POLSKA RZECZPOSPOLITA LUDOWA

URZĄD PATENTOWY PRL

OPIS PATENTOWY 119840

Patent dodatkowy do patentu nr _____

Zgłoszono: 19.08.77 (P. 200365)

Pierwszeństwo: 30.08.76 Stany Zjednoczone Ameryki

Zgłoszenie ogłoszono: 24.04.78

Opis patentowy opublikowano: 31.08.1984

Int. Cl.[3] H01L 21/223

CZYTELNIA Urzędu Patentowego

Twórca wynalazku: Wojciech Rosnowski

Uprawniony z patentu: RCA Corporation, Nowy Jork (Stany Zjednoczone Ameryki)

Sposób selektywnego domieszkowania podłoża krzemowego

1

Przedmiotem wynalazku jest sposób selektywnego domieszkowania podłoża krzemowego domieszkami glinowymi.

Znane sposoby selektywnego domieszkowania materiałów półprzewodnikowych domieszkami glinowymi wykorzystują różne materiały jako maski dyfuzyjne. Zwykle materiał maskujący jest nieco innym materiałem niż dwutlenek krzemu, takim jak na przykład azotek krzemu. Pomimo tego, że dwutlenek krzemu jest czasami stosowany w połączeniu z innym materiałem do maskowania podłoża krzemowego przed domieszkami glinowymi, uważa się zwykle, że sam dwutlenek krzemu nie może stanowić skutecznej maski. W rzeczywistości stwierdzono, że bor (obecnie ogólnie stosowana domieszka typu p) nie jest korzystną domieszką i jest stosowany, ponieważ jest on jedyną domieszką typu p, która może być skutecznie maskowana przez dwutlenek krzemu, co zostało przedstawione w artykule zatytułowanym „Zdolność pasywacji tlenkowej i złącze planarne z zastosowaniem dyfuzji Al, Ga i P", opublikowanym w Journal of Electrical Chemical Society, strona 1510, listopad 1974. Znane jest, że glin ze względu na lepsze dopasowanie sieci krystalicznej z krzemem i dzięki temu mniejsze zakłócenia atomowe przy dyfuzji, jest korzystniejszy od boru jako domieszka typu p. Ponadto dwutlenek krzemu ze względu na jego łatwość usuwania z powierzchni krzemu i ze względu na to, że związana z nim technologia jest stosunkowo lepiej opanowana, jest korzystniejszy na przykład od azotku krzemu. Azotek krzemu, obecnie najpowszechniej stosowany materiał na maski, jest trudniejszy do uzyskania i usunięcia.

2

Znany sposób selektywnego domieszkowania podłoża krzemowego domieszkami glinowymi polega na tym, że wytwarza się warstwę dwutlenku krzemu na głównej powierzchni podłoża, selektywnie odkrywa się fragmenty powierzchni przez tę warstwę i wprowadza się do podłoża domieszki glinowe, w temperaturze i przez okres czasu potrzebne do utworzenia obszaru o wybranej koncentracji powierzchniowej domieszek i głębokości poniżej odkrytych fragmentów powierzchni, po czym tworzy się górny fragment warstwy chemicznie przemieniany w tlenek glinowy.

Według wynalazku wytwarza się warstwę dwutlenku krzemu o grubości większej niż grubość górnego fragmentu warstwy i pozostawia się niezmieniony dwutlenek krzemu między główną powierzchnią i górnym fragmentem podczas wprowadzania glinu.

Korzystne jest, gdy wytwarza się warstwę aż do osiągnięcia przez tę warstwę grubości około 40 000 Å. Podczas wytwarzania warstwy poddaje się podłoże krzemowe działaniu pary wodnej w temperaturze około 1200 °C przez około 17 godzin i chłodzi się podłoże do temperatury około 870 °C z szybkością około 2 °C na minutę.

Korzystne jest, gdy wprowadzenie domieszek

przeprowadza się w temperaturze od około 1025 °C do około 1175 °C, a najkorzystniej w temperaturze około 1150 °C przez około 3 godziny.

Zaletą sposobu według wynalazku jest to, że w przeciwieństwie do znanych powszechnie poglądów, wykorzystuje glin jako domieszkę typu p i jedynie dwutlenek krzemu jako materiał maskujący, dzięki czemu występują mniejsze zakłócenia atomowe przy dyfuzji.

Przedmiot wynalazku jest przedstawiony w przykładzie wykonania na rysunku, na którym fig. 1—3 przedstawiają przekroje poprzeczne części podłoża krzemowego w kolejnych etapach procesu, co nie przedstawiono w skali, fig. 4 — wykres pokazujący współzależność różnych parametrów procesu.

Początkowy materiał poddawany obróbce sposobem według wynalazku stanowi część **10** materiału podłoża półprzewodnikowego, pokazano na fig. 1—3, posiadającą główną powierzchnię **12**. Pomimo tego, że pokazano i opisano go jako materiał o przewodnictwie typu n, typ przewodnictwa części **10** jest w zasadzie nieistotny w odniesieniu do zastosowania sposobu według wynalazku. Półprzewodnikowa część **10** jest krzemowa.

Jak pokazano na figurze 1, warstwa **14** dwutlenku krzemu jest utworzona na powierzchni **12**. Jak omówiono dokładniej poniżej, warstwa **14** ma grubość korzystnie rzędu 40 000 Å. Dwutlenek krzemu może być wytworzony zarówno przez wzrost termiczny jak i pyrolizę. Korzystne jest, gdy warstwa **14** jest uzyskiwana przez wzrost termiczny, gdyż otrzymany materiał jest wtedy stosunkowo bardziej zwarty niż uzyskiwany w procesie pyrolizy i dzięki temu nie wymaga wyżarzenia. Warstwa dwutlenku krzemu o grubości 40 000 Å może być uzyskana przez wzrost termiczny w wyniku poddania części **10** działania pary wodnej w temperaturze od około 1000 °C do około 1200 °C przez okres czasu odpowiednio od około 50 godzin do około 17 godzin. Najkorzystniej jest, gdy oddziaływanie zachodzi w temperaturze około 1200 °C przez okres około 17 godzin. Podłoże jest następnie powoli chłodzone, tzn. chłodzone z szybkością rzędu około 2 °C na minutę, do temperatury około 870 °C.

Podłoże zostaje następnie powoli usunięte z pieca, tzn. wyjęte z pieca w ciągu okresu około 5 minut. Taka warstwa **14**, jak się okazało, jest w zasadzie pozbawiona pęknięć i innych uszkodzeń.

Warstwa **14** dwutlenku krzemu jest następnie poddawana obróbce, jak pokazano na fig. 2, przy zastosowaniu konwencjonalnych technik, takich jak fotolitografia i trawienie. Pierwszy etap polega na wytworzeniu określonej dużej liczby otworów **16** w warstwie **14** dwutlenku krzemu, które odkrywają fragmenty **18** powierzchni **12** półprzewodnika.

Następnie, przy zastosowaniu stopu glinowo-krzemowego, zawierającego około 37% glinu i 63% krzemu, jako źródła domieszek, część **10** zostaje poddana działaniu domieszek glinowych w konwencjonalnym układzie próżniowym.

Dyfuzja może zachodzić w temperaturze od około 1025 °C do około 1175 °C. Najkorzystniej jest,

gdy temperatura dyfuzji jest równa około 1150 °C. Dla przykładu, określono, że jeżeli w tych warunkach dyfuzja zachodzi przez okres około 3 godzin, poniżej odkrytych fragmentów **18** powierzchni zostają utworzone obszary **20** o początkowej głębokości około 17 mikrometrów i koncentracji powierzchniowej domieszek rzędu 5×10^{18} atomów/cm^3. Dobór określonej koncentracji powierzchniowej domieszek zależy od końcowego zastosowania przyrządu i zostaje określony w wyniku konwencjonalnych rozważań projektowych. Dotyczy to także początkowej głębokości obszaru **20**, ponieważ głębokość ta jest głównym czynnikiem wpływającym na końcowy zarys i głębokość wnikania domieszek. Tak więc przy jednakowych cyklach domieszkowania, początkowa głębokość dla obszarów zawierających więcej domieszek jest większa niż początkowa głębokość dla obszarów zawierających mniej domieszek.

Znane jest, że im dłuższy jest czas dyfuzji, tym głębiej sięga początkowy obszar **20**. Określono także, w powyższych warunkach warstwa **14** dwutlenku krzemu o grubości rzędu 40 000 Å, w zasadzie całkowicie zapobiega wnikaniu domieszek glinowych do powierzchni **12**, która pozostaje pokryta przez warstwę **14** dwutlenku krzemu.

Mechanizm maskowania zostanie lepiej zrozumiany w oparciu o figurę 3, która przedstawia część **10** po zakończeniu dyfuzji. Pokazane jest na niej, że górny fragment **22** warstwy **14** dwutlenku krzemu został chemicznie przemeiniony w tlenek glinowy. Górny fragment **22** warstwy **14** dwutlenku krzemu (SiO_2) zostaje przypuszczalnie przemieniony w tlenek glinowy (Al_2O_3) w wyniku reakcji w procesie termodynamicznym:

$$4\,Al\,(gaz) + 3\,SiO_2\,(stały) \rightarrow$$
$$\rightarrow 2\,Al_2O_3\,(stały) + 3\,Si\,(stały).$$

Odkryto, że glin dyfunduje stosunkowo wolniej przez tlenek glinowy (Al_2O_3) w porównaniu z jego dyfuzją przez krzem.

Tak więc tlenek glinowy (Al_2O_3) służy jako maska przy dyfuzji glinu, dzięki której czas dyfuzji w krzemie potrzebny do utworzenia obszaru **20** jest krótszy od czasu potrzebnego do całkowitej przemiany warstwy **14** w tlenek glinowy. Potrzebne jest utrzymanie pewnej części dwutlenku krzemu na powierzchni **12** bez pokrycia, jeżeli glin (Al_2O_3) przy zetknięciu się z krzemem służy raczej jako źródło domieszek glinowych przy dyfuzji aniżeli jako maska.

Ze względu na to, że dokładna grubość dwutlenku krzemu wymagana w każdym konkretnym przypadku nie jest znana, wykres z fig. 4 przedstawia kilka grubości dla określonej koncentracji powierzchniowej domieszki glinowej w krzemie. Wykres zostanie dokładniej wyjaśniony poniżej.

W uzupełnieniu powyższej reakcji, która powoduje utworzenie tlenku glinowego (Al_2O_3) podczas dyfuzji zachodzi także inna reakcja, a mianowicie:

$$SiO_2\,(stała) + 2\,Al\,(gaz) \rightarrow$$
$$\rightarrow SiO\,(gaz) + A_2O\,(gaz)$$

Jest to kontrolowana reakcja powierzchniowa, tzn. występuje ona, gdy glin w stanie gazowym styka się z dwutlenkiem krzemu, który głównie służy jedynie do zmniejszenia grubości warstwy **14**.

Wartość, do której reakcja ta powoduje zmniejszenie warstwy **14** nie jest całkowicie znana, lecz jest ona kompensowana przez stosunkowo grubą, to znaczy o grubości około 40 000 Å, warstwę **14** dwutlenku krzemu.

Ta pozostała warstwa **14** dwutlenku krzemu pomiędzy tlenkiem glinowym **22** i powierzchnią krzemu **12** jest także korzystna ze względu na usuwanie warstwy **14**. Po zakończeniu dyfuzji, końcowy etap procesu selektywnego domieszkowania podłoża krzemowego domieszkami glinowymi polega na usunięciu warstwy **14** z powierzchni **12**. Jeżeli warstwa **14** dwutlenku krzemu leży obok powierzchni **12** części **10**, mogą być zastosowane konwencjonalne sposoby usuwania warstwy maskującej. Pozostałe etapy wytwarzania przyrządu półprzewodnikowego, obejmujące dyfuzję domieszek, mogą być realizowane przy zastosowaniu konwencjonalnych technik.

Figura 4 przedstawia graficznie zależność wnikania domieszek glinowych w dwutlenku krzemu w funkcji pierwiastka kwadratowego czasu w temperaturze 1150 °C. X-y przedstawiają eksperymentalne punkty na wykresie.

Punkty eksperymentalne zostały określone w warunkach, w których koncentracja powierzchniowa domieszek dla odkrytych fragmentów **18** powierzchni **14** była rzędu od około 5×10^{17} atomów/cm^3 do około 5×10^{18} atomów/cm^3. Ponadto wykres pokazuje wnikanie domieszek glinowych do krzemu.

Wykres wnikania domieszek glinowych do krzemu wykazuje liniową zależność od pierwiastka kwadratowego czasu. Pomimo tego, że dyfuzja w dowolnym materiale charakteryzuje się zwykle liniową zależnością od pierwiastka kwadratowego czasu, nie ma to miejsca w przypadku dyfuzji glinu w dwutlenku krzemu.

Oznacza to, że gdy zwiększa się grubość tlenku glinowego, wnikanie glinu do całej warstwy **14** maleje w jednostce czasu.

W następujących warunkach:

całkowity czas dyfuzji	— 5 godzin,
temperatura dyfuzji	— 1150 °C,
wnikanie w odkryty krzem	— 20 mikrometrów,
Koncentracja powierzchniowa w krzemie	— pomiędzy około 1×10^{17} atomów/cm^3 i 5×10^{18} atomów/cm^3

określono, że warstwa **14** dwutlenku krzemu o grubości około 35 000 Å zostaje uszkodzona, podczas gdy warstwa **14** o grubości około 44 000 Å całkowicie maskuje domieszki glinowe.

Uważa się, że warstwa ulega uszkodzeniu, gdy

domieszki glinowe dyfundują całkowicie przez warstwę tlenku i przenikają powierzchnię krzemu.

Sposób według wynalazku umożliwia wykorzystanie maskowania za pomocą dwutlenku krzemu dla selektywnej dyfuzji domieszek glinu do podłoża krzemowego. Maskowanie za pomocą dwutlenku krzemu jest korzystniejsze od maskowania za pomocą azotku krzemu, na przykład z tego względu, że łatwiej jest go usunąć i nie barwi on powierzchni **12** krzemu.

Ponadto technologie możliwe do zastosowania dla dwutlenku krzemu są znacznie lepiej opanowane w obecnej chwili niż możliwe do zastosowania dla azotku krzemu. Dzięki temu zastosowanie glinu jako domieszki typu p, przy uwzględnieniu powyższych korzyści, umożliwia realizację sposobu według wynalazku wraz ze znanymi technologiami stosowanymi przy wytwarzaniu przyrządów półprzewodnikowych.

Zastrzeżenia patentowe

1. Sposób selektywnego domieszkowania podłoża krzemowego domieszkami glinowymi, podczas którego wytwarza się warstwę dwutlenku krzemu na głównej powierzchni podłoża, selektywnie odkrywa się fragmenty powierzchni przez tę warstwę i wprowadza się do podłoża domieszki glinowe w temperaturze i przez okres czasu potrzebne do utworzenia obszaru o wybranej koncentracji powierzchniowej domieszek i głębokości poniżej odkrytych fragmentów powierzchni, po czym tworzy się górny fragment warstwy chemicznie przemieniany w tlenek glinowy, **znamienny tym**, że wytwarza się warstwę dwutlenku krzemu o grubości większej niż grubość górnego fragmentu warstwy i pozostawia się niezmieniony dwutlenek krzemu między główną powierzchnią i górnym fragmentem podczas wprowadzania glinu.

2. Sposób według zastrz. 1, **znamienny tym**, że wytwarza się warstwę aż do osiągnięcia przez warstwę grubości około 40 000 Å.

3. Sposób według zastrz. 1, **znamienny tym**, że podczas wytwarzania warstwy poddaje się podłoże krzemowe działaniu pary wodnej w temperaturze około 1200 °C przez około 17 godzin i chłodzi się podłoże do temperatury około 870 °C z szybkością około 2 °C na minutę.

4. Sposób według zastrz. 1, **znamienny tym**, że wprowadzenie domieszek przeprowadza się w temperaturze od około 1025 °C do około 1175 °C.

5. Sposób według zastrz. 1, **znamienny tym**, że wprowadzanie domieszek przeprowadza się w temperaturze około 1150 °C przez około 3 godziny.

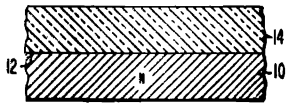


Fig.1

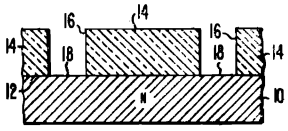


Fig.2

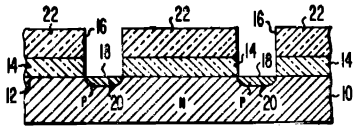


Fig. 3

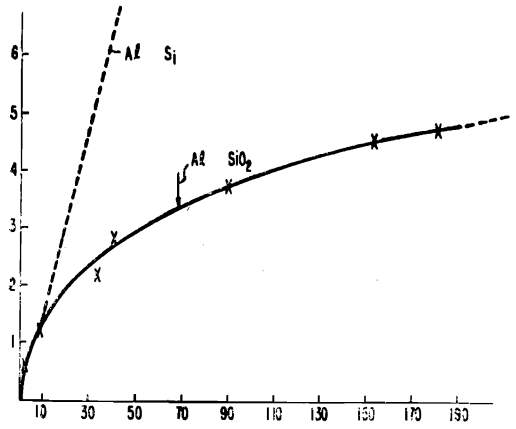


Fig. 4

WZGraf. Z-d 2 — 536/83 — 85 + 16

Cena 100 zł