

(19)



Octrooiencentrum
Nederland

(11) 1029544

(12) C OCTROOI²⁰

(21) Aanvraag om octrooi: 1029544

(51) Int.Cl.:

H01M8/16 (2006.01)

H01M8/22 (2006.01)

H01M8/10 (2006.01)

H01M8/04 (2006.01)

(22) Ingediend: 15.07.2005

(41) Ingeschreven:
16.01.2007 I.E. 2007/03(73) Octrooihouder(s):
Magneto special anodes B.V. te Schiedam.(47) Dagtekening:
16.01.2007(72) Uitvinder(s):
Matthias Wessling te Enschede.
Dorothea Catharina Nymeyer te Hengelo.
Sybrandus Jacob Metz te Heerenveen.
Jorg Bernard Christiaan Nijkamp te
Hengelo.(45) Uitgegeven:
01.03.2007 I.E. 2007/03(74) Gemachtigde:
Dr.Ir. H.W. Prins c.s. te 2502 EN Den Haag.

(54) Biologische brandstofcel.

(57) De uitvinding betreft een biologische brandstofcel. De biologische brandstofcel omvat een aantal kathodecompartimenten, voorzien van een kathode; een aantal anodecompartimenten, voorzien van een anode; en een partitiewand die de kathode- en anodecompartimenten scheidt. De biologische brandstofcel wordt gekenmerkt doordat de compartimenten aanwezig zijn als ingesloten compartimenten en de ingesloten compartimenten tenminste gedeeltelijk omsluitende compartimenten. De uitvinding betreft verder een werkwijze voor het biologisch oxideren van een biologisch oxideerbare verbinding, waarbij gebruik wordt gemaakt van de biologische brandstofcel volgens de uitvinding.

NL C 1029544

De inhoud van dit octrooi komt overeen met de oorspronkelijk ingediende beschrijving met conclusie(s) en eventuele tekening(en).

Octrooiencentrum Nederland is het Bureau voor de Industriële Eigendom, een agentschap van het ministerie van Economische Zaken

Biologische brandstofcel

De onderhavige uitvinding heeft volgens een eerste aspect betrekking op een biologische brandstofcel.

- 5 Volgens een verder aspect heeft de uitvinding betrekking op een werkwijze voor het uitvoeren van een biologisch oxidatieproces, die gebruik maakt van de biologische brandstofcel volgens de uitvinding.

Een Biologische brandstofcel is onder andere bekend
10 uit de internationale octrooiaanvraag WO 2004/004036. In de hierin beschreven biologische brandstofcel wordt in een anode compartiment een organische verbinding tezamen met water onder anaerobe omstandigheden microbiëel omgezet tot kooldioxide, elektronen en protonen. De toegepaste
15 microorganismen zijn hierbij in staat om de anode te gebruiken als elektronenacceptor. In een kathode compartiment wordt een reduceerbare verbinding (elektronen acceptor) tezamen met water gereduceerd door elektronen die vrijkomen van de daarin geplaatste kathode. Doordat de anode en kathode
20 elektrisch verbonden zijn vindt door deze reacties elektronen transport tussen de anode en kathode plaats, wat aldus een elektrische stroom opwekt. De ladingsbalans wordt in standgehouden doordat transport van protonen mogelijk is via een protonen geleidend materiaal, dat het anodecompartiment
25 en het kathodecompartiment scheidt. De beschreven brandstofcel heeft een aantal in rijen tegenover elkaar geplaatste katode- en anodecompartimenten. Deze compartimenten, worden gescheiden met behulp van een elektrisch isolerend poreus materiaal.

- 30 Een alternatief bio-elektrisch proces wordt beschreven in WO 2005/005981. In dit proces wordt elektrische energie geïnvesteerd om het mogelijk te maken om aan de kathode elektronen over te dragen aan protonen en aldus

waterstof gas te genereren. De beschreven brandstofcel, bestaat uit een anodecompartiment en een daarnaast gelegen kathode-compartiment die gescheiden zijn met behulp van een protonen geleidend materiaal.

5 Nadeel van de beschreven biologische brandstofcellen, is dat deze een klein contactoppervlak hebben tussen het anodecompartiment en het kathodecompartiment. Hierdoor is het stoftransport (van met name protonen) tussen de beide compartimenten niet optimaal. Tevens is het totale membraan
10 oppervlak per reactor volume eenheid klein. Indien een membraan elektrode assemblage (MEA) wordt toegepast, waarin de kathode, het proton-geleidende scheidingsmembraan en eventueel een katalysator voor de reductiereactie aan de
15 water zijn gecombineerd, zal hierdoor tevens het oppervlak van de MEA beperkt zijn. Hierdoor wordt de elektrische output van de biologische brandstofcel beperkt.

De onderhavige uitvinding heeft tot doel een biologische brandstofcel te verschaffen met een verbeterde
20 configuratie van het anodecompartiment en het kathodecompartiment, waardoor het bovenstaand nadeel uit de stand der techniek wordt verholpen.

Gevonden is, dat een biologische brandstofcel, met een verbeterde configuratie van het anodecompartiment en het
25 kathodecompartiment, verkregen kan worden door de anode- en kathodecompartimenten dusdanig te configureren, dat een compartiment van het ene soort een aantal compartimenten van het andere soort omsluit. De uitvinding heeft derhalve betrekking op een biologische brandstofcel met het kenmerk
30 volgens conclusie 1.

Het anodecompartiment kan vervaardigd zijn van elk willekeurig materiaal dat geschikt is voor het houden van een fermentatie vloeistof. Om remming van microbiële groei te

voorkomen dienen materialen, die in direct contact komen met de microorganismen, of het groeimedium waarin deze zich bevinden, bij voorkeur zo veel als praktisch mogelijk is vrij te zijn van stoffen, die een negatieve invloed hebben op de groei en/of het metabolisme van deze microorganismen. De keuze van geschikte materialen ligt binnen het bereik van de kennis van de vakman.

De keuze van het materiaal voor het kathodecompartiment ligt tevens binnen het bereik van de kennis van de vakman. In een uitvoeringsvorm bevindt zich een waterig medium in het kathodecompartiment. In dergelijke uitvoeringsvormen dient het kathodecompartiment voldoende vloeistof dicht te zijn. In andere uitvoeringsvormen bevindt zich echter een gasvormig medium in het kathodecompartiment in een dergelijke uitvoeringsvorm dient het kathodecompartiment voldoende gasdicht te zijn.

Voor de vervaardiging van de elektroden (kathode en anode) kunnen conventionele materialen, die over het algemeen toegepast worden binnen biologische brandstofcellen, toegepast worden. Begrepen zal worden, dat de elektroden een elektronen geleidend materiaal dienen te omvatten. Het heeft voordelen indien de elektroden een driedimensionale structuur hebben, bijvoorbeeld in de vorm van een poreuze structuur of een vlies, zodat een groot elektrode oppervlak beschikbaar is. Bij voorkeur worden één of meer elektroden vervaardigd van koolstof, zoals in de vorm van grafiet. Toepassing van actieve kool is tevens bijzonder geschikt voor gebruik in met name de anode, aangezien hiermee een groot biologisch actief elektrode-oppervlak beschikbaar is tegenover een relatief lage kostprijs.

Het heeft de voorkeur indien de elektrode in het kathode compartiment voorzien is van een katalysator, die de overdracht van elektronen naar een reduceerbare verbinding

(elektronen acceptor), zoals protonen of moleculaire zuurstof (O_2), bevordert. Een dergelijke katalysator kan bijvoorbeeld fijn verdeeld Pt op grafiet verschaffen in de vorm van fijn verdeelde partikels. Geschikte materialen voor gebruik als
5 elektronen overdrachtskatalysator zijn edelmetalen, zoals platina of goud.

Fijn verdeelde platina of goud partikels op grafiet zijn bijzonder geschikt als katalysator. De scheiding tussen de kathode- en anodecompartimenten wordt gevormd door een
10 elektrisch isolerende partitiewand. De partitie wand kan vervaardigd worden uit materialen die geschikt zijn voor dit doel, welke bekend zijn in het vakgebied van de bio-elektrochemie. Bijvoorbeeld kan de partitiewand bestaan uit een ion-selectief materiaal, zoals een materiaal dat
15 selectief anionen, dan wel kationen doorlaat (bijvoorbeeld een proton-doorlatend materiaal), zoals Nafion®. Voorbeelden van geschikte materialen worden verder gegeven in WO01/04061, WO03/069713 en EP827229. Tevens kan een diafragma van gesinterd glas of een gesinterd keramisch materiaal zoals
20 porselein toegepast worden.

De scheiding tussen de kathode- en anodecompartimenten kan tevens gevormd worden door een membraan elektrode assemblage (MEA). In een dergelijke membraan elektrode assemblage wordt de partitiewand
25 gecombineerd met de kathode en eventueel een elektronenoverdrachtskatalysator, zoals bovengenoemd. MEA's zijn bekend in het gebied van de bio-elektrochemie.

In de biologische brandstofcel volgens de uitvinding wordt een aantal kathodecompartimenten tenminste gedeeltelijk
30 omsloten door een aantal anodecompartimenten of visa versa. Begrepen moet worden dat met een aantal één of meer wordt bedoeld in deze beschrijving van de onderhavige uitvinding. Daar de partitiewand, eventueel in samenhang met de kathode

en een mogelijke elektronenoverdrachtskatalysator, gelegen is tussen de kathode- en anodecompartimenten, wordt deze partitiewand tevens tenminste gedeeltelijk omsloten door het omsluitende compartiment. Daarnaast zal de partitiewand op haar beurt het ingesloten compartiment tenminste gedeeltelijk insluiten. Hierdoor is er een relatief groot contactoppervlak tussen het medium in de anode- en kathodecompartimenten en de partitiewand. Dit resulteert in een verbeterd stoftransport tussen deze compartimenten ten opzichte van de biologische brandstofcellen uit de stand der techniek. Verder kan het oppervlak van de partitiewand ten opzichte van het volume van het compartiment dat het insluit relatief groot zijn. Dit verhoogt over het algemeen de elektrische output van de biologische brandstofcel.

15 In een uitvoeringsvorm omsluit een aantal anode compartimenten een aantal kathode compartimenten. Dit biedt voordelen, indien de reactie aan de anode de beperkende reactie is van de bio-elektrochemische reacties die plaatsvinden. In een dergelijk geval heeft het de voorkeur om het anode oppervlak, en daarmee samenhangend het volume van het anode compartiment, relatief groot te laten zijn ten opzichte van het kathode oppervlak (en het volume van het kathodecompartiment). Daarnaast dient het oppervlak van de partitiewand niet onnodig groot te zijn, met name indien het een ion-selectief membraan, zoals Nafion® of een edelmetaal katalysator omvat, daar dit kostbare materialen zijn. De combinatie van een relatief groot anode oppervlak en een beperkte dimensie van de partitiewand wordt het meest optimaal bereikt door een anodecompartiment een kathodecompartiment te laten omsluiten.

De uitvinding voorziet echter tevens in een biologische brandstofcel, waarbij een aantal kathode compartimenten een aantal anode compartimenten omsluit. Dit

kan voordelen bieden in situaties waar het kathodecompartiment relatief groot dient te zijn ten opzichte van het anodecompartiment en een relatief groot oppervlak van de partitiewand vereist is of geen nadelige aspecten heeft.

- 5 Volgens een voorkeurs uitvoeringsvorm van de biologische brandstofcel wordt een aantal ingesloten compartimenten omsloten door een enkel omsluitend compartiment. Hierdoor zijn een aantal ingesloten compartimenten verspreid geplaatst binnen het volume van het
- 10 omsluitend compartiment. Doordat de partitiewand het anodecompartiment en het kathodecompartiment scheidt is tevens de partitiewand over het volume van het omsluitend compartiment verspreid geplaatst. Dit resulteert in een betere verdeling van de grensvlakken tussen de anode- en
- 15 kathodecompartimenten waardoor er een beter stoftransport tussen de compartimenten mogelijk is. Tevens kan hierdoor het totale oppervlak van de partitiewand ten opzichte van het totale volume van de ingesloten compartimenten, maar tevens ook ten opzichte van het totale volume van het omsluitend
- 20 compartiment worden vergroot. Dit verhoogt over het algemeen de elektrische output van de biologische brandstofcel.

- Voorts biedt dit een groter aantal vrijheidsgraden bij het reactor-ontwerp van de biologische brandstofcel volgens de uitvinding. Het is in een dergelijke
- 25 uitvoeringsvorm namelijk mogelijk om het aantal ingesloten compartimenten te variëren afhankelijk van de ontwerpvereisten. Tevens is het in deze uitvoeringsvorm mogelijk om een aantal van de ingesloten compartimenten af te sluiten van een reeds gebouwde biologische brandstofcel,
- 30 waardoor het reactievolume, c.q. oppervlak van de ingesloten compartimenten, kan worden gevarieerd. Het afsluiten van ingesloten compartimenten kan geschieden door te voorkomen, dat reactiemedium door een dergelijk compartiment stroomt,

bijvoorbeeld met behulp van een afsluitmiddel, zoals een klep.

Volgens een verdere voorkeurs uitvoeringsvorm heeft tenminste één van de kathode- of anodecompartimenten een
5 dwarsdoorsnede met een in hoofdzaak cirkelvormige vorm. De driedimensionale vorm van een dergelijk compartiment zal in hoofdzaak cilindrisch zijn. In een compartiment met een dergelijke dwarsdoorsnede vertoont een fluïdum over het algemeen goede stromingseigenschappen.

10 De uitvinding voorziet echter tevens in uitvoeringsvormen van de biologische brandstofcel waarbij tenminste één van de anode- of kathodecompartimenten een dwarsdoorsnede met een andere vorm, zoals een driehoekige, een vierkante, of een stervormige vorm heeft. Ook indien de
15 dwarsdoorsnede van een compartiment een vorm heeft anders dan een cirkel vorm heeft het de voorkeur dat het compartiment een langgerekte (buisvormige) vorm heeft.

De uitvinding heeft voorts betrekking op een werkwijze voor het uitvoeren van een biologische
20 oxidatiereactie volgens conclusie 6. In deze werkwijze wordt gebruik gemaakt van de biologische brandstofcel volgens de onderhavige uitvinding.

In de biologische brandstofcel kan een elektronen stroom opgewekt worden tussen de anode en kathode, indien
25 deze elektrisch worden verbonden. Deze verplaatsing van elektronen is het gevolg van de bio-elektrochemische reacties die plaatsvinden aan de anode en de kathode. Hierbij wordt aan de anode door middel van een microbiële omzetting een biologisch oxideerbare verbinding (een elektronen donor)
30 samen met water geoxideerd tot CO_2 en protonen, waarbij elektronen vrij komen. De vrijgekomen elektronen worden afgegeven aan de anode als elektronen acceptor. De reactie aan de anode vindt plaats onder anaerobe (zuurstof vrije)

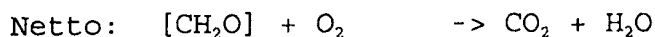
condities, daar in de aanwezigheid van zuurstof de elektronen bij voorkeur worden afgegeven aan het zuurstof in plaats van aan de kathode. De biologisch oxideerbare verbinding kan een organische verbinding of een mengsel van organische
 5 verbindingen zijn, en kan bijvoorbeeld onderdeel uitmaken van een afvalwaterstroom. Voorbeelden van organische verbindingen, die dienst kunnen doen als biologisch oxideerbare verbindingen omvatten suikers, organische zuren, eiwitten, etc..

10 Aan de kathode neemt een reduceerbare verbinding (elektronen acceptor) elektronen op van de kathode, die fungeert als elektronen donor. De reduceerbare verbinding is bij voorkeur moleculair zuurstof (O_2) daar dit eenvoudig toegevoerd kan worden doormiddel van beluchting van het
 15 kathode compartiment. Alternatieve reduceerbare verbindingen zijn bijvoorbeeld Fe^{3+} ionen, zowel in vrije vorm als in complex bijvoorbeeld in de vorm van ijzer(III)cyanide. Ook protonen kunnen aan de kathode fungeren als elektronenacceptor met vorming van waterstofgas. Hiervoor is
 20 het noodzakelijk, dat het potentiaal verschil tussen de anode en kathode groot genoeg is om de elektronen, die aan de kathode worden afgegeven, over te dragen aan protonen om waterstofgas te genereren. Hiervoor kan het noodzakelijk zijn om een potentiaal over de anode en kathode aan te brengen.

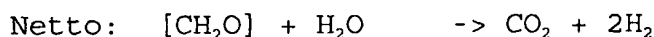
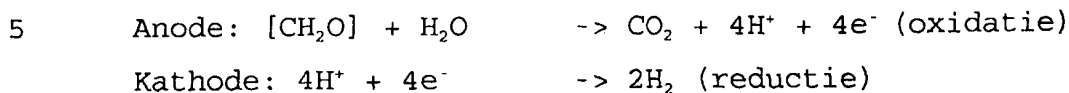
25 De reacties aan de anode en aan de kathode kunnen als volgt weergegeven worden:

Indien O_2 wordt toegepast als elektronenacceptor:

30 Anode: $[CH_2O] + H_2O \rightarrow CO_2 + 4H^+ + 4e^-$ (oxidatie)
 Kathode: $O_2 + 4H^+ + 4e^- \rightarrow 2H_2O$ (reductie)



Indien H^+ wordt toegepast als elektronenacceptor:



10

De reactie aan de anode kan uitgevoerd worden door microorganismen, die de anode als elektronen acceptor kunnen gebruiken. Voorbeelden van dergelijke microorganismen zijn *Geobacter sulfurreducens*, *Shewanella putrefaciens*, *Geobacter metallireducens* en *Rhodospirillum rubrum* of een consortium van deze organismen. Het anode compartiment kan aan het begin van de werkwijze volgens de uitvinding aangeënt worden met een of meer microorganismen, die de anode als elektronen acceptor kunnen gebruiken. Dit is echter niet altijd noodzakelijk. Met name indien een substraat door het anodecompartiment geleid wordt waarvan de kans groot is dat het dergelijke microorganismen bevat, zoals actief slib, kan afgezien worden van beënting.

De uitvinding wordt nader toegelicht aan de hand van de navolgende figuren en voorbeelden, die niet limiterend uitvoeringsvormen laten zien van de uitvinding, en waarbij:

Figuur 1 een dwarsdoorsnede door een biologische brandstofcel volgens de uitvinding weergeeft;

Figuur 2 een dwarsdoorsnede door een alternatieve uitvoeringsvorm van de biologische brandstofcel volgens de uitvinding weergeeft; en

Figuur 3 een lengtedoorsnede weergeeft van een biologische brandstofcel volgens de uitvinding in een modulaire behuizing.

De in figuur 1 weergegeven biologische brandstofcel 1
5 omvat een anodecompartiment 2, dat een kathodecompartiment omsluit. Zowel het anodecompartiment als het kathodecompartiment hebben een cirkelvormige dwarsdoorsnede. Het anodecompartiment en het kathodecompartiment worden gescheiden door een partitiewand 4, die gevormd wordt door
10 Nafion®, dat aan de zijde van het kathodecompartiment bekleed is met een grafietlaag 5, die dienst doet als kathode en die voorzien is van een elektronen overdrachtskatalysator, in dit geval een platina materiaal. Het anodecompartiment is gevuld met een poreus grafietvilt 2, dat dienst doet als anode 2 en
15 waarop een consortium van *Geobacter sulfurreducens*, *Shewanella putrefaciens*, *Geobacter metallireducens* en *Rhodospirillum rubrum*, welke de anode 2 als elektronenacceptor gebruiken, groeit. Het anodecompartiment wordt gevoed met een afvalwaterstroom, die biologisch
20 oxideerbare organische moleculen bevat. Door de open ruimte 3 van het kathodecompartiment wordt een gasstroom geleid, die zuurstof als elektronenacceptor bevat. De anode 2 en kathode 5 zijn elektrisch verbonden (niet getoond) om elektronentransport van de anode 2 naar de kathode 5 toe te
25 staan.

In de in figuur 2 getoonde biologische brandstofcel 1 wordt een veelvoud van kathodecompartimenten omsloten door een enkel anodecompartiment. Elk kathodecompartiment wordt hierbij gescheiden van het anodecompartiment door middel van
30 de partitiewand 4, bestaand uit Nafion®, dat aan de zijde van het kathodecompartiment bekleed is met een grafietmateriaal 5 dat dienst doet als kathode 5 en dat verder voorzien is van een elektronen overdrachtskatalysator,

bestaand uit een platina materiaal. Door de verdeling van een veelvoud van kathodecompartimenten binnen het anodecompartiment, is de afstand voor stoftransport vanuit het anodecompartiment naar de kathode 5 klein. De kathodes 5 in de kathodecompartimenten staan in gemeenschappelijk elektrisch contact (niet getoond) met de anode 2. Elektrische stroom kan opgewekt worden door een afvalwaterstroom, die een biologisch oxideerbare organische verbinding bevat, te leiden door het anodecompartiment en een fluïdum, dat zuurstof bevat, te leiden door de holtes 3 van de kathodecompartimenten.

Figuur 3 toont een lengtedoorsnede van een biologische brandstofcel volgens de onderhavige uitvinding in een modulaire behuizing. Ook in deze uitvoeringsvorm wordt een kathodecompartiment omsloten door een anodecompartiment. De kathode- en anodecompartimenten worden wederom gescheiden door een partitiewand 4 bestaand uit Nafion®, dat aan de zijde van het kathodecompartiment bekleed is met een kathodemateriaal 5, bestaand uit grafietpoeder, dat verder fijn verdeelde platinadeeltjes bevat als elektronen overdrachtskatalysator. Het grafietvilt 2 in het anodecompartiment staat in contact met een geleidend materiaal 6. Hetzelfde geldt voor de kathode 5. Via het geleidend materiaal 6 zijn de anode 2 en kathode 5 elektrisch verbonden met een elektrisch apparaat 7, in dit geval een lamp, dat de opgewekte elektrische energie kan omzetten. Het geheel is samengepakt in een modulebehuizing 8.

Naast het verbinden van de anode 2 en de kathode 5 met een elektrisch apparaat kan de biologische brandstofcel 1 volgens de uitvinding tevens in serie geschakeld worden met een aantal overeenkomstige biologische brandstofcellen 1, door de anode 2 te verbinden met de kathode 5 van een andere biologische brandstofcel 1 en de kathode 5 te verbinden met

de anode 2 van een andere biologische brandstofcel 1. Dit verhoogt het afgegeven voltage van de opgewekte elektrische stroom.

5 Voorbeeld 1

Een biologische brandstofcel wordt vervaardigd uit een drager van een polypropyleen holle vezel membraan (accurel®). De buitenzijde van deze vezel wordt gecoat met een oplossing die platina deeltjes, koolstof, een
10 gesulfoneerd polymeer (SPEEK, gesulfoneerd poly(ether ether keton)) en een oplosmiddel (NMP, N-Methyl-2-Pyrrolidon) bevat. Deze coating, die dienst doet als kathode, wordt gedroogd om het NMP oplosmiddel te verdampen. Vervolgens wordt deze kathodelaag 3 keer gecoat met een SPEEK methanol
15 oplossing (10 gewichtsprocent SPEEK). Deze coatings over de kathodelaag dien dienst als kation selectieve partitiewand. De sulfoneringsgraad van dit gesulfoneerd materiaal bedraagt 75 %. Hierdoor wordt een defectvrije coating verkregen met een dikte van 0,1 mm. Deze membranen worden met behulp van
20 een polyurethaan hars gefixeerd in een kunststof module behuizing, waarin verder een grafietvilt wordt aangebracht als anode. De elektrische circuits van de anode en kathode worden met elkaar verbonden met behulp van koperen draden, die in contact staan met het grafietvilt en de koolstof laag
25 op het membraan. De anodes, die vervaardigd zijn uit grafietvilt, zijn rondom de membranen geplaatst in een anodecompartiment, dat de membranen omsluit. Deze biologische brandstofcel wordt aangeënt met bacteriën uit een bestaande biologische brandstofcel. Het anode compartiment is volledig
30 gevuld met een waterige vloeistof. De anode wordt gevoed met een acetaat en glucose oplossing en anaerobe condities werden gecreëerd door het anode compartiment met stikstof te doorstromen. Het kathode compartiment wordt doorstroomd met

lucht. De biologische brandstofcel is hierbij in staat om een elektrisch vermogen te leveren.

Voorbeeld 2

5 Een biologische brandstofcel wordt vervaardigd door een PES (poly(ethersulfon)) holle vezel membraan aan de binnenzijde te coaten met een gesulfoneerd polymeer (SPEEK, sulfoneringsgraad 75 % opgelost in methanol, concentratie SPEEK 5 -10 gewichtsprocent). De coating wordt aangebracht
10 door met een pipet de SPEEK oplossing door de binnenholte van de vezel te doen stromen. Deze procedure wordt 2 keer uitgevoerd om een defectvrije coating te verkrijgen. Vervolgens is deze polymere coating, die dienst doet als kation selectieve partitiewand, geplatiniseerd door kation
15 uitwisseling met een platina oplossing en door te reduceren met tetrahydroboraat. Deze methode wordt beschreven in: International Journal of Hydrogen Energy Volume 15, Issue 4 , 1990, Pagina's 245-253. Hierdoor wordt een metallische platinalaag verkregen op de SPEEK laag aan de binnenzijde van
20 de membraan. Deze platinalaag doet dienst als kathode en heeft tevens een functie als katalysator. Vervolgens is een biologische brandstofcel vervaardigd analoog aan voorbeeld 1. Na beënting van het anode compartiment met een bacteriele cultuur uit een bestaande biologische brandstofcel wordt het
25 anode compartiment gevoed met een acetaat en glucose oplossing. Anaerobe condities worden in het anode compartiment in stand gehouden door het compartiment te doorstromen met stikstof. Het kathode compartiment wordt doorstroomd met lucht. Deze biologische brandstofcel is in
30 staat een elektrisch vermogen te leveren.

Conclusies

1. Biologische brandstofcel omvattende een aantal kathodecompartimenten, voorzien van een kathode; een aantal
5 anodecompartimenten, voorzien van een anode; en een partitiewand die de kathode- en anodecompartimenten scheidt, **met het kenmerk, dat** de compartimenten aanwezig zijn als ingesloten compartimenten en de ingesloten compartimenten tenminste gedeeltelijk omsluitende compartimenten.
- 10 2. Biologische brandstofcel volgens conclusie 1, waarbij een aantal anodecompartimenten een aantal kathodecompartimenten omsluit.
3. Biologische brandstofcel volgens conclusie 1, waarbij een aantal kathodecompartimenten een aantal
15 anodecompartimenten omsluit.
4. Biologische brandstofcel volgens één der conclusies 1-3, waarbij tenminste één van het aantal kathodecompartimenten of het aantal anodecompartimenten een in hoofdzaak cirkelvormige dwarsdoorsnede heeft.
- 20 5. Biologische brandstofcel volgens een der voorgaande conclusies, waarbij een enkel omsluitend compartiment een veelvoud van ingesloten compartimenten omsluit.
6. Biologische brandstofcel volgens conclusie 5,
25 waarbij de ingesloten compartimenten elektrisch verbonden zijn, bijvoorbeeld door middel van een elektrisch geleidende kunststof.
7. Biologische brandstofcel volgens een der voorgaande conclusies, waarbij de partitiewand een selectief
30 permeabel materiaal omvat, bij voorkeur een ion permeabel materiaal, zoals een kation permeabel materiaal, inclusief een protonpermeabel materiaal, zoals Nafion®.

8. Biologische brandstofcel volgens een der voorgaande conclusies, waarbij de biologische brandstofcel in serie geschakeld is met een aantal andere biologische brandstofcellen, waarbij de anode elektrisch verbonden is met de kathode van een onderscheidende biologische brandstofcel en de kathode elektrisch is verbonden met de anode van een onderscheidende biologische brandstofcel.

9. Werkwijze voor het biologisch oxideren van een biologisch oxideerbare verbinding, omvattende de stappen van:

- (i) het verschaffen van een biologische brandstofcel volgens een der conclusies 1-8;
- (ii) het elektrisch verbinden van de anode en de kathode;
- (iii) het verschaffen van een biologisch oxideerbare verbinding aan het aantal anode compartimenten;
- (iv) het verschaffen van een reduceerbare verbinding aan het aantal kathode compartimenten;
- (v) het vormen en/of in stand houden van anaerobe condities in het aantal anode compartimenten;
- (vi) optioneel het beënten van het aantal anode compartimenten met een aantal microorganismen welke de anode kunnen gebruiken als elektronen acceptor.

10. Werkwijze volgens conclusie 9 waarbij de biologisch oxideerbare verbinding een organische verbinding is.

11. Werkwijze volgens een der conclusies 9-10, waarbij de reduceerbare verbinding wordt geselecteerd uit de groep omvattende O_2 of H^+ .

12. Werkwijze volgens een der conclusies 9-11, waarbij microorganismen worden geselecteerd uit de groep omvattende *Geobacter sulfurreducens*, *Shewanella putrefaciens*, *Geobacter metallireducens* en *Rhodospirillum rubrum*.

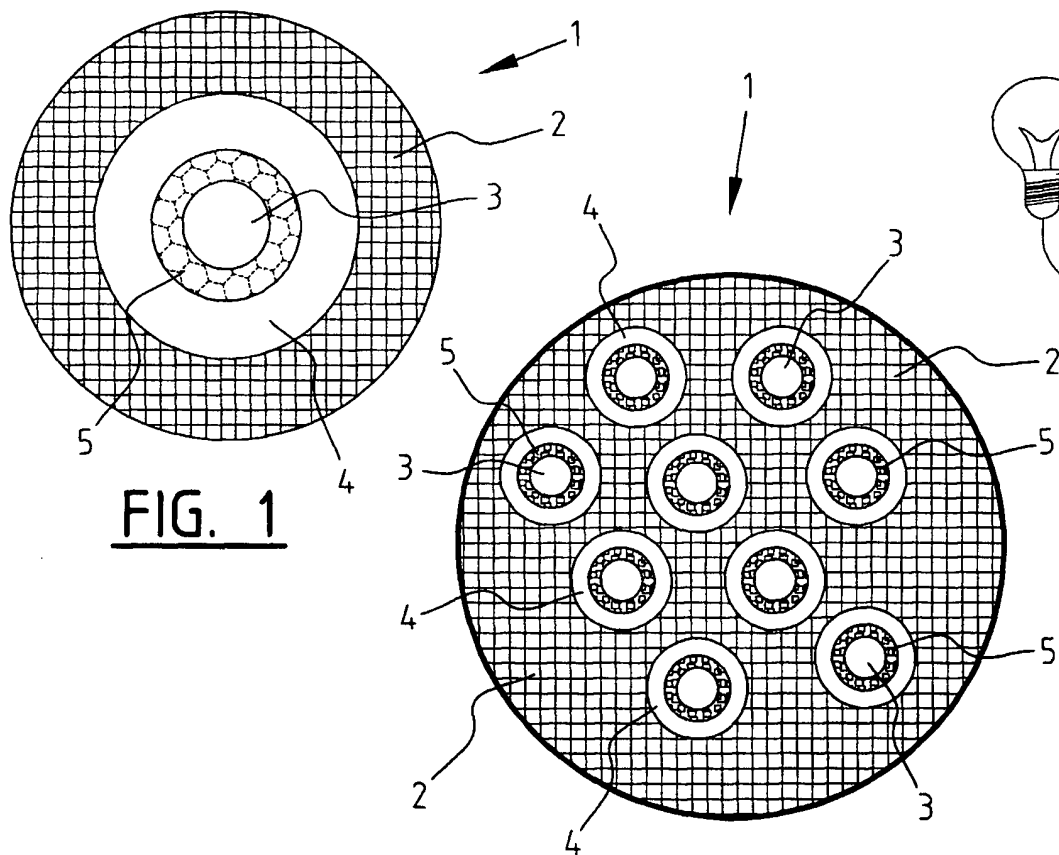


FIG. 1

FIG. 2

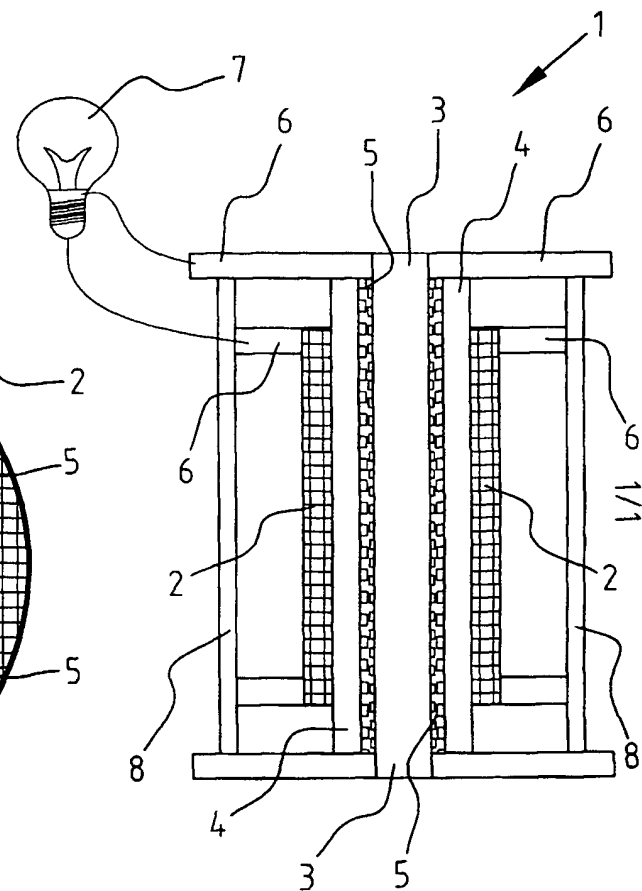


FIG. 3

SAMENWERKINGSVERDRAG (PCT)

RAPPORT BETREFFENDE NIEUWHEIDSONDERZOEK VAN INTERNATIONAAL TYPE

IDENTIFICATIE VAN DE NATIONALE AANVRAGE		KENMERK VAN DE AANVRAGER OF VAN DE GEMACHTIGDE 2S/2BQ58/BW/1	
Nederlands aanvraag nr. 1029544		Indieningsdatum 15 juli 2005	
		Ingeroepen voorrangsdatum	
Aanvrager (Naam) Wetsus			
Datum van het verzoek voor een onderzoek van internationaal type		Door de Instantie voor Internationaal Onderzoek (ISA) aan het verzoek voor een onderzoek van internationaal type toegekend nr. SN 45330 NL	
I. CLASSIFICATIE VAN HET ONDERWERP (bij toepassing van verschillende classificaties, alle classificatiesymbolen opgeven)			
Volgens de internationale classificatie (IPC) Int. Cl 7: H01M8/16 H01M8/22 H01M8/10 H01M8/04			
II. ONDERZOCHE GEBIEDEN VAN DE TECHNIEK			
Onderzochte minimum documentatie			
Classificatiesysteem		Classificatiesymbolen	
Int. Cl 7:	H01M		
Onderzochte andere documentatie dan de minimum documentatie, voor zover dergelijke documenten in de onderzochte gebieden zijn opgenomen			
III. ☐ GEEN ONDERZOEK MOGELIJK VOOR BEPAALDE CONCLUSIES (opmerkingen op aanvullingsblad)			
IV. ☐ GEBREK AAN EENHEID VAN UITVINDING (opmerkingen op aanvullingsblad)			

**VERSLAG VAN HET NIEUWHEIDSONDERZOEK VAN
INTERNATIONAAL TYPE**

Nummer van het verzoek om een nieuwheidsonderzoek

NL 1029544

A. CLASSIFICATIE VAN HET ONDERWERP

H01M8/16 H01M8/22 H01M8/10 H01M8/04

Volgens de Internationale Classificatie van octrooien (IPC) of zowel volgens de nationale classificatie als volgens de IPC.

B. ONDERZOCHE GEBIEDEN VAN DE TECHNIEK

Onderzochte minimum documentatie (classificatie gevolgd door classificatiesymbolen)

H01M

Onderzochte andere documentatie dan de minimum documentatie, voor dergelijke documenten, voor zover dergelijke documenten in de onderzochte gebieden zijn opgenomen

Tijdens het internationaal nieuwheidsonderzoek geraadpleegde elektronische gegevensbestanden (naam van de gegevensbestanden en, waar uitvoerbaar, gebruikte trefwoorden)

EPO-Internal, PAJ, WPI Data, INSPEC

C. VAN BELANG GEACHTE DOCUMENTEN

Categorie °	Geciteerde documenten, eventueel met aanduiding van speciaal van belang zijnde passages	Van belang voor conclusie nr.
X	HABERMANN W ET AL: "BIOLOGICAL FUEL CELLS WITH SULPHIDE STORAGE CAPACITY" 1991, APPLIED MICROBIOLOGY AND BIOTECHNOLOGY, SPRINGER VERLAG, BERLIN, DE, PAGE(S) 128-133 , XP000862908 ISSN: 0175-7598 bladzijde 128 - bladzijde 132 figuur 5 ----- --/--	1,2,4, 7-12



Verdere documenten worden vermeld in het vervolg van vak C.



Leden van dezelfde octrooifamilie zijn vermeld in een bijlage

° Speciale categorieën van aangehaalde documenten

"A" document dat de algemene stand van de techniek weergeeft, maar niet beschouwd wordt als zijnde van bijzonder belang

"E" eerder document, maar gepubliceerd op de datum van indiening of daarna

"L" document dat het beroep op een recht van voorrang aan twijfel onderhevig maakt of dat aangehaald wordt om de publikatiedatum van een andere aanhaling vast te stellen of om een andere reden zoals aangegeven

"O" document dat betrekking heeft op een mondelinge uiteenzetting, een gebruik, een tentoonstelling of een ander middel

"P" document gepubliceerd voor de datum van indiening maar na de ingeroepen datum van voorrang

"T" later document, gepubliceerd na de datum van indiening of datum van voorrang en niet in strijd met de aanvraag, maar aangehaald ter verduidelijking van het principe of de theorie die aan de uitvinding ten grondslag ligt

"X" document van bijzonder belang; de uitvinding waarvoor uitsluitende rechten worden aangevraagd kan niet als nieuw worden beschouwd of kan niet worden beschouwd op inventiviteit te berusten

"Y" document van bijzonder belang; de uitvinding waarvoor uitsluitende rechten worden aangevraagd kan niet worden beschouwd als inventief wanneer het document beschouwd wordt in combinatie met één of meerdere soortgelijke documenten, en deze combinatie voor een deskundige voor de hand ligt

"&" document dat deel uitmaakt van dezelfde octrooifamilie

Datum waarop het nieuwheidsonderzoek van internationaal type werd voltooid

3 Januari 2006

Verzenddatum van het rapport van het nieuwheidsonderzoek van internationaal type

Naam en adres van de instantie

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

De bevoegde ambtenaar

Götz, H

**VERSLAG VAN HET NIEUWHEIDSONDERZOEK VAN
INTERNATIONAAL TYPE**

Nummer van het verzoek om een nieuwheidsonderzoek

NL 1029544

C.(Vervolg). VAN BELANG GEACHTE DOCUMENTEN

Categorie °	Geciteerde documenten, eventueel met aanduiding van speciaal van belang zijnde passages	Van belang voor conclusie nr.
X	US 6 294 281 B1 (HELLER ADAM) 25 september 2001 (2001-09-25) kolom 1, regel 43 - regel 46 kolom 1, regel 63 - kolom 2, regel 2 kolom 3, regel 27 - regel 32 kolom 3, regel 52 - regel 53 kolom 3, regel 65 - regel 67 kolom 4, regel 12 - regel 50 kolom 5, regel 1 - regel 31 kolom 9, regel 45 - kolom 10, regel 24 kolom 13, regel 5 - regel 23 -----	1,2,4, 7-12
A	WO 01/04061 A (KOREA INSTITUTE OF SCIENCE AND TECHNOLOGY; KIM, BYUNGHONG; CHANG, INSE) 18 januari 2001 (2001-01-18) in de aanvraag genoemd het gehele document -----	1-12
A	WO 2004/004036 A (NEDERLANDSE ORGANISATIE VOOR TOEGEPAST- NATUURWETENSCHAPPELIJK ONDERZO) 8 januari 2004 (2004-01-08) in de aanvraag genoemd het gehele document -----	1-12

**VERSLAG VAN HET NIEUWHEIDSONDERZOEK VAN
INTERNATIONAAL TYPE**

Informatie over leden van dezelfde octrooifamilie

Nummer van het verzoek om een nieuwheidsonderzoek
NL 1029544

In het rapport genoemd octrooigescrift	Datum van publicatie	Overeenkomend(e) geschrift(en)	Datum van publicatie	
US 6294281	B1	25-09-2001	US 2002025469 A1	28-02-2002
WO 0104061	A	18-01-2001	AU 3333500 A	30-01-2001
			CA 2378558 A1	18-01-2001
			CN 1364146 A	14-08-2002
			EP 1232123 A1	21-08-2002
			JP 2004517437 T	10-06-2004
			KR 2001009031 A	05-02-2001
WO 2004004036	A	08-01-2004	AU 2003280489 A1	19-01-2004
			EP 1518291 A2	30-03-2005
			NL 1020965 C2	13-01-2004
			US 2005255345 A1	17-11-2005