

**POLSKA
RZECZPOSPOLITA
LUDOWA**



**URZĄD
PATENTOWY
PRL**

OPIS PATENTOWY

55893

Patent dodatkowy
do patentu _____

Zgłoszono: 23.II.1966 (P 113 121)

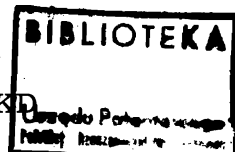
Pierwszeństwo: 24.II.1965 Francja

Opublikowano: 30.VIII.1968

Kl. 21 b, 25/03

MKP H 01 m

43/04



Twórca wynalazku: inż. Jean-Pierre, Louis, Rodolphe Harivel
Właściciel patentu: Société des Accumulateurs Fixes et de Traction,
Société Anonyme, Romainville (Francja)

Akumulator elektryczny, zwłaszcza akumulator w obudowie szczelnej lub półuszczelnej

1

Przedmiotem wynalazku jest akumulator elektryczny, zwłaszcza akumulator w obudowie szczelnej lub obudowie półuszczelnej.

Znane są akumulatory w obudowie szczelnej lub półuszczelnej, w szczególności akumulatory alkaliczne, kadmowo-niklowe, działające na zasadzie pochłaniania gazowego tlenu, wydzielającego się na elektrodach dodatnich pod koniec ładowania, przez elektrody ujemne, utleniając substancję czynną, poprzednio odtlenioną w procesie ładowania.

Począwszy od tego momentu dalszy proces ładowania akumulatorów nie powinien powodować wzrostu ładunku elektrod ujemnych, ponieważ w tej chwili elektrody te posiadają przeważnie większą pojemność niż elektrody dodatnie, to znaczy mają nadmiar substancji czynnej, a zatem nie powinny one osiągnąć stanu całkowitego naładowania, utrudniając utlenianie się wodoru.

Tak więc ułatwienie się gazu pod wpływem ładowania jest ograniczone, a obudowa opisanego akumulatora może być zamknięta w sposób szczelny lub może być wyposażona w zawór otwierający się dopiero wtedy, gdy w pewnych okolicznościach ciśnienie gazu przekroczy ustaloną granicę.

W niektórych akumulatorach alkalicznych kadmowo-niklowych przechodzenie tlenu z elektrod dodatnich na elektrody ujemne pod koniec procesu ładowania odbywa się w stanie gazowym, przy czym przechodzenie to jest ułatwione dzięki

2

temu, że separator, znajdujący się między elektrodami, posiada pory wystarczająco duże, aby nie napełniły się całkowicie elektrolitem wskutek istnienia zjawiska włoskowatości, pozostawiając w ten sposób wolne kanały dla tlenu w stanie gazowym.

W przeciwieństwie do tego w innych akumulatorach alkalicznych separatory posiadają właśnie pory włoskowate, które są napełnione elektrolitem i nie ułatwiają przedostawania się tlenu w stanie gazowym, powodując, że tlen ten przechodzi w stanie rozpuszczonym do elektrolitu.

Elektrody, które przeważnie utworzone są przez bardzo cienką siatkę z niklu spiekanego, którego pory wypełnione są substancją aktywną, pozwalają na to, że przy ich jednakowej pojemności akumulator ma cienkie elektrody o dużych, rozwiniętych powierzchniach, a więc pracuje przy małych stosunkowo gęstościach prądu ładowania. Akumulator taki ma także małe odstępki między elektrodami — rzędu kilku dziesiątych milimetra — podtrzymywane przez cienkie separatory i przez elementy ściskające blok. Są to czynniki, które ułatwiają przepływ tlenu w stanie rozpuszczonym.

W przypadku akumulatorów z płytek niklu spiekanego, należy przypuszczać, że absorpcja i wchłanianie tlenu w przedziałach katodowych nie jest tylko wynikiem procesu wyłącznie chemicznego, lecz procesu elektro-chemicznego, wynikającego

z obecności w elektrodach ujemnych licznych małych ogniw elektrochemicznych, utworzonych przez styki ziaren niklu i kadmu metalicznego. Ogniwa te, w których ziarenka niklu stanowią elektrody dodatnie, oddają energię, pracując jako ogniwa krótkozwarte, tak że tlen wychodzący w stanie rozpuszczonym z elektrody dodatniej akumulatora zużywany jest do depolaryzowania tych małych ogniw.

Niezależnie jednak od konstrukcji, obecnie znane akumulatory, w których dąży się do uniknięcia i eliminowania mogących wystąpić pod wpływem ładowania zjawisk nieodwracalnych, muszą być ładowane słabym prądem, który stanowi mały ułamek prądu nominalnego podobnych akumulatorów ołowiowych. Powoduje to wydłużenie okresu ładowania i stanowi oczywiście dużą niedogodność dla użytkownika.

Jeżeli do ładowania stosuje się prądy o zbyt dużym natężeniu, okazuje się, że pod koniec procesu ładowania z bloku utworzonego przez elektrody i separatory ulatnia się w znacznych ilościach tlen w stanie gazowym. Tlen ten, który nie został wchłonięty, powoduje to, że szybkość zużycia tlenu w przedziałach katodowych lub na styku z katodą jest zbyt mała w stosunku do szybkości wytwarzania tlenu na anodzie. Może to prowadzić do wytwarzania się wodoru na elektrodzie ujemnej, ponieważ nagromadzenie się tlenu pod ciśnieniem powoduje opóźnienie depolaryzacji elektrody ujemnej.

Twórca wynalazku w opisie francuskiego patentu nr 1.218.433 proponował już ustawienie elektrod ujemnych akumulatora alkalicznego, szczelnego, niklowo-kadmowego w połączeniu galwanicznym z elektrodą pomocniczą, utworzoną przez porowatą powłokę z metalu miało rozdrobnionego, bardziej elektro-dodatniego niż kadm, zwłaszcza z niklu lub kobaltu, względnie platyny lub palladu, lub wreszcie miedzi. Powłoka ta — równoległa do zewnętrznej powierzchni elektrod — jest utrzymywana przez separator usytuowany między elektrodami głównymi akumulatora.

Celem tego układu było ułatwienie depolaryzacji małych ogniw niklowo-kadmowych i zapobieganie wydzielania się wodoru pod wpływem ładowania.

Układ ten wykazywał jednak pewne niedogodności, które zahamowały jego zastosowanie praktyczne. W szczególności metal miało rozdrobniony, nałożony na separator powodował powstawanie zwarcia między elektrodami głównymi.

Okazało się jednak, że to zastosowanie metalu bardziej elektrododatniego niż metal substancji czynnej ujemnej elektrody pozwala, w pewnych przypadkach, osiągnąć nieoczekiwane efekty. Mianowicie, jest możliwość znacznego zwiększenia gęstości prądu ładowania akumulatora, szczególnie pod koniec ładowania. Następstwem tego jest możliwość skrócenia okresu procesu ładowania bez ubocznego objawu wydzielania się szkodliwych gazów w zbiorniku akumulatora.

Zgodnie z istotą wynalazku, metal bardziej elektro-dodatni niż kadm w stanie rozdrobnionym i porowatym umieszcza się w bezpośrednim styku z powierzchnią co najmniej jednej ujemnej elektrody przez porowatą podpórę, odmienną i róż-

niącą się od samego separatora i odrębnie przygotowaną. Podpora ta usytuowana jest pomiędzy powierzchnią ujemnej elektrody i separatorem.

Natomiast w przypadku, gdy zespół elektrod — w jednej ze swych części skrajnych — jest odsłonięty, podpora jest usytuowana tuż przy ścianie ujemnej elektrody skrajnej. Z powyższego ulepszenia wynika, że na porowatą, niezależną od separatora podpórę może być nałożona cała ilość metalu elektro-dodatniego bez stosowania odrębnych środków. Wszelkie ewentualne zwarcia między głównymi elektrodami akumulatora są w sposób niezawodny wyeliminowane dzięki temu, że separator nie traci nigdy swej pełnej zdolności izolowania.

Dla wykonania podpory wyłożonej metalem elektro-dodatnim można stosować dowolny sposób. W szczególności korzystne jest stosowanie dysocjacji chemicznej soli wybranego metalu i osadzanie tego metalu na porowatej podporze, przykładowo wykonanej z włókien syntetycznych i umocowanej tuż przy powierzchni ujemnej elektrody.

Inną istotą wynalazku jest stosowanie srebra jako metalu elektro-dodatniego — w stosunku do kadmu. Stwierdzono, że srebro, które można łatwo nałożyć na podpórę w drodze dysocjacji chemicznej soli srebra, przykładowo azotanu srebra, daje efekt o wyjątkowym i nieprzewidzianym znaczeniu. Stosowanie srebra zezwala na podniesienie natężenia prądu ładowania akumulatora kadmowo-niklowego szczelnego do wartości, stanowiących wielokrotność dotychczasowych najlepszych osiągnięć, bez powodowania wzrostu ciśnienia gazu w obudowie akumulatora do wysokości niebezpiecznej, pod koniec ładowania i przy przeładowaniu.

Wynalazek jest szczególnie korzystnie stosowany w przypadku akumulatorów kadmowo-niklowych, w których elektrody tworzą dwie spiekane cienkie i wąskie płyty o grubości 1 mm lub mniejszej, ustawione w odstępie kilku dziesiętnych milimetra, utrzymywanym między elektrodami przez separator o grubości kilku dziesiętnych milimetra i przez elementy ściskające zespół utworzony przez elektrody i separator.

Opis podany poniżej — w oparciu o załączony rysunek, stanowiący przykłady nie ograniczające zakresu wynalazku — ułatwia zrozumienie w jaki sposób wynalazek może być realizowany, a cechy wynikające tak z tekstu, jak i z rysunku, stanowią część niniejszego wynalazku.

Przedmiot wynalazku jest przedstawiony na rysunku, na którym fig. 1 przedstawia schematycznie przekrój poprzeczny akumulatora szczelnego typu kadmowo-niklowego, fig. 2 i 3 — wykresy ilustrujące wyniki uzyskiwane przy stosowaniu akumulatora o pojemności 3,4 amperogodzin, a fig. 4 — odmianę akumulatora w przekroju.

Akumulator przedstawiony w sposób bardzo uproszczony na fig. 1 zawiera w szczelnie zamkniętej obudowie 1 sześć dodatnich elektrod 2 dołączonych równolegle do zacisku 2a i siedem ujemnych elektrod 3 dołączonych podobnie równolegle do zacisku 2b w taki sposób, że zespół elektrod jest ograniczony przez ujemne elektrody, które można odizolować od obudowy, wykonanej prze-

waznie z metalu, przez duże izolujące wkładki 4. Celem ułatwienia odczytania rysunku i podanych poniżej objaśnień, schematyczny rysunek (fig. 1) nie uwidacznia detali konstrukcyjnych typu tradycyjnego, znanych fachowcom.

Elektrody 2 i 3 stanowią płytki ze spiekanego niklu powleczonego substancją czynną na przykład wodorotlenku niklu z ewentualnym dodatkiem wodorotlenku kobaltu — dla dodatnich elektrod 2 i wodorotlenku sodu — dla ujemnych elektrod 3. Płytki są bardzo cienkie. Ich grubość wynosi około 0,9 mm dla dodatnich elektrod 2, a 0,8 mm — dla ujemnych elektrod 3.

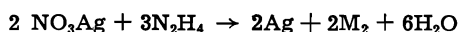
Według odmiany wykonania wynalazku substancję czynną elektrody dodatniej stanowi związek srebra, taki jak tlenek srebra.

Miedzy elektrodami znajduje się porowaty izolujący separator 5 (przedstawiony linią przerywaną), utworzony przez filc, bibułę lub tkaninę z włókna syntetycznego, takiego jak nylon. Separator ten może również zawierać dwie różne warstwy, leżące obok siebie, jedną z nylonu, a drugą z filcu. Grubość separatora 5 jest możliwie mała rzędu 0,1 do 0,3 mm. Separator 5 może stanowić taśma przeciągnięta w zygzak między elektrodami 2 i 3 lub pocięte płyty umieszczone po jednym w odstępie między elektrodami 2 i 3.

W styku z każdą ujemną elektrodą 2 znajduje się podpora 6 pokryta porowatą warstwą, zawierającą metal w stanie miało rozdrobnionym i bardziej elektro-dodatni od kadmu, taki jak srebro.

W opisanym przykładzie każda z tych warstw jest przygotowana w następujący sposób. Bierze się podporę — o tych samych wymiarach co elektrody ujemne — utworzoną z filcu nylonowego o grubości rzędu 0,1 do 0,2 mm w stanie niesprasowanym.

Podpora ta jest nasycona 50% roztworem azotanu srebra, a następnie — po szybkim osuszeniu na powietrzu — zanurzona w 50% roztworze hydrazyny, w temperaturze otoczenia (około +20°C), przy jednoczesnym mieszaniu przez około jedną minutę. Azotan srebra zostaje w ten sposób zdysocjony. Osadza się srebro według wzoru



Srebro osadza się w postaci rozdrobnionej i porowatej na powierzchni włókien. Podpora wyjęta z roztworu hydrazyny zostaje następnie obficie spłukana wodą celem usunięcia hydrazyny, a następnie osuszona. Po osuszeniu opisany cykl zostaje powtórzony kilkakrotnie celem zwiększenia ilości srebra osadzonego na podporze.

Po szeregu cykli następuje piętnastogodzinne suszenie w temperaturze około 70°C. W ten sposób uzyskuje się podporę pokrytą warstwą porowatego srebra, zredukowanego i delikatnie rozdrobnionego oraz podzielonego.

Kilka podpor 6 — przygotowanych w opisany sposób — umieszcza się w akumulatorze w sposób pokazany na rysunku (fig. 1) tak, że każda z nich znajduje się między powierzchnią czynną ujemnej elektrody 2 i separatora 5, przy czym warstwa srebra pozostaje w styku z powierzchnią czynną ujemnej elektrody 2, przyległej i nie do-

tykającej w tym czasie dodatniej elektrody 3 dzięki obecności separatora 5. Dla dwóch skrajnych ujemnych elektrod 2 podporę 6a umieszcza się tuż przy powierzchni odsłoniętej (fig. 1). Zapobiega się ulatnianiu się tlenu w obudowie wokół elektrod.

Akumulator, napełniony oczywiście przed zamknięciem, zawiera ilość elektrolitu wystarczającą do napełnienia wszystkich por, znajdujących się tak w elektrodach 2 i 3, jak i w separatorze 5 oraz w podporze 6. Nie może być nadmiaru elektrolitu. Wszystek nalany płyn powinien być wchłonięty przez pory.

Zespół utworzony przez elektrody 2 i 3, separator 5 i podpory 6, pokryte rozdrobnionym srebrem, jest utrzymywany jako jeden zespół w obudowie 1 przez ściśnięcie jego zewnętrznych powierzchni, równoległych do elektrod, w taki sposób, aby przyleganie powierzchni jedna do drugiej było tak szczelne, jak to tylko jest możliwe.

Izolujące wkładki 4 mogą odgrywać przy tym również rolę usztywniającą przez nadanie im odpowiedniej grubości. Ponadto powierzchnie skrajne obudowy 1, równoległe do elektrod 2 i 3, mogą być połączone z elementami konstrukcyjnymi, wywierającymi nacisk z zewnątrz na obudowę. Ścianki obudowy 1 z cienkiej blachy są wystarczająco sprężyste dla przeniesienia tego nacisku na zespół elektrod 2, 3. Elementami wywierającymi nacisk może stanowić obejmą 7, otaczająca obudowę 1 oraz sprężynujące płyty 8 między obejmą 7, a skrajnymi ścianami obudowy 1. Środki te są powszechnie znane.

Przykładowo wykonany próbny akumulator, zbudowany w opisany sposób, posiada pojemność nominalną C rzędu 3, 4 amperogodzin. Wymiary elektrod są następujące: 5,0×4,4 cm, co stanowi 22 m² powierzchni każdej ścianki. Akumulator został naładowany prądem o gęstości równej $\frac{C}{2} = 1,7$ ampera. Ciśnienie wewnętrzne w pojemniku było mierzone manometrem.

Zależność mierzonego ciśnienia w barach od dostarczonego do akumulatora ładunku w amperogodzinach ilustruje krzywa A na fig. 2. Jak widać z krzywej przy ciśnieniu poniżej 3 barów, następuje stabilizacja ciśnienia w obudowie, co jest korzystne przy stosowaniu obudowy z cienkiej stalowej blachy.

Przy badaniu zależności ciśnienia od ładunku w identycznym co do wymiarów akumulatorze, lecz nie wyposażonym w podpory 6 i 6a pokryte odtlenionym srebrem otrzymano, przy tych samych warunkach krzywą B. Z tej krzywej widać, że następuje znacznie szybszy wzrost ciśnienia, dochodzącego do ponad 8 barów, a więc ciśnienia już niebezpiecznego dla obudowy akumulatora.

Inny akumulator, dokładnie odpowiadający opisanemu w odniesieniu do fig. 1, naładowany z gęstością prądu równą C, poddano próbom, uzyskując odpowiednio krzywą A' (fig. 3). Jak widać z krzywej A' — ciśnienie wykazuje tendencję do ustabilizowania przy wartościach 4—5 barów.

Akumulator identyczny, lecz nie posiadający warstwy srebra odtlenionego, przy tych samych wartościach prądu ładowania wykazał gwałtowny

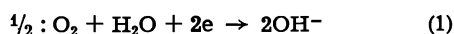
wzrost ciśnienia, co ilustruje krzywa B', bez tendencji do osiągnięcia granicy wzrostu, tak że próbę należało przerwać już po przekroczeniu ładunku 4 amperogodziny, gdyż przy dalszym ładowaniu rozerwanie obudowy było mechaniczne.

Tak więc akumulator według wynalazku wykazuje szczególnie korzystne cechy i daje nieoczekiwane efekty, jeżeli uwzględnić, że we wszystkich znanych do tej pory akumulatorach prąd ładowania akumulatorów typu rozpatrywanego, liczony w amperach, musiał być pod koniec ładowania obniżany liczbowo do poniżej $\frac{1}{10}$ pojemności nominalnej, liczonej w amperogodzinach, co w omawianym przypadku stanowi tylko 0,34 amperów.

Dla objaśnienia tego wyniku można sformułować odpowiadającą zjawisku hipotezę, z tym jednakże, że ta robocza hipoteza jest przypuszczeniem, a więc nie stanowi części wynalazku ani go nie uzasadnia.

Tlen wydzielony z dodatniej elektrody akumulatora w końcowej fazie ładowania rozprasa się i zostaje zredukowany na elektrodzie mieszanej, zawierającej jednocześnie cząsteczki Ag i Cd, przy czym kadm metaliczny jest otrzymywany przez redukcję spowodowaną prądem ładowania akumulatora.

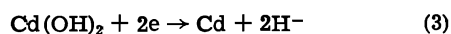
Biorąc pod uwagę stan rozdrobnienia srebra metalicznego, osadzonego chemicznie i powstanie wiązania elektrochemicznego między tym metalem i kadmem, można przypuszczać, że tlen, pochodzący z przeładowanej dodatniej elektrody głównej, zostaje zredukowany przy katodzie mikroogniów z pary metali Ag—Cd, gdzie ma początek redukcja, przebiegająca według następującego wzoru:



Na anodzie mikroogniów z tej pary metali Ag—Cd kadm zostaje utleniony dzięki jonom grupy wodorotlenowej, wytworzonym i uwolnionym w czasie reakcji (1) według wzoru:



W ten sposób tworzenie się mikroogniów z lokalnych drobin ze związanych par metali Ag—Cd zwiększa w sposób znaczny szybkość redukcji tlenu według wzoru (1). Pozwala to na uzyskanie równowagi szybkości reakcji według wzoru (2), która warunkuje i odpowiada szybkości wchłaniania tlenu uwolnionego na dodatniej elektrodzie przy końcu procesu ładowania akumulatora na elektrodzie ujemnej oraz reakcji według wzoru:



określającego powstawanie ładunku na ujemnej elektrodzie. Na skutek dobrego styku elektrycznie metalicznego, przewodzącego między kadmem elektrody ujemnej i srebrem przylegającej warstwy, lokalne mikroogniwa drobin pary metali Ag—Cd wyładowują się z maksymalnym napięciem i szybkością, wchłaniając tlen, pochodzący z dodatniej elektrody. Szybkość ta i ilość gazu może być bar-

dzo znaczna, określając silne napięcie prądu ładowania.

Fakt, że to dodatkowe zjawisko, towarzyszące działaniu akumulatora, ma szybszy przebieg niż zachodzące w małych ogniach, utworzonych przez ziarna niklu i kadmu, można tłumaczyć tym, że proces nasycania spiekanych płyt podczas ich formowania przy wyrobie akumulatora powoduje powierzchniowe trawienie ziarenek niklu, utrudniając dobry styk przewodzących z kadmem.

Wynalazek nadaje się do wytwarzania licznych odmian i wykonywanych w różny sposób akumulatorów, przykładowo opisanych w niniejszym wynalazku.

Na podporach stykających się z elektrodą ujemną można stosować jednocześnie większą liczbę metali bardziej elektrododatnich niż kadm.

W miejsce styku metalu rozdrobnionego z każdą elektrodą ujemną, można nałożyć go bezpośrednio na powierzchni jednej lub kilku elektrod ujemnych pod warunkiem, żeby tlen wydzielony na biegunie dodatnim mógł przedostać się przez ten metal.

Przykładowo, tak jak pokazuje rysunek (fig. 4), można zadowolić się ustawieniem tylko jednej podpory porowatej 6a, pokrytej srebrem, na powierzchni jednej ujemnej elektrody 3, która w pojemniku jest usytuowana na skraju zespołu elektrod, pod warunkiem, że na tej powierzchni metal elektrododatni będzie miał styk z cząsteczkami substancji czynnej, ujemnej w stanie odtleniania w końcowej fazie ładowania akumulatora. W takim wypadku tlen, który może wytwarzać się w końcowej fazie ładowania akumulatora i przedostający się do atmosfery pojemnika, trafia — rozpuszczając się w elektrolicie, znajdującym się na podporze porowatej — na powierzchnię graniczną między rozdrobnionym metalem pokrywającym tę podporę a ujemną elektrodą. Tlen zostaje wtedy wchłonięty. Ciśnienie wewnątrz pojemnika jest — w ten sposób — ograniczone do wartości, przy której istnieje równowaga między tlenem wydzielonym, a tlenem wchłanianym.

Zastrzeżenia patentowe

1. Akumulator elektryczny, zwłaszcza akumulator w obudowie szczelnej lub półszczelnej, kadmowo-niklowy lub kadmowo-srebrny z elektrolitem alkalicznym, w którym elektrody są oddzielone od siebie przez izolujące porowate separatory **znamienny tym**, że posiada podpory porowate (6), różne od separatorów (5), których przynajmniej jedna z powierzchni stanowiącej warstwę porowatą pokryta jest metalem bardziej elektrododatnim niż metal substancji czynnej elektrody ujemnej, będący w stanie rozdrobnionym, przy czym podpory (6) są usytuowane przy jednej z powierzchni co najmniej jednej z elektrod ujemnych w taki sposób, że metal elektrododatni styka się z substancją czynną ujemnej elektrody.
2. Akumulator według zastrz. 1 **znamienny tym**, że metalem bardziej elektrododatnim niż metal zawarty w substancji czynnej ujemnej elektrody jest srebro.

3. Akumulator według zastrz. 1 znamienny tym, że porowata podpora (6) jest wykonana z włókna syntetycznego, a metal jest nałożony na tę podporę w postaci delikatnego osadu, powstałego z dysocjacji związku tego metalu.
4. Akumulator według zastrz. 1, znamienny tym, że podpora (6), umieszczona jest między jedną elektrodą ujemną i jednym separatorem porowatym (5), izolującym tę elektrodę od przyległej, sąsiedniej elektrody dodatniej.
5. Akumulator według zastrz. 1 znamienny tym, że warstwa metalu bardziej elektrododatniego przylega do powierzchni odkrytej skrajnej elektrody ujemnej, znajdującej się na skraju zespołu elektrod.
6. Akumulator według zastrz. 1 znamienny tym, że elektrody są utworzone przez siatkę spiekaną, której pory wypełnione są substancją czynną.

7. Akumulator według zastrz. 1 znamienny tym, że grubość elektrod nie przekracza 1 mm, a odstęp między nimi wynosi kilka dziesiątych milimetra, przy czym odstęp ten jest wypełniony porowatym separatorem (5).
8. Akumulator według zastrz. 1 znamienny tym, że elektrolit jest unieruchomiony w porach elektrod separatora i warstwy lub warstw metalu elektrododatniego i podpór utrzymujących tę warstwę lub warstwy.
9. Akumulator według zastrz. 1 znamienny tym, że posiada obudowę (1) szczelną.
10. Akumulator według zastrz. 1 znamienny tym, że warstwę porowatą ze srebra rozdrobionego, nałożoną na powierzchnię czynną elektrody ujemnej stanowi porowata podpora izolująca, nasycona roztworem srebra, w szczególności azotanem srebra, z którego następnie wytrącono srebro przez dysocjację tej soli, zwłaszcza przy użyciu roztworu hydrazyny.

Fig. 1

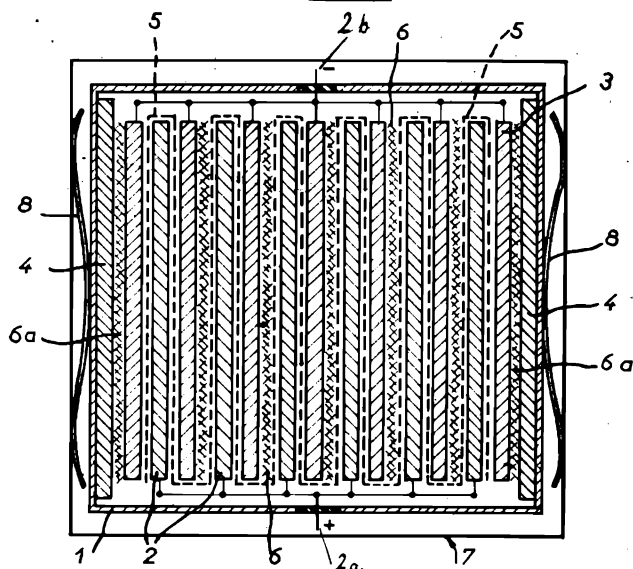


Fig. 4

