

RZECZPOSPOLITA
POLSKA



Urząd Patentowy
Rzeczypospolitej Polskiej

(12) **OPIS PATENTOWY**

(19) **PL**

(11) **241714**

(13) **B1**

(21) Numer zgłoszenia: **435681**

(22) Data zgłoszenia: **15.10.2020**

(51) Int.Cl.

H01J 9/12 (2006.01)

H01J 49/08 (2006.01)

(54)

Miniaturowy powielacz elektroniczny

(43) Zgłoszenie ogłoszono:

19.04.2022 BUP 16/22

(45) O udzieleniu patentu ogłoszono:

28.11.2022 WUP 48/22

(73) Uprawniony z patentu:

POLITECHNIKA WROCŁAWSKA, Wrocław, PL

(72) Twórca(y) wynalazku:

PIOTR SZYSZKA, Częstochowa, PL

TOMASZ GRZEBYK, Wrocław, PL

(74) Pełnomocnik:

rzec. pat. Bartosz Kuriata

PL 241714 B1

Opis wynalazku

Przedmiotem wynalazku jest miniaturowy powielacz elektronowy wykonany technikami mikroinżynierskimi MEMS.

Powielacze elektronów są instrumentami pracującymi w warunkach próżniowych, mają one za zadanie zwielokrotnić sygnał elektronowy bądź jonowy padający do jego wnętrza, pozwalając na detekcję nawet pojedynczych elektronów/jonów. Instrumenty te wykorzystują proces emisji wtórnej elektronów, w czasie którego rozpędzony elektron trafiając na materiał o wysokim współczynniku emisji wtórnej wybija z niego kolejne nośniki. Generując serię takich zderzeń wywołuje się lawinowy proces generacji elektronów zbieranych potem przez anodę. Powielacze elektronów stosuje się w mikroskopach elektronowych, spektrometrach mas czy fotopowielaczach. W technice występuje kilka rodzajów powielacza elektronowego: 1) powielacze o strukturze dyskretnej – składające się z rzędu dynod połączonych ze sobą za pomocą rezystorów, 2) powielacze z ciągłą dynodą (channeltrony), 3) powielacze mikrokanalikowe, 4) powielacze typu GEM (Gas Electron Multiplier).

W ostatnich latach podejmuje się rozliczne próby miniaturyzacji instrumentów próżniowych takich jak spektrometry mas, czy mikroskopy elektronowe. Często ze zmniejszeniem wymiarów tych instrumentów operuje się na coraz mniejszych prądach które muszą ulec detekcji. W takich przypadkach prądy te muszą zostać wzmocnione, najlepiej za pomocą powielacza elektronowego. Pojawia się jednak problem kompatybilności technik wytwarzania samego instrumentu oraz powielacza. Techniki MEMS zaprzęgnięte do wytwarzania mikrosystemów próżniowych z reguły korzystają z krzemu monokrystalicznego oraz szkła borokrzemowego jako materiały budulcowe.

Z patentu US7294954 znane jest rozwiązanie powielacza elektronowego wykonanego technikami mikroinżynierskimi, zbudowane w formie kanapki krzemowo-szklanej, w której krzemowa warstwa półprzewodnikowa posiada wytrawione kanały i znajdujące się pomiędzy nimi elektrody. Kanały są wykonane w formie równoległych, skośnych w stosunku do osi urządzenia, odnóg, i wytrawione aż do głębokości podłoża, albo częściowo. Warstwa wierzchnia może być pokryta warstwą oksydacyjną, a ta częściowo wytrawiona celem dołączenia kontaktów metalicznych. Powielacze można łączyć w równoległe zespoły.

Z publikacji "MEMS-made Electron Emission Membranes (MEMBrane)", Harry van der Graaf, ERC Advanced Grant 2012 Research proposal, znane jest rozwiązanie powielacza elektronowego wykonanego technikami MEMS wykorzystującego serię membran z azotku krzemu służącego jako dynody.

Z artykułu "Photomultiplier tubes: μ PMT is key to high-performance portable devices", opublikowanego pod adresem <https://www.laserfocusworld.com/test-measurement/test-measurement/article/16557002/photomultiplier-tubes-pmt-is-key-to-highperformance-portable-devices> znane jest rozwiązanie powielacza elektronowego o konstrukcji dyskretnej, wytworzonego za pomocą technik MEMS, zastosowanego jako element miniaturowego fotopowielacza w standardowej konfiguracji.

Z patentu US10522334 znane jest rozwiązanie powielacza elektronowego o strukturze dyskretnej, jednakże rozwiązanie to nie integruje w sobie detektora, a sam opis skupia się na wykorzystaniu techniki ALD (Atomic Layer Deposition) do wytworzenia warstw rezystywnych, a sama technologia nie wydaje się kompatybilna z MEMS.

Problemem technicznym, jaki rozwiązuje niniejszy wynalazek jest możliwość wykonania struktury powielacza elektronowego (nieodstępującego parametrami od klasycznych odpowiedników) w sposób powtarzalny, za pomocą technik skalowalnych (zarówno pod względem rozmiarów urządzenia jak i produkcji) oraz pozwalającymi na integrację z innymi mikrosystemami próżniowymi, szczególnie znanymi z Pat.230151 oraz Pat.230152.

Istota miniaturowego powielacza elektronowego, według wynalazku, wykonanego technikami MEMS w formie kanapki szkło-szkło, z wytrawionymi kanałami oraz z naniesionymi warstwami metalicznymi oraz wykorzystujący co najmniej jeden znany detektor wykonany w technice MEMS polega na tym, że składa się z co najmniej jednej pary podłoży, dolnego i górnego, w których wykonane są odpowiednio dolna i górna połowka co najmniej jednego mikrokanalu, przy czym każdy mikrokanal ten jest od wewnątrz pokryty warstwą rezystancyjną oraz naniesioną na nią warstwą emisyjną i każdy mikrokanal jest wykonany w postaci meandrycznej rozciągając się od wlotu cząstek naładowanych aż do znanego detektora, ponadto pomiędzy początek oraz koniec mikrokanalu jest przyłożona jest różnica napięć wynosząca od 1 kV do 4 kV.

Korzystnie, mikrokanal posiada szerokość od 0,1 do 3 mm, głębokość od 0,05 do 2 mm i długość co najmniej 10 mm.

Korzystnie, warstwa emisyjna ma zakres grubości od 5 nm do 50 nm i jest wykonana z materiału należącego do grupy ZnO, MgO, AlO.

Korzystnie, warstwa rezystancyjna jest o grubości w zakresie od 100 nm do 1000 nm i wykonana z materiału należącego do grupy: NiCr, TaN, CrSiO, CuNi, albo transparentnych warstw przewodzących ITO w postaci In₂O₃:Sn, ATO w postaci SnO₂:Sb albo AZO w postaci ZnO:Al.

Proponowany powielacz łączy zalety klasycznych powielaczy o strukturze ciągłej (takie jak wysoka żywotność, stabilność pracy, łatwość użytkowania, czy bardzo wysokie wzmocnienie sygnału) z miniaturowością i pełną skalowalnością wymiarów. Co więcej nie posiada ograniczeń wynikających z technologii klasycznych odpowiedników – wirtualnie, praktycznie nie ma ograniczeń w długości mikrokanalów (przy odpowiednim „zawijaniu” mogą osiągać nawet wiele metrów długości), co bezpośrednio przekłada się na bardzo wysoki możliwy do osiągnięcia poziom wzmocnienia sygnału. Co więcej zastosowana technologia MEMS pozwala na wytworzenie w czasie jednego procesu wielu struktur o małym rozrzucie parametrów. Dodatkowym atutem jest możliwość przystosowania proponowanej struktury do integracji z wcześniej patentowanymi wynalazkami, takimi jak mikroskopy elektronowe czy spektrometry mas.

Wynalazek jest bliżej przedstawiony w oparciu o przykłady realizacji i rysunek, którego fig. 1 przedstawia powielacz elementarny, fig. 2 przekrój poprzeczny powielacza elementarnego, fig. 3 przedstawia powielacz zawierający moduł powielacza elementarnego ze zwielokrotnieniem kanałów w poziomie, fig. 4 powielacz z modułami elementarnymi zwielokrotnionymi w pionie, a fig. 5 powielacz w formie matrycy dwuwymiarowej.

Przykład 1

Miniaturowy powielacz elektronowy w wersji powielacza elementarnego 1 w formie kanapki szkło-szkło, składający się z podłoża dolnego 6 i górnego 5, w których wykonane są odpowiednio dolna i górna połówka mikrokanalu 3. Mikrokanal 3 przebiega od lejkowatego wlotu 2 cząsteczek naładowanych (elektronów lub jonów), do miejsca z wykonanym wytrawieniem mieszczącym jeden znany detektor 4, niestanowiący przedmiotu niniejszego wynalazku, wykonany również w technice MEMS. Mikrokanal 3 jest w formie pojedynczego meandra o szerokości 2 mm, głębokości 1 mm i długości 10 mm z naniesioną warstwą rezystancyjną 8 o grubości 200 nm z materiału NiCr który charakteryzuje się wysoką rezystancją odpowiadającą za stworzenie gradientu potencjału, a co za tym idzie za przyspieszanie elektronów oraz ich powielanie oraz warstwą emisyjną 9 grubości 50 nm wykonaną z tlenku cynku ZnO. Zakres rezystancji na długości kanału zapewniony przez tak naniesioną warstwą rezystancyjną jest rzędu 100 MΩ lub też rezystancja powierzchniowa jest rzędu 3 MOhm/kwadrat, zaś powielony prąd ma wartość rzędu 10 μA. Do pól kontaktowych 7 łączących się z początkiem oraz końcem mikrokanalu 3 przyłożona jest różnica napięć V₂ – V₁ wynosząca 3 kV, przy czym strona końcowa mikrokanalu 3 jest zawsze na wyższym potencjale niż strona początkowa.

Przykład 2

Miniaturowy powielacz elektronowy 1 wykonany według przykładu 1, z tą różnicą, że składa się z czterech mikrokanalów 3 szerokości 1 mm każdy, wykonanych we wspólnych podłożach górnym 5 i dolnym 6, przy czym mikrokanaly 3 umieszczone są obok siebie.

Przykład 3

Miniaturowy powielacz elektronowy 1 składający się z trzech powielaczy elementarnych o budowie wg przykładu 1, ułożonych jeden na drugim, tworząc 1-wymiarową matrycę detekcyjną.

Przykład 4

Miniaturowy powielacz elektronowy 1 składający się z pięciu powielaczy elementarnych o budowie wg przykładu 2 ułożonych jeden na drugim, tworząc 2-wymiarową matrycę detekcyjną.

Wykaz oznaczeń

- 1 – Powielacz elementarny
- 2 – Wlot
- 3 – Mikrokanal
- 4 – Detektor
- 5 – Podłoże górne
- 6 – Podłoże dolne
- 7 – Pola kontaktowe
- 8 – Warstwa rezystancyjna
- 9 – Warstwa emisyjna

Zastrzeżenia patentowe

1. Miniaturowy powielacz elektronowy, wykonany technikami MEMS w formie kanapki szkło-szkło, z wytrawionymi kanałami oraz z naniesionymi warstwami metalicznymi oraz wykorzystujący do działania znany detektor wykonany w technice MEMS, **znamienny tym**, że składa się z co najmniej jednej pary podłoży, dolnego (5) i górnego (6), w których wykonane są odpowiednio dolna i górna połówka co najmniej jednego mikrokanalu (3), przy czym mikrokanal ten jest od wewnątrz pokryty warstwą rezystancyjną (8) oraz naniesioną na nią warstwą emisyjną (9) i mikrokanal (3) jest wykonany w postaci meandrycznej rozciągając się od lejkowatego wlotu (2) cząstek naładowanych aż do miejsca gdzie znajduje się wytrawienie na detektor (4), ponadto pomiędzy początek oraz koniec mikrokanalu jest przyłożona jest różnica napięć wynosząca od 1 kV do 4 kV.
2. Powielacz według zastrz. 1, **znamienny tym**, że mikrokanal (3) posiada szerokość od 0,1 mm do 3 mm, głębokość od 0,05 mm do 2 mm i długość co najmniej 10 mm.
3. Powielacz według zastrz. 1, **znamienny tym**, że warstwa emisyjna (9) ma zakres grubości od 5 nm do 50 nm i jest wykonana z materiału należącego do grupy ZnO, MgO, AlO.
4. Powielacz według zastrz. 1, **znamienny tym**, że warstwa rezystancyjna (8) jest o grubości w zakresie od 100 nm do 1000 nm i wykonana z materiału należącego do grupy: NiCr, TaN, CrSiO, CuNi, albo transparentnych warstw przewodzących ITO w postaci $\text{In}_2\text{O}_3:\text{Sn}$, ATO w postaci $\text{SnO}_2:\text{Sb}$ albo AZO w postaci $\text{ZnO}:\text{Al}$.

Rysunki

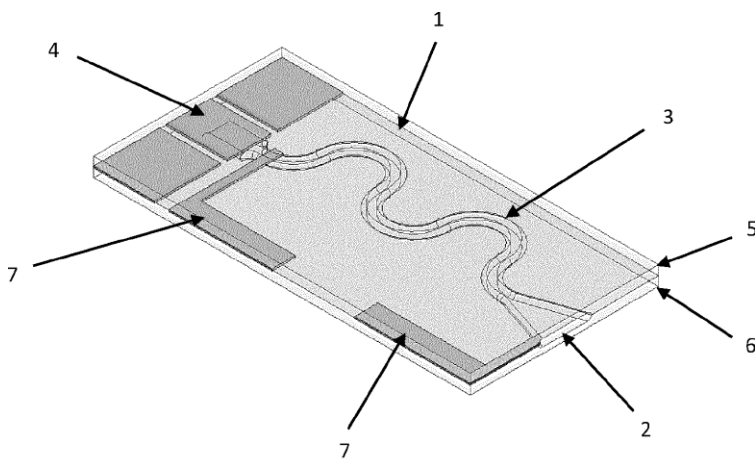


Fig. 1

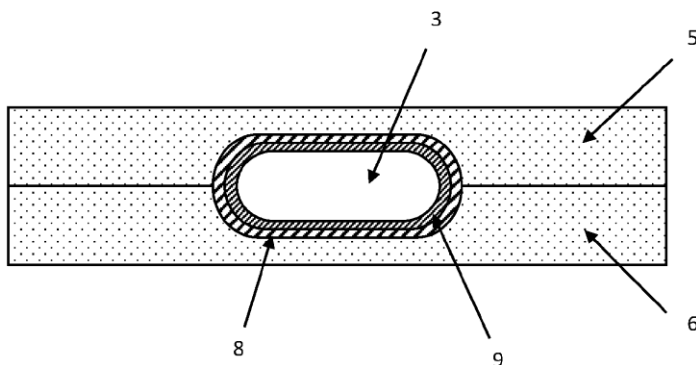


Fig. 2

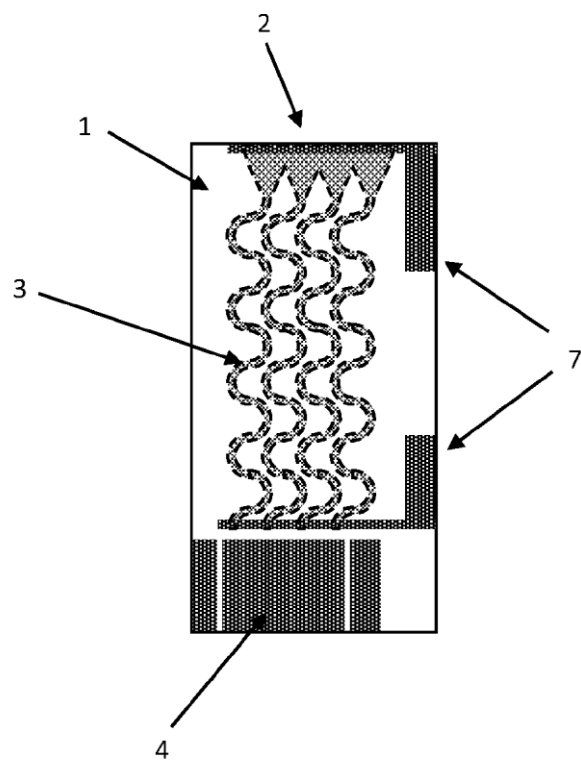


Fig. 3

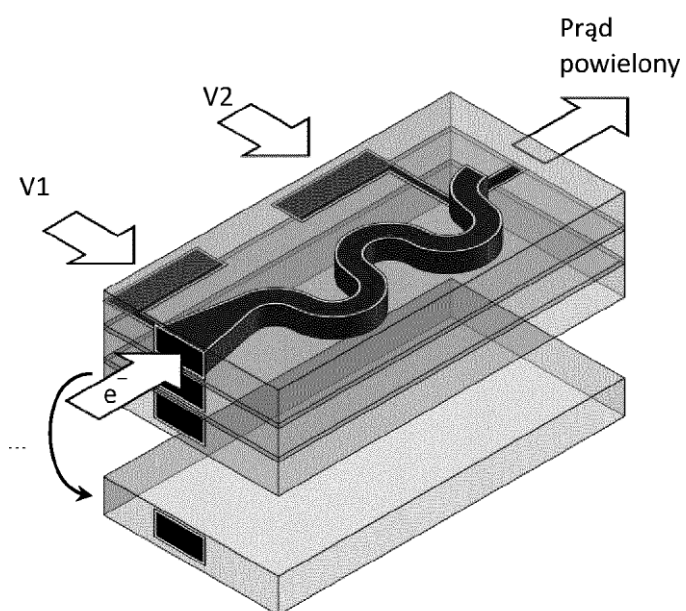


Fig. 4

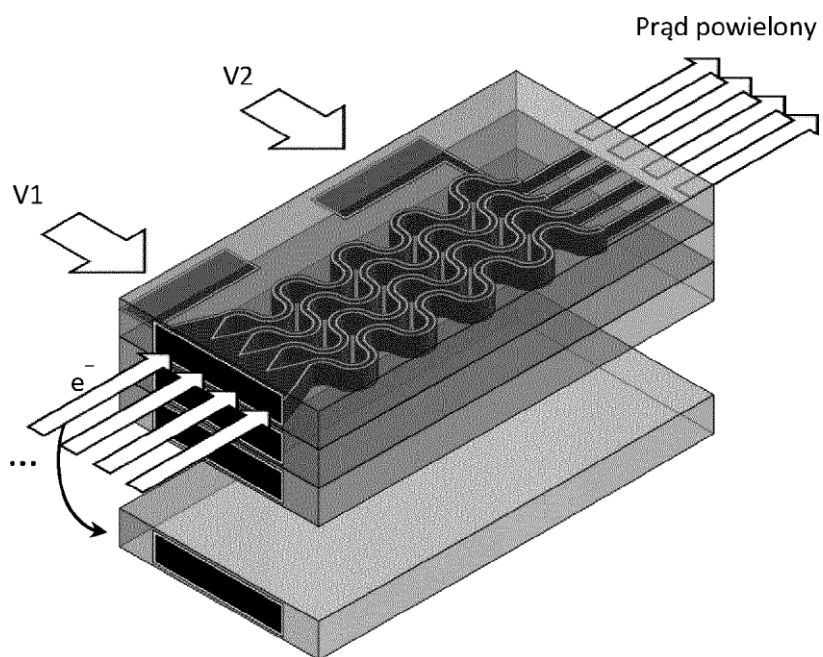


Fig. 5