



Patent dodatkowy
do patentu nr _____

Zgłoszono: 17.04.73 (P. 161974)

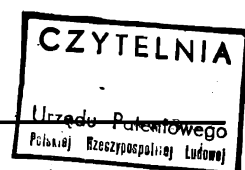
Pierwszeństwo _____

Zgłoszenie ogłoszono: 02.06.75

Opis patentowy opublikowano: 15.12.1977

MKP G01n 33/20

Int. Cl.²
G01N 33/20



Twórca wynalazku: Maciej Jagusztyn

**Uprawniony z patentu: Instytut Technologii Elektronowej przy Nauko-
wo-Produkcyjnym Centrum Półprzewodników,
Warszawa (Polska)**

Sposób wyznaczania przestrzennych rozkładów koncentracji domieszek w materiałach półprzewodnikowych

1

Przedmiotem wynalazku jest sposób wyznaczania przestrzennych rozkładów koncentracji domieszek w materiałach półprzewodnikowych, zwłaszcza w monokrystalicznym krzemie czy arsenku galu. Jest on szczególnie użyteczny w odniesieniu do warstw homoepitaksjalnych, stosowanych do produkcji przyrządów półprzewodnikowych, a także przy mierzeniu grubości położenia złącz p-n oraz 1-h w półprzewodnikach.

Obecnie w celu wyznaczenia przestrzennych rozkładów koncentracji domieszek w półprzewodnikach używanych jest wiele różnych sposobów, co świadczy o ich ograniczeniach i niedostatkach. Najdokładniejsze metody pomiaru ilości domieszek, oparte o własności ich atomów, z powodu złożoności niezbędnej aparatury i pracochłonności pomiarów, mogą być realizowane tylko w specjalistycznych laboratoriach, jako testy dla metod mniej precyzyjnych. Ponadto każda z tych metod musi być uzupełniana sposobem kontrolowanego, czasochłonnego usuwania bardzo cienkich warstw badanego materiału.

Grupę metod wykorzystujących wpływ domieszek na własności półprzewodnika stanowią metody fotoelektryczne, elektryczne pojemnościowe i elektryczne oparte na pomiarach konduktancji, napięcie przebicia i siły elektromotorycznej ogniwa termoelektrycznego. Metody te w wyniku wielkiego zróżnicowania zakresów pomiarów i konieczności wykonania struktur pomiarowych stwarzają trud-

2

ności zastosowania lub interpretacji wyników. Z kolei fotoelektryczna metoda wykrywania niejednorodności wykazuje nie wystarczającą dokładność pomiaru małych grubości.

5 Zasadniczym brakiem znanych metod ujawniania niejednorodności domieszkowania przy pomocy chemicznej obróbki materiałów półprzewodnikowych jest wyłącznie jakościowy charakter tych metod w zakresie wyznaczania przestrzennych rozkładów koncentracji domieszek, co prowadzi do niedokładnego określenia na przykład elektrycznie użytecznych grubości półprzewodnikowych warstw homoepitaksjalnych, stosowanych przy wytwarzaniu licznych przyrządów półprzewodnikowych.

15 Celem wynalazku jest sposób wyznaczania przestrzennego rozkładu wartości łącznej koncentracji zjonizowanych domieszek w materiałach półprzewodnikowych wykorzystujący technikę selektywnego trawienia półprzewodników, odznaczający się dużą czułością pomiarów w zakresie małych koncentracji zjonizowanych domieszek i ich gradientów oraz łatwością dokonania pomiarów elektrycz-
20 nie użytecznych grubości bardzo cienkich warstw epitaksjalnych albo głębokości położenia płytkich złącz p-n i 1-h z większą, niż innymi znanymi metodami dokładnością przy zachowaniu prostoty środków technicznych, właściwej dla chemicznych metod ujawniania niejednorodności.

30 Cel ten został osiągnięty przez sposób według wynalazku. Przestrzenny rozkład wartości łącz-

nej koncentracji zjonizowanych domieszek w materiałach półprzewodnikowych wyznacza się na podstawie dwóch pomiarów topografii powierzchni bryły badanego materiału wykonanych przed i po trawieniu części powierzchni tej bryły oraz uśrednieniu wyznaczonej zależności szybkości trawienia danego materiału półprzewodnikowego od jego łącznej koncentracji domieszek, odpowiedniej do stosowanego sposobu i warunków trawienia. Mierzac zmiany krzywizny powierzchni przekroju układu: podłoże—warstwa epitaksjalna po trawieniu określa się elektrycznie użyteczną grubość półprzewodnikowych warstw homoepitaksjalnych, szczególnie o jednakowym jak ich podłoża typie przewodnictwa, oraz grubość obszaru przejściowego: warstwa epitaksjalna-podłoże. Trawienie według wynalazku wykonuje się w wodnym roztworze, zawierającym 20÷60% bezwodnika kwasu chromowego i 4÷15% fluorowodoru, przy temperaturze 10÷30°C, braku oświetlenia i przy zastosowaniu konwekcji roztworu.

Sposób według wynalazku zostanie bliżej objaśniony w przykładzie wykonania przedstawionym na rysunku, którego fig. 1 i fig. 2 pokazują przekrój płytki epitaksjalnej n-n⁺ przed i po trawieniu, fig. 3 — wzorcową krzywą zależności szybkości trawienia od koncentracji domieszek dla zastosowanych warunków trawienia, fig. 4 — ilościowy rozkład koncentracji w badanej epitaksjalnej płytce n-n⁺, a fig. 5 — rozkład elektrycznie użytecznej grubości warstwy epitaksjalnej wzdłuż średnicy płytki. Płytką krzemową z warstwą epitaksjalną EL n-n⁺ osadzoną na podłożu B o płaskiej optycznie gładkiej powierzchni po wykonaniu na niej szlifu o kącie α i zamaskowaniu P_R powierzchni w otoczeniu krawędzi, k_s szlifu jest przygotowana do trawienia, jak to pokazano na fig. 1. Do trawienia stosuje się wodny roztwór zawierający 20÷60% bezwodnika kwasu chromowego i 4÷15% fluorowodoru. Trawienie wykonuje się przy pokojowej temperaturze roztworu i braku oświetlenia stosując konwekcję roztworu. Niezamaskowana część płytki trawi się selektywnie w zależności od wartości koncentracji na różnych głębokościach. Czas trawienia dobiera się tak, aby strawieniu ulegała nie większa niż 1/3 część przewidywanej grubości warstwy epitaksjalnej. W wyniku trawienia płytki n-n⁺ otrzymuje się profil przedstawiony na fig. 2. Dla innych warstw, na przykład p-p⁺ rodzaj profilu trawienia będzie inny. Topografię płytki mierzy się przed i po trawieniu, najkorzystniej przy pomocy mikroskopu interferencyjnego z fotograficzną rejestracją obrazów interferencyjnych, zapewniającego pomiar długości z błędem $\pm 5 \div 10$ nm.

Znając rozkład głębokości wytrawienia $d_s, \dots, d_{sn}, d_{sn+1}$ płytki na podstawie pomiarów topografii, otrzymuje się po odpowiednich obliczeniach rozkład geometrycznej szybkości trawienia względem którego z obszarów odniesienia C o stałej lub zmiennej koncentracji domieszek. Głębokości wytrawienia d_{sn} mierzy się jako odległości powierzchni S_S i S_{SO} lub S_L i S_{LO}. Następnie korzystając z wzorcowej zależności geometrycznej szybkości trawienia V_R krzemu od łącznej koncentracji zjonizo-

wanych domieszek pokazanej na fig. 3 określa się poszukiwany rozkład tej koncentracji w badanej płytce, który przedstawiono na fig. 4 linią ciągłą. Zależność wzorcowa pozostaje stała dla określonych warunków trawienia, umożliwiając określenie koncentracji zjonizowanych domieszek w zakresie $10^{19} - 10^{25} \text{ m}^{-3}$.

Jak przedstawiono na fig. 4 linią przerywaną zakres metod pojemnościowych określenia rozkładów koncentracji jest znacznie węższy zarówno w odniesieniu do koncentracji jak i odległości. Elektrycznie użyteczna grubość X_{EL} badanej płytki n-n⁺ odpowiada odległości X_{EL} linii L₁ od powierzchni S_{LO} warstwy. Jako linię L₁ przyjmuje się linię załamania powierzchni S_{SO}, jak na fig. 2. Grubość warstwy epitaksjalnej badanej płytki n-n⁺ odpowiada odległości punktu L₁ od powierzchni S_{LO}. Grubość obszaru przejściowego n-n⁺ odpowiada różnicy odległości X_B—X_{EL} linii L₂ i L₁. Stwierdzono, że zakres mierzonych jak wyżej grubości warstw epitaksjalnych rozpoczyna się już od grubości rzędu 0,1 μm , zaś dokładność pomiaru znacznie przewyższa dokładność metod znanych. Ukazano to na fig. 5, gdzie linią ciągłą zaznaczono rozkład elektrycznie użytecznej grubości X_{EL} krzemowej warstwy epitaksjalnej n-n⁺ wzdłuż średnicy płytki $0 < y < D$, wyznaczony według wynalazku, zaś linią przerywaną zaznaczono wynik znanej metody ujawniania złóż l-h przy pomocy chemicznego osadzania metali dla tej samej płytki krzemowej.

Sposób będący przedmiotem wynalazku pozwala na ilościowe określenie przestrzennych rozkładów łącznej koncentracji zjonizowanych domieszek zachowując prostotę środków technicznych właściwą dla technik ujawniania niejednorodności materiałów półprzewodnikowych przy pomocy trawienia. Szczególne zalety wynalazku — to łatwość mierzenia elektrycznie użytecznych grubości warstw homoepitaksjalnych przy dokładności pomiaru większej od osiągniętej innymi metodami oraz wyznaczania profilów łącznej koncentracji zjonizowanych domieszek tych warstw oraz większym zakresem pomiaru grubości. Dalsze zalety wynalazku — to możliwość analizowania zmian profilu domieszkowania i elektrycznej grubości homoepitaksjalnych warstw wzdłuż wybranych kierunków oraz dokładność pomiarów topografii powierzchni i prostota rejestracji wyników tych pomiarów, szczególnie w przypadku stosowania interferometrii.

Zastrzeżenia patentowe

Sposób wyznaczania przestrzennych rozkładów koncentracji domieszek w materiałach półprzewodnikowych, znamienny tym, że osadzoną na płaskim podłożu płytkę z warstwą epitaksjalną, po wykonaniu na płytce szlifu kąтового i zamaskowaniu części jej powierzchni poza szlifem, trawi się selektywnie w części niezamaskowanej wodnym roztworem bezwodnika kwasu chromowego i fluorowodoru osłaniając przed oświetleniem i mieszając roztwór, przy czym przez dobór czasu uzyskuje się strawienie nie więcej niż 1/3 przewidywanej warstwy epitaksjalnej oraz profil płytki o

F

wienia przy ustalonym obszarze odniesienia znanej koncentracji.

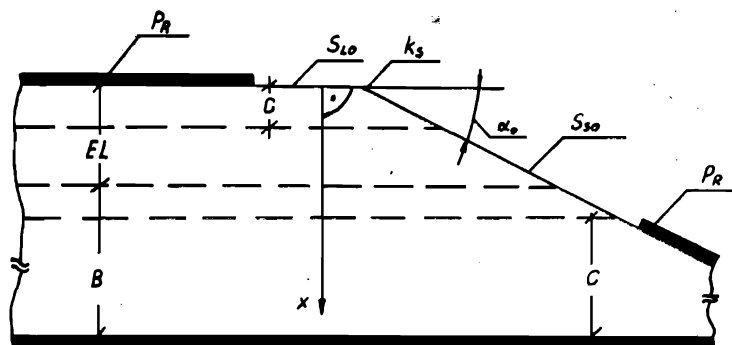


fig 1

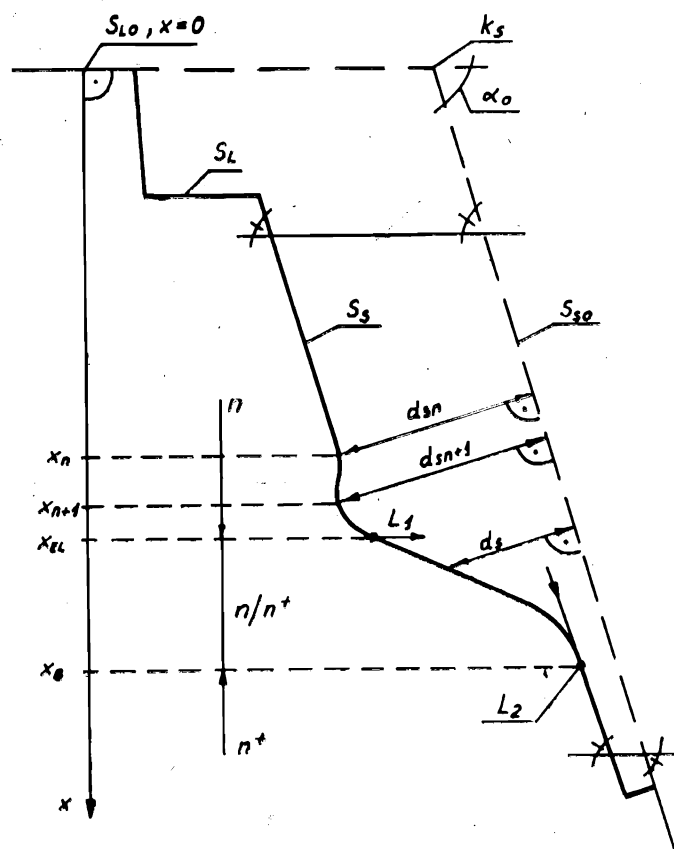


fig 2

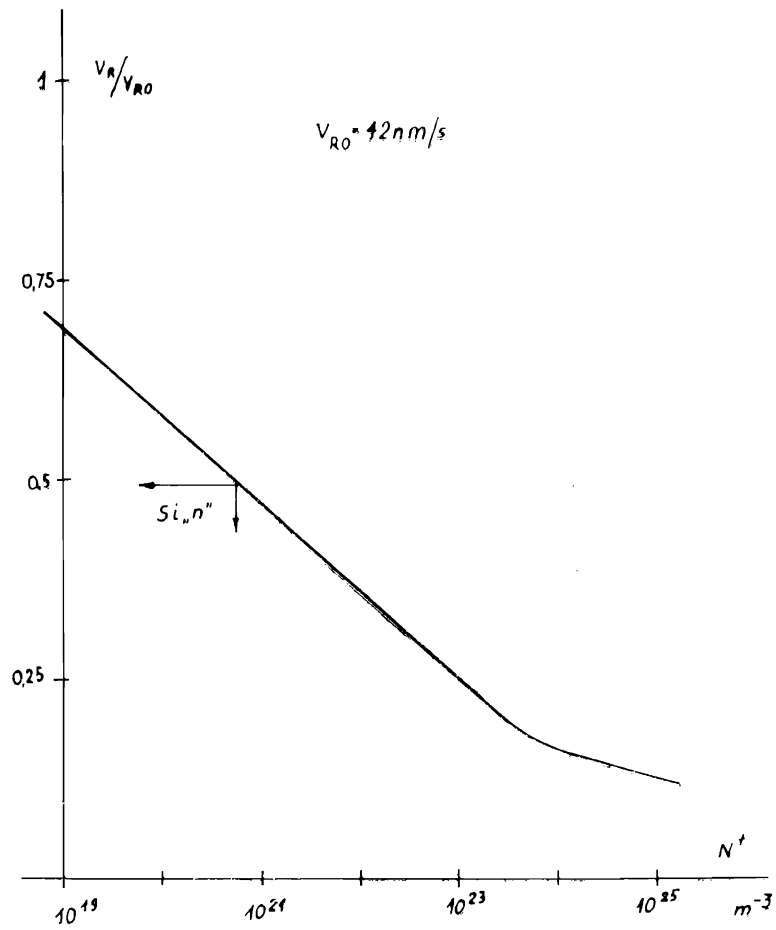


fig 3

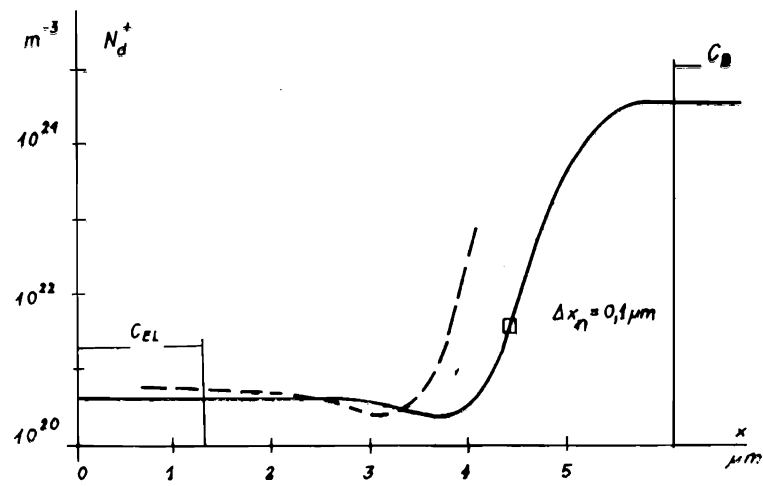


fig 4

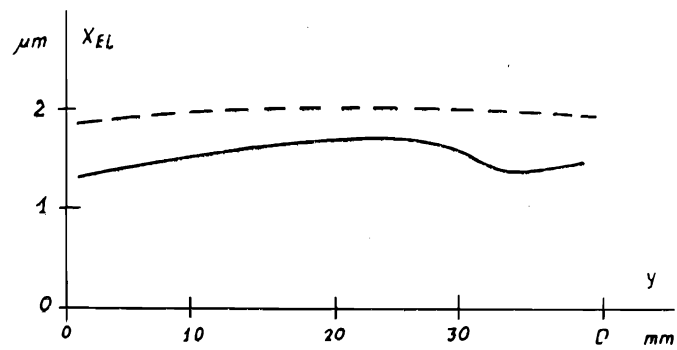


fig 5