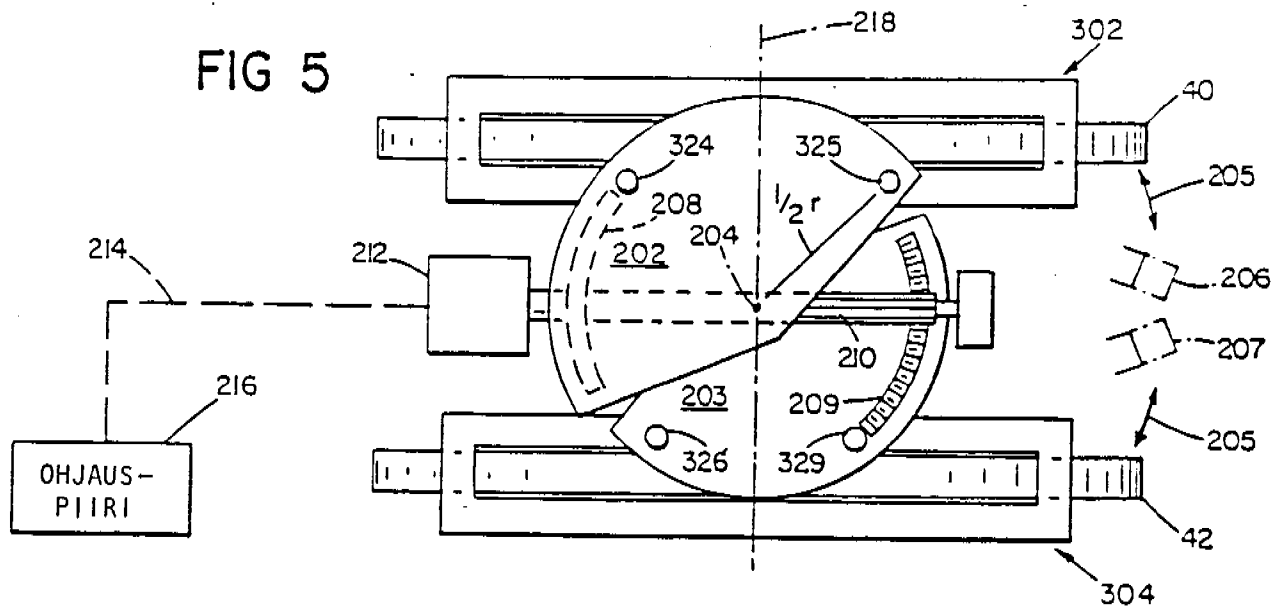


FIG 6

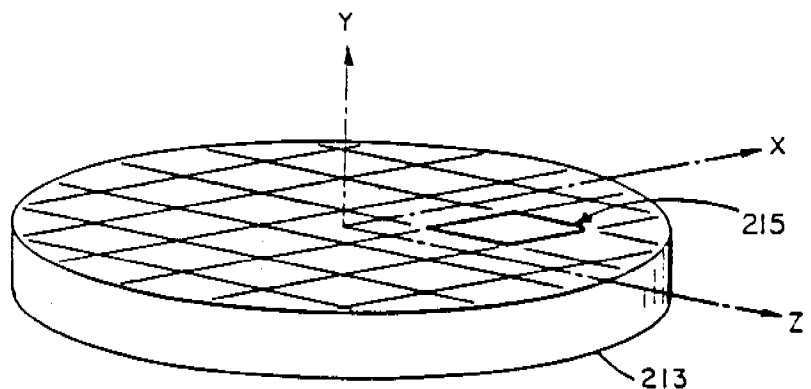
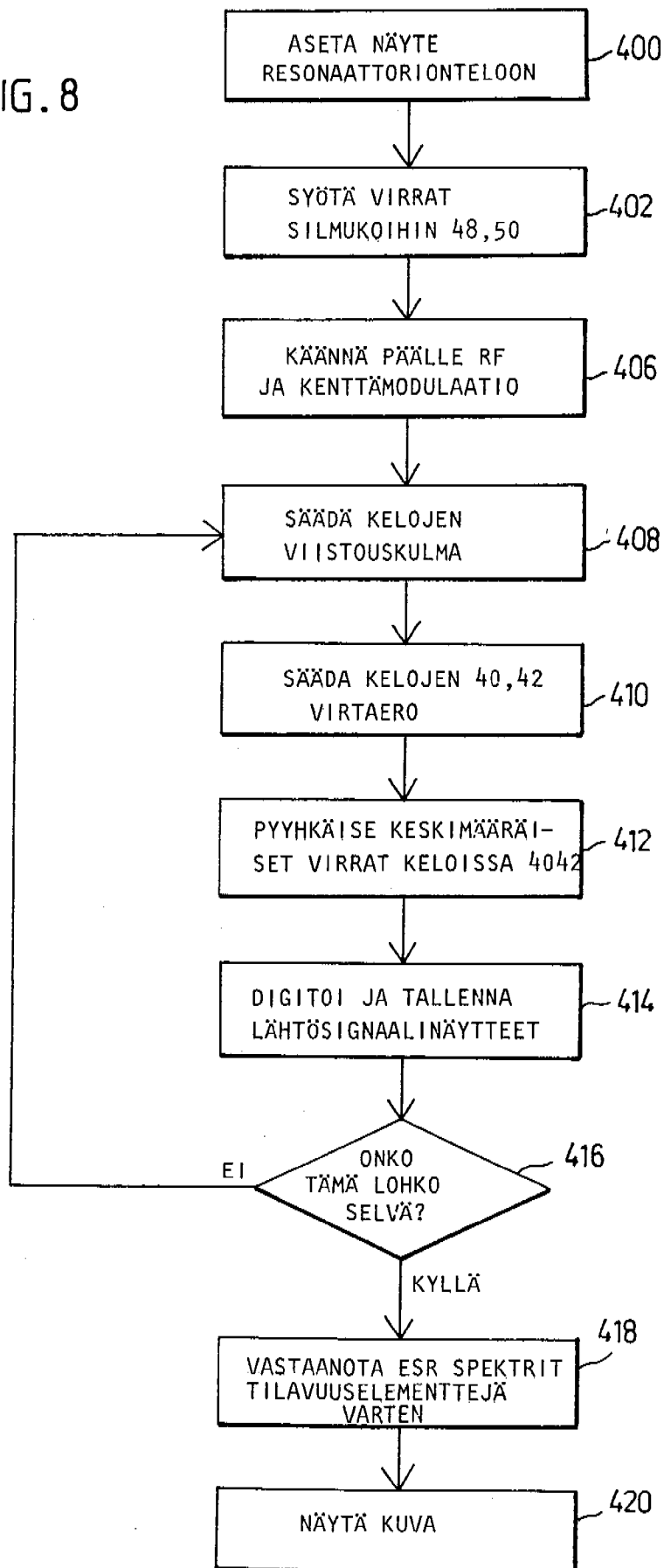


FIG. 8



Viitejulkaisuja - Anförda publikationer

Julkisia suomalaisia patenttihakemuksia: - Offentliga finska patentansökningar

Hakemus-, kuulutus- ja patenttijulkaisuja: - Ansökningspublikationer, utläggnings- och patentskrifter:

FI

CH

DE

DK

FR

GB

NO

SE

US

Merkitse hakemusjulkaisuun (esim. suksel. Offenlegungsschrift) numeron
eteen H ja vasteavasti kuulutus- ja patenttijulkaisuun numeron eteen K ja P.

EP

WO

Muita julkaisuja: - Andra publikationer:

Anna Rajakangas
Allekirjoitus