(19) SUOMI - FINLAND
(FI)

PATENTTI- JA REKISTERIHALLITUS
PATENT- OCH REGISTERSTYRELSEN
FINNISH PATENT AND REGISTRATION OFFICE

(10) **FI 961014 A7**

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

(21) Patenttihakemus - Patentansökan - Patent application 961014

(51) Kansainvälinen patenttiluokitus - Internationell patentklassifikation - International patent classification
C25B 1/06
C25B 11/02
B23K 5/00

(22) Tekemispäivä - Ingivningsdag - Filing date **06.09.1994**

(23) Saapumispäivä - Ankomstdag - Reception date **05.03.1996**

(41) Tullut julkiseksi - Blivit offentlig - Available to the public **02.05.1996**

(43) Julkaisupäivä - Publiceringsdag - Publication date **13.06.2019**

(86) Kansainvälinen hakemus - Internationell ansökan - International application **06.09.1994 PCT/AU1994/000532**

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

06.09.1993	AU	1054	19.04.1994	AU	5174
02.08.1994	AU	7227	04.08.1994	AU	7267

(71) Hakija - Sökande - Applicant

1 • Hydrogen Technology Limited, 34 Middlemiss Street Mascot, NSW 2020, Australia, AUSTRALIA, (AU)

(72) Keksijä - Uppfinnare - Inventor

1 • Spiros, Spiro Ross, Australia, AUSTRALIA, (AU)

(74) Asiamies - Ombud - Agent

Kolster Oy Ab, Salmisaarenaukio 1, 00180 Helsinki

(54) Keksinnön nimitys - Uppfinningens benämning - Title of the invention
Parannuksia elektrolyysijärjestelmiin
Förbättringar i elektrolyssystem

Parannuksia elektrolyysijärjestelmiin

Keksinnön tekninen alue

Tämä keksintö liittyy vetykaasun ja happikaasun kehittämiseen vedestä, joko seoksena tai erotettuina kaasuina, elektrolyysimenetelmällä, ja se liittyy lisäksi vapautuneen kaasun käyttösovellutuksiin. Tämän keksinnön erityisiä suoritusmuotoja ovat laitteisto näiden kaasujen tehokkaaksi kehittämiseksi, ja näiden kaasujen käyttäminen lämpölähteenä plasmahitsauksessa tai -leikkauksessa, ja kaasumaisten jätteiden käsittelyssä.

Tausta

Veden elektrolysointimenetelmä elektrolyytin kuten natriumhydroksidin (NaOH) tai kaliumhydroksidin (KOH) läsnä ollessa vety- ja happikaasun (H_2, O_2) vapauttamiseksi on tunnettu. Tämä menetelmä käsittää tasavirtaisen potentiaalieron kytkemisen kahden tai useamman anodi/katodi-elektrodiparin välille ja toimittamalla vaadittava minimienergia H-O-sidosten katkaisemiseksi (eli 286,0 kJ/mol @ STP (68,3 kcal/mol)). Kaasuja tuotetaan O_2:H_2:n stoikiometrisella suhteella 1:2, jotka vapautuvat vastaavasti anodilta (+) ja katodilta (-).

Viitteinä voidaan mainita seuraavat artikkelit: "Modern Electrochemistry, Volume 2, John O'M. Bockris and Amulya K. N. Reddy, Plenum Publishing", "Electo-Chemical Science, J. O'M. Bockris and D. M. Drazic, Taylor and Francis Limited" ja "Fuel Cells, Their Electrochemistry, J. O'M. Bockris and S. Srinivasan, McGraw-Hill Book Company".

Esitys kokeellisesta työstä liittyen elektrolyysimenetelmiin voidaan saada teoksesta "Hydrogen Energy, Part A, Hydrogen Economy Miami Energy Conference, Miami Beach, Florida, 1974, toimittaja T. Nejat Veziroglu, Plenum Press". Artikkelit sivuilla 371 - 379, kirjoittaja J. O'M. Bockris, sivuilla 425 - 439, kirjoittajat F. C. Jensen ja

F. H. Schubert, ja sivuilla 499 - 508, kirjoittajat John B. Pangborn ja John C. Sharer, ovat erityisen merkityksellisiä.

Makromittakaavassa tuotetun kaasun määrä riippuu useista muuttujista kuten käytetyn elektrolyyttiliuoksen tyypistä ja pitoisuudesta, anodi/katodielektrodiparin pinta-alasta, elektrolyyttisestä vastuksesta (sama kuin ionijohtavuus, joka on lämpötilasta riippuvainen), saavutettavasta virrantiheydestä ja anodi/katodiparin jännite-erosta. Siirtyneen kokonaisenergian pitää olla riittävä dissosioimaan vesi-ionit vety- ja happikaasujen kehittämiseksi välttäen silti metallisten tai johtokykyisten epämetallisten materiaalien pinnoittumista (hapettumista/pelkistymistä), joista elektrodit on valmistettu.

Viitataan myös alan aikaisempaan AU-patenttijulkaisuun 487 062, Yull Brown, joka kuvaa elektrolyysikennolaitteistoa vedyn ja hapen tuottamiseksi tarpeen mukaan, yhdessä turvallisuuslaitteiston kanssa, joka estää vapautuneiden kaasujen liian suuren paineen kehittymisen. Tämän Brown'n patentin kuvio 2 esittää useita elektrodeja (20a, 20b) sarjassa sähköisessä kytkennässä kahden navan 22, joiden välille muodostetaan jännite, välissä. Tämä kenno (20) tuottaa kaasun tilavuusvirtauksen, ja mikäli tämä tuotos ei ole riittävä kyseisessä sovellutuksessa, tarvitaan suurempi määrä yksittäisiä kennoyksiköitä, jotka kaikki on kytketty sähköisesti sarjaan. Lopputulos on suuri ylläpidettävä rakenne.

Ei ole siis mahdollista tuottaa tarpeen mukaan suuria kaasuvirtauksia (suuruusluokkaa 10 000 litraa tunnissa) alan aikaisemmilla laitteistoilla käyttämättä kalliita ja monimutkaisia laitteistoja, ja vielä tällöin laitteistolla on huono hyötysuhde sähköenergian muuntamisessa vety- ja happikaasun kehittämiseksi. Näin ollen tällaisen laitteiston suuren mittakaavan kaupallinen toteuttaminen ei ole taloudellisesti suoritettavissa.

Sekoittuneita vety- ja happikaasuja (tai hydroksikaasua) käytetään lämpölähteenä poltettaessa virtana esimerkiksi uuneissa. Vety yksinään käytetään plasmaleikkaukseen ja plasmahitsaukseen, vaikkakin mainitussa Brownin patentissa kuvattu laitteisto suoritti plasmahitsauksen vedyn ja hapen seoksella. Viimeaikaiset kokemukset teollisuudessa osoittavat selvästi, että hapen läsnäolo plasmakaaressa aiheuttaa elohopeaelektrodien voimakkaan hapettumisen.

Eräs vaikeuksista, jotka on kohdattu toteutettaessa näitä sovellutuksia, on tarve liittää sähköinen kytkinlaitteisto verkkovirran toimittamien jännitteiden muuntamiseksi elektrolyysikennojen sarjalle sopivalle tasolle (eli jännitteen alennusmuuntajat). Tuloksena oleva laitteisto on sähköisesti hyötysuhteeltaan huono ja kömpelö, ja se voi olla siis kallis, mikäli vaaditaan tarkkaa jännitteen ja virran säätämistä (siis kaasuvirtauksen säätämistä).

Poltetut vety- ja happikaasut sekoitettuna yksittäiseksi virraksi palavat erittäin korkeassa lämpötilassa, tyypillisesti noin 6 000 °C. Vety/happihitsauslaitteiden tiedetään yleisesti käsittävän hitsaussuuttimen tai käsiosan, joka on kytketty kahden kaasun letkulla erillisiin happi- ja vetysäiliöihin.

Käytössä on neljä muuta tavallisen tyyppistä hitsauslaitteistoa ja -menetelmää: nämä ovat asetyleenikaasuhitsaus, sähkökaarihitsaus, MIG (metalli-inertti kaasu)/ TIG (wolframi-inertti kaasu) -järjestelmät ja plasmaleikkaus.

Arvioidaan, että Australiassa on käytössä yli 100 000 asetyleenikaasuhitsauslaitteistoa. Näistä noin 70 %:a käytetään pääasiassa metallien leikkaamiseen loppujen ollessa käytetty lämmönlähteinä, metallilevyjen sulahitsauksessa, juottamisessa, hopeajuottamisessa ja niiden kaltaisissa. Tyypilliset asetyleenikaasuhitsauslaitteistot

voivat hitsata metallipaksuuksia välillä 0,5 - 2 mm. Lisäksi paksuuksia aina 140 mm:iin asti voidaan leikata, mutta ainoastaan silloin, kun teräs sisältää runsaasti rautaa. Syy tähän on se, että rautaa ja happea tarvitaan leikkausvaikutuksen aiheuttavan hapetustapahtuman ylläpitämiseksi. Asetyleenikaasu antaa alkulämpötilan hapetusreaktion aloittamiseksi tämän ollessa tyypillisesti 850 °C. Asetyleenikaasuhitsauslaitteistot vaativat sekä asetyleeni- että happikaasun pullotettuna, joten pullot pitää ostaa tai vuokrata, sitten jatkuvasti ylläpitää ja täyttää uudelleen käytön myötä.

Sähkökaarihitsaus on menetelmä, jota käytetään paksuudeltaan yli 1,5 mm metallien hitsaamiseen. Toiminnan periaate on se, että käsiosa on varustettu kuluvalla elektrodilla ja työstettävä osa muodostaa toisen elektrodin. Elektrodien välille luodaan vaihto- tai tasavirtainen jännite-ero aiheuttaen täten kaaren muodostumisen tuotaessa käsiosa työstettävän kappaleen läheisyyteen. Tätä kaarta voidaan käyttää sulattamaan tai hitsaamaan metallikappaleet yhteen.

MIG-järjestelmät perustuvat jatkuvatoimiseen langansyöttöjärjestelmään. Eräässä tunnetussa laitteistossa kuluva lanka on suojattu argonkaasulla (tai -plasmalla), joka tulee tyypillisesti pullotetusta lähteestä. TIG-järjestelmät taas vaativat täyteainelangan syöttämisen käsin hitsauskohtaan. MIG/TIG-järjestelmillä voidaan hitsata metalleja, tyypillisesti ruostumatonta terästä, alumiinia, hiiliterästä ja niiden kaltaisia paksuuksilla 1 - 20 mm. Plasma-MIG-järjestelmien osalta viitataan julkaisuun "The Science and Practice of Welding, Volume 2, A. C. Davies, Cambridge University Press".

Plasmaleikkaus on leikkausmenetelmä, jossa paineilmaa (sisältäen pääasiassa typpeä) syötetään tasavirtasähkökaarelle tuottaen täten erittäin korkeita lämpötiloja (noin 15 000 °C) ja poistamalla täten elektroneja typ-

piytimistä korkealämpötilaplasman muodostamiseksi. Tätä plasmaa voidaan käyttää leikkaamaan rautapitoisia ja eirautapitoisia materiaaleja kuten hiiliterästä, ruostumatonta terästä, kuparia, messinkiä ja alumiinia. Saatavissa olevat plasmaleikkurit voivat leikata jopa 25 mm paksuuksia ja niiden etuna on se, että ne eivät vaadi pullotettua kaasu, vaan käyttävät sen sijasta vapaata ilmaa. Plasmaleikkauksen osalta viitataan julkaisuun "Gas Shielded Arc Welding, N. J. Henthorne and R. W. Chadwick, Newnes Technical Books".

Kuten näistä alan aiemmista kuvauksista seuraa, mikään yksikkö tai järjestelmä ei pysty suorittamaan kaikkia hitsaus- ja leikkaustoimintoja, ja tyypillisesti joku jo kuvatuista järjestelmistä voidaan valita toisen sijaan mihin tahansa tiettyyn tehtävään. Tämä taas vaatii, että metallityöläisten tai muiden metalliteollisuuden valmistajien pitää ostaa ja ylläpitää useita erityyppisiä hitsausyksiköitä pystyäkseen tarvittaessa hoitamaan minkä tahansa tehtävän. Pullotettujen kaasujen ostamiseen liittyvät kustannukset ovat myös erittäin korkeat.

Keksinnön kuvaus

Tämän keksinnön edullinen tarkoitus on tarjota laitteisto, jolla vety- ja happikaasuja voidaan valmistaa elektrolyysillä tavalla, joka välttää yhden tai useamman edeltävistä haitoista. Tässä suhteessa elektrolyysilaitteisto on kompakti ja tarjoaa paremman hyötysuhteen kuin aikaisempi tietämys vastaavilla kaasun virtausnopeuksilla.

Tämän keksinnön toinen edullinen tarkoitus on tarjota parempi rakenne elektrolyysikennolle, jota käytetään vety- ja happikaasun kehittämiseen. Tätä elektrolyysikennoa voidaan käyttää vety/happihitsauksessa ja vetyplasmaleikkauksessa. Muut sovellutukset voivat liittyä teollisiin menetelmiin, joissa vaaditaan palavaa polttoainetta, kuten jätteenpolttolaitoksissa ja vaikeasti käsiteltävien jätteiden polttamisessa.

Vielä toinen edullinen tarkoitus on tarjota elektrolyysikennolaitteisto, joka sallii vety- ja happikaasun selektiivisen erottamisen tai sekoittamisen yksittäisiksi kaasuvirroiksi.

Tämä keksintö on lisäksi edullisesti suunnattu tarjoamaan yksittäinen hitsausyksikkö, joka voi täyttää käyttäjän kaikki hitsaus- ja leikkausvaatimukset. Edullisesti vedyn tai hapen pullotettua lähdettä ei vaadita. Myöskään minkään muun kaasun pullotettua lähdettä ei vaadita eikä esimerkiksi argonia suojatuissa MIG/TIG-sovellutuksissa.

Vielä toinen tämän keksinnön edullinen tarkoitus on tarjota liekin takaiskupidäkkeen vety/happihitsauksen tai vetyplasmaleikkauksen suukappaleelle.

Näin ollen tämä keksintö käsittää kennolaitteiston veden elektrolyysiin vety- ja happikaasujen vapauttamiseksi tämän laitteiston käsittäessä:

useita anodin muodostavia elektrodeja pinossa kunkin anodielektrodin käsittäessä tasaisen levyn, jonka läpi kulkee yksi tai useampia tavallisia ensimmäisiä sähkönjohtavia yhteen kytkeviä osia; ja

useita katodin muodostavia elektrodeja pinossa kunkin katodielektrodin käsittäessä tasaisen levyn, jonka läpi kulkee yksi tai useampia tavallisia toisia sähkönjohtavia yhteen kytkeviä osia;

ja missä anodielektrodit ja katodielektrodit ovat lomittain.

Tämä keksintö käsittää lisäksi kennolaitteiston veden elektrolyysiin vety- ja happikaasujen vapauttamiseksi tämän laitteiston käsittäessä:

useita anodin muodostavia elektrodeja kytkettynä yhdellä tai useammalla ensimmäisellä tavallisella sähkönjohtavalla osalla sähköisesti yhdensuuntaisiksi, missä anodielektrodien välissä on useita katodin muodostavia elektrodeja kytkettynä yhdellä tai useammalla toisella tavallisella sähkönjohtavalla osalla sähköisesti yhden-

suuntaisiksi, missä anodielektrodit ja katodielektrodit muodostavat kennoyksikön; ja missä useita kennoyksikköjä on kytketty sähköisesti sarjaan.

Tämä keksintö käsittää lisäksi kennolaitteiston veden elektrolyysiin vety- ja happikaasujen vapauttamiseksi tämän laitteiston käsittäessä:

useita anodin muodostavia elektrodeja pinossa kunkin anodielektrodin käsittäessä tasaisen levyn, jonka läpi kulkee yksi tai useampia tavallisia ensimmäisiä sähkönjohtavia yhteen kytkeviä osia; ja

useita katodin muodostavia elektrodeja pinossa kunkin katodielektrodin käsittäessä tasaisen levyn, jonka läpi kulkee yksi tai useampia tavallisia toisia sähkönjohtavia yhteen kytkeviä osia; ja

useita membraaneja, missä kukin membraani sijaitsee vierekkäisen anodielektrodin ja katodielektrodin välissä membraanien salliessa ionivirran kulkemisen vierekkäisten anodielektrodien ja katodielektrodien välillä, mutta estäessä selektiivisesti kaasuvirtauksen lävitseen riippuen paine-erosta membraanin vastakkaisten puolten välillä.

Tämä keksintö käsittää vielä lisäksi elektrolyysiyksikön happi- ja vetykaasujen vapauttamiseksi tämän yksikön käsittäessä:

useita anodin muodostavia elektrodeja, joiden välissä on useita katodin muodostavia elektrodeja;

useita erotusmembraaneja kunkin vierekkäisen katodi- ja anodielektrodin välissä; ja

laitteiston ainakin veden syöttämiseksi anodi- ja katodielektrodeille tämän syöttölaitteiston ollessa käytettävissä säätämään ainakin veden paine-eroa membraanin vastakkaisilla puolilla vety- ja happikaasun selektiivisen erottamisen tai sekoittamisen happi- ja vetykaasuksi ylläpitämiseksi.

Tämä keksintö käsittää lisäksi poltinlaitteiston käytettäväksi kaasumaisten saasteiden termisessä hävittämisessä tämän polttimen käsittäessä:

puolipallon muotoisen polttokammion;

vety- ja happikaasujen lähteen, joka on yhteydessä polttokammioon mutkittelevan reitin kautta päättyen samankeskisesti järjestettyihin suuttimiin, jotka on suunnattu puolipallon muotoisen kammion pintakeskusta kohti; ja

yhteen kaasumaisten saasteiden syöttämiseksi;

ja missä kaasumaiset saasteet poltetaan yhdessä vety- ja happikaasujen kanssa.

Tämä keksintö käsittää vielä lisäksi monimuotoisen hitsaus- ja leikkausgeneraattorin, joka käsittää:

säädettävän virtalähteen useiden vaihto- ja tasavirtaisten jännitelähteiden tuottamiseksi; ja

elektrolyysiyksikön, joka on kytketty virtalähteeseen ja jota voidaan käyttää selektiivisesti tuottamaan vesilähteestä vetyä ja happea erillään tai vedyn ja hapen seoksena elektrolyysillä virtalähteen tasavirtajännitteen ansiosta; missä vety, happi ja sekoitettu vety ja happi yhdessä jännitelähteiden kanssa ovat käytettävissä liitettäväksi hitsaus- ja/tai leikkauslaitteistoon.

Tämä keksintö käsittää vielä lisäksi liekin takaiskupidäkkeen hitsaussuuttimelle, jota käytetään polttokaasuissa, missä tämä pidäke käsittää poltettavien kaasujen virrassa ristikkomaisen esteen, jossa ristikkomaisessa esteessä on aukko, joka sallii kaasujen vapaan kulkemisen ja estää palautuvan liekin takaiskun esteen läpi täten sammuttaen sen.

Piirrosten lyhyt kuvaus

Kuviot 1a ja 1b esittävät yksittäistä kennolevyä vastaavasti tasokuvana ja sivukuvana;

kuvio 2 esittää kennolevyjä pinotussa muodossa;

kuvio 3 esittää elektrolyysikennostoa pystysuuntaisena poikkileikkauskuvana;

kuvio 4 on poikkileikkauskuva, joka esittää tätä keksintöä käyttävän toisen elektrolyysikennoston elektrodien muodostelmaa;

kuvio 5 on perspektiivikuva osasta yhtä kuviossa 4 esitettyä elektrodia;

kuvio 6 on yksinkertaistettu esitys kuviossa 4 esitetystä elektrodien sarjamuodostelmasta;

kuviot 7a ja 7b esittävät toisessa suoritusmuodossa olevaa yksittäisen kennon mekaanista muotoa;

kuvio 8 esittää useiden kuvioissa 7a ja 7b esitettyjen kennojen muodostelmaa;

kuvio 9 esittää kennoston useiden kennojen sähköistä sarjakytkentää;

kuviot 10a ja 10b esittävät kennoston mekaanista muotoa;

kuviot 11a ja 11b esittävät vielä toista kennolevymuotoa;

kuviot 12a ja 12b esittävät kuvioiden 11a ja 11b kennolevyn vastakappalelevyä;

kuvio 13 esittää kuvioiden 11a, 11b, 12a ja 12b kennolevyjen rei'ityksiä ja aukkoja;

kuvio 14 esittää kuvioiden 11a, 11b, 12a ja 12b kennolevyjen pinomuodostelman räjäytyskuvaa;

kuvio 15a esittää kaaviokuvaa kuvion 14 kaasunerotusjärjestelmästä;

kuvio 15b esittää kuvion 15a tyyliteltyä kuvausta;

kuvio 15c esittää kuvion 15a sijaiskytkentää;

kuvio 16 esittää kaasunkeräysjärjestelmää, jota käytetään kuvioiden 14 ja 15a kennosto-erotusjärjestelmässä;

kuvio 17 esittää poikkileikkauskuvaa hydraulisesta pesurista ja sulkuventtiilistä;

kuvio 18 esittää poikkileikkauskuvaa kuvion 10 hitsaussuuttimesta sisältäen liekin takaiskupidäkkeen;

kuviot 19a ja 19b esittävät poltinta saasteiden hävittämistä polttamalla varten;

kuvio 20 esittää lohkokaaviota monimuotoisesta hitsaus- ja leikkauslaitteistosta; ja

kuvio 21 esittää kaavakuvaa kuvion 20 laitteistosta.

Yksityiskohtainen kuvaus ja paras toimintamuoto

Elektrolyysikennolaitteisto, joka käyttää tätä keksintöä, rakennetaan useista kuusikulmaisen muotoisista elektrolyysikennolevyistä 10, joista yksi on esitetty tasossa kuviossa 1a ja sivukuvana kuviossa 1b. Kussakin levyssä 10 on kolme uraa 12, jotka on sijoitettu levyn 10 eri reunoille. Kennolevyn 10 muut sivut on varustettu sähkönjohtavalla sillalla tai laipalla 14. Tyypillisesti kaksikymmentä samanlaista kennolevyä 10 pinotaan muodostamaan yksi kokonainen kenno 16, kuten esitetään sivukuvana kuviossa 2. Levyjen kokonaismäärä voi vaihdella tarvittavan pinta-alan mukaan ja näin ollen se riippuu myös levyn halkaisijasta.

Vierekkäisten yksittäisten kennolevyjen 10 pino on käänteisesti järjestetty siten, että vierekkäisten levyjen sähkönjohtavat sillat 12 ulkonevat vastakkaisiin suuntiin 60° suhteellisella kiertopoikkeamalla. Tämä kiertopoikkeama on sen vuoksi, että vierekkäisten levyjen tulee olla polaarisuudeltaan vastakkaisia. Sähkönjohtavat sillat 14 ovat riittävän pitkiä kulkemaan viereisen levyn 10 vastaavan uran 12 poikki koskematta tähän levyyn, ja ovat näin kosketuksessa seuraavaan tämän jälkeiseen levyyn muodostaen sähkönjohtavan polun joka toisen levyn välille. Tällä tavoin valmiilla kennorakenteella 16 on kolme positiivista napaa ja kolme negatiivista napaa, vaikkakin kuviossa 2 näkyy vain kaksi positiivista napaa ja yksi negatiivinen napa. Kennopino 16 on koteloitu eristävällä kotelolla 18 (esitetty leikkauksena). Kuvioissa 1a, 1b ja 2 esitetyt kennolevyt 10 soveltuvat olemaan rinnakkaisessa

sähköisessä rakenteessa kunkin kahden vierekkäisen kennolevyn 10 muodostaessa joko anodin tai katodin.

Rinnakkaisia pinottuja tasaisia kennolevyjä kuvataan AU-patenttijulkaisussa 487 062. Siinä kahdenkymmenen kennolevyn pinoaminen vaatii kunkin kennolevyn yksittäisten elektrodien yli tyypillisesti 1,55 - 2,0 voltin jännite-eron vety- ja happikaasun vapauttamiseksi vedestä, joka sisältää tyypillisesti 15-%:ista natriumhydroksidin vesiliuosta olevaa elektrolyyttiä.

Kuvio 3 esittää pystysuuntaisena poikkileikkauskuvana seitsemän täyttä kennopinoa 16 järjestettynä heksagoniseen matriisiin ja koteloituna teräskoteloon 20 tarjoten näin elektrolyysikennoston 25. Kennopinot 16 on eristetty teräskotelosta 20 nailonisilla läpivientieristimillä 22. Yksittäisten kennopinojen 16 sähköistä kytkentää keskenään ei ole esitetty, mutta tyypillisesti kennot on kytketty vastaavista positiivisista (+) ja negatiivisista (-) navoista johtimilla sarjakytkennän muodostamiseksi.

Tilanne voi joskus olla sellainen, että kennopinoille 16 toteutetaan rinnakkainen kytkentä. Varsinainen sähköinen kytkentä riippuu kunkin kennopinon 16 muodostavien yksittäisten kennolevyjen 10 lukumäärästä, syöttöjännitteestä ja virrasta, joka tästä jännitteestä voidaan saada.

Vettä kuluu kun vety- ja happikaasua vapautuu elektrolyysireaktion aikana. 1 litra vettä kehittää 1 860 litraa hapen ja vedyn seosta STP-olosuhteissa yllä mainitussa tilavuussuhteessa. Esitetyssä rakenteessa vettä syötetään jatkuvatoimisesti syöttöaukon 24 kautta.

Nylonsuojilla 18, jotka erottavat vierekkäisiä pinoja, on se etu, että ne suuntaavat vapautuneen kaasun ylöspäin kerättäväksi sellaisenaan kaasun poistoyhteessä 26, joka sijaitsee elektrolyysikennoston 25 päällä. Tilavuuden korvaussuhteen 1:1860 johdosta vapautuneet kaasut paineistuvat itsestään kulkiessaan poistoyhteestä 26 lii-

tosputkistoon (ei esitetty), jolla on paljon kapeampi poikkileikkauksen ala kuin kennostolla.

Kuvio 4 on poikkileikkauskuva, joka esittää toisen suoritusmuodon mukaisen elektrolyysikennon mekaanista rakennetta. Peruskennoyksikkö 30 koostuu lomittaisten elektrodien 32, 34 vastaavista puolikkaista, jotka on ryhmitelty pitkälti ristikkäisten kampojen tapaan. Kunkin elektrodin muodostaa sähkönjohtava runko 36, 38, joka tyypillisesti koostuu hartsilla sidotusta hiilimateriaalista, hiiliteräksestä tai sähkönjohtavista polymeereistä, joista ulkonee yksitoista sormimaista levyä 40, 42, jotka myös rakentuvat hiilestä, teräksestä tai sähkönjohtavasta polymeeristä.

Kuvio 5 on perspektiivikuva yhdestä elektrodista 32, jossa runko 36 ja levyt 40 ovat muodoltaan suorakulmaisia. Elektrodien ei välttämättä tarvitse olla esitetyn muotoisia, vaan ne voivat olla myös monen muun muotoisia, joista tässä kuvataan erästä esimerkkiä. Yleinen vaatimus kaikille tällaisille rakenteille on se, että levyt ovat yhdensuuntaisia ja kytketty keskenään yhteisellä osalla, joka yleensä sijaitsee kohtisuorasti levyihin nähden.

Kukin elektrodipari 32, 34 on polveilevassa rakenteessa siten, että vastaavien uloimpien levyjen 40a, 42a poikkeama on suunnilleen puolet kunkin elektrodin 32, 34 kokonaispituudesta. Vastaavat keskiosan levyt on numeroitu viitenumeroilla 40b ja 42b.

Kuvio 6 esittää polveilevaa rakennetta yksinkertaistetussa muodossa. Joka kuudes levy sijaitsee vastaavien vastakkaisten vierekkäisten elektrodien ensimmäisen ja yhdennentoista levyn väliin muodostuneessa tilassa.

Viitaten jälleen kuvioon 4 esitetään kaksi täydellistä kennoyksikköä 30 ja osa seuraavista vastaavista viereisistä kennoyksiköistä. Kennoyksiköiden kokonaismäärän määrää tasavirtajännitelähde, koska elektrolyysin suorittamiseen vaaditaan vähimmäisanodi/katodijännite, ja kukin

vierekkäinen kennoyksikkö on sähköisesti sarjakytkennässä yhdensuuntaisesti sijaitsevien levyjen 40, 42 kanssa. Elektrolyysissä kennot 30 ovat upotettuna veteen ja elektrolyyttiin ja reunimmaisten levyjen 40c, 42c välille muodostetaan tasavirtajännite, mikä aiheuttaa ionisten alkeisvirtojen (joista joitakin kuvataan katkonaisilla nuolilla) virtaamisen vierekkäisten levyjen 40, 42 välissä ja keräytymisen virroittain vastaaville rungoille 36, 38 ja levyille 40, 42 (esitetty yhtenäisillä nuolilla). Keskellä kutakin levyä noudatetaan erilaista virtareittiä. Esimerkiksi tasavirta kulkee toisen pään kennolevystä 42a elektrolyytin läpi, kulkee keskimmäisen kennolevyn 40b läpi ja taas elektrolyytin läpi seuraavalle pään kennolevylle 42a. Tämä menetelmä aiheuttaa positiivisen nettovarauksen kerääntymisen keskilevyn 40b yhdelle reunalle ja negatiivisen varauksen toiselle reunalle.

Ionivirran kulkemisen myötä tapahtuu vesimolekyylien hajoaminen siten, että happi- ja vetykaasua kehittyy vastaavasti anodilevy- ja katodilevypinnoilla. Katodilevypinnat ovat niitä, joita kohti ionivirta kulkee. Käänteinen pätee anodilevypinnoille.

Reunimmaisten levyjen 40c välille muodostettu jännite jakaantuu tasaisesti rakenteen kennolevyjen 30 kesken tämän osuuden vallitessa vastaavien uloimpien levyjen ja keskiosan levyjen 40a & 42a, 40b & 42b välillä.

Saavutettavaa virrantiheyttä rajoittaa osittain elektrolyysiliuoksen tehokas sähkövastus. Mitä pienempi vierekkäisten levyjen 40, 42 välinen rako on, sitä pienempi on vastus. Elektrodien 32, 34 polveileva luonne tarkoittaa, että yksikkötilavuutta kohti on saavutettavissa suuri pinta-ala, ja elektrodilevyjen välillä on minimaalinen erottuminen kaikissa tapauksissa. Tässä tapauksessa elektrolyytin vastus pidetään alhaisena, jolloin sähköenergian muuttumistehokkuus vety- ja happikaasujen muodostumisessa on korkeampi kuin alalla aikaisemmin.

Esitetyn erityisen rakenteen ansiosta ei ole välttämätöntä eristää kutakin yksittäistä kennoyksikköä 30 sen viereisistä kennoista. Ionivirtaus tapahtuu luonnollisesti pienimmän vastuksen suuntaan, jolloin oikosulut kennoyksiköiden 30 välillä vältetään, koska vastus tätä reittiä on suurempi. Näin ollen suuri määrä kennoja voidaan järjestää pituussuuntaisesti ja sallia suora kosketus tasasuunnattun virtalähteen napaan välttäen täten tarve kytkeä kennoryhmät sähköisesti johdottamalla, kuten alalla aikaisemmin on tehty.

Kukin yksittäinen kennoyksikkö 30 täyttää jännitettä, levyjen pinta-alaa ja muita ominaisuuksia koskevat toimintavaatimukset veden toimivaksi elektrolysoimiseksi ja täten ne toimivat oleellisen riippumattomasti viereisistä kennoyksiköistä 30.

Testaus on osoittanut, että lämpötilavälille 90 - 50 °C vaaditaan tasavirtajännitettä välillä 1,47 - 1,56 V yhden kennoyksikön 30 yli (eli puolen kokonaisesta elektrodista 32 tai 34 yli) anodisella minimi- (ja optimi)-virrantiheydellä 0,0034 A/cm^2 vastaavasti kaasuvirtausnopeuden noin 340 - 300 l/h per kWh kehittämiseksi. Havainto, että levyn minimipinta-ala vastaa kaasun optimivirtausnopeutta, tarkoittaa, että käytettävä kokonaistilavuus voidaan pitää minimissä. Erityisen esimerkin avulla ilmaistuna tasasuunnattu 240 V_{rms} napajännite antaa 215 V keskimääräisen tasajännitteen, jolloin suoraan napakytkentään tasasuuntaimen kautta (eli tarvitsematta alennusmuuntajaa) tarvitaan kaikkiaan noin sataneljäkymmentä kennoa. Laitteistokustannusten, teknisen yksinkertaisuuden ja hävikkien välttämisen kannalta on erityisen edullista, ettei jännitteen muuntamislaitteistoja tarvita.

Kuvio 7a esittää osittaista leikkauskuvaa toisen suoritusmuodon mukaisesta kennoyksiköstä 50. Tämä kennoyksikkö 50 on rakenteeltaan kuviossa 4 olevan kaltainen,

paitsi kytkennän muodostavien runko-osien lukumäärän ja muodon ja elektrodilevyjen muodon osalta.

Kuvio 7b esittää päätykuvaa kennoyksiköstä 50 ja erityisesti reunimmaista levyä 52c. Levyelektrodit 52, 54 ovat muodoltaan heksagonisia. Kussakin levyssä 52, 54 on kuusi kytkennän muodostavaa tankomaista runkoa 56, 58, jotka kulkevat sen läpi, yksi kunkin kulman lähellä. Kukin vuorottelevista rungoista 56 esittää yhteistä positiivista johdinta ja toinen sarja vuorottelevia runkoja 58 esittää negatiivisia johtimia. Kukin vierekkäinen levy 52, 54 on kytketty sähköisesti joko positiivisiin johtimiin tai negatiivisiin johtimiin. Vierekkäisten levyjen 52, 54 välissä on erottavat holkit 60 sähköisen eristyksen tarjoamiseksi ja välimatkan tarjoamiseksi, jossa vesi ja elektrolyytti kiertävät. Kunkin runkojohtimen 56, 58 kiinnitys vastaavaan levyelektrodiin 52, 54 tapahtuu tyypillisesti kierteisellä mutterilla tai välisovittimella. Syynä kunkin levyn 52, 54 kiinnittämiseen kolmeen yleiseen runkojohtimeen 56, 58 on tasaisen virtajakauman saavuttamisessa koko levyn 52, 54 pinta-alalle.

Kuten kuviosta 7b voidaan havaita, positiiviset runkojohtimet 56 ulkonevat rakenteen toisesta päästä toisiin kennorakenteisiin kiinnittämistä varten, kuten ulkonevat kolme negatiivista runkojohdinta 58 toisesta päästä. Kaikki johtimien kytkemättömät päät peitetään sähköä johtamattomilla hatuilla 62.

Kuvio 8 esittää tyyliteltyä muotoa kolmesta kennoyksiköstä 50, joka on kytketty sähköisesti sarjaan (rakenne pituussuuntainen), ja erityisesti runkojohtimien 56, 58 kulkemista. Kennoyksiköt 50 on koteloitu eristävällä putkella 64, tyypillisesti tehty PVC:stä, jossa on aukko veden kulkemista varten, levyjen 52, 54 koteloimiseksi ja kehittyneiden kaasujen poistumiseksi.

Kuvio 9 esittää useiden kennoyksiköiden 50 sähköistä sarjakytkentää kytkettynä suoraan vaihto/tasavirtamuun-

tajan 66 (kuten yksinkertainen diodisiltatasasuuntain) tasavirtapuolelle vaatimatta alennusmuuntajaa.

Kuvio 10a esittää päätykuvaa seitsemän kokonaisuuden (nimetty A - G) mekaanisesta rakenteesta, joista kukin koostuu kolmesta sarjaan kytketystä kennoyksiköstä 50 (kuten esitetty kuviossa 8) muodostaen kokonaisen kennoston 70. Kennokokonaisuudet 50 sijaitsevat teräslieriön 72 sisällä, joka sisältää vety- ja happikaasujen kehittämiseksi vaadittavaa vettä ja elektrolyyttiä. Kukin kolmen kennoyksikön 50 ryhmä (A - G) on kytketty ensimmäisen ryhmän teräsjohtimia 74 avulla yhdestä päästään ja toisen ryhmän teräsjohtimia 76 (ei esitetty) avulla toisesta päästään, jotka on järjestetty olemaan vaiheittain ryhmien välillä. Kun pelkästään ensimmäiset johtimet 74 esitetään kuviossa 10a, molemmat johdinsarjat ovat selvemmin esillä kuviossa 10b, joka on sivukuva ryhmistä A - G niiden ollessa "selvitettynä".

Kuviossa 10a esitetyt PVC-putket eristävät vierekkäiset ryhmät niiden välisten "oikosulkujen" estämiseksi. Kennosto 70 on erittäin pienikokoinen ja verrattuna aikaisemman alan Brownin laitteistoon vain yksi kolmasosa sen fyysisestä koosta samalle kaasun tilavuusvirtausnopeudelle, ja kokonaismassassa on myös sama pieneneminen. Veden syöttö elektrolyysiä varten tapahtuu syöttöyhteellä 78, joka sijaitsee lieriön 72 pohjalla tuotettujen kaasujen poistuessa lieriöstä 72 poistoyhteestä 80, joka sijaitsee lieriön päällä.

Sähköinen kytkentä tasavirtalähteeseen on kaikkien kennojen yli, ja laitteiston päänapa 82 sijaitsee kennon A alapuolella ja päänapa 84 vastaavasti kennon G yläpuolella.

Kuviot 11a ja 12a esittävät ensimmäisen ja toisen kennolevyn 90, 98 muita muotoja päätykuvana. Kuviot 11b ja 12b ovat osittaisia poikkileikkauskuvia esitettynä vastaavia keskiviivoja pitkin. Yleisiä viitenumerointeja on

käytetty sen ollessa mahdollista. Levyt 90, 98 voivat toimia joko anodina (+) tai katodina (-), mikä tulee selväksi. Kumpikin koostuu elektrodilevystä 92, joka on rei'itetty kuusikulmaisilla rei'illä 96. Levy 92 on valmistettu teräksestä tai hartsilla sidotusta hiilestä tai sähkönjohtavasta polymeerimateriaalista. Levy 92 sijaitsee pyöreän vanteen tai istukan 94 sisällä. Reikien 96 tehtävä on maksimoida elektrodilevyn 92 pinta-ala ja minimoida massiivisten rakenteiden paino.

Esimerkkinä, halkaisijaltaan 280 mm:n levylle, levyn paksuus pitää olla 1 mm virrantiheyden (joka on välillä 90 A / 2 650 cm^2 - 100 A / 2 940 cm^2 anodille tai katodille) optimiarvon sallimiseksi. Mikäli levyn halkaisijaa kasvatetaan, mikä puolestaan kasvattaa pinta-alaa, on tarpeellista kasvattaa levyn paksuutta tasaisen sähkönjohtavuuden ylläpitämiseksi halutulla virrantiheydellä.

Kuusikulmaisten reikien etäisyys 1 mm paksussa levyssä on 2 mm vaakariveissä ja 1 mm seuraavasta vierekkäisestä reiästä saman kokonaispinta-alan säilyttämiseksi ennen rei'itystä ja virrantiheyden optimiarvon sallimiseksi. Vierekkäisten kuusikulmaisten reikien etäisyydeksi vaaditaan 1 mm (rivistä riviin), koska pienempi etäisyys johtaa termisiin (vastus-) hävikkeihin ja suurempi etäisyys lisää levyn kokonaispainoa.

Istukka 94 koostuu PVC-materiaalista ja yhdistää useita yhtä kaukana toisistaan olevia akselireikiä 100, 102. Nämä reiät ovat yhdistävien akselien kulkemista varten, jotka levyjen 90, 98 pinotussa rakenteessa muodostavat yleisen johtimen vastaaville anodi- ja katodilevyille, hyvin samalla tavoin kuin kuvioissa 7a ja 7b esitetyssä laitteistossa. Toiset kaksi ylempää reikää 104, 106 tarjoavat kumpikin kanavan vastaavasti ulosvirtaaville happi- ja vetykaasuille. Lisäreiät 108, 110 istukan 94 pohjalla ovat veden ja elektrolyytin syöttämiseksi vastaaville kennolevyille 90, 98.

Kuvio 13 esittää suurennettua osaa kuviossa 11a esitetystä kennolevystä 90. Aukko 104 on liittyy istukan 94 sisällä oleviin kuusikulmaisiin reikiin 96 sisäisellä kanavalla 112. Samanlainen kytkentä on toisen aukon 106 paikalla ja veden/elektrolyytin syöttöaukoissa 108, 110.

Mikäli tilanne on sellainen, että vapautuvat vety- ja happikaasut on tarkoitus pitää erillään (eli olla muodostamatta seokseksi), tällöin on tarpeellista erottaa nämä kaasut tuotettaessa. Aikaisemmin tämä saavutettiin käyttäen kalvoja, jotka estävät kaasujen kulkemisen ja eristävät tehokkaasti veden/elektrolyytin kummallekin puolelle kalvoa. Näin kalvomateriaalin (eli vesi - kalvo - vesi) ionisesti sähkönjohtava luonne helpottaa ionien siirtymistä. Tämä johtaa ionisen vastuksen kasvuun ja täten tehokkuuden alenemiseen. Aikaisempi patenttijulkaisu 487 062 kuvaa toista rakennetta (katso sen kuvio 6), joka käyttää magneetteja aiheuttamaan kaasujen erottumisen.

Kuvio 14 esittää räjäytyskuvaa neljän kennolevyn pinorakenteesta, jossa on vaihtoehtoinen kahden (anodi)-kennolevyn 90 ja kahden (katodi)kennolevyn 98 pino. Tämän kennolevyjen pinorakenteen kaksi päätä muodostavat yksittäisen kennoyksikön 125. Kunkin vierekkäisen kennolevyn 90, 98 välissä sijaitsee PTFE-erotin 116. Vaikka kuviossa 14 sitä ei esitetä, tämä kennoyksikkö sisältää erilliset vety- ja happikaasukanavat, jotka vastaavasti kulkevat kennolevyjen pinorakenteen läpi aukkojen 106, 104 kautta. Samalla tavoin tarjotaan kanavat veden/elektrolyytin syötölle, jotka vastaavasti kulkevat reikien 108, 110 läpi vastaavien levyjen 90, 98 pohjalla.

Ainoastaan kaksi paria anodi/katodikennolevyjä on esitetty. Tällaisten levyjen lukumäärää voidaan kennoyksikköä 125 kohti lisätä reilusti.

Myöskään esillä eivät ole liittävät sähkönjohtavat akselit, jotka kytkevät sähköisesti vaihtoehtoiset yhteiset kennolevyt. Syy, miksi yhdessä kennolevyssä on suu-

ren halkaisijan reikä toisen kennolevyn pienemmän halkaisijan reiän vieressä, on se, että yhdistävä akseli kulkee suuremman halkaisijan reiän läpi eikä muodosta sähköistä kytkentää (eli on eristetty PVC-putkella) vaan pikemminkin muodostaa sähköisen kytkennän ainoastaan toisten (yhteisten) kennolevyjen välille.

Kuvion 14 laitteistossa esitetty kennoyksikkö 125 on räjäytyskuva. Täysin koottuna kaikki elementit on pinottu ollen läheisessä kosketuksessa. Mekaaninen kiinnittyminen saavutetaan käyttämällä toista kahdesta liimasta kuten (a) "PUR-FECT-LOK" (TM) 34-9002, joka on Urethane Reactive Hot Melt -liima, jonka päävalmistusaine on Methylene Bispheny/Dirsocynate (MDI), ja (b) "MY-T-BOND" (TM), joka on PVC-liuotinpohjainen liima. Molemmat liimat ovat natriumhydroksidia (20 % läsnä elektrolyytissä) kestäviä. Tässä tapauksessa vesi/elektrolyytti sijaitsee ainoastaan kennolevyn istukan 94 rajaamalla alueella. Näin ollen ainoa reitti veden/elektrolyytin syötölle on pohjakanavien 118, 122 kautta ja kaasujen ainoa poistoreitti on yläkanavien 112, 120 kautta. Keksijän rakentamassa ja kokeilemassa järjestelmässä kennolevyjen 90, 98 paksuus on 1 mm (2 mm vanteessa PVC-istukan 94 vuoksi) halkaisijan ollessa 336 mm. Kennoyksikkö 125 erottuu seuraavasta kennosta eristävällä PVC-erotuslevyllä 114. Erotuslevy 114 sijaitsee myös koko kennoston alkupäässä ja loppupäässä.

Mikäli vapautuneiden kaasujen erottumista ei ole tarkoitus säätää, tällöin PTFE-membraaneja 116 ei ole.

PTFE-membraani 116 on kuitumainen ja sen välitilat ovat 0,2 - 1,0 mikronia. Sopiva tyyppi on Catalogue Code J, toimittaja Tokyo Roshi International Inc (Advantec). Vesi/elektrolyytti täyttää välitilat ja ionivirta virtaa ainoastaan veden kautta - itse PTFE-materiaali ei osallistu ionivirtaan lävitseen. Tämä johtaa ionivirran vastuksen alenemiseen. PTEF-materiaalilla on myös 'kuplapiste', joka on paineesta riippuvainen, jolloin säätämällä suhteellisia

paineita PTFE-erotuslevyjen molemmilla puolilla kaasut voidaan 'pakottaa' välitilojen läpi seoksen muodostamiseksi tai muussa tapauksessa pitää erillisinä. Tämän rakenteen muita etuja ovat pienemmät rakennuskustannukset, parempi toimintatehokkuus ja parempi virheensietokyky.

Kuvio 15a on tyylitelty, kaavamainen räjäytyskuva kolmen sarjaan kytketyn kennoyksikön 125 lineaarisesta yhdistelmästä. Selvyyden vuoksi vain yksi yhdistävistä akseleista 126 - 131 on esitetty. Akselit 126 - 131 kulkevat vastaavien akselireikien 102, 100 läpi pinotun rakenteen eri kennolevyissä 90, 98. Kuhunkin esillä olevaan akselin päähän, johon tasavirtalähde on kytketty, liittyvä polaarisuus on myös osoitettu. Akselit 126 - 131 eivät kulje näiden kolmen kennoston 125 täyttä pituutta. Tämä esitys on samanlainen kuin kuvioissa 7a ja 8 esitetyt laitteistot. Kunkin anodi/katodikennolevyparin 90, 98 yllä vallitsee kolmasosa tasavirtalähteen kokonaisjännitteestä.

Lisäksi on esitetty kaasukanavat 132, 133, vastaavasti vedylle ja hapelle, jotka kulkevat kennolevyjen 90, 98 aukkojen 104, 106 läpi. Samalla tavoin on esitetty vesi/elektrolyyttikanavat 134, 135, jotka kulkevat kennolevyjen vesiaukkojen 108, 110 läpi.

Kuvio 15b esittää erityisesti, kuinka suhteellinen jännite-ero muuttuu keskisessä kennostossa 125. Eli tässä levyelektrodi 90a toimii katodina (eli suhteellisesti negatiivisempana) kehittäen vetyä, ja levyelektrodi 98a toimii anodina (eli suhteellisesti positiivisempana) kehittäen happea. Näin on joka toiselle kennoyksikölle. Kuviossa 15b esitetyt nuolet osoittavat elektroni- ja ionivirtapiirin. Kuvio 15c on kuvion 15b sijaiskytkentä, jossa resistiiviset elementit kuvaavat ionista vastusta vastaavien anodi/katodilevyjen välillä. Näin ollen voidaan havaita, että kennoyksiköt on kytketty sarjaan.

Kennolevyjen 90a ja 98a toiminnan muuttumisen vuoksi niillä vapautuu vastakkaisia kaasuja, jolloin vastaavat

kanavat 112 kytketään vastakkaisiin kaasukanaviin 132, 133. Käytännössä tämä voidaan saavuttaa yksinkertaisesti vaihtamalla kennolevyt 90, 98.

Kuvio 16 esittää kuvion 15a kolmea kennoyksikköä 125 kytkettynä kaasunkeräyslaitteistoon. Kennoyksiköt 125 sijaitsevat säiliön 140 sisällä, joka on täytetty vesi/elektrolyytillä osoitettuun tasoon h asti. Vettä kuluu elektrolyysin edetessä ja täydentävä syöttö tulee syöttöyhteen 152 kautta. Vesi/elektrolyyttitasoa h voidaan tarkkailla näkölasin 154 kautta. Normaalissa toiminnassa tuotetaan vedyn ja hapen erillisiä virtoja ja ne johdetaan kennoyksiköistä 125 vastaaviin tulvimiskolonneihin 142, 144. Tällöin elektrolyytin paine PTFE-membraanien vastakkaisella puolella tasataan, jolloin kaasut eivät voi sekoittua.

Kolonnit 142, 144 täytetään siis vesi/elektrolyytillä, ja samalla kun sitä kuluu elektrodilevyillä, elektrolyytin korvaussyöttö tarjotaan kierrättämällä vesi/elektrolyyttikanavien kautta. Tämän kiertämisen aiheuttaa vapautuneiden kaasujen poistaminen ja kanavien ja kolonnien kiertämistä synnyttävä luonne.

Säiliön 140 yläosa muodostaa kaksi pesutornia 156, 158, vastaavasti happi- ja vetykaasujen keräämistä varten. Kaasut kulkevat ylöspäin vastaavaa kolonnia 142, 144 ja ulos kolonnista niiden lomittaisten laippojen 146 luona olevien aukkojen kautta. Piste, jossa kaasut poistuvat kolonneista 142, 144, on veden tason h alla, mikä toimii rauhoittaen mahdollista turbulenttia virtausta ja poistuvaa elektrolyyttiä. Tason h alapuolella sijaitsevat laipat 146 poistavat kaasun poistuvasta elektrolyytistä ja sitten pesty kaasu poistuu vastaavista kaasunpoistokolonneista 148, 150 kaasunkeräyslaitteistoon. Tasoa h säiliön 140 sisällä voidaan säätää millä tahansa tavanomaisella tavalla kuten kohokytkimellä korvausveden ollessa jälleen syötetty syöttöputkesta 152.

Vapautuvat kaasut erottuvat aina vesi/elektrolyyttiliuoksesta tiheyksien eron ansiosta. Vastaavan laippasarjan suhteellisen korkeuden johdosta ja kaasujen ja veden/elektrolyytin välisen tiheyseron ansiosta vapautuneiden vety- ja happikaasujen ei ole mahdollista sekoittua. Täyden vesitilavuuden läsnäolo säiliössä 140 säilyttää kennolevyt upoksissa ja toimii lisäksi vastaanottaen mahdolliset sisäiset kipinät, mikäli niitä esiintyy.

Siinä tapauksessa, että vaaditaan kaasuseosta, tällöin ensimmäiset kaksi virtausventtiiliä 136, 137, jotka sijaitsevat vastaavasti happikaasun poistokanavassa 132 ja veden/elektrolyytin syöttöaukkoon 134, ovat suljettuna. Tämä sulkee happikaasun poistoreitin ja pakottaa syötettävän veden/elektrolyytin kulkemisen syöttökanavaan 134 yksitiesulkuventtiilin 139 ja pumpun 138 kautta. Säiliön 140 sisällä oleva vesi/elektrolyytti on paineen alla syvyytensä (tilavuutensa) ansiosta ja pumppu 138 toimii kasvattaen anodikennolevyjen 90, 98a yläpuolella olevan veden/elektrolyytin painetta sen ollessa korkeammassa paineessa verrattuna vesi/elektrolyyttiin membraanin 116 toisella puolella. Tämä paine-ero on riittävä aiheuttamaan happikaasun siirtymisen membraanin läpi, jolloin sekoittuneet happi ja vety vapautuvat kaasun poistokanavan 133 ja kolonnin 144 kautta. Koska pumpun 138 syöttämälle vesi/elektrolyytille ei ole paluureittiä, paine kennolevyjen 90, 98 ympärillä kasvaa edelleen ja pisteeseen, jossa ero on riittävä siihen, että myös vesi/elektrolyytti voi kulkea membraanin 116 läpi. Tyypillisesti paine-ero välillä 10 - 69 kPa (1,5 - 10 psi) vaaditaan kaasun kulkemisen sallimiseksi, ja paine-ero 69 - 276 kPa (10 - 40 psi) vesi/elektrolyytille.

Vaikka ainoastaan kolme kennoyksikköä 125 on esitetty, selvästikin mikä tahansa lukumäärä kytkettynä sarjaan voidaan toteuttaa.

Kuvio 17 esittää toista muotoa sulkuventtiilistä ja kaasunpesuyksiköstä 160 vapautuneiden kaasujen pesemiseksi ennen seuraavaa käyttöä. Yksikkö 160 on täytetty vedellä, tyypillisesti tasolle, joka on noin puolet yksikön täydestä korkeudesta. Tätä tasoa säädetään kohokytkimellä 162. Vettä syötetään syöttöyhteestä 164. Laitteistossa on myös näkökolonni 166, joka toimii antaen silmin havaittavan osoituksen veden tasosta.

Kaasun kerääjästä tulevat vety- ja/tai happikaasut, nyt paineistettuna, saapuvat tuloputkeen 168, jonka pohjapäässä on aukko 170. Kaasut kulkevat putkea 168 pitkin ja ulos aukosta 170 kuplien ylöspäin sisäkolonnin 172, joka on myös täytetty syötetyllä vedellä, sisäpuolella suorittaen näin ensimmäisen pesutoiminnan poistaen natriumhydroksidielektrolyytin. Sitten kaasu toiseen alaspäin suunnattuun putkeen 174 ja ulos sen avoimesta päädystä kulkien jälleen veden läpi ulommassa kammiossa 176 toisen kaasunpesun suorittamiseksi ja varastoimiseksi paineen alla tilaan veden tason yläpuolelle, saataville syötettäväksi poistoaukosta 178.

Poistoaukosta 178 vaikka hitsaussuuttimeen (ei esitetty) syötettävät sekoitetut vety- ja happikaasut ovat oikeissa stoikiometrisissa suhteissa elektrolyysimenetelmän tuloksena, mikä varmistaa, että poltettaessa syntyy neutraali liekki. Polttotapahtuman ainoat tuotteet ovat lämpö ja vesihöyry.

Mikäli kaasut tuotetaan erillään, käytetään kahta sulkuventtiilipesuria 160, jolloin kaasut voidaan sekoittaa sekoituskammiossa, joka tuottaa myös oikean stoikiometrisen seoksen.

Mikäli tilanne on sellainen, että tapahtuu räjähdys, joka palautuu poistoyhteen 178 kautta hitsaussuuttimesta, se sammuu vedessä yksikössä 160, ja räjähdyksen energia imeytyy veden siirtymiseen sekä ulompaan kammioon 176 että sisäkolonniin 172, ja joka siirtyminen myös kat-

kaisee syöttökaasun virtaamisen putkeen 168. Tällä tavoin räjähdyksen ei ole mahdollista edetä kohti kaasua tuottavaa elektrolyysikennostoa. Yksikön 160 sisällä oleva vesi toimii näin ollen sekä kaasunpesurina että myös sulkuventtiilinä.

Kuvio 18 esittää hitsaussuutinta 180 poikkileikkauksena yksityiskohtaisesti. Vety- ja happikaasut saapuvat syöttöputkea 182 pitkin, kulkevat neulaventtiilin 184 ohi ja sitten paisuntakammioon 186. Paisuntakammio 186 sisältää takaiskulaitteiston, joka käsittää lieriömäisen muotoisen takaiskupidäkkeen 188, joka on tyypillisesti muodostettu 5 mikrometrin ruostumattomasta teräsverkosta. Normaalissa toiminnassa kaasut virtaavat takaiskupidäkkeen 188 läpi ja sitten poistoyhteeseen tai suuttimeen 190, jossa palaminen tai kaasun ionisoituminen plasman kehittymisen aikana tapahtuu.

Liekin takaiskun tapahtuessa takaiskupidäke 188 ei salli liekin, joka ei pysty fyysisesti kulkemaan niinkin pienten aukkojen kuin 5 mikrometriä läpi, kulkemista pidemmälle taaksepäin. Yhdistettynä tähän on materiaalin, josta pidäke 188 on rakennettu, jäähdytyskyky, mikä toimii hajaannuttaen liekin energian ja auttaen näin liekin tukahduttamisessa.

Vedyn ja/tai hapen käyttäminen hitsaamisessa ja leikkaamisessa elektrolyysin avulla sallii lämpötilojen suuruusluokkaa 6 000 °C saavuttamisen pystyen samalla tuottamaan kaasua tarvittaessa. Pullomuodossa varastoitua kaasua ei tarvita. Lisäksi on mahdollista suorittaa hienoliekkihitsausta erittäin puhtailla kaasuilla, ja myös pystyä yhdistämään keraamisia materiaaleja.

Kaikkia seuraavia materiaaleja voidaan hitsata: hiiliterästä, valurautaa, ruostumatonta terästä, alumiinia, messinkijuotetta, hopeajuotetta, kuparia ja keraameja. Seuraavia rautapitoisia ja ei-rautapitoisia materiaaleja voidaan helposti leikata puhtaan vedyn, joka sitten

johdetaan vetyplasmavirran ($H_2 \rightarrow H_1$) antavan tasavirtavalokaaren läpi, mahdollistavan tuotannon ansiosta: hiiliterästä, valurautaa, ruostumatonta terästä, alumiinia, messinkijuotetta ja kuparia.

Tämän keksinnön suoritusmuodot voivat tarjota jatkuvatoimisen vetykaasusyötön suurilla virtausnopeuksilla. Sellaisenaan se soveltuu hyvin sovellutuksiin, jotka kuluttavat suuria määriä vetyä. Esimerkki eräästä tällaisesta menetelmästä on Plascon(TM)-jätteenhävitysmenetelmä, jonka kehittäjä on Australian CSIRO's Division of Manufacturing Technology. Yhteenveto tästä Plascon-menetelmästä voidaan löytää julkaisusta CSIRO Journal "Ecos, Volume 68, Winter 1991".

Yllä kuvatulla laitteistolla tuotettujen vety- ja happikaasujen eräs sovellutus on jätteiden termisessä hävittämisessä ja kuluttamatta ilmakehän happea. Tämä menettely vaatii vety- ja happikaasun syöttämistä tarvittaessa. Yllä kuvattu elektrolyysilaitteisto voi mittakaavaltaan kasvatetussa versiossa, tuottaa vaadittavia kaasuvirtausmääriä jätekaasujen polttamiseksi kaupallisessa mittakaavassa.

Kuviot 19a ja 19b esittävät rakennetta polttimelle, jota käytetään tällaisten kaasumaisten saastuttavien päästöjen hävittämisessä. Kuvio 19a esittää poikkileikkauskuvaa polttimesta 200. Poikkileikkauskuva keskilinjalta esitetään kuviossa 19b. Polttimessa 200 on palotila 202, joka on puolipallon muotoinen. Päästöt, jotka voivat sisältää hiilivetyjä tai muita haihtuvia saasteita sisältävän höyryjen seoksen teollisten prosessien jätetuotteena, syötetään palotilaan syöttöreittiä 206. Kaasumaisen vedyn ja hapen seokselle stoikiometrisessa suhteessa 2:1 on kaksi saantipaikkaa, yksi palotilan 202 ylemmässä ja alemmassa neljänneksessä. Näitä kaasuja syötetään kahdesta kaasusyötöstä 208 pisteissä, jotka sijaitsevat polttimen 200 vastakkaisilla puolilla. Palotilan 202 sisällä muodostunut

vedyn ja hapen ja päästöjen seos sytytetään sytytystulpan 210 tai vastaavan avulla, ja tämä seos palaa lämpötilassa vähintään 4 000 °C antaen täten energiaa kaikkien saasteiden molekyylien hajottamiseksi vaarattomiksi yhdisteiksi, jotka voidaan päästää ilmakehään. Polttotapahtumassa ei kuluteta ilmakehän happea. Saasteiden täydellistä palamista auttaa palotilan 202 'kokoamisvaikutus', joka parantaa entisestään kaasuvirtojen sekoittumista.

Termoelementti 212 mittaa lämpötilaa palotilaa 202 ympäröivän tulenkestävän silikonikuituisen lämpöä eristävän materiaalin 214 sisällä. Polttimen 200 päällä käytettävä suojakuori on tyypillisesti ruostumatonta terästä.

Polttimen rakenne muodostuu seitsemästä (ainoastaan neljä on esitetty) samankeskisesti järjestetystä suuttimesta 212, kuten kuvio 19b selkeästi esittää. Nämä suuttimet 222 on suunnattu kohtaamaan palotilan 202 pintakeskuksessa 204. Jäähdytysveden, joka syötetään yhteestä 218 ja poistuu yhteestä 220, tarkoitus on ylläpitää suuttimet 222 lämpötilassa alle 300 °C. Yli 300 °C:ssa vetykaasulla on taipumus 'back burn'.

Vety- ja happikaasujen virtausreitillä syötöistä 208 suuttimiin 208 on (vähintään) neljä 90°:n suunnanmuutosta. Tämän on tarkoitus hidastaa vetyliekin liikemäärää takaiskun tapahtuessa ja täten aiheuttaa liekin tukahtuminen itsestään. Tämä on erityisen edullista, kun vety palaa nopeudella 3 600 m/s.

Kuvio 20 esittää lohkokaaviota monimuotoisesta hitsaus- ja leikkauslaitteistosta 230. Tämä laitteisto vastaanottaa vaihto/tasavirtamuuntajan 232 toimittamaa tasavirtaa. Vaihtovirtalähde on saatavissa kytkettäväksi vaihtovirta-valokaarihitsauslaitteistoon 234, kun taas muunnettu tasavirtajännite on tarjolla kytkettäväksi tasavirta-valokaarihitsaus- tai leikkauslaitteistoon 236. Tasavirtajännite on myös tarjolla elektrolyysikennoyksikköön 238 tässä tapauksessa erillisten vety- ja happikaasujen

kehittämiseksi. Vety- ja happikaasut syötetään molemmat hydroksikaasuhitsauslaitteistoon 240. Vety (ja sekundaarisyöttöhappi) tehdään saataviksi kytkettäväksi plasmaleikkauslaitteistoon 242. Vetyä johdetaan tasavirtakaaren läpi plasmavirran tuottamiseksi ja sekundaarisyötössä syötetään happea plasmavirtaan plasman hapettavan leikkausvaikutuksen tuottamiseksi, joka parantaa leikkaustehokkuutta. Tällä menetelmällä voidaan leikata paksuuksia arvoon 150 mm asti. Tulee huomata, että hapen syöttäminen alavirtaan volframielektrodeista eliminoi elektrodien hapettumisen.

Pelkkää vetykaasua syötetään myös MIG/TIG-laitteistoon 244 plasmamuotoisen vedyn ottaessa tavanomaisen inerttikaasun paikan. Vaihto- tai tasavirtalähde vaaditaan myös plasman muodostamiseksi.

Muunnin 232 voi olla tavanomaisen tyyppinen, jossa tyypillisesti on moniväliasentoinen muuntaja sopivasti suunnattujen tasajännitteiden valitsemiseksi. Elektrolyysiyksikkö 238 voi olla mikä tahansa edellä kuvatuista muodoista ja myös kaasunpesuri ja sulkuventtiililaitteisto. Kuvatut erilaiset hitsaus- ja leikkauslaitteistot 234, 236, 240, 242, 244 ovat myös sopivia.

Tämä monimuotoinen laitteisto 230 antaa näin ollen käyttäjälle suuremman joustavuuden pystyen valitsemaan tietyn leikkaus- tai hitsausmuodon vaatiman yksikön. Selvästikin laitteisto, joka koostuu mistä tahansa yksittäisestä hitsaus/leikkauslaitteistosta tai niiden yhdistelmästä, on tämän keksinnön piirissä.

Kuvio 21 esittää monimuotoista laitteistoa 230 yksityiskohtaisemmin. Kuten aiemmin kuvattiin, elektrolyysigeneraattori 238 tuottaa kaasumaista vetyä ja happea erillään, ja se voi tuottaa myös kaasumaista vetyä ja happea seoksena.

Virtalähdeyksikkö käsittää moniväliasentoisen muuntajan 246. Alennettu jännite suunnataan siltatasasuuntaajalla 247. Sitten tasasuunnattu antojännite kytketään

navoilla 248 kennostoon 238, joka sisältää 30 kennoa, kontaktorin 249 kautta, joka aktivoidaan painekytkimellä 250. Tämä kytkin 250 vuorostaan aktivoidaan paineanturilla 251, joka tunnistaa kaasupainetasot kennoston 238 sisällä. Näin ollen kontaktoria 239 voidaan käyttää katkaisemaan virran syöttäminen kennostoon 238 saavutettaessa toimintapaine. Kontaktori 249 toimii tarvittaessa kaasun käyttämisen myötä.

Näin ollen kaasua tuotetaan vaadittaessa, ja tyypillisesti kokonaismäärällä 15 litraa kerralla. Tämä 15 litraa kaasuja sisältää 10 litraa vetyä ja 5 litraa happea.

Kaasut tulevat pesutorneista 156, 158 kennostoon 238. Suljetun kierron järjestelmänä paine kussakin tornissa tasapainottaa toisen ylläpitäen näin halutun kaasun vakiotuotantotason. Kuitenkin, mikäli veden taso on liian korkea jommankumman kaasun liiallisen käytön vuoksi, vastaava kohokytkin 254, 255 vastaavassa tornissa 156, 158 estää kaasuvirtauksen sulkemalla vastaavan magneettiventtiilin 256, 257.

Kohokytkimet 254, 255 aktivoivat magneettiventtiilit 256, 257 vaihtovirtalähteestä 258, joka on kytketty muuntajaan 246. Muut kohokytkimet, jotka sijaitsevat sulkuventtiili- ja kaasunpesuyksiköissä 160 ja paineistuspumpussa 138, ovat myös kytkettyjä vaihtovirtalähteeseen 258.

Kaksi virtauksensäädintä on liitetty halutun vastapaineen ylläpitämiseksi torneissa 156, 158, jotta järjestelmässä olisi jatkuvasti paine, vaikka järjestelmä on kytketty pois päältä ja/tai mikäli kaasuja pitää poistaa kaasunpoistoyhteiden, sulkuventtiili/pesuriyksiköiden 160 kaasunpoistoyhteiden tai hitsaussuuttimen 265 kautta.

Toinen menetelmä seoksen saamiseksi vety- ja happikaasujen ollessa kehittyneenä erillään kennostossa 238 on, kunhan kaasut ovat kulkeneet sulkuventtiili- ja pesurilaitteistojen 160 läpi, valintaventtiili 266, joka sal-

lii kaasujen sekoittumisen ja kulkemisen hitsaussuuttimeen 265, jossa ne syttyvät ja palavat käytettäväksi vety/happihitsaustarkoituksiin.

Mikäli vety- ja happikaasuja tuotetaan erillään ja tarvitaan vetyplasmaleikkaukseen 242 ja/tai vetyplasma-MIG/TIG-hitsaukseen 244, valintaventtiili 266 estää näiden kahden kaasun sekoittumisen.

Virtalähdeyksikkö 232 on tavanomaisen muotoinen väliasentoinen muuntaja 246 sisältäen reaktorikäämityksen 267 ja aluevalintakytkimen 268, joka sallii halutun antojännitetason valitsemisen. Kehitetty sekundaarinen vaihtovirtajännite voidaan myös tasasuunnata tasasuuntaajalla 247 tasavirtajännitteen tuottamiseksi. Kaikki nämä antojännitteet kulkevat vielä polaarisuuskytkimen 269 läpi, joka sallii käyttäjän valita vaihto- tai tasavirtaisen antojännitteen välillä ja sopivan napaisuuden valitsemisen tasavirtajännitteelle.

Virtalähteen 232 antojännite 248 on esitetty kytketyksi elektrolyysikennostoon, kuitenkin virtalähde voidaan myös kytkeä muihin hitsaus- ja leikkauslaitteistoihin kuten kuviossa 20 osoitetaan.

Lisävirtalähde 271 syöttää tarvittavaa tasavirtaa vetyplasmasuojattuun MIG/TIG-hitsaukseen 244 ja hapettaviin vetyplasmaleikkaussovellutuksiin 242. Vielä toinen vaihtovirtalähde 272 ja tasavirtalähde 273 syöttävät tarvittavaa virtaa kaaren tuottamiseksi MIG- ja TIG-menetelmiin.

Kennostoyksikössä 238 ja valokaariyksiköissä 234, 263 vaaditaan antojännitteitä välillä 20 - 60 volttia, kun taas MIG/TIG-hitsaus 244 toimii tyypillisesti antojännitteellä 30 - 60 volttia (vaihto- tai tasavirta). Plasmaleikkaus ja plasmasuojaus, jotka plasmayksikkö 242 tarjoaa, vaativat tyypillisesti 120 voltin tasavirtasyötön.

Patenttivaatimukset

1. Kennolaitteisto elektrolyysilaitteistoon, t u n n e t t u siitä, että tämä laitteisto käsittää:

useita anodin muodostavia elektrodeja yhdensuuntaisesti pinossa kunkin anodielektrodin käsittäessä tasaisen levyn, joiden levyjen läpi kulkee yksi tai useampia ensimmäisiä sähkönjohtavia yhteen kytkeviä osia ja jotka on kytketty sähköisesti yhteen; ja

useita katodin muodostavia elektrodeja yhdensuuntaisesti pinossa kunkin katodielektrodin käsittäessä tasaisen levyn, joiden levyjen läpi kulkee yksi tai useampia toisia sähkönjohtavia yhteen kytkeviä osia;

ja missä anodielektrodit ja katodielektrodit ovat lomittain, ja ensimmäiset yhteen kytkevät osat ja toiset yhteen kytkevät osat myös kulkevat vastaavasti katodielektrodien ja anodielektrodien läpi, mutta eivät kytkeydy niihin sähköisesti.

2. Patenttivaatimuksen 1 mukainen kennolaitteisto, t u n n e t t u siitä, että ryhmä pinottuja anodielektrodeja muodostaa anodikennolohkon ja ryhmä pinottuja katodielektrodeja muodostaa katodikennolohkon, ja missä kukin anodikennolohko on lomittunut ainoastaan osalta pituudestaan vastaavalla katodikennolohkolla.

3. Patenttivaatimuksen 2 mukainen kennolaitteisto, t u n n e t t u siitä, että kullekin kennolohkolle vastaavat ensimmäiset tai toiset yhteen kytkevät osat ulkonevat vain vastaavan kennolohkon pituuden.

4. Patenttivaatimuksen 1 mukainen kennolaitteisto, t u n n e t t u siitä, että kukin elektrodi on kuusikulmaisesti sijoitettu, ja ensimmäiset yhteen kytkevät osat ulkonevat elektrodista joka toisen kulman läheisessä pisteessä, ja toiset yhteen kytkevät osat ulkonevat elektrodista joka toisen kulman lähellä.

5. Minkä tahansa patenttivaatimuksista 1 - 3 mukainen kennolaitteisto, t u n n e t t u siitä, että kussakin elektrodissa on rei'itetty sisäosa ja ulompi vanneosa, jonka läpi ensimmäiset ja toiset yhteen kytkevät osat kulkevat.

6. Patenttivaatimuksen 5 mukainen kennolaitteisto, t u n n e t t u siitä, että elektrodit ovat muodoltaan pyöreitä.

7. Kennostolaitteisto, t u n n e t t u siitä, että se käsittää useita patenttivaatimuksen 2 mukaisia lomittain olevia anodi- ja katodikennolohkoja kytkettynä sarjaan, ja yhden tai useampia mainituista sarjaan kytketyistä kennolohkoista järjestettynä rinnakkaiseksi kytkennäksi.

8. Patenttivaatimuksen 7 mukainen elektrolyysikenno, t u n n e t t u siitä, että kussakin sarjakytkennässä on sama lukumäärä kennolohkoja, ja mainittu rinnakkainen laitteisto muodostetaan mainittujen sarjaan kytkettyjen kennolohkojen tiiviisti pakatusta muodostelmasta, ja lisäksi se käsittää vähintään yhden yhteen liittävän sillan kunkin kennolohkon kummassakin päässä näiden kummassakin päässä olevien siltojen kytkiessä vastaavasti yhteen kunkin kennolohkon anodit ja kunkin kennolohkon katodit.

9. Kennostolaitteisto, t u n n e t t u siitä, että se käsittää useita patenttivaatimuksen 1 mukaisia kennorakenteita muodostettuna suoraksi rakenteeksi ja kytkettynä sarjaan.

10. Patenttivaatimuksen 9 mukainen kennostolaitteisto, t u n n e t t u siitä, että yhteen kytkevät osat ovat tankoja, ja ensimmäiset anoditangot ulkonevat vuorotellen kunkin kennolaitteiston yhdestä päästä muodostaen vierekkäisen kennolaitteiston ensimmäiset anoditangot, ja toiset katoditangot ulkonevat vuorotellen kunkin kennolaitteiston toisesta päästä muodostaen vierekkäisen kennolaitteiston toiset katoditangot vastakkaiseen suuntaan.

11. Patenttivaatimuksen 10 mukaisia useita kennostorakenteita, t u n n e t t u siitä, että kennostorakenteet on järjestetty tiiviisti pakatuksi muodostelmaksi ja kytketty yhteen sähkönjohtavilla silloilla kunkin kennolaitteiston yhdestä tai molemmista päistä.

12. Kennolaitteisto veden elektrolysoimiseksi vety- ja happikaasujen vapauttamiseksi, t u n n e t t u siitä, että tämä laitteisto käsittää:

useita anodin muodostavia elektrodeja yhdensuuntaisesti pinossa kunkin anodielektrodin käsittäessä tasaisen levyn, joiden levyjen läpi kulkee yksi tai useampia ensimmäisiä sähkönjohtavia yhteen kytkeviä osia ja jotka on kytketty sähköisesti yhteen; ja

useita katodin muodostavia elektrodeja yhdensuuntaisesti pinossa kunkin katodielektrodin käsittäessä tasaisen levyn, joiden levyjen läpi kulkee yksi tai useampia toisia sähkönjohtavia yhteen kytkeviä osia;

ja missä anodielektrodit ja katodielektrodit ovat lomittain, ja kukin elektrodi on varustettu useilla holkeilla ja urilla, jotka sijaitsevat vuorotelle elektrodien reunassa, ja jolloin elektrodien lomittaisessa rakenteessa holkki kulkee viereisen elektrodin uran läpi kytkeytyen ainoastaan sen viereiseen elektrodiin.

13. Elektrolyysijärjestelmä, t u n n e t t u siitä, että se käsittää minkä tahansa edeltävistä patenttivaatimuksista mukaisen kennostolaitteiston, säiliön, joka sisältää mainitun kennolaitteiston tai kennostolaitteiston ja jossa se upotetaan ainakin veteen, ja tasavirtajännitelähteen, jonka positiivinen napa on kytketty anodielektrodeihin ja jonka negatiivinen napa on kytketty katodielektrodeihin vastaavilla ensimmäisillä ja toisilla yhteen kytkevillä osilla happi- ja vetykaasujen vapauttamiseksi vastaavasti anodielektrodeilla ja katodielektrodeilla.

14. Kennolaitteisto veden elektrolyysiin joko erillisten vety- ja happikaasujen tai sekoitettujen vety- ja

happikaasujen vapauttamiseksi, t u n n e t t u siitä, että tämä laitteisto käsittää:

useita anodin muodostavia elektrodeja yhdensuuntaisesti pinossa kunkin anodielektrodin käsittäessä tasaisen levyn, joiden levyjen läpi kulkee yksi tai useampia ensimmäisiä sähkönjohtavia yhteen kytkeviä osia ja jotka on kytketty sähköisesti yhteen;

useita katodin muodostavia elektrodeja yhdensuuntaisesti pinossa kunkin katodielektrodin käsittäessä tasaisen levyn, joiden levyjen läpi kulkee yksi tai useampia toisia sähkönjohtavia yhteen kytkeviä osia ja jotka on kytketty sähköisesti yhteen, ja missä anodielektrodit ja katodielektrodit ovat lomittain; ja lisäksi:

useita membraaneja, missä kukin membraani sijaitsee vierekkäisen anodielektrodin ja katodielektrodin välissä membraanien salliessa ionivirran kulkemisen vierekkäisten elektrodien välillä, mutta estäessä selektiivisesti kaasuvirtauksen lävitseen riippuen säädettävästä paine-erosta membraanin vastakkaisten puolten välillä.

15. Kennolaitteisto veden elektrolyysiin joko erillisten vety- ja happikaasujen tai sekoitettujen vety- ja happikaasujen vapauttamiseksi, t u n n e t t u siitä, että tämä laitteisto käsittää useita lomittain olevia anodi- ja katodielektrodeja ja useita membraaneja, missä kukin membraani sijaitsee vierekkäisen anodielektrodin ja katodielektrodin välissä membraanien salliessa ionivirran kulkemisen vierekkäisten elektrodien välillä, mutta estäessä selektiivisesti kaasuvirtauksen lävitseen riippuen säädettävästä paine-erosta membraanin vastakkaisten puolten välillä.

16. Menetelmä joko erillisten vety- ja happikaasujen tai sekoitettujen vety- ja happikaasujen vapauttamiseksi veden elektrolyysillä, t u n n e t t u siitä, että tämä menetelmä käsittää vaiheet, joissa:

sijoitetaan membraani elektrolyysilaitteiston kunkin katodielektrodin ja sen viereisen anodielektrodin vä-

liin elektrodien eristämiseksi toisistaan membraanien salliessa ionivirran kulkemisen kaiken aikaa elektrolyysin aikana;

ja säädetään veden suhteellista painetta membraanien kummallakin puolella vapautuneiden kaasujen kulkemisen membraanin läpi selektiiviseksi sallimiseksi tai estämiseksi.

17. Yhdistelmä, t u n n e t t u siitä, että siinä on vetykäyttöinen plasmauuni ja kennolaitteisto veden elektrolyysiin erillisten vety- ja happikaasujen vapauttamiseksi, missä vapautunut vetykaasu syötetään plasmauuniin.

18. Menetelmä vetykäyttöisen plasmauunin syöttämiseksi, t u n n e t t u siitä, että se käsittää vaiheet, joissa:

elektrolysoidaan vettä elektrolyysikennolaitteistolla vety- ja happikaasujen vapauttamiseksi;

erotetaan mainitussa kennolaitteistossa vapautuneet kaasut membraaneilla; ja

syötetään erotettu vety plasmauuniin.

19. Yhdistelmä, t u n n e t t u siitä, että siinä on kaasukäyttöinen terminen uuni ja kennolaitteisto veden elektrolyysiin joko sekoitetun vety- ja happikaasun tai erillisten vety- ja happikaasujen vapauttamiseksi.

20. Menetelmä kaasukäyttöisen termisen uunin syöttämiseksi, t u n n e t t u siitä, että se käsittää vaiheet, joissa:

elektrolysoidaan vettä elektrolyysikennolaitteistolla joko sekoitetun vety- ja happikaasun tai erillisen vetykaasun vapauttamiseksi;

syötetään joko sekoitettu kaasu tai erotetut kaasut mainittuun uuniin.

21. Poltinlaitteisto käytettäväksi kaasumaisten saasteiden termisessä hävittämisessä, t u n n e t t u siitä, että tämä poltin käsittää:

puolipallon muotoisen polttokammion;

vety- ja happikaasujen lähteen, joka on yhteydessä polttokammioon mutkittelevan reitin kautta päättyen samankeskisesti järjestettyihin suuttimiin, jotka on suunnattu puolipallon muotoisen kammion pintakeskusta kohti; ja

yhteen kaasumaisten saasteiden syöttämiseksi;

ja missä kaasumaiset saasteet poltetaan yhdessä vety- ja happikaasujen kanssa.

22. Monimuotoinen sähkö-kaasugeneraattori hitsaukseen ja leikkaukseen, t u n n e t t u siitä, että se käsittää:

säädettävän virtalähteen useiden vaihto- ja tasavirtaisten jännitelähteiden tuottamiseksi; ja

yksittäisen elektrolyysiyksikön, joka on kytketty virtalähteeseen ja jota voidaan käyttää selektiivisesti tuottamaan vesilähteestä vetyä ja happea erillään tai vedyn ja hapen seoksena elektrolyysillä virtalähteen tasavirtajännitteen ansiosta; missä vety- ja happikaasut tai sekoitettu vety- ja happikaasu yhdessä jännitelähteiden kanssa ovat käytettävissä liitettäväksi hitsaus- ja leikkauslaitteistoon.

23. Yhdistelmä, t u n n e t t u siitä, että siinä on hapettava plasmaleikkauslaitteisto, jossa on primaarinen ja sekundaarinen happisyöttö, ja kennolaitteisto veden elektrolyysiin erillisten vety- ja happikaasujen vapauttamiseksi, jotka syötetään leikkauslaitteistoon.

24. Takaiskun pidäke hitsaussuuttimeen, jota käytetään polttokaasujen kanssa, t u n n e t t u siitä, että tämä pidäke käsittää poltettavien kaasujen virrassa ristikkomaisen esteen, jossa ristikkomaisessa esteessä on aukko, joka sallii kaasujen vapaan kulkemisen ja estää palautuvan liekin takaiskun esteen läpi täten sammuttaen sen.

25. Kaasun sulkuventtiili käytettäväksi elektrolyysikaasugeneraattorin kanssa ainakin vetykaasulähteenä ja

laitteisto mainitun ainakin vetykaasun polttamiseksi, t u n n e t t u siitä, että mainittu ainakin vetykaasu kulkee mainitun sulkuventtiilin läpi matkalla mainittuun polttolaitteistoon sen syöttö- ja poistoyhteen läpi, missä mainittu sulkuventtiili käsittää lisäksi säiliön, joka sisältää liekin sammutusnestettä ja yhdessä päässään putkilaitteiston, joka on yhteydessä mainitun syöttöyhteen kanssa, ja toisessa päässään aukon mainittuun sammutusnesteeseen, ja jolloin takaisin palava liekki pakottaa mainitun sammutusnesteen mainitun putkilaitteiston läpi poistaen näin ainakin vetykaasun syötön syöttöyhteeseen.

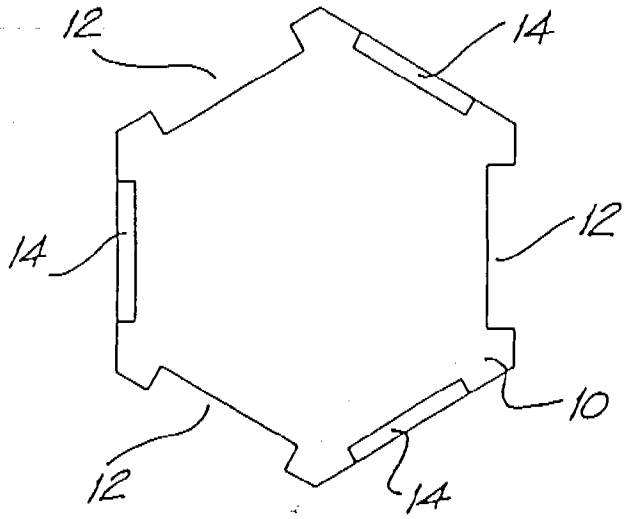

FIG. 1a

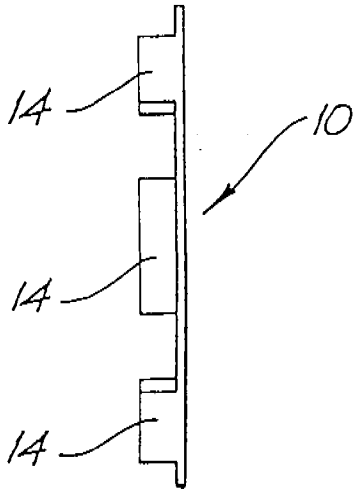

FIG. 1b

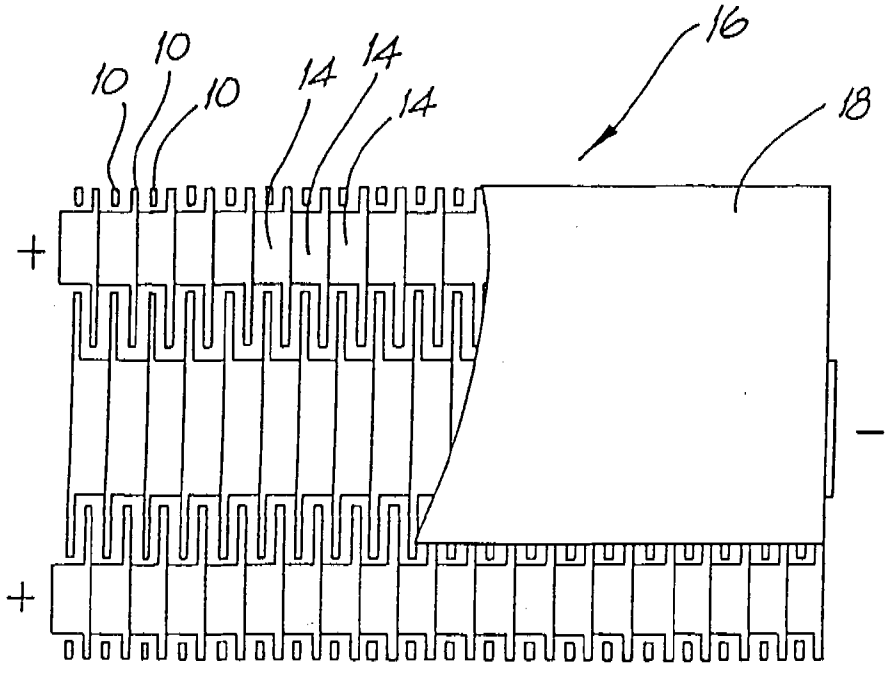

FIG. 2

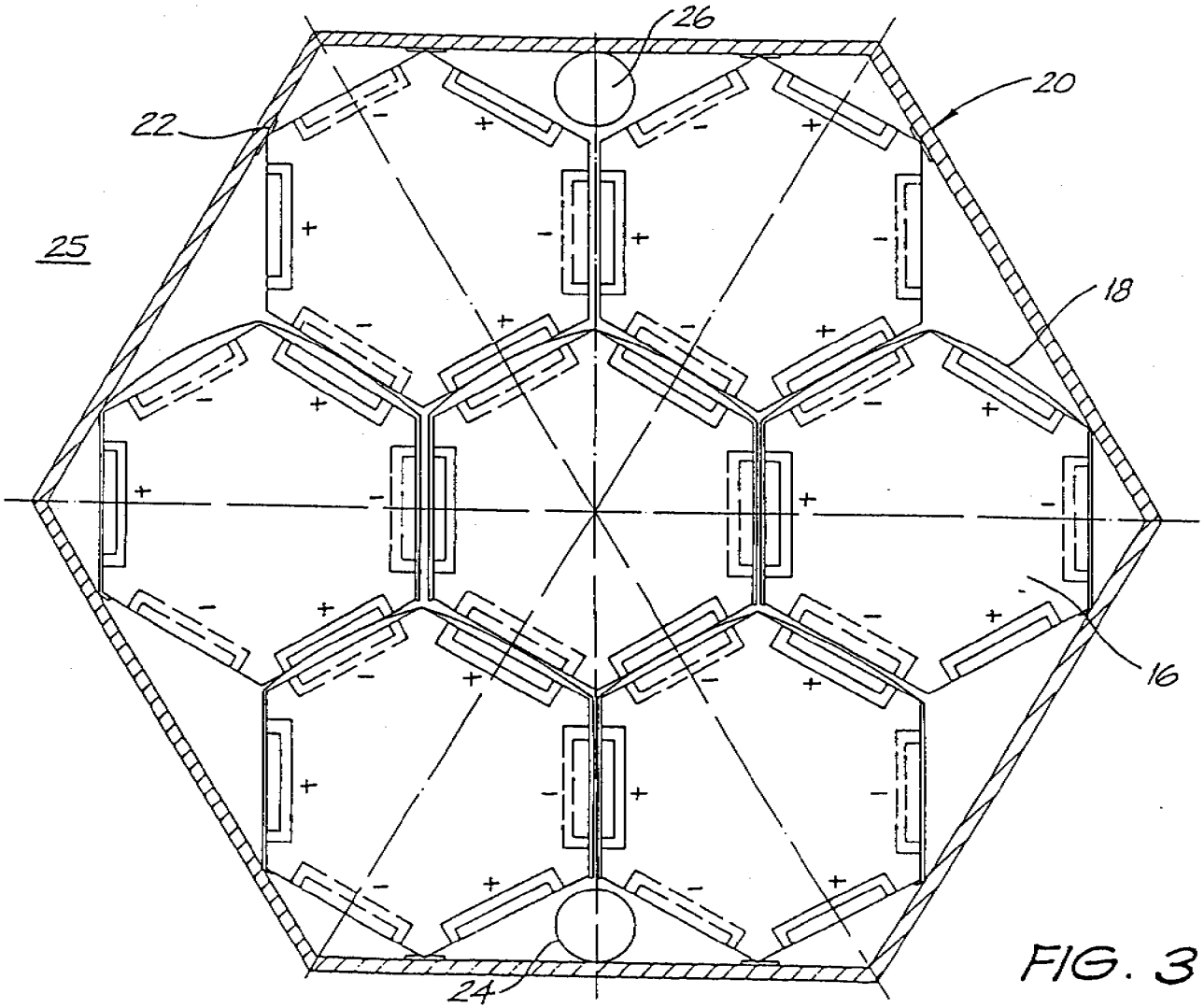

FIG. 3

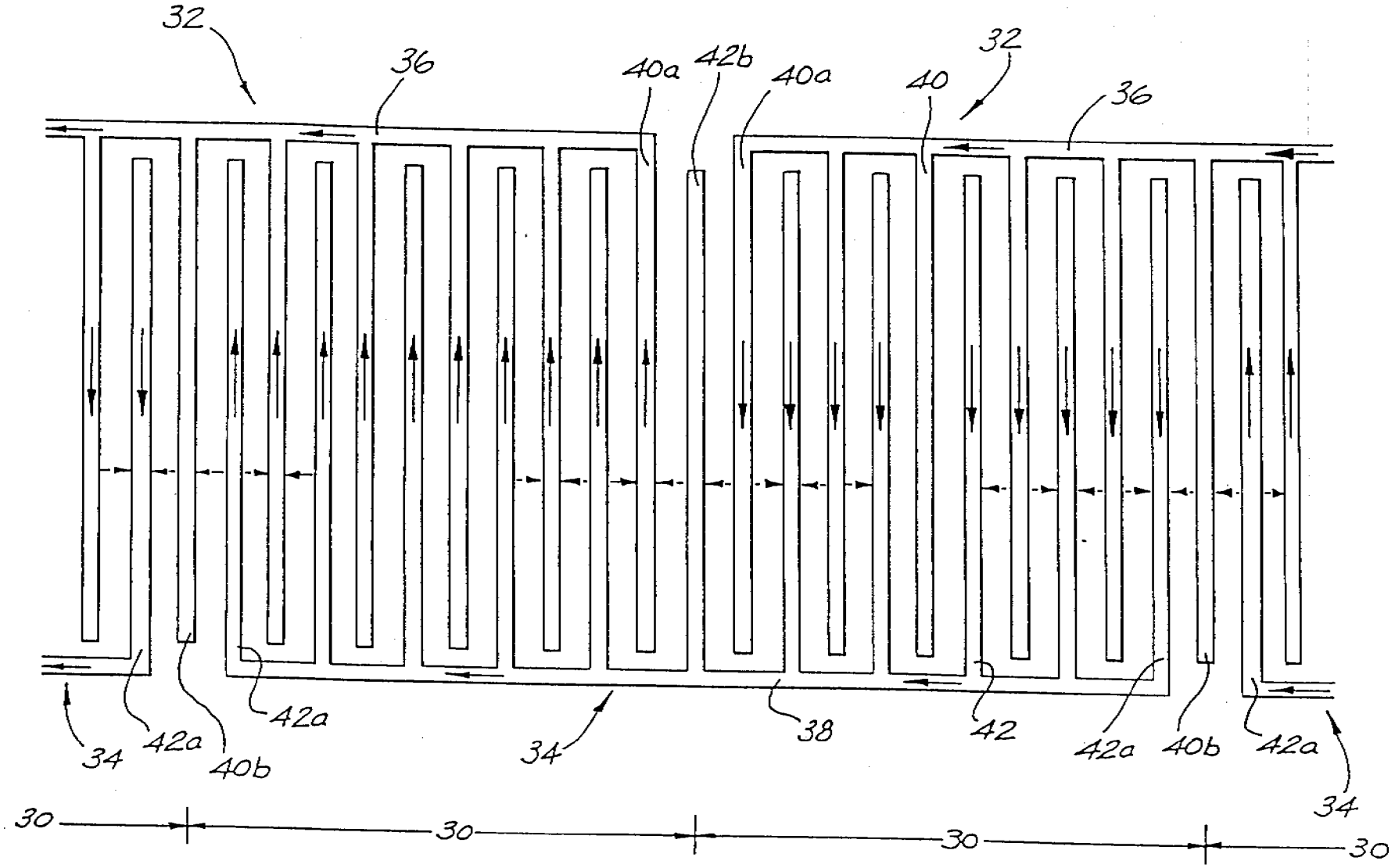
32
36
40a
42b
40a
40
32
36
34
42a
40b
42a
34
38
42
42a
40b
42a
34
30
30
30
30

FIG. 4

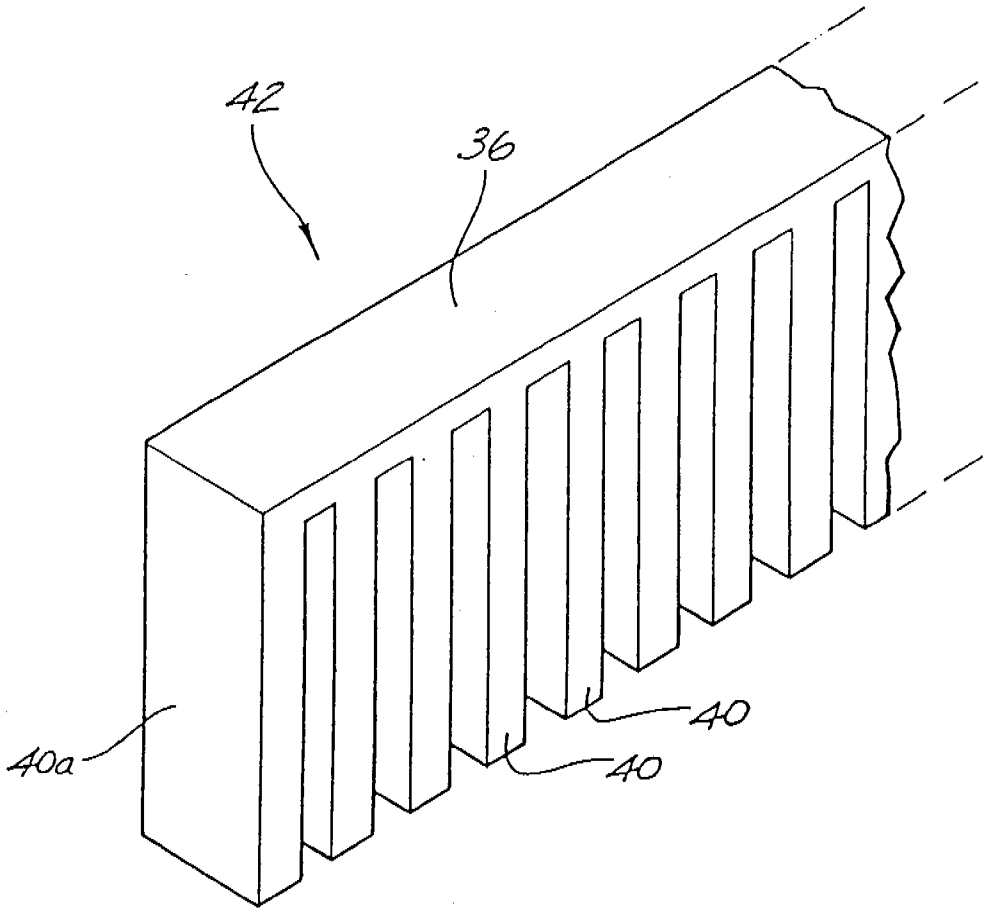

FIG. 5

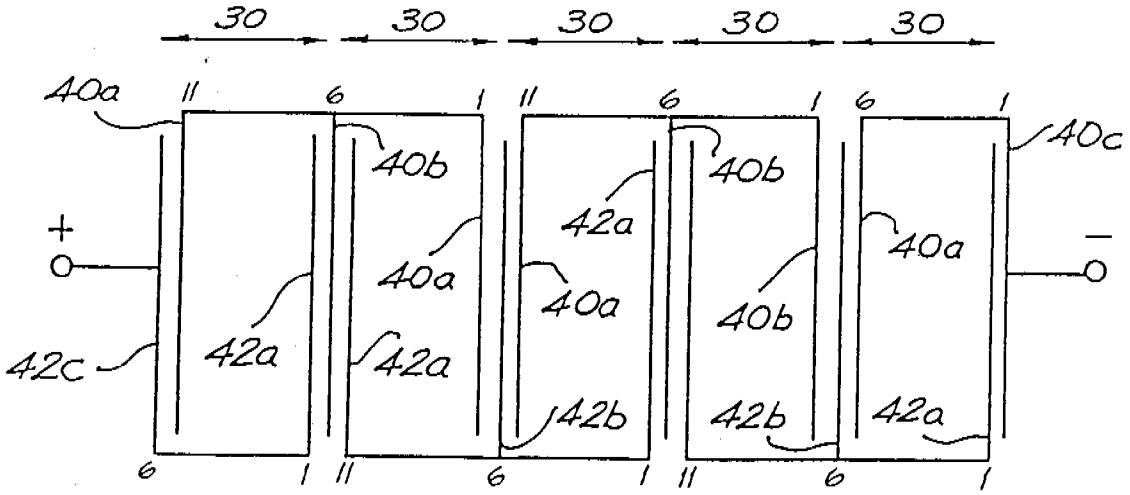
30
30
30
30
30
40a
11
6
1
11
6
1
6
1
40c
40b
40b
42a
+
40a
40a
40a
40b
−
42c
42a
42a
42b
42b
42a
6
1
11
6
1
11
6
1

FIG. 6

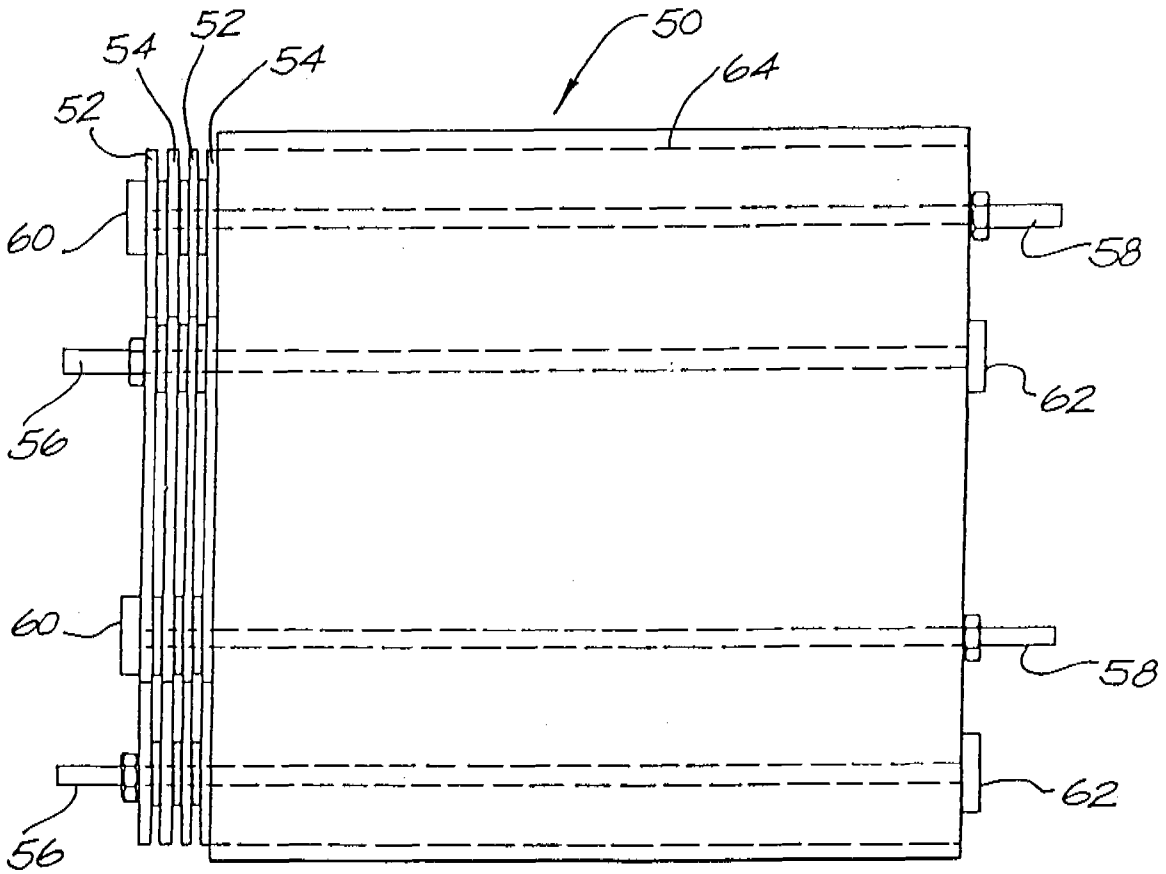

FIG. 7a

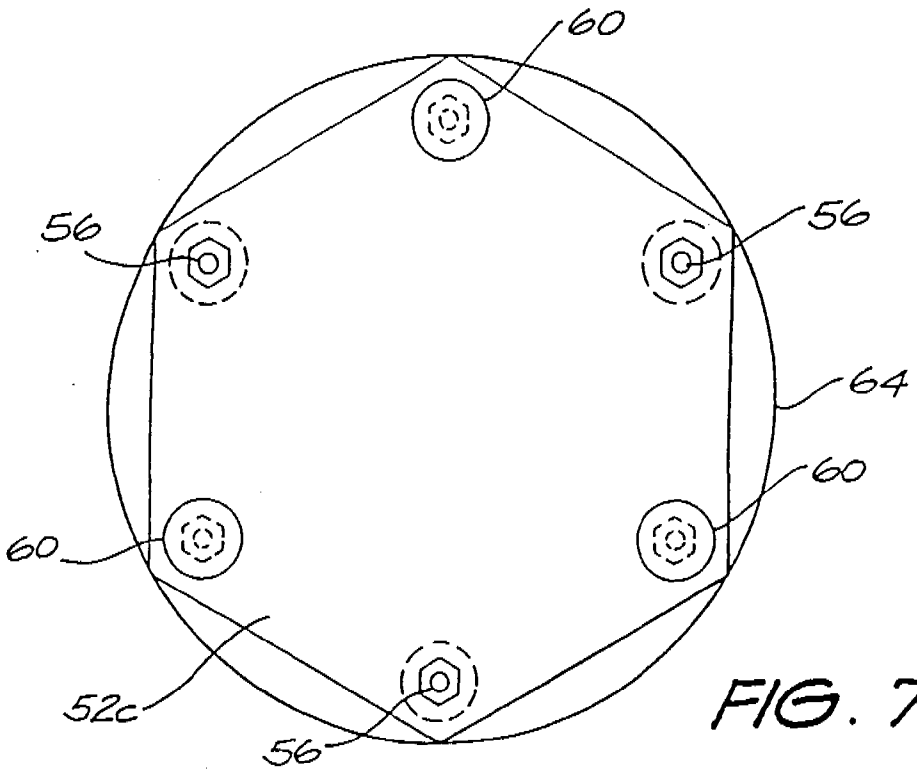

FIG. 7b

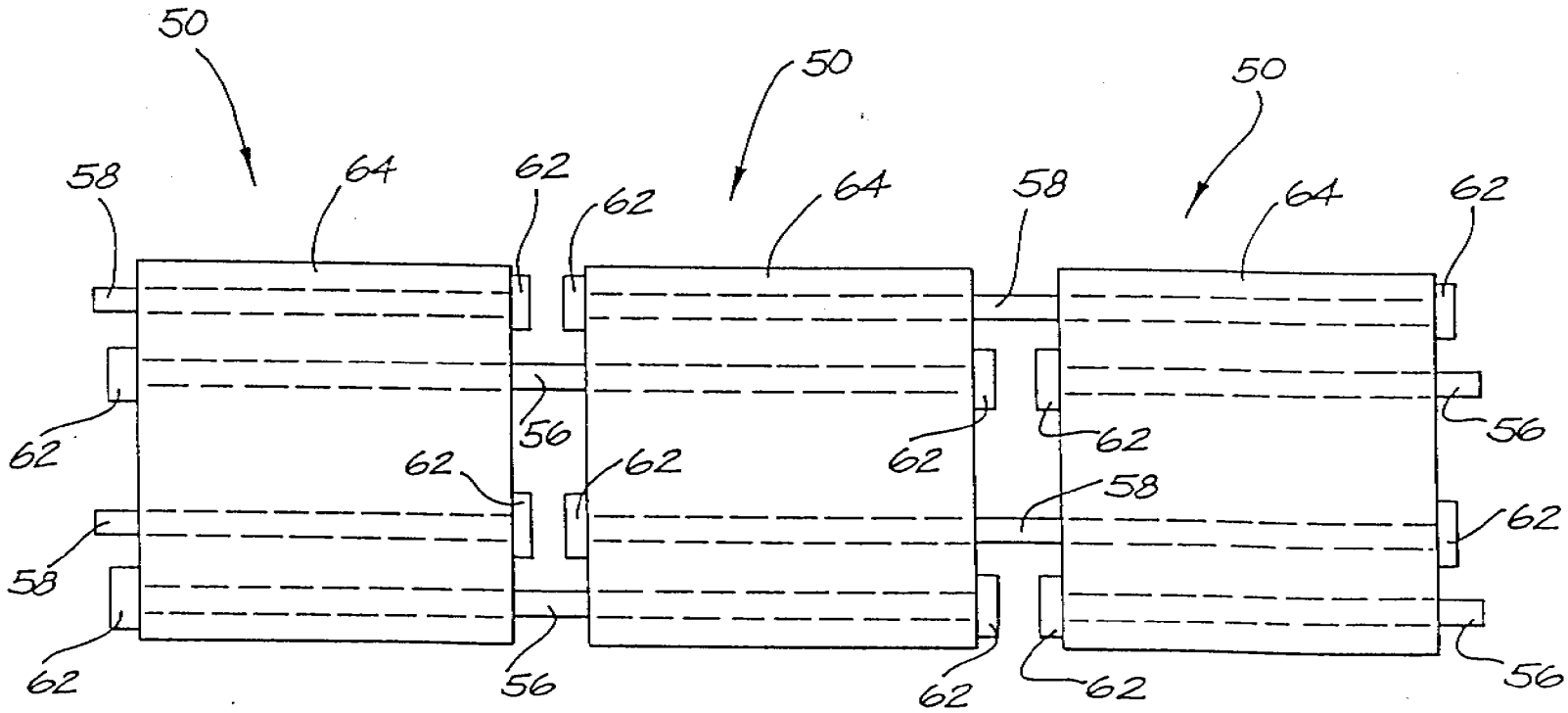
50
50
50
58
64
62
62
64
58
64
62
62
56
62
62
62
62
62
58
58
62
62
56
62
62
56

FIG. 8

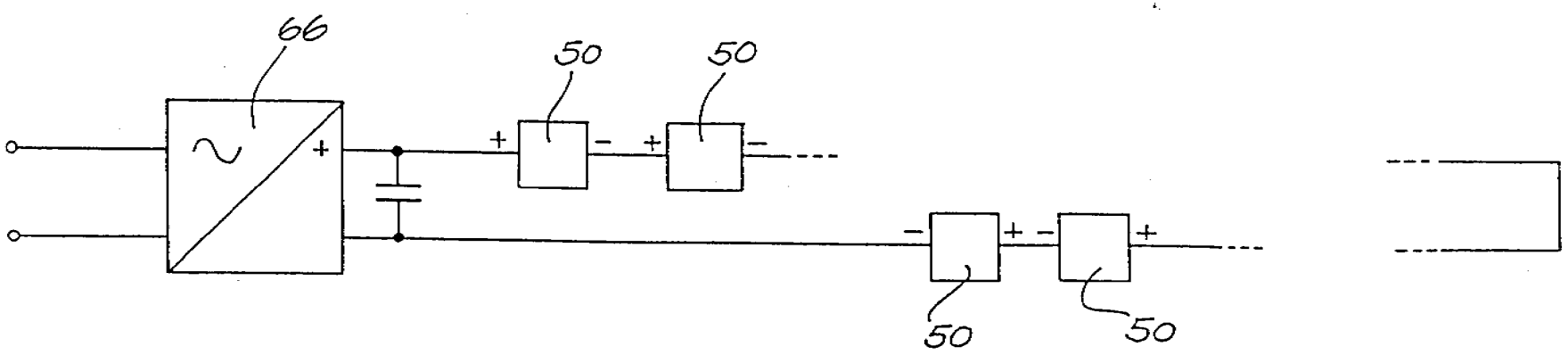

FIG. 9

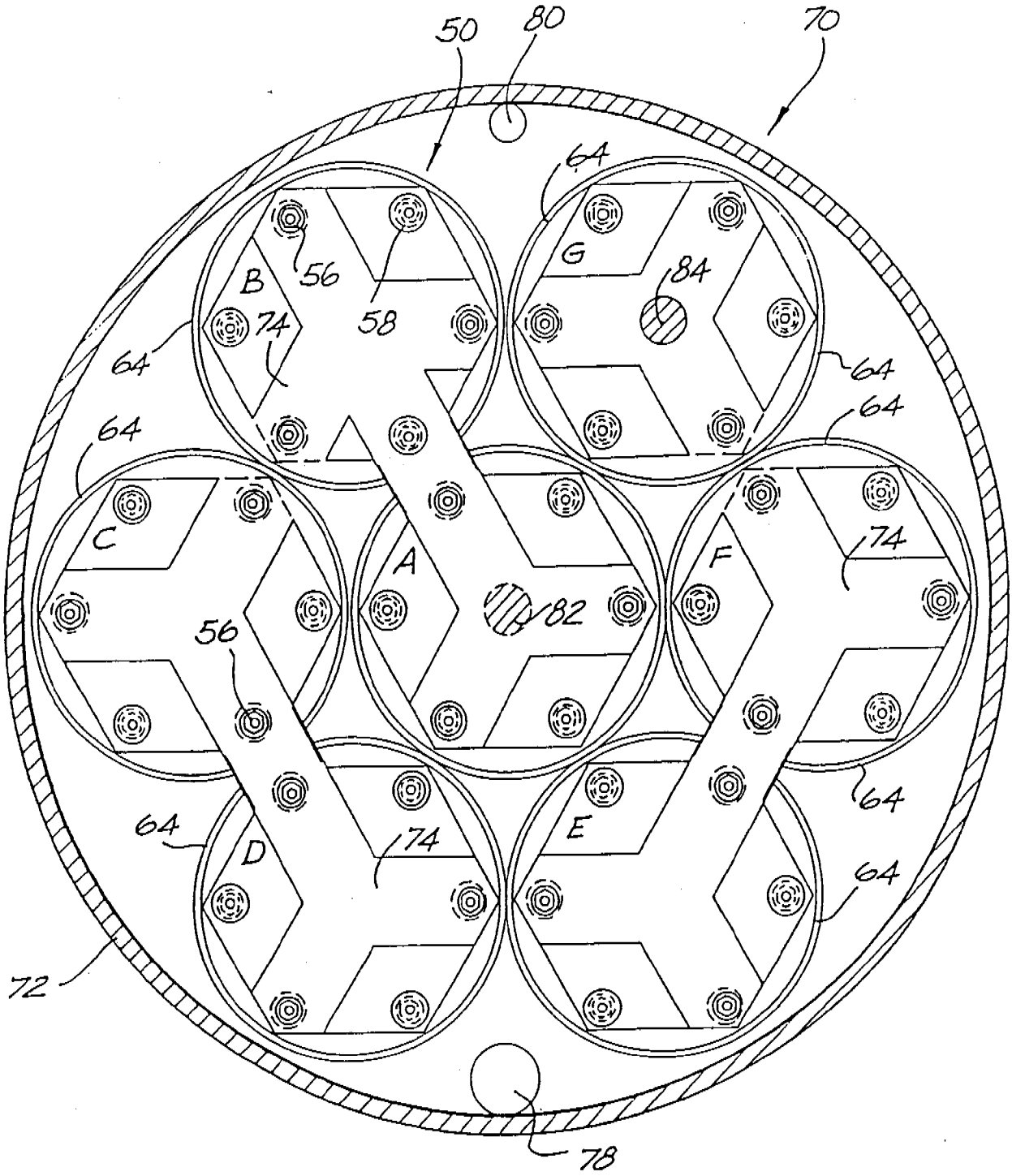

FIG. 10a

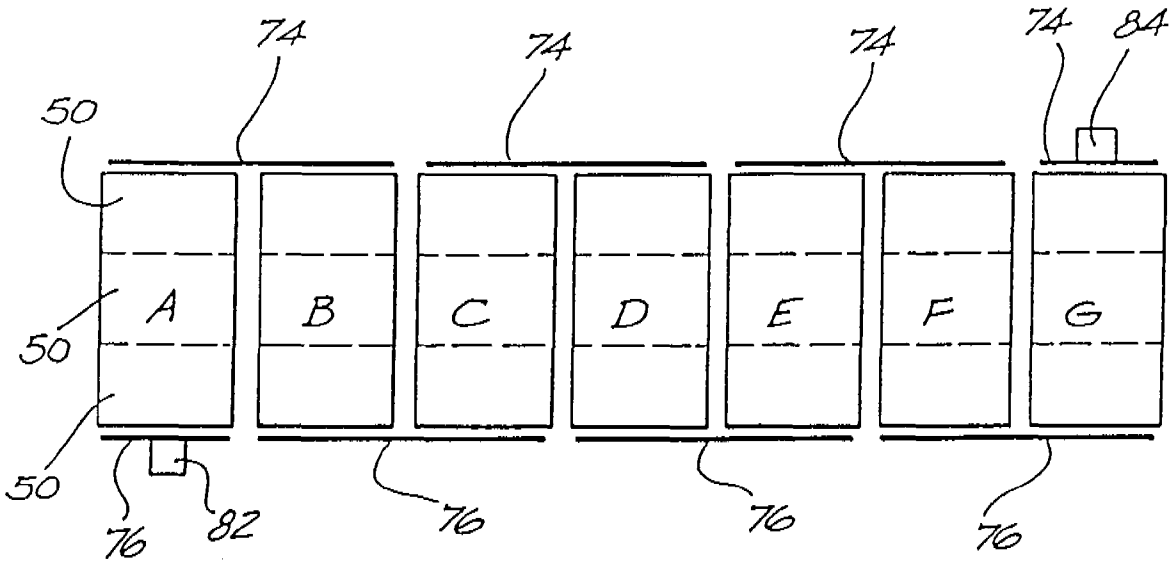

FIG. 10b

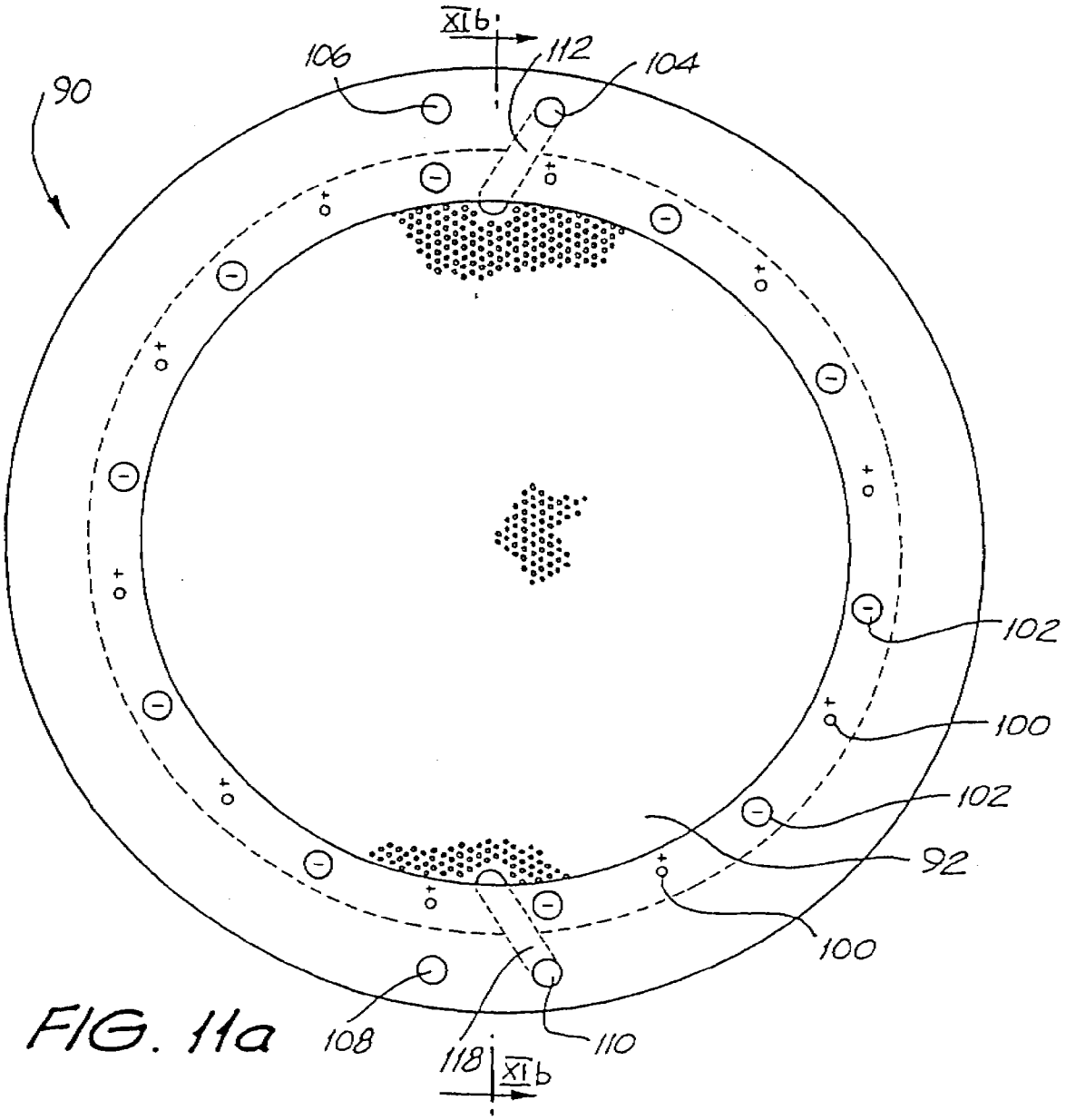

FIG. 11a

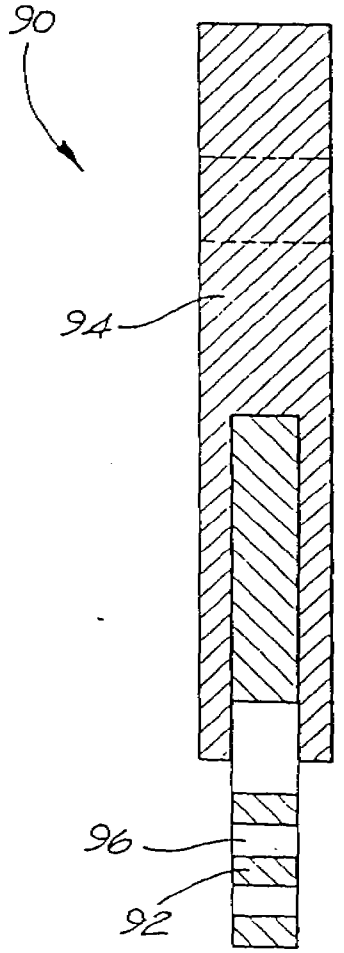

FIG. 11b

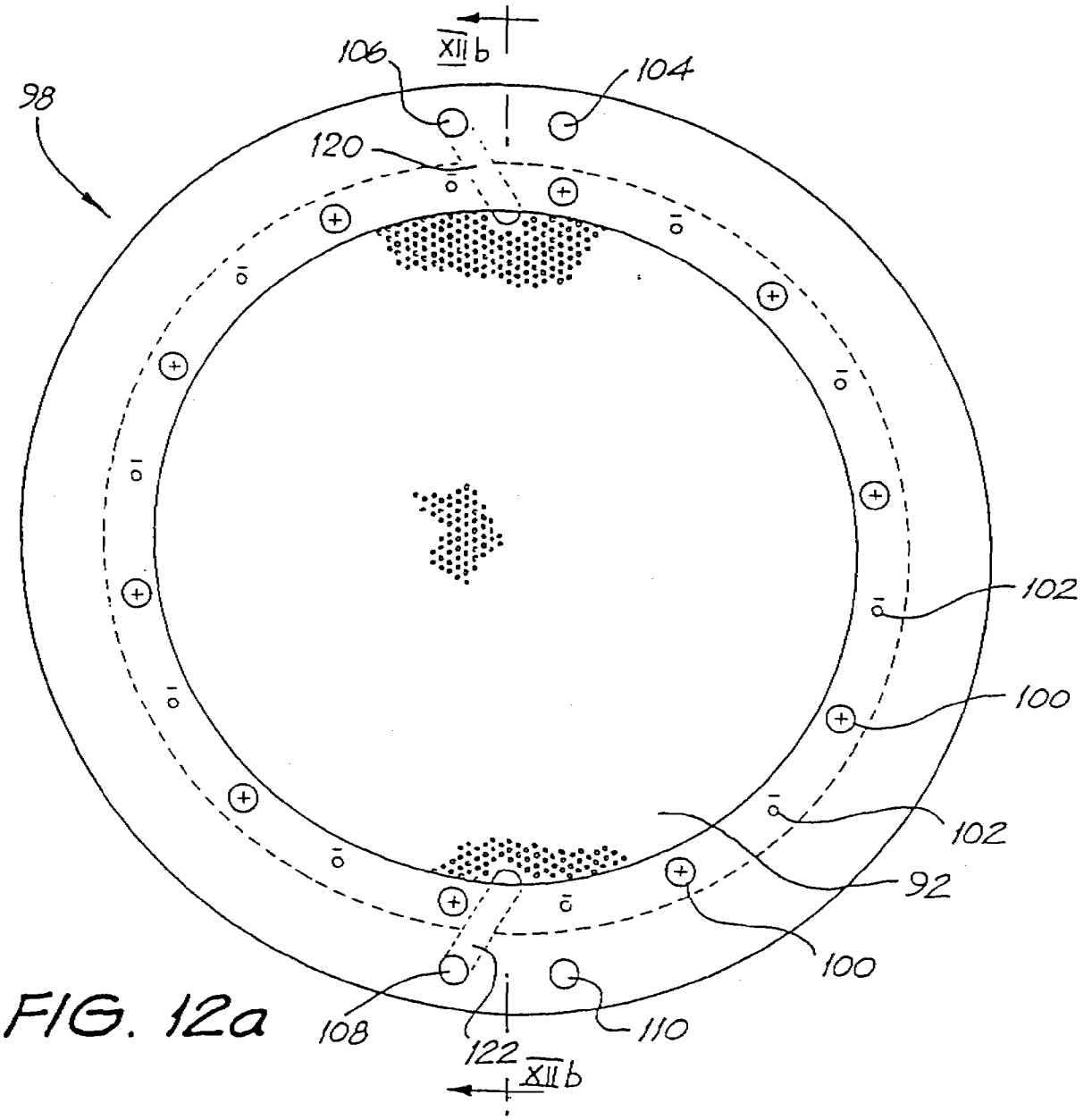

FIG. 12a

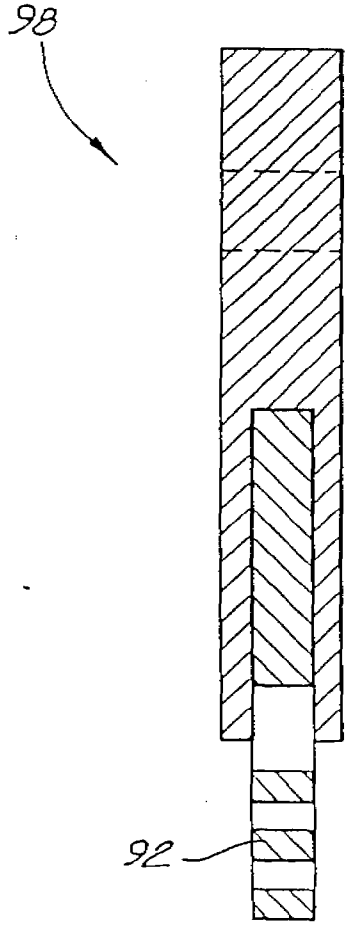

FIG. 12b

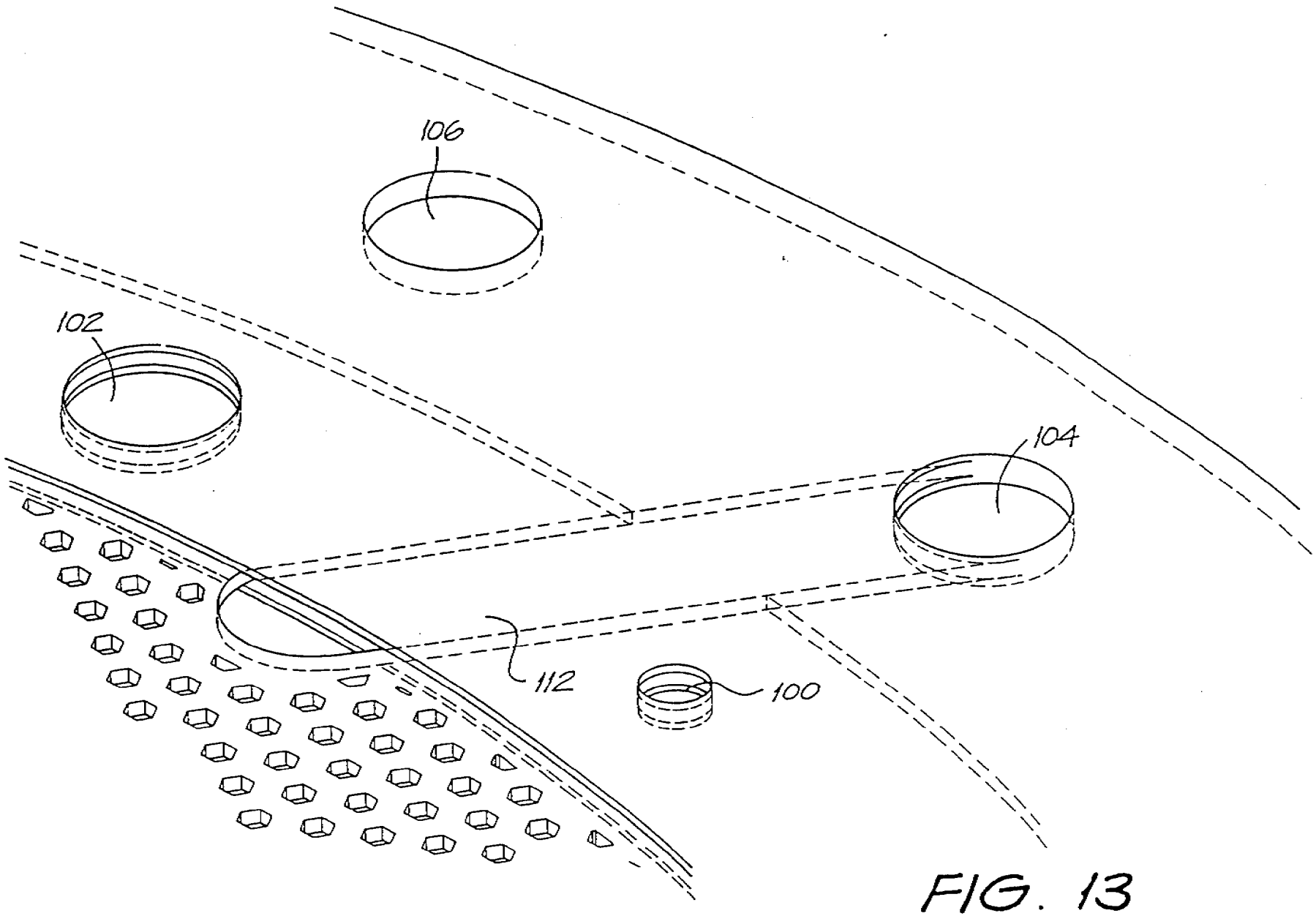

FIG. 13

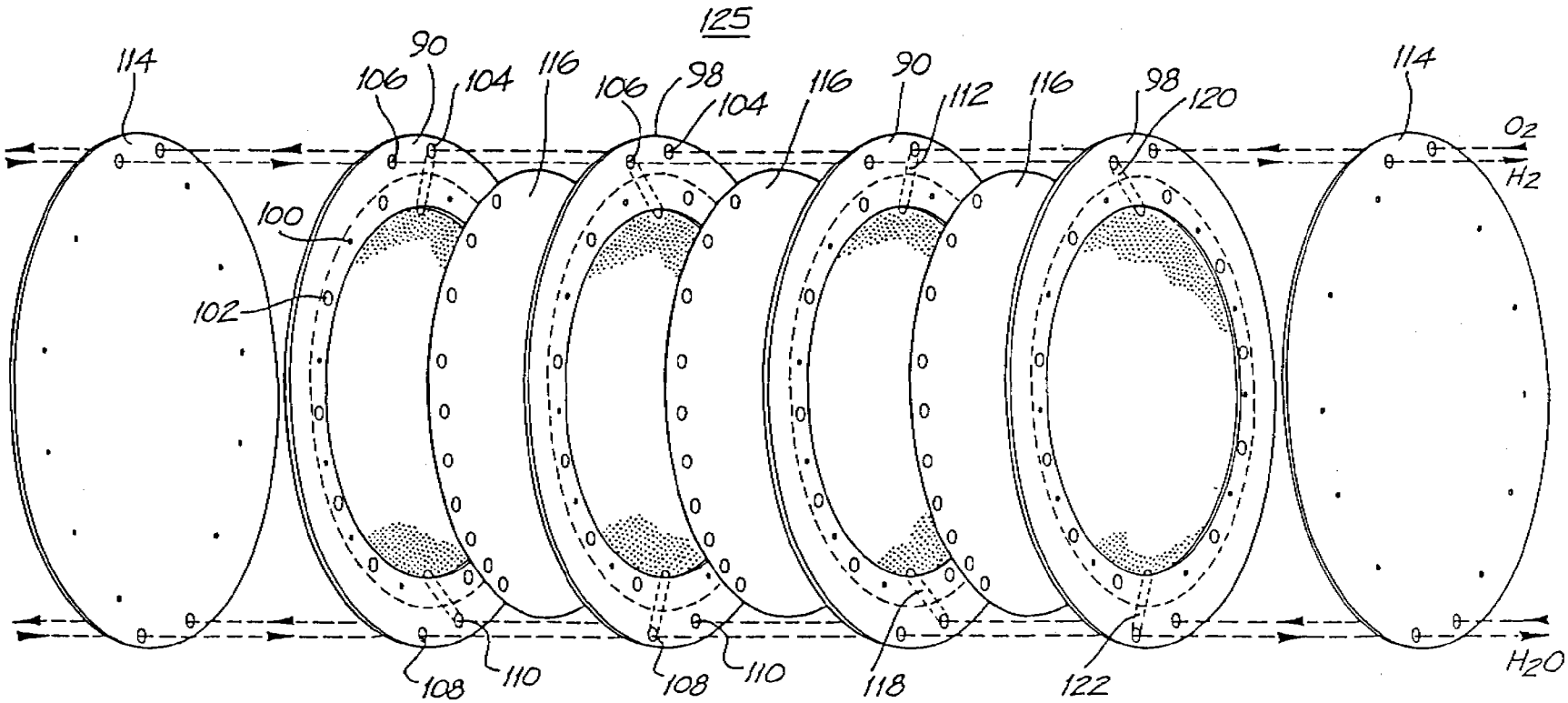
125
114
90
106
104
116
106
98
104
116
90
112
116
98
120
114
O2
H2
100
102
108
110
108
110
118
122
H2O

FIG. 14

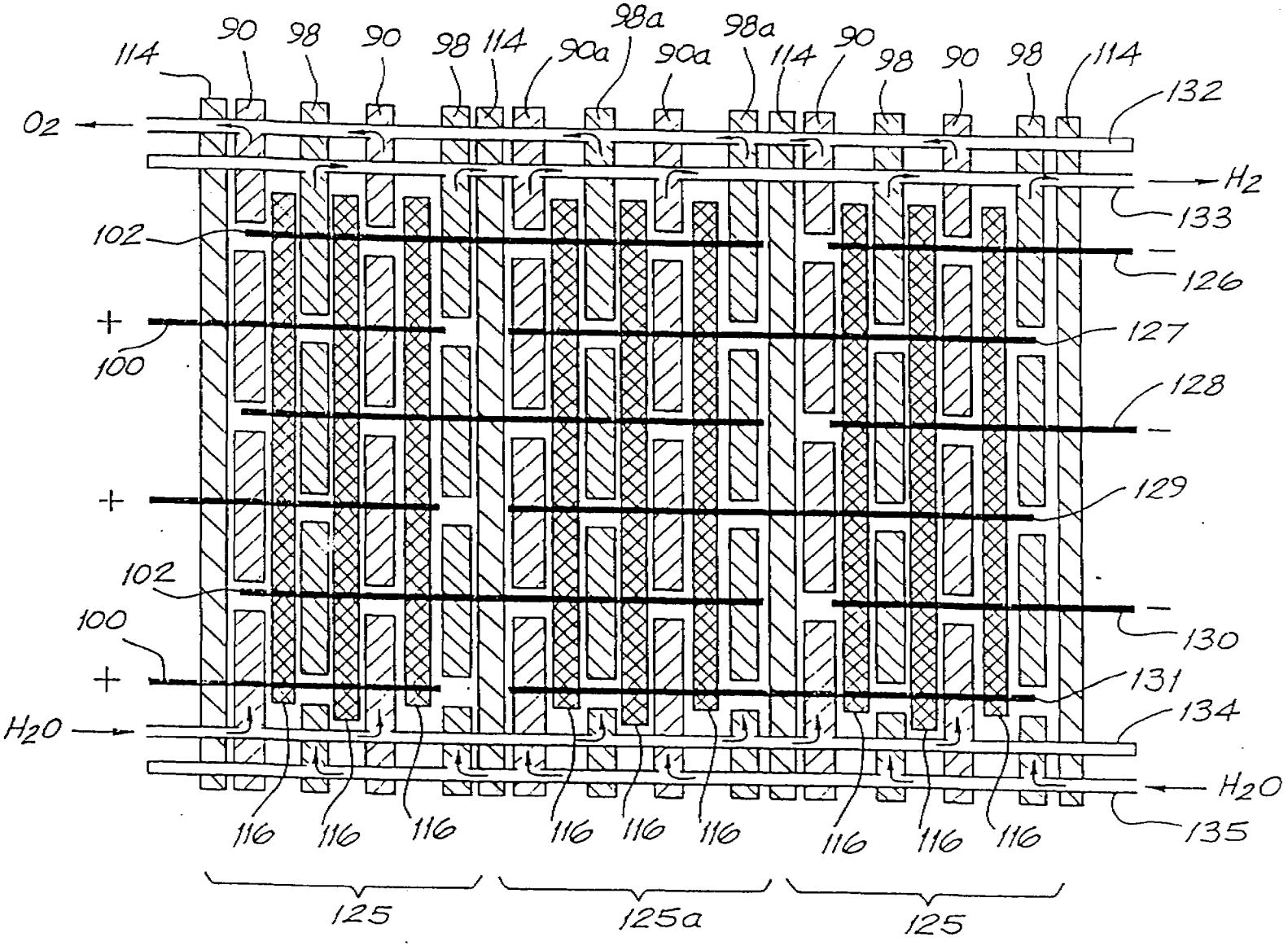
114
90
98
90
98
114
98a
90a
90a
98a
114
90
98
90
98
114
132
O2
H2
133
102
126
+
100
127
128
+
129
102
100
130
+
131
H2O
134
H2O
116
116
116
116
116
116
116
116
116
135
125
125a
125

FIG. 15a

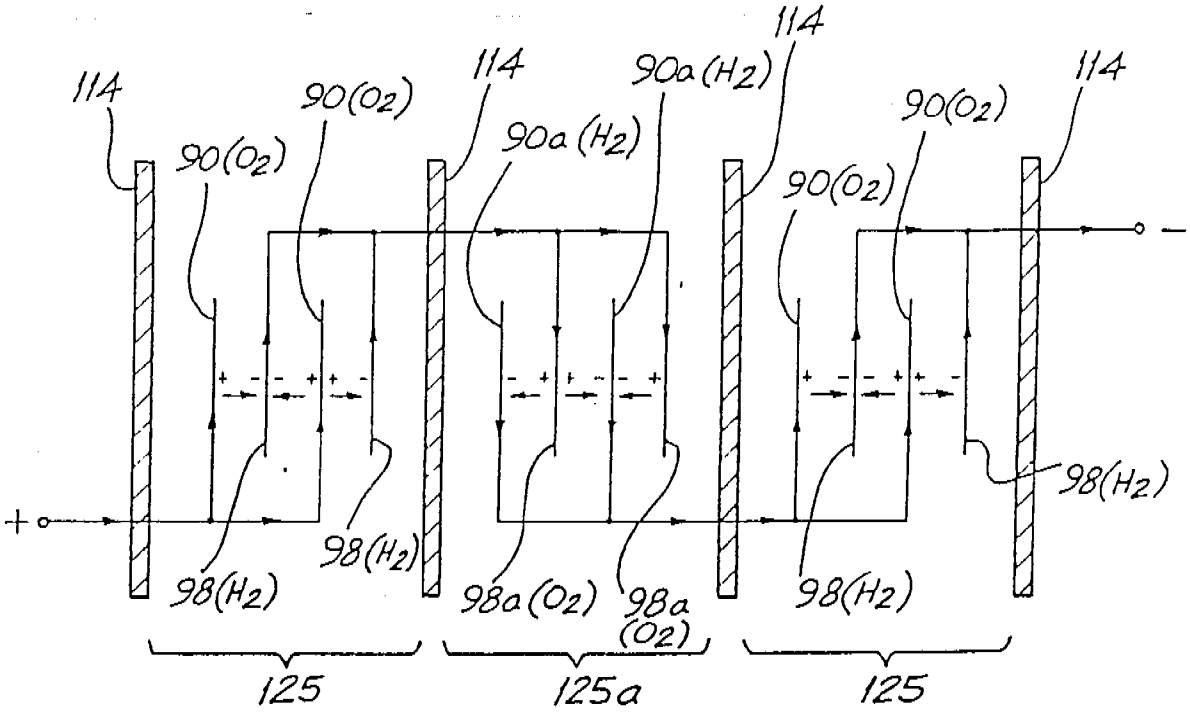

FIG. 15b

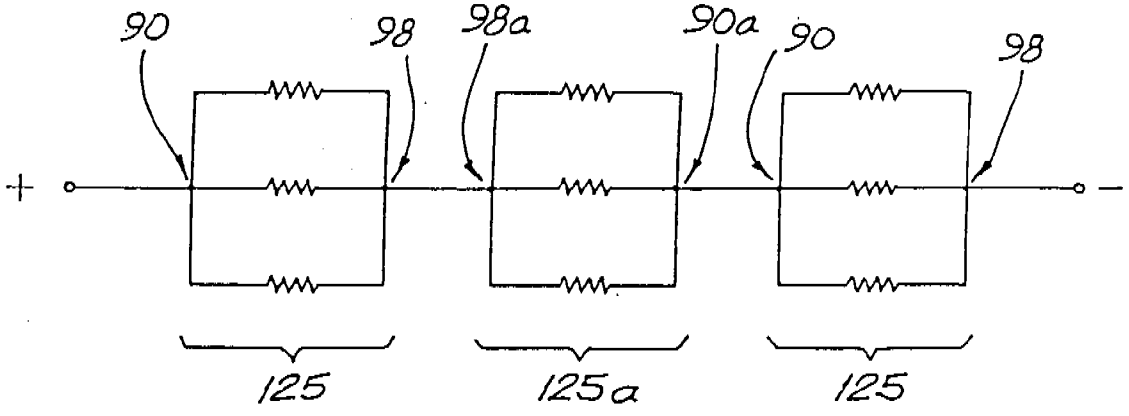

FIG. 15c

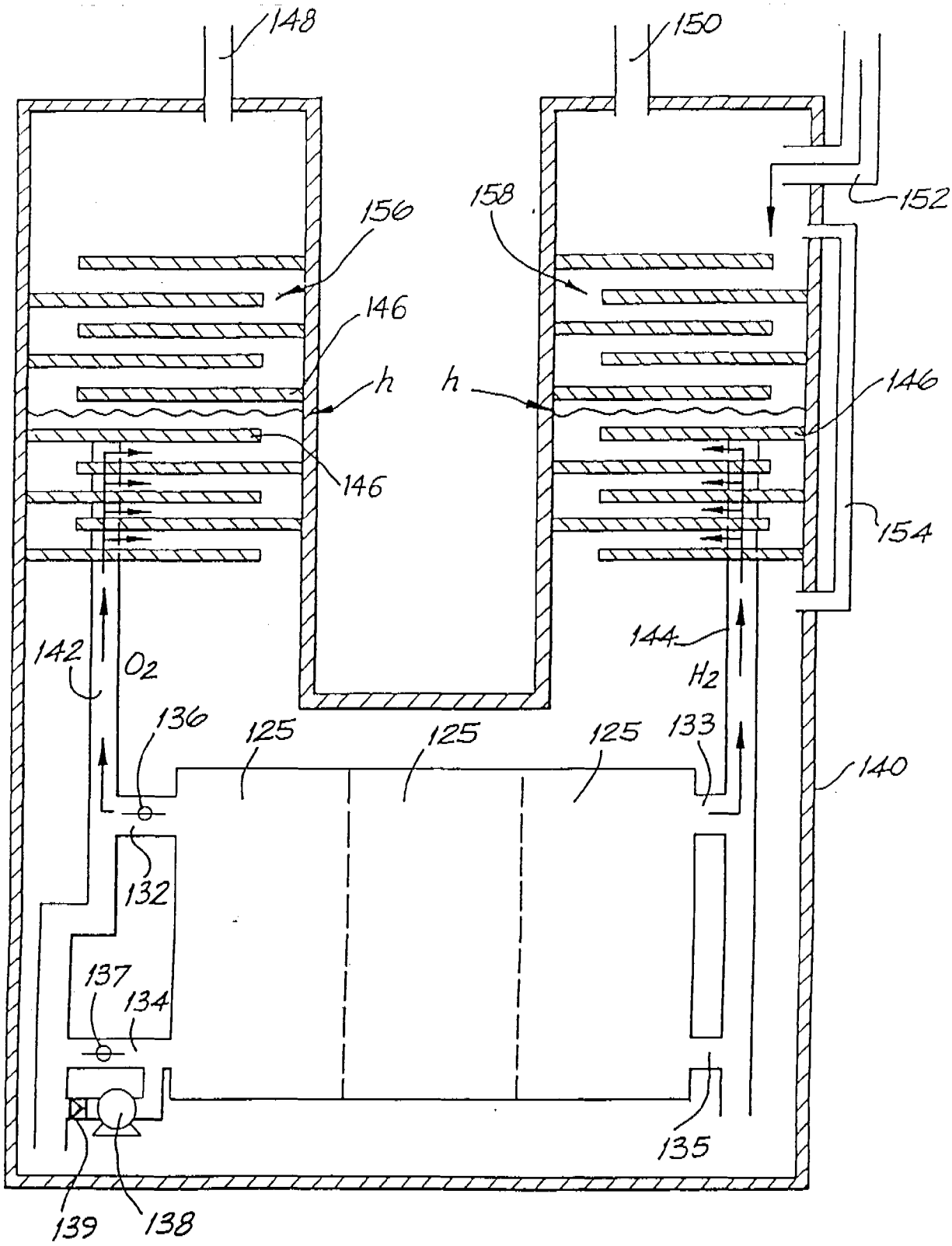
148
150
156
158
152
146
h
h
146
146
154
142
O_2
144
H_2
136
125
125
125
133
140
132
137
134
135
139
138

FIG. 16

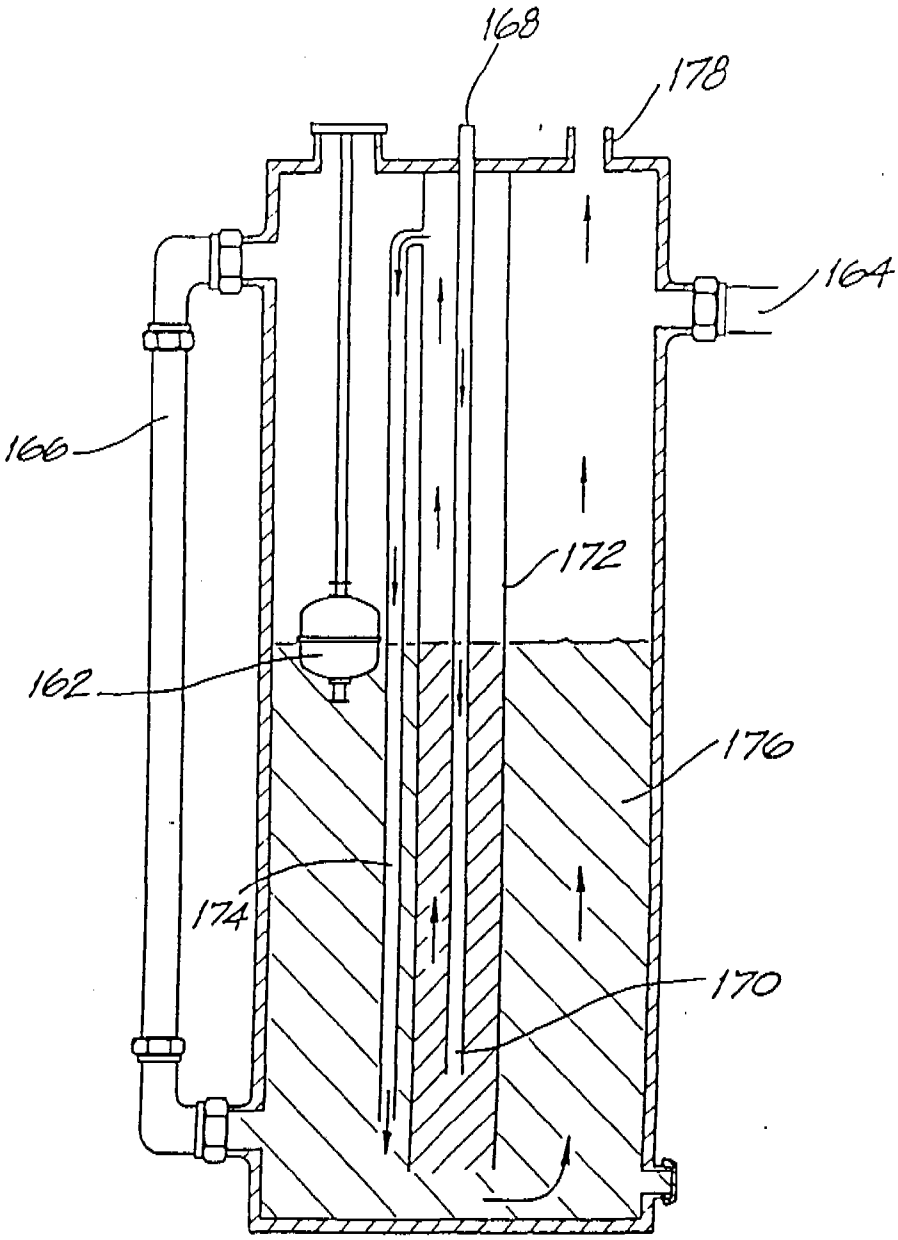

FIG. 17

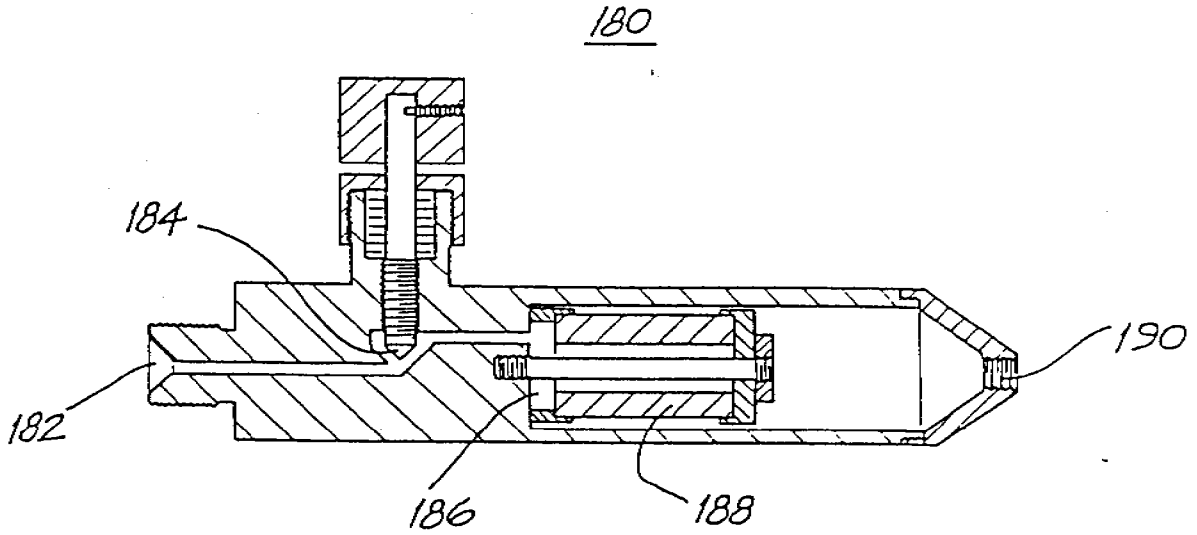

FIG. 18

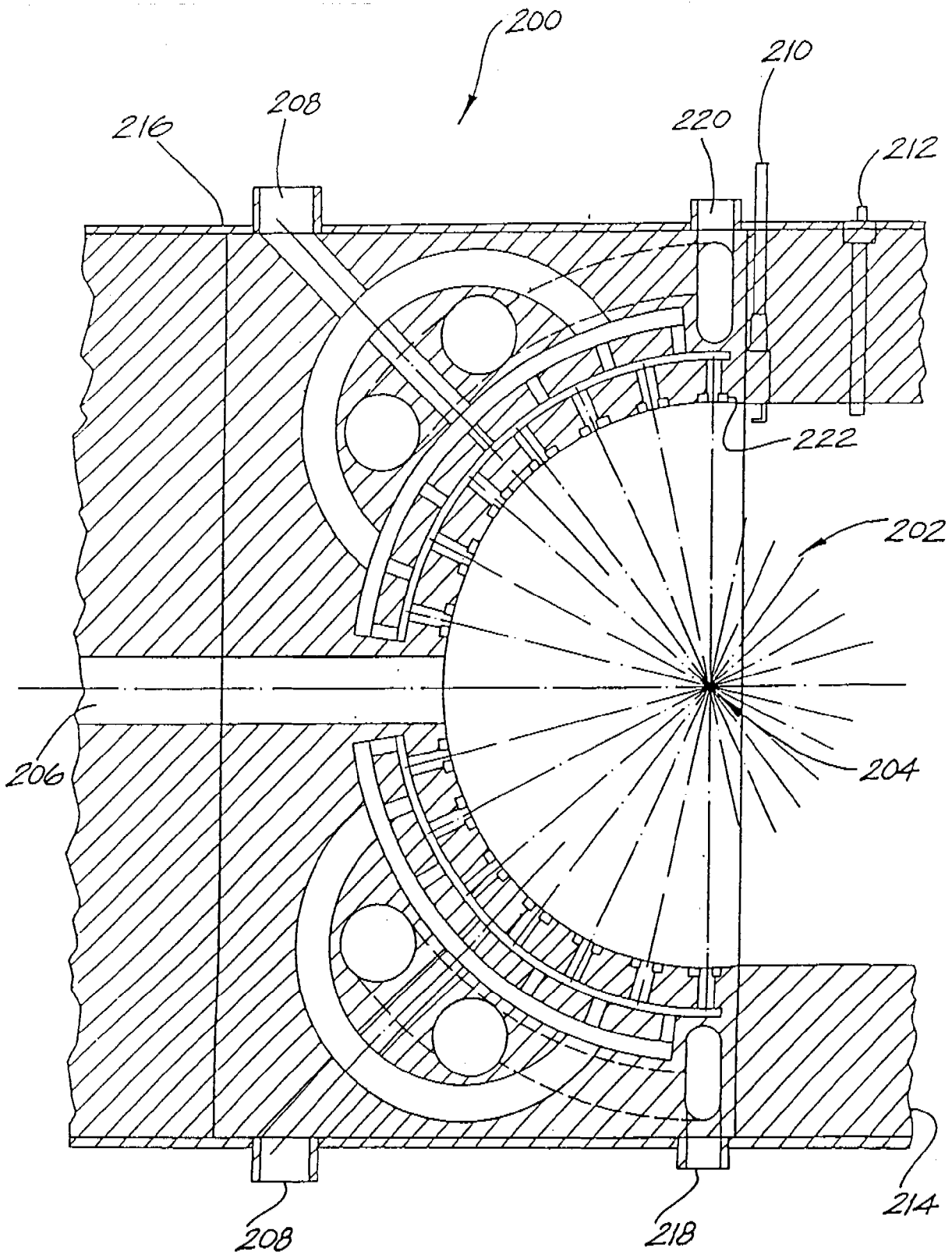

FIG. 19a

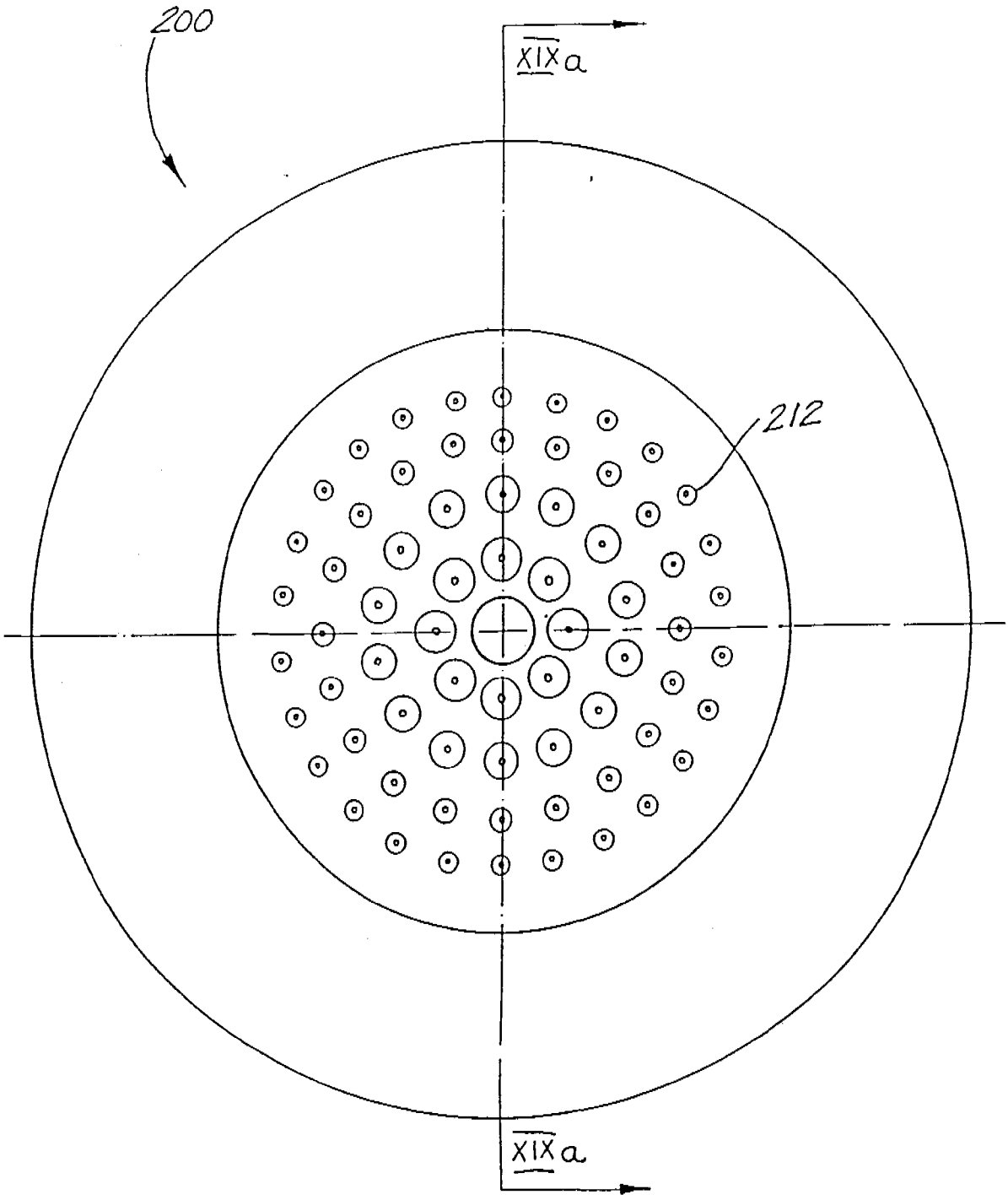

FIG. 19b

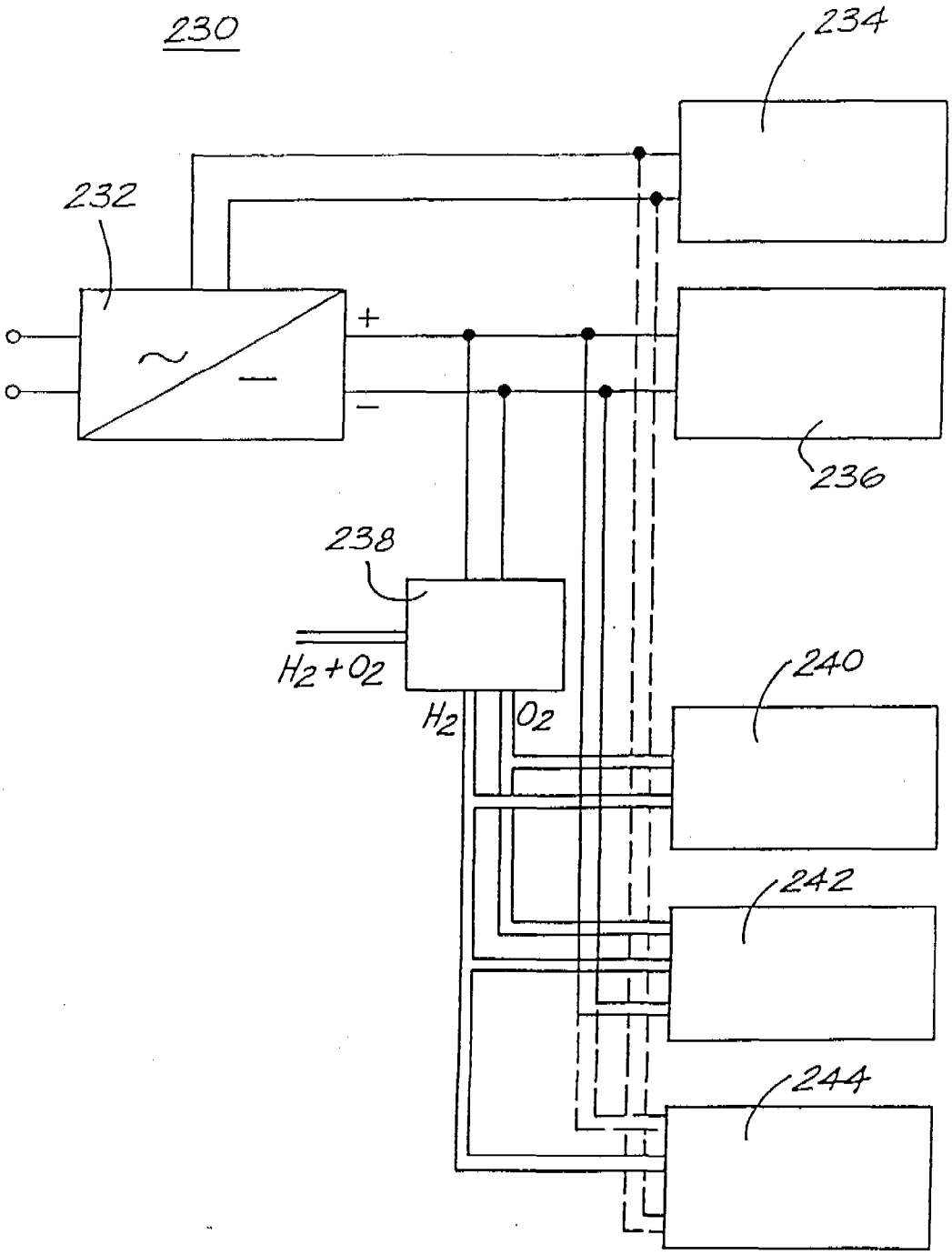

FIG. 20

06-03-96 96104

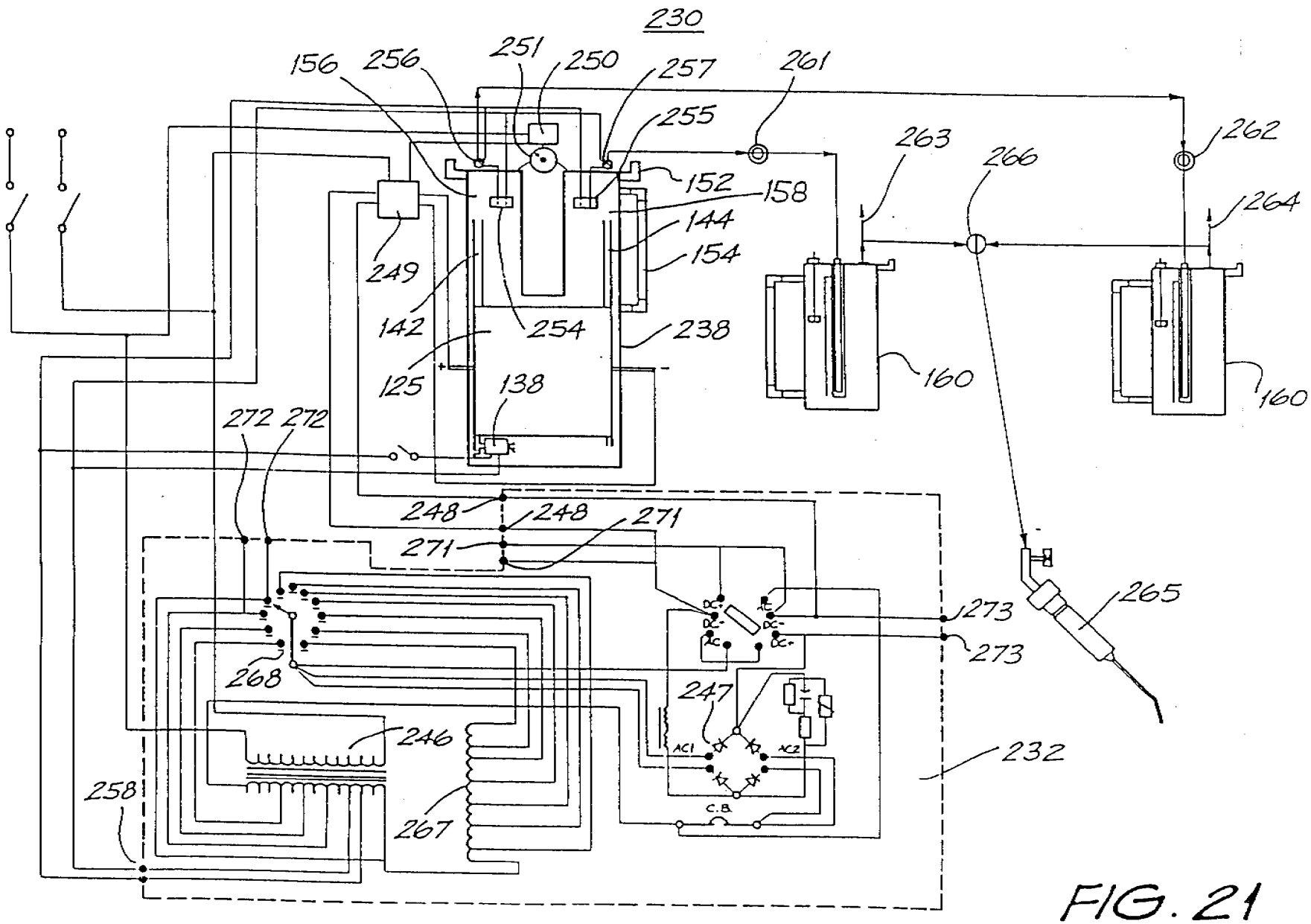

FIG. 21