



Patent dodatkowy
do patentu nr _____

Zgłoszono: 28.07.76 (P. 191494)

Pierwszeństwo: 28.07.75 Stany Zjednoczone
Ameryki

Zgłoszenie ogłoszono: 20.06.77

Opis patentowy opublikowano: 27.12.1983

Int. Cl.³ H01L 31/00

Twórcy wynalazku: Jack St. Clair Kilby, Jay Wallace Lathrop, Wilbur
Arthur Porter

Uprawniony z patentu: Texas Instruments Incorporated, Dallas (Stany
Zjednoczone Ameryki)

Przetwornik energii słonecznej

1

Przedmiotem wynalazku jest przetwornik energii słonecznej.

Potrzeba zastępowania paliw kopalnych jako źródeł energii jest dobrze znana. Istnieje wiele systemów i technik przetwarzania i wykorzystywania energii słonecznej. Jakkolwiek ilość energii słonecznej padającej na powierzchnię ziemi jest znana, to dla uzyskania liczącej się ilości energii trzeba wykorzystać stosunkowo dużą powierzchnię. Miesięcznie na 1 m² powierzchni Ziemi na szerokości geograficznej 35° pada światło słoneczne odpowiadające energii 100 kWh.

Ponieważ oświetlenie nie jest ciągłe, konieczne jest stosowanie środków do gromadzenia odbieranej energii. Funkcję tę spełniają matryce wielkopowierzchniowych ogniw słonecznych podłączone do baterii akumulatorów, przy czym w systemach praktycznych, mających taką konstrukcję występują cztery zasadnicze problemy: Po pierwsze znane techniki wytwarzania sprawnych ogniw słonecznych pochłaniają duże ilości materiału półprzewodnikowego stanowiącego podłoże udostępniające stosunkowo małą ilość materiału aktywnego.

Po drugie, ogniwa półprzewodnikowe są zwykle niskonapięciowymi przyrządami półprzewodnikowymi wymagającymi połączeń zdolnych do przenoszenia prądów rzędu 10³A przy mocach rzędu 1 kWh. Po trzecie, ponieważ wymagane jest również równoległe łączenie wielu ogniw słonecznych, dla

2

uzyskania użytecznej mocy wyjściowej z dużych powierzchni, to wszelkie wady i upływy w pojedynczym ogniwie w poważnym stopniu obniżają parametry całej matrycy. Zwiększa to koszty wytwarzania i potęguje problemy związane z uzyskaniem rozsądnej niezawodności matrycy. Po czwarte, ponieważ energia słoneczna musi być gromadzona, aby mogła być następnie użyta w stosownym czasie, stosuje się znane systemy ogniw słonecznych do ładowania akumulatorów, przy czym akumulatory także są drogie, duże i trudne w obsłudze.

Ostatnio opracowano projekt systemu, w którym zwykle ogniwa słoneczne wykorzystuje się do uruchamiania ogniwa do elektrolitycznej dysocjacji wody. Wodór wytwarzany w tym ogniwie jest magazynowany do późniejszego wykorzystania. System ten rozwiązuje częściowo problem magazynowania energii słonecznej, przy czym nie stanowi on rozwiązania pozostałych problemów. Czyniono dotychczas próby uproszczenia problemu połączeń przez stosowanie dużych płytek monokrystalicznego krzemu.

Celem wynalazku jest skonstruowanie przetwornika energii słonecznej nie mającego wad znanych przetworników.

Cel wynalazku osiągnięto przez skonstruowanie przetwornika energii słonecznej mającego dużą liczbę półprzewodnikowych fotoelektrycznych og-

niw typu p-n, umieszczonych na powierzchni i napromieniowanych światłem dla wytworzenia na nich potencjału elektrycznego, rurę dla tych ogniów dla elektrolitu do zwilżania ogniów, dla uzyskania przepływu prądu przez elektrolit pomiędzy ogniwami typu p-n i ogniwami typu n-p, w elektrolicie żądanej reakcji elektrochemicznej, rurociąg połączony z rurą, dla odprowadzenia z niego co najmniej jednego produktu reakcji elektrochemicznej oraz paliwowe ogniwo połączone z rurociągiem przystosowane do rekombinacji produktów reakcji elektrochemicznej dla wytworzenia energii elektrycznej.

Jedne ogniwa są z półprzewodnika typu p naniesionego na półprzewodnik typu n, a pozostałe ogniwa są z półprzewodnika typu n naniesionego na półprzewodnik typu p.

Ogniwo stanowi duża liczba oddzielnych sferycznych powierzchni ułożonych warstwowo, a rura ma górną część, przez którą przechodzi światło dla naświetlenia ogniów po przejściu przez elektrolit. Fotoelektryczne ogniwa typu p-n zawierają pierwszą parę kul, mających rdzeń z materiału półprzewodnikowego pierwszego typu przewodności i powierzchnię warstwę z materiału półprzewodnikowego o przewodności przeciwnego typu, drugą parę kul mających rdzeń z materiału półprzewodnikowego o przeciwnym typie przewodności i powierzchnię warstwę z materiału półprzewodnikowego o przewodności pierwszego typu, oraz izolacyjne powłoki na każdej kuli, przez które przechodzi światło i przewodzące warstwy odizolowane od elektrolitu, dla połączenia powierzchni kul usytuowanych naprzeciw powłok.

Duża liczba sferycznych powierzchni jest zamontowana na wspólnym metalicznym łożu przewodzącym, stykającym się z rdzeniem każdej sferycznej powierzchni, przy czym silikonowa matryca izoluje przewodnik od elektrolitu i ma transmitującą światło izolacyjną powłokę zwilżoną elektrolitem oraz na powierzchni każdej sferycznej powierzchni, dla zetknięcia z elektrolitem, dla naświetlenia ogniów promieniowaniem świetlnym przechodzącym przez elektrolit i izolacyjną powłokę.

Rura ma wydłużony pasek rozciągający się wzdłuż jej długości w jej dolnej części i jest częściowo wypełniona elektrolitem stykającym się z górną powierzchnią paska, przy czym pasek ma dużą liczbę indywidualnych sferycznych powierzchni, zaś każda powierzchnia sferyczna w warstwie tworzy ogniwo fotoelektryczne, przy czym każde ma dyfuzyjne powierzchnie, łączące materiał rdzenia z materiałem powierzchni o przeciwnych typach przewodności, zaś rdzenie sferyczne powierzchni są z materiału typu p, a rdzenie pozostałych sferycznych powierzchni są z materiału typu n.

Metaliczna warstwa jest połączona z czołową powierzchnią warstwy, łącząc w szereg napięcia wytwarzane w co najmniej dwu sferycznych powierzchniach, mających rdzenie o przeciwnych typach przewodności.

Duża liczba pasków jest umieszczona w gazoszczelnej rurze, elektrolitem jest wodny roztwór

kwasu jednowodorowego, jednostka do magazynowania wodoru jest przełączany dla odbierania i magazynowania wodoru z rury, wymiennik ciepła odbiera ciepło z wodnego roztworu jodu przepływającego przez rurę oraz paliwowe ogniwo jest połączone z jednostką do magazynowania wodoru, a wymiennik ciepła jest przystosowany do rekombinacji wodoru i jodu, podawanego do rury, dla dostarczania energii elektrycznej z paliwowego ogniwa.

Sferyczne powierzchnie mają jednolite wymiary i są zabezpieczone w matryce, przy czym część materiału rdzenia każdej sferycznej powierzchni jest połączona z metalicznym przewodnikiem.

Ogniwo fotoelektryczne jest z półprzewodnikowego materiału, korzystnie germanu. Ogniwo fotoelektryczne jest z półprzewodnikowego materiału, korzystnie arsenku galu.

Cel wynalazku osiągnięto również przez skonstruowanie przetwornika energii słonecznej mającego dużą liczbę półprzewodnikowych ogniów typu p-n, umieszczonych na powierzchni i napromieniowanych światłem dla wytworzenia na nich potencjału elektrycznego, rurę dla tych ogniów dla elektrolitu do zwilżania ogniów, dla uzyskania przepływu prądu przez elektrolit pomiędzy ogniwami typu p-n i ogniwami typu n-p, w elektrolicie żądanej reakcji elektrochemicznej rurociąg połączony z rurą, dla odprowadzenia z niego co najmniej jednego produktu reakcji elektrochemicznej oraz paliwowe ogniwo połączone z rurociągiem przystosowane do rekombinacji produktów reakcji elektrochemicznej, dla wytwarzania energii elektrycznej.

Jedne ogniwa są z półprzewodnika typu p naniesionego na półprzewodnik typu n, a pozostałe ogniwa są z półprzewodnikami typu n naniesionego na półprzewodnik typu p.

Dwie pary ogniów mają po jednym elemencie, dla każdej z par mającym powierzchnie warstwy z materiału o przeciwnym typie przewodności z metalową warstwą odizolowaną od elektrolitu, łączącą powierzchnie warstw z izolującą warstwą, izolującą powierzchnie połączonych par ogniów od elektrolitu, dla połączenia czterech ogniów w szereg, dla wytworzenia wysokiego napięcia.

Ogniwa stanowi duża liczba oddzielnych sferycznych powierzchni jest ułożona warstwowo, a rura ma górną część, przez którą przechodzi światło dla naświetlania ogniów po przejściu przez elektrolit. Fotoelektryczne ogniwa p-n zawierają pierwszą parę kul, mających rdzeń z materiału półprzewodnikowego pierwszego typu przewodności i powierzchnię warstwę z materiału półprzewodnikowego o przewodności przeciwnego typu, drugą parę kul mających rdzeń z materiału półprzewodnikowego o przeciwnym typie przewodności i powierzchnię warstwę z materiału półprzewodnikowego o przewodności pierwszego typu, oraz izolacyjną powłoki na każdej kuli, przez które przechodzi światło i przewodzące warstwy odizolowane od elektrolitu, dla połączenia powierzchni kul usytuowanych naprzeciw powłok.

Duża liczba sferycznych powierzchni jest zamontowana na wspólnym metalicznym łożu przewodzącym, stykającym się z rdzeniem każdej sfery-

cznej powierzchni, przy czym silikonowa matryca izoluje przewodnik od elektrolitu oraz ma transmitującą światło izolacyjną powłokę zwilżaną elektrolitem, na powierzchni każdej sferycznej powierzchni, dla zetknięcia z elektrolitem, dla naświetlania ogniw promieniowaniem świetlnym przechodzącym przez elektrolit i izolacyjną powłokę.

Rura ma wysłużony pasek rozwierający się wzdłuż jej długości w jej dolnej części i jest częściowo wypełniona elektrolitem stykającym się z górną powierzchnią paska, przy czym ma dużą liczbę indywidualnych sferycznych powierzchni, zaś każda powierzchnia sferyczna w warstwie tworzy ogniwowo fotoelektryczne, przy czym każde na dyfuzyjne powierzchnie, łączące materiał rdzenia z materiałem powierzchni o przeciwnych typach przewodności, zaś rdzenie sferyczne powierzchni są z materiału typu p, a rdzenie pozostałych sferycznych powierzchni są z materiału typu n.

Metaliczna warstwa jest połączona z czołową powierzchnią warstwy, łącząc w szereg napięcia wytwarzane w co najmniej dwu sferycznych powierzchniach mających rdzenie o przeciwnych typach przewodności.

Duża liczba pasków jest umieszczona w gazoszczelnej rurze, elektrolitem jest wodny roztwór jednowodorowego kwasu, jednostka do magazynowania wodoru jest przełączana dla odbierania i magazynowania wodoru w rurze, wymiennik ciepła odbiera ciepło z wodnego roztworu jodu przepływającego przez rurę oraz paliwowe ogniwo jest połączone z jednostką do magazynowania wodoru a wymiennik ciepła jest przystosowany do rekombinacji wodoru i jodu, podawanego do rury dla dostarczania energii elektrycznej z paliwowego ogniwa.

Sferyczne powierzchnie mają jednolite wymiary i są zabezpieczone w matryce, przy czym część materiału rdzenia każdej sferycznej powierzchni jest z metalicznym przewodnikiem.

Ogniwo fotoelektryczne jest z półprzewodnikowego materiału, korzystnie germanu. Ogniwo fotoelektryczne jest z półprzewodnikowego materiału, korzystnie arsenku galu.

Wykorzystanie wynalazku zapewnia rozwiązanie zasadniczo wszystkich wspomnianych poprzednio problemów. Szczególnie korzystną cechą struktury według wynalazku jest to, że dopuszczalne jest występowanie w niej elementów uszkodzonych,

Przedmiot wynalazku przedstawiono w przykładach wykonania na rysunku, na którym fig. 1 przedstawia przetwornik energii słonecznej według wynalazku, w przekroju poprzecznym, fig. 2 — elektryczny schemat zastępczy fragmentu struktury przetwornika z fig. 1, fig. 3 — przetwornik według wynalazku w innym przykładzie wykonania, fig. 4 — elektryczny schemat zastępczy fragmentu struktury przetwornika z fig. 3 i fig. 5 — charakterystykę napięciowo prądową przejścia między elektrodą generatora fotoelektrycznego, a elektrolitem, fig. 6 — uproszczony schemat zastępczy fragmentu struktury przetwornika z fig. 3, fig. 7 — przetwornik według wynalazku w kolejnym przykładzie wykonania, fig. 8 — zastępczy schemat elektryczny fragmentu struktury przetwornika z

fig. 7; fig. 9 — schemat konstrukcyjny konwencjonalnego półprzewodnikowego ogniwa fotoelektrycznego, w przekroju poprzecznym; fig. 10 — przykład efektywniejszego wykorzystania materiału półprzewodnikowego zgodny z wynalazkiem; fig. 11 — fragment struktury fotoelektrycznego generatora taśmowego według wynalazku, w przekroju poprzecznym; fig. 12 — wydłużony cylindryczny przetwornik elektrolityczny według wynalazku, w rzucie aksonometrycznym; fig. 13 — funkcjonalny schemat blokowy systemu, z zastosowaniem przetwornika według wynalazku, fig. 14 — schemat procesu formowania fotoelektrycznego generatora taśmowego.

Przetwornik 10 energii słonecznej na chemiczną (fig. 1) zawiera słoneczne ogniwo 11 zamocowane tak, że jego górna powierzchnia jest zwilżana elektrolitem 13. Pokrywa przetwornika 10 jest wykonana z arkusza materiału przepuszczającego światło, korzystnie ze szkła i ma dolną powierzchnię 11. Górna powierzchnia słonecznego ogniwa 11 jest naświetlana świetlnymi promieniami 15 i 16.

Ogniwo 11 jest ogniwo półprzewodnikowym, w którym półprzewodnikowa płytka 11a jest wykonana z materiału takiego jak krzem. Dyfuzyjna warstwa 11b jest uzyskiwana metodą konwencjonalną, przez maskowanie tlenowe i domieszkowanie, w wyniku czego uzyskuje się złącze 11c, rozciągające się na części powierzchni ogniwa 11. Podłoże jest wykonane korzystnie z krzemu typu n o rezystywności 0,5 do 1,0 Ω cm, na którym naniesiona jest dyfuzyjna warstwa typu p o konstrukcji powierzchniowej 10^{18} na 1 cm^2 i szerokości złącza 0,5 do 1,0 μm . Elektrody 11d i 11a są przezroczyste i wykonane korzystnie z metalu szlachetnego, takiego jak platyna albo pallad, przez napylenie warstwy takiego metalu o grubości 150 $\text{\AA}$ na powierzchnię płytki półprzewodnikowej i spiekanie w temperaturze 250°C w ciągu 5 minut. Alternatywnie wykorzystuje się cienkie nieprzezroczyste elektrody z tych metali nałożone tylko na części naświetlanej powierzchni. Ogniwo 11 jest umieszczone pomiędzy izolującymi kształtkami 11g.

Pod wpływem działania świetlnych promieni 15 i 16 na złączu 11c wytwarzane jest napięcie 0,4 do 0,6 V. Napięcie to pojawia się na elektrodach 11d i 11e ogniwa powodując przepływ prądu przez elektrolit 13 jak to uwidoczono przerywanymi liniami 18.

Jako elektrolit 13 stosuje się płyn, w którym przepływ prądu powoduje użyteczną reakcję przy napięciu uzyskiwanym z ogniwa. Jeżeli wykorzystywane jest ogniwo krzemowe, elektrolitem jest chlorek nityrylu NOCl. W tym przypadku na elektrodzie 11e stanowią katodę, jest wytwarzany tlenek azotu, natomiast na elektrodzie 11d, stanowiącej anodę jest wytwarzany chlor.

Otrzymywane produkty są gazami i oddzielone od siebie za pomocą półprzepuszczalnej membrany zamocowanej do izolatora 17a. Tlenek azotu odprowadzany jest przez wylotowy otwór 49, a chlor przez otwór 20. Świeży elektrolit doprowadzany jest przez otwór 21. Przetwornik 10 pracuje w sposób ciągły absorbując energię optyczną padającą na ogniwo 11, dla spowodowania przepływu prądu

w elektrolicie 13, a więc wymieszanie reakcji chemicznej w elektrolicie umożliwiające wytworzenie, zgromadzenie i przechowywanie co najmniej jednego produktu reakcji.

W tego rodzaju przetworniku zbędne jest stosowanie zewnętrznych połączeń elektrycznych. Jeżeli w tym samym elektrolicie zanurzonych jest kilka ogniw 11, 11', 11'', (fig. 2), nie są wymagane żadne połączenia między nimi. Wskutek niezależności każdego z tych ogniw 11, 11', 11'', ogniwo rozwarte lub zwarte nie pogarsza własności użytkowych innych ogniw zanurzonych w elektrolicie. Przykładowo, gdy w tym samym elektrolicie zanurzonych jest sto ogniw, z których pięć jest uszkodzonych, wartość wyjściowa uzyskiwana z całego zespołu ogniw stanowi 95% wartości uzyskiwanej w przypadku wszystkich sprawnych ogniw.

Chociaż znana jest pewna ilość reakcji, które mogą być uruchomione napięciem uzyskiwanym już z pojedynczego ogniwa, to inne pożądane reakcje wymagają wyższych napięć.

Przetwornik 116 zawiera dwa ogniwa 111 i 112 połączone szeregowo (fig. 3 i 4). Ogniwa 111 i 112 są umieszczone pomiędzy izolującymi kształtkami 111g, zaś ich górne powierzchnie są zwilżone elektrolitem 113. Pokrywa przetwornika 110 jest wykonana z arkusza materiału przepuszczającego światło mającego powierzchnię 114. Górne powierzchnie ogniw 111 i 112 są oświetlone świetlnymi promieniami 115 i 116.

Ogniwo 111 jest dwuwarstwowym przyrządem półprzewodnikowym wykonanym na podłożu typu n w sposób podobny do opisanego dla ogniwa 11 z fig. 1. Wskutek napromieniowania świetlnym promieniem 115 na złączu 111c ogniwa 111 powstaje napięcie od 0,4 do 0,6 V.

Ogniwo 112 jest wykonane na podłożu typu p z dyfuzyjną warstwą 112b wyznaczającą złącze 112c. Warstwę typu n uzyskuje się metodą dyfuzji o koncentracji powierzchniowej 10^{18} na 1 cm^2 i grubości złącza od 0,5 do $1,0\text{ }\mu\text{m}$. Elektrody 111d i 112d są wykonane metodą opisaną w związku z ogniwem 11 z fig. 1.

Pod wpływem naświetlania świetlnymi promieniami 116, w ogniwie 112 na złączu 112c wytwarzane jest napięcie około 0,5 V. Metalowa warstwa 122, jest wykonana korzystnie z aluminium i zapewnia połączenie galwaniczne z dolną powierzchnią ogniw 111 i 112. Dla zapewnienia połączenia galwanicznego ogniw wykorzystuje się dyfuzyjne warstwy 111f i 112f, przy czym warstwa 111f zawiera domieszki typu n, a warstwa 112f typu p. Ogniwa 111, 112 działają w ten sposób, że przy naświetlaniu ich energią świetlną za pomocą świetlnych promieni 115 i 116, prąd płynie z ogniwa 111 przez metalową warstwę 122 do ogniwa 112 a następnie przez elektrolit 113, jak to uwidoczniło się za pomocą linii 118.

Ponieważ ogniwo 111 jest połączone szeregowo z ogniwem 112, przy naświetlaniu ogniw 111 i 112, pomiędzy elektrodą 111d i elektrodą 112d powstaje napięcie około 1V. Elektrolit 113 jest płynem, w którym przepływ prądu przy tym napięciu wywołuje żadaną reakcję. W opisanym przykładzie

wykonania elektrolitem 113 jest 10% wodny roztwór kwasu jodowodorowego HJ.

Wskutek przepływu prądu przez elektrolit 113 na elektrodzie 112d stanowiącej katodę wydzielają się wodór, a na elektrodzie 111d, stanowiącej anodę — jony jodu. Wodór jest usuwany z przetwornika 110 przez wylotowy otwór 120. Jony jodu pozostają w roztworze i są usuwane przez otwór 121 a świeży elektrolit jest dostarczany przez otwór 119.

Przetwornik 110 jest zasilany energią świetlną promieniami 115 i 116 padającymi na ogniwa 111 i 112, co powoduje przepływ prądu w elektrolicie 113 i wydzielania z elektrolitu 113 wodoru i jodu. Ponieważ tylko jeden z końcowych produktów jest gazem, do rozdzielania produktów końcowych nie jest potrzebna żadna membrana.

Jednak w przypadku niektórych redukcji może być pożądanym zastosowanie membrany w celu przeciwdziałania dyfuzji jonów pomiędzy elektrodami, co może stworzyć pewnego rodzaju chemiczne krótkie spięcie. W tym celu może być pożądanym fizycznie odseparowanie anody i katody.

W elektrolicie 113 są zanurzone dalsze pary ogniw 111, 112 (fig. 4). Jeśli to wymagane, metalowa warstwa 122 jest powiększona, aby zapewnić dolny styk do wszystkich ogniw 111, 112 zanurzonych w elektrodzie albo każdej parze ogniw 111, 112 przyporządkowuje się osobny fragment tej warstwy. Na fig. 4 uwidoczniło się schemat zastępczy przetwornika dla przypadku, gdy wszystkie ogniwa są połączone metalową warstwą 122. Ogniwa 111 mają podłoże wykonane z materiału typu n, natomiast ogniwa 112 mają podłoże z materiału typu p. Promienie 115, 116 światła pobudzają ogniwa 111, 112.

Każde ogniwo 111, 112 z elektrolitem 113 stanowi impedencję Z w charakterystyce uwidocznionej na fig. 5. W przypadku stosowania roztworu kwasu jodowodorowego napięcie V_0 wynosi około 0,5 V.

Na figurze 6 uwidoczniło się uproszczony schemat obwodu, w którym impedencje spolaryzowane w kierunku przewodzenia zostały zamienione w układzie diodami, natomiast spolaryzowane w kierunku zaporowym — rezystorami. Z podanego schematu wynika, że niektóre ogniwa są rozwarte albo zwarte, nie wpływające przy tym na pracę innych ogniw, znajdujących się w przetworniku 110 pokazanym na fig. 3. W przypadku, gdy ogniwo o dowolnej polaryzacji jest rozwarte, jego sygnał wyjściowy jest tracony, lecz nie wpływa to na sygnały wyjściowe innych ogniw umieszczonych w elektrolizie.

Podobnie, jeżeli ogniwo o dowolnej polaryzacji jest zwarte, zostaje ono spolaryzowane napięciem 0,5 V względem elektrolitu. Z fig. 5 wynika, że w tych warunkach płynie mały prąd, lecz inne ogniwa nie są pobudzane. Wobec tego, jeśli sto ogniw typu n i sto ogniw typu p zostanie połączonych tak, jak to uwidoczniło się na fig. 4, to uszkodzenie pięciu procent ogniw typu n i pięciu ogniw typu p, spowoduje zmniejszenie sygnału wyjściowego nie więcej niż pięć procent.

Dla jeszcze innych żądanych reakcji są wytwarzane jeszcze wyższe napięcia. Przykładowo efek-

tywna elektroliza wody wymaga napięcia wyższego od 2V. Uzyskuje się to w układzie pokazanym na fig. 7 i 8. W tym przypadku żądane napięcie jest dostarczane przez dwie pary ogniw 211, 212, 211', 212'. Każda para ogniw 211, 212, 211', 212' jest identyczna z uwidocznionym na fig. 3. Ogniwa 211, 212, 211', i 212' są usytuowane pomiędzy izolującymi kształtkami 211g. Szeregowe połączenie par ogniw 211, 212, 211', 212' jest zrealizowane za pomocą metalowej warstwy 223, zapewniającej połączenie galwaniczne z warstwami powierzchniowymi ogniw 212 i 212'. Warstwa ta korzystnie jest wykonana z aluminium.

Wszystkie cztery ogniwa są wystawione na działanie świetlnych promieni 215, 216, 215' i 216' i wytwarzają napięcie około 2 V pomiędzy elektrodą 211d, stanowiącą anodę i elektrodą 212d stanowiącą katodę. Dwa środkowe ogniwa 212 i 211' są wystawione na działanie światła, przy czym są zabezpieczone przed zetknięciem się z elektrolitem za pomocą przezroczystej epoksydowanej warstwy 24.

Gdy jako elektrolit stosuje się wodę, przy elektrodzie 212d, stanowiącej katodę, wydzielą się wodór, natomiast przy elektrodzie 211d stanowiącej anodę — tlen. Ponieważ oba produkty są gazami, stosuje się półprzepuszczalną membranę 217. Wodór jest usuwany przez otwór 220, natomiast tlen przez otwór 219. Wodę uzupełnia się przez otwór 221 w sposób zapewniający zachowanie ciągłości reakcji.

Podane przykłady stanowią jedynie ilustrację i możliwe są różnorodne modyfikacje i rozwiązania zastępcze. Krzem może być zastąpiony innymi półprzewodnikami, takimi jak arsenek galu lub german.

Podobnie, chociaż opisano ogniwa fotoelektryczne ze złączem p—n, do wytwarzania napięcia przy wykorzystaniu energii ze źródła światła, mogą być wykorzystywane z barierą Schottky'ego i elementy MOS. Wyższe napięcie wymagane dla niektórych reakcji uzyskuje się przez szeregowe połączenie identycznych ogniw, jak również za pomocą zmiennej polaryzacji ogniw.

Reakcje uzyskiwane za pomocą omawianych metod nie są ograniczone do jednej klasy składników chemicznych, przy czym osiągnięto istotną redukcję połączeń ogniwa. Nie jest niezbędnym wykonywanie sztywnych wyprowadzeń na zewnątrz ogniwa. Pojedyncze ogniwo uwidocznione na fig. 1 nie wymaga połączeń wewnętrznych, a dla dwu wersji ogniw uwidocznionych na fig. 3 wymagane jest tylko jedno połączenie. To uproszczenie pozwala rozważać ekonomiczne struktury realizowane z dużej liczby małych ogniw. Jest to istotne odejście od rozwiązań konwencjonalnych, w których z reguły dąży się do obniżenia kosztów drogą powiększenia obszarów złącz.

Zastosowanie mniejszych ogniw pozwala na uzyskanie wyższej efektywności. Fakt ten ilustruje porównanie fragmentów struktur półprzewodnikowych uwidocznionych na fig. 9 i fig. 10. Konwencjonalne ogniwo plenarne zawiera złącze 41 znajdujące się 1 μm poniżej powierzchni. Nośniki generowane przez świetlne promienie 42 są wytwa-

rzane w ogniwie do głębokości 100 μm , chociaż zbierane są tylko nośniki generowane w obrębie długości dyfuzji złącza. W przypadku kryształów krzemowych o dobrej jakości, długość drogi dyfuzji wynosi 35 μm . Warstwa 43 stanowi aktywną część elementu. Uzyskanie warstwy aktywnej o tej grubości wymaga stosowania stosunkowo grubej płytki podłoża, wobec czego krzem jest cięty na plastry o grubości 300 μm , dla zapewnienia niezbędnej wytrzymałości. W takiej płytce tylko 35/300 albo 12% materiału wykorzystuje się użytecznie do wytwarzania prądu. Gdy płytki są wycinane z dużego kryształu i uwzględniane są straty występujące przy cięciu, użyteczna część płytki stanowi 4% materiału początkowego.

Według wynalazku uzyskano strukturę o znacznie wyższej aktywności (fig. 10). W przypadku powierzchni sferycznej o średnicy 10 μm ponad 97% materiału znajduje się w obrębie długości dyfuzji złącza 41, natomiast w przypadku powierzchni sferycznych o średnicy 200 μm około 73% materiału znajduje się w obrębie długości dyfuzji, a zatem część ta jest potencjalnie użyteczna. Chociaż powierzchnie sferyczne są szczególnie korzystne dla tych celów, efektywność małych sześciątów i kształtów o charakterze prostokątów jest znacznie lepsza w porównaniu do efektywności dużych powierzchni płaskich stosowanych w rozwiązaniach konwencjonalnych.

Trudno jest wykorzystywać małe ogniwa wykorzystując technikę prowadzenia połączeń wymagających dwu połączeń na ogniwie i stosowania grubych doprowadzeń pozwalających na przełamywanie dużych prądów wytwarzane w matrycy.

Zredukowanie ilości styków wymaganych w ogniwie umożliwia uwzględnienie alternatywnej techniki łączenia. W kolejnym przykładzie wykonania (fig. 11) wiele częściowych sferycznych powierzchni 30, 31, 32, 33, 34 tworzy część jednego rzędu warstwy tych powierzchni. Rdzenie sferycznych powierzchni 30, 32 i 33 są wykonane z półprzewodnika typu p. Rdzenie powierzchni sferycznych 31 i 34 są wykonane z materiału typu n. Rdzenie mają odpowiednio dyfuzyjne powierzchnie 30a, 31a, 32a, 33a, 34a tworzące złącza p—n każdej sferycznej powierzchni. Złącza te mają również kształt sferyczny.

Sferyczne powierzchnie 30, 31, 32, 33, 34 o różnych wymiarach są scalone w matrycy 35 z materiału izolacyjnego, korzystnie żywicy silikonowej. Dolne części każdej sferycznej powierzchni są usuwane dla uzyskania dostępu do materiału rdzenia. Matryca 35 oddziela powierzchnie sferyczne oraz pokrywa i zabezpiecza złącza utworzone przez warstwy dyfuzyjne.

Metaliczny przewodnik 36 tworzy połączenie galwaniczne z rdzeniem każdej powierzchni 30, 31, 32, 33, 34 i łączy powierzchnie sferyczne w strukturę porównywalną ze strukturą z fig. 3. Druga warstwa 37 stanowi wspólną podstawę całej matrycy 35 i tworzy warstwę ochraniającą przewodnik 36. Silikonowa matryca 35 i inne materiały powierzchniowe związane z każdą z powierzchni sferycznych przepuszczają światło w taki sposób, że pada-

jąca energia optyczna nasświetla całą górną połowę każdej z powierzchni **30**, **31**, **32**, **33**, **34**.

Występują także pewne odbicia od metalicznej warstwy **36** i pewna część odbitego światła osiąga dolne połowki powierzchni sferycznych. Górne powierzchnie są wyposażone w elektrody **30b**, **31b**, **32b**, **33b**, **34b** i są tak umieszczone, że wszystkie elektrody są indywidualnie zwilżane elektrolitem po umieszczeniu ich w przetwornikach.

W kolejnym przykładzie wykonania (fig. 12) pasek albo arkusz ogniw słonecznych, takich jak uwidocznione na fig. 11, jest obudowany dla przekształcenia promieniowania słonecznego w prąd elektryczny, a zatem, przyspieszenie reakcji chemicznej wewnątrz przetwornika. Wydłużona eliptyczna szklana rura **50** ma część bazową **51**, na której spoczywają wydłużone paski **52** lub arkusze ogniw słonecznych. Górnym częścią mają kształty zapewniające uzyskanie cylindrycznego efektu soczewkowego, dzięki czemu padające promieniowanie, zgodnie z oznaczoną drogą promieni **54**, jest załamane dla osiągnięcia górnej powierzchni paska **52** ogniw słonecznych.

W przykładzie zastosowania przetwornika według wynalazku w kompletnym systemie (fig. 13), szereg rur jest zastosowanych tak, że ich osie są nachylone. Paski **52** spoczywają na dnie każdej rury **50**. Elektrolit stanowi wodny roztwór jodowodoru, a wewnątrz każdej rury **50** zachodzi reakcja:

Otrzymany J_2 występuje w postaci trójjodu (J_3^-),
 $2 HJ + H_2O + \text{energia elektryczna} \rightarrow H_2 + J_1 + H_2O$,
 który powstaje w wyniku reakcji jonów uzyskiwanych z HJ z wytwarzanym jodem J . W każdym przypadku produkty tej reakcji: wodór i jony trójjodu są usuwane rurociągami **56**. Wodór odprowadzany rurociągiem **36** jest przesyłany do magazynującej jednostki **60** w której jest sprężony i przechowywany w postaci gazu lub w postaci wodoru. Jod jest efektywnie magazynowany w elektrolicie i jest transportowany za pomocą rur **57** do rurociągu **58**.

Gdy jest to wymagane, energię elektryczną otrzymuje się z systemu drogą rekombinacji wodoru i jodu w paliwowym ogniwie **61** wodorohalogenowym. W paliwowym ogniwie **61** zachodzi reakcja
 $H_2 + J_2 + H_2O \rightarrow 2 HJ + H_2O + \text{energia elektryczna}$.

Wodór jest przekazywany do paliwowego ogniw **61**, za pomocą rur **59**, natomiast jod jest transportowany w postaci roztworu wodnego za pomocą rury **62**. Ponieważ roztwór w matrycy rur **50** jest również podgrzewany słonecznymi promieniami **54**, z systemu pobierana jest energia cieplna za pomocą konwencjonalnego wymiennika **63** ciepła. Zrekombinowane produkty paliwowego ogniw **61** są zwrócone do rur **50** za pomocą rurociągu **64** i rur **65**.

System uwidoczniony na figurze 13 jest systemem zamkniętym przystosowanym do pracy ciągłej. Zastosowanie materiałów takich jak kwas jodowodorowy jest efektywne, gdy reakcja ładowania jest prowadzona bez zauważalnego przyrostu potencjału elektrody, a reakcja rozładowania jest prowadzona bez zauważalnej polaryzacji elektrody. W rezultacie reakcje:

$H_2 + J_2 + H_2O \rightleftharpoons 2 HJ + H_2O + \text{energia elektryczna}$

pozwalają z dużym przybliżeniem uzyskać odwracalność termodynamiczną, co zapewnia efektywność gromadzenia energii i systemu zasilania.

Dla innych zastosowań może być pożądanym zastosowanie systemu tego typu do wytwarzania wodoru. Gdy jest to potrzebne, wodór jest pobierany z rurociągu **56** lub z magazynującej jednostki **60** jak to uwidoczniono przerywaną linią **60a**. W przypadku gdy wodór jest usuwany z systemu, konieczne jest zmodyfikowanie systemu. Wykonuje się to zastępując paliwowe ogniwo **61** jednostką, w której siarczek wodoru jest mieszany z jonami trójjodu tworząc nowy kwas jodowodorowy, który jest zwracany do konwerterów słonecznych za pomocą rurociągu **64**. Jeśli jest to wymagane siarczek jodowodoru jest wytwarzany z wodoru otrzymywanego z rurociągu **56** lub jest dostarczany ze źródła zewnętrznego.

Zastosowania w systemach dowolnego typu wymagają dziesiątek albo setek metrów kwadratowych pasków ogniw słonecznych. Efektywne wytwarzanie tego typu elementu systemu ma więc podstawowe znaczenie. Produkcja takich pasków musi być ekonomiczna i efektywna pod względem zużycia materiałów. Ponieważ paski tego typu są wytwarzane metodami stosowanymi przy produkcji obwodów cienkowarstwowych, to wyższą efektywność pozwala uzyskać stosowanie małych cząstek.

Podczas wytwarzania arkuszy ogniw słonecznych (fig. 14) najpierw formowane są krzemowe kule **301**, **302**, **303**, **304**, **305**. Kule te są uzyskiwane w drodze mielenia albo wytwarzane w procesie zbliżonym do wykorzystywanego przy wytwarzaniu śrutu ołowianego. Krzem domieszkowy do 5×10^{17} na 1 cm^3 poddawany jest mieleniu w młynie rowym i wypychany przez dyszę. Tworzone są kropelki krzemu, które opadają z wysokości około 2,4 m. W czasie tego opadania, krzem zestala się tworząc elementy o kształcie kulistym z małym stożkiem wystającym z końcowej części krzepnącej kuli. To odchylenie kształtu od kształtu kulistego nie ma wpływu na przebieg procesu, chociaż może być pożądanym zastosowanie redystrybucji koncentracji domieszek przez wygrzewanie lub przez 12 godzin w temperaturze 1300°C .

W strukturze uwidocznionej na fig. 11 stosowane są zarówno kule typu p jak i kule typu n, przy czym obydwa rodzaje kul są wykonane w ten sam sposób.

Chociaż niektóre kule mogą mieć wewnątrz granice ziaren, a zatem nie stanowią pojedynczego kryształu, większość nich nadaje się do omawianego zastosowania. Następnie kule sortuje się według średnic, przy czym wykorzystywane są kule o dowolnych średnicach, korzystnie wykorzystuje się kule o ograniczonych wahanach wymiarów w dowolnej chwili. Przykładowo w opisanym procesie produkcji kule są sortowane na grupy ograniczone wielkością różnicy średnio nie większą niż 0,025 mm.

Następnie kule **301**, **302**, **303**, **304**, **305** poddawane są dyfuzji dla uzyskania niezbędnych złącz pomiędzy warstwami powierzchniowymi **301a**, **302a**, **303a**, **304a**, **305a** i bryłą materiału. W kulach typu p wytwarzana jest warstwa powierzchniowa typu n.

Uzyskuje się to za pomocą procesu dyfuzji gazowej z zastosowaniem fosforu jako źródła. Korzystnie warstwy 301a, 302a, 303a, 304a, 305a mają złącza o szerokości 0,5 do 1 μm i koncentrację powierzchniową 10^{19} na 1 cm^2 . W kulach typu n wytwarzana jest warstwa powierzchniowa typu p za pomocą podobnego procesu dyfuzji z zastosowaniem boru jako źródła. Otrzymywana warstwa p ma złącze o szerokości od 0,5 do 1,0 μm i koncentrację powierzchniową 10^{19} na 1 cm^2 .

Następnie na powierzchnie kul nakładane są wyprowadzenia metalowe, korzystnie z platyny, przy czym wybór metalu zależy od zużytego elektrolitu. Cienka przezroczysta warstwa platyny uzyskiwana jest przez napylenie warstwy o grubości 150 Å na powierzchni kuli. W systemie napyłania kule są mieszane dla zapewnienia pokrycia ich całej powierzchni. Następnie platyna jest spiekana przez 5 minut w temperaturze 250°C tworząc wyprowadzenie warstw powierzchniowych kul obu typów.

Na kule nakładana jest powłoka izolacyjna 301c, 302c, 303c, 304c, 305c, korzystnie z akrylu o grubości 0,012 mm. Warstwa ta nie jest wymagana gdy kule są odsunięte od siebie w następującym potem procesie albo gdy kule typu p nie stykają się z kulami typu n.

Następnie kule typu p i typu n z powłoką izolacyjną 301c, 302c, 303c, 304c, 305c są wymieszane i rozmieszczone na prowizorycznym podłożu. Kule 301, 302, 303, 304, 305 są umieszczone na tymczasowym podłożu 307, które wcześniej pokrywane jest warstwą wosku parafinowego o grubości 0,05 mm. Podłoże 307 jest nieznacznie podgrzewane i kule 301, 302, 303, 304, 305 są wciskane w warstwę 308 wosku, który utrzymuje kule na swoich miejscach podczas wykonywania kolejnych kroków.

Podłoże 307 i kule 301, 302, 303, 304, 305 są zalwane warstwą 309 kompozycji izolacyjnej, korzystnie z żywicy silikonowej. Wybór kompozycji zależy częściowo od wybranych elektrolitów, gdyż warstwa 309 nie może ulegać zniszczeniu przy kontakcie z elektrolitem.

Stosowanie przezroczystej żywicy jest wskazane z tego względu, że pozwala ona światłu dotrzeć do większej części powierzchni kul. Po utwardzeniu warstwy 309 następuje usunięcie jej górnej powierzchni, co odsłania części brył lub rdzenie kul 301, 302, 303, 304, 305.

Następnie trawi się odsłonięte kule za pomocą środka trawiącego składającego się z roztworu HNO_3 i HF w proporcji 250:4 z dodatkiem 5% trójalkiloaminy. W rezultacie zostaje usunięta warstwa 310 krzemu o grubości około 0,012 mm i oczyszcza złącza.

Wytrawioną powierzchnię arkusza podgrzewa się w rezultacie czego krawędzie warstwy 309 żywicy silikonowej zaginają się nad górnymi posię. W rezultacie czego krawędzie warstwy 309 wypieczętują odsłonięte złącza. Następnie arkusz jest umieszczony w systemie galwanizacji jonowej, po czym na całą powierzchnię arkusza napyłana jest warstwa 311 metalu, korzystnie aluminium, o grubości 0,127 mm. Warstwa 311 łączy rdzenie wszystkich kul 301, 302, 303, 304, 305. Jeżeli jest

to żądane, powierzchnie odsłonięte wskutek usunięcia warstwy 310 są szlifowane mechanicznie lub poddane działaniu źródła wprowadzania jonów przed procesem galwanizacji jonowej, dla ułatwienia złącza kul 301, 302, 303, 304, 305 lakieru.

Po usunięciu arkusza z urządzenia metalizującego jest on pokryty dodatkową warstwą 312 materiału zwiększającego wytrzymałość i chroniącego warstwę metalową. Warstwa 312 jest wykonana również z żywicy silikonowej, chociaż przezroczystość nie jest tu wymagana. Po naniesieniu i zabezpieczeniu warstwy 312 następuje usunięcie podłoża 307. Dolna powierzchnia arkusza zostaje następnie wymyta w roztworze, korzystnie w trójkloroetylenie, dla usunięcia z odsłoniętych powierzchni kul 301, 302, 303, 304, 305 lakieru.

Uzyskana sieć krystaliczna jest w zasadzie taka sama jak struktura uwidoczniona na fig. 11. Po zakończeniu procesu uzyskane arkusze materiału są cięte na paski 52 uwidocznione na fig 12 i wprowadzane do rur 50, gdzie są wykorzystywane jako przetworniki światła słonecznego.

Wszystkie wymagane procesy są wykonywane partiami lub w sposób ciągły. Procesy ciągłe są z reguły korzystniejsze z ekonomicznego punktu widzenia i mogą być łatwo wykorzystane do realizacji opisanych procedur. W tym przypadku tymczasowym podłożem 307 jest szeroki pas stali nierdzewnej, który jest wykorzystany do przenoszenia arkusza pomiędzy kolejnymi procesami po wykonaniu których struktura jest usuwana z pasa w postaci ciągłej taśmy. Następnie taśma jest zamocowana tak, aby możliwe było odbieranie promieniowania przez warstwy 311 i 312 leżące na przeciw siebie.

Zastosowanie małych kul jest szczególnie korzystne. Jednak muszą być stosowane ogniwa fotoelektryczne o dowolnym kształcie. Przykładowo wykonuje się paski 52 metodami realizacji warstw cienkich. W tym przypadku cienkie warstwy materiału półprzewodnikowego są osadzone na cienkich arkuszach metalu względnie nanosi się półprzewodnik, korzystnie krzem, na podłożu, korzystnie szafirowe. W przypadku, gdy warstwy półprzewodnikowe są podzielone na niezależne od siebie fotogeneratory o małych powierzchniach, można realizować pracę z tolerancją uszkodzeń.

Ogniwa elektryczne nie podlegają ograniczeniom pod względem kształtu i nie są ograniczone do elementów ze złączami p-n. Przykładowo stosuje się elementy z barierą Schottky'ego. Bariery Schottky'ego zawierają warstwę metaliczną umieszczoną bezpośrednio na powierzchni materiału półprzewodnikowego, przy czym materiał ten oraz metal są dobrane w taki sposób, że w miejscu połączenia metalu z półprzewodnikiem powstaje bariera, która przewodzi wówczas, gdy jest naswietlana. Dla wykorzystania elektrolitów opisanych w tym zgłoszeniu platynę należy zastąpić aluminium stykami palcowymi.

W każdym przypadku wybrane obszary elementów fotoelektrycznych są zwilżane elektrolitem, w którym zachodzi reakcja chemiczna. Pod zwilżaniem, w rozumieniu niniejszego zgłoszenia rozumie się, że elektrolit fizycznie i elektrycznie

współpracuje co najmniej z wybranymi obszarami ogniw fotoelektrycznych.

Światło padające na ogniwa fotoelektryczne, korzystnie przechodzi przez elektrolit, jednak ogniwa fotoelektryczne mogą być skonstruowane tak, aby otrzymywały światło inną drogą niż przez elektrolit, przy czym w dalszym ciągu są one zwilżane przez elektrolit umożliwiając przepływ prądu z ogniw, dla wytworzenia warunków dla pożądanej reakcji chemicznej.

Zastrzeżenia patentowe

1. Przetwornik energii słonecznej zawierający co najmniej jeden fotoelektryczny przyrząd i elektrolit, **znamienny tym**, że ma dużą liczbę półprzewodników fotoelektrycznych, ogniw (111, 112) typu p-n, umieszczonych na powierzchni i napromieniowanych światłem dla wytworzenia na nich potencjału elektrycznego, rurę (50) dla tych ogniw (111, 112) dla elektrolitu (113) do zwilżania ogniw (111, 112) dla uzyskania przepływu prądu przez elektrolit (113) pomiędzy ogniwami typu p-n i ogniwami typu n-p, dla wywołania w elektrolicie żądanej reakcji elektrochemicznej, rurociąg (56) połączony z rurą (50) dla odprowadzania co najmniej jednego produktu reakcji elektrochemicznej oraz paliwowe ogniwo (61) połączone z rurociągiem (56) przystosowane do rekombinacji produktów reakcji elektrochemicznej dla wytworzenia energii elektrycznej.

2. Przetwornik według zastrz. 1, **znamienny tym**, że pierwsze ogniwa (111) są z półprzewodnika typu p naniesionego na półprzewodnik typu n, a drugie ogniwa (112) są z półprzewodnika typu n naniesionego na półprzewodnik typu p.

3. Przetwornik według zastrz. 2, **znamienny tym**, że ogniwa (111, 112) stanowi dużą liczbę oddzielnych sferycznych powierzchni (30, 31, 32, 33, 34), ułożonych warstwowo, a rura (50) ma drugą część (53), przez którą przechodzi światło dla naświetlania ogniw (111, 112) po przejściu przez elektrolit (113).

4. Przetwornik według zastrz. 2, **znamienny tym**, że fotoelektryczne ogniwa (111, 112) typu p-n zawierają pierwszą parę kul (301) mających rdzeń z materiału półprzewodnikowego pierwszego typu przewodności i powierzchniową warstwę materiału półprzewodnikowego o przewodności przeciwnego typu, drugą parę kul (305) mających rdzeń z materiału półprzewodnikowego o przeciwnym typie przewodności i powierzchniową warstwę z materiału półprzewodnikowego o przewodności pierwszego typu, oraz izolacyjne powłoki (301c, 302c, 303c, 304c, 305c) na każdej kuli, przez które przechodzi światło i przewodzące warstwy (311) odizolowane od elektrolitu, dla połączenia powierzchni kul usytuowanych naprzeciw powłok.

5. Przetwornik według zastrz. 3, **znamienny tym**, że duża liczba sferycznych powierzchni (30, 31, 32, 33, 34) jest zamontowana na wspólnym metalicznym przewodniku (36) stykającym się z rdzeniem każdej sferycznej powierzchni (30, 31, 32, 33, 34), przy czym silikonowa matryca (35) izoluje przewod-

nik (36) od elektrolitu (113) oraz ma transmitującą światło izolacyjną powłokę (30b, 31b, 32b, 33b, 34b) zwilżoną elektrolitem, na powierzchni każdej sferycznej powierzchni dla zetknięcia z elektrolitem, dla naświetlania ogniw promieniowaniem świetlnym przechodzącym przez elektrolit i izolacyjną powłokę (30b, 31b, 32b, 33b, 34b).

6. Przetwornik według zastrz. 3, **znamienny tym**, że rura ma wydłużony pasek (52) rozciągający się wzdłuż jej długości, w jej dolnej części i jest wypełniona częściowo elektrolitem stykającym się z górną powierzchnią paska (52), przy czym pasek (52) ma dużą liczbę indywidualnych sferycznych powierzchni (30, 31, 32, 33, 34), zaś każda sferyczna powierzchnia (30, 31, 32, 33, 34) tworzy ogniwa (111, 112) fotoelektryczne, przy czym każde ma dyfuzyjne powierzchnie (30a, 31a, 32a, 33a, 34a) łączące materiał rdzenia z materiałem powierzchni o przeciwnych typach przewodności, zaś rdzenie pierwszych sferycznych powierzchni (30, 32, 33) są z materiału typu p, a rdzenie drugich sferycznych powierzchni (31, 34) są z materiału typu n.

7. Przetwornik według zastrz. 5, **znamienny tym**, że metaliczna warstwa (36) jest połączona z czołową powierzchnią warstw, łącząc w szereg napięcia wytwarzanego w co najmniej dwu sferycznych powierzchniach (30, 31) mających rdzenie o przeciwnych typach przewodności.

8. Przetwornik według zastrz. 6, **znamienny tym**, że duża liczba pasków (52) jest umieszczona w gazoszczelnej rurze (50), elektrolitem jest wodny roztwór kwasu jednowodorowego, jednostka (60) magazynowania wodoru jest przyłączona do odbierania i magazynowania wodoru z rury (50), a wymiennik ciepła (63) odbiera ciepło z wodnego roztworu jodu przepływającego przez rurę (50) oraz paliwowe ogniwo (61) jest połączone z jednostką (60) do magazynowania wodoru, a wymiennik (63) ciepła jest przystosowany do rekombinacji wodoru i jodu, podawanego do rury (50) dla dostarczania energii elektrycznej z paliwowego ogniwa (61).

9. Przetwornik według zastrz. 6, **znamienny tym**, że sferyczne powierzchnie (31, 32, 33, 34) mają jednolite wymiary i są zabezpieczone w matrycy (35), przy czym część materiału rdzenia każdej sferycznej powierzchni (31, 32, 33, 34) jest połączona z metalicznym przewodnikiem.

10. Przetwornik według zastrz. 6, **znamienny tym**, że ogniwo fotoelektryczne jest z półprzewodnikowego materiału, korzystnie krzemu.

11. Przetwornik według zastrz. 6, **znamienny tym**, że ogniwo fotoelektryczne jest z półprzewodnikowego materiału, korzystnie germanu.

12. Przetwornik według zastrz. 6, **znamienny tym**, że ogniwo fotoelektryczne jest z półprzewodnikowego materiału, korzystnie arsenku galu.

13. Przetwornik energii słonecznej zawierający co najmniej jeden fotoelektryczny przyrząd i elektrolit, **znamienny tym**, że ma dużą liczbę półprzewodnikowych fotoelektrycznych ogniw (211, 212, 211', 212') typu p-n, umieszczonych na powierzchni i napromieniowanych światłem dla wytwarzania na nich potencjału elektrycznego, rurę (50) dla tych ogniw (211, 212, 211', 212') dla pomie-

szczenia elektrolitu (213) do zwilżania ogniwi (211, 211', 212, 212') dla uzyskania przepływu prądu przez ten elektrolit (213) pomiędzy ogniwami typu p-n i ogniwami typu n-p, dla wywołania w elektrolicie żądanej reakcji elektrochemicznej, rurociąg (56) połączony z pojemnikiem (50), dla odprowadzania co najmniej jednego produktu reakcji elektrochemicznej oraz paliwowe ogniwo (61) połączone z rurociągiem (56) przystosowane do rekombinacji produktów reakcji elektrochemicznej dla wytworzenia energii elektrycznej.

14. Przetwornik według zastrz. 13, **znamienny** tym, że ogniwa (211, 211') są z półprzewodnika typu p naniesionego na półprzewodnik typu n, a pozostałe ogniwa (212, 212') są z półprzewodnika typu n naniesionego na półprzewodnik typu p.

15. Przetwornik według zastrz. 14, **znamienny** tym, że dwie pary ogniwi (211, 212, 211', 212') mają po jednym elemencie, dla każdej z par mających powierzchnię warstwy (212b, 211b) z materiału o przeciwnym typie przewodności z metalową warstwą (223) odizolowaną od elektrolitu łączącą powierzchnię warstw z izolującą warstwą (224), izolującą powierzchnię połączonych par ogniwi (212, 211) od elektrolitu (213) dla połączenia czterech ogniwi w szereg, dla wytworzenia wysokiego napięcia.

16. Przetwornik według zastrz. 15, **znamienny** tym, że ogniwa (211, 212, 211', 212') stanowi duża liczba oddzielnych sferycznych powierzchni (30, 31, 32, 33, 34), ułożonych warstwowo, a rura (50) ma drugą część (53), przez którą przechodzi światło dla oświetlenia ogniwi (211, 211', 212, 212') po przejściu przez elektrolit (213).

17. Przetwornik według zastrz. 15, **znamienny** tym, że fotoelektryczne ogniwa (211, 211', 212, 212') typu p-n zawierają pierwszą parę kul (301) mających rdzeń z materiału półprzewodnikowego pierwszego typu przewodności i powierzchnię warstwy materiału półprzewodnikowego o przewodności przeciwnego typu, drugą parę kul (305) mających rdzeń z materiału półprzewodnikowego o przeciwnym typie przewodności i powierzchnię warstwy z materiału półprzewodnikowego o przewodności pierwszego typu, oraz izolacyjne powłoki (301c, 302c, 303c, 304c, 305c) na każdej kuli, przez które przechodzi światło i przewodzące warstwy (311) odizolowane od elektrolitu (213) dla połączenia powierzchni kul usytuowanych naprzeciw powłok.

18. Przetwornik według zastrz. 16, **znamienny** tym, że duża liczba sferycznych powierzchni (30, 31, 32, 33, 34) jest zamontowana na wspólnym metalicznym przewodniku (36) stykającym się z rdzeniem każdej sferycznej powierzchni (30, 31, 32, 33, 34), przy czym silikonowa matryca (35) izoluje przewodnik (36) od elektrolitu (213) oraz na tran-

smitującą światło izolacyjną powłokę (30b, 31b, 32b, 33b, 34b) zwilżaną elektrolitem na powierzchni każdej sferycznej powierzchni dla zetknięcia z elektrolitem (213), dla naświetlania ogniwi promieniowaniem świetlnym przechodzącym przez elektrolit (213) i izolacyjną powłokę (30b, 31b, 32b, 33b, 34b).

19. Przetwornik według zastrz. 16, **znamienny** tym, że rura (50) ma wydłużony pasek (52) rozciągający się wzdłuż jej długości, w jej dolnej części i jest wypełniona częściowo elektrolitem stykającym się z górną powierzchnią paska (52') przy czym pasek (52) ma dużą liczbę indywidualnych sferycznych powierzchni (30, 31, 32, 33, 34), zaś każda sferyczna powierzchnia (30, 31, 32, 33, 34) tworzy ogniwo (211, 211', 212, 212') fotoelektryczne, przy czym każde dyfuzyjne powierzchnie (30a, 31a, 32a, 33a, 34a) łączące materiał rdzenia z materiałem powierzchni o przeciwnych typach przewodności, zaś rdzenie sferyczne powierzchni (30, 32, 33) są z materiału typu p, a rdzenie sferyczne powierzchni (31, 34) są z materiału typu n.

20. Przetwornik według zastrz. 18, **znamienny** tym, że metaliczna warstwa (36) jest połączona z czołową powierzchnią warstwy, łącząc szereg napięcia wytwarzanego w co najmniej dwu sferycznych powierzchniach (30, 31) mających rdzenie o przeciwnych typach przewodności.

21. Przetwornik według zastrz. 19, **znamienny** tym, że duża liczba pasków (52) jest umieszczona w gazoszczelnej rurze (50), elektrolitem jest wodny roztwór kwasu jednowodorowego, jednostka (60) do magazynowania wodoru jest przyłączona do odbierania i magazynowania wodoru z rury (50), a wymiennik ciepła (63) odbioru ciepła z wodnego roztworu jodu przepływającego przez rurę (50), oraz paliwowe ogniwo (61) jest połączone z jednostką (60) do magazynowania wodoru, a wymiennik (63) ciepła jest przystosowany do rekombinacji wodoru i jodu, podawanego do rury (50) dla dostarczania energii elektrycznej z paliwowego ogniwa (61).

22. Przetwornik według zastrz. 19, **znamienny** tym, że sferyczne powierzchnie (31, 32, 33, 34) mają jednolite wymiary i są zabezpieczone w matrycy (35), przy czym część materiału rdzenia każdej sferycznej powierzchni (31, 32, 33, 34) jest połączona z metalicznym przewodnikiem.

23. Przetwornik według zastrz. 19, **znamienny** tym, że ogniwo fotoelektryczne jest z półprzewodnikowego materiału, korzystnie krzemu.

24. Przetwornik według zastrz. 19, **znamienny** tym, że ogniwo fotoelektryczne jest z półprzewodnikowego materiału, korzystnie germanu.

25. Przetwornik według zastrz. 19, **znamienny** tym, że ogniwo fotoelektryczne jest z półprzewodnikowego materiału, korzystnie arsenku galu.

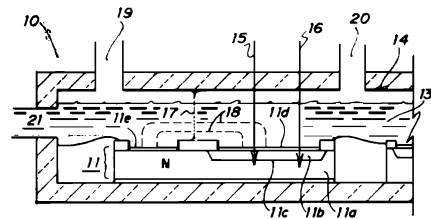


FIG. 1

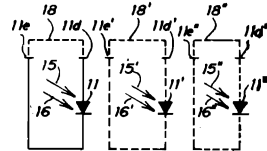


FIG. 2

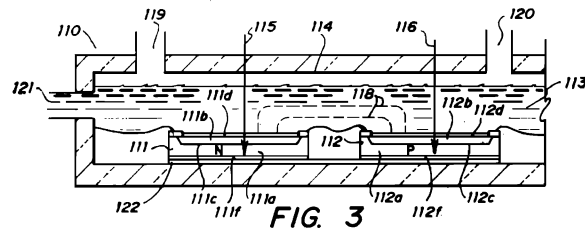


FIG. 3

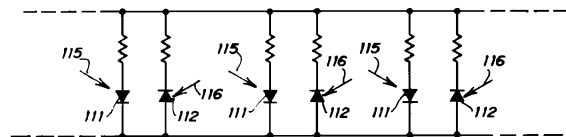


FIG. 4

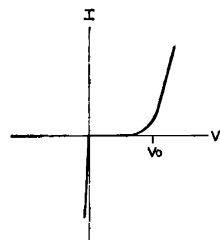


FIG. 5

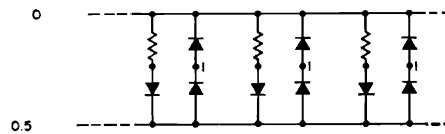


FIG. 6

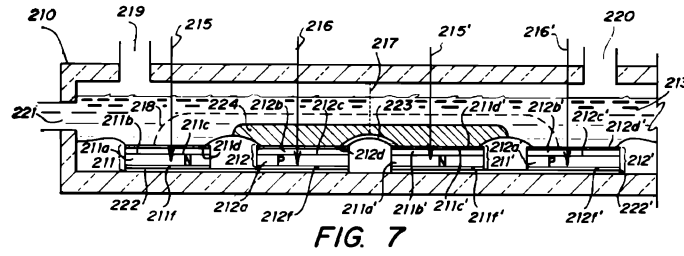


FIG. 7

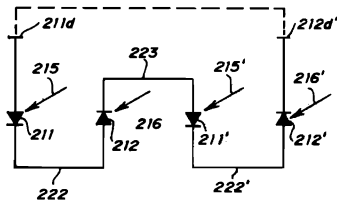


FIG. 8

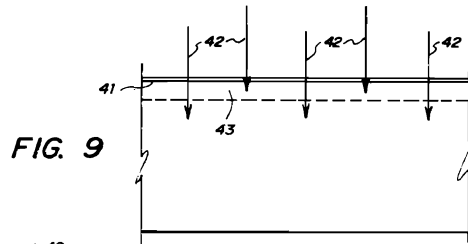


FIG. 9

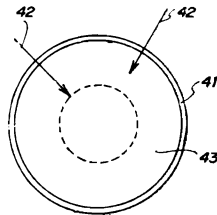
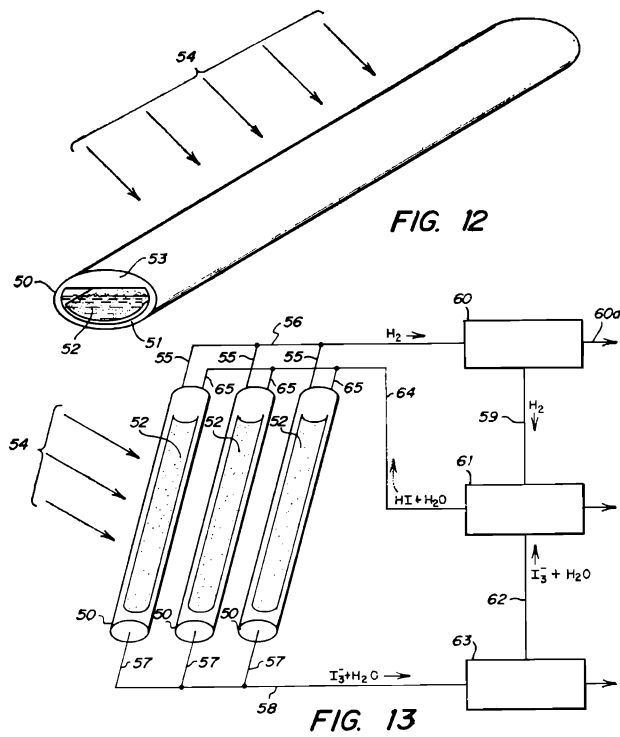
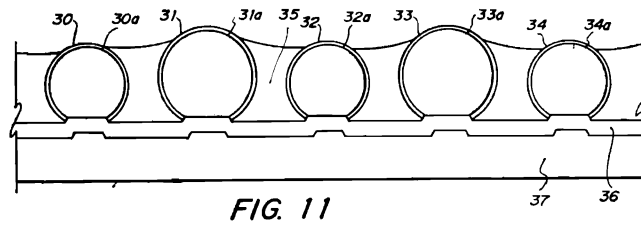


FIG. 10



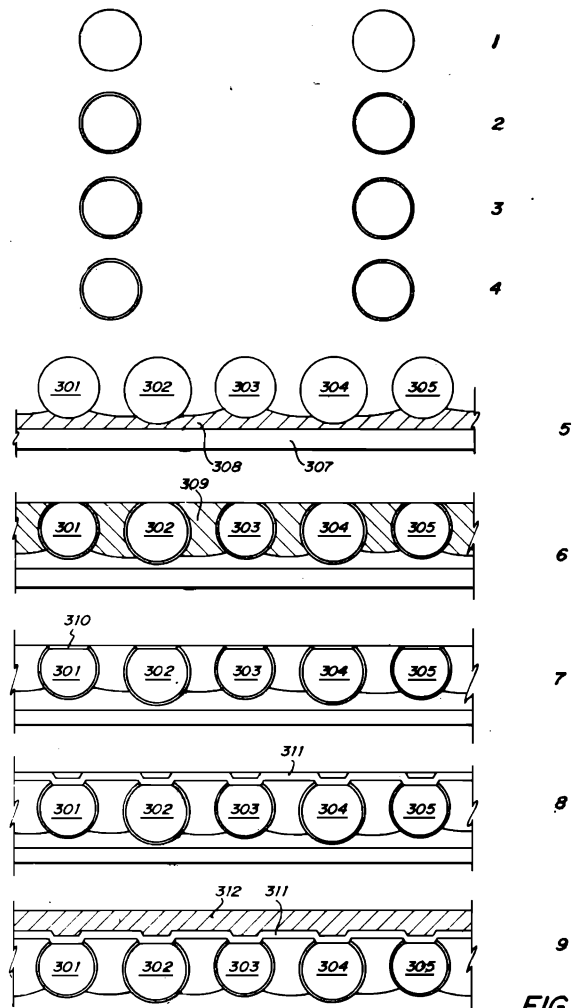


FIG. 14