



⑫ A **Terinzagelegging** ⑪ **9002168**

Nederland

⑲ NL

- ⑤4 **Holle elektrode voor een elektrochemische cel voorzien van ten minste een toe- en een afvoeropening voor gassen, alsmede elektrochemische cel die een dergelijke elektrode omvat.**
- ⑤1 Int.Cl.⁵: H01M 4/86, H01M 8/24.
- ⑦1 Aanvragers: Blandikus Catharikus Jaspers en Bernardus Augustinus Maria van Dongen beiden te Delft.
- ⑦4 Gem.: Ir. L.C. de Bruijn c.s.
Nederlandsch Octrooibureau
Scheveningseweg 82
2517 KZ 's-Gravenhage.

-
- ②1 Aanvraag Nr. 9002168.
- ②2 Ingediend 5 oktober 1990.
- ③2 - -
- ③3 - -
- ③1 - -
- ⑥2 - -

-
- ④3 Ter inzage gelegd 6 mei 1992.

De aan dit blad gehechte stukken zijn een afdruk van de oorspronkelijk ingediende beschrijving met conclusie(s) en eventuele tekening(en).

Holle elektrode voor een elektrochemische cel voorzien van ten minste een toe- en een afvoeropening voor gassen, alsmede elektrochemische cel die een dergelijke elektrode omvat.

5 De uitvinding heeft betrekking op een holle elektrode voor een elektrochemische cel voorzien van ten minste een toe- en een afvoeropening voor gassen, alsmede op een elektrochemische cel, die een dergelijke elektrode bevat.

Een dergelijke elektrode en dergelijke cellen zijn bekend uit het
 10 Franse octrooischrift 1.403.729, waar de toepassing van vaste elektrolyten in brandstofcellen wordt beschreven en tevens het stapelen van de losse elementen en het gestapeld houden van deze elementen wordt beschreven. De brandstofcellen bestaan uit een losse stapeling van metalieke elementen, waarbij de holle elektroden poreus en niet gasdicht
 15 zijn. De holle elektroden zijn van actieve metalen vervaardigd en verschillende materialen worden per elektrode toegepast. Tussen de elektroden is geen interconnector aanwezig en wordt een dunne elektrolytlaag toegepast.

Uit het Amerikaanse octrooischrift 4.469.580 is een holle elektrode bekend, waarbij de elektrode op een metalen frame is bevestigd en
 20 waarbij de elektrode wordt toegepast bij een vloeibaar elektrolyt.

Uit de Nederlandse octrooiaanvraag 65.05075 is een holle schijfvormige elektrode bekend, waarbij de elektrode inwendig voorzien is van verstevigingsmiddelen en voorzien is van een gastoevoerleiding. De vorm
 25 van de elektrode kan ook een veelhoekige zijn.

Voorts worden in het Europese octrooischrift 50.717 en de Europese octrooiaanvraag 285.727 holle elektroden beschreven.

Gevonden werd nu een holle elektrode van het in de aanhef beschreven type, die is gekenmerkt, doordat de elektrode is vervaardigd uit een
 30 anorganisch (keramisch) materiaal en aan de buitenzijde voorzien is van een gasdichte laag van ditzelfde materiaal, dat een gemengde geleider is. De elektrode volgens de uitvinding kan zowel een kathode als een anode zijn. Onder gasdicht wordt verstaan een laag die zeer slecht gassen doorlaat en luchtdicht is. Waterstof heeft een zeer groot door-
 35 dringend vermogen, lagen waar een zeer kleine hoeveelheid waterstof kan doordringen zijn echter ook acceptabel voor de werking. Voor de kathode zal in het algemeen een constructie acceptabel zijn waarbij een geringe hoeveelheid gas door de buitenzijde kan dringen, zelfs de anode is nog bruikbaar als iets waterstof zou doorleken.

40 Het Europese octrooi 0.063.807 noemt het bestaan van de uitzet-

9002168

tingsproblematiek bij verschillende thermische expansiecoëfficiënten.

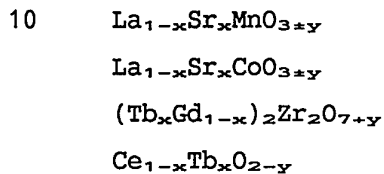
- Door stapeling van holle elektroden volgens de uitvinding tezamen met elektrolyt en interconnector kan op eenvoudige wijze een elektrochemische cel worden vervaardigd. Door de gasdichte laag kunnen de gassen niet uittreden en zijn ingewikkelde technische oplossingen voor het opvangen van een verschil in thermische expansiecoëfficiënten van de verschillende celcomponenten niet vereist. De elementen van deze cellen zijn onderling vrij beweegbaar waardoor veel problemen op het gebied van een thermische expansie worden ondervangen. Andere voordelen ten opzichte van het huidige vlakke plaatmodel zijn
- a) Door de afwezigheid van de noodzaak van hechting tussen elektroden met elektrolyt en interconnector, die alle uit een materiaal zijn vervaardigd, worden problemen met betrekking tot de hechting tussen verschillende materialen zoals tussenlaagvorming, voorkomen.
 - b) de cellen en celstapels zijn minder gevoelig voor lekkage.
 - c) een grotere vrijheid in materiaalkeuze.
 - d) er bestaat geen noodzaak tot het gasdicht maken van de (stapel) cellen (hetgeen tot dusverre aan de zijkanten gebeurde).
 - e) de cellen kunnen eenvoudig worden gestapeld
 - f) de aan- en afvoerleidingen van de reactiegassen kunnen door de vorm van de elektrode-elementen en door hun gasdichte karakter, eenvoudig worden bevestigd.
 - g) het thermodynamische tegenstroomprincipe van reactiegassen kan eenvoudig worden toegepast
 - h) indien elementen defect raken kunnen deze eenvoudig worden vervangen, dit kan eveneens in een bedrijfsopstelling geschieden.
 - i) bij de vervaardiging kunnen de elektrode-elementen op eenvoudige wijze afzonderlijk worden getest
 - j) elektrolyt en een elektrische interconnector behoeven niet gasdicht te zijn.
 - k) doordat slechts een materiaal per elektrode vereist is zijn deze eenvoudiger te produceren.
 - l) de cellen kunnen bij een lagere temperatuur worden bedreven.
 - m) door al deze voordelen wordt er een grotere bedrijfszekerheid verkregen.
 - n) het reformproces kan desgewenst worden geïsoleerd in de katalytisch actieve holle anode.
 - o) omdat de elektrolyt en de interconnector niet noodzakelijk gasdicht hoeven te zijn kunnen zij verder zeer dun zijn.
 - p) tengevolge van de dunnere elektrolyt en interconnectorlagen treedt

een lager stroomverlies op.

Volgens een voordelige uitvoeringsvorm is de elektrode plaatvormig uitgevoerd, waarbij boven- en onderkant vlak zijn. Deze uitvoering heeft het voordeel dat de elektroden gemakkelijk kunnen worden gestapeld.

5 Volgens een andere voordelige uitvoeringsvorm is de holle ruimte gevuld met een poreuze binnenstructuur. Een dergelijke structuur heeft het voordeel van een groter actief reactie-oppervlak.

De kathode kan worden vervaardigd van elk geschikt materiaal, voorbeelden zijn



De anode is vervaardigd uit anorganisch, bijvoorbeeld keramisch
 15 materiaal zoals $(\text{CeO})_{1-x}-(\text{LaO}_{1.5})_x$ en $(\text{CeO}_2)_{1-x}-(\text{YO}_{1.5})_x$ of ook uit metalen of metaaloxiden zoals Ti, Mn, Fe, Ni, Cu, Pt, NiO, CrO_3 , CoO, Fe_2O_3 , gereduceerd TiO_2 , V_2O_3 , VO_2 en NiO/Ni.

Metalen en metaaloxiden wil bij de toepassing van de cellen volgens de uitvinding zeggen dat de deeltjes in een keramische fase zijn
 20 gedispergeerd of het toegepaste keramische element gevuld is met los poeder, dat zodanig is gepakt dat de deeltjes een onderling goed contact hebben.

Van de vermelde elektroden kunnen op een gebruikelijke wijze elektrochemische cellen, in het bijzonder brandstofcellen, worden ver-
 25 vaardigd.

Dergelijke cellen kunnen afwisselend elektroden volgens de uitvinding en andere elektroden omvatten. Vanzelfsprekend is het bijzonder voordelig afwisselend anode en kathode volgens de uitvinding toe te passen.

30 Elektrochemische cellen omvatten zowel de zogenaamde regeneratieve brandstofcellen als de meer normale brandstofcellen. In dergelijke cellen kan zowel de conversie als de reconversie van de brandstoffen worden bewerkstelligd. Dit principe wordt gezien als een aantrekkelijke toepassing van de zogenaamde waterstofeconomie en als opslagmogelijkheid. (Zie Fuel cells for Public Utility and Industrial Power door
 35 Robert Noyes, Noyes Data Corporation, Park Ridge, New Jersey, USA 1977, blz. 12-32 en Electrochemical Reactors, Part A, door M.I. Ismail, Elsevier, Amsterdam, 1989, blz. 487 en 488).

De elektroden volgens de uitvinding zijn in al dergelijke cellen
 40 toepasbaar, in het vervolg zal de toepassing worden toegelicht aan de

hand van brandstofcellen.

Bij de constructie van gebruikelijke vlakke elektroden is een van de grote problemen de gasdichte afsluiting van het keramisch element. Dit is nodig om lucht- en brandstofstromen te scheiden. Bij de elektroden volgens de uitvinding wordt de gasafsluitende werking van elektrolyt en interconnector door de elektrode overgenomen. Deze holle elektroden zijn vervaardigd van gemengd geleidende materialen. Bij de elektroden geschiedt derhalve zowel elektronische geleiding als elektrode reacties alsmede (ionen) geleiding van alle (zuurstof)ionen. De elektronische geleiding blokkerende functie van de elektrolyt bestaat nog evenals de voor ionengeleiding blokkerende werking van de interconnector. De brandstofcelelementen kunnen vervolgens worden gestapeld. Aangezien volgens deze constructie de elementen ten opzichte van elkaar kunnen bewegen wordt mechanische spanning ten gevolge van thermische uitzetting voorkomen.

Een cel met elementen volgens de uitvinding wordt in fig. 1 weergegeven waarin 1 een interconnector is, 2 een kathode is voorzien van een gastoevoer 3 en een gasafvoer 4, 5 is een vaste elektrolyt, terwijl 6 een anode is met een gastoevoer 7 en een gasafvoer 8.

De structuur van een holle elektrode volgens de uitvinding wordt weergegeven in fig. 2 (weergegeven is een kathode) waarin 9 de holle ruimte is waarin de oxydator (hier gasvormige zuurstof) wordt geleid. De holle elektrode (kathode) is in aanraking met de vaste elektrolyt welke weer in aanraking is met een al dan niet holle elektrode (anode).

Bij de constructie moet worden zorggedragen voor een goed elektrisch (elektronisch en ionogeen) contact tussen de afzonderlijke elementen. De kwaliteit van het contact is afhankelijk van de vlakheid van de elementen en kan worden verbeterd door het aanbrengen van een geleidend poeder van de vaste elektrolyt tussen de elementen. Een dergelijk poeder kan eveneens het gemak van de vrije horizontale beweging bij thermische expansie bevorderen.

Tengevolge van het ontbreken van thermische spanningen is de brandstofcel minder gevoelig voor het optreden van lekken gedurende thermische cycli. Hierdoor is een vrijere keus in toe te passen materiaal met betrekking tot de thermische expansie mogelijk. De eis voor soortgelijke thermische expansiecoëfficiënten voor al de toe te passen materialen weegt hier niet zwaar meer en derhalve kunnen meer materialen voor de brandstofcelelementen worden toegepast waardoor een hoger geleidingsvermogen (zowel elektronisch als ionogeen) en/of betere katalytische eigenschappen en andere positieve eigenschappen kunnen worden

9002168

benut.

De noodzaak de anode af te sluiten voor het vermijden van kortsluiting bij betrekking van externe zuurstof is opgeheven. Uiteraard kan een dergelijke afsluiting wel uit veiligheidsoverweging als extra
 5 worden toegepast. Dit komt omdat alle gasstromen binnen de gasdichte elektroden blijven zodat de stapel brandstofcelementen in een atmosfeer met een laag zuurstofgehalte worden geplaatst. Kleine hoeveelheden zuurstof die vanuit de kathode hierin zouden lekken, kunnen weggespoeld worden door de afgassen van de anode rond de stapel elementen te
 10 leiden. In geval van waterstof, koolmonoxyde of ander brandstoflek vanuit de anode wordt het explosiegevaar belangrijk verminderd en wordt de detectielimiet voor brandstofgassen aanzienlijk minder kritisch. Indien het zuurstofverlies van de kathode te groot is, is het afsluiten van de afzonderlijke elementen aanzienlijk gemakkelijker dan bij monolitische vlakke ontwerpen.
 15

In het geval van toepassing van een atmosfeer met een laag zuurstofgehalte kan men overwegen brandstofgassen rond de stapel elementen te leiden zodat men desgewenst open anoden kan toepassen. Hierbij vereist slechts de toepassing van zuurstofbevattende gassen een gasdichte
 20 structuur (zie fig. 3, waarin 1 een interconnector is, 5 een elektrolyt voorstelt, 10 een open elektrode voorstelt, die is voorzien van een gastoevoer 11 (dit kan een open zijde zijn) en een gasafvoer 12 (dit kan een open zijde zijn) en 13 een gesloten elektrode voorstelt welke voorzien is van een gastoevoer 14 en een gasafvoer 15.

25 Open kathoden in zuurstofbevattende atmosfeer in combinatie met gesloten anoden zijn in principe ook mogelijk.

De elementen kunnen eenvoudigweg op elkaar worden geplaatst onder toepassing van een geleidend en "smerend" poeder, bijvoorbeeld elektrolyetpoeder. Bij toepassing van het juiste aantal cellen kan druk op de
 30 stapel worden uitgeoefend om een goed contact tussen de platen te waarborgen. Door het uitvoeren van een herhaalde thermische cyclus onder een aangelegde druk zullen de elementen zich zetten waardoor een beter contact wordt bereikt.

De holle elektroden kunnen voorzien zijn van een toe- en een
 35 afvoer die van het elektrodemateriaal zijn vervaardigd zodat de gegolfde structuren makkelijk kunnen worden verbonden. Zelfs afvoergassen uit een cluster brandstofcellen kan in elke (andere) cluster van brandstofcellen worden geleid voor het optimaliseren van het rendement van het systeem. Dit kan bijvoorbeeld geschieden voor het bereiken van een betere energie-efficiëntie of het waarborgen van een volledige omzetting van brand-
 40

9002168

stofgassen met het oog op de milieu-eisen.

Zonder speciale aanpassing van de structuur, kan het tegenstroom-principe van lucht en brandstof worden benut. Uit thermodynamisch gezichtspunt gezien resulteert dit in een optimale omzetting en efficiënt en schoner proces waarbij een kleiner actief oppervlak nodig is.

Het onderhoud aan de brandstofcel wordt uiterst eenvoudig in vergelijking met monolitische\vlakke ontwerpen. In geval van onderhoud of een defect, is het voldoende de druk van de stapel elementen te verwijderen en de elementen voor onderzoek of vervanging eruit te nemen.

10 Het optreden van lekken wordt gemakkelijker ontdekt en het vervangen van enkele elementen is voordeliger dan het vervangen van de gehele monolitische celstapels (en latere reparatie daarvan).

Dunne laag technieken voor vlakke oppervlakken kunnen worden toegepast voor de elektrolyt en de interconnector en eveneens voor het afsluiten, indien dit noodzakelijk is. Overigens dient er wel voor 15 gewaakt te worden dat de wanden van de elektroden gasdicht blijven zodat onder omstandigheden toepassing van dikkere elektroden noodzakelijk kan zijn. Als totaal gaat echter de compacte aard van het vlakke plaatontwerp niet verloren zodat een hoog vermogen per volume/gewicht en energie 20 per volume/gewicht mogelijk is.

In het ontwerp volgens de uitvinding wordt de gasafsluitende werking van de elektrolyetlaag verschoven naar de elektrode. Hierdoor wordt het mogelijk een aanzienlijk dunnere elektrolytlaag toe te passen, hetgeen belangrijk is omdat de weerstand van de elektrolyet een belangrijk bestanddeel is van de totale elektrische weerstand in de gebrui- 25 kelijke ontwerpen (zie fig. 4). Anderzijds kan de vereiste gasdichtheid veroorzaken dat de dikte van de elektroden toeneemt. Deze dikte kan niet te sterk toenemen omdat ionengeleiding immers een eis is aan de elektrode. Het geleidingsprobleem wordt derhalve overgebracht van een elektro- 30 lyt naar de elektrode. De beschikbaarheid van gemengd geleidende materialen van een voldoende hoog geleidingsvermogen voor zuurstofionen is derhalve belangrijk.

Elk element bestaat in principe uit slechts een materiaal, zodat ook hier een sterk verminderde kans op thermische spanningen en betere 35 bestandheid tegen thermische cycli (thermische geleidbaarheid) wordt bereikt. De productie zal aanzienlijk eenvoudiger en meer economisch zijn omdat slechts een materiaal wordt toegepast.

Zowel lucht als de brandstofgassen zijn slechts met het inwendige oppervlak van de elektroden in direct contact. In geval van interne 40 reforming van de brandstof verlopen deze reacties volledig gescheiden

van de rest van de brandstofcel zodat deze daardoor niet worden verontreinigd of nadelig worden beïnvloed omdat slechts de (zuurstof)ionen de gasdichte wanden zullen passeren.

De betrouwbaarheid met betrekking tot lekken wordt vergroot, in
 5 het bijzonder in geval van het optreden van thermische cycli. De constructie van de elementen kan zodanig zijn dat de stapel sterke mechanische belastingen kan weerstaan. Fijne kanalen behoeven niet te worden toegepast en de holle elektrode kan worden versterkt door toepassen van kleine dragers die de wanden met elkaar verbinden. De buitenwand kan
 10 bestaan uit hetzelfde maar nu dichtere materiaal (zie fig. 5 waarin 3 een gastoevoer en 4 een gasafvoer voorstelt, waarin 16 een poreuze inwendige structuur van de elektrode en 17 een versterking voorstelt. 17 dient tevens als gasverdeler en als extra stroompad).

Bij het toepassen van zeer dunne elektrolytkomponenten kan de hoge
 15 temperatuur die vereist is voor voldoende ionengeleiding worden verlaagd, waardoor hogere theoretische efficiënties van de celreactie kunnen worden bereikt.

Uit de werkwijze volgens de uitvinding is het belangrijk dat de holle elektrode gasdichte buitenwanden heeft en dat een inwendig poreus
 20 oppervlak is vervaardigd uit een goed gemengd geleidend materiaal. De vervaardiging van dergelijke holle elektroden is bekend. Zie D.F. Kroon en J.K. Dahms, "Fuel Cell Electrodes: part 1, Elsevier Sequoia Société Anonyme, Lausanne, Zwitserland (1974), 40-46 en 51.

Het op elkaar stapelen van afzonderlijke elementen kan resulteren
 25 in een verminderde elektrische geleiding. Dit is het resultaat van de variaties in gladheid van de oppervlakken van de elementen. Dit probleem kan worden verminderd door het zorgvuldig polijsten van deze oppervlakken. Tenslotte kan een fijn geleidend poeder, bijvoorbeeld het elektrolytmateriaal zelf, de effectiviteit van het geleidende oppervlak vergroten. Het is bekend (W. van Gool, Interphase Phenomena in Solid
 30 Electrochemical Cells, Fast Ionic Transport in Solids. Solid State Batteries and Devices, North Holland, Amsterdam (1973), 477) dat het maximale benutten van de YSZ (yttrium stabilized zirconia) elektrolytoppervlakken met een korrelgrootte kleiner dan 4 micrometer wordt
 35 verkregen. Een extra voordeel van het toepassen van een dergelijk fijn poeder is dat dit een smerende werking tussen de bewegende elementen vertoont gedurende de thermische expansie. Bij slecht elektrisch contact kan nog een zuurstoftransfermechanisme optreden. De zuurstof-elektrode reacties kunnen in omgekeerde richting tussen een elektrode- en elektrolytoppervlak plaats vinden. Nu kan de voorwaartse elektrode reactie
 40

plaatsvinden aan het elektrolytoppervlak of op de drie grensvlakken. Hierbij zal het stroompad van de elektronen zich slechts bevinden aan de oppervlakken van elektrolietmateriaal of in geval van toepassing van gemengd geleidend poeder in het poeder. Op deze wijze kan het verlies van elektrisch contact gedeeltelijk worden gecompenseerd. Zie fig. 6, waarin 18 de elektrode, 19 de elektrolyt en 20 het contactoppervlak voorstelt. M.P. van Dijk, Ordering, Electrical Conductivity and Electrode Properties of Ceramics with Fluorite Related Structures, Ph.D. thesis, University of Technology, Twente, The Netherlands (1985).

Door het toepassen van gasdichte holle elektroden is nodig dat alle stroom de gasdichte wanden van de elektroden in een vorm van een (zuurstof)ionenstroom passeert. Behalve goede elektronische geleiding van het elektrodenmateriaal is een goede ionengeleiding noodzakelijk. Door de lage eisen aan de thermische uitzettingscoëfficiënten is het aantal keuze-mogelijkheden groter.

Aangezien de gasafdichtende functie van het elektrolyt bij het ontwerp volgens de uitvinding overbodig is blijft slechts de eis aan ionengeleiding over. Dit heeft implicaties met betrekking tot de keuze van de vaste elektroliet. Tot dusverre is vanwege de stabiliteit in zowel oxyderende als reducerende atmosfeer en de gemakkelijk gasdicht afsluitend te maken eigenschappen van elektrolyten uit gestabiliseerd zirkoniumoxyde weinig aandacht aan andere elektrolyten besteed. Bij de uitvinding kunnen echter ook andere vaste elektrolieten worden toegepast.

De interconnector materialen moeten zuivere elektronische geleiders zijn. Bijzonder geschikt blijkt 2 tot 4 mol% Mn-gedoteerd CoCr_2O_4 te zijn, dat zowel in een reducerende als in een oxyderende atmosfeer stabiel is. Het geleidingsvermogen van dit materiaal is echter tamelijk klein. Met magnesium gedoteerd LaCrO_3 blijkt een goede geleidende interconnector te zijn met een geleidbaarheid van ongeveer 2 S/cm bij 1000°C.

De vervaardiging van holle elektroden is bekend, hiervoor kan worden verwezen naar D.F. Kroon en J.K. Dahms, Fuel Cell Electrodes: part 2, Elseviers Sequoia S.A., Lausanne, Zwitserland (1974), 76-79. Hieruit is bekend hoe elektroden te vervaardigen met een variërende mate van porositeit door het elektrodelichaam (differentiële porositeit). Voor de elektrode volgens de uitvinding wordt naar fig. 3 verwezen.

De elektrolyt/interconnectors kunnen volgens bekende methoden worden vervaardigd. De gebruikelijke technieken voor het vervaardigen van vlakke platen van keramisch materiaal kunnen worden toegepast, bijvoorbeeld kalenderen. Opgelet dient te worden dat de platen vlak

zijn, dicht zijn en geen barsten vertonen. Dit om elektrochemische kortsluiting te voorkomen.

Bij het stapelen van de elementen kan het zoals reeds eerder vermeld is voordelig zijn geleidend poeder tussen de elementen aan te brengen. Voorts kan het voordelig zijn mechanische druk aan te brengen voor het verbeteren van het elektrische contact. De juiste hoeveelheid druk is aangelegd indien bij verhoging van druk geen verdere toename van de elektrische spanning over de verzameling elementen wordt bereikt.

Omdat ten gevolge van het gewicht van de stapel de elementen aan de bodemzijde hoger mechanisch belast worden is het gewenst de stapeling horizontaal uit te voeren. Hierbij moet er op worden gelet dat eventueel los poeder tussen de elementen aanwezig blijft.

Het aanbrengen van een kracht kan het beste geschieden door toepassing van een gewicht omdat dit niet verandert door thermische expansie. De verticale gravimetrische kracht kan op bekende wijze gemakkelijk in horizontale kracht worden omgezet.

De interconnectors aan de einden van de stapels worden gebruikt als connector voor de gehele verzameling. De verbinding met de gebruikelijke metalen kabels kan binnen de ruimte waarin de stapel is ondergebracht geschieden. Een thermische gradiënt in de metalen kabel kan derhalve niet worden vermeden. Tengevolge van de goede thermische geleidbaarheid worden echter overmatige thermische spanningen vermeden.

Bij de keuze van de temperatuur spelen factoren een rol die aanleiding zullen geven tot het kiezen van een hoge temperatuur en factoren die aanleiding zouden geven tot het kiezen van een lage temperatuur. De volgende factoren spreken voor een hoge temperatuur

- a) afname van elektrische weerstand
- b) toename van de diffusie met als gevolg een lagere concentratie-polarisatie,
- 30 c) vergroten van de reactiesnelheid, met inbegrip van interne reforming, waardoor een kleinere activeringspolarisatie optreedt
- d) afnemende koolstofafzetting door de Boudoirreactie
- e) verhoogde uitlaattemperatuur en daardoor verbeterde thermodynamische kwaliteit van de afgassen.

35 Factoren die spreken voor een verlaging van de temperaturen

- a) beter thermodynamisch rendement van de elektrische stroom productie.
- b) kleinere warmteverliezen
- c) kleinere kans op toename van de elektrische isolatie door tussenlaagvorming tussen de elementen.

Steeds zal bij elke combinatie van materialen de geschikte keuze van omstandigheden worden gemaakt. Hierbij dient er op gelet te worden dat voor sommige kritische effecten (bijvoorbeeld de vorming van tussenlagen) veiligheidsmarges noodzakelijk kunnen zijn.

5

CONCLUSIES

1. Holle elektrode voor een elektrochemische cel die voorzien is van ten minste een toe- en een afvoeropening voor gassen,
5 g e k e n m e r k t, doordat de elektrode is vervaardigd uit een anorganisch (keramisch) materiaal en aan de buitenzijde voorzien is van een gasdichte laag, welk anorganisch (keramisch) materiaal een gemengde geleider is.
2. Elektrode volgens conclusie 1, g e k e n m e r k t, doordat de
10 elektrodecél plaatvormig is uitgevoerd waarbij boven- en onderdelen vlak zijn.
3. Elektrode volgens conclusie 1 of 2, m e t h e t k e n m e r k, dat de holle ruimte een grof poreuze binnenstructuur omvat.
- 15 4. Elektrode volgens conclusie 1-3, g e k e n m e r k t, doordat de kathode is vervaardigd uit

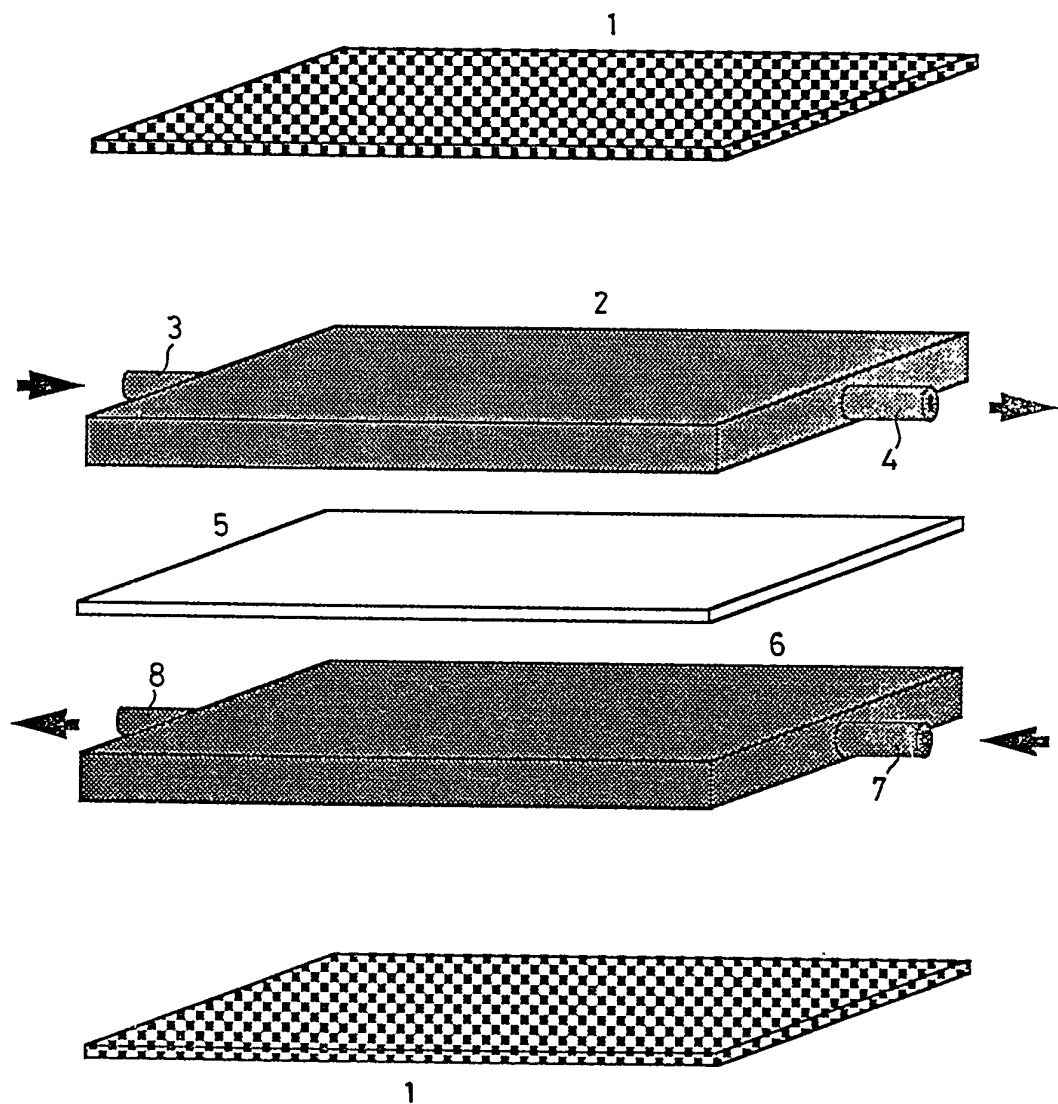
$$\text{La}_{1-x}\text{Sr}_x\text{MnO}_{3+y}$$

$$\text{La}_{1-x}\text{Sr}_x\text{CoO}_{3+y}$$
5. Elektrode volgens conclusie 1-3, g e k e n m e r k t, doordat
20 de anode is vervaardigd uit metaal, metaaloxiden of keramisch materiaal zoals Ti, Mn, Fe, Ni, Cu, Pt, NiO, CrO₃, CoO, Fe₂O₃, gereduceerd TiO₂, V₂O₃, VO₂ en NiO/Ni, alsmede (CeO₂)_{1-x}-(LaO_{1.5})_x en (CeO₂)_{1-x}-(YO_{1.5})_x.
6. Elektrode volgens conclusie 5, g e k e n m e r k t, doordat de anode is vervaardigd uit (CeO₂)_{1-x} - (LaO_{1.5})_x of (CeO₂)_{1-x} -
25 (YO_{1.5})_x.
7. Elektrochemische cel, g e k e n m e r k t, doordat deze tenminste een elektrode volgens conclusie 1-6 omvat.
8. Elektrochemische cel, g e k e n m e r k t, doordat deze afwisselend elektroden volgens conclusie 1-6 en andere vlakke elektroden
30 omvat.
9. Elektrochemische cel, g e k e n m e r k t, doordat deze afwisselend anodes en kathodes volgens conclusie 1-6 omvatten.
10. Elektrochemische cel volgens conclusie 7-9,
g e k e n m e r k t, doordat tussen de elektroden een geleidend poeder
35 is aangebracht.
11. Elektrochemische cel volgens conclusie 7-10,
g e k e n m e r k t, doordat deze is voorzien van middelen om koolstofmonoxyde bevattende afgassen van de anode rond de stapel elementen (elektroden) te leiden.

12. Elektrochemische cel volgens conclusie 7-11,
g e k e n m e r k t, doordat dit een brandstofcel is.

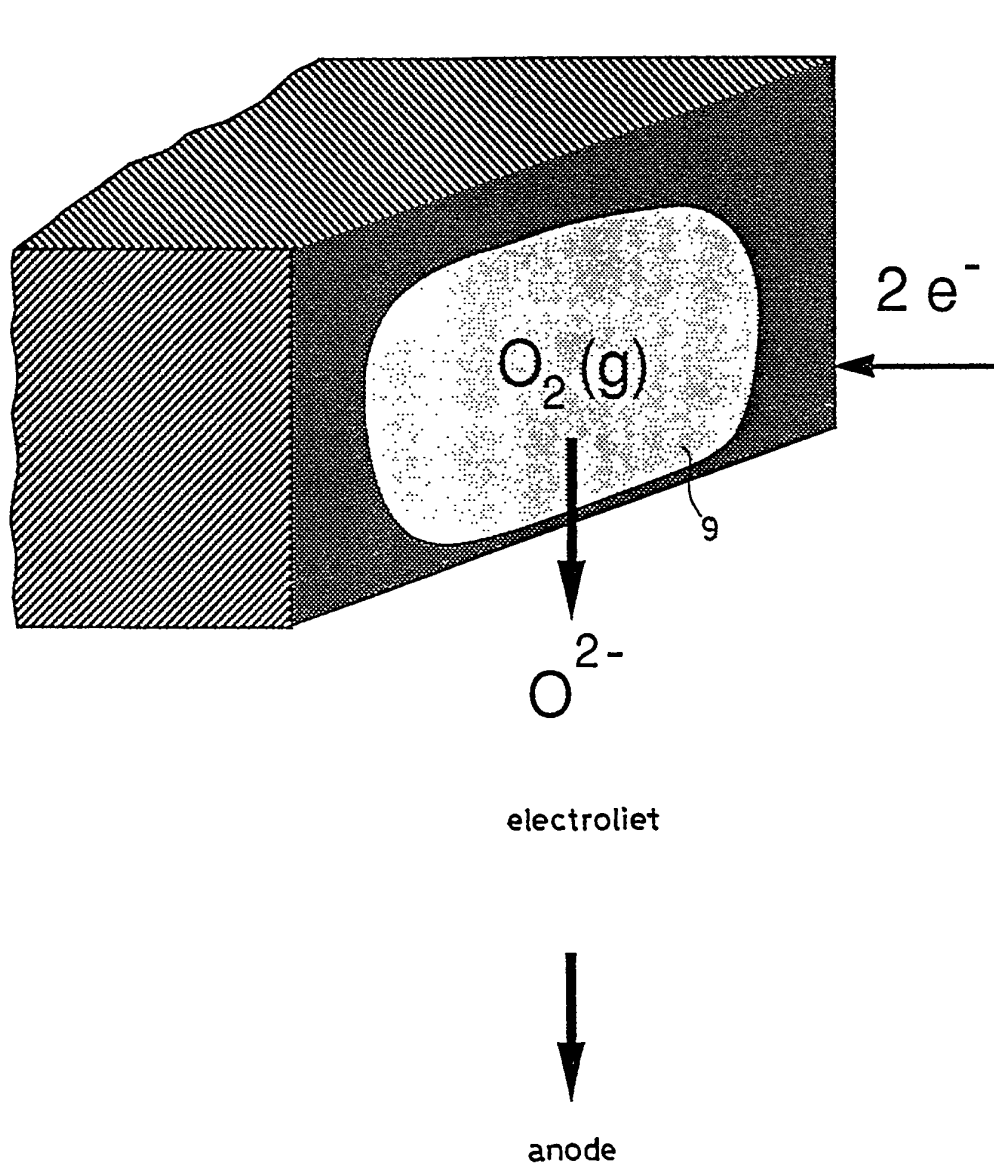
9002168

fig-1



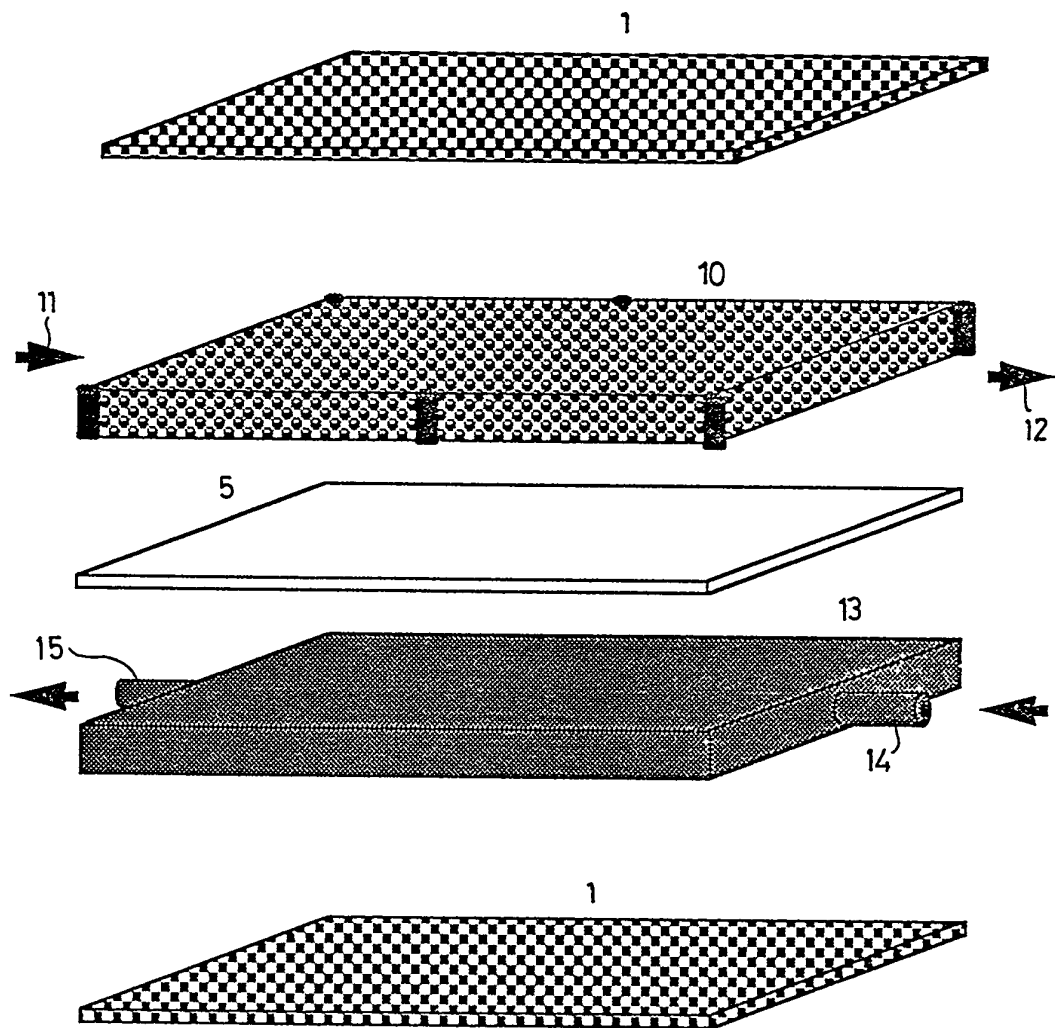
9002168

fig-2



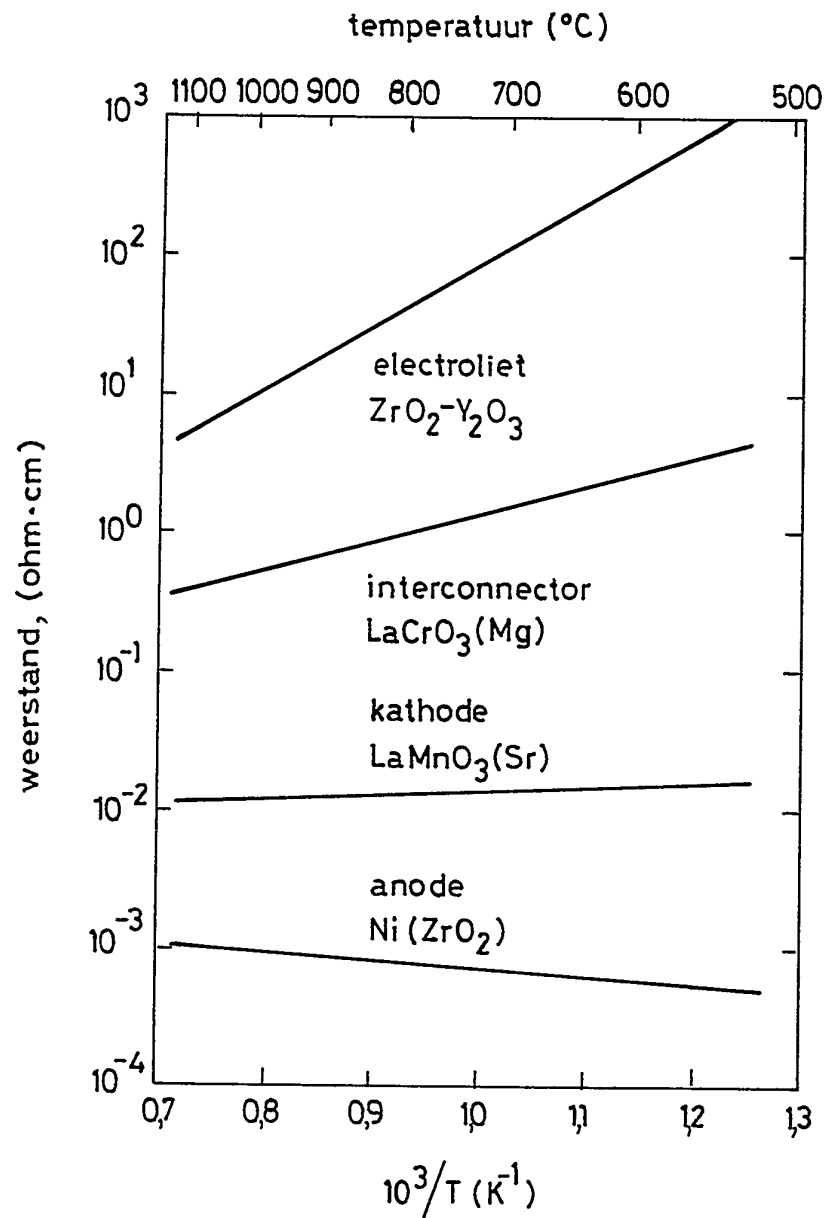
9 0 0 2 1 6 8

fig - 3



9002168

fig - 4



9002168

fig-5

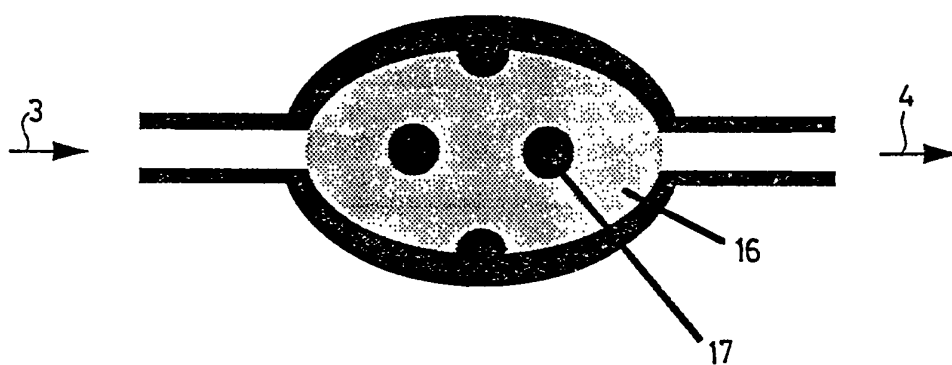
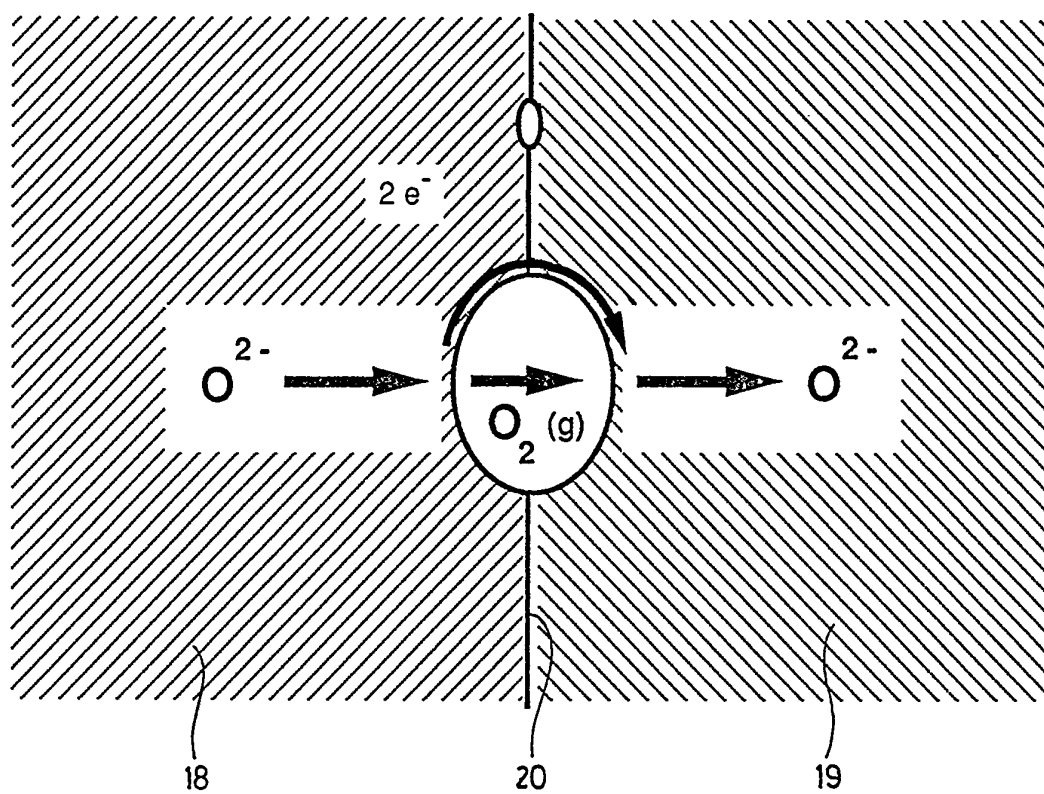


fig-6



9002168