



Patent dodatkowy
do patentu _____

Zgłoszono: 16.07.76 (P. 191220)

Pierwszeństwo: _____

Zgłoszenie ogłoszono: 13.02.78

Opis patentowy opublikowano: 20.06.1979

Int. Cl.² H01L 21/205
B01J 17/28

Twórca wynalazku: Zbigniew Paweł Sobczak

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

Sposób wytwarzania grubych warstw epitaksjalnych

1

Przedmiotem wynalazku jest sposób osadzania krzemowych warstw epitaksjalnych na monokrystalicznym podłożu krzemowym. Wynalazek ma zastosowanie przy wytwarzaniu diod mikrofalowych i jest opracowany pod kątem potrzeb technologii wytwarzania tych diod. Technologia ta wymaga osadzenia warstwy epitaksjalnej domieszkowanej fosforem o grubości 80÷100 μm. Warstwa epitaksjalna tworzy się w wyniku redukcji krzemu w czterochlorku krzemu wodorem zgodnie z reakcją: $\text{SiCl}_{4(g)} + 2\text{H}_{2(g)} = \text{Si}_{(s)} + 4\text{HCl}_{(g)}$

Redukcja zachodzi w kwarcowej komorze reakcyjnej o znanej konstrukcji. W komorze tej znajduje się grzejnik grafitowy, na którym umieszczone są materiały podłożowe pod warstwy epitaksjalne. Grzejnik nagrzewany jest indukcyjnie przez zwojnicę, umieszczoną na zewnątrz komory.

Gazy reakcyjne wodór — H_2 , czterochlorek krzemu — SiCl_4 , domieszka — fosforowodór PH_3 oraz chlorowodór HCl w postaci mieszanin o różnych składach i różnych wielkościach i czasach przepływu, dostarczane są do dystrybutora.

Procesy epitaksji prowadzi się w temperaturach powyżej 1160°C. Doskonałość struktury krystalicznej znacznie pogarsza się w warstwach osadzonych w temperaturach niższych od 1160°C. Gdy temperatura reakcji jest bliska 1000°C następuje polikrystaliczny wzrost warstwy. W powszechnie stosowanych technologiach proces epitaksji prowadzi

2

się w stałej temperaturze w zakresie temperatur 1160—1250°C, a grubość wytwarzanych warstw nie przekracza zwykle 20 μm.

Grube (grubość warstwy większa od 20 μm), silnie domieszkowane warstwy epitaksjalne, osadzone przy stałej temperaturze grzejnika charakteryzują się dużą gęstością błędów ułożenia rzędu 10² cm⁻² i wprowadzają naprężenia powodujące wyginanie i pękanie płytek. Płytki przyklejają się do grzejnika oraz tworzy się pierścień na obwodzie płytki tzw. korona o wysokości powyżej 20 μm ponad powierzchnię płytki przy grubościach warstwy ok. 80 μm. Wygięcie płytki oraz wysoka korona uniemożliwiają dalszą obróbkę mechaniczną przewidzianą w technologii, a błędy ułożenia i naprężenia w warstwie epitaksjalnej wpływają ujemnie na własności elektryczne diody.

Celem wynalazku jest wyeliminowanie opisanych wad znanej technologii. Cel ten został osiągnięty przez sposób według wynalazku, który zapewnia optymalny wzrost warstwy epitaksjalnej i umotywowany jest mechanizmem reakcji osadzania krzemu, a poza tym jest szczególnie przydatny do osadzania grubych warstw epitaksjalnych o grubości większej od 20 μm. Istotą tego sposobu jest oscylacyjny przebieg temperatury w funkcji czasu reakcji.

Temperatura reakcji zmienia się okresowo, przy czym dolna granica oscylacji temperatury jest niż-

sza od 1160°C. Osadzona warstwa krzemu przestaje nadal warstwą monokrystaliczną.

Warstwy epitaksjalne wytwarzane sposobem według wynalazku nie posiadają błędów ułożenia. a płytki z naniesioną warstwą epitaksjalną nie przyrastają do grzejnika i nie pękają, nie wykryto również dostępnymi metodami wyginania się płytek po osadzeniu warstwy epitaksjalnej. Wysokość korony na obwodzie płytki nie przekracza 10 μm ponad powierzchnię płytki przy grubościach warstwy epitaksjalnej 80÷140 μm .

Sposób według wynalazku zostanie bliżej wyjaśniony na przykładzie wykonania. Materiałem podłożowym używanym w technologii wytwarzania diod mikrofalowych są płytki krzemowe typu n, o orientacji $\langle 111 \rangle$ i rezystywności ok. 1 k Ωcm . Płytki te po myciu chemicznym SC1 i SC2 i suszeniu umieszczone są na grzejniku grafitowym, wprowadzone do komory reakcyjnej i poddawane następującym kolejnym operacjom, a to wygrzewania w strumieniu wodoru w temperaturze

$t_1 = 1235^\circ\text{C}$ przez 15 min, trawienia krzemu w strumieniu mieszaniny 1% obj. chlorowodoru w wodzie w temperaturze $t_2 = 1220^\circ\text{C}$ przez 8 min., następnie osadzania grubej warstwy epitaksjalnej (d 20 μm) silnie domieszkowanej fosforem $N_A = 10^{19} \text{ at/cm}^2$ według rozkładu temperatury reakcji w funkcji czasu epitaksji, procesu przedstawionego na rysunku, gdzie τ_0 — to czas inicjacji, τ_1 — to okres oscylacji. Na koniec następuje studzenie grzejnika z szybkością (średnią) 1°C/min do temperatury 900°C , a poniżej 900°C grzejnik jest studzony w sposób niekontrolowany.

Zastrzeżenie patentowe

Sposób wytwarzania grubych warstw epitaksjalnych na monokryształach półprzewodników z fazy gazowej, znamienny tym, że temperatura procesu epitaksji zmienia się oscylacyjnie w funkcji czasu reakcji, przy czym dolna granica oscylacji jest niższa od 1160°C .

