

Descriere:

Invenția se referă la tehnologia semiconductorilor și poate fi utilizată pentru obținerea straturilor InP pure cu parametri electrofizici reproductibili înalți.

Este cunoscut procedeul de obținere a straturilor epitaxiale de fosfură de indiu în sistemul In-PCl₃-H₂ [1].

Dezavantajul acestui procedeu este variația substanțială a concentrației purtătorilor de sarcină de la un proces la altul, care depinde de durata de saturație a sursei și starea crustei de fosfură de indiu de pe suprafața sursei.

Cea mai apropiată soluție tehnică de cea revendicată - cel mai apropiat analog - este procesul de creștere a straturilor epitaxiale de fosfură de indiu în sistemul In-PCl₃-H₂ cu folosirea operațiunii intermediare de tratare termică a sursei în flux de hidrogen [2].

Puritatea straturilor în acest caz este obținută prin tratare termică prealabilă a indiumului în atmosferă de hidrogen timp de câteva zile la temperaturi de 1023-1073 K.

Cu toate acestea, în cadrul procedurii dat de creștere a fosfuri de indiu straturi cu parametri electrofizici reproductibili se obțin numai după un tratament termic al sursei de indiu timp de 50 ore.

Problema existentă de reducere a nivelului de dopare necontrolabilă și a duratei procesului de creștere a straturilor subțiri cu parametri electrofizici reproductibili poate fi rezolvată cu ajutorul procedurii revendicate de creștere a straturilor InP, efectuând în prealabil tratarea termică a indiumului în vid.

Rezultatul tehnic al invenției constă în purificarea sursei de indiu de impurități necontrolate și reducerea duratei de stabilire a regimului de creștere a straturilor InP.

Tratarea termică a sursei de indiu conduce la evaporarea mai intensă a impurităților cu presiunile parțiale mai mari în comparație cu a indiumului și, în așa mod, are loc purificarea sursei. Totodată, tratarea termică în vid intensifică acest proces de evaporare în comparație cu tratarea termică în flux de hidrogen, descrisă în cel mai apropiat analog. Aceasta reduce durata de stabilire a regimului de creștere a straturilor InP.

Este cunoscut faptul că la creșterea epitaxială în sistemul In-PCl₃-H₂, concentrația electronilor în straturile crescute în faza inițială de folosire a sursei de indiu variază de la un proces de creștere la altul. Această concentrație depinde de cantitatea de impurități conținute în sursa de indiu, care în InP se manifestă ca donori. Parametrii straturilor epitaxiale devin reproductibili după o tratare termică prealabilă a indiumului în hidrogen timp de câteva zile, în decursul căreia sursa se curăță de aceste impurități.

Conform legităților cunoscute, eficiența purificării metalelor prin tratament termic în vid este determinată de coeficientul de distribuție a impurităților, care, în cazul când concentrația impurităților în faza lichidă este sub 5%, se determină de relația

$$K_i = \frac{C_g}{C_l} \gg 1$$

Aici C_g și C_l reprezintă concentrațiile impurităților respectiv în faza gazoasă și lichidă, care sunt proporționale presiunilor lor parțiale. Deoarece presiunile parțiale ale vaporilor S, Se, Te ș.a. sunt mult mai mari ca a indiumului, este posibilă micșorarea concentrației impurităților de fond în indiu prin tratarea termică în vid.

Totodată, micșorarea cantității impurităților în sursa de indiu reduce nivelul de dopare necontrolabilă în procesul de creștere a straturilor InP.

Efectuarea în cadrul procedurii revendicate a tratării termice prealabile a In în vid duce la reducerea nivelului de dopare necontrolabilă și a duratei de stabilire a regimului de creștere a straturilor cu parametri electrofizici reproductibili.

Exemplu. Pentru tratarea termică prealabilă se folosește un reactor din cuarț cu diametrul de 50 mm cu încălzire electrică, în care este plasată o luntriță cu 60-100 g In. Reactorul este evacuat până la presiunea de $1,3 \cdot 10^{-2}$ Pa, apoi se stabilește temperatura de 1023 K și se efectuează tratarea termică cu evacuare continuă nu mai puțin de 5 ore. Se întrerupe încălzirea, se răcește reactorul până la temperatura camerei, se extrage luntrița cu In și se plasează în reactorul pentru creșterea straturilor InP, în zona sursei. Instalația pentru creșterea straturilor constă dintr-un reactor de cuarț plasat în interiorul încălzitorului electric și unit cu sistemul de distribuție a gazelor. Creșterea straturilor epitaxiale InP se efectuează în modul următor: se conectează încălzitorul electric și se stabilește regimul de temperatură (~750°C în zona sursei și ~650°C în zona substraturilor). Hidrogenul utilizat în calitate de gaz purtător, trecând prin sistemul de distribuție a gazelor, reacționează cu tricolorura de fosfor. Vaporii de HCl și fosfor, obținuți în rezultatul reacției, sunt transportați la intrarea în reactor. Trecând prin zona sursei, ei antrenează cu sine materialul sursei spre zona substraturilor, unde are loc depunerea straturilor. Pentru a obține straturi InP cu conductibilitate și concentrație diferite se folosesc impurități de dopaj (Zn, Te sau alte elemente), sursele cărora sunt plasate în canale separate la intrarea în reactor. După terminarea procesului de depunere reactorul este scos din încălzitorul electric și răcit.

A fost stabilit că prin tratament termic prealabil al indiumului în flux de hidrogen procesul de reducere a dopării necontrolabile are loc încet și este împiedicat în principiu de faptul că indiu se află sub presiune. În acest caz, conform celui mai apropiat analog, stabilirea regimului de creștere epitaxială a straturilor cu parametri electrofizici reproductibili (concentrația electronilor $n=10^{15} \text{ cm}^{-3}$ și mobilitatea $\mu=3040 \text{ cm}^2 \text{ V}^{-1} \text{ s}^{-1}$) are loc numai după un tratament termic prealabil al indiumului timp de 50 ore.

După tratarea termică prealabilă a sursei de indiu cu evacuare continuă la presiunea $P=1,3 \cdot 10^{-2}$ Pa (pascal), când presiunea vaporilor impurităților S, Se, Te ș.a. este mult superioară presiunii vaporilor de In, reducerea nivelului de dopare necontrolabilă este mai eficientă. Folosirea In, supus tratării termice în vid timp de 5 ore, permite obținerea în cadrul procesului de epitaxie în sistemul In-PCl₃-H₂, straturi InP cu parametri electrofizici reproductibili ($n=10^{14} \text{ cm}^{-3}$, $\mu=3600 \text{ cm}^2 \text{ V}^{-1} \text{ s}^{-1}$).

Estimarea procedurii prin măsurarea concentrației și mobilității purtătorilor de sarcină în straturile InP, crescute după tratarea termică prealabilă a sursei de In în vid, a demonstrat, că acest procedeu permite de a reduce de 10 ori nivelul de dopare necontrolabilă și de 6 ori durata stabilirii regimului de creștere a straturilor cu parametri electrofizici reproductibili, comparativ cu cel mai apropiat analog.

Procedeul revendicat de creștere a straturilor epitaxiale InP pentru tranzistori, fototranzistori și celule solare este accesibil, ușor dirijabil și poate fi reprodus la utilajul modern în condiții industriale.