



Urząd Patentowy  
Rzeczypospolitej  
Polskiej

(96) Data i numer zgłoszenia patentu europejskiego:  
**30.01.2014 14702923.5**

(97) O udzieleniu patentu europejskiego ogłoszono:  
**22.06.2016 Europejski Biuletyn Patentowy 2016/25  
EP 2951866 B1**

(13) **T3**  
(51) Int.Cl.  
*H01L 31/0352 (2006.01)*  
*H01L 31/18 (2006.01)*

---

(54) Tytuł wynalazku:

**Optoelektroniczne urządzenie i sposób jego wytwarzania**

---

(30) Pierwszeństwo:  
**30.01.2013 GB 201301683**

(43) Zgłoszenie ogłoszono:  
**09.12.2015 w Europejskim Biuletynie Patentowym nr 2015/50**

(45) O złożeniu tłumaczenia patentu ogłoszono:  
**30.12.2016 Wiadomości Urzędu Patentowego 2016/12**

(73) Uprawniony z patentu:  
**Big Solar Limited, Sunderland, GB**

(72) Twórca(y) wynalazku:  
**ALEXANDER JOHN TOPPING, Abingdon, GB**

(74) Pełnomocnik:  
**rzecz. pat. Tadeusz Rejman  
KANCELARIA PATENTOWA REJMAN S.C.  
ul. Hubska 96/100 lok. 143  
50-502 Wrocław**

**PL/EP 2951866 T3**

---

**Uwaga:**

W ciągu dziewięciu miesięcy od publikacji informacji o udzieleniu patentu europejskiego, każda osoba może wnieść do Europejskiego Urzędu Patentowego sprzeciw dotyczący udzielonego patentu europejskiego. Sprzeciw wnosi się w formie uzasadnionego na piśmie oświadczenia. Uważa się go za wniesiony dopiero z chwilą wniesienia opłaty za sprzeciw (Art. 99 (1) Konwencji o udzielaniu patentów europejskich).

## Opis

**[0001]** Niniejszy wynalazek dotyczy optoelektronicznego urządzenia, a bardziej szczegółowo solarnego fotowoltaicznego ogniwa. Dokument US2010/244056A ujawnia optoelektroniczne urządzenie.

**[0002]** Termin fotowoltaika dotyczy produkcji elektryczności, w normalnych warunkach stałego elektrycznego prądu, ze światła na złączu między dwoma materiałami wyeksponowanymi na światło. Światło jest normalnie słonecznym światłem, przez co fotowoltaika często jest nazywana solarną fotowoltaiką. Jak wiadomo, na potrzeby tych dwóch materiałów używa się półprzewodników. Zastosowane półprzewodnikowe materiały wykazują fotowoltaiczny efekt.

**[0003]** Te dwa materiały są zazwyczaj półprzewodnikami: półprzewodnikowym materiałem typu p i typu n. Po połączeniu, granice lub złącza między obydwoma typami półprzewodnikowego materiału są nazywane złączem p-n. Ten typ złącza p-n jest zazwyczaj tworzony poprzez domieszkowanie jednego materiału drugim materiałem. Domieszkowanie można przeprowadzać przez dyfuzję, implantację jonów lub epitaksję. Ten ostatni proces obejmuje narastanie drugiej warstwy kryształu domieszkowanego jednym typem półprzewodnikowej domieszki na szczycie pierwszej warstwy kryształu domieszkowanego innym typem półprzewodnikowej domieszki.

**[0004]** Większość optoelektronicznych urządzeń wykorzystujących półprzewodniki jest wyposażona w złącze p-n. Te optoelektroniczne urządzenia obejmują fotowoltaiczne lub solarne fotowoltaiczne ogniwa, diody, elektroluminescencyjne diody (LED) i tranzystory. Złącze p-n można uznać za aktywne miejsce, w którym dochodzi do wytwarzania lub pobierania elektrycznej energii.

**[0005]** Popyt na źródła odnawialnej energii doprowadził do znacznych postępów w zakresie kosztów i sprawności solarnych fotowoltaicznych ogniw, ale obecna technologia w dalszym ciągu stanowi stosunkowo drogi sposób wytwarzania energii. Ponadto istniejące solarne fotowoltaiczne ogniwa są stosunkowo nieefektywne w porównaniu z innymi sposobami wytwarzania elektryczności i są stosunkowo kruche, to jest stosunkowo łatwo mogą ulec uszkodzeniu.

**[0006]** Celem niniejszego wynalazku jest zminimalizowanie jednej lub wielu wad istniejących solarnych fotowoltaicznych ogniw.

**[0007]** Zgodnie z pierwszym aspektem niniejszego wynalazku przedstawiono optoelektroniczne urządzenie określone w zastrzeżeniu 1.

**[0008]** Zaletą niniejszego wynalazku może być to, że kanał rozdziela pierwszy i drugi szereg rowków, tak że elektryczny prąd może być pobrany lub dostarczony do pierwszego szeregu rowków, odizolowany od drugiego szeregu rowków.

**[0009]** Pierwszy i drugi szereg rowków zazwyczaj zawiera wydłużone rowki. Kanał między pierwszym i drugim szeregiem rowków jest zazwyczaj wydłużonym kanałem.

**[0010]** Kanał typowo przecina w poprzek rowki pierwszego i drugiego szeregu rowków na lub przy końcu każdego rowka. Kanał zazwyczaj przecina lub krzyżuje się w poprzek z rowkami pierwszego szeregu rowków przy końcu każdego rowka, a następnie przechodzi między pierwszym i drugim szeregiem rowków, po czym przecina lub krzyżuje się w poprzek z rowkami drugiego szeregu rowków przy przeciwnym i/lub przeciwległym końcu każdego rowka.

**[0011]** Pierwsza i druga ścianka każdego rowka w pierwszym i drugim szeregu rowków może być powleczony przewodnikowym materiałem. Pierwsza i druga ścianka każdego rowka w pierwszym i drugim szeregu rowków może być powleczony drugim półprzewodnikowym materiałem.

**[0012]** Druga ścianka może być powleczona drugim półprzewodnikowym materiałem, a pierwsza ścianka — trzecim półprzewodnikowym materiałem. Pierwszy półprzewodnikowy materiał co najmniej częściowo wypełniający wnękę może być samoistnym półprzewodnikiem.

**[0013]** Pierwsza i druga ścianka każdego rowka w pierwszym i drugim szeregu rowków może być nazywana odpowiednio integralną pierwszą ścianką lub integralną drugą ścianką. Integralna pierwsza ścianka jest zazwyczaj ustawiona pod pierwszym kątem w stosunku do podłoża, a integralna druga ścianka jest ustawiona pod drugim kątem w stosunku do podłoża. Pierwszy kąt zazwyczaj wynosi od 45 do mniej niż 90°. Drugi kąt zazwyczaj wynosi od 45 do mniej niż 90°.

**[0014]** Pierwszy półprzewodnikowy materiał jest typowo półprzewodnikowym materiałem typu p. Drugi półprzewodnikowy materiał jest typowo półprzewodnikowym materiałem typu n. Zatem półprzewodnik typu p jest zazwyczaj usytuowany we wnęce rowka.

**[0015]** W alternatywnym przykładzie wykonania pierwszy półprzewodnikowy materiał jest półprzewodnikowym materiałem typu n, a drugi półprzewodnikowy materiał jest półprzewodnikowym materiałem typu p.

**[0016]** Półprzewodniki typu n i typu p mogą zawierać jeden lub więcej z następujących pierwiastków/związków: krzem, amorficzny krzem, uwodorniony amorficzny krzem, glin, german, azotek galu, arsenek galu, fosforek glinu, arsenek glinu, jodek miedzi, tlenek cynku lub dowolny inny półprzewodnik.

**[0017]** Półprzewodnik typu n typowo zawiera jeden lub więcej z następujących pierwiastków/związków: krzem, german, fosfor, selen, tellur i siarczek kadmu.

**[0018]** Półprzewodnik typu p typowo zawiera jeden lub więcej z następujących pierwiastków/związków: krzem, german, tellurek kadmu, selenek miedziowo-indowo-galowy (CIGS), diselenek miedziowo-indowo-galowy, tlenek miedzi, bor, beryl, cynk i kadm.

**[0019]** Pierwszy i drugi półprzewodnikowy materiał mogą się stykać na złączu i/lub granicy. To złącze jest typowo nazywane złączem p-n. Pierwszy i drugi półprzewodnikowy materiał mogą być łącznie nazywane aktywnym materiałem.

**[0020]** Aktywny materiał może być osadzony we wnęce i na pierwszej i/lub drugiej ściance wnęki i może dostarczać omowe i prostujące połączenia dla wprowadzenia lub zebrania ładunku z aktywnego materiału. Aktywny materiał może być co najmniej jednym lub wieloma z następujących materiałów: fotowoltaicznym, elektroluminescencyjnym i jonoprzewodzącym.

**[0021]** Druga ścianka może być powleczona przewodnikowym materiałem i drugim półprzewodnikowym materiałem. Przewodnikowy materiał powlekający pierwszą ściankę może być taki sam jak przewodnikowy materiał powlekający drugą ściankę, ale może być odmienny. Przewodnikowy materiał powlekający pierwszą i/lub drugą ściankę może zawierać jeden lub wiele z następujących pierwiastków: glin, bizmut, kadm, chrom, miedź, gal, złoto, ind, ołów, magnez, mangan, samar, skand, srebro, cynę i cynk.

**[0022]** Drugi półprzewodnikowy materiał może być materiałem blokującym elektrony takim jak tritlenek molibdenu. Pierwszy półprzewodnikowy materiał może być heterozłączeniem, to jest mieszanką co najmniej jednego lub wielu półprzewodnika typu p, półprzewodnika typu n i donorowo-akceptorowego materiału.

**[0023]** Kanał może rozciągać się w poprzek pierwszego i drugiego szeregu rowków, a zazwyczaj w poprzek końcówki pierwszego i drugiego szeregu rowków. Kanał może rozciągać się w poprzek pierwszego i drugiego szeregu rowków, typowo w poprzek przeciwnych końcówek pierwszego i drugiego szeregu rowków.

**[0024]** Kanał może rozciągać się zarówno prostopadle, jak i równoległe do pierwszego i drugiego szeregu rowków. Zazwyczaj kanał jest prostopadły do pierwszego i drugiego szeregu rowków, gdy rozciąga się w poprzek końców pierwszego i drugiego szeregu rowków. Zazwyczaj kanał jest równoległy do pierwszego i drugiego szeregu rowków, gdy rozciąga się między pierwszym a drugim szeregiem rowków. Kąt, pod którym kanał może rozciągać się w poprzek końców pierwszego i drugiego szeregu rowków, może być zmienny i opcjonalnie wynosić od 0 do 90°, zazwyczaj od 35 do 55°, typowo 45°.

**[0025]** Gdy kanał rozciąga się zarówno prostopadle jak i równoległe do pierwszego i drugiego szeregu rowków, można stwierdzić, że kanał rozciąga się w co najmniej dwóch kierunkach dla łączenia wspomnianego pierwszego i drugiego szeregu rowków.

**[0026]** Gdy kanał rozciąga się zasadniczo prostopadle i w poprzek końcówek pierwszego i drugiego szeregu rowków, także może rozciągać się w co najmniej dwóch kierunkach względem pierwszego i drugiego szeregu rowków. Gdy kanał rozciąga się w co najmniej dwóch kierunkach względem pierwszego i drugiego szeregu rowków, typowo tworzy zygzakowaty kształt.

**[0027]** Powierzchnia podłoża zawierającego pierwszy i drugi szereg rowków i usytuowany między nimi kanał może być nazywana strukturalną powierzchnią. Strukturalna powierzchnia zasadniczo nie jest płaska. Podłoże może mieć inną powierzchnię, która jest płaska.

**[0028]** Kanał może być nazywany rozdzielającym elementem. Kanał typowo

rozdziela pierwszy i drugi szereg rowków. Kanał typowo ma pierwszą i drugą ściankę i usytuowaną między nimi wnękę kanału. Co najmniej pierwsza ścianka kanału może być powleczone przewodnikowym materiałem, a druga ścianka kanału może być powleczone drugim półprzewodnikowym materiałem. Druga ścianka kanału może też być powleczone przewodnikowym materiałem. Wnęka kanału między pierwszą i drugą ścianką kanału jest normalnie co najmniej częściowo wypełnione pierwszym półprzewodnikowym materiałem.

**[0029]** Kanał typowo ma pierwszą ściankę ustawioną pod pierwszym kątem w stosunku do normalnej do podłoża i drugą ściankę ustawioną pod drugim kątem w stosunku do normalnej do podłoża. Pierwsza ścianka kanału i druga ścianka kanału mogą być prostopadłe do płaszczyzny podłoża. Pierwszy kąt normalnie wynosi od 45 do mniej niż 90°. Drugi kąt normalnie wynosi od 45 do mniej niż 90°.

**[0030]** Pierwszy półprzewodnikowy materiał we wnęce, drugi półprzewodnikowy materiał na drugiej ściance i przewodnikowy materiał co najmniej na pierwszej ściance każdego rowka pierwszego i drugiego szeregu rowków zazwyczaj mają ze sobą elektryczną łączność. Elektryczna łączność ma takie cechy, że normalnie elektryczny prąd może płynąć między pierwszym i drugim półprzewodnikowym materiałem a przewodnikowym materiałem.

**[0031]** Zazwyczaj nie ma elektrycznej łączności między pierwszym półprzewodnikowym materiałem we wnęce kanału, drugim półprzewodnikowym materiałem na drugiej ściance i przewodnikowym materiałem co najmniej na pierwszej ściance kanału.

**[0032]** Głębokość pierwszego półprzewodnikowego materiału we wnęce między pierwszą i drugą ścianką w każdym pierwszym i drugim szeregu rowków jest zasadniczo taka sama lub co najmniej podobna co głębokość pierwszego półprzewodnikowego materiału we wnęce kanału między pierwszą a drugą ścianką kanału.

**[0033]** Pierwszy bok i drugi bok kanału mogą stanowić dodatni i ujemny biegun elektrycznego obwodu. Pierwszy i drugi bok mogą mieć elektryczną łączność z przewodnikowym materiałem na pierwszej i drugiej ściance kanału. Pierwszy bok kanału może mieć elektryczną łączność, typowo poprzez przyłączenie, z

dotatnim biegunem elektrycznego obwodu. Drugi bok kanału może mieć elektryczną łączność, typowo poprzez przyłączenie, z ujemnym biegunem elektrycznego obwodu.

**[0034]** Elektryczność w elektrycznym obwodzie może przybierać co najmniej jedną lub wiele wartości natężenia od 1 miliampera do 1 ampera, potencjał od 0,1 do 3 woltów i moc od  $1 \times 10^{-6}$  do 3 watów.

**[0035]** Pierwszy i drugi bok kanału mogą przylegać do kanału. Pierwszy i drugi bok kanału mogą być co najmniej zasadniczo równoległe do płaszczyzny podłoża.

**[0036]** Kanał typowo jest nieprzewodzący. Kanał typowo rozdziela i/lub izoluje pierwszy bok kanału od drugiego boku kanału.

**[0037]** Optoelektroniczne urządzenie może być nazywane dwuzaciskowym urządzeniem. Pierwszy i drugi szereg rowków mogą być nazywane kaskadowymi rowkowymi strukturami. Podczas użytku urządzenie może być wytwarzane w szeregowym układzie i może pracować w równoległym lub szeregowo-równoległym układzie.

**[0038]** Wnęka między pierwszą i drugą ścianką w pierwszym i drugim szeregu rowków może mieć dowolny kształt i zasadniczo ma kształt litery U, litery V lub półkulisty. Wnęka między pierwszą i drugą ścianką w pierwszym i drugim szeregu rowków może mieć płaskie dno. Wnęka kanału między pierwszą i drugą ścianką kanału może mieć dowolny kształt i normalnie ma kształt litery U, litery V lub półkulisty. Wnęka kanału między pierwszą i drugą ścianką kanału może mieć płaskie dno. Kształt wnęki między pierwszą i drugą ścianką w pierwszym i drugim szeregu rowków może być taki sama lub różnić się od kształtu wnęki kanału między pierwszą a drugą ścianką kanału.

**[0039]** Dno wnęki kanału może być płaskie lub rowkowane. Rowkowane dno wnęki kanału może być nazywane nierównym lub szorstkim. Rowkowane dno wnęki kanału typowo zwiększa pole powierzchni dna wnęki kanału. Zwiększenie pola powierzchni dna wnęki kanału może pomóc zapewnić, że kanał rozdziela i/lub izoluje pierwszy bok kanału od drugiego boku kanału.

**[0040]** Kanał i rowki w pierwszym i drugim szeregu rowków typowo mają głębokość mierzoną od górnej powierzchni podłoża do najbardziej oddalonego

od górnej powierzchni punktu w kanale lub rowku.

**[0041]** Głębokość kanału jest typowo większa niż głębokość rowków w pierwszym i drugim szeregu rowków. Głębokość kanału może być co najmniej dwa razy większa niż głębokość rowków w pierwszym i drugim szeregu rowków.

**[0042]** Kanał ma głębokość i szerokość. Głębokość kanału jest typowo dwa razy większa niż szerokość kanału. Zatem stosunek głębokości do szerokości kanału typowo wynosi 2:1.

**[0043]** Pierwsze i drugie szeregi rowków typowo tworzą szereg grzbietów i wnęk. Pierwszy i drugi szereg rowków może zawierać od 2 do 500 wnęk.

**[0044]** Twórca niniejszego wynalazku zdaje sobie sprawę, że wbrew zwyczajowej tendencji ku obniżaniu kosztów i zwiększaniu sprawności optoelektronicznych urządzeń, jeśli koszty są znacznie zmniejszone, możliwe nawet o rząd wielkości, to sprawność ma mniejsze znaczenie. Jeśli optoelektroniczne urządzenie jest solarnym fotowoltaicznym ogniwem, szczególnie użyteczna jest możliwość poprawy trwałości solarnych fotowoltaicznych ogniw, tak że można je stosunkowo łatwo instalować i przez to koszty są niskie, a solarne fotowoltaiczne ogniwa mają większy zakres zastosowań.

**[0045]** Optoelektroniczne urządzenie zgodnie z pierwszym aspektem niniejszego wynalazku może być urządzeniem przymocowanym, osadzonym i/lub stosowanym na pojeździe, na przykład osobowym lub ciężarowym samochodzie, na domu, na przykład na dachu, lub na jakiegokolwiek innej powierzchni trwałej konstrukcji. Trwała konstrukcja może być sztuczna lub naturalna.

**[0046]** Powierzchnia, na której optoelektroniczne urządzenie jest przymocowane, osadzone i/lub stosowane, może być płaska lub nierówna, to jest szorstka, nierówna, nieregularna i/lub rowkowana. Powierzchnia może być częścią budynku w tym domu i/lub domowego dachu.

**[0047]** Każdy rowek w pierwszym i drugim szeregu rowków ma długość typowo od 5 do 200 mm, a normalnie od 5 do 1000 mm. Każdy rowek w pierwszym i drugim szeregu rowków ma szerokość typowo od 0,1 do 100  $\mu\text{m}$ , a normalnie od 0,3 do 5  $\mu\text{m}$ .



**[0048]** Podłoże może zawierać utwardzalną żywicę, a w szczególności żywicę utwardzalną ultrafioletowym promieniowaniem. Podłoże może zawierać jedną lub wiele z następujących substancji: akrylowa żywica powlekająca poli(chlorek winylu) (PCW), akrylowa żywica powlekająca poli(tereftalan etylenu) (PET), akrylowa żywica powlekająca poli(naftalan etylenu) (PEN), biopolimer powlekający poli(chlorek winylu) (PCW), biopolimer powlekający poli(tereftalan etylenu) (PET) i biopolimer powlekający poli(naftalan etylenu) (PEN).

**[0049]** Pierwszy i drugi szereg kaskadowych rowkowych struktur może zawierać podłoże.

**[0050]** Zgodnie z drugim aspektem niniejszego wynalazku przedstawiono sposób wytwarzania optoelektronicznego urządzenia określonego w zastrzeżeniu 2.

**[0051]** Półprzewodnikowy materiał powlekający drugą ściankę może być nazywany drugim półprzewodnikowym materiałem. Inny półprzewodnikowy materiał co najmniej częściowo wypełniający wnękę może być nazywany pierwszym półprzewodnikowym materiałem.

**[0052]** Etap powlekania co najmniej pierwszej ścianki przewodnikowym materiałem i powlekania drugiej ścianki półprzewodnikowym materiałem jest normalnie wykonywany przed etapem co najmniej częściowego wypełniania wnęki innym półprzewodnikowym materiałem.

**[0053]** Kanał typowo ma pierwszą i drugą ściankę i usytuowaną między nimi wnękę kanału.

**[0054]** Etap co najmniej częściowego wypełniania innym półprzewodnikowym materiałem wnęki między pierwszą a drugą ścianką rowków powoduje także co najmniej częściowe wypełnienie wnęki kanału innym półprzewodnikowym materiałem.

**[0055]** Typowo pierwszy półprzewodnikowy materiał różni się od drugiego półprzewodnikowego materiału. Pierwszy półprzewodnikowy materiał jest typowo półprzewodnikowym materiałem typu p. Drugi półprzewodnikowy materiał jest typowo półprzewodnikowym materiałem typu n.

**[0056]** Etap powlekania przewodnikowym materiałem co najmniej pierwszej ścianki każdego rowka w pierwszym i drugim szeregu rowków i powlekania

półprzewodnikowym materiałem drugiej ścianki każdego rowka w pierwszym i drugim szeregu rowków typowo obejmuje proces pozaosiowego kierunkowego powlekania. Etap co najmniej częściowego wypełniania wnęki każdego rowka innym półprzewodnikowym materiałem typowo obejmuje co najmniej jeden z następujących procesów: proces pozaosiowego kierunkowego powlekania, proces kierunkowego powlekania i proces jednorodnego powlekania.

**[0057]** Pierwsza i druga ścianka i wnęka każdego rowka w pierwszym i drugim szeregu rowków są normalnie przystosowane do powlekania w procesie pozaosiowego kierunkowego powlekania.

**[0058]** Etap sposobu powlekania przewodnikowym materiałem co najmniej pierwszej ścianki każdego rowka w pierwszym i drugim szeregu rowków jest typowo wykonywany przed etapem powlekania półprzewodnikowym materiałem drugiej ścianki każdego rowka w pierwszym i drugim szeregu rowków. Etap sposobu co najmniej częściowego wypełniania wnęki innym półprzewodnikowym materiałem jest zazwyczaj wykonywany po tych etapach powlekania.

**[0059]** Proces pozaosiowego kierunkowego powlekania może obejmować natryskiwanie przewodnikowego materiału i/lub półprzewodnikowego materiału pod kątem względem płaszczyzny podłoża, przez co także względem każdego rowka w pierwszym i drugim szeregu rowków, tak że powlekana jest tylko pierwsza lub druga ścianka każdego rowka w pierwszym i drugim szeregu rowków. Jest to powszechne, ponieważ powlekanie jest zasadniczo ograniczone przez kąt rzutowania do tylko pierwszej lub drugiej ścianki.

**[0060]** Proces pozaosiowego kierunkowego powlekania może obejmować użycie osłony dla ograniczenia powlekania przewodnikowym materiałem i/lub półprzewodnikowym materiałem na co najmniej pierwszej i/lub drugiej ściance każdego rowka w pierwszym i drugim szeregu rowków.

**[0061]** Proces pozaosiowego kierunkowego powlekania może być powtarzany z użyciem więcej niż jednego przewodnikowego materiału i/lub półprzewodnikowego materiału.

**[0062]** Etap dostarczenia podłoża zazwyczaj obejmuje modelowanie powierzchni podłoża dla utworzenia strukturalnej powierzchni.

**[0063]** Opcjonalne cechy drugiego aspektu niniejszego wynalazku mogą być ujęte w pierwszym, trzecim, czwartym, piątym, szóstym i/lub siódmym aspekcie niniejszego wynalazku, i na odwrót.

**[0064]** Zgodnie z innym aspektem niniejszych przykładów przedstawiony jest sposób wytwarzania strukturalnej powierzchni konkretnie zaprojektowanej tak, że co najmniej dwuzaciskowe urządzenia mogą być wytwarzane w szeregowym układzie, ale pracują w równoległym lub szeregowo-równoległym układzie obejmującym etapy: modelowanie powierzchni dla uzyskania strukturalnej powierzchni, gdzie wspomniana strukturalna powierzchnia zawiera co najmniej dwa szeregi kaskadowych rowkowych struktur i rozdzielający element rozciągający się w co najmniej dwóch kierunkach dla łączenia wspomnianych kaskadowych rowkowych struktur, i stosowanie procesu pozaosiowego kierunkowego powlekania dla wyznaczenia przewodzących powierzchni na wspomnianych kaskadowych rowkowych strukturach i wspomnianych rozdzielających elementach.

**[0065]** Co najmniej dwuzaciskowe urządzenia obejmują solarne ogniwa, solarne fotowoltaiczne ogniwa, organiczne elektroluminescencyjne urządzenia i elektrochemiczne ogniwa.

**[0066]** Opcjonalne cechy kolejnego, trzeciego aspektu niniejszych przykładów mogą być ujęte w pierwszym, drugim, czwartym, piątym, szóstym i/lub siódmym przedmiocie tego wynalazku, i na odwrót.

**[0067]** Zgodnie z kolejnym, czwartym aspektem niniejszych przykładów przedstawiono solarne ogniwo, organiczne elektroluminescencyjne urządzenie lub elektrochemiczne urządzenie wytwarzane zgodnie z trzecim aspektem niniejszego wynalazku.

**[0068]** Opcjonalne cechy tego aspektu niniejszych przykładów mogą być ujęte w pierwszym, drugim, trzecim, piątym, szóstym i/lub siódmym aspekcie niniejszych przykładów, i na odwrót.

**[0069]** Zgodnie z kolejnym aspektem niniejszych przykładów przedstawione jest dwuzaciskowe urządzenie zawierające aktywny materiał między dwoma zaciskami wspomnianego urządzenia i dalej zawierające strukturalną powierzchnię konkretnie zaprojektowaną tak, że wspomniane urządzenie może

być wytwarzane w szeregowym układzie, ale pracuje w równoległym lub szeregowo-równoległym układzie, gdzie wspomniana strukturalna powierzchnia zawiera co najmniej dwa szeregi kaskadowych rowkowych struktur i rozdzielający element rozciągający się w co najmniej dwóch kierunkach dla łączenia wspomnianych kaskadowych rowkowych struktur, i gdzie wspomniane kaskadowe rowkowe struktury i rozdzielające elementy zawierają przewodzące powierzchnie przystosowane do powlekania wyznaczonego przez proces pozaosiowego kierunkowego powlekania.

**[0070]** Opcjonalne cechy piątego aspektu niniejszych przykładów mogą być ujęte w pierwszym, drugim, trzecim, czwartym, szóstym i/lub siódmym aspekcie niniejszych przykładów, i na odwrót.

**[0071]** Zgodnie z kolejnym, szóstym aspektem niniejszego wynalazku przedstawiony jest sposób produkowania strukturalnej powierzchni konkretnie zaprojektowanej tak, że co najmniej dwuzaciskowe urządzenia mogą być wytwarzane w szeregowym układzie, ale pracują w równoległym lub szeregowo-równoległym układzie, obejmujący etapy: modelowanie powierzchni dla uzyskania strukturalnej powierzchni, gdzie wspomniana strukturalna powierzchnia zawiera co najmniej dwa szeregi kaskadowych rowkowych struktur i rozdzielający element rozciągający się w co najmniej dwóch kierunkach do wspomnianych kaskadowych rowkowych struktur, i stosowanie procesu pozaosiowego kierunkowego powlekania dla wyznaczenia przewodzących powierzchni na wspomnianych kaskadowych rowkowych strukturach i wspomnianych rozdzielających elementach.

**[0072]** Co najmniej dwuzaciskowe urządzenia mogą obejmować solarne fotowoltaiczne ogniwa, organiczne elektroluminescencyjne urządzenia i elektrochemiczne ogniwa.

**[0073]** Co najmniej dwa szeregi kaskadowych rowkowych struktur mogą mieć podłoże, przy czym każdy rowek zawiera co najmniej jedną integralną pierwszą ściankę ustawioną pod pierwszym kątem względem normalnej do podłoża i co najmniej jedną drugą ściankę ustawioną pod drugim kątem względem normalnej do podłoża, z wnęką w strukturze między pierwszą a drugą ścianką.

**[0074]** Aktywny materiał może być osadzony we wspomnianej wnęce i

zapewniać omowe i prostujące kontakty dla wprowadzenia lub zebrania ładunku z aktywnego materiału.

**[0075]** Aktywny materiał może być fotowoltaiczny, elektroluminescencyjny lub jonoprzewodzący.

**[0076]** Fotowoltaiczny aktywny materiał może być wybrany spośród jednego kilku z następujących pierwiastków/związków: tellurek kadmu, diselenek miedziowo-indowo-galowy, tlenek miedzi, amorficzny krzem, uwodorniony amorficzny krzem, german lub inny półprzewodnik. Fotowoltaiczny aktywny materiał może być organicznym półprzewodnikiem.

**[0077]** Rozdzielający element może zawierać pierwszą ściankę ustawioną pod pierwszym kątem względem normalnej do podłoża i drugą ściankę ustawioną pod drugim kątem względem normalnej do podłoża.

**[0078]** Pierwsza ścianka i wspomniana druga ścianka mogą być prostopadłe do podłoża.

**[0079]** Rozdzielający element może przechodzić równoległe i prostopadłe do co najmniej dwóch szeregów kaskadowych rowkowych struktur.

**[0080]** Rozdzielający element może przechodzić równoległe i pod zmiennym kątem do co najmniej dwóch szeregów kaskadowych rowków.

**[0081]** Pozaosiowe kierunkowe powlekanie może pozwalać na sekwencyjne powlekanie przewodzącą warstwą tylko jednego boku kaskadowej rowkowej struktury lub rozdzielającego elementu.

**[0082]** Pozaosiowe kierunkowe powlekanie może pozwalać na powlekanie pierwszego boku wspomnianej kaskadowej rowkowej struktury lub wspomnianego rozdzielającego elementu za pomocą pierwszej przewodzącej warstwy i powlekanie drugiego boku wspomnianej kaskadowej rowkowej struktury lub wspomnianego rozdzielającego elementu za pomocą drugiej przewodzącej warstwy.

**[0083]** Pozaosiowe kierunkowe powlekanie może być wykonywane pod takim kątem, że powlekanie jest zasadniczo ograniczone przez kąt rzutowania do tylko jednego boku kaskadowej rowkowej struktury lub rozdzielającego elementu.

**[0084]** Pozaosiowe kierunkowe powlekanie może dalej obejmować osłonę

ograniczającą powlekanie kaskadowej rowkowej struktury lub rozdzielającego elementu, tak że powlekany jest tylko jeden bok kaskadowej rowkowej struktury lub rozdzielającego elementu.

**[0085]** Pozaosiowe kierunkowe powlekanie może obejmować jedno lub wiele źródeł powlekania.

**[0086]** Co najmniej jedna z przewodzących warstw może składać się składać się lub zawierać jeden lub więcej z następujących: glin, bizmut, kadm, chrom, miedź, gal, złoto, ind, ołów, magnez, mangan, samar, skand, srebro, cyna i cynk.

**[0087]** Opcjonalne cechy szóstego aspektu niniejszych przykładów mogą być ujęte w pierwszym, drugim, trzecim, czwartym, piątym i/lub siódmym aspekcie niniejszych przykładów, i na odwrót.

**[0088]** Zgodnie z kolejnym, siódmym aspektem niniejszego wynalazku przedstawione jest dwuzaciskowe urządzenie zawierające strukturalną powierzchnię konkretnie zaprojektowaną tak, że wspomniane urządzenie może być wytwarzane w szeregowym układzie, ale pracuje w równoległym lub szeregowo-równoległym układzie, gdzie wspomniana strukturalna powierzchnia zawiera co najmniej dwa szeregi kaskadowych rowkowych struktur i rozdzielający element rozciągający się w co najmniej dwóch kierunkach do wspomnianych kaskadowych rowkowych struktur, i gdzie ponadto wspomniane kaskadowe rowkowe struktury i rozdzielające elementy zawierają przewodzące powierzchnie wyznaczone przez proces pozaosiowego kierunkowego powlekania.

**[0089]** Wspomniane pozaosiowe kierunkowe powlekanie może być wykonywane pod takim kątem, że powlekanie jest zasadniczo ograniczone przez kąt rzutowania do tylko jednego boku kaskadowych rowkowych struktur i rozdzielających elementów.

**[0090]** Wspomniane urządzenie może być solarnym ogniwnem, organicznym elektroluminescencyjnym urządzeniem i elektrochemicznym urządzeniem.

**[0091]** Opcjonalne cechy siódmego aspektu niniejszych przykładów mogą być ujęte w pierwszym, drugim, trzecim, czwartym, piątym i/lub szóstym aspekcie niniejszych przykładów, i na odwrót.

**[0092]** Niniejszym przedstawiono tylko przykładowo przykład wykonania wynalazku z odniesieniem do załączonych rysunków, z których:

Fig. 1a to widok z góry optoelektronicznego urządzenia według tego wynalazku;

Fig. 1b to widok z góry alternatywnego optoelektronicznego urządzenia według niniejszego wynalazku;

Fig. 2 to poprzeczny przekrój części optoelektronicznego urządzenia pokazanego na Fig. 1a;

Fig. 3 to widok poprzecznego przekroju alternatywnej konstrukcji optoelektronicznego urządzenia według niniejszego wynalazku;

Fig. 4 to widok z góry i poprzeczny przekrój układu „roll-to-roll” stosowanego do produkcji optoelektronicznego urządzenia według niniejszego wynalazku; i

Fig. 5 to widok poprzecznego przekroju kanału optoelektronicznego urządzenia według niniejszego wynalazku.

**[0093]** Fig. 1a przedstawia widok z góry optoelektronicznego urządzenia 301 zawierającego podłoże 305. Podłoże 305 ma powierzchnię zawierającą pierwszy 304a i drugi 304b szereg rowków i usytuowany między nimi kanał 302.

**[0094]** Optoelektroniczne urządzenie 301 jest solarnym fotowoltaicznym ogniwem. Optoelektroniczne urządzenie 301 zawiera mieszankę grzebieniowych (równolegle połączonych) i kaskadowych (szeregowo połączonych) rowków 304. Robocze napięcie optoelektronicznego urządzenia 301 może być regulowane poprzez zmianę liczby szeregów rowków 304a i 304b. Zwiększenie liczby szeregów rowków 304a i 304b skutkuje zwiększeniem roboczego napięcia optoelektronicznego urządzenia 301. Optoelektroniczne urządzenie 301 może pracować w równoległym lub szeregowo-równoległym układzie. Korzystną cechą optoelektronicznego urządzenia 301 może być eliminowanie potrzeby stosowania dodatkowych etapów procesu dla łączenia kaskadowych rowkowych struktur w szeregi dla osiągnięcia potrzebnego napięcia na wyjściu.

**[0095]** Kanał 302 jest elementem rozdzielającym, ale też równolegle łączącym kaskadowe (szeregowo połączone) rowki 304a i 304b dla umożliwienia zebrania pożądanego elektrycznego ładunku wytworzonego przy napięciu wyznaczonym przez liczbę kaskadowych rowkowych struktur 304a i 304b.

**[0096]** Kanał 302 nazywany też rozdzielającym lub konstrukcyjnym rozdzielającym elementem najpierw przecina pierwszy szereg 304a kaskadowych rowków przy krawędzi konstrukcyjnej siatki i następnie przecina przestrzeń 303 między kaskadowymi rowkami 304a i 304b, a potem przecina drugi szereg kaskadowych rowków 304b przy przeciwległej krawędzi konstrukcyjnej siatki. Ponieważ stosowanych jest wiele takich konstrukcyjnych rozdzielających elementów 302, przy każdej krawędzi każdego szeregu kaskadowych rowków, na przykład 304a i 304b przechodzą dwa kolejne pojedyncze rozdzielające elementy 302, jak przedstawia Fig. 1a.

**[0097]** Przestrzeń 303 są podzielone na pierwsze powierzchnie 306a i drugie powierzchnie 306b. Pierwsza powierzchnia 306a przenosi dodatni ładunek, a druga powierzchnia 306b przenosi ujemny ładunek 306b.

**[0098]** Korzystną cechą optoelektronicznego urządzenia według niniejszego wynalazku może być brak takiej wrażliwości na konstrukcyjne wady w porównaniu do innych optoelektronicznych urządzeń ze stanu techniki. Każda konstrukcyjna wada typowego znanego solarnego fotowoltaicznego ogniwa o płaskiej warstwowej konstrukcji na przykład mocno wpływa na całościową wydajność ogniwa, w które wbudowana jest warstwowa konstrukcja. To oznacza, że procesy wytwarzania muszą być prowadzone z zachowaniem wysokiej czystości, a wszelkie późniejsze procesy powlekania muszą być wysoce jednorodne. Te wymogi zmniejszają wydajność i przepustowość procesu, ponieważ materiały osadzone w warstwowej konstrukcji muszą być bardzo jednorodne, co wymaga dokładnego sterowania przetwarzaniem.

**[0099]** Ponadto typowa znana płaska warstwowa konstrukcja ma przezroczystą przewodzącą warstwę, która może na przykład bazować na tlenku cynku lub tlenku indu, które to związki są drogie. To powoduje też, że wszelkie błędy popełnione w trakcie późniejszych procesów wytwarzania dla uzyskania pożądanego napięcia z warstwowej konstrukcji są bardzo kosztowne. Do osadzenia przezroczystej przewodzącej warstwy wymagana jest wysoka temperatura dla osiągnięcia koniecznej wydajności komercyjnych produktów, co jeszcze bardziej zwiększa koszt wytworzenia urządzenia.

**[0100]** Optoelektroniczne urządzenie według niniejszego wynalazku może



ograniczać niektóre lub wszystkie powyżej wspomniane wady znanych solarnych fotowoltaicznych ogniw mających płaską warstwową konstrukcję. Kanał lub rozdzielający element 302 jest wytwarzany z rowkami 304 przed powlekaniami. Niektóre znane układy najpierw wytwarzają rowki, a następnie powlekają rowki przed wytworzeniem rozdzielającego elementu 302.

**[0101]** Fig. 1b przedstawia widok z góry alternatywnego optoelektronicznego urządzenia 301 zawierającego podłoże 305. Podłoże 305 ma powierzchnię zawierającą pierwszy 304a i drugi 304b szereg rowków i usytuowany między nimi kanał 302. Inne cechy optoelektronicznego urządzenia 301 przedstawionego na Fig. 1b są takie same jak przedstawione na Fig. 1a.

**[0102]** Fig. 1b przedstawia prosty kanał 302 między przesuniętymi pierwszym 304a i drugim 304b szeregiem rowków.

**[0103]** Fig. 2 przedstawia poprzeczny przekrój części optoelektronicznego urządzenia 301 pokazanego na Fig. 1a.

**[0104]** Każdy rowek na przykład 310a i 310b w pierwszym szeregu rowków 304a ma pierwszą ściankę 312a i drugą ściankę 312b i usytuowaną między nimi wnękę 314. Każdy rowek na przykład 320a i 320b z drugiego szeregu rowków 304b ma pierwszą ścianką 312a, drugą ścianką 312b i usytuowaną między nimi wnękę 314.

**[0105]** Kanał 302 ma głębokość dwukrotnie większą od głębokości rowków 310a i 310b i 320a i 320b w pierwszym 304a szeregu rowków b w drugim 304b szeregu rowków.

**[0106]** Wnęki 314 są częściowo wypełnione pierwszym półprzewodnikowym materiałem 316. Pierwsza ścianka 312a jest powleczona przewodnikowym materiałem 318, a druga ścianka 312b jest powleczona drugim półprzewodnikowym materiałem 317.

**[0107]** Pierwszą ścianką 312a jest powleczona przewodnikowym materiałem 318, a druga ścianka 312b jest powleczona półprzewodnikowym materiałem 317 przy zastosowaniu techniki pozaosiowego powlekania. Wnęka 314 jest częściowo wypełniana innym półprzewodnikowym materiałem za pomocą techniki jednorodnego powlekania.

**[0108]** Pozaosiowe kierunkowe powlekanie wymaga powlekania pod

określonym kątem względem każdego rowka na przykład 310a i 310b pierwszego szeregu rowków 304a a także względem każdego rowka na przykład 320a i 320b drugiego szeregu rowków 304b. Powłoka jest natryskiwana do rowków i osadzana z dowolnej strony pionowej osi. Pozaosiowe kierunkowe powlekanie jest wykonywane w częściowym podciśnieniu. Dzięki częściowemu podciśnieniu powlekający materiał ze źródła ma wystarczającą średnią swobodną drogę, to jest bezpośrednią drogę bez zmiany kierunku, a podłoże zasadniczo nie wykazuje interakcji z gazowymi lub atmosferycznymi cząsteczkami.

**[0109]** Stosowane w tym dokumencie natryskiwanie odnosi się do dowolnego typu kierunkowego powlekania poszczególnych elementów i/lub kropelek, których wymiary są mniejsze niż wymiary każdego rowka na przykład 310a i 310b pierwszego szeregu rowków 304a i każdego rowka na przykład 320a i 320b drugiego szeregu rowków 304b.

**[0110]** Pozaosiowe kierunkowe powlekanie oznacza, że powlekanie przewodnikowym materiałem 318 i drugim półprzewodnikowym materiałem 317 jest zasadniczo ograniczone przez kąt rzutowania do tylko jednego boku każdego rowka na przykład 310a i 310b pierwszego szeregu rowków 304a i jednego boku każdego rowka na przykład 320a i 320b drugiego szeregu rowków 304b. Dopuszczalne graniczne wartości pozaosiowego kierunkowego powlekania zależą od typu struktury i/lub podłoża, na którym osadzana jest powłoka. Powlekanie może być ciągłe lub nieciągłe na powierzchni struktury i/lub podłoża w zależności od mikrostruktury lub zastosowanego typu struktury lub podłoża.

**[0111]** Kształt wnęki 314 utworzonej przez i pomiędzy pierwszą i drugą ścianką 312a i 312b pierwszego 304a i drugiego 304b szeregu rowków jest taki, że kąt rzutowania jest ograniczony. Ograniczony kąt rzutowania jest wyznaczony przez górne krawędzie sąsiedniego rowka.

**[0112]** Proces pozaosiowego kierunkowego powlekania jest dalej opisany w dokumencie WO 2012/175902A1. Proces pozaosiowego kierunkowego powlekania może być określany jako osadzanie pod kątem padania ang. Glancing Angle Deposition (GLAD).

**[0113]** Przewodnikowy materiał 318 i drugi półprzewodnikowy materiał 317 są osadzane na kaskadowych rowkowych strukturalnych powierzchniach 304a i 304b za pomocą pozaosiowego kierunkowego powlekania, co umożliwia wytwarzanie niestykających się, grzebieniowych przewodników mających wyznaczone geometrie wzdłuż powierzchni wyeksponowanej względem źródła powlekających materiałów.

**[0114]** Druga ścianka 312b jest często powlekana drugim przewodnikowym materiałem (niepokazanym), a następnie półprzewodnikowym materiałem 317. Obie powłoki są nanoszone techniką pozaosiowego powlekania. Następnie górna powierzchnia drugiego przewodnikowego materiału (niepokazanego) jest powlekana półprzewodnikowym materiałem 317. Przewodnikowy materiał 318 i drugi przewodnikowy materiał (niepokazany) są następnie stosowane jako połączenia, niekiedy jako wejściowe i wyjściowe złącza, do pierwszego 316 i drugiego 317 półprzewodnikowego materiału osadzonego w przestrzeni między przewodnikowym materiałem 318 a drugim przewodnikowym materiałem (niepokazanym) na strukturalnej powierzchni, to jest na powierzchni podłoża.

**[0115]** Pozaosiowe kierunkowe powlekanie powleka zarówno rowki 304a i 304b i rozdzielający element 302 rozciągające się równolegle do siebie, jak i części 306a i 306b rozdzielającego elementu 302 prostopadłe do rowków 304a i 304b. Jest to zazwyczaj pojedyncza operacja (co pokazuje Fig. 1a).

**[0116]** Kaskadowe rowkowe strukturalne powierzchnie pozwalają rozwiązać niektóre problemy związane ze standardowymi płaskimi urządzeniami o warstwowej konstrukcji, jednakże te kaskadowe rowkowe strukturalne powierzchnie ze stanu techniki są albo grzebieniowe (połączone równolegle), albo kaskadowe (połączone szeregowo). Optoelektroniczne urządzenie 301 zawiera kombinację grzebieniowych i kaskadowych rowkowych struktur. To pozwala zaprojektować robocze napięcie optoelektronicznego urządzenia 301 i regulować je poprzez zmianę liczby szeregów rowków, na przykład 304a i 304b. Można wytworzyć dowolną liczbę szeregów rowków, na przykład 304a i 304b, i obsługiwać je równolegle dla dostarczenia pożądanego napięcia na wyjściu i szeregowo dla dostarczenia pożądanego natężenia na wyjściu. Liczba rowków wpływa na napięcie, a liczba szeregów rowków wpływa na natężenie prądu.

**[0117]** Konwencjonalna technika odmetalizowania po pozaosiowym kierunkowym powlekanii wymaga znacznej przestrzeni pozostawionej między szeregami kaskadowych rowkowych struktur dla utrzymania dwóch właściwości. Pierwsza właściwość ma charakter fizyczny, to jest musi być zapewniona wystarczająca przestrzeń na rozdzielający element między szeregami kaskadowych rowkowych struktur i też wystarczająca przestrzeń na tolerancje dopasowania w technice wybranej jako technika odmetalizowania, która może być na przykład laserową techniką. Druga właściwość polega na tym, że przestrzeń pozostawiona po procesie odmetalizowania po pozaosiowym kierunkowym powlekanii cały czas musi mieć zdolność przewodzenia prądu przy wystarczającej przewodności dla umożliwienia efektywnego zastosowania kaskadowych urządzeń.

**[0118]** Przy zastosowaniu techniki odmetalizowania po pozaosiowym kierunkowym powlekanii rozdzielający element lub obszar między szeregami kaskadowych rowków może być uformowany na przykład poprzez laserowe cięcie przez osadzony przewodnikowy materiał przy unikaniu cięcia przez wsporcze podłoże albo poprzez nadrukowanie na osadzonych metalach materiału wytrawiającego metal. Po zastosowaniu tych technik uzyskany rozdzielający element zapobiega zwarciom dodatniego wyjścia jednego szeregu kaskadowych rowków z ujemnym wyjściem następnego szeregu kaskadowych rowków i zapobiega poprzecznemu przewodzeniu prądu z poszczególnych kaskadowych rowków do krawędziowych styków.

**[0119]** Przestrzeń wymagana na wprowadzenie rozdzielającego elementu po metalizacji techniką pozaosiowego kierunkowego powlekania jest stosunkowo duża i nie ma żadnej aktywnej funkcji. Stąd aktywna powierzchnia kaskadowych rowków jest zmniejszona, ponieważ rozdzielający element i uzyskane powierzchnie zbierania ładunku muszą być wystarczająco duże zarówno dla umożliwienia dopasowania rozdzielającego elementu wraz z powiązаныmi tolerancjami, jak i dla zapewnienia drogi o wystarczająco niskiej rezystancji, tak że ładunek może być zebrany bez nadmiernych wewnętrznych strat. W konsekwencji w przypadku solarnego fotowoltaicznego ogniwa ten obszar zmniejsza aktywną powierzchnię całego produktu wytworzonego w procesie

„roll-to-roll”.

**[0120]** Optoelektroniczne urządzenie 301 zwiększa szybkość i zmniejsza koszty wytwarzania urządzeń takich jak solarne fotowoltaiczne ogniwa przy równoczesnym zwiększeniu uzysku produktów wskutek zmniejszenia strat podczas procesu wytwarzania.

**[0121]** Fig. 3 przedstawia poprzeczny przekrój alternatywnej konstrukcji optoelektronicznego urządzenia 301. Optoelektroniczne urządzenie 301 ma strukturalną powierzchnię 340 i płaską powierzchnię 342. Pierwszy 304a i drugi 304b szereg kaskadowych rowkowych struktur są usytuowane z obu stron rozdzielającego elementu 404. Zbierające ładunek przewodniki 406a i 406b w połączeniu z rozdzielającym elementem 404 są względnie kompaktowe i ograniczają wymaganą całkowitą szerokość na powierzchni podłoża w porównaniu z innymi znanymi płaskimi podłożami. Rozdzielający element 404 stanowi nieaktywną powierzchnię optoelektronicznego urządzenia 301, przy czym im mniejsza jest nieaktywna powierzchnia, tym lepiej.

**[0122]** Nieaktywna powierzchnia jest tu pokazana jako płaska powierzchnia między rowkami na przykład 304a a rozdzielającym elementem 404. Wielkość nieaktywnej powierzchni może być jednak jeszcze bardziej zmniejszona, podobnie jak wierzchołek między rowkami na przykład 304a a rozdzielającym elementem 404.

**[0123]** Pozaosiowe kierunkowe powlekanie jest stosowane dla wytworzenia rozdzielającego elementu 404; w szczególności pozaosiowe kierunkowe powlekanie jest stosowane dla nanoszenia przewodnikowych materiałów, zbierających ładunek przewodników 406a i 406b na górne powierzchnie i w sąsiedztwie rozdzielającego elementu 404.

**[0124]** Rozdzielający element 404 jest zasadniczo prostopadły do płaszczyzny podłoża, przez co zmniejsza powierzchnię i/lub obszar między rowkami 304a i 304b, nazywanymi też aktywnymi kaskadami, co skutkuje zwiększeniem efektywnej aktywnej powierzchni podłoża. Strukturalny rozdzielający element 404 jest tworzony w momencie lub przed pozaosiowym kierunkowym powlekaniami, przez co zmniejsza szerokość nieaktywnej powierzchni o ponad 50% w porównaniu z rozdzielającym elementem wprowadzonym po

odmetalizowaniu po pozaosiowym kierunkowym powlekanii.

**[0125]** Zebranie ładunku może się odbywać przez rozdzielający element 404, a ponieważ rozdzielający element objęty niniejszym wynalazkiem jest pionowo lub zasadniczo pionowo zorientowany, zmniejsza się wielkość powierzchni potrzebnej dla podparcia wystarczającego przewodzącego materiału 406a i 406b wymaganej do efektywnego zbierania ładunku. Zatem nieaktywna powierzchnia wynikająca z zastosowania techniki odmetalizowania po pozaosiowym kierunkowym powlekanii jest znacznie mniejsza, jeśli tworzenie rozdzielającego elementu jest połączone z procesem pozaosiowego kierunkowego powlekania.

**[0126]** Solarne fotowoltaiczne ogniwo 301 według niniejszego wynalazku umożliwia równoległe połączenie dodatnich i ujemnych napięć wytwarzanych na przestrzeni każdego szeregu kaskadowych rowków 304a i 304b, proces który jest wymagany dla zbierania pożądanego wytworzonego ładunku przy napięciu wyznaczonym przez liczbę kaskadowych rowkowych struktur. To korzystnie eliminuje konieczność stosowania dodatkowych etapów procesu dla łączenia kaskadowych rowkowych struktur w szeregi dla osiągnięcia pożądanego napięcia na wyjściu. Optoelektroniczne urządzenie według niniejszego wynalazku pomaga zwiększyć szybkość i zmniejszyć koszty wytwarzania dwuzaciskowych urządzeń takich jak solarne fotowoltaiczne ogniwa przy równoczesnym zwiększeniu uzysku produktów wskutek mniejszych strat podczas procesu wytwarzania.

**[0127]** Po wytworzeniu zbierające ładunek przewodniki 406a i 406b rozdzielającego elementu 404 tworzą wejściowe i wyjściowe połączenia z półprzewodnikowym materiałem (niepokazanym) we wnękach kaskadowych rowkowych struktur 304a i 304b. Korzystnie umożliwia to cięcie dowolnych długości siatki lub solarnego fotowoltaicznego ogniwa 301 przy jednoczesnym udostępnieniu dodatnich i ujemnych wyjść na przeciwległych krawędziach siatki.

**[0128]** Fig. 4 przedstawia widok z góry i poprzeczny przekrój układu „roll-to-roll” stosowanego do wytwarzania optoelektronicznego urządzenia według niniejszego wynalazku.

**[0129]** Kąt 501 to kąt rzutowania źródła 502 na rozdzielający element 503 przy największym ich zbliżeniu, przy czym przedstawiono największy możliwy kąt. Kąt 501 odpowiada kątowi 607 na Fig. 5. Kąt 607 na Fig. 5 jest maksymalnym kątem interakcji, przy którym powlekanie jest nadal rozdzielone na obu ściankach rozdzielającego elementu.

**[0130]** Osłona 504 ogranicza powlekanie na kaskadowych rowkowych strukturach 505 i rozdzielającym elemencie 503, tak że zachowane mogą być geometryczne wymagania dotyczące zarówno 505 jak i 503 we wszystkich pozycjach na rolce, gdy przechodzi ona wokół bębna 506. Można użyć dowolnej liczby osłon 504, w tym jednej, dwóch, trzech, czterech aż po wiele osłon. To umożliwia zastosowanie technologii selektywnego powlekania dla tworzenia zbierających ładunek przewodników 508 i 509 (pokazanymi jako 406a i 406b na Fig. 3 i 306a i 306b na Fig. 2) w rozdzielającym elemencie 507 jednocześnie z pozaosiowym kierunkowym powlekaniami rowków 505 (oznaczonych 304a i 304b na Fig. 2 i 3). Obszar 507 rozdzielającego elementu to specyficzny obszar, ponieważ przechodzi w poprzek siatki 510 i rozdziela dwa przewodniki 508 i 509.

**[0131]** Złożony układ wielu szeregów kaskadowych rowków 505 i względnie wielkoskalowy strukturalny rozdzielający element 503 mogą być wytwarzane na pojedynczym bębnie 506 lub można zastosować dwa oddzielne bębnowe układy: jeden dla wielu szeregów kaskadowych rowków i jeden dla wielkoskalowego strukturalnego rozdzielającego elementu. Stąd drugi układ, to jest rozdzielający element, może być wprowadzony albo przed, albo w trakcie tworzenia układu kaskadowych rowków na etapie modelowania, w którym uzyskiwana jest strukturalna powierzchnia wielu szeregów kaskadowych rowków.

**[0132]** Uzyskany układ szeregów kaskadowych rowków i rozdzielających elementów jest taki, że ma zorientowane powierzchnie, a podczas powlekania tych powierzchni pod kątem, to jest pozaosiowo, przewodnikowe i/lub półprzewodnikowe materiały mogą być osadzone po obu stronach układu przez cały czas, gdy powlekana jest struktura, na której układy są usytuowane, a względne pozycje źródeł spełniają konieczne geometryczne wymagania. Te

wymagania przewidują, że powlekanie jest zasadniczo ograniczone przez kąt rzutowania do tylko jednego boku lub ściany lub ścianki konstrukcji na powierzchni. Stąd końcowym rezultatem pozaosiowego kierunkowego powlekania jest zerowe lub niewielkie elektryczne przewodzenie między dowolnymi dwiema przeciwnymi powierzchniami rozdzielającego elementu. Między dowolnymi dwiema przeciwnymi powierzchniami rozdzielającego elementu lub w poprzek tego elementu może wystąpić pewne elektryczne przewodzenie, ale jest ono wtedy minimalne, a niekorzystny pasożytniczy wpływ tego elektrycznego przewodzenia w poprzek rozdzielającego elementu może być brany pod uwagę przy projektowaniu optoelektronicznego urządzenia.

**[0133]** Tworzenie rozdzielającego elementu 507 w momencie modelowania powierzchni, co ma miejsce przed pozaosiowym kierunkowym powlekaniami w przeciwieństwie do modelowania po pozaosiowym kierunkowym powlekaniami za pomocą znanej techniki odmetalizowania takiej jak laserowa technika lub wytrawianie metalu, sprawia, że rygorystyczne wymagania dotyczące tolerancji laserowego dopasowania są ograniczone, a całkowita szerokość rozdzielającego elementu jest mniejsza, co minimalizuje wielkość nieaktywnego obszaru.

**[0134]** Nieaktywna powierzchnia wynikająca z zastosowania sposobu według tego wynalazku jest mniejsza niż 50% nieaktywnej powierzchni wynikającej z zastosowania znanych technik odmetalizowania po pozaosiowym kierunkowym powlekaniami. Stąd występuje zwiększenie uzysku produktu wskutek mniejszych strat podczas procesu wytwarzania według niniejszego wynalazku.

**[0135]** Fig. 5 przedstawia poprzeczny przekrój kanału 302 optoelektronicznego urządzenia 301 pokazanego na Fig. 1a.

**[0136]** Fig. 5 pokazuje pionową wysokość 601, poziomą szerokość 602, początkowy kąt 603, kąt skrętu 604 i efektywną szerokość 605 pojedynczego rozdzielającego elementu 302 w kierunku rolki.

**[0137]** Kąt 606 u podstawy struktury o bokach z założenia prostopadłych określa kąt, przy którym połowa rozdzielającego elementu 302 będzie powleczona materiałem wprowadzanym pod tym kątem. Kąt 607 na spodzie



rozdzielającego elementu 302 to kąt, przy którym powlekany jest tylko jeden pionowy bok.

**[0138]** Te kryteria są oparte na stosunkach wymiarów rozdzielającego elementu 301 i kątach 603 i 604. Geometryczne zależności między tymi kątami a stosunkiem wymiarów można wykorzystać do obliczenia szerokości 605 rozdzielającego elementu, stąd na skręcie w elemencie pod kątem 604 ta długość jest podwajana, przez co krytyczny kąt pokazany jako kąt 607 ma maksymalną dopuszczalną wartość.

**[0139]** Przykładowo kąt 603 może być równy 0 stopni i wtedy rozdzielający element 301 rozciągałby się zarówno równoległe jak i prostopadle do powlekanej powierzchni. Prawdopodobieństwo elektrycznego połączenia może być większe, gdy rozdzielający element 301 rozciąga się prostopadle.

**[0140]** Stwierdzono, że dla skutecznego zastosowania materiału przydatny jest kąt 603 wynoszący 45 stopni. Przy połączeniu takiego kąta ze stosunkiem wysokości 601 do szerokości 605 rozdzielającego elementu wynoszącym 2:1 wykazano doskonały uzysk produktów przy grubościach powłok porównywalnych z grubościami wymaganymi dla komercyjnie przydatnych urządzeń.

**[0141]** W przypadku krytycznego kąta 607 warto zastosować większy kąt dla dobrego rozdziału między powlekanymi ściankami. Krytyczny kąt 607 jest obliczany następującym wzorem:

$$\angle 607 = \tan^{-1} \left( \left( \frac{601}{605} \right) \sin \angle 603 \right) + 5^\circ$$

**[0142]** Gdzie  $\angle 607$  to krytyczny kąt 607, 601 to pionowa wysokość rozdzielającego elementu, 602 to pozioma szerokość rozdzielającego elementu, a  $\angle 603$  to początkowy kąt rozdzielającego elementu zgodnie z definicjami powyżej. W przykładzie wykonania do wyniku funkcji odwrotnej do tangensa dodawany jest kąt 5 stopni jako współczynnik bezpieczeństwa. Jednakże w zależności od zastosowań ten współczynnik bezpieczeństwa może być większy lub mniejszy w alternatywnych przykładach wykonania.

**[0143]** Zatem, także dla kolejnych przykładów, przy stosunku wysokości do

## EP 2 951 866 B1

szerokości rozdzielającego elementu wynoszącym 1:1, gdy kąt 603 równa się 75 stopni, kąt 607 równa się 44 stopnie, a gdy kąt 603 równa się 15 stopni, to kąt 607 równa się 14 stopni. Przy stosunku wysokości do szerokości rozdzielającego elementu wynoszącym 2:1, gdy kąt 603 równa się 15 stopni, kąt 607 równa się 62 stopnie, a kąt 603 równa się 75 stopni, to kąt 607 równa się 27 stopni. Przy stosunku wysokości do szerokości rozdzielającego elementu wynoszącym 3:1, gdy kąt 603 równa się 75 stopni, kąt 607 równa się 37 stopni. Przy stosunku wysokości do szerokości rozdzielającego elementu wynoszącym 4:1, gdy kąt 603 równa się 75 stopni, kąt 607 równa się 45 stopni. Przy powyższych obliczeniach kątów zakłada się, że równa lub płaska powierzchnia podłoża oznacza 0 stopni.

## Zastrzeżenia

### 1. Optoelektroniczne urządzenie (301) zawierające:

podłoże (305) zawierające pierwszy (304a) i drugi (304b) szereg rowków i usytuowany między nimi kanał (302);

każdy z rowków pierwszego (304a) i drugiego (304b) szeregu rowków mający pierwszą (312a) i drugą (312b) ściankę i usytuowaną między nimi wnękę (314);

wnękę (314) co najmniej częściowo wypełnioną pierwszym półprzewodnikowym materiałem (316);

pierwszą ściankę (312a) powleczoną przewodnikowym materiałem (318) i drugą ściankę (312b) powleczoną drugim półprzewodnikowym materiałem (317);

**znamiennie tym, że** część pierwszego (304a) i drugiego (304b) szeregu rowków i część usytuowanego między nimi kanału (302) są zasadniczo równoległe do siebie, i gdzie kanał (302) także przecina w poprzek rowki w pierwszym (304a) i drugim (304b) szeregu rowków.

2. Optoelektroniczne urządzenie według zastrzeżenia 1, gdzie kanał (302) przecina w poprzek rowki w pierwszym szeregu rowków (304a) przy końcu każdego rowka, a następnie przechodzi między pierwszym (304a) i drugim (304b) szeregiem rowków, przecinając w poprzek rowki w drugim szeregu rowków (304b) przy przeciwległym końcu każdego rowka.

3. Optoelektroniczne urządzenie według zastrzeżenia 1 lub zastrzeżenia 2, gdzie pierwsza (312a) i druga (312b) ścianka każdego rowka pierwszego (304a) i drugiego (304b) szeregu rowków jest powleczony przewodnikowym materiałem (318).

4. Optoelektroniczne urządzenie według dowolnego z poprzednich zastrzeżeń, gdzie pierwszy półprzewodnikowy materiał (316) jest półprzewodnikowym materiałem typu p, a drugi półprzewodnikowy materiał (317) jest półprzewodnikowym materiałem typu n.

5. Optoelektroniczne urządzenie według dowolnego z poprzednich zastrzeżeń, gdzie pierwszy (316) i drugi (317) półprzewodnikowy materiał są łącznie określane jako aktywny materiał, aktywny materiał jest osadzony we wnęce

(314) i na pierwszej (312a) i/lub drugiej (312b) ścianie wnęki (314) dla dostarczenia omowych i prostujących kontaktów dla wprowadzenia lub zbierania ładunku z aktywnego materiału.

**6.** Optoelektroniczne urządzenie według dowolnego z poprzednich zastrzeżeń, gdzie kąt, pod którym kanał (302) przecina w poprzek końce pierwszego (304a) i drugiego (304b) szeregu rowków, jest zmienny i wynosi od 0 do 90°.

**7.** Optoelektroniczne urządzenie według dowolnego z poprzednich zastrzeżeń, gdzie pierwszy półprzewodnikowy materiał (316) we wnęce (314), drugi półprzewodnikowy materiał (317) na drugiej ścianie (312b) i przewodnikowy materiał (318) co najmniej na pierwszej ścianie (312a) każdego rowka w pierwszym (304a) i drugim (304b) szeregu rowków mają niezależnie od siebie elektryczną łączność.

**8.** Optoelektroniczne urządzenie według dowolnego z poprzednich zastrzeżeń, gdzie kanał (302) ma pierwszą i drugą ściankę i usytuowaną między nimi wnękę kanału, a pierwsza i druga ścianka kanału są powleczone przewodnikowym materiałem (318).

**9.** Optoelektroniczne urządzenie według zastrzeżenia 8, gdzie pierwszy bok i drugi bok kanału (302) stanowią dodatni i ujemny biegun elektrycznego obwodu i pierwsza i druga ścianka będące w elektrycznym połączeniu z przewodnikowym materiałem (318) na pierwszej i drugiej ścianie kanału (302).

**10.** Optoelektroniczne urządzenie według dowolnego z poprzednich zastrzeżeń, gdzie głębokość kanału (302) jest co najmniej dwa razy większa niż głębokość rowków pierwszego (304a) i drugiego (304b) szeregu rowków.

**11.** Optoelektroniczne urządzenie według dowolnego z poprzednich zastrzeżeń, gdzie głębokość kanału (302) jest typowo dwa razy większa niż szerokość kanału (302).

**12.** Sposób wytwarzania optoelektronicznego urządzenia (301), sposób obejmujący etapy:

dostarczenie podłoża (305) zawierającego pierwszy (304a) i drugi (304b) szereg rowków i usytuowany między nimi kanał (302), każdy rowek pierwszego (304a) i drugiego (304b) szeregu rowków ma pierwszą (312a) i drugą (312b) ściankę i usytuowaną między nimi wnękę (314),

część pierwszego (304a) i drugiego (304b) szeregu rowków i część usytuowanego między nimi kanału (302) będące zasadniczo równoległe do siebie, gdzie kanał (302) także przecina w poprzek rowki pierwszego (304a) i drugiego (304b) szeregu rowków;

powlekanie co najmniej pierwszej ścianki (312a) przewodnikowym materiałem (318) i powlekanie drugiej ścianki (312b) półprzewodnikowym materiałem (317);

**znamienny tym, że** sposób dalej obejmuje etap co najmniej częściowego wypełniania wnęki (314) innym półprzewodnikowym materiałem (316).

**13.** Sposób według zastrzeżenia 12, gdzie półprzewodnikowy materiał (317) jest półprzewodnikowym materiałem typu p, a drugi półprzewodnikowy materiał (316) jest półprzewodnikowym materiałem typu n.

**14.** Sposób według zastrzeżenia 12 lub zastrzeżenia 13, gdzie etap powlekania przewodnikowym materiałem (318) co najmniej pierwszej ścianki (312a) każdego rowka pierwszego (304a) i drugiego (304b) szeregu rowków i powlekania półprzewodnikowym materiałem (317) drugiej ścianki (312b) każdego rowka pierwszego (304a) i drugiego (304b) szeregu rowków obejmuje proces pozaosiowego kierunkowego powlekania.

**15.** Sposób według zastrzeżenia 14, gdzie proces pozaosiowego kierunkowego powlekania obejmuje natryskiwanie przewodnikowego materiału (318) i półprzewodnikowego materiału (317) pod kątem względem płaszczyzny podłoża (305), przez co także względem każdego rowka pierwszego (304a) i drugiego (304b) szeregu rowków, tak że powlekana jest tylko pierwsza (312a) lub druga (312b) ścianka każdego rowka pierwszego (304a) i drugiego (304b) szeregu rowków.

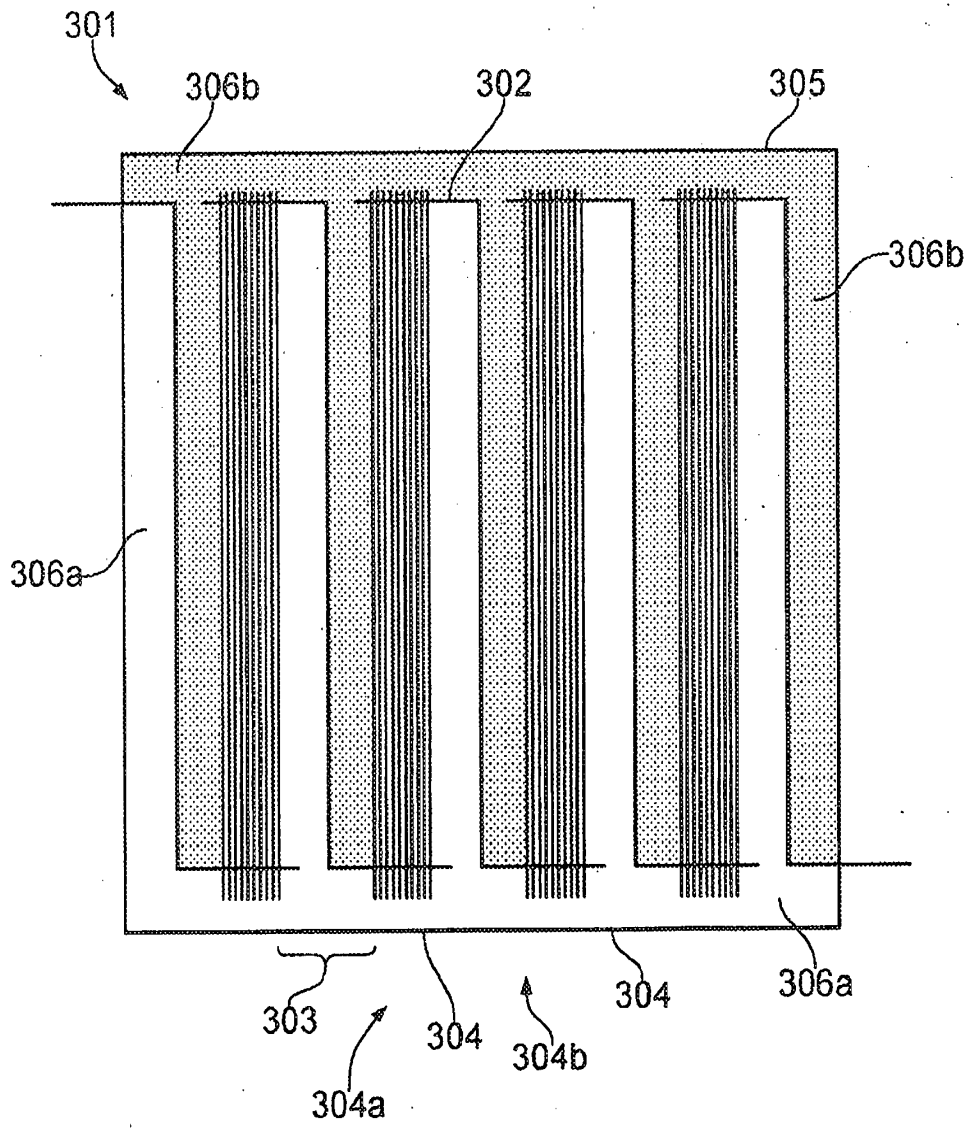


FIG. 1a

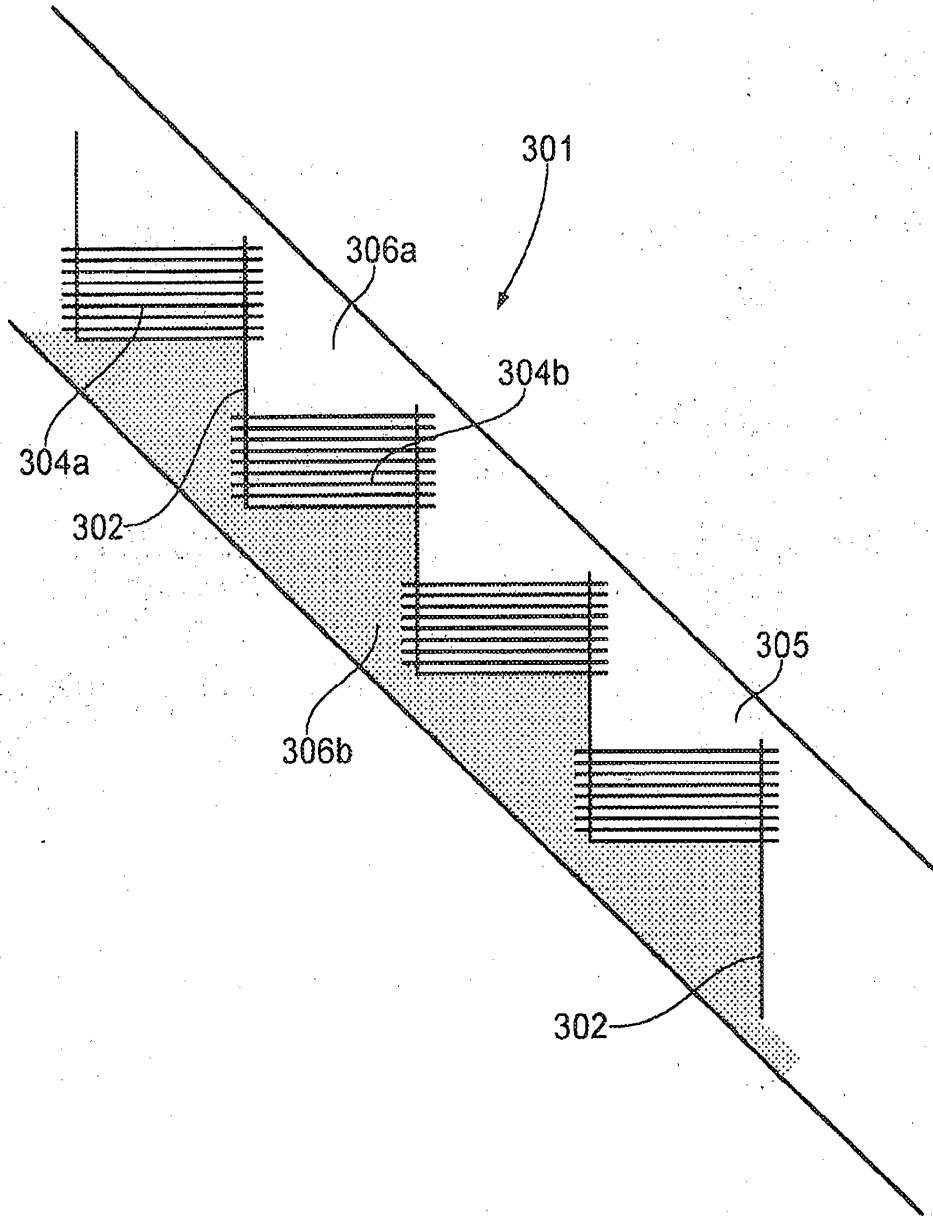


FIG. 1b

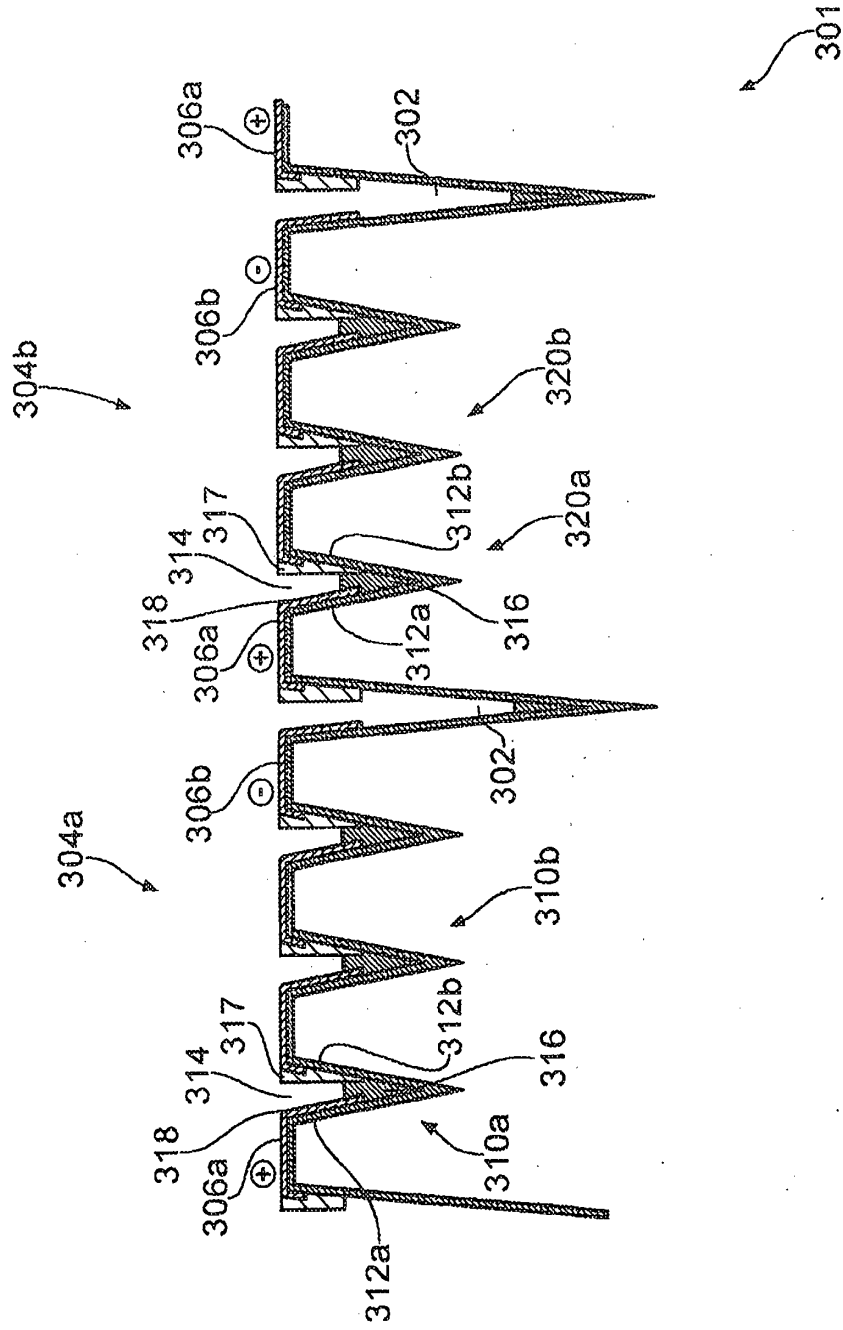


FIG. 2



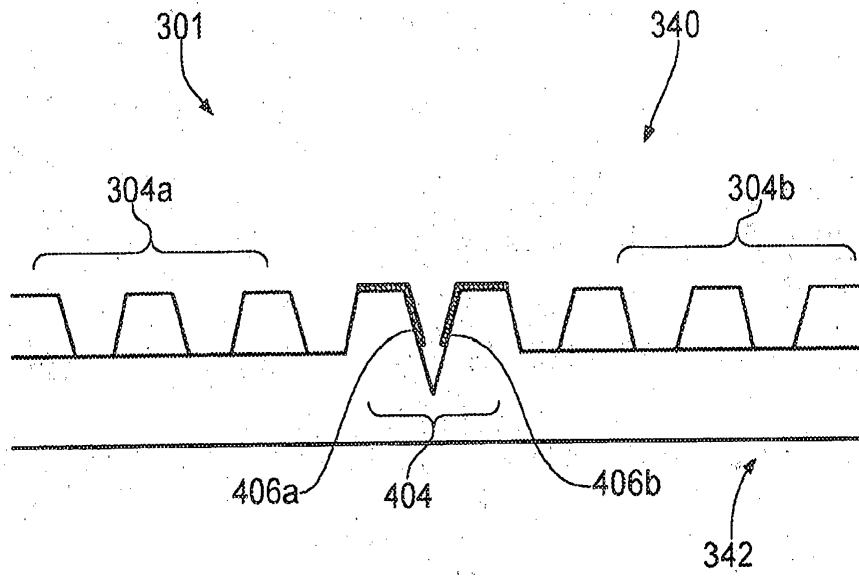


FIG. 3

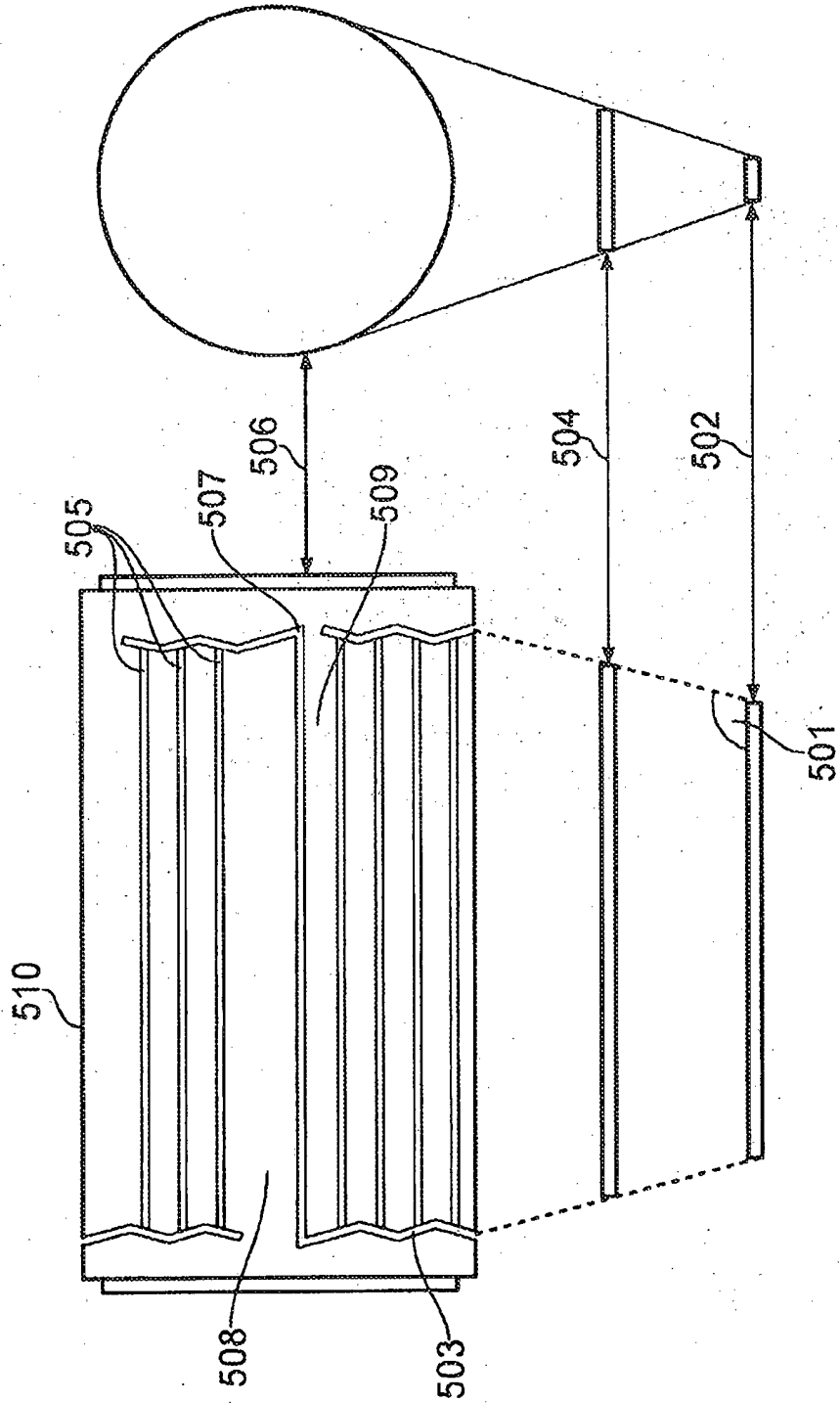


FIG. 4

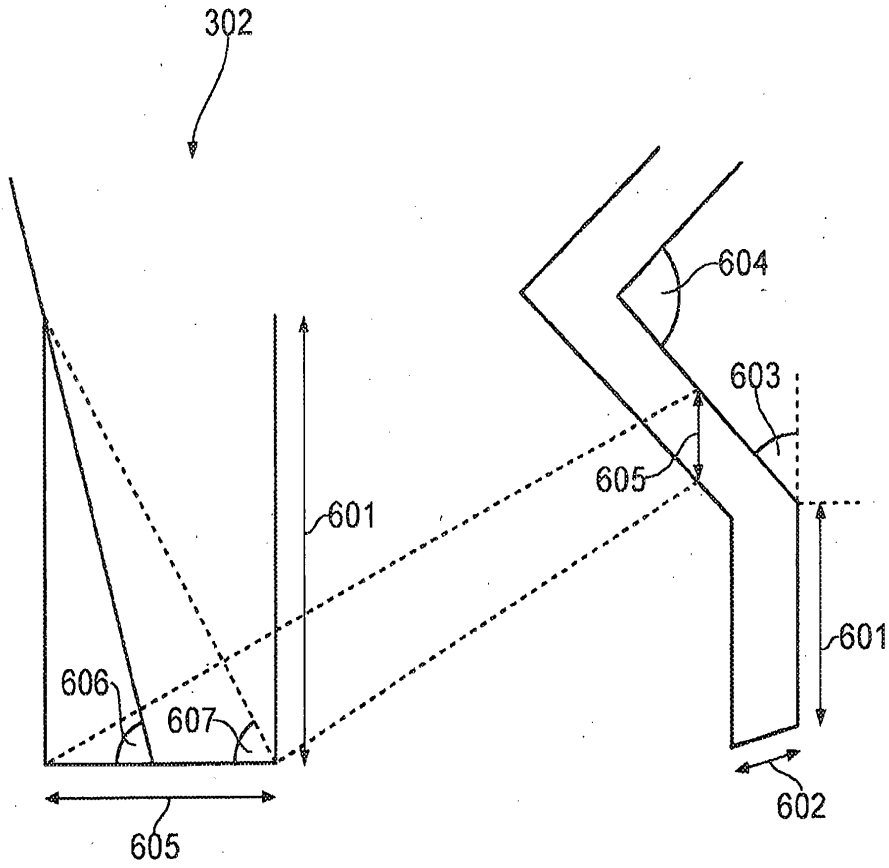


FIG. 5