

Технічні науки

УДК 621.382

**Новосядлий Степан Петрович**

*доктор технічних наук, професор,*

*професор кафедри комп'ютерної інженерії та електроніки*

*Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника*

**Новосядлый Степан Петрович**

*доктор технических наук, профессор,*

*профессор кафедры компьютерной инженерии и электроники*

*Прикарпатский национальный университет имени Василия Стефаника*

**Novosjadly Stepan**

*Doctor of Technical Sciences, Professor*

*Vasyl Stefanyk Precarpathian National Universit*

**Гуменюк Назарій Тарасович**

*студент*

*Прикарпатського національного університету імені Василя Стефаника*

**Гуменюк Назарий Тарасович**

*студент*

*Прикарпатского национального университета имени Василия Стефаника*

**Humemjuk Nasar**

*Student of the*

*Vasyl Stefanyk Precarpathian National Universit*

**ОСОБЛИВОСТІ ФОРМУВАННЯ ПОЛЬОВИХ ТРАНЗИСТОРІВ  
ШОТТКІ ІЗ САМОСУМЩЕНИМ ЗАТВОРОМ НА ОСНОВІ  
НІТРИДУ ТА СИЛЦИДУ ВОЛЬФРАМУ**

**ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ПОЛЕВЫХ ТРАНЗИСТОРОВ  
ШОТТКИ С САМОСОВМЕЩЕННЫМ ЗАТВОРОМ НА ОСНОВЕ  
НИТРИДА И СИЛИЦИДА ВОЛЬФРАМА  
FEATURES OF THE FORMATION OF SCHOTTKY FIELD  
TRANSISTORS WITH A SELF-CONDENSED GATE ON THE BASIS  
OF NITRIDE AND TUNGSTEN SILICIDE**

*Анотація.* В даній статті розглянуто особливості технологічних процесів формування польових транзисторів Шоттки арсенід галієвою технологією. А саме технологію формування польових транзисторів Шоттки із самозміщеним затвором на основі нітриду та силіциду вольфраму.

**Ключові слова:** арсенід галію, польові транзистори Шоттки, нітрид вольфраму, силіцид вольфраму.

*Аннотация.* В данной статье рассмотрены особенности технологических процессов формирования полевых транзисторов Шоттки арсенид галлиевой технологией. А именно технологию формирования полевых транзисторов Шоттки с самосумищонным затвором на основе нитрида и силіцида вольфрама.

**Ключевые слова:** арсенид галлия, полевые транзисторы Шоттки, нитрид вольфрама, силіцид вольфрама.

*Summary.* In this paper, the peculiarities of the technological processes of the formation of Schottky field transistors by arsenidgale technology are considered. Namely the technology of formation of Schottky field transistors with a self-locking gate on the basis of nitride and tungsten silicide.

**Key words:** gallium arsenide, Schottky field transistors, tungsten nitride, tungsten silicide.

**Вступ.** Схемотехніка сучасних схем на GaAs базується на використанні n-канальних польових транзисторів із затвором Шотткі (ПТШ). У разі переходу до комплементарних схем на ПТШ однією з основних проблем є доволі низька висота бар'єру Шотткі на арсеніді галію р-типу. Одним із способів вирішення цієї проблеми є використання нітридних або силіцидних сполук вольфраму для формування затворів заданої товщини та складу [1-3].

В даній статті висвітлено особливості формування швидкодіючих транзисторів на р-GaAs із самосуміщеним затвором на основі нітриду чи силіциду вольфраму, отриманих за допомогою горизонтального реактора пониженого тиску Ізотрон-4.

**Мета статті.** Дослідження особливостей технології формування польових транзисторів Шотткі із самосуміщеним затвором на основі силіциду вольфраму та осадження силіциду вольфраму із газової фази в реакторі пониженого тиску.

### 1. Особливості формування ПТШ із самосуміщеним затвором.

Основні технологічні процеси виготовлення польових транзисторів Шотткі із самосуміщеним затвором показано на рис.1.[1].

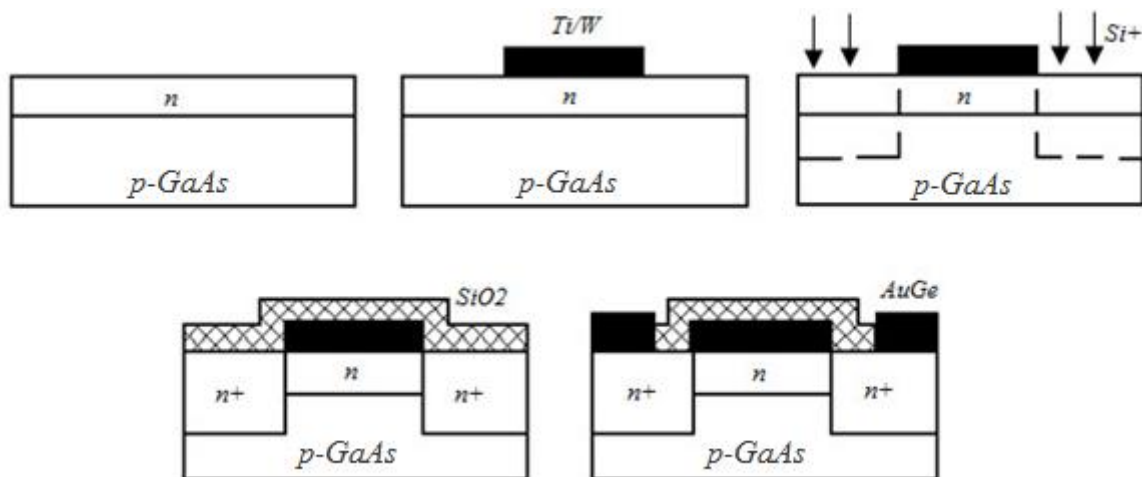


Рис. 1. Технологія формування само суміщених ПТШ

Структуру ПТШ формують на напівізолюючій підкладці GaAs, де селективним іонним легуванням підкладки кремнієм ( $\text{Si}^{++}$ ) через маску  $\text{SiO}_2$ , формують n-шар товщиною 0,08-0,1 мкм. В цьому шарі розміщують канал ПТШ, на поверхні якого формують затвор.

Затвор транзистора представляє смугу силіциду вольфраму довжина 0,8 мкм. Силіцид вольфраму вибраний в ролі затвора тому, щоб витримати фотонну обробку при  $T > 700^\circ\text{C}$  для зменшення опору.

При формуванні стік-витоківих областей  $n^+$ -типу використовують селективне епітаксійне вирощування за допомогою газохімічних реакцій із металоорганічних сполук або молекулярно-променевої епітаксії. Далше наносять шар діелектрика та проводять фотонний відпал для активації і зменшення радіаційної дефектності, що приводить до суттєвого збільшення рухливості носіїв заряду. Плазмохімічним травленням відкривають вікна під контакти в діелектрику і формують контакти до стік-витоківих областей нанесенням металевого шару з сплаву AlGe-12 використовуючи іонне фрезерування [2].

Для ПТШ із самосуміщенням затвором при  $L_3 = 1,5$  мкм і  $b = 1$  мм були отримані наступні електрофізичні параметри:  $U_T = 0,6$  В,  $R_n = 0,75$  Ом,  $S/b = 87$  мСм/мм. В порівнянні з ПТШ, сформованим без самосуміщення і тих же розмірів опір витоків зменшився в 5-8 разів, а крутизна зросла в 3-5 разів. В структурі із само суміщенням затвором пробивна напруга на затворі визначається концентрацією домішок в  $n^+$ - областях бо вони примикають до затвора. При енергії іонів в 150 еВ і дозі  $(1,7-2) \cdot 10^{13}$  см<sup>-2</sup>, максимальна концентрація донорів в  $n^+$ - областях  $7 \cdot 10^{17} \div 1 \cdot 10^{18}$  см<sup>-3</sup>, а пробивна напруга затвора 6-10 В. Недоліком таким чином сформованої структури ПТШ із самосуміщенням затвором є дещо збільшені паразитні ємності затвор-вітик і затвор-стік, які можна зменшити використовуючи високу растрову літографію [3].

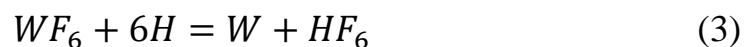
## 2. Технологія осадження силіциду вольфраму із газової фази в реакторі пониженого тиску.

В арсенід галієвій технології може використовуватися силіцидний затвор, що дозволяє зменшити порогову напругу та опір багаторівневої розводки транзисторів.

Для отримання плівок було вибрано низькотемпературний процес осадження силіциду вольфраму в реакторі пониженого тиску типу Ізотрон-4. В такому реакторі дисиліцид вольфраму вирощують з швидкістю  $100 \div 500 \text{ \AA}^0/\text{хв}$  за температури  $350 \div 400^\circ\text{C}$  і тиску  $0,2 \text{ мм.рт.ст.}$  Осадження плівок дисиліциду вольфраму, відбувалося за реакцією:



Дана реакція передбачає такий механізм розкладу і взаємодії моносилану ( $SiH_4$ ) [4]:



Елементний і фазовий склад отриманих плівок  $WSix$  досліджувались за допомогою зворотного резерфордівського розсіювання і дифракції рентгенівського випромінювання на плівках товщиною  $0,25 \div 0,5 \text{ мкм.}$  Дослідженням встановлено, що вміст кремнію в плівці  $WSix$  залежить від швидкості потоку моносилану і концентрації, при чому оптимальною є концентрація  $20 \div 25\%$ .

Дослідження плівок методом електронної мікроскопії показало, що осаджені за температури  $400^\circ\text{C}$  плівки мають мікрокристалічну структуру з розміром зерна  $2 \div 3 \text{ нм.}$  Після фотонного відпалу за температури  $500^\circ\text{C}$  плівки стають полікристалічними і мають гексагональну структуру. Підвищення температури відпалу призводить до збільшення зерна, а при температурі  $620^\circ\text{C}$  відбувається перехід від гексагональної модифікації в тетрагональну. Дана технологія забезпечує високу рівномірність

осадження, що дозволяє ефективно використовувати її для формування пленарних структур ІС на GaAs.

### **Висновки**

1. Досліджено технології формування р-контактних ПТШ, які дозволяють реалізувати високошвидкісні комплементарні структури ІС на арсеніді галію.
2. Для збільшення швидкодії логічних схем на комплементарних ПТШ розроблена низькотемпературна технологія самосуміщення затвору на основі нітриду та силіциду вольфраму.
3. Силіцидна технологія формування затворів ПТШ на арсеніді галію дозволяє формувати високоякісні комплементарні структури для ВІС з малою величиною порогових напруг.

### **Література**

1. Новосядлий С. П. Суб- і наномікронна технологія структур ВІС / С. П. Новосядлий. - Івано-Франківськ : Місто НВ. - 2010. - 455 с.
2. Новосядлий С. П. Сучасні твердофазні технологічні процеси в субмікронній технології ВІС / С. П. Новосядлий, А. І. Терлецький, О. Б. Фрик // Східно-Європейський журнал новітніх технологій. - 2010. - 3/7(45). - С. 52-60.
3. Новосядлий С. П. Фізико-технологічні основи субмікронної технології ВІС / С. П. Новосядлий. - Івано-Франківськ : Сімик. – 2003. – 370 с.
4. Новосядлий С. П. Технологія епітаксійного формування силіцидів для підвищення швидкодії ВІС / С. П. Новосядлий, А. І. Терлецький, О. Б. Фрик // Матеріали III Міжнародної науково-практичної конференції "Фізико-технологічні проблеми радіотехнічних пристроїв, засобів телекомунікацій, нано- та мікроелектроніки". - 24-26 жовтня 2013. - Чернівці. - Україна. - С. 167.