

(19) DANMARK



(12) FREMLÆGGELSESSKRIFT

(11) 163310 B

Patentdirektoratet
TAASTRUP

(21) Patentansøgning nr.: 3069/84

(22) Indleveringsdag: 22 jun 1984

(41) Alm. tilgængelig: 25 dec 1984

(44) Fremlagt: 17 feb 1992

(86) International ansøgning nr.: -

(30) Prioritet: 24 jun 1983 US 507604

(71) Ansøger: *AMERICAN CYANAMID COMPANY; Wayne; New Jersey, US

(72) Opfinder: Louis George *Morin; US

(51) Int.Cl.5

C 25 D 17/10

C 25 B 11/00

C 25 C 7/02

(74) Fuldmægtig: Budde, Schou & Co. A/S

(54) Elektroder, elektrokemiske og bipolære celler indeholdende sådanne elektroder og fremgangsmåde til fremstilling af sådanne elektroder

(56) Fremdragne publikationer

(57) Sammen drag

3069-84

I elektroder (10) omfattende en flerhed af fibre (12) strækker et i det væsentlige kontinuerligt metalovertræk med høj bindingsstyrke sig over i det mindste en del af hver fiber, og fibrene giver herved et stort effektivt overfladeareal. Elektroderne har en effektiv elektrisk forbindelse ved deres polklemmer (16) ved, at der er dannet en fiber/metal-matriks (18), som tilvejebringer den ønskede forbindelse uden skade på fibrene. Fiber/metal-matriksen giver en fremragende elektrisk kontakt mellem alle fibrene og hindrer opsugning af elektrolyt eller processtrøm i de elektriske forbindelser. Hvis fibrene er overtrukket i en væsentlig del af deres længde, har de også en høj elektrisk ledningsevne. Elektroderne er anvendelige i elektrokemiske celler.

3069-84

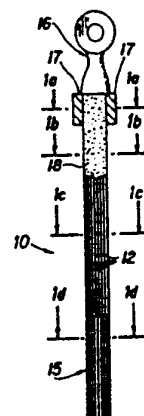


FIG. 1

Den foreliggende opfindelse angår elektroder, elektrokemiske og bipolære celler indeholdende sådanne elektroder og en fremgangsmåde til fremstilling af sådanne elektroder.

. Effektiviteten af elektrokemiske processer, såsom
5 elektrolyse, elektroplettering, elektro-udvinding, elektroorganisk syntese og genvinding af affald, afhænger i væsentlig grad af overfladearealet af elektroden. Elektroder er blevet konstrueret med ribber eller folder til forøgelse af overfladearealet. Sandblæsning er også blevet anvendt til opruning af elektrodeoverfladen og dermed til-
10 vejebning af et større overfladeareal. Disse kendte metoder har vist sig at have en begrænset effektivitet til forøgelse af overfladearealet.

For nylig er carbonfibre til elektroder, der giver
15 store overfladearealer, blevet beskrevet i US-patentskrift nr. 4.046.663, 4.108.754 og 4.108.757. Elektroderne omfatter en flerhed af carbonfibre, der er anordnet generelt parallelt med hinanden og ved den ene ende er fastgjort til en elektrisk forbindelse. Selv om disse elektroder kan
20 have store overfladearealer, giver de relativt ringe elektriske forbindelser. Nærmere bestemt brydes et stort antal carbonfibre altid, når et kabel af sådanne fibre fastgøres til en elektrisk forbindelse. Dette brud af fibre påvirker i uheldig grad den elektriske effektivitet af kablet. Desuden medfører den mekaniske forbindelse af carbon-
25 fibre en uønsket høj elektrisk modstand ved forbindelsen. Følgelig kan de teoretiske effektiviteter af elektroderne ikke opnås på grund af de mekanisk destruktive og ueffektive elektriske forbindelser.

30 Elektroderne beskrevet i US patentskrift nr. 4.046.663, 4.046.664, 4.108.754 og 4.108.757 virker også som en væge, der suger elektrolyt op i området af polklemmen. Når elektrolyten fordamper, bliver der en saltrest tilbage, der påvirker den elektriske forbindelse. Saltaflejringerne afskærmer polklemmen termisk, hvilket forårsager varmeophobning, forøget modstand, og eventuelt pol-

klemme-svigt på grund af overledning. Selv om vægevirkningen og fiberskaden kunne kontrolleres, ville der være ringe elektrisk forbindelse til fibrene i midten af bundtet.

Der er gjort flere forsøg på at placere metalliske
5 overtræk på carbonfibre, således at kabler af de pletterede carbonfibre kan anvendes mere effektivt som elektroder ved forskellige elektrokemiske processer. I de fleste tilfælde har pletteringen påført på disse carbonfibre været diskontinuerlig, skør og kostbar at påføre. For eksempel
10 beskrives der i US patentskrift nr. 4.132.828 vakuum-afsætning af nikkel på carbonfibre. Overtrækket, der beskrives i dette patentskrift, er imidlertid ikke kontinuerligt i kontakt med carbonfibre og vil let knække og falde af fibrene, hvis de snos.

15 Såkaldte strømløse nikkelbade er også blevet anvendt til plettering af carbonfibre. Imidlertid er denne pletteringsproces langsom, kostbar at gennemføre og medfører igen ringe diskontinuerlige overtræk.

Sammenfattende har elektroderne ifølge kendt teknik
20 bestået af carbonfibre eller metalovertrukne fibre med metalovertræk af ringe kvalitet. Disse metalovertræk har typisk været tykke og haft en uensartet tykkelse. De har endvidere ikke hæftet godt til fiberkernen. Carbonfibre har været udsat for brud under installeringen af terminal-forbindelsen.
25 Desuden, på grund af den relativt lave ledningsevne af carbonfibre, har fibre placeret inden i fiberbundtet og derfor ikke i direkte kontakt med terminal-forbindelsen ikke deltaget ligeligt i elektrodefunktionen.

Anvendelsen af metalovertrukne fibre ifølge kendt
30 teknik har heller ikke afhjulpet de ulemper, der er forbundet med anvendelsen af carbonfibre.

Da metalovertrækkene ikke har været ensartede, er de typisk blevet påført som tykke overtræk. Dette har nedsat overfladearealet af elektroden, da der må anvendes færre
35 fibre pr. elektrodevolumenenhed. Vedhæftningen af overtrækkene har også været utilfredsstillende, og der er ofte fore-

kommet overtræk/fiber-adskillelse, især under fastgørelsen af terminal-forbindelsen. Dette har medført en polklemme i kontakt med ikke-overtrukne carbonfibre og dermed igen de problemer, der er knyttet til anvendelse af ikke-overtrukne
5 fibre.

Det er formålet med opfindelsen at overvinde de nævnte ulemper ved den kendte teknik.

Opfindelsen angår således en elektrode omfattende en flerhed af ved siden af hinanden liggende, kontinuerlige
10 fibre, hvor hver fiber har et tyndt, fast vedhæftende metalovertræk derpå, hvilken elektrode er ejendommelig ved, at ender af de metalovertrukne fibre har et tilslutningsstykke, og at et elektrisk ledende metal strækker sig mellem fibrenes ender og forbinder dem med hinanden og med tilslutningsstykket til tilvejebringelse af en sammenhængende metal-
15 matriks, der giver en effektiv elektrisk forbindelse mellem de metalovertrukne fibre og tilslutningsstykket.

Opfindelsen angår også en elektrokemisk celle omfattende mindst ét par af elektroder, hvor elektroderne i hvert
20 par har modsatte elektriske ladninger, og mindst én af elektroderne i hvert par omfatter en flerhed af ved siden af hinanden liggende, kontinuerlige fibre, hvor hver fiber har et tyndt, fast vedhæftende metalovertræk derpå, hvilken elektrokemisk celle er ejendommelig ved, at enderne af fibrene i den nævnte, mindst ene elektrode, som indeholder
25 fibre, er nær hinanden, og at den nævnte elektrode omfatter et metalovertræk på hver fiber i de nævnte ender, der strækker sig langs hver fiber, et tilslutningsstykke ved de nævnte, metalovertrukne ender af fibrene samt et elektrisk ledende metal, der strækker sig mellem metalovertrækkene ved
30 enderne af fibrene og forbinder dem med hinanden og med det nævnte tilslutningsstykke til tilvejebringelse af en sammenhængende metal-
matriks, der giver en effektiv elektrisk forbindelse mellem de metalovertrukne fibre og tilslutnings-
35 stykket.

Opfindelsen angår endvidere en bipolar elektrokemisk

celle, hvilken bipolar elektrokemisk celle er ejendommelig ved, at den omfatter en beholder med to kamre til at rumme forskellige elektrolytopløsninger, hvor det ene kammer indeholder en aktiv anode og en passiv katode, og det andet
5 kammer indeholder en aktiv katode og en passiv anode, hvor de aktive elektroder er forbundet med en kraftkilde, og de passive elektroder er elektrisk forbundet med hinanden, og hvor den passive anode og den passive katode består af fiberholdige elektroder ifølge krav 1, hvorved den første elektro-
10 lytopløsning vil blive reduceret, og den anden elektrolytopløsning vil blive oxideret, når den første og den anden elektrolytopløsning anbringes i det første og det andet kammer.

Opfindelsen angår endelig også en fremgangsmåde til
15 fremstilling af en fiberholdig elektrode ifølge krav 1, hvilken fremgangsmåde er ejendommelig ved, at man

tilvejebringer en kontinuerlig længde af en flerhed af kernefibere,

pletterer i det mindste den ene ende af hver kerne-
20 fiber med et i det væsentlige ensartet, fast vedhæftende overtræk af metal,

placerer et elektrisk forbindelsesstykke i kontakt med de metalovertrukne ender af kernefibrene, og

sammenføjer de metalovertrukne ender og det elektriske
25 forbindelsesstykke med et elektrisk ledende metal, der strækker sig mellem de metalovertrukne fiberender til dannelse af en sammenhængende fiber/metal-matriks, der giver en effektiv elektrisk forbindelse.

Elektroden ifølge den foreliggende opfindelse inde-
30 holder en flerhed af fibre, hvor hver fiber har et metallisk overtræk, som hæfter fast til denne. Overtrækket er fortrinsvis kontinuerligt og er bundet så godt, at hvis den metalovertrukne fiber bøjes, kan overtrækket knække, men vil ikke skalle af. Fibrene til elektroderne ifølge opfindelsen
35 kan være semimetalliske, såsom carbon- og siliciumcarbidfibre, eller ikke-ledende, såsom polyamid-, polyester- og/-eller aramidfibre.

Når fibrene er semimetalliske, såsom carbon eller siliciumcarbid, kan metalovertrukket påføres elektrolytisk ved metoden beskrevet i DK patentansøgning nr. 1206/83 (som svarer til DK patent nr. 158.159). Fiberovertrukket beskrevet i denne ansøgning er kontinuerligt og har forbedrede bindings- og fleksibilitetskarakteristika. Som resultat heraf er det muligt at forme fibre overtrukket ved fremgangsmåden ifølge denne ansøgning til former, der er nyttige til elektroder, og som blev betragtet som uopnåelige med kendte metalovertrukne carbon- eller siliciumcarbidfibre.

Ved en foretrukken metode til fremstilling af de metalovertrukne carbon- eller siliciumcarbidfibre, vil følgende trin blive anvendt:

- a) tilvejebringelse af en kontinuerlig længde af en flerhed af de elektrisk ledende kernefibre,
- b) kontinuerlig nedsenkning af i det mindste en del af længden af de nævnte fibre i en opløsning, der er i stand til elektrolytisk afsætning af mindst ét metal, og
- c) tilvejebringelse af en mængde elektricitet, medens der påtrykkes en ydre spænding mellem fibrene og en elektrode nedsænket i opløsningen, hvilken spænding er over den, der normalt er nødvendig til at fremkalde afsætning af metal, hvorved (i) metallet reduceres på overfladen af fibrene, (ii) metallet danner kim på i det væsentlige ensartet måde på overfladen af fibrene, og (iii) der tilvejebringes et i det væsentlige ensartet, fast vedhæftende lag af metal på kernen.

Fibrene, der er dannet ved den beskrevne metode, vil have en bindingsstyrke mellem metal og kerne, der er tilstrækkelig til, at overtrukket ved bøjning af fiberen kan knække, men ikke skaller af. Endvidere er bindingsstyrken i foretrukne fibre mere end tilstrækkelig til, at der kan bindes knuder på fibrene uden væsentlig, dvs. mere end 5 vol.-%s adskillelse og afskalning af overtrukket.

Når fibrene er ikke-ledende, såsom polyamid, polyester og/eller aramider, gøres de først ledende ved tilvejebringelse af et yderst tyndt metallisk mellemlag som

beskrevet i DK patentansøgning nr. 3070/84 og overtrækkes derefter elektrolytisk med et metallisk lag som beskrevet i DK patentansøgning nr. 1206/83.

Hvadenten kernefibrene er semimetalliske eller ikke-
5 -metalliske, dannes elektroden ifølge opfindelsen ud fra fibre, der er metalovertrukne nær elektrodens forbindelse til en kraftkilde. Metalovertrukket på fibrene gør det muligt at danne forbindelsen til kraftkilden ved sådanne metoder som lodning, således at der dannes en kontinuerlig fiber/-
10 metal-matriks, der støder op til den elektriske forbindelse, hvorved der undgås mekaniske forbindelser, såsom påkrympning, der skader fibrene og nedsætter elektrodens effektivitet. Med den loddede forbindelse og den deraf følgende kontinuerlige fiber/metal-matriks undgås desuden den vægevirkning,
15 der har været almindeligt forekommende med kendte mekaniske forbindelser, og som hurtigt forringer kvaliteten af den elektriske forbindelse. Desuden indkapsler den loddede forbindelse og den fremkomne kontinuerlige fiber/metal-matriks alle fibrene i metal, således at der fås en lav kontaktmod-
20 stand, selv til midten af en masse af 100.000 fibre.

Den her omhandlede elektrode kan dannes ved kun at metalplettere den del af et fibertov, der er nær den elektriske forbindelse. Elektroden kan også dannes af et fibertov, der er helt metalovertrukket, og som derefter
25 befris for en del af metalovertrukket før anvendelsen som elektrode. Ved de fleste elektrokemiske anvendelser vil elektroden, der kun har plettering nær den elektriske forbindelse, fortrinsvis fungere som anode.

Den foreliggende opfindelse omfatter endvidere et
30 arrangement af fibre, hvor hver fiber i arrangementet er kontinuerligt overtrukket med metal i hele sin længde. Disse overtrukne fibre giver en stor overflade med høj elektrisk ledningsevne. De er elektrisk forbundet til en kraftkilde ved f.eks. lodning, således at der dannes en sammen-
35 hængende carbon/metal-matriks nær den elektriske forbindelse. Som ovenfor forklaret undgås der med denne kontinu-

erlige matriks skade på fibre, og vægevirkning forhindres i alt væsentligt. Elektroden, der er dannet ved plettering i hele længden af hver fiber, anvendes typisk som katode.

5 Som følge af den forbedrede overtrækning af fibre, som beskrevet ovenfor og i DK patentansøgning nr. 1206/83 og 3070/84, er det muligt at forme den her omhandlede fiberelektrode til forskellige nyttige former, som ikke har nået til rådighed hidtil. Nærmere bestemt kan et metalover-

10 trukket fibertov vikles omkring en gennemstrømningsunderstøtning med ringe eller ingen mulighed for, at metalovertrukket brydes løs fra fibre. Andre pletterede elektrodeformer omfatter vævede måtter, der kan understøttes i plan form eller kan vikles omkring en gennemstrømningsunderstøtning,

15 og strikkede rørformede udformninger, der kan placeres omkring en cylindrisk gennemstrømningsunderstøtning.

 Som følge af fleksibiliteten af de her omhandlede elektroder muliggøres flere enestående cellestrukturer og processer. For eksempel kan anoder og katoder monteret om-

20 kring gennemstrømningsunderstøtninger placeres skiftevis i en eller flere celler. Elektrolyten kan derefter føres gennem cellerne på en sådan måde, at der sikres maksimal kontakt med carbonfibre. I én udførelsesform kan hver celle indeholde en anode på en gennemstrømningsunderstøt-

25 ning og en katode på en gennemstrømningsunderstøtning. Hver sådan celle kan adskilles af en ikke-ledende barriere, hvor hver barriere har elektrolyt-adgangsveje i form af et eller flere huller. Til opnåelse af det ønskede strømningsmønster vil adgangsvejene i barriererne være placeret skif-

30 tevis i et hjørne i bunden eller i et modsat hjørne i toppen. Huller, der er placeret på denne måde i barriererne, vil hjælpe med til, at der opnås maksimal kontakt mellem elektrolyten og elektroderne.

 I en anden udførelsesform for den ovenfor beskrevne

35 konstruktion kan hver celle indeholde flere fiberholdige anoder og katoder viklet omkring gennemstrømningsunderlag.

Flere af sådanne multielektrodeceller kan opstilles i serie med forbindelserne mellem cellerne konstrueret således, at der sikres maksimal kontakt mellem elektrolyten og elektroderne. Som ovenfor anført kan dette elektrolytstrømningsmønster opnås ved skiftevis at placere hullerne i barriererne mellem cellerne i de øverste og nederste hjørner af barriererne.

Andre udførelsesformer for elektrokemiske celler er mulige. For eksempel kan porøse metalplader anvendes som katoder og anordnes skiftevis med de ovenfor beskrevne anoder. I endnu en udførelsesform kan der tilvejebringes en diskretionær celle ved anvendelse af en lille anode, såsom en platintråd, sammen med en metalpletteret fiberkatode med stort areal til afsætning af bestemte metaller på katoden, medens andre metaller efterlades i opløsning. For at sikre optimal elektrolytkontakt med elektroderne i den ovenfor beskrevne diskretionære celle, kan den metalpletterede fiberkatode formes til en cylindrisk form med cylinderen placeret koncentrisk omkring anoden. Den cylindriske fiberkatode kan enten dannes ved skruelinieformet opvikling af et fibertov omkring en porøs cylindrisk form eller ved strikning af en rørformet struktur af den metalpletterede fiber. En bipolar celle ifølge opfindelsen, der kan anvendes til oxidations/-reduktions-reaktioner, omfatter en skiftevis placering af anoder og katoder i en celle indeholdende begge opløsninger, hvor én af de indbyrdes forbundne elektroder ifølge den foreliggende opfindelse er anbragt i én opløsning, medens den anden celle er anbragt i den anden opløsning.

I hver enkelt af de beskrevne udførelsesformer giver elektroderne ifølge opfindelsen store overfladearealer, effektive elektriske forbindelser og høj bindingsstyrke mellem kernefibrene og metalovertrækkene derpå.

I det følgende beskrives opfindelsen detaljeret med henvisning til den vedføjede tegning, der viser illustrerende udførelsesformer for opfindelsen.

0 Fig. 1 på tegningen viser et lodret billede i delvis tværsnit af en elektrode ifølge den foreliggende opfindelse indeholdende et tov af delvis pletterede fibre og en sammenhængende fiber/metal-matriks ved polklemmen,

5 fig. 1a viser et forstørret tværsnit af elektroden vist i fig. 1 taget langs med linien 1a-1a,

 fig. 1b viser et forstørret tværsnit af elektroden vist i fig. 1 taget langs med linien 1b-1b,

10 fig. 1c viser et forstørret tværsnit af elektroden vist i fig. 1 taget langs med linien 1c-1c,

 fig. 1d viser et forstørret tværsnit af elektroden vist i fig. 1 taget langs med linien 1d-1d,

 fig. 2 viser et forstørret lodret billede, delvis i tværsnit, af en enkelt fiber i elektroden vist i fig. 1,

15 fig. 3 viser et lodret billede, delvis i tværsnit, af elektroden vist i fig. 1 anvendt sammen med et beskyttelsesrør,

 fig. 4 viser et lodret billede, delvis i tværsnit, af en anden elektrode ifølge opfindelsen indeholdende et tov af fuldstændigt pletterede fibre,

20 fig. 4a viser et forstørret tværsnit af elektroden vist i fig. 4 taget langs med linien 4a-4a,

 fig. 4b viser et forstørret tværsnit af elektroden vist i fig. 4 taget langs med linien 4b-4b,

25 fig. 4c viser et forstørret tværsnit af elektroden vist i fig. 4 taget langs med linien 4c-4c,

 fig. 5 viser et forstørret lodret billede, delvis i tværsnit, af en enkelt fiber i elektroden vist i fig. 4,

30 fig. 6 viser et lodret billede, delvis i tværsnit, af elektroden vist i fig. 4 anvendt sammen med et beskyttelsesrør,

 fig. 7 viser et "sprængt" perspektivisk billede af en anden udførelsesform for elektroden ifølge den foreliggende opfindelse, hvor tovet af fibre er viklet omkring en strømningsunderstøtning,

35

0

fig. 8 viser et lodret billede, delvis i tværsnit, af elektroden vist i fig. 7,

fig. 9 viser et sidebillede, delvis i tværsnit, af elektroden vist i fig. 7,

5

fig. 10 viser et sidebillede, delvis i tværsnit, af en elektrokemisk celle ifølge opfindelsen indeholdende elektroden vist i fig. 7-9,

fig. 11 viser et perspektivisk billede af delepanelerne anvendt i den elektrokemiske celle vist i fig. 10,

10

fig. 12 viser et perspektivisk billede af gennemstrømnings-afstandsdelen, der er placeret mellem elektroderne vist i fig. 10,

fig. 13 viser et skematisk diagram af et elektrokemisk system indeholdende en elektrokemisk celle ifølge opfindelsen,

15

fig. 14 viser et vandret billede af den elektrokemiske celle vist i fig. 13,

fig. 15 viser et lodret tværsnit af den elektrokemiske celle vist i fig. 14 taget langs med linien 15-15,

20

fig. 16 viser et tværsnit af den elektrokemiske celle vist i fig. 14 taget langs med linien 16-16,

fig. 17 viser et lodret billede, delvis i tværsnit, af en diskretionær elektrokemisk celle ifølge opfindelsen,

fig. 18 viser et perspektivisk billede af cellen vist i fig. 17,

25

fig. 19 viser et lodret billede, delvis i tværsnit, af en elektrokemisk celle ifølge opfindelsen indeholdende en porøs pladeelektrode,

fig. 20 viser et perspektivisk billede af den porøse pladeelektrode i cellen vist i fig. 19,

30

fig. 21 viser et lodret billede, delvis i tværsnit, af en bipolar elektrokemisk celle ifølge opfindelsen, og

fig. 22 viser et perspektivisk billede af skillevæggen og de aktive elektroder i cellen vist i fig. 21.

35

Elektroden ifølge den foreliggende opfindelse er betegnet generelt ved tallet 10 i fig. 1, 1a, 1b, 1c, 1d

0

og 2. Elektroden 10 er dannet ud fra en flerhed af fibre 12, der hver især indeholder en central fiber 13, fortrinsvis af carbon, f.eks. 7-13 μ m tyk, og et tyndt koncentrisk kontinuerligt lag 14 af nikkel eller andet pletteringsmetal, f.eks. ca. 0,5 μ m tykt. De pletterede fibre 12 er formet til et tov 15, som er et generelt parallelt arrangement af adskillige pletterede fibre, f.eks. ca. 40.000-50.000 fibre, hvorved tovet typisk har en diameter på ca. 3,2 mm. Et tov 15 med den ønskede længde er placeret i et elektrisk forbindelsesstykke 16, således at klem-armene 17 af det elektriske forbindelsesstykke 16 griber omkring en ende af tovet 15. Nærmere bestemt griber armene 17 af det elektriske forbindelsesstykke 16 omkring tovet 15 med tilstrækkelig kraft til, at tovet 15 fastholdes løst, men det alligevel sikres, at de pletterede fibre 12 ikke skades. Denne kraft, som udøves af klem-armene 17 på tovet 15 er væsentlig mindre end den kraft, der normalt ville blive anvendt, hvis denne mekaniske forbindelse var afgørende for ledningen af elektricitet.

20

Når tovet 15 er blevet fastholdt af det elektriske forbindelsesstykke 16, neddyppes kombinationen af forbindelsesstykket 16 og tovet 15 i et bad af smeltet metal, såsom loddemiddel med ca. 60% tin og ca. 40% bly. Loddemidlet 18 opsuges i området mellem det elektriske forbindelsesstykke 16 og de pletterede fibre 12 og mellem fibrene til dannelsen af, hvad der i realiteten er en carbon/metal-matriks ved enden af elektroden 10, hvorved der defineres en effektiv elektrisk ledende forbindelse mellem tovet 15 og forbindelsesstykket 16. Den ønskede opsugning mellem de pletterede fibre 12 kan ske på få sekunder, typisk ca. 10 sekunder.

30

Metalpletteringen 14 på den del af hver fiber 13, der ikke er nær forbindelsesstykket 16, fjernes derefter, f.eks. ved neddykning i et salpetersyrebad. Nærmere bestemt fjernes pletteringen 14 således, at der efterlades et kort stykke med plettering 14, der strækker sig bort fra loddemidlet 18. Fortrinsvis strækker pletteringen 14 sig mellem

35

0

1,3 og 5,1 cm bort fra loddemidlet 18, som vist ved afstanden x i fig. 2. Således, som illustreret i fig. 1a, definerer den øverste del af elektroden 10 en sammenhængende carbon/metal-matriks omfattende carbonfibre 12, pletteringen 14, loddemidlet 18 og armene 17 af forbindelsesstykket 16. Lidt fra forbindelsesstykket 16, som vist i fig. 1b, omfatter den sammenhængende carbon/metal-matriks carbonfibre 13, pletteringen 14 og loddemidlet 18. Længere væk fra forbindelsesstykket 16, som vist i fig. 1c, omfatter elektroden 10 carbonfibre 13 og pletteringen 14, men ikke loddemiddel 18. Denne plettering uden loddemiddel giver en aftrappet strømodstand, der udjævnes fra polklemmen 16 til den frie fiber 13. På denne måde tilvejebringes der en strømgradient, der forhindrer dannelse af et område med en kraftig strøm, der ville blive hurtigere angrebet af enhver elektrolyt i kontakt dermed. Endelig, som vist i fig. 1d, er fibre 13 løst anordnet i tovet 15 i resten af elektroden uden plettering, og elektrolyten, der er betegnet generelt ved pile 19, kan strømme frit mellem fibre 13 og opnå maksimal kontakt med disse. Carbonfibre er af grafit og generelt frie for amorft carbon.

I fig. 3 anvendes elektroden 10 sammen med et ikke-ledende beskyttelsesrør 20 dannet af plast eller andet indifferent materiale. Røret 20 passer løst over elektroden 10 og strækker sig generelt fra forbindelsesstykket 16 til et punkt på elektroden 10, der vil være placeret flere tommer under overfladen af elektrolyten, som elektroden 10 anvendes sammen med. Beskyttelsesrøret 20 afspejler den kendsgerning, at de mest aggressive skadelige elektrolytreaktioner foregår i området umiddelbart under overfladen af elektrolyten. Beskyttelsesrøret 20 minimerer således de skadelige virkninger i dette kritiske område af elektrolyten. Til yderligere minimering af overgangseffekterne mellem elektrolyten og elektroden 10 er beskyttelsesrøret 20 forsynet med en flæthed af små huller 21 ved den ende af beskyttelsesrøret 20, der er fjernest fra det elektriske

0 forbindelsesstykke 16, således at der på effektiv måde dannes en overgangszone med en strømgradient, der minimerer et område med for kraftig strøm og elektrolytangreb.

5 En anden elektrode 22 ifølge opfindelsen er illustreret i fig. 4, 4a, 4b, 4c og 5. Elektroden 22 ligner i sin konstruktion den ovenfor beskrevne elektrode 10, bortset fra at elektroden 22 omfatter plettering 14, der er placeret kontinuerligt i hele længden af hver fiber 13. Således, som illustreret i fig. 4a, definerer den del af
10 elektroden 22, der er nær forbindelsesstykket 16, en sammenhængende carbon/metal-matriks omfattende carbonfibre 13, metalplettering 14, loddemiddel 18 og arme 17 af forbindelsesstykket 16. På et sted på elektroden 22 i kort afstand fra forbindelsesstykket 16 omfatter den sammenhængende
15 carbon/metal-matriks carbonfibre 13, metalplettering 14 og loddemiddel 18 som vist i fig. 4b. Længere væk fra forbindelsesstykket 16 og strækkende sig til den modsatte ende af elektroden 22 har fibre 13 hver især metalplettering 14, men, som vist ved pile 19, elektrolyten kan strømme frit
20 gennem elektroden 22. Disse metalpletterede fibre har en høj elektrisk ledningsevne.

Fig. 6 illustrerer elektroden 22 anvendt sammen med beskyttelsesrøret 20, der som ovenfor anført minimerer de
25 skadelige virkninger af elektrolyten ved grænsen mellem elektrolyten og omgivelserne. Ved de fleste elektrokemiske anvendelser anvendes elektroderne vist i fig. 4-6 som katoder.

Fig. 7-9 viser en generelt plan elektrode 30, som er omfattet af den foreliggende opfindelse. Elektroden 30 er
30 dannet af et langstrakt tov 32, der er viklet omkring en generelt rektangulær indifferent gennemstrømningsunderstøtning 34 og som holdes på plads på understøtningen 34 af en indifferent skærm 36. Tovet 32 kan enten være befriet for det meste af pletteringen som vist i fig. 1-3 eller være helt pletteret som vist i fig. 4-6. Alle elektroder 30, hvadenten
35 de anvendes som anoder eller katoder, omfatter et metal-

0

pletteret område 38. Dette metalpletterede område 38 muliggør påføring af loddemiddel 40 til fastgørelse af det elektriske forbindelsesstykke 42 til tovet 32 og dermed dannelse af en sammenhængende carbon/metal-matriks. Som forklaret ovenfor strækker det metalpletterede område 38 sig fortrinsvis ud over grænserne af det loddede område 40, og på visse elektroder vil det strække sig i hele længden af tovet 32. Elektroden 30 omfatter endvidere et beskyttelsesrør 44, der typisk strækker sig fra et sted over grænsefladen mellem luften og elektrolyten til et sted, der fortrinsvis er 7,5-10 cm nede i elektrolyten. Selv om beskyttelsesrøret 44 kan ende over gennemstrømningsunderstøtningen 34, strækker det sig fortrinsvis ind i et område op til gennemstrømningsunderstøtningen 34 for at lette monteringen af tovet 32 på understøtningen 34. Som illustreret mest tydeligt i fig. 7 har gennemstrømningsunderstøtningen 34 adskillige åbninger 48 og kan indeholde en aflang udsåret del eller rille 46, hvori røret 44 er placeret. Tovet 32 kan derefter trådes gennem en åbning i gennemstrømningsunderstøtningen 34 og vikles omkring understøtningen 34 på en sammenhængende måde. Selv om der i fig. 8 er vist et enkelt tov 32, der er termineret i hver ende, kan der ved opfindelsens udøvelse anvendes flere tove og termineringer. Tovet 32 holdes på plads på understøtningen 34 og beskyttes mod beskadigelse af skærmen 36, der er foldet omkring kombinationen af gennemstrømningsunderstøtning 34 og tov 32. Skærmen 36, der kan være fremstillet af polyamid eller glasfiber, forhindrer også løse fibre fra én elektrode i at komme i kontakt med en anden elektrode.

30

Når elektroden 30 anvendes som katode, bibeholdes hele tovet 32 typisk i sin pletterede tilstand. Med den foretrukne plettering, som beskrevet ovenfor, vil pletteringen forblive intakt på fibrene i tovet 32 på trods af de mange skarpe bøjninger, som dannes i tovet 32 under dannelsen af elektroden 30.

35

0

Når elektroden 30 anvendes som anode, bliver pletteringen typisk fjernet fra tovet 32 i hele dets længde bortset fra områderne nær lodningsforbindelsen 40 mellem tovet 32 og det elektriske forbindelsesstykke 42. Denne fjernelse af plettering fra tovet 32 kan enten gennemføres før eller efter monteringen af tovet 32 på gennemstrømningsunderstøtningen 34.

I de illustrerende udførelsesformer, der er vist i fig. 1-9, er fibrene 12, der danner kernen af elektroderne 10 eller 30, af carbon. Fibrene 12 kan desuden være dannet af andre semimetalliske fibre, såsom siliciumcarbid, eller af ikke-metalliske fibre, såsom polyamider, polyesterer og/eller aramider og lignende, der gøres elektrisk ledende med et tyndt intermetallisk lag af sølv, kobber, nikkel og lignende.

Metalovertrækket 14 kan være dannet af et stort udvalg af metaller omfattende nikkel, kobber, sølv, bly, zink, metaller fra platingruppen og andre metaller afhængigt af anvendelsen. Metalovertrækket kan også være et flerlagsovertræk, f.eks. et indre lag af nikkel og et ydre lag af sølv.

Med hensyn til matriksen omfatter udtrykket loddemiddel, som det anvendes i den foreliggende beskrivelse, legeringer, såsom tin og bly eller kobber og sølv, samt rene metaller, f.eks. kobber. Loddemiddelmatrixen skaber en elektrisk bro mellem væggene af polklemmen og hver enkelt fiber 12.

Længden af tovet af fibre 12 vil afhænge af den bredde og længde, som elektroden 10 eller 30 skal have, og det kan omvikles som vist i fig. 7-9 eller væves eller strikkes. Illustrativt er tove med en længde fra nogle få tommer til over 12 m blevet anvendt med tilfredsstillende resultat ved udøvelse af opfindelsen.

Et af de særlige træk ved den foreliggende opfindelse er det store overfladeareal, som gøres muligt af elektroderne i et lille volumen opløsning, hvilket bevir-

0

ker en lav strømtæthed og samtidig giver en høj samlet strøm for Faraday-ækvivalenterne. Illustrativt giver en 7, μ fiber, der giver en overtrukket fiber på 8, μ efter plettering, i et tov på 40.000 fibre et areal på 101,6 cm^2 pr. 5 cm's længde af tovet.

Endvidere er modstanden af de elektroletterede fibre så lav, at torets potential i alt væsentligt er ensartet, selv i en væsentlig afstand fra polklemmerne.

Elektroderne ifølge opfindelsen kan anvendes til 10 fjernelse og genvinding af opløselige metaller i fortyndede opløsninger, såsom processtrømme fra plettering, hydrometallurgiske processer ved minedrift, spildstrømme fra minedrift samt hvorsomhelst metaller foreligger i fortyndede opløsninger, såsom ved fotografiske og katalytiske proces- 15 ser. Som beskrevet ovenfor har elektroderne ifølge den foreliggende opfindelse store effektive arealer. Som følge heraf kan der opnås effektive genvindingsstrømme og diskretionære spændinger til selektiv genvinding af metaller og fjernelse af urenheder. Endvidere kan elektroderne anvendes i 20 bipolære celledsystemer til effektiv oxidation og reduktion i separate kamre til genvinding af opløste stoffer og gennemførelse af organiske elektrokemiske processer.

I de følgende udførelsesformer beskrives elektrokemiske celler og processer, hvor der anvendes elektroder 25 ifølge den foreliggende opfindelse.

En typisk anvendelse af de ovenfor beskrevne elektroder 30 er vist i fig. 10, der illustrerer en tank 52 anvendt til en elektrokemisk proces, såsom fjernelse eller genvinding af metaller fra en elektrolyt 54. Elektroderne, som anvendes som anoder, er betegnet 30A, medens elektroderne, der anvendes som katoder, er betegnet 30C. Anoderne 30A og katoderne 30C er anordnet skiftevis i tanken 52, idet der er placeret gennemstrømnings-afstandspaneler 56 mellem nærliggende anoder 30A og katoder 30C. Tanken 52 indeholder en flerhed af celler, hvor hver celle 35 indeholder en anode 30A, et gennemstrømnings-afstandspanel 56 og en katode 30C.

0

Anoderne 30A og katoderne 30C er elektrisk forbundet med en kraftkilde 58 ved hjælp af standard-forbindelser som vist i fig. 10. Spændingsforskellen, der tilvejebringes af kraftkilden, er en funktion af strøm/spændings-
5 -relationen for de anvendte elektrolytiske opløsninger. Den foretrukne spænding vil svare til det rigtige "knæ" på strøm/spændings-kurven for det specielle metal, der skal fjernes eller genvindes.

Hver celle i tanken 52 er defineret af et par af
10 delepaneler 60 som vist i fig. 11. Hvert panel 60 er dannet af et indifferent gennemsigtigt materiale, såsom polymethylmethacrylat, og indeholder en flerhed af huller 62 nær et hjørne af panelet 60 og illustrativt anordnet i en lodret række. Fortrinsvis er det samlede areal af hullerne
15 62 ca. 50% større end arealet af udløbsledningen 66. Hullerne 62 kan være ca. 15,9 mm i diameter og har en indbyrdes afstand på ca. 12,7 mm. Hullerne 62 er tilvejebragt for at gøre det muligt for elektrolyten 54 at strømme fra én
celle til den næste celle i tanken 52. Panelerne 60 er især roteret 180° i planet af panelet 60. Som følge heraf
20 vil ét panel 60 have huller 62 i et bund-hjørne, medens det tilstødende panel 60 vil have hullerne placeret i det modsatte top-hjørne.

Under driften føres elektrolyten 54 ind i tanken
25 52 gennem en indløbsledning 64, der er placeret nær den øvre kant af tanken 52. Elektrolyten 54 kommer først ind i et opsamlingsområde 55, før den passerer gennem hullerne 62 i det første delepanel 60. Denne konstruktion sikrer det ønskede strømningsmønster af elektrolyten 54 ind i og
30 gennem den første celle. Opsamlingsområdet 55 virker også udjævnende på strømningsvariationer og opsamler bundfald, som kan være til stede i elektrolyten 54. Elektrolyten 54 løber til slut ud af tanken 52 gennem udløbsledningen 66. Placeringen af hullerne 62 i panelerne 60 gennem hele tan-
35 ken 52 bevirker, at elektrolyten 54 skiftevis strømmer opad og nedad og på tværs fra én celle til den næste. Dette

0

generelle strømningsmønstre for elektrolyten 54 gennem tanken 52, der er illustreret grafisk ved pile 68, bevirker, at elektrolyten kaskaderer i længde og bredde i forhold til tanken 52, således at elektrolytens opholdstid i tanken 52 og kontakttiden med elektroderne 30 maksimeres, hvorved fjernelsen eller genvindingen af metaller fra opløsningen optimeres. Konstruktionen af anoderne 30A og katoderne 30C som beskrevet ovenfor giver således et ekstremt stort overfladeareal, medens konstruktionen af tanken sikrer maksimal kontakt mellem elektrolyten 54 og anoderne 30A og katoderne 30C.

Metallet, der skal genvindes eller fjernes, afsættes på katoden 30C. Det er derfor periodisk nødvendigt at fjerne katoderne 30C fra cellen for at udvinde metallet. Denne udvinding af genvundet metal fra katoden 30C kan typisk gennemføres ved digering, pyrometallurgi eller ved at gøre katoden anodisk i en koncentrationscelle.

De elektrokemiske og strukturelle principper, der er beskrevet ovenfor, kan inkorporeres i et system, som vist i fig. 13, til behandling af en processtrøm, hvorved der anvendes en elektrokemisk celle, der er vist detaljeret i fig. 14 og 16. I dette system pumpes processtrømmen til en lagertank 70 og føres derefter til den flercelledede tank 72. Processtrømmen befries for metal i tanken 72 og udledes gennem en ledning 98 til en opsamlingsbeholder 97. Den udløbne væske i opsamlingsbeholderen 97 pumpes af en pumpe 99 til en neutralisationstank 100 indeholdende kalk, hvor den neutraliseres og derefter udledes som spildevand via en ledning 101.

I fig. 14-16 ledes processtrømmen indeholdende en fortyndet sur opløsning af et metal, f.eks. nikkel, tin, bly, kobber etc., gennem en indløbsledning 76 til en opsamlingsbeholder 78. Den illustrerede tank 72 er rektangulær, og et delepanel 80 strækker i bredden af den ved en ende af den til dannelse af et kammer, der tjener som opsamlingsbeholder 78. Delepanelet 80 mellem opsamlingsbe-

0 holderen 78 og en første celle 82a i tanken 72 indeholder
en kanal 84, der gør det muligt for processtrømmen 74 at
strømme til den øvre del af området 86 til regulering af
strømningsvariationer. Nærmere bestemt er området 86 til
5 regulering af strømningsvariationer defineret af et over-
løbspanel 88, der strækker sig på tværs ved den ene ende
over niveauet af processtrømmen 74 i den første celle 82a
til et punkt med en vis afstand fra bundvæggen 90 i badet
72. Herved dannes en bund-kanal 91, gennem hvilken proces-
10 strømmen løber ind i den første celle 82a. Den første cel-
le 82a er forsynet med et alternerende og gentaget arran-
gement omfattende en anode 30a, et gennemstrømnings-af-
standspanel 56, en katode 30c og et andet gennemstrømnings-
afstandspanel 56. Dette arrangement gentages således, at
15 hver celle 82a til 82d indeholder flere alternerende ano-
der 30a og katoder 30c. Som vist i fig. 15 holdes anoderne
30a og katoderne 30c i en vis afstand fra bundvæggen 90 og
er understøttet af dele 93, således at sediment kan op-
samles. Som vist i fig. 13 er anoderne og katoderne
20 forbundet med en variabel kraftkilde ved hjælp af standard-
forbindelser, såsom almindelige samleskiner. For klar-
hedens skyld er de elektriske forbindelsesstykker ikke vist
i fig. 14-16. Som allerede beskrevet vælges spændingen til
drift af systemet således, at genvindingen eller fjernelsen
25 af metaller fra elektrolyten 54 optimeres.

Cellerne 82a til 82d strækker sig over tanken 72
parallelt med opsamlingsbeholderen 78 og er adskilt fra
hinanden med delepaneler 94. Hvert delepanel indeholder et
eller flere huller 96, der er placeret i et hjørne af dele-
30 panelet 94. Som beskrevet ovenfor er delepanelerne 94 skif-
tevis roteret 180° i deres plan, således at hullerne 96
skiftevis er i de modsatte top- og bund-hjørner. Delepane-
let 94 mellem cellerne 82a og 82b har således hullerne 96
placeret i hjørnet fjernest fra bundvæggen 92 og overløbs-
35 panelet 88. Det følger heraf, at delepanelet 94 mellem cel-
lerne 82b og 82c er placeret i hjørnet nærmest bundvæggen

0

92 og overløbspanelet 88. Denne særlige konstruktion sikrer et strømningsmønster af processtrømmen fra ende til ende i hver af cellerne 82a til 82d sammen med et top-til-bund- eller bund-til-top-strømningsmønster. Som ovenfor beskrevet optimerer dette strømningsmønster opholdstiden af processtrømmen i tanken 72 samtidig med, at kanaldannelse minimeres. Processtrømmen 74 fjernes til slut fra badet 72 gennem udløbsledningen 98, der er placeret nær bundvæggen 92 af badet 72.

10

De elektrokemiske celler og processer, der er vist i fig. 10-12 og 13-16, er egnet til fjernelse og genvinding af metaller, herunder halvædle og ædle metaller, fra processtrømme eller spildstrømme til mindre end ca. 1,0 ppm. For eksempel kan systemet vist i fig. 13-16 anvendes til ved en enkelt passage at fjerne ca. 50% af nikkelet i en processtrøm indeholdende 30 ppm nikkel, der med en hastighed på 18,9 liter/min. løber ind i en 189 liters multicelletank 72. Til fjernelse af yderligere nikkel kan processen gentages, indtil nikkelinholdet er reduceret til et niveau, der er tilfredsstillende til udledning. Dette kan gøres ved at recirkulere processtrømmen fra ledningen 98 til ledningen 76 via en ledning 103, før strømmen til slut føres til neutralisatoren.

20

De beskrevne celler kan også anvendes til at dissociere opløsningen for at gøre opløselige salte, f.eks. kommunalt spildevand, uopløselige, således at de kan filteres fra den udløbende væske.

25

Endvidere kan de omhandlede elektroder anvendes i en diskretionær celle, som vist i fig. 17 og 18, hvor spændingen indstilles til et særligt, præcist valgt niveau, således at et ønsket metal afsættes på katoden, medens metaller, der ligger højere i den elektromotoriske række, forbliver i opløsning. Til gennemførelse af denne diskretionære afsætning er det nødvendigt at anvende en katode med et stort overfladeareal. Dette opnås i et lille volumen og med en lille mængde elektrolyt ved hjælp af den

30

35

0

diskretionære celle 100, der er vist i fig. 17 og 18 og anvender en carbonfiberkatode 102 med en tynd enkelttråds-anode 104, såsom platin. Elektrolyten 106 ledes ind i den diskretionære celle 100 gennem en indløbsledning 108, der er placeret omtrent centralt i den diskretionære celle 100. Indløbsledningen 108 er monteret i en afbøjningsmuffe 110 og indeholder en flerhed af huller 111, der bevirker, at elektrolyten 106 spredes ensartet i cellen 100. Enkelttrådsanoden 104 er viklet skruelinieformet omkring indløbsledningen 108. Katoden 102 er placeret koncentrisk omkring, men i en vis afstand fra anoden 104. Som følge af denne konstruktion bringes elektrolyten 106, der løber ud af indløbsledningen 108, til at strømme forbi anoden 104 og gennem katoden 102, således at der fås den ønskede afsætning af metaller på katoden 102.

Katoden 102, der anvendes i den diskretionære celle 100, er en nikkelpletteret carbonfiberelektrode. Den koncentriske montering af katoden 102 omkring anoden 104 opnås ved ensartet opvikling af katoden 102 omkring en generelt cylindrisk gennemstrømningsunderstøtning eller gitter 112 af plast. Gennemstrømningsunderlaget 112 kan f.eks. dannes af en solid, men fleksibel plastskærm, bøjes og fastgøres i en cylindrisk form. Katoden 102 holdes på understøtningen 112 ved hjælp af en porøs ydre skærm 114. Gennemstrømningssegenskaberne af understøtningen 112 og skærmen 114 gør det muligt for elektrolyten 106 at strømme let gennem katoden 102 og komme i kontakt med de mange nikkelpletterede carbonfibre, som katoden 102 indeholder.

Selv om katoden 102 er vist som værende ensartet opviklet omkring gitteret 112, vil det forstås, at katoden 102 kan være strikket til en cylindrisk form eller være vævet til en måtte, der derefter vil blive viklet omkring gitteret 112 eller en anden strukturel gennemstrømningsunderstøtning. Der er også anordnet en udløbsledning 116 til fjernelse af elektrolyten 106 fra den diskretionære celle 100. Typisk definerer den diskretionære celle 100 et luk-

0 ket system, hvor udløbet 116 og indløbet 108 er i forbindelse med en fælles kilde til elektrolytopløsning, fra hvilken metal vil blive fjernet. Den diskretionære celle 100 kan konstrueres med enhver størrelse. For eksempel kan
5 cellen 100 være en lille enhed monteret over en større beholder indeholdende elektrolytopløsningen. Ved en typisk anvendelse formes en katode 102 af et tov af 40.000 nikkelpletterede fibre til en cylinder som vist i fig. 17, der har en diameter på ca. 10,2 cm og en længde på ca.
10 30,5 cm. Denne katode 102 giver et overfladeareal på ca. $9,29 \text{ m}^2$ og kan monteres i en diskretionær celle med et volumen på mindre end 3,79 liter. Alternativt kan der konstrueres meget større tanke. Som ovenfor beskrevet bliver processen, efter at en passende mængde metal i elektrolyten 106 er blevet afsat på katoden 102, midlertidigt stand-
15 set til fjernelse af og/eller udskiftning af katoden 102, således at metallet afsat derpå kan fjernes på passende måde, når metallet er en forurening, eller genvindes, når metallet har værdi.

20 I fig. 19 og 20 omfatter den elektrokemiske celle en tank 122, der i det væsentlige er identisk med tanken 52 vist i fig. 10. Tanken 122 indeholder en flerhed af deleplader 124, der hver især indeholder en flerhed af åbninger 126, som elektrolyten 128 kan passere gennem. Som
25 beskrevet er hullerne 126 placeret nær et hjørne af panelet 124, og panelerne 124 er skiftevis roteret 180° i deres plan til tilvejebringelse af det ønskede op-og-ned- og side-til-side-strømningsmønster af elektrolyten gennem og på tværs af tanken 122.

30 Som ovenfor beskrevet adskiller panelerne 124 de forskellige celler fra hinanden, idet celle 130 indeholder en anode 132 og en katode 134 adskilt af et gennemstrømnings-afstandspanel 136. Anoden 132 omfatter et carbonfibertov 138, der er viklet omkring en gennemstrømningsunderstøtning 140. Nærmere bestemt er carbonfibertovet 138 i
35 hver anode 132 dannet af en flerhed af carbonfibre, der

0

hver især er metalpletteret nær den elektriske forbindelse, men er ikke-pletterede eller befriet for plettering fjernere fra den elektriske forbindelse. Hver anode 132 har således i det væsentlige samme udformning som den ovenfor

5

beskrevne anode 30a.

10

Som vist i fig. 20 er katoderne 134 gennemstrømmelige eller porøse metalplader, der indeholder en flerhed af åbninger 142. I denne udførelsesform er pladen 134 af rustfrit stål. De gennemstrømmelige afstandspaneler 136, der er placeret mellem hver anode 132 og katode 134, er i det væsentlige identiske med de allerede beskrevne gennemstrømnings-afstandspaneler 56.

15

Illustrativt kan cellen ifølge denne udførelsesform for opfindelsen anvendes til fjernelse og genvinding af cyanid og andre alkaliske elektrolyter, der indeholder metaller, såsom sølv, kobber, zink, cadmium og tin.

20

En anden udførelsesform for opfindelsen, der er særlig anvendelig inden for elektro-organisk kemi og syntese og ved behandling af organiske rester, er illustreret i fig. 21 og 22. I fig. 21 omfatter cellen en tank 150, der af en porøs membran 152 er delt i to kamre til to særskilte elektrolytopløsninger 154 og 156. Cellen indeholder også en anode 158 og en katode 160, der i det væsentlige er identiske med de allerede beskrevne anoder 30A og katoder 30C. Anoden 158 og katoden 160 er passive elektroder, der er elektrisk forbundet med hinanden ved et punkt 164, men ikke er elektrisk forbundet til en ydre kraftkilde, hvorved de bliver bipolære. Anoden 158 og katoden 160 er fortrinsvis adskilt fra hinanden af den porøse membran, således, at anoden 158 er i kammeret indeholdende elektrolyten 154, og katoden er i kammeret indeholdende elektrolyten 156. Membranen 152 omfatter en hul understøtning 161, omkring hvilken der er fastgjort en porøs del 162, f.eks. af lærred. Som vist er membranen 152 fyldt med opløsning 165, der kan

35

være neutral. De aktive elektroder til cellen er en pladeanode 166 i elektrolyten 154 og en pladeanode 168 i elek-

0

trolyten 156. Som nævnt er elektrolytopløsningerne 154 og 156 forskellige, idet den ene er sur og den anden basisk. Opløsningen 154 oxideres ved anoden 158, medens opløsningen 156 reduceres ved katoden 160 uden polarisering af fi-
5 berelektroderne. I praksis behøver den porøse membran 152 ikke at være ionselektiv. Følgelig er membranen 152 relativt billig og kræver ikke høj elektrisk energi.

Den bipolære celle er særlig velegnet til anvendelse, hvor anolyten og katolyten skal holdes adskilt,
10 hvor oxidationen eller reduktionen i hver side af cellen kan være ionisk, eller hvor der ønskes en polariseret elektrode.

15

20

25

30

35

P A T E N T K R A V.

1. Elektrode (10; 22) omfattende en flerhed af ved siden af hinanden liggende, kontinuerlige fibre (12), hvor hver fiber (12) har et tyndt, fast vedhæftende metalovertræk (14) derpå, k e n d e t e g n e t ved, at ender af de metalovertrukne fibre (12) har et tilslutningsstykke (16), og at et elektrisk ledende metal (18) strækker sig mellem fibrenes (12) ender og forbinder dem med hinanden og med tilslutningsstykket (16) til tilvejebringelse af en sammenhængende metalmatriks, der giver en effektiv elektrisk forbindelse mellem de metalovertrukne fibre (12) og tilslutningsstykket (16).

2. Elektrokemisk celle omfattende mindst ét par af elektroder, hvor elektroderne (30a, 30c; 102, 104; 132, 134; 158, 160; 166, 168) i hvert par har modsatte elektriske ladninger, og mindst én af elektroderne i hvert par omfatter en flerhed af ved siden af hinanden liggende, kontinuerlige fibre (12), hvor hver fiber har et tyndt, fast vedhæftende metalovertræk (14) derpå, k e n d e t e g n e t ved, at enderne af fibrene (12) i den nævnte, mindst ene elektrode, som indeholder fibre, er nær hinanden, og at den nævnte elektrode omfatter et metalovertræk på hver fiber (12) i de nævnte ender, der strækker sig langs hver fiber (12), et tilslutningsstykke ved de nævnte, metalovertrukne ender af fibrene samt et elektrisk ledende metal (18), der strækker sig mellem metalovertrækkene ved enderne af fibrene og forbinder dem med hinanden og med det nævnte tilslutningsstykke til tilvejebringelse af en sammenhængende metalmatriks, der giver en effektiv elektrisk forbindelse mellem de metalovertrukne fibre og tilslutningsstykket.

3. Elektrokemisk celle ifølge krav 2, k e n d e t e g n e t ved, at den ene af elektroderne (134) er en metalplade med en flerhed af åbninger (142) derigennem.

4. Bipolær elektrokemisk celle, k e n d e t e g n e t ved, at den omfatter en beholder (15a) med to kamre til at rumme forskellige elektrolytopløsninger, hvor det

ene kammer indeholder en aktiv anode (168) og en passiv katode (160), og det andet kammer indeholder en aktiv katode (166) og en passiv anode (158), hvor de aktive elektroder er forbundet med en kraftkilde, og de passive elektroder er elektrisk forbundet med hinanden, og hvor den passive anode og den passive katode (158,160) består af fiberholdige elektroder ifølge krav 1, hvorved den første elektrolytopløsning vil blive reduceret, og den anden elektrolytopløsning vil blive oxideret, når den første og den anden elektrolytopløsning anbringes i det første og det andet kammer.

5. Fremgangsmåde til fremstilling af en fiberholdig elektrode ifølge krav 1, k e n d e t e g n e t ved, at man tilvejebringer en kontinuerlig længde af en flerhed af kernefibere (13),

15 pletterer i det mindste den ene ende af hver kernefiber med et i det væsentlige ensartet, fast vedhæftende overtræk (14) af metal,

placerer et elektrisk forbindelsesstykke i kontakt med de metalovertrukne ender af kernefibrene (13), og

20 sammenføjer de metalovertrukne ender og det elektriske forbindelsesstykke med et elektrisk ledende metal (18), der strækker sig mellem de metalovertrukne fiberender (12) til dannelse af en sammenhængende fiber/metal-matriks, der giver en effektiv elektrisk forbindelse.

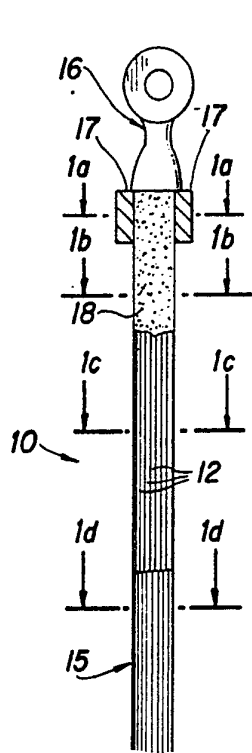


FIG. 1

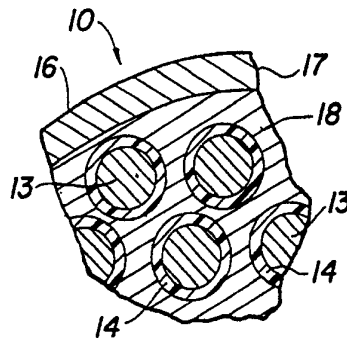


FIG. 1a

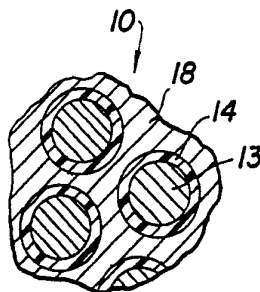


FIG. 1b

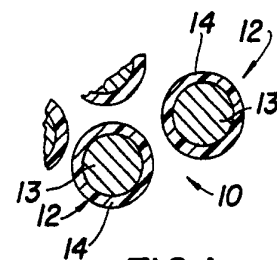


FIG. 1c

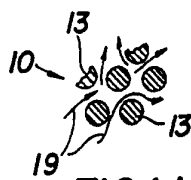


FIG. 1d

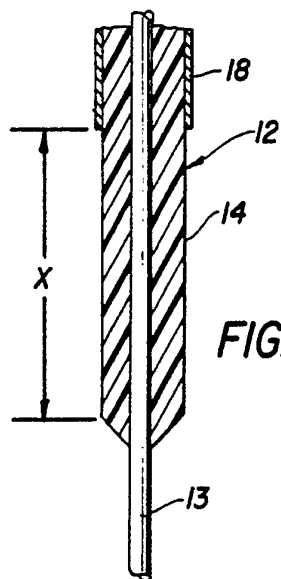


FIG. 2

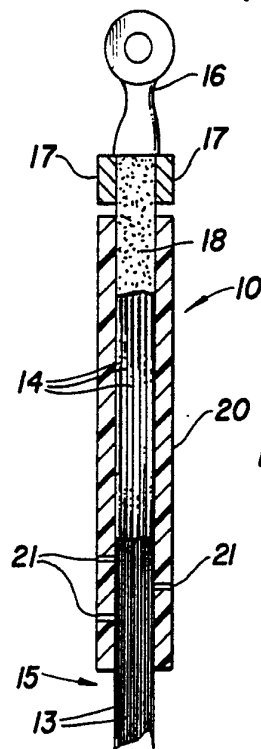


FIG. 3

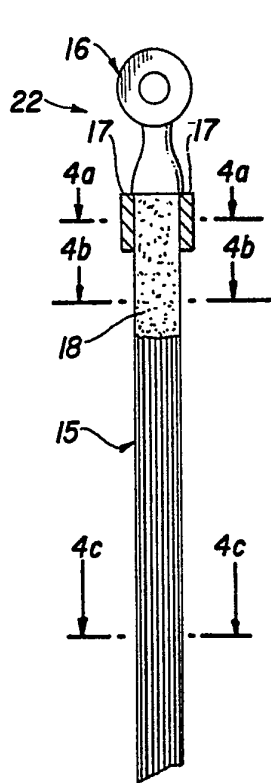


FIG. 4

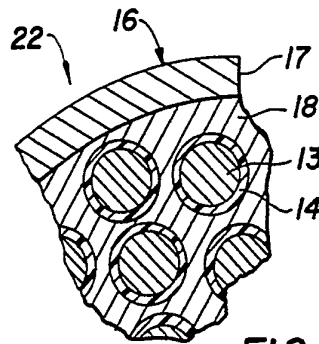


FIG. 4a

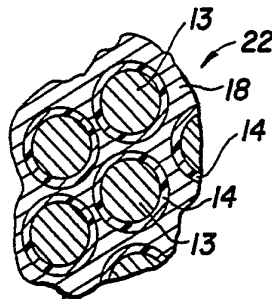


FIG. 4b

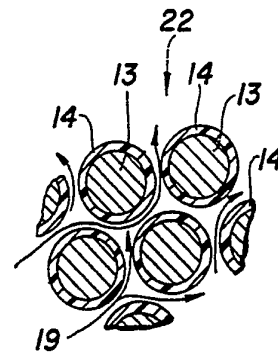


FIG. 4c

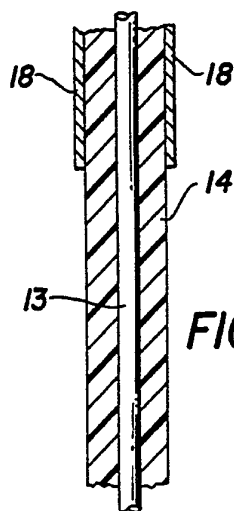


FIG. 5

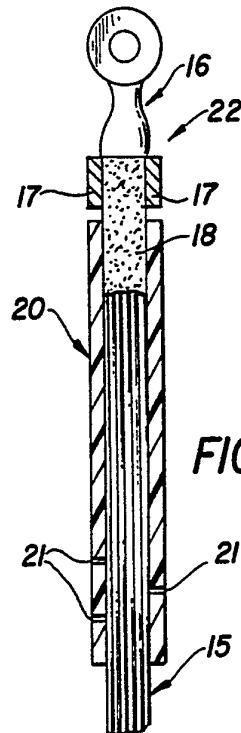
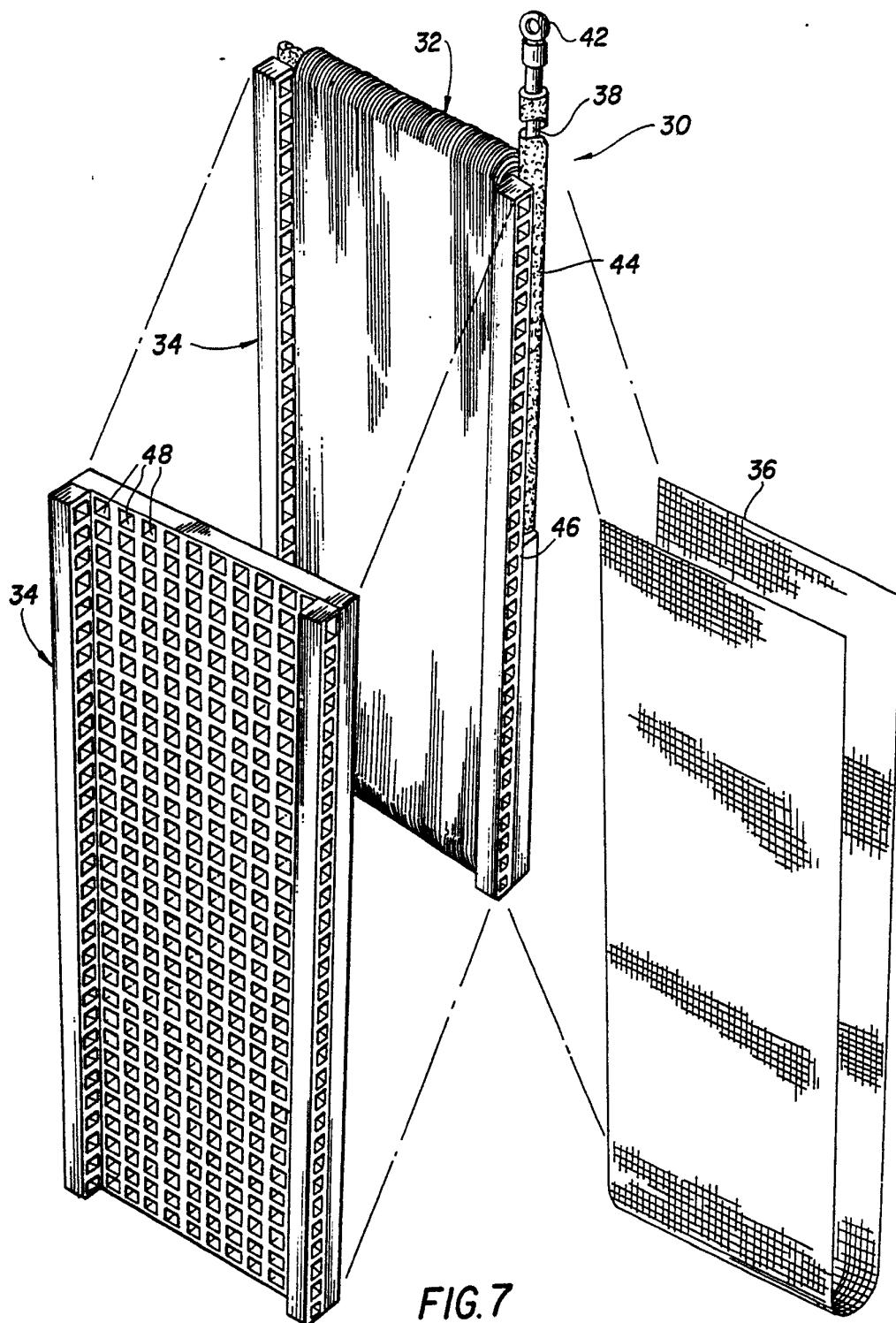
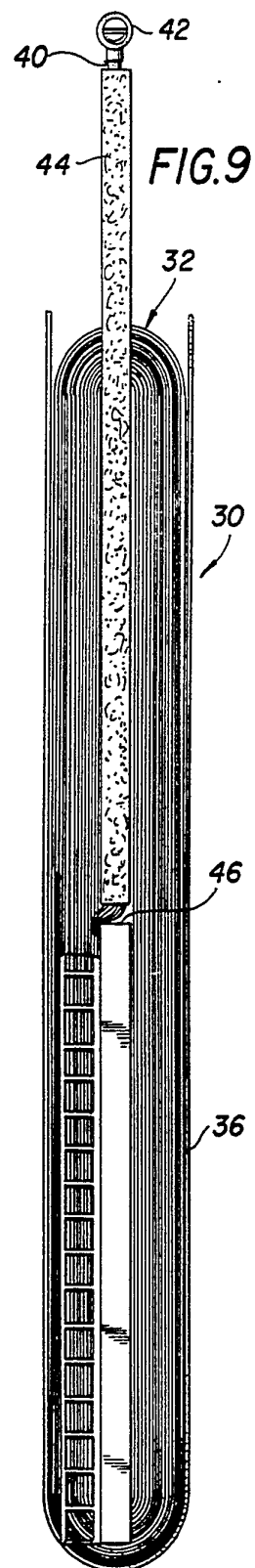
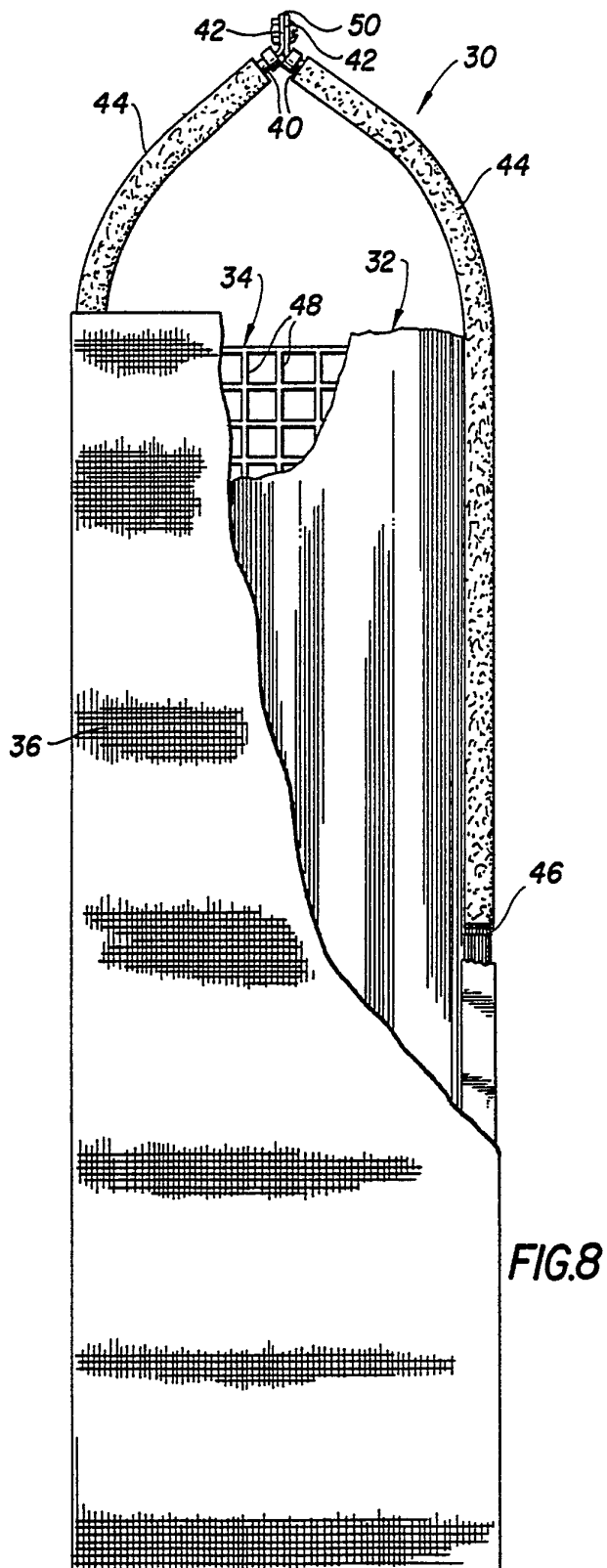
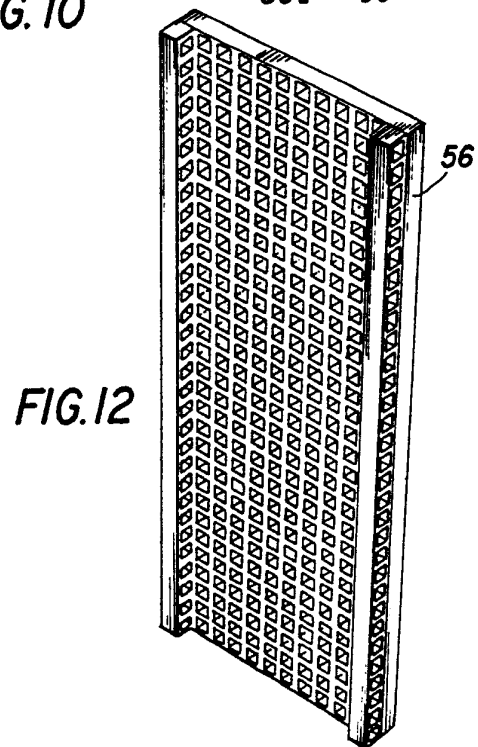
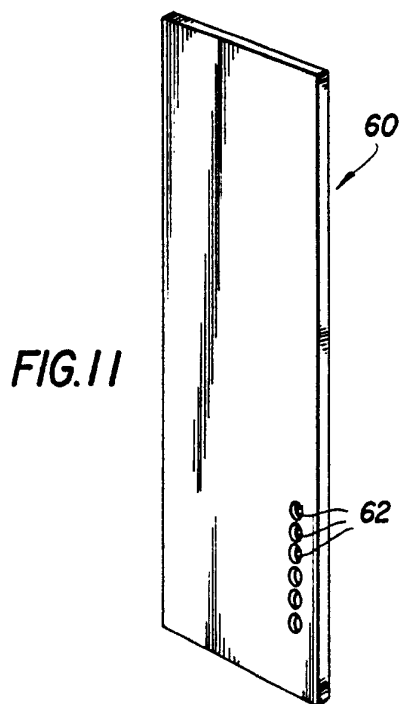
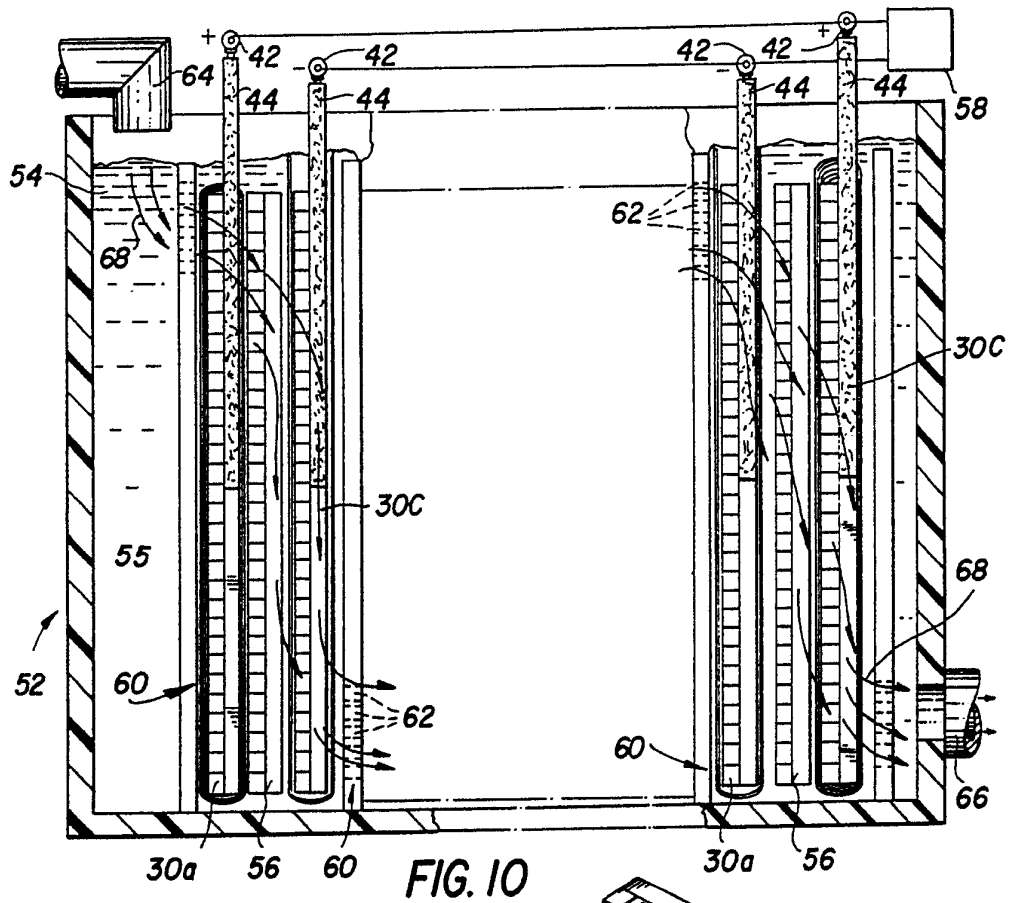
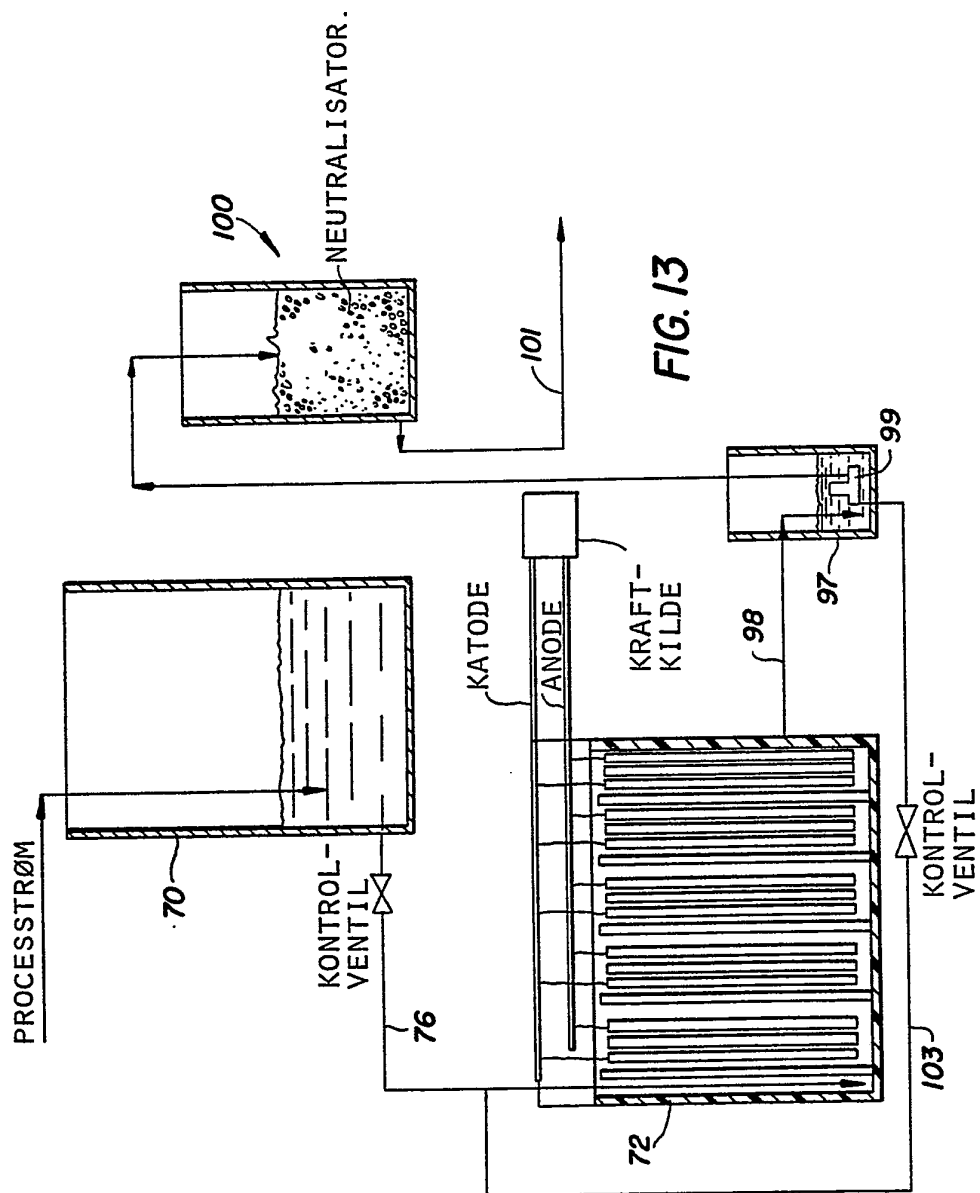


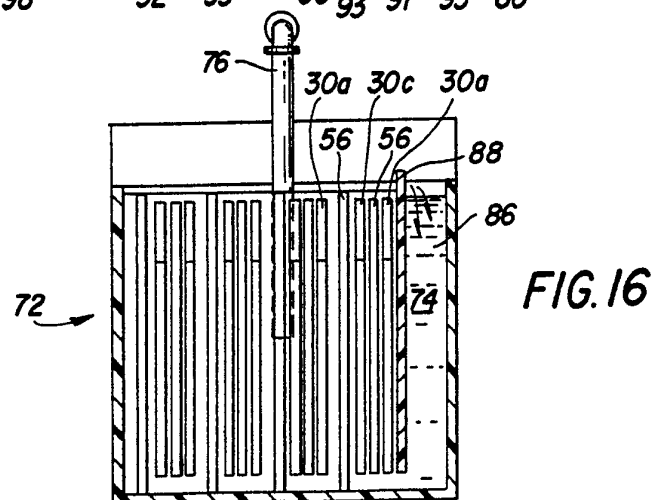
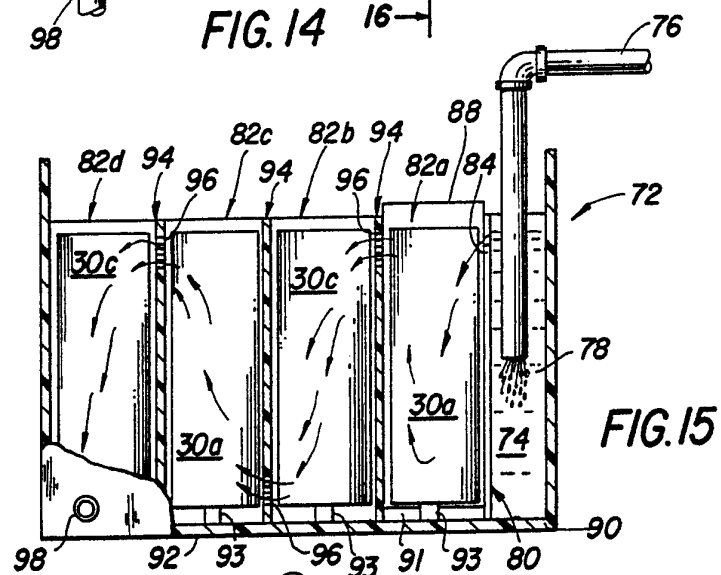
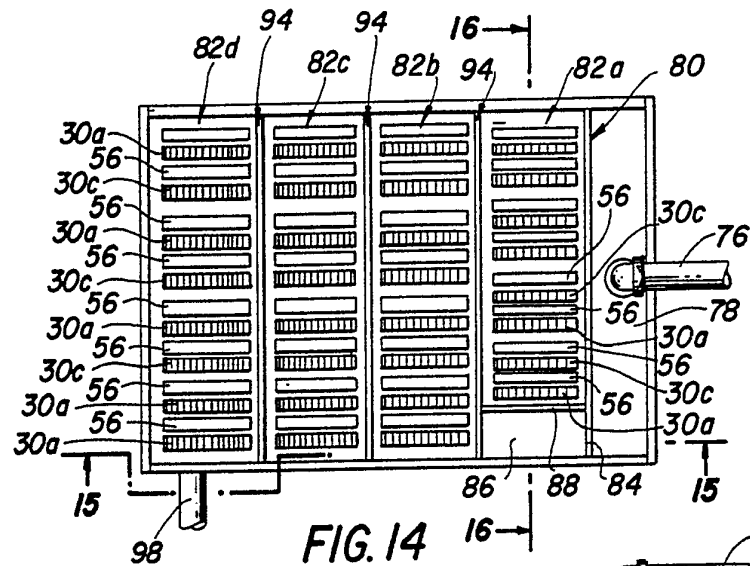
FIG. 6

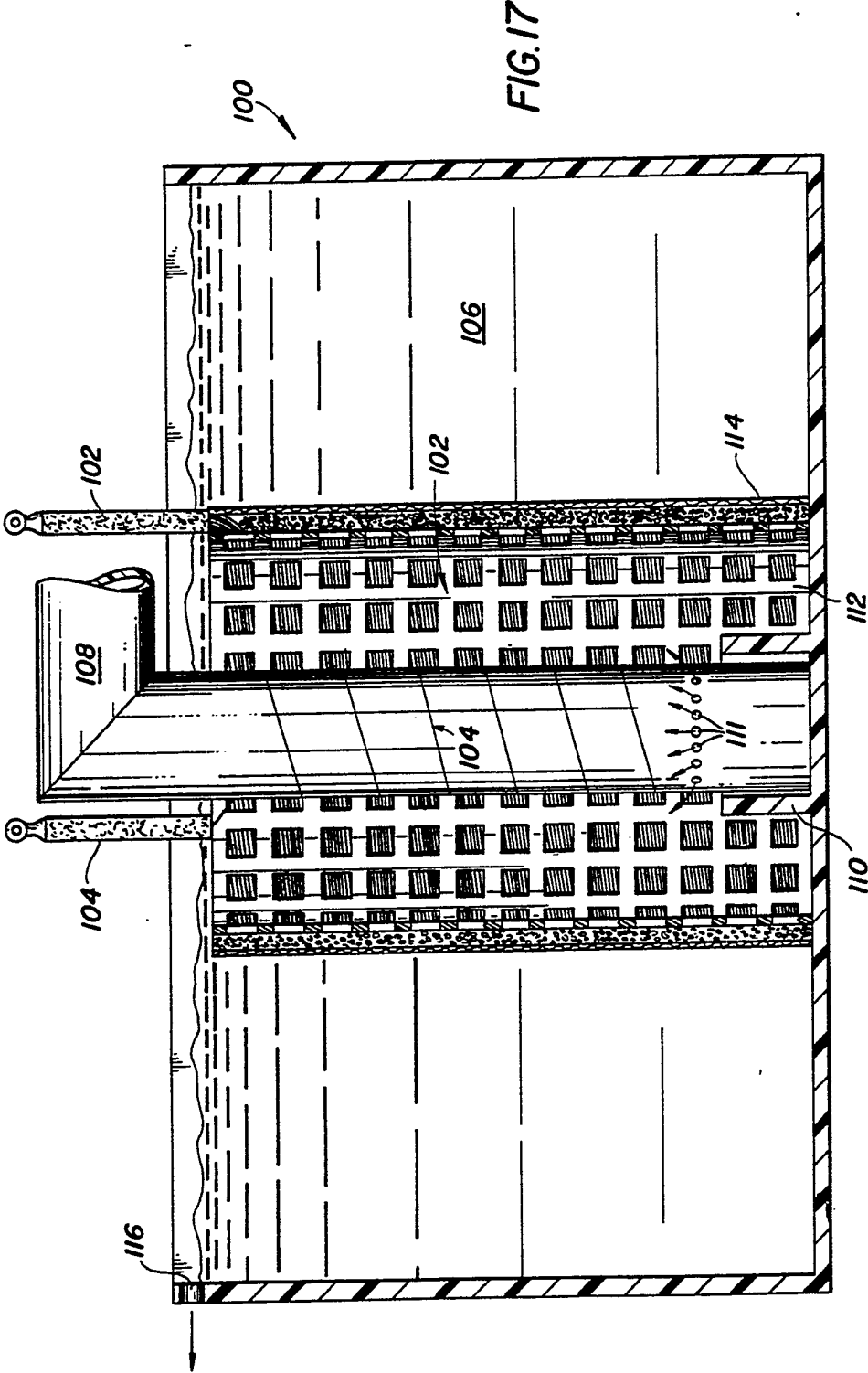


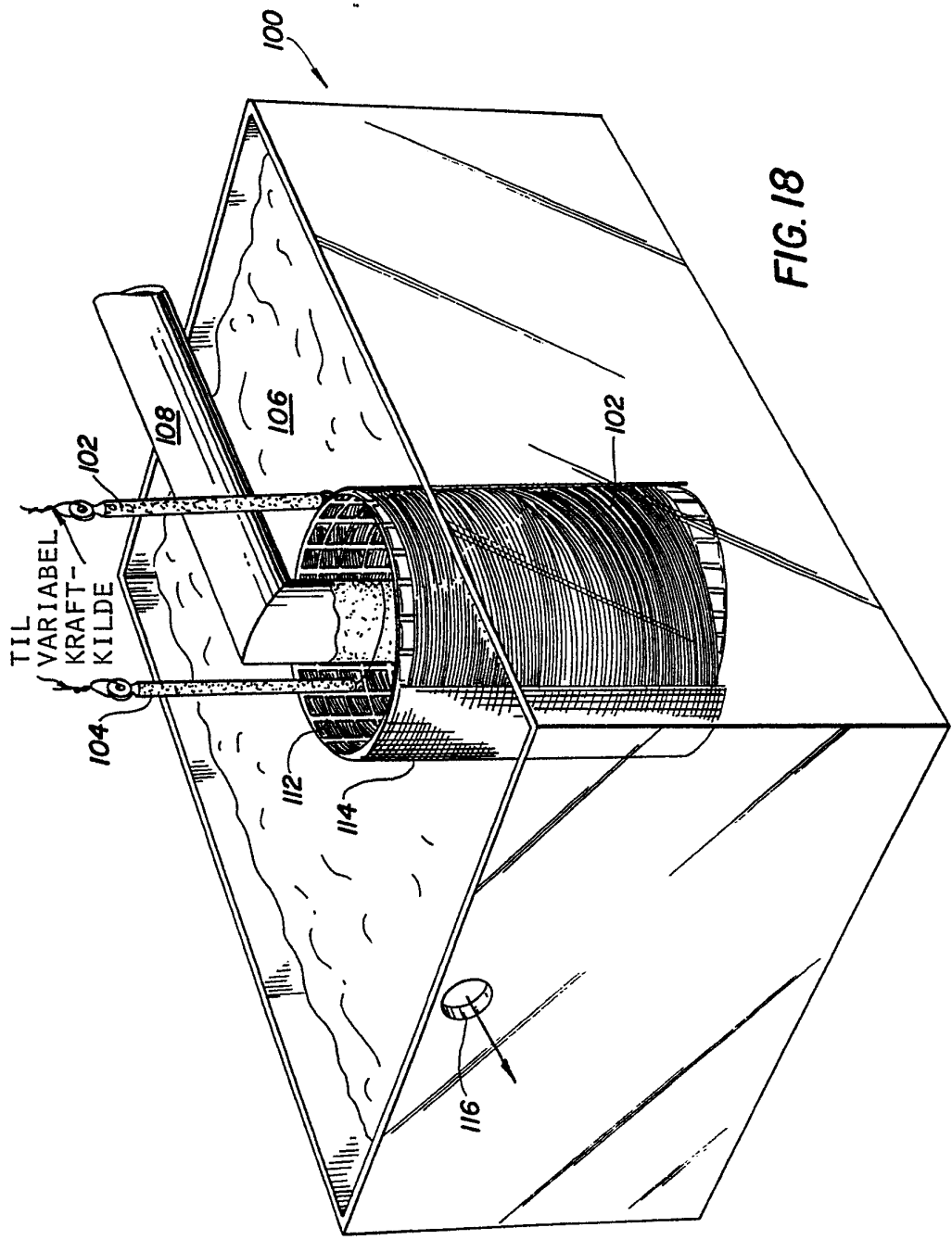












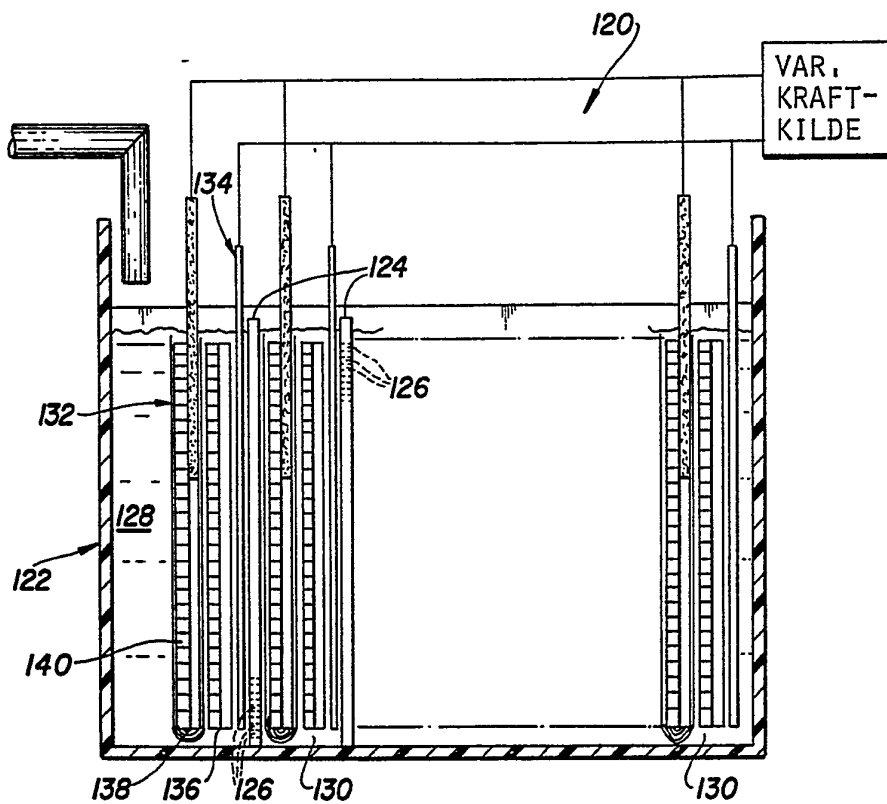


FIG. 19

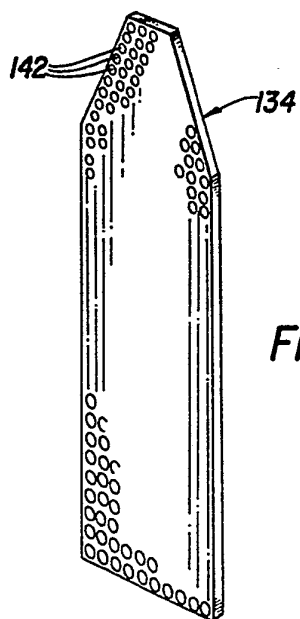


FIG. 20

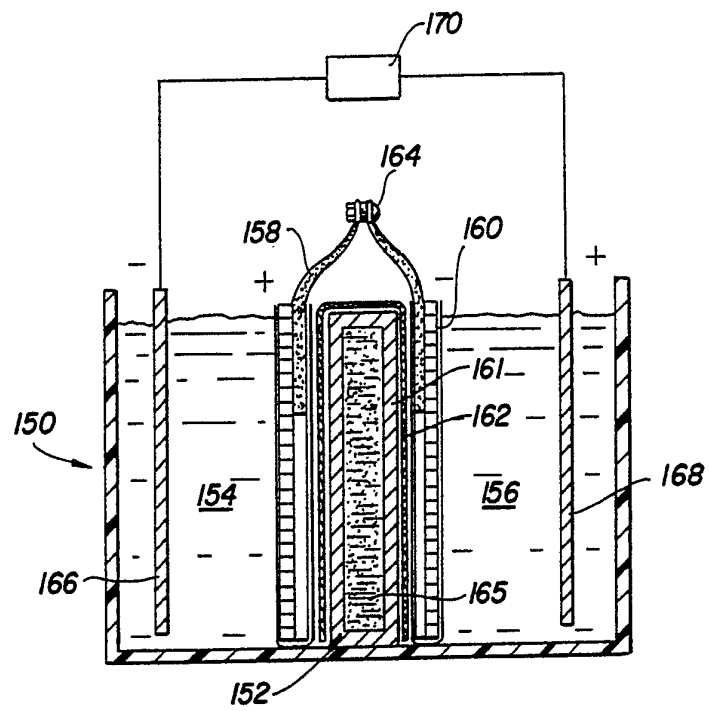


FIG. 21

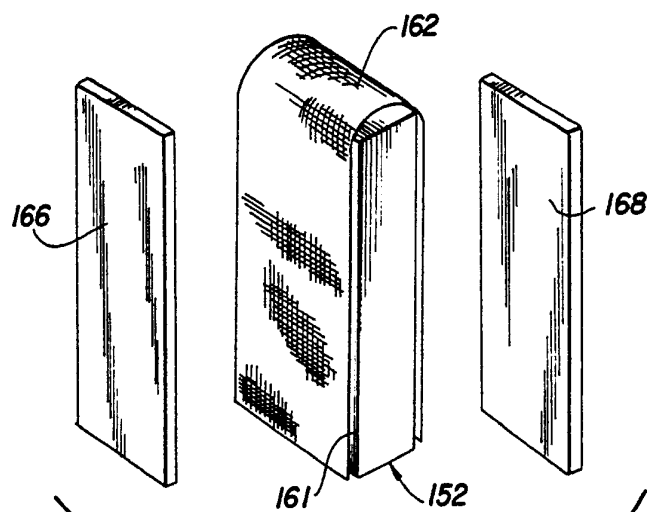


FIG. 22