



POLSKIEJ RZECZYPOSPOLITEJ LUDOWEJ

OPIS PATENTOWY

Nr 44151

Kl. 21 a⁴, 38

N. V. Philips' Gloeilampenfabrieken

Eindhoven, Holandia

Urządzenie półprzewodnikowe

Patent trwa od dnia 2 marca 1959 r.

Pierwszeństwo: 4 marca 1958 r. dla zastrz. 3, 4, 6, 8, 9, 10;

1 sierpnia 1958 r. dla zastrz. 18;

8 sierpnia 1958 r. dla zastrz. 15;

30 stycznia 1959 r. dla zastrz. 1, 2, 5, 7, 11, 12, 13, 14, 16, 17, 19 (Wielka Brytania).

Wynalazek dotyczy urządzenia półprzewodnikowego np. diody krystalicznej albo tranzystora n-p-n lub tranzystora p-n-p, posiadającego element półprzewodnikowy, składający się np. z germanu lub krzemu, w którym to urządzeniu aktywna część powierzchni tego elementu, najkorzystniej cała jego powierzchnia jest oddzielona od otaczającej atmosfery, najkorzystniej za pomocą ścianki szklanej. Wynalazek dotyczy również sposobów wytwarzania takich urządzeń półprzewodnikowych. Określenie „urządzenie półprzewodnikowe” obejmuje dowolne urządzenie posiadające półprzewodnik i co najmniej jedną elektrodę, np. urządzenie ostrzowe, złączowe i fotoelektryczne. Półprzewodnik może być jedno- lub wielo-krystaliczny.

Celem wynalazku jest polepszenie stabilności elektrycznej urządzeń półprzewodnikowych.

Stwierdzono na przykład, że tranzystor umieszczony w zbiorniku wypełnionym olejem lub smarem silikonowym, zachowuje przez pewien czas po wyprodukowaniu stały współczynnik wzmocnienia prądowego α_{cb} . Po pewnym czasie składowania lub normalnej pracy, współczynnik ten stopniowo maleje. Stopniowy spadek współczynnika wzmocnienia występuje szczególnie wyraźnie po dużych obciążeniach urządzenia, lub też po pracy w podwyższonej temperaturze, np. przy temperaturze 80°C współczynnik α_{cb} zmniejsza się o 50% lub więcej.

Współczynnik α_{cb} jest określony równaniem:

$$\alpha_{cb} = \left(\frac{\Delta I_c}{\Delta I_b} \right) V_{ce}$$

gdzie ΔI_c i ΔI_b oznaczają małe zmiany w prądach kolektora I_c i bazy I_b , mierzonych przy

stałym napięciu V_{ce} pomiędzy emiterem i kolektorem. Prąd upływu tranzystora lub diody krystalicznej nie jest wielkością stałą w czasie i z reguły wzrasta.

W urządzeniu półprzewodnikowym według wynalazku, np. w diodzie krystalicznej albo w tranzystorze n-p-n lub w tranzystorze p-n-p, posiadającym element półprzewodnikowy, składający się np. z germanu lub krzemu, w którym to urządzeniu część aktywna powierzchni tego elementu, najkorzystniej cała jego powierzchnia jest oddzielona od otaczającej atmosfery, najkorzystniej za pomocą ścianki szklanej, w oddzielonej zamkniętej przestrzeni znajduje się tlenek boru zawierający wodę, dzięki czemu elektryczna stabilność urządzenia jest polepszona.

Zasadniczo wskazane jest oddzielanie całej powierzchni półprzewodnika od atmosfery otaczającej, tym niemniej okazało się w wielu przypadkach, że w celu polepszenia stabilności elektrycznej wystarczy oddzielenie od atmosfery tylko aktywnych części powierzchni.

Jako aktywną część powierzchni uważa się tę część, do której dzięki wpływom otoczenia dochodzą nośniki ładunku. W tranzystorze na przykład częściami aktywnymi są powierzchnie w pobliżu kolektora i emitera, natomiast w urządzeniach wykorzystujących efekt Hallá, w których nośniki ładunku przepływają przez całe ciało półprzewodnika, należy praktycznie biorąc uważać całą powierzchnię za aktywną i całą powierzchnię oddzielać od atmosfery.

Elektryczną stabilnością nazywa się stałość właściwości elektrycznych w czasie, szczególnie przy dużych obciążeniach elektrycznych lub przy wysokich temperaturach pracy urządzenia. Dwie ważne właściwości elektrycznymi tranzystora są: współczynnik wzmocnienia prądowego α_{cb} i prąd upływu. Określenie „ulepszony” w odniesieniu do stabilności elektrycznej oznacza ulepszenie w porównaniu do zasadniczo identycznych urządzeń, w których nie zastosowano tlenku boru.

W większości przypadków zastosowanie tlenku boru poprawia ponadto właściwości elektryczne i w związku z tym tranzystor wykonany zgodnie z wynalazkiem posiada wyższą wartość ustabilizowanego współczynnika wzmocnienia prądowego α_{cb} i zmniejszony prąd upływu.

Pełne wytłumaczenie zjawisk fizycznych, wpływających na wyniki uzyskiwane w urządzeniach półprzewodnikowych według wynalazku, nie zostało osiągnięte.

Według pewnych sugestii, nie wpływających zresztą na istotę wynalazku, higroskopijny tlenek boru wraz ze związaną z nim wodą powoduje korzystne zwilżenie powierzchni. Sugeruje się, że oprócz higroskopijnego działania tlenku boru, występującego przynajmniej częściowo w postaci kwasu borowego lub meta borowego, i polegającego na stworzeniu odpowiedniego ośrodka zawierającego wodę, również sama obecność tlenku boru wywiera dodatni wpływ na właściwości elektryczne.

Ze względu na higroskopijne właściwości tlenku boru, pojęcie „tlenek boru” stosowane jest w szerszym zakresie i oznacza tlenek boru wraz ze związaną z nim wodą, to jest postać w której tlenek boru jest przynajmniej częściowo kwasem borowym lub metaborowym.

Poprawę stabilności uzyskuje się zasadniczo przy każdym normalnie spotykanym stopniu zawartości wody, tym niemniej zaleca się doprowadzenie tlenku boru do pewnego określonego stopnia zawilgocenia przed umieszczeniem go w hermetycznym otoczeniu elektrod ze względu na to, że dla różnych urządzeń stwierdzono pewną optymalną zawartość wody. Jest to szczególnie ważne przy produkcji przebiegającej w warunkach klimatycznych o niskiej lub wysokiej wilgotności.

Dobór optymalnej zawartości wody zależy nie tylko od urządzenia, lecz także od jego obróbki tak jak i po hermetycznym zamknięciu.

Zawartość wody można zwiększyć na przykład przez utrzymywanie tlenku borowego w wilgotnej atmosferze, zmniejszanie zawartości wody uzyskuje się na przykład przez podgrzewanie, ewentualnie w określonej atmosferze.

Ścianki oddzielające urządzenie od atmosfery mają być wykonane ze szkła, ponieważ szkło nie reaguje praktycznie biorąc z tlenkiem boru. Można również używać ścianek metalowych pod warunkiem, że nie reagują one z tlenkiem boru względnie, że reakcja ta nie powoduje dalszych konsekwencji.

Przy stosowaniu ścianek szklanych, należy przy zatopieniu szkła nagrzać do wysokiej temperatury, co powoduje, jak stwierdzono, znaczną zmianę właściwości elektrycznych urządzenia.

W przypadku podobnych urządzeń nie wykonanych według wynalazku, właściwości elektryczne, np. współczynnik umocnienia prądowego α_{cb} , zostają po zatopieniu poważnie zmniejszone, przy czym po pewnym czasie α_{cb} znów się nieco powiększa.

W urządzeniach według wynalazku występuje

na ogół również spadek α_{cb} po zatopieniu, natomiast ponowny wzrost α_{cb} jest znacznie silniejszy i w niektórych urządzeniach, na przykład w typie n-p-n, wartości ostateczne α_{cb} są wyższe niż przed zatopieniem urządzenia.

Do środka zamknięcia można wprowadzać dodatkowo wypełniacz na przykład krzemionkę, piasek, litopon lub związek organiczny. Związek organiczny może być polimerem organicznym lub krzemo-organicznym związkiem, na przykład polimerem krzemo-organicznym, znanym w handlu jako „elastyczny kit”. Wypełniaczem jest związek lub mieszanina stosowana bądź jako rozpuszczalnik, bądź jako nośnik dla tlenku boru, względnie służyć może innym celom, jak na przykład do polepszenia odprowadzania ciepła z półprzewodnika do otoczenia urządzenia.

W przypadku, gdy tlenek boru i wypełniacz są umieszczone osobno wewnątrz hermetycznego zamknięcia, wówczas zarówno jeden jak i drugi mogą się stykać bezpośrednio z ciałem półprzewodnikowym. Zaleca się dokładne wymieszanie tlenku boru i wypełniacza, co daje lepsze rezultaty niż stosowanie ich osobno. Zawartość tlenku boru nie jest wielkością krytyczną i może wynosić 1% – 10%, np. 4% – 6% w stosunku wagowym do ilości wypełniacza.

Tlenek boru może być stosowany w ten sposób, że częściowo lub całkowicie może być związany chemicznie na przykład ze związkiem organicznym zawierającym bor i tlen, przy czym związek ten może być polimerem organicznym lub związkiem krzemo-organicznym, na przykład polimerem krzemo-organicznym.

Przykładami polimerów krzemo-organicznych są pochodne kwasu borowego oleju krzemowego i kit elastyczny zawierający bor i tlen.

Urządzenie może być diodą półprzewodnikową, bądź może mieć strukturę tranzystora typów p-n-p, n-p-n, lub typu haczykowego (np. p-n-p-n). Ciało półprzewodnikowe może być wykonane z krzemu lub germanu.

Wynalazek dotyczy również sposobu produkcji urządzenia półprzewodnikowego i obejmuje operację oddzielenia czynnej części ciała półprzewodnikowego od atmosfery za pomocą hermetycznego zamknięcia, do wewnątrz którego wprowadza się tlenek boru, co poprawia elektryczną stabilność urządzenia.

Sposób według wynalazku umożliwia łatwą i powtarzalną metodę produkcji urządzeń półprzewodnikowych.

Zawartość wody wewnątrz zamknięcia może być korygowana przed zatopieniem. Można ją

zmniejszać przez ogrzewanie lub zwiększać przez działanie wilgoci. Cała powierzchnia ciała półprzewodnikowego może być oddzielana od atmosfery. Zamknięcie może być wykonane ze ścianek szklanych. Do środka zamknięcia można wprowadzić dodatkowo wypełniacz, na przykład krzemionkę, piasek, litopon lub związek organiczny.

Związek organiczny może być polimerem organicznym lub związkiem krzemo-organicznym, na przykład polimerem krzemo-organicznym, znanym w handlu jako kit elastyczny. Innym przykładem związku krzemo-organicznego jest linio-owy dwu-metylowy olej krzemowy, taki jaki uzyskuje się z firmy Midland Silicones Limited jako MS 200 (lepkość 100.000 centi Stokes). Olej krzemowy może być używany bądź sam, bądź w połączeniu z litoponem lub piaskiem krzemowym. W przypadku użycia wypełniacza, zaleca się korygowanie zawartości wody wewnątrz zamknięcia przez korygowanie zawartości wody wypełniacza i tlenku boru bezpośrednio przed zatopieniem. W ten sposób unika się dalszego pochłaniania wody.

Zawartość wody wewnątrz zamknięcia można również korygować, zmieniając zawartość wody w tlenku boru lub w materiale dodatkowym. W niektórych przypadkach używa się tlenku boru o małej zawartości wody, której ilość wewnątrz zamknięcia określa w decydującej mierze zawartość wody w materiale dodatkowym.

Tlenek boru i materiał dodatkowy mogą być umieszczane w zamknięciu bądź osobno, bądź też dokładnie wymieszane ze sobą. Jeśli tlenek boru i materiał dodatkowy są umieszczane osobno, tlenek boru lub materiał dodatkowy mogą być umieszczane w bezpośrednim sąsiedztwie ciała półprzewodnikowego.

Ilość tlenku boru może wynosić od 1 – 10% w stosunku wagowym, na przykład 4 – 6%, ilości materiału dodatkowego.

Tlenek boru może być dostarczany w postaci chemicznie związanej, w związku organicznym, zawierającym bor i tlen. Związek zawierający bor może być polimerem organicznym lub też związkiem krzemo-organicznym na przykład polimerem krzemo-organicznym.

Przykładem polimeru krzemo-organicznego jest pochodna kwasu borowego oleju krzemowego, którą może być elastyczny kit zawierający bor i tlen.

Tego rodzaju związek organiczny zawierający bor i tlen może być na przykład otrzymany

przez odpowiednio długie ogrzewanie mieszaniny związku krzemowo-organicznego, zwłaszcza polimeru krzemowo-organicznego, jak olej lub smar krzemowy, i tlenku boru.

Ogrzewanie należy prowadzić aż do uzyskania przez mieszaninę właściwości mechanicznych „elastycznego kitu”. „Elastyczny kit” został na przykład otrzymany przez zmieszanie liniowego dwumetylowego oleju krzemowego, uzyskiwanego z firmy Midland Silicones Limited jako MS 200 o lepkości 100.000 centiskokesów z 5% w stosunku wagowym sproszkowanego tlenku boru. Mieszaninę ogrzewano przez 4 godziny w powietrzu w temperaturze 200°C i uzyskano borowany olej krzemowy. Olej ten może być bądź stosowany w tej postaci, bądź też może być wypełniany np. litoponem.

Tego rodzaju wypełniony materiał można użytkować z firmy Midland Silicones jako „elastyczny kit”.

Stwierdzono, że elastyczny kit zawierający bor i tlen, uzyskiwany z firmy Midland Silicones Limited, może być stosowany do różnych urządzeń, różnie produkowanych, przy różnych zawartościach wody.

Jest to potwierdzeniem poprzednio wspomnianej tezy, że efekt stabilizujący jest wynikiem nie tylko zwilżania powierzchni, lecz i obecności rodników elastycznego kitu na powierzchni ciała półprzewodnikowego.

Jeżeli lepkość materiału dodatkowego lub związku organicznego zmniejsza się ze wzrostem temperatury, wówczas można stosować te materiały w podwyższonej temperaturze.

Jest to korzystne wówczas, gdy materiał lub związek jest umieszczony w bańce, a ciało półprzewodnikowe zostaje wciśnięte do tego materiału lub związku, przy czym mniejsza lepkość w podwyższonej temperaturze ułatwia umieszczenie ciała półprzewodnikowego bez uszkodzenia ciała albo związanych z nim przewodów.

Ciało półprzewodnikowe może być raz lub kilkakrotnie zanurzane w kwasie borowym i suszone na powietrzu, następnie zaś oddzielane od otaczającej atmosfery przez umieszczenie w szczelnym zamknięciu, również zawierającym polimer krzemowo-organiczny.

Ciało półprzewodnikowe można osadzić na podstawie i na zamknięciu, przewidzianym pomiędzy podstawą a pokrywą.

Jeśli tlenek boru albo zawierający go materiał posiada stosunkowo znaczną ilość wody, np. jeśli był magazynowany w atmosferze o dużej wilgotności, np. 50 – 60% wilgotności względ-

nej, zaleca się zmniejszenie wody w tlenku boru lub w zawierającym go materiale zanim zostanie oddzielony od otaczającego go powietrza, przez podgrzanie tlenku boru lub zawierającego materiału, gdyż stwierdzono, że w ten sposób można podwyższyć stopień stabilności i że urządzenie wstrzymuje wtedy wyższą temperaturę.

Temperatura i czas trwania podgrzewania w celu zmniejszenia zawartości wody nie są krytyczne. Zaleca się jednak podgrzewanie w temperaturze wynoszącej 70 – 150°C. Im wyższą stosuje się temperaturę, tym krótszy jest czas podgrzewania. Stwierdzono, że dla niektórych rodzajów tranzystorów korzystna jest temperatura wynosząca około 100°C w ciągu około 24 godzin.

Po zamknięciu i zatopieniu, zaleca się podać urządzenie półprzewodnikowe stabilizującej obróbce cieplnej. Obróbka ta daje szczególnie dobre wyniki, jeśli zastosowany tlenek boru lub zawierający go materiał był podgrzewany celem zmniejszenia w nim zawartości wody.

Im mniejsza jest zawartość wody w tlenku boru lub w substancji go zawierającej, tym wyższą może być temperatura cieplnej obróbki stabilizacyjnej. Temperatura cieplnej obróbki stabilizacyjnej wynosi najkorzystniej 70 – 150°C, gdyż zbyt niska temperatura przedłuża proces ogrzewania, a zbyt wysoka może uszkodzić urządzenie półprzewodnikowe. Czas trwania cieplnej obróbki stabilizacyjnej nie powinien być zbyt krótki, a temperatura nie powinna być zbyt niska, gdyż stwierdzono, że dla uzyskania wysokich albo optymalnych wartości właściwości elektrycznych, na ogół wymagana jest określona minimalna temperatura i (lub) minimalny czas obróbki, które mogą zależeć od stopnia zawilgożenia tlenku boru lub substancji go zawierającej i które mogą być różne dla różnych rodzajów urządzeń.

Zaleca się stosowanie temperatur w granicach od 100° – 150°C. Stwierdzono, że w niektórych typach tranzystorów, temperatura wynosząca około 140°C przez 2 do 24 godzin lub nawet dłużej, daje produkt stabilny, w którym α_{cb} jest ustabilizowany w granicach do 5% lub nawet w granicach do 1% przez długi okres normalnego stosowania, przy czym tranzystor jest odporny na wysokie temperatury na przykład 100 do 140°C.

Przykłady wykonania przedmiotu wynalazku są uwidocznione schematycznie na rysunku, na którym fig. 1 przedstawia przekrój podłużny urządzenia tranzystorowego, a fig. 2 – przekrój podłużny odmiany urządzenia według fig. 1.

Fig. 1 uwidocznia urządzenie tranzystorowe posiadającą monokryształowy płatek 1 z materiału półprzewodnikowego zaopatrzony w zestyk 2 emitera, zestyk zbiorczy 3 i zestyk 4 bazy, które są odpowiednio podłączone do przewodów 5, 6 i 7. Przewód 7 jest stosunkowo gruby i spełnia dodatkowo funkcję wspornika mechanicznego.

Układ, składający się z płatka 1 i zestyków 2, 3, 4 jest umieszczony w próżniuszczelnej osłonie składającej się ze szklanej podstawy 8, w którą są wtopione przewody 5, 6 i 7, i kopulastej bańki 9, do której podstawa 8 jest szczelnie przyłączona.

W niewielkiej odległości od podstawy 8, przewody 5, 6 i 7 są zatopione w szklany mostek 10.

Tlenek boru lub substancja go zawierająca jest umieszczony wewnątrz osłony i jest oznaczony cyfrą 11. Cyfra 11 może oznaczać tlenek boru, tlenek boru wymieszany z wypełniaczem, na przykład smarem silikonowym lub też częściowo tlenek boru w postaci związanej chemicznie, na przykład jako kit elastyczny zawierający bor i tlen. Cyfra 11 może oznaczać masę jednorodną albo niejednorodną.

Tlenek boru lub substancja go zawierająca może być na przykład oddzielona od układu 1, 2, 3 i 4, a stykać się z wypełniaczem otaczającym ten układ poprzez ściankę porowatą, np. z wełny kwarcowej lub azbestu.

W odmianie tranzystora według fig. 2, części odpowiadające tranzystorowi według fig. 1 są oznaczone tymi samymi cyframi. W odmianie tranzystora według fig. 2 tlenek boru, lub substancja go zawierająca 11, styka się z częściami układu 1, 2, 3 i 4, przy czym całość jest otoczona wypełniaczem 12.

Materiał oznaczony cyfrą 11 może być używany przez zanurzenie układu części 1, 2, 3 i 4, umieszczonego na podstawie 8, w boranku lutylu i następnie wystawienie tego układu na działanie atmosfery na przeciąg 1/2 godziny. Boranek zmienia się w tym czasie w mokry tlenek boru i prawie całkowicie w kwas borowy.

Czynności te powtarza się aż do uzyskania żądanej grubości warstwy materiału 11.

Bańka 9 jest wypełniana mniej więcej do połowy wypełniaczem 12, na przykład smarem silikonowym, a następnie jest ustawiona na podstawie 8. Zespojenie tych części jest dokonywane za pomocą nagrzewania przez promieniowanie ciepła, pochodzącego z ogrzewanego pierścienia węglowego, na miejsce złączenia bańki 9 z pod-

stawą 8, z lekkim docisnięciem bańki 9 do podstawy 8.

We wszystkich niżej podanych przykładach liczbowych, dotyczących tranzystorów germanowych typu p-n-p, urządzenie półprzewodnikowe stanowi tranzystor stopowy pochodzący z tej samej partii produkcyjnej, jaka została wykonana przez zespojenie czysto indowej kulki emitera i kulki kolektora, oraz zestyku bazy, wykonanego ze stopu cynowo-antymonowego (95% w stosunku wagowym Sn i 5% w stosunku wagowym Sb) z płytką germanu „n” o grubości około 150 mikronów w atmosferze azotu i wodoru, w temperaturze 600°C, w czasie około 20 minut. Jeśli nie podano inaczej tranzystory typu p-n-p były poddane trawieniu elektrolitycznemu w 30% roztworze KOH, przy czym kolektor był podłączony do zacisku dodatniego, a katodą była elektroda platynowa. Po trawieniu tranzystory były płukane w wodzie. Jednak pod względem stabilności elektrycznej, niżej podane wyniki dotyczą również tranzystorów trawionych chemicznie w kwasie, jak to stwierdzono za pomocą podobnych prób, podczas których używano do trawienia tranzystorów typu p-n-p kąpieli, będącej roztworem składającym się z 48%-owego HF, 67%-owego HNO₃ oraz wody, przy czym składniki kąpieli pozostawały w objętościowym stosunku jak 1:1:2.

W niżej przytoczonych przykładach, dotyczących tranzystorów germanowych typu n-p-n, urządzeniem półprzewodnikowym jest tranzystor stopowy, wykonany przez przypojenie kulek emitera i kolektora, składających się ze stopu ołowiuowo-antymonowego (98% Pb i 2% Sb w stosunku wagowym) do półprzewodnikowej płytki o grubości około 100 mikronów i wykonanej z germanu typu „p”, w atmosferze neutralnej w temperaturze około 600°C w czasie około 10 minut, po czym przylutowuje się za pomocą indu, pierścieniowy zestyk bazy do obwodu płytki półprzewodnikowej, w temperaturze 500°C. Tranzystory n-p-n zostały wytrawione elektrolitycznie w kąpieli, będącej 30%-owym roztworem wodnym KOH. Podczas trawienia emitor i kolektor były podłączone do dodatniego zacisku, katodą była natomiast elektroda platynowa. Po wytrawieniu nastąpiło przemycie tranzystora wodą. Uzyskane rezultaty przedstawiono w postaci tablic. Każdy rząd poziomy dotyczy określonego urządzenia, którego liczbę podaje pierwsza kolumna i podaje wartości badanej wielkości np: współczynnika wzmocnienia prądowego α_{cb} i (lub prądu upływu I_{co} , mierzo-

ne w różnych stadiach procesu produkcyjnego, którego kolejne stadia są podawane od lewej do prawej. Rodzaj procesu jest podany w górnym rzędzie tablicy, na górze każdej kolumny, przy czym kolumny oznaczone literami A, B, C, D i E określają następujące procesy:

w kolumnie A umieszczono wielkości wartości badanej po ostatecznym wytrawieniu i wypłukaniu urządzenia,

w kolumnie B wartości badanej wielkości po zamknięciu urządzenia w szklanej osłonie,

w kolumnie C umieszczono wartości badanej wielkości po obróbce cieplnej, przeważnie obróbce stabilizacyjnej, której urządzenie jest poddawane w temperaturze, podanej w skali Celsjusza w czasie określonym bądź w godzinach h, bądź w dniach d,

w kolumnie D, która w większości przypadków podzielona jest na podkolumny, umieszczono wartości badanej wielkości podczas dalszej obróbki, którą przeważnie jest próba wytrzymałości, polegająca bądź na obróbce cieplnej w temperaturze, podanej według skali Celsjusza, bądź na stosunkowo dużym obciążeniu elektrycznym wynoszącym 50 mW (napiecie kolektor – baza 10 V, prąd emitera 5 mA) przy określonej temperaturze otoczenia, podanej według skali Celsjusza.

Okres czasu poprzedzający pomiar wielkości badanej jest podany w tej kolumnie lub w podkolumnie w godzinach h lub dniach d.

W kolumnie E umieszczono wartości badanej wielkości pomierzone po okresie składowania urządzenia przez okres czasu g godzin lub d dni i w określonej temperaturze, podanej według skali Celsjusza.

Należy również podkreślić, że wielkości α_{cb} , I_{co} i szumów były mierzone na urządzeniu ochłodzonym do temperatury pokojowej (20°). Prąd upływu I_{co} był zawsze mierzony przy ujemnym napięciu 15 V przyłożonym do kolektora, wielkość szumów była mierzona przy ujemnym napięciu na kolektorze wynoszącym 4 V i przy prądzie emitera 0,2 mA.

Jeśli w którejs z tablic ominięto kolumnę lub nie podano wielkości badanych dla określonych urządzeń, to znaczy, że proces, który dotyczy tej kolumny lub pomiar określonej wielkości nie był przeprowadzany.

Przykład I. Dwa tranzystory germanowe typu p-n-p oraz dwa tranzystory germanowe typu n-p-n zmontowano w sposób podany na

fig. 1. Cyfrą 11 oznaczono związek organiczny zawierający bor i tlen, który produkuje firma Midland Silicones Limited w Londynie pod nazwą handlową G – 4046. Bez dalszej obróbki elastyczny kit został wprowadzony do bańki 9 ze zbiornika, umieszczonego w atmosferze o wilgotności względnej 60%. Następnie układ półprzewodnika umieszczono ostrożnie w elastycznym kucie, po czym hermetycznie zatopiono obudowę. Tranzystory poddano obróbce cieplnej oraz próbie obciążenia elektrycznego, które było zasadniczo takie same dla tranzystorów typu n-p-n, jak dla tranzystorów typu p-n-p.

Wartości współczynnika wzmocnienia prądowego α_{cb} podczas różnych procesów umieszczono w tablicy I, w której tranzystory p-n-p oznaczono cyframi 11 i 12, a tranzystory n-p-n cyframi 13 i 14.

Tablica I.

A	B	C		D					E
		100°C	200g	50mV		55°C			20°C
				200g	500g	1000g	2000g	2500g	200g
11	174	120	108	—	124	112	116	120	117
12	178	88	83	—	88	81	87	87	84
13	46	44	62	62	64	65	63	—	64
14	63	80	100	103	94	88	75	—	74

Jak widać z tablicy tranzystory typu p-n-p uzyskiwały zasadniczo stałą wielkość współczynnika α_{cb} po zatopieniu, natomiast tranzystory typu n-p-n wykazują zadowalającą stabilność po procesie stabilizacyjnym C. Jakkolwiek stabilizacyjna obróbka cieplna C przyspiesza stabilizację, nie jest ona konieczna, przynajmniej przy stosunkowo wysokiej wilgotności substancji zawierającej tlenek boru. Prąd upływu I_{co} oraz poziom szumów tych tranzystorów również są zadowalająco małe i stabilne.

Dla tranzystorów typu p-n-p, I_{co} wynosiło od 2–3 μ A, a dla tranzystorów typu n-p-n od 1–2 μ A.

Poziom szumów tranzystorów obydwóch typów wynosił około 4 do 5 α β . Przy stosunkowo dużej wilgotności niepodgrzewanego, elastycznego kitu stwierdzono, że podgrzewanie tych tranzystorów powyżej 100°C jest niekorzystne ze względu na wzrost prądu upływu I_{co} podczas tej obróbki. Przy ogrzewaniu do temperatury poniżej 100°C uzyskuje się dobrą stabilność.

Z tablicy 1 wynika, że wielkość α_b dla tranzystorów typu n-p-n (13 i 14) jest wyższa po stabilizacji niż wielkość α_{cb} po ostatecznym wytrawieniu. To zjawisko występuje w prawie wszystkich tranzystorach typu n-p-n. Przy tranzystorach typu p-n-p uzyskano zadowalającą stabilność przy dużym α_{co} , zaś przy tranzystorach n-p-n uzyskana stabilność przy α_{cb} przewyższającą wartość otrzymywaną po ostatecznym wytrawieniu.

Przykład II. Dwa tranzystory germanowe p-n-p i dwa tranzystory germanowe n-p-n wprowadzono i zatopiono w szklanych obudowach, podobnie jak w przykładzie I, z tą różnicą, że po wprowadzeniu elastycznego kitu do bańki i przed zatopieniem obudowy, kit był podgrzewany w powietrzu przez 24 godziny w temperaturze 100°C w celu zmniejszenia jego wilgotności. W tablicy II umieszczono wartości α_{cb} mierzone w różnych stadiach procesu dla tranzystorów p-n-p oznaczonych cyframi 21 i 22 i tranzystorów n-p-n oznaczonych cyframi 23 i 24.

Tablica II.

	A	B	C	D					
				140°C 3 d	50 mW		55°C		
					200 g	500 g	1000 g	2000 g	2500 g
21	276	36	170	—	186	174	174	173	
22	148	29	100	—	97	88	92	92	
23	51	16	72	74	78	73	75	—	
24	71	26	55	49	53	53	58	—	

Jak wskazuje tablica II stabilność tranzystorów jest zadowalająca po cieplnej obróbce stabilizacyjnej C. Pomiary szumów i prądu upływu wykazały również zadowalająco stałe wielkości. I_{co} wynosił 2–3 μ . A dla tranzystorów typu p-n-p i 1–2 μ . A dla tranzystorów typu n-p-n. Poziom szumów w obydwóch wypadkach wynosił 4–5 dB.

Z porównania pomiarów według tablic II i I wynika, że gdy elastyczny kit był wstępnie podgrzany, wielkość α_{cb} po zatopieniu, w porównaniu z tą wielkością po ostatecznym wytrawieniu, była znacznie niższa niż w przypadku niepodgrzewania tego kitu, lecz przez proces stabilizacji przeprowadzany w wysokiej temperaturze (najkorzystniej powyżej 70°C) uzyskuje się ponownie wysoką i stabilną wartość α_{cb} . Ten

stosunkowo większy spadek wielkości α_{cb} podczas zatapiania występuje przeważnie w tranzystorach, w których użyto podgrzanego tlenku boru lub podgrzanej substancji zawierającej bor i tlen. Spadek ten jest tym większy, im dłuższy jest czas lub temperatura podgrzewania. Jednakże spadek ten jest na ogół tylko czasowy. Wysoką wartość stabilną można zwykle ponownie uzyskać w stosunkowo krótkim czasie za pomocą stabilizacyjnej obróbki cieplnej. Na ogół stabilność urządzeń półprzewodnikowych, wypełnionych podgrzanym tlenkiem boru lub substancją zawierającą bor i tlen i poddanych procesowi stabilizacji, jest bardziej zadowalająca, niż stabilność urządzeń półprzewodnikowych, napełnionych nie podgrzanym wypełniaczem; jednakże nadmierne długie podgrzewanie wypełniacza jest szkodliwe. Urządzenia półprzewodnikowe wypełnione podgrzanym tlenkiem boru lub podgrzaną substancją zawierającą bor i tlen są na ogół bardziej odporne na wysokie temperatury, na przykład 140°C lub wyższe.

Przykład III. Trzy tranzystory germanowe typu p-n-p zmontowano każdy w obudowie szklanej jak w przykładzie I. Cyfra 11 oznacza ziarna tlenku boru, wypełniające bańkę 9 i uzyskane przez ogrzanie kwasu borowego H_3BO_3 w temperaturze 250°C przez dwie godziny. Atmosferą w obudowie było powietrze. W tablicy III umieszczono wartości α_{cb} tych trzech tranzystorów typu p-n-p, oznaczonych liczbami 31, 32, 33, podczas różnych stadiów procesu i po procesie stabilizacji termicznej, oraz po próbie wytrzymałości.

Tablica III.

	A	B	C	D				
				50mW		55°C		
			140°C 24 g	200 g	500 g	1000 g	2000 g	3000 g
31	212	32	146	133	134	130	136	134
32	181	32	129	118	114	108	112	112
33	140	51	108	122	116	103	113	113

Z tablicy III wynika, że urządzenie półprzewodnikowe, stabilizowane jedynie tlenkiem boru, również wykazują dużą stabilność. Wielkość szumu i prądu upływu I_{co} mają również odpowiednio wysoką stabilność przy wystarczająco niskich wartościach. Prąd upływu I_{co} wynosił 2–3 A, a poziom szumów 4–5 dB. Stwierdzo-

no, że te tranzystory również wytrzymują wysokie temperatury, np. 140°C.

Przykład IV. Trzy tranzystory germanowe typu p-n-p i trzy tranzystory germanowe typu n-p-n zatopiono w szklane obudowy jak w przykładzie I, przy czym większą część bańki 9 wypełniono uprzednio mieszaniną wypełniacza organicznego i tlenku boru w stosunku wagowym 19:1. Wypełniaczem organicznym jest polimer krzemowo-organiczny znany pod nazwą handlową „Dow Corning High Vacuum Grease” i który dalej określany będzie jako krzemowy smar próżniowy. Tlenek boru otrzymano przez ogrzewanie kwasu borowego H_3BO_3 do temperatury 140°C przez 10 dni. Czas trwania tej obróbki cieplnej nie jest wielkością krytyczną. Następnie tlenek boru zmieszano z próżniowym smarem krzemowym o normalnej wilgotności i wprowadzono do bańki, po czym ogrzewano mieszaninę w 100°C przez 24 godziny. W międzyczasie układ półprzewodnikowy tranzystora suszono przez kilka godzin w temperaturze 100°C i w stanie nagrzanym wprowadzono do mieszaniny, po czym natychmiast zatopiono obudowę.

W tablicy IV umieszczono wielkości α_{cb} tych tranzystorów podczas tych procesów i następujących po nich procesów cieplnych. W tej tablicy tranzystory p-n-p są oznaczone cyframi 41, 42, 43 a tranzystory n-p-n cyframi 44, 45 i 46.

Tablica IV.

	A	B	C	D					E
				100°C					20°C
			140°C 100 g	200 g	500 g	1000 g	1500 g	2000 g	200 g
41	208	48	142	152	147	145	142	—	150
42	182	51	129	144	140	136	132	—	140
43	221	43	146	156	154	150	146	—	154
44	71	17	72	74	76	76	—	76	73
45	95	18	86	87	86	88	—	88	86
46	95	20	88	93	89	86	—	86	83

Jak wynika z tablicy IV tranzystory te są stabilne nawet w wysokich temperaturach, co wykazuje próba wytrzymałości (D przy 100°C). Podgrzewanie nie jest krytyczne, ponieważ wilgotność mieszaniny zależy również od wilgotności krzemowego smaru próżniowego, który w tym przypadku był przechowywany przez długi okres czasu w atmosferze o normalnej wilgotności

względnej 60%, tym niemniej mieszanina była podgrzewana. Przy takiej wilgotności względnej składowania zaleca się podgrzewanie mieszaniny, zwłaszcza jeśli omawiane tranzystory mają wytrzymać wysokie temperatury ponad 100°C, np. 140°C.

Czas trwania podgrzewania nie jest krytyczny, a ustala się go w zależności od wilgotności początkowej mieszanki i od przewidywanej czułości urządzenia półprzewodnikowego. Ogrzewanie najkorzystniej przeprowadza się w granicach temperatur 70–150°C. Zamiast stosowania wstępnej obróbki cieplnej materiałem wyjściowym może być wypełniacz i/lub tlenek boru przechowywany w pomieszczeniu o kontrolowanej wilgotności, albo można też wstępną obróbkę cieplną zastosować do mieszaniny mającej dokładnie określoną wilgotność. Ponadto materiałem wyjściowym może być tlenek boru lub substancja zawierająca tlenek boru posiadający zbyt małą wilgotność, przy czym wilgotność zwiększa się przez umieszczenie substancji w atmosferze o większej wilgotności lub dodanie materiału o wyższym stopniu zawilgocenia.

W rozpatrzonym przypadku i w podobnych przypadkach, w których mieszanina była wstępnie podgrzewana, wilgotność wyjściowego tlenku boru przed zmieszaniem nie jest istotna. W ten sposób uzyskano podobne zadawalające wyniki, gdyż stosowano niepodgrzany kwas borowy (H_3BO_3) albo kwas borowy podgrzewany w powietrzu przez kilka godzin w temperaturze 1000°C i następnie sproszkowany.

Prąd upływu I_{ca} i poziom szumów miały również podobnie zadowalającą stabilność i zadowalające niskie wartości. Prąd upływu I_{co} wynosił od 1–2 μA dla tranzystorów typu p-n-p oraz 0,1–0,5 μA dla tranzystorów typu n-p-n. Poziom szumów dla obydwóch typów wynosił około 4–5 dB.

Przykład V. Trzy tranzystory germanowe typu p-n-p i trzy tranzystory germanowe typu n-p-n, które umieszczono w obudowach szklanych w sposób podany w przykładzie IV i które następnie poddano temu samemu procesowi stabilizacji termicznej, wykazały podobnie zadowalające zachowanie się własności elektrycznych przy próbie wytrzymałości, polegającej na obciążeniu elektrycznym 50 mW w temperaturze otoczenia 55°C.

W tablicy V umieszczono wartości α_{cb} dla tych tranzystorów. Tranzystory typu p-n-p oznaczono cyframi 51, 52, 53, a tranzystory typu n-p-n cyframi 54, 55, 56.

Tablica V.

	A	B	C	D				
				50mW		55 C		
			140°C 100g	200 g	800 g	1200 g	2000 g	3000 g
51	212	42	142	166	155	146	148	140
52	221	48	152	162	159	150	150	147
53	191	42	128	136	136	128	128	126
54	72	30	102	94	94	94	89	—
55	77	20	112	116	123	127	112	—
56	63	15	57	55	55	55	54	—

Prąd upływu I_{co} i poziom szumów mają podobnie zadowalające niskie wartości, jak w przykładzie IV. W przypadku zastosowania mieszaniny wypełniacza organicznego i tlenku boru stwierdzono, że po długotrwałym działaniu temperatury 140°C przynajmniej część tlenku boru wewnątrz obudowy została związana chemicznie z wypełniaczem organicznym. Po otwarciu obudowy takich tranzystorów, ustabilizowanych w temperaturze 140°C przez długi okres czasu, stwierdzono, że mieszanina próżniowego smaru krzemowego i tlenku boru wykazała własności mechaniczne zbliżone do tych jakie posiada elastyczny kit, to znaczy była elastyczna dla naprężeń szybkich i plastyczna dla naprężeń wolnych.

Przykład VI. W celu ustalenia najkorzystniejszej temperatury dla określonej wstępnie podgrzanej mieszaniny tlenku boru i próżniowego smaru krzemowego, oraz celem ustalenia zmian α_{cb} i I_{co} podczas różnych obróbek cieplnych, zatopiono w obudowach szklanych w sposób podany w przykładzie I, trzy tranzystory germanowe typu p-n-p i trzy tranzystory germanowe typu n-p-n, przy czym większą część baniek wypełniono mieszaniną próżniowego smaru krzemowego i tlenku boru, przy czym jej zawartość tlenku boru wynosiła 5% w stosunku wagowym. Mieszaninę przygotowano i tranzystor zamknięto w obudowie w następujący sposób: brylki B_2O_3 , otrzymane przez stapianie kwasu borowego H_3BO_3 w powietrzu w temperaturze 1000°C w ciągu jednej godziny, sproszkowano w powietrzu, przy czym higroskopijny B_2O_3 zaabsorbował niewielką ilość wody. Tak uzyskany proszek zmieszano w powietrzu z próżniowym smarem krzemowym o normalnej wilgotności. Tą mieszaniną wypełniono częściowo bańkę i utrzy-

mywano przez 24 godziny w temperaturze 100°C również w powietrzu. W międzyczasie suszono tranzystory w powietrzu przez pewien czas w temperaturze 100°C, po czym umieszczono je gorące w mieszaninie, a następnie zatopiono bańki.

Tablica VI wskazuje zmiany α_{cb} oraz I_{co} podczas różnych obróbek. Tranzystory typu p-n-p są oznaczone cyframi 61, 62, 63, a tranzystory typu n-p-n cyframi 64, 65, 66. Prąd I_{co} podany jest w μA .

Tablica VI.

		A	B	C	D	E
				100°C 3d	140°C 3d	20°C 200g
61	α_{cb}	206	43	34	104	101
61	I_{co}	15	14	1,5	1,2	1,2
62	α_{cb}	160	42	31	93	94
62	I_{co}	16	14	1,4	1,0	1,0
63	α_{cb}	166	41	32	102	99
63	I_{co}	12	9	2	1,2	1,2
64	α_{cb}	112	37	50	152	149
64	I_{co}	0,3	2,2	2,0	0,2	0,2
65	α_{cb}	100	32	38	123	129
65	I_{co}	0,4	2,5	1,1	0,2	0,2
66	α_{cb}	27	20	22	72	73
66	I_{co}	0,9	2,9	2,8	0,4	0,4

Stwierdzono, że wartości α_{cb} oraz I_{co} podane w tablicy VI w kolumnie E pozostały niezmienione w dalszych próbach wytrzymałości. Poziom szumów tranzystorów był również stabilny i niski i wynosił mniej więcej 4–5 dB. Z tablicy VI wynika również, że dla tranzystorów typu p-n-p prąd kolektora I_{co} ustala się na zadowalająco niskim poziomie po przebywaniu w temperaturze 100°C w ciągu 3 dni, natomiast optymalne stabilne wartości α_{cb} uzyskano dopiero po obróbce cieplnej w temperaturze 140°C.

Z podobnych prób można wyciągnąć bardziej ogólną regułę, że celem uzyskania optymalnych wartości wielkości elektrycznych w tranzystorach posiadających wstępnie podgrzewany wypełniacz, należy stosować bardziej intensywny przebieg stabilizacji termicznej, to jest tym dłuższy i/lub przebiegający w wyższej temperaturze, im niższa jest wilgotność wypełniacza, co odpowiada bardziej intensywnemu podgrzewaniu wstępnemu. Nie jest celowe nadmierne podgrzewanie wstępne, jak też nadmierna stabilizacja termiczna, ponieważ przy wyższych temperatu-

raach wzrasta na ogół prawdopodobieństwo uszkodzenia samego tranzystora.

Zasadniczo tranzystory posiadające wstępnie podgrzany wypełniacz są bardziej stabilne i bardziej odporne na podwyższone temperatury, niż tranzystory bez wstępnie podgrzewanego wypełniacza. Jaki sposób stabilizacji należy stosować przy wykorzystywaniu wynalazku, zależy między innymi od wymagań stabilności, jakie winno spełniać urządzenie półprzewodnikowe.

W niżej podanych przykładach, które dotyczą tranzystorów krzemowych typu p-n-p, urządzenie półprzewodnikowe jest tranzystorem stopowym, wykonanym przez przytopienie aluminiumowych kulek emitera i kolektora, oraz zestyku bazy wykonanego ze stopu złoto-antymon (99% w stosunku wagowym Au o 1% w stosunku wagowym Sb), do płytki półprzewodnikowej z krzemu typu n o grubości około 130 mikronów. Przytopianie odbywa się w atmosferze wodoru w temperaturze około 800°C w czasie około 5 minut. Tranzystory typu p-n-p wytrawiono elektrolitycznie w kąpieli, składającej się z wodnego 40% roztworu HF i alkoholu etylowego pozostających w stosunku objętościowym 4:1. Podczas wytrawiania emiter i kolektor były podłączone do zacisku dodatniego, katodą była elektroda platynowa. W poniższych przykładach, wielkości α_{cb} oraz I_{co} mierzono w urządzeniu o temperaturze pokojowej (20°C), a warunki pomiarów są takie, jak podano wyżej dla tranzystorów germanowych.

Przykład VII. Trzy tranzystory krzemowe typu p-n-p zmontowano każdy w sposób podany na fig. 1. Cyfra 11 oznacza elastyczny kit, który został wprowadzony do bańki 9 bez wstępnej obróbki z zasobnika, po przechowaniu w atmosferze o wilgotności względnej około 60%. Układ półprzewodnikowy tranzystora był następnie ostrożnie wtlaczany do elastycznego kitu, po czym obudowę zatopiono.

Tranzystory poddano obróbce cieplnej i próbie obciążenia elektrycznego. Wartości współczynnika wzmocnienia prądowego α_{cb} są podane niżej w tablicy VII.

Tablica VII.

	A	B	C	150mW		D		75°C
			150°C 2g	7d	14d	21d	42d	
71	36	35	49	49	49	50	48	
72	23	22	26	25	25	25	25	
73	34	33	38	38	38	38	37	

Jak wynika z tablicy VII tranzystory uzyskiwały zasadniczo stałą wartość α_{cb} po stabilizacyjnej obróbce cieplnej. Prąd upływu I_{co} mierzono przy końcu tej obróbki i po każdym kolejnym etapie próby obciążenia. Dla tranzystora 71 prąd I_{co} przy końcu obróbki cieplnej wynosił 80 mili μ A, a w każdym innym przypadku poniżej 20 mili μ A.

Przykład VIII. Sześć tranzystorów krzemowych typu p-n-p zatopiono w obudowach szklanych w elastycznym kicie identycznie jak w przykładzie VII, po czym trzy z nich krótko składowano w wykazanych temperaturach w tabeli. Dla każdego z nich zmierzono współczynnik α_{cb} .

Tablica VIII. (1)

	A	B	C	E	
			2g 150°C	19g	150°C
81	50	47	55		51
82	19	18	22		21
83	34	33	47		39

Z tablicy VIII (1) wynika, że stabilizująca obróbka cieplna przebiegająca w 150°C, w czasie ponad 2 godziny jest na ogół pożądana. Stwierdzono, że po przebywaniu urządzeń przez około 4 godziny w temperaturze 150°C, przy tej temperaturze stabilność jest bardzo dobra, a α_{cb} ma wartości takie jak w kolumnie E. Jeśli żądana jest stabilność w temperaturze otoczenia niższej od 150°C wystarcza na ogół dwugodzinna obróbka cieplna. Prąd I_{co} mierzono po dwugodzinnej i po piętnastogodzinnej obróbce cieplnej, przy czym w każdym wypadku nosił on poniżej 20 mili μ A.

Trzy pozostałe tranzystory po stabilizującej obróbce cieplnej poddano próbie cieplnej, składającej się z pięciu okresów według poniższego programu.

20 minut w 150°C

10 „ „ 20°C

20 „ „ 55°C

10 „ „ 20°C

Wartości α_{cb} mierzone po stabilizacji cieplnej i po próbie cieplnej wynosiły:

Tablica VIII (2)

	C	E po pięciu cyklach cieplnych
	150°C 2g	
84	43	45
85	42	43
86	41	45

W każdym przypadku I_{co} był poniżej 20 mili μ A.

Na zakończenie należy podkreślić, że wynalazek nie jest ograniczony do tranzystorów, lecz może być stosowany do innych urządzeń półprzewodnikowych, w których ciało półprzewodnikowe zawiera części czynne, np. do diod krystalicznych.

Wynalazek nie ogranicza się do półprzewodników germanu i krzemu. Może być również stosowany do innych półprzewodników lub związków półprzewodzących, jak związków typu $A_{III}B_V$ np. GaAs, InP, dając podobne korzyści wynikające ze stabilizacji atmosfery wewnątrz zamknięcia.

Zastrzeżenia patentowe

1. Urządzenie półprzewodnikowe, np. dioda krystaliczna albo tranzystor n-p-n lub tranzystor p-n-p posiadający element półprzewodnikowy, składający się np. z germanu lub krzemu, w którym to urządzeniu aktywna część powierzchni tego elementu, najkorzystniej cała jego powierzchnia jest oddzielona od otaczającej atmosfery, najkorzystniej za pomocą ścianki szklanej, znamienne tym, że w oddzielonej zamkniętej przestrzeni zawarty jest tlenek boru zawierający wodę, dzięki czemu elektryczna stabilność urządzenia jest polepszona.
2. Urządzenie według zastrz. 1, znamienne tym, że oprócz tlenku boru oddzielona zamknięta przestrzeń zawiera materiał wypełniający, który stanowi związek organiczny, najkorzystniej polimer organiczny.
3. Urządzenie według zastrz. 2, znamienne tym, że materiałem wypełniającym jest związek krzemo-organiczny.
4. Urządzenie według zastrz. 3, znamienne tym, że materiałem wypełniającym jest polimer krzemo-organiczny.
5. Urządzenie według zastrz. 2 i 3, znamienne tym, że tlenek boru i materiał wypełniający stanowią dokładnie wymieszaną mieszaninę,

w której zawarta ilość tlenku boru wynosi najkorzystniej 1%-10% wagowych w stosunku do zawartej ilości materiału wypełniającego.

6. Urządzenie według zastrz. 5, znamienne tym, że zawarta ilość tlenku boru wynosi 4%-6% wagowych w stosunku do zawartej ilości materiału wypełniającego.
7. Urządzenie według zastrz. 1-6, znamienne tym, że przynajmniej część tlenku boru znajduje się w postaci chemicznie związanej w związku organicznym, zawierającym bor i tlen.
8. Urządzenie według zastrz. 7, znamienne tym, że związek zawierający bor jest związkiem krzemo-organicznym, najkorzystniej polimerem krzemo-organicznym.
9. Urządzenie według zastrz. 8, znamienne tym, że polimer krzemo-organiczny jest pochodną kwasu borowego oleju krzemowego.
10. Urządzenie według zastrz. 8, znamienne tym, że polimer krzemo-organiczny jest elastycznym kitem, uzyskanym przez reakcję tlenku borowego i polimeru krzemo-organicznego.
11. Sposób wykonywania urządzenia półprzewodnikowego według zastrz. 1-10, znamienne tym, że tlenek boru, ewentualnie łącznie z materiałem wypełniającym, umieszcza się wewnątrz hermetycznie zamkniętej komórki, dzięki czemu polepsza się elektryczna stabilność urządzenia.
12. Sposób według zastrz. 11, znamienne tym, że przed dokonaniem zamknięcia komórki przystosowuje się pod względem ilości wodę mającą być umieszczoną w tej komórce.
13. Sposób według zastrz. 12, znamienne tym, że ilość zawartej w komórce wody zmniejsza się przez ogrzewanie, najkorzystniej do temperatury w granicach od 70° do 150°C.
14. Sposób według zastrz. 12, znamienne tym, że ilość zawartej w komórce wody zwiększa się przez utrzymywanie tlenku borowego w wilgotnej atmosferze.
15. Sposób według zastrz. 11-14, znamienne tym, że jako materiał wypełniający stosuje się związek krzemo-organiczny zwłaszcza w postaci dokładnie wymieszanej mieszaniny.
16. Sposób według zastrz. 11-15, znamienne tym, że część tlenku boru stosuje się w postaci chemicznie związanej w związku organicznym, najkorzystniej w polimerze organicznym zawierającym bor i tlen.
17. Sposób według zastrz. 11-16, w którym sto-

suje się materiał wypełniający, którego lepkość zmniejsza się w miarę wzrastania temperatury, znamieny tym, że podczas umieszczania materiału wypełniającego w przestrzeni na około układu półprzewodnikowego, materiał wypełniający ogrzewa się do temperatury, w której jego lepkość jest niższa.

18. Sposób według zastrz. 11, znamieny tym, że element półprzewodnikowy zanurza się w kwasie borowym i suszy na powietrzu raz lub kilka razy, po czym element ten umieszcza się w szczelnie zamkniętej prze-

strzeni, która również zawiera polimer krzemio-organiczny.

19. Sposób według zastrz. 1, znamieny tym, że urządzenie poddaje się stabilizacyjnej obróbce cieplnej w temperaturze powyżej 70°C, najkorzystniej w temperaturze wynoszącej 100 – 150°C.

N. V. Philips'
Gloeilampenfabrieken

Zastępca: mgr Józef Kamiński
rzecznik patentowy

