

МОДЕЛЮВАННЯ І ДОСЛІДЖЕННЯ ДІОДУ ШОТТКІ НА ОСНОВІ ПОРУВАТИХ НАПІВПРОВІДНИКІВ

А. П. Оксанич, М. Г. Когдась, В. М. Чебенко, М. А. Мащенко, Д. А. Остриковська
Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського
вул. Першотравнева, 20, м. Кременчук, 39600, Україна. E-mail: kogdasMax@gmail.com

Було проведено вимірювання вольт-амперних характеристик (ВАХ) діода Шотткі для визначення його параметрів (коефіцієнта ідеальності (n), висоти бар'єру Шотткі (ϕ_b) і послідовного опору (R_s)), а також розроблено модель переносу струму в діодах Шотткі на поруватих напівпровідниках для перевірки вимірювань. Отримані значення коефіцієнта ідеальності залишаються більше одиниці для контактів Pd/GaAs і Pd/porousGaAs. Коефіцієнт ідеальності Pd/porousGaAs трохи вище, ніж у Pd/n-GaAs, і залежить від режиму травлення, що пов'язано з неоднорідностями розділу між Pd і porousGaAs. Уточнено наукові дані про залежність струмів між експериментальними даними і моделлю для описаних режимів травлення, отриманий коефіцієнт кореляції склав 97%. Структури поруватого GaAs мають різну чутливість та селективність до різних газів. Для розуміння природи спостережуваних ефектів у контактах Pd / n-GaAs та Pd / porousGaAs були показані ВАХ для досліджуваних зразків.

Ключові слова: напівпровідник, GaAs, ідеальність, діод, Шотткі, модель.

МОДЕЛИРОВАНИЕ И ИССЛЕДОВАНИЕ ДИОДА ШОТТКИ НА ОСНОВЕ ПОРИСТЫХ ПОЛУПРОВОДНИКОВ

А. П. Оксанич, М. Г. Когдась, В. Н. Чебенко, М. А. Мащенко, Д. А. Остриковская
Кременчугский национальный университет имени Михаила Остроградского
ул. Первомайская, 20, г. Кременчуг, 39600, Украина. E-mail: kogdasMax@gmail.com

Было проведено измерение вольт-амперных характеристик (ВАХ) диода Шоттки для определения его параметров (коэффициента идеальности (n), высоты барьера Шоттки (ϕ_b) и последовательного сопротивления (R_s)), а также разработана модель переноса тока в диодах Шоттки на пористых полупроводниках для проверки измерений. Полученные значения коэффициента идеальности остаются больше единицы для контактов Pd / GaAs и Pd / porousGaAs. Коэффициент идеальности Pd / porousGaAs немного выше, чем в Pd / n-GaAs, и зависит от режима травления, что связано с неоднородностями раздела между Pd и porousGaAs. Уточнены научные данные о зависимости токов между экспериментальными данными и моделью для описанных режимов травления, полученный коэффициент корреляции составил 97%. Структуры пористого GaAs имеют разную чувствительность и селективность к разным газам. Для понимания природы наблюдаемых эффектов в контактах Pd / n-GaAs и Pd / porousGaAs были показаны ВАХ для исследуемых образцов.

Ключевые слова: полупроводник, GaAs, идеальность, диод, Шоттки, модель.

АКТУАЛЬНІСТЬ РОБОТИ. Одним з напрямків застосування поруватого GaAs (porousGaAs) є виготовлення сенсорів газу, які можуть працювати при кімнатній температурі і мають підвищену швидкодію. В основі таких сенсорів лежить контакт Шотткі до porousGaAs [1–6]. Можна стверджувати, що параметри таких сенсорів безпосередньо залежать від електричних властивостей контакту Шотткі, які в свою чергу визначаються їх вольт-амперними характеристиками (ВАХ).

У роботах [7–9] проведено порівняння чутливих характеристик різних конструкцій діодів Шотткі на основі поруватого і непоруватого GaAs. Показано, що структури на porousGaAs мають різну чутливість і селективність до різних газів. Дані дослідження дозволяють зробити висновок про те, що низька чутливість сенсорів на основі GaAs до газів, пояснюється відсутністю поруватого шару, внаслідок чого молекули газу не можуть адсорбуватися на поверхні і, отже, не впливають на ВАХ.

На відміну від контактів до GaAs особливістю створення контактів до porousGaAs є те, що поруватий шар не підлягає поліруванню і травленню, а також процесу відпаду контактів, що може зруйнувати структуру поруватого шару. Це говорить про проблеми, з якими стикаються фахівці при створенні даних контактів.

При створенні контактів Шотткі до porousGaAs їх властивості визначаються морфологією поруватого шару. Морфологія у свою чергу залежить від складу травника, який використовується при створенні поруватого шару, режиму і умов травлення. У той же час питання впливу товщини поруватого шару на якість контактів Шотткі до porousGaAs достатньо не досліджене.

Основну мету даного дослідження можна розділити на два етапи: перший – це вимірювання вольт-амперних характеристик (ВАХ) діода Шотткі для визначення його параметрів (коефіцієнта ідеальності (n), висоти бар'єру Шотткі (ϕ_b) і послідовного опору (R_s)), а другий – розробка моделі переносу струму в діодах Шотткі на поруватих напівпровідниках для перевірки вимірювань.

МАТЕРІАЛ І РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ. У роботі використовувалися епітаксціальні структури GaAs: Sn - GaAs: Si. У якості підкладки використовувалася сторона n^+ -GaAs: Sn товщиною 400 мкм з концентрацією носіїв заряду 10^{18} см^{-3} , на шарі n -GaAs: Si товщиною 20 мкм з концентрацією носіїв заряду 10^{16} см^{-3} електрохімічним методом формувалася поруватий шар при варіації режимів травлення. Всього було виготовлено 4 зразка.

Перед формуванням контактів пластини очищали і знежирювали шляхом послідовних занурень в органічні розчинники трихлоретилену, ацетону, метанолу, потім промивали деіонізованою водою і сушили сухим азотом.

Спочатку на всіх зразках до шару $n + - \text{GaAs}$: Si методом електронно-променевого наплення створювався омичний контакт діаметром 1 мм AgGePd-GaAs з товщиною шарів 100/50/10 нм відповідно, з

подальшим відпадом протягом 30 хв, при температурі 350°C .

Поруватий шар формувався шляхом варіювання струму травлення в діапазоні $20 \div 100$ мА. Область травлення висвітлювалася джерелом світла потужністю 100 Вт, у якості якого використовувалася галогенна лампа. Режими травлення наведені в табл. 1.

Таблиця 1 – Режими електрохімічного процесу травлення

№ зр.	Параметри пластин GaAs		Параметри електрохімічного процесу			
	Тип провідності GaAs	Кристаліграфічна орієнтація	Склад травника	J, мА/см ²	Час травлення, хв	Товщина поруватого шару, мкм
1.	n	(100)	$\text{HF}:\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}=1:1$	20	3	1
2.	n	(100)		50		3
3.	n	(100)		60		7
4.	n	(100)		100		11

Контакти Шотткі на шарі $n\text{-GaAs}:\text{Si}$ і $n\text{-porousGaAs}:\text{Si}$ створювалися методом хімічного осадження за допомогою розчину: 0,3 г PdCl_2 змішаного з 9 мл HCl (32%) і розведеного 9 мл H_2O , далі цей розчин змішували з 864 мл крижаної оцтової кислоти і потім додавали 18 мл HF (40%) з наступним перемішуванням. Товщина отриманого контакту $\text{Pd} / n\text{-GaAs}$ і $\text{Pd} / \text{porousGaAs}$ становила близько 0,3 мкм.

Схематичне зображення даних структур наведено на рис. 1.

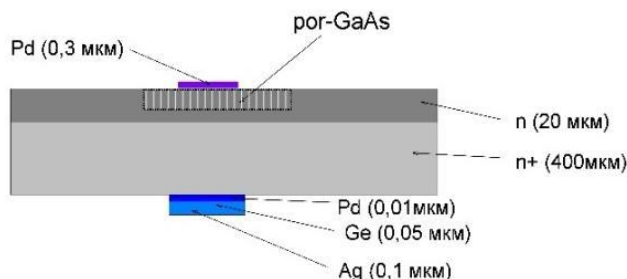


Рисунок 1 – Схематичне зображення структури $\text{AgGePd/porousGaAs/Pd}$

На рис. 2 (а) і 2 (б) наведені ВАХ контактів Шотткі $\text{Pd} / n\text{-GaAs}$ і $\text{Pd} / \text{porousGaAs}$, які отримано для досліджуваних зразків.

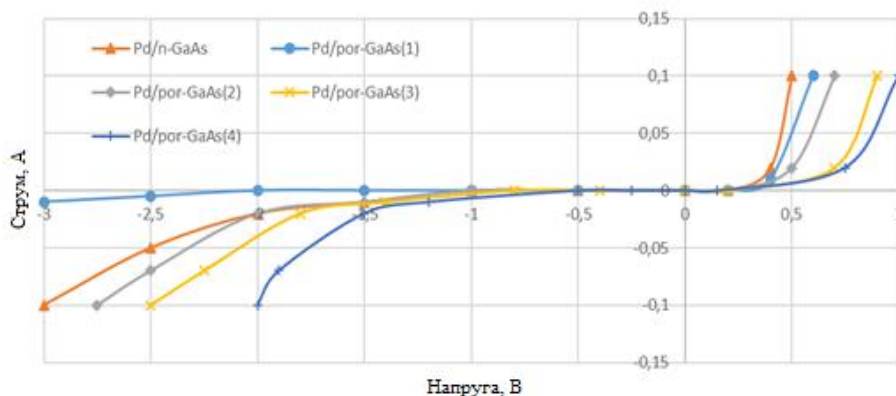
Для розуміння природи спостережуваних ефектів в контактах метал porousGaAs (M-porousGaAs), розглянемо їх ВАХ. Як правило, вираз для ВАХ контактів метал-напівпровідник (бар'єри Шотткі) описується моделлю термоелектронної емісії [10]:

$$I = I_s \left(\exp\left(\frac{q(V - IR_s)}{nkT}\right) - 1 \right), \quad (1)$$

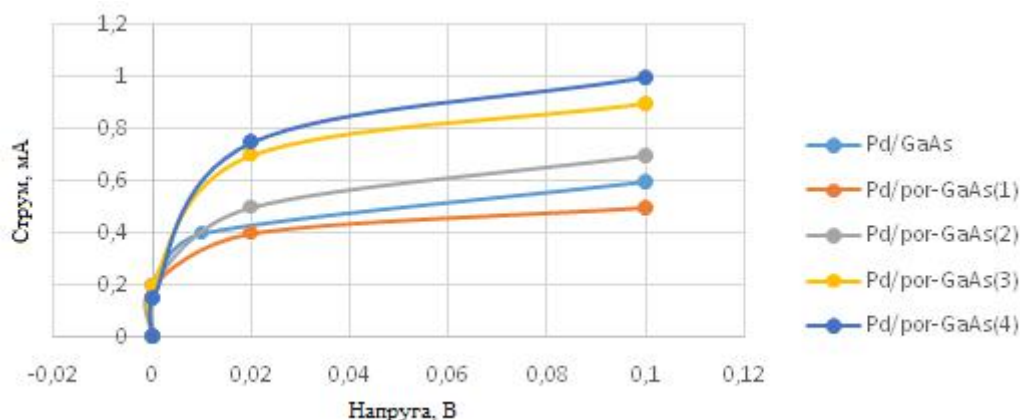
де R_s – послідовний опір, а I_s – струм насичення, який може бути виражений як:

$$I_s = AA^* \times T^2 \exp\left[\frac{-q\phi_0}{kT}\right], \quad (2)$$

де q – заряд електрона, k – постійна Больцмана, T – абсолютна температура, A – ефективна площа діода, A^* – ефективна постійна Річардсона ($8,16 \text{ А/см}^2 \text{ К}^2$ для GaAs [11]), R_s – послідовний опір, ϕ_0 – висота бар'єру, а n – фактор ідеальності. R_s , ϕ_0 , n є невідомими параметрами і повинні бути визначені з максимально можливою точністю.



а)



б)

Рисунок 2 – Вольт-амперні характеристики контактів Шотткі для досліджуваних зразків Pd/GaAs і Pd/porousGaAs у лінійному масштабі (а) і напівлогарифмічному (б)

Еволюція $\ln(I) = f(V)$, що показано на рис. 4, діапазону прямої напруги представляє дві лінійні зони для $V > 3kT/q$. Прямий ухил першої зони дає середнє значення коефіцієнта ідеальності n . Струм насичення I_s визначається як перетин інтерпольованих прямих ліній першої області з віссю струмів. Після визначення I_s висоту бар'єру ϕ_b можна визначити з виразу (3):

$$\phi_b = \ln\left(\frac{AA^*T^2}{I_s}\right) \frac{kT}{q} \quad (3)$$

Відзначимо, що описаний спосіб справедливий для випадку $1 \leq n \leq 2$.

Варто зауважити, що через дуже тонку товщину верхнього шару porousGaAs напругу зсуву V можна вважати рівною напрузі, що прикладена до зони виснаження поверхні GaAs при слабкому струмі [12]. У цьому конкретному випадку можна розглядати тільки вплив щільності міжфазного стану N_{SS} на реальні ВХХ [13]. Таким чином, послідовний опір R_s можна оцінити по лінійній частині характеристики $\ln(I) = f(V)$. R_s визначається як градієнт цієї лінійної частини. Таким чином, з цього методу параметри діода Шотткі визначені і представлені в табл. 2.

Параметри діода Шотткі, такі як висота бар'єру ϕ_b , фактор ідеальності n і послідовний опір R_s , також були досягнуті з використанням методу, розробленого Cheung і Cheung [14] і підтвердженого Werner et al. [15]. Значення R_s можна визначити з наступних функцій:

$$G(I) = \frac{\partial V}{\partial(\ln I)} = \frac{nkT}{q} + IR_s \quad (4)$$

Відповідно до формули (4) нахил лінійної частини $dV/d(\ln(I))$ відносно I дає послідовний опір R_s , а його перетин на вісі струму дає nkT/q . Щоб отримати висоту бар'єру, Cheung і Cheung [14] визначили наступну функцію:

$$H(I) = V - \left(\frac{nkT}{q}\right) \ln\left(\frac{I}{AA^*T^2}\right) = n\phi_b + IR_s \quad (5)$$

Використовуючи значення коефіцієнта ідеальності, що визначається за формулою (4), графік залежності $H(I)$ від I також дає пряму лінію з перетином по вісі y , що дорівнює n і ϕ_b .

Таблиця 2 – Значення коефіцієнта ідеальності (n), послідовного опору (R_s) і висоти бар'єру Шотткі (ϕ_b) контактів Pd/GaAs і Pd/porGaAs для досліджуваних зразків

Зразок	Коефіцієнт ідеальності (n)	Послідовний опір (R_s), Ом	Висота бар'єру Шотткі (ϕ_b), eV
Pd/GaAs	1,1	1,7	0,65
Pd/porousGaAs (1)	1,24	1,76	0,68
Pd/porousGaAs (2)	1,35	1,78	0,69
Pd/porousGaAs (3)	1,5	1,8	0,7
Pd/porousGaAs (4)	1,7	1,87	0,72

Нахил цього графіка дозволяє провести друге визначення R_s , яке можна використовувати для перевірки узгодженості цього наближення. Значення чотирьох параметрів основного діода (n , ϕ_b , I_0 і R_s) були отримані і також представлені в табл. 1.

Крім того, отримані значення коефіцієнта ідеальності залишаються більше одиниці для контактів Pd/GaAs і Pd/porousGaAs. Очевидно, що це пов'язано з дефектами, викликаними наявністю тонкого ізолюючого шару, мимовільного утворення

оксидного шару в процесі виготовлення контактів між паладієм і n-GaAs або porousGaAs. Дійсно, передбачається, що обидва контакти поведуться як конфігурація метал / міжфазовий шар / напівпровідник, де міжфазовий шар викликає падіння напруги на міжконтактному шарі [14]. Можна говорити про те, що коефіцієнт ідеальності Pd/porousGaAs трохи вищий, ніж у Pd/n-GaAs, і залежить від режиму травлення, що пов'язано з неоднорідностями розділу між Pd і porousGaAs. Більш того, значення послідовного опору близьке до 2 Ом для структур Pd/n-GaAs і Pd/porousGaAs і нижче, ніж приведені авторами робіт, присвячених Pd/n-GaAs контакту Шотткі [15]. Крім того, потенціал висоти бар'єру ϕ_b між Pd і n-porousGaAs трохи вище, ніж у Pd і n-GaAs. Це можна пояснити тим, що ширина забороненої зони n-porousGaAs вище, ніж у n-GaAs (рис. 4, n-GaAs = 1.42 eV, n-porousGaAs = 1.52 eV).

Розрахована висота бар'єру ϕ_b Pd/porousGaAs вище, ніж у Pd/n-GaAs оскільки різниця між рівнем Фермі і зоною провідності на межі розділу Pd/porousGaAs буде вище, ніж на межі Pd/n-GaAs.

Щоб пояснити ці результати експерименту, ВАХ була підкріплена чисельним моделюванням рівняння.

Діоди Шотткі можуть бути точно проаналізовані, використовуючи відносно прості квазістатичні наближення для $I - V$ та $C - V$, як показано у рівняннях 6 і 7. Нелінійна ємність C_j обумовлена зміною збіднення і моделюється як конденсатор з різким переходом з паралельно визначеною відстанню між пластинами по області збіднення. Послідовний опір R_S є паразитним елементом і приводить до омичних втрат у структурі [16]. При створенні поруватого шару послідовний опір R_S збільшується, що підтверджено експериментальними даними, а отже і характеристики діоду погіршуються.

$$I_d = I_{SAT} \left[e^{\left(\frac{V_j - I_d R_s}{V_0} \right)} - 1 \right] \quad (6)$$

$$C_j = \frac{C_{j0}}{\sqrt{1 - \frac{V_j}{V_{bi}}}}, \quad (7)$$

де I_d – діодний струм, I_{SAT} – струм насичення, V_j – напруга переходу, C_j – ємність переходу, C_{j0} – ємність нульового зміщення, V_{bi} – зміщення напруги.

Модель, еквівалентна схемі діода Шотткі показана на рис. 3.

Модель, еквівалентна схемі, розглядає лише перехід Шотткі і не враховує вплив паразитних параметрів конструкції діоду. Модель складається з нелінійного опору переходу, що паралельно нелінійній ємності переходу, а потім послідовно з каскадного резистора. Опір каскаду R_s складається з опору епітаксialного шару R_{epi} , опору буферного

шару R_{spread} та омичного контактного опору $R_{contact}$, всі вони каскадні.

$$R_s = R_{epi} + R_{spread} + R_{contact}$$

$$R_{epi} = \frac{t_{epi}}{\sigma_{epi} A_a} = \frac{t_{epi}}{q \mu_{epi} N_d A_a}$$

$$\sigma_{epi} = q \mu_{epi} N_d \quad (8)$$

де t_{epi} – товщина епіксіного шару, σ_{epi} – провідність епітаксialного шару, A_a – анодна область, μ_{epi} – рухливість електронів в епітаксialному шарі.

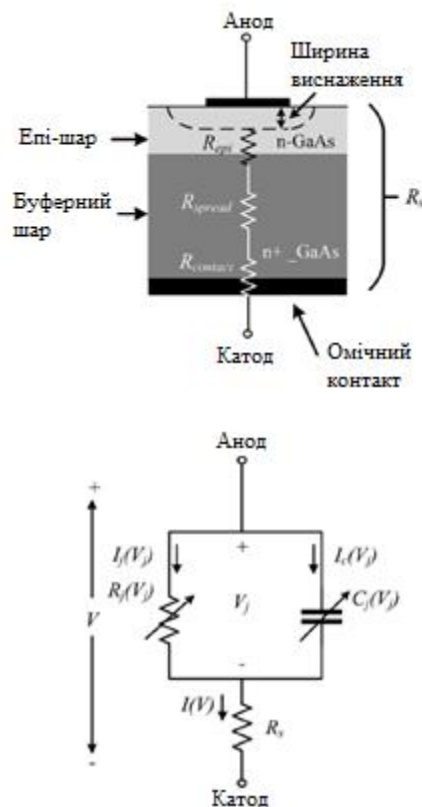


Рисунок 3 – Модель, еквівалентна схемі діода Шотткі

$$R_{spread} = \frac{1}{4\pi\delta_{buffer}\sigma_{buffer}}$$

$$\delta_{buffer} = \frac{1}{\sqrt{\pi f \mu_0 \sigma_{buffer}}}$$

$$\sigma_{buffer} = q \mu_{buffer} N_{buffer} \quad (9)$$

де δ_{buffer} – глибина буферного шару, σ_{buffer} – провідність епі-шару, μ_0 – магнітна проникність у вільному просторі, μ_{buffer} – рухливість електрона в буферному шарі, N_{buffer} – концентрація легування буферного шару.

$$R_{contact} = \frac{2 \times 10^{-6} (\Omega cm^2)}{A_{ohmic}}, \quad (10)$$

де A_{ohmic} – область омичного контакту.

Вираз ємності переходу C_j (V_j) наведено в рівнянні 11:

$$C_j(V_j) = \frac{dQ_j}{dV_j} = A_a \sqrt{\frac{qN_d \epsilon_s}{2(V_{bi} - V_j)}} = \frac{A_a \epsilon_s}{d} \quad (11)$$

Коли напруга переходу дорівнює нулю, визначається нульова ємність зсуву.

$$C_{j0} = A_a \sqrt{\frac{qN_d \epsilon_s}{2V_{bi}}} \quad (12)$$

Критичну частоту коливаний діода Шотткі можна визначити у рівнянні 13. Її можна використовувати як фізичну величину для характеристики якості діода Шотткі. Чим більший діод, тим краща його

якість і тим придатніший для використання у високому діапазоні частот.

$$f_c = \frac{1}{2\pi R_S C_{j0}} \quad (13)$$

Результати моделювання для Pd/GaAs і Pd/porousGaAs представлено на рис. 4, та визначено кореляційну залежність для між експериментальними даними та моделлю Pd/GaAs (рис. 5, а) і Pd/porousGaAs (40 мА) (рис. 5, б) достовірність апроксимації склала 98 % та 96%, що свідчить про гарний збіг експериментальних та теоретичних даних.

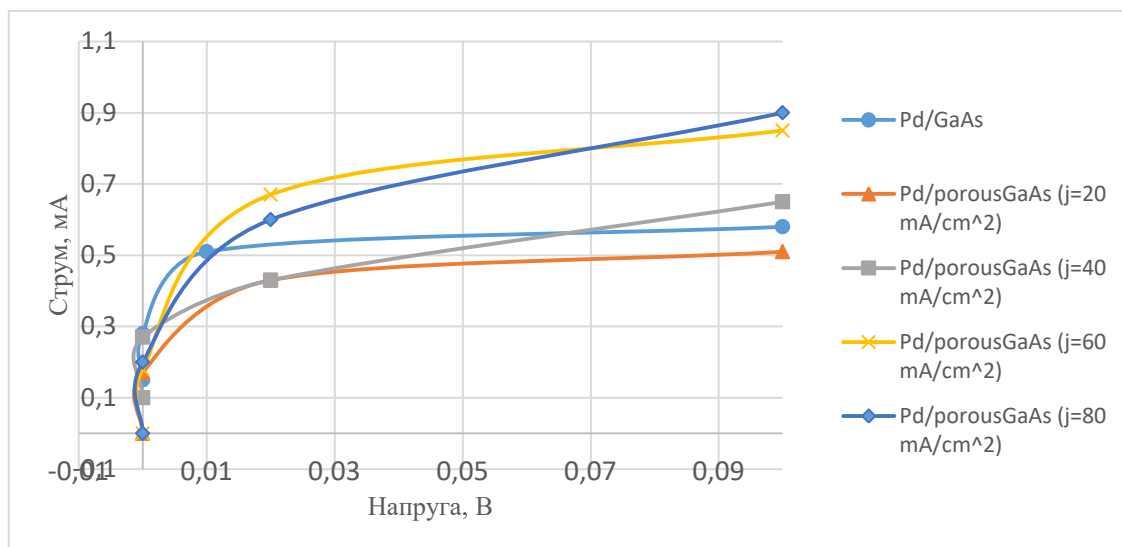
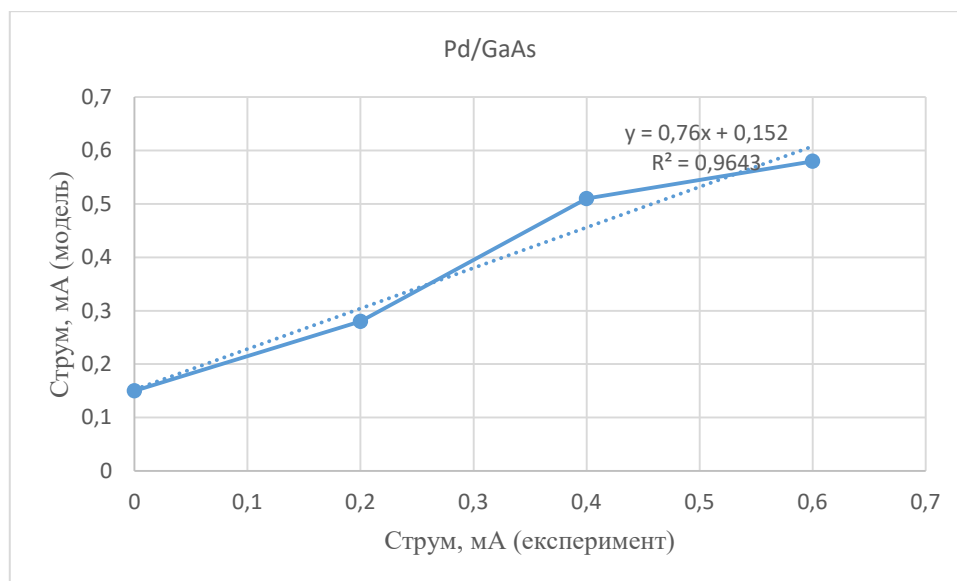
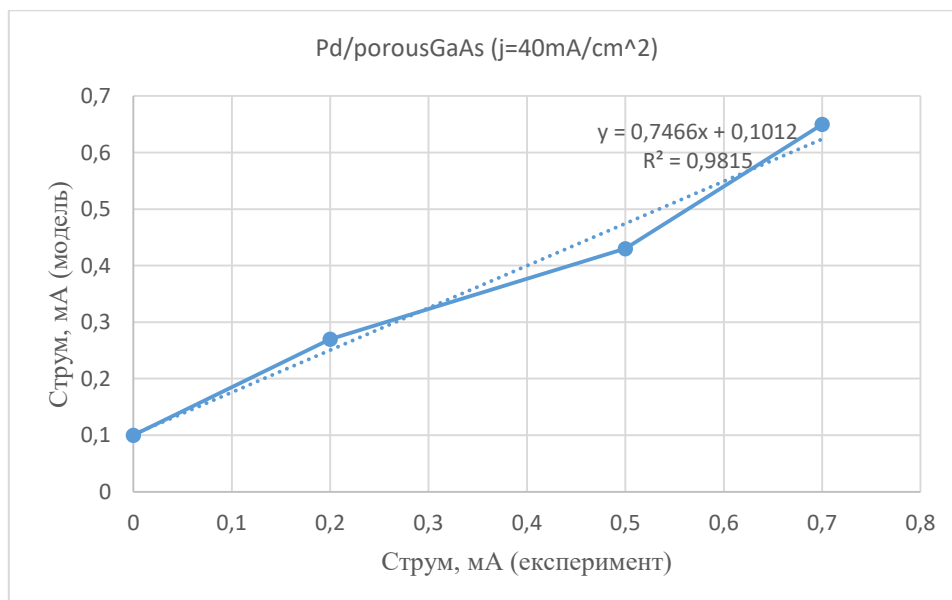


Рисунок 4 – Результати моделювання ВАХ діода Шотткі для структур Pd/GaAs і Pd/porousGaAs у напівлогарифмічному масштабі



а)



б)

Рисунок 5 – Графік залежності між експериментальним і розрахованим струмом

ВИСНОВКИ. Встановлено, що збільшення струму травлення призводить до погіршення параметрів діода Шотткі за рахунок збільшення послідовного опору R_S , який є ємнісним паразитним опором і призводить до омичних втрат у структурі.

Отримала подальший розвиток модель діоду Шотткі, яка відрізняється від існуючих врахуванням послідовного опору, що дозволило проводити розрахунки параметрів для діоду Шотткі з урахуванням поруватого шару.

Уточнено наукові дані про залежність струмів між експериментальними даними і моделлю для описаних вище режимів травлення, отриманий коефіцієнт кореляції склав 97%.

ЛІТЕРАТУРА

- Оскам Г., Натараджан А., Сірсон П. К., Росс Ф. М. Утворення поруватих GaAs в HF розчинах. *Прикладна наука про поверхню*. 1997. № 119. С. 160–168.
- Милованов Ю. С., Гаврильченко І. В., Кондратенко С. В., Оксанич А. П., Притчин С. Е., Когдась М. Г. Вплив адсорбції газу на опір поруватих GaAs (стаття). *Функціональні матеріали*. 2017. Т. 24. № 1. С. 52–55.
- Чен-Чіанг Ч., Лун-Чьен Ч. Гібридний фотоелектричний пристрій, заснований на нанопоруватих GaAs, використовуючи метал Ag нанорозмірну літографію. *Електрохімічне товариство*. 2011.
- Аверкієв Н. С., Казакова Л. П., Лебедев Е. А., Рудь Ю. В., Смірнов А. Н., Смірнова Н. Н. Оптичні та електричні властивості поруватого арсеніду галію. *Напівпровідники*. 2000. Т. 34. № 6. С. 732–736.
- Гапоненко С. В. Вступ до нанофотоники. Видавництво Кембриджського університету, 2010. 485 с.
- Фламанд Дж., Поортманс Д. GaAs як можливе антивідбиваюче покриття та оптичний дифузор для сонячних батарей. *Фізика твердого тіла*. 2005. Т. 202. № 8. С. 1611–1615.
- Салехі А., Нікфарджам А., Калантарі Д. Дж. Високочутливий датчик вологості з використанням контакту Шотткі Pd/Porous GaAs. *IEEE Сенсори*. 2006. Т. 6. № 6. С. 1415–1421.
- Ньюман Н., ван Шильфгаарде М., Кенделевич Т., Вільямс М. Д., Спайсер В. Е. Електричне дослідження бар'єрів Шотткі на атомно чистих поверхнях GaAs (100). *Фізичний огляд Б*. 1986. С. 1146–1159.
- Хен-Йонг Н., Ясуо Н. Контакт Шотткі Pd-on-GaAs: його висота бар'єру та реакція на водень. *Японський журнал прикладної фізики*. 1991.
- Канкая Г., Ебей Б. Характеристики напруги струму та ємності напруги бар'єрних діодів Шотткі Cd/p-GaTe під гідростатичним тиском. *Напівпровідникова наука і технології*. 2006. № 21. С. 124.
- Зце С. М., Фізика напівпровідникових пристроїв. 2-е вид. Нью-Йорк: Віллі, 1981.
- Кача А. Х., Аккаль Б., Бенамара З., Амрані М. та ін. Вплив шарів GaN та відпалу на електричні властивості в діодах Шотткі на основі нітридованих GaAs. *Надструктури та мікроструктури*. 2015. № 83.
- Вангер Л. Ф., Йонг Р. В., Сугерман А., Примітка про співвідношення між висотою бар'єрного шару Шотткі та коефіцієнтом ідеальності, визначеним за I-V вимірюваннями. *IEEE Електронні пристрої*. 1983. № 4.
- Чонг С. К., Чонг Н. В. ВАХ бар'єру Шотткі та рп-переходу – Невелике обчислення сигналу. *Листи прикладної фізики*. 1986. № 49. С. 85.
- Вернер Дж. Х. ВАХ бар'єру Шотткі та рп-переходу – Невелике обчислення сигналу. *Листи прикладної фізики*. 1988. № 47. С. 291.
- Чжан Б., Дунфенг Д., Інчун М., Фан Й., Чен С. Високопродуктивний подвоювач з частотою 220 ГГц, заснований на планарному варакторному діоді Шотткі. *Журнал електронних матеріалів*. 2019. Т. 48. № 6. С. 3603–3611.

MODELING AND INVESTIGATION OF SCHOTTKY DIODES BASED ON POROUS SEMICONDUCTORS

A. Oksanich, M. Kogdas, V. Chebenko, M. Maschenko, D. Ostrikovska

Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskyi National University

vul. Pershotravneva, 20, Kremenchuk, 39600, Ukraine. E-mail: kogdasMax@gmail.com

Purpose. The effect of morphology on the quality of Schottky contacts has not been sufficiently shown so there is a need for investigating the electrical properties (ideality factor (n), Schottky barrier height (ϕ_b) and series resistance (R_s)) of Schottky contact that was measured from the I-V characteristics. **Methodology.** Schottky contacts to n-GaAs: Si and n-porousGaAs: Si were formed by chemical deposition technique using a solution of 0,3 g PdCl_2 was mixed with 9 ml HCl (32%) and diluted with 9 ml H_2O , then this solution was mixed with 864 ml of glacial acetic acid and then 18 ml of HF (40%) was added with next stirring. The thickness of the obtained contact Pd / n-GaAs and Pd / porousGaAs was about 0.3 μm . The I-V characteristics of observable samples were shown to explain the nature of the observed effects in the Pd / n-GaAs and Pd / porousGaAs contacts. **Findings.** The obtained values of the ideal coefficient remain more than one for the contacts Pd / GaAs and Pd / porousGaAs. This is obviously due to defects caused by the presence of a thin insulating layer, the spontaneous formation of an oxide layer in the process of forming contacts between palladium and n-GaAs or porousGaAs. The ideal coefficient of Pd / porousGaAs is slightly higher than that of Pd / n-GaAs and depends on the etching mode, which is related to the heterogeneity of the interface between Pd and porousGaAs. **Originality.** A model of Schottky diode was proposed, which differs from the existing ones by taking into account the series resistance, it was made possible to calculate the parameters of the Schottky diode taking into account the porous layer. The scientific data on the dependence of the currents between the experimental data and the model for the described etching modes were clarified, and the obtained coefficient of correlation was 97%. **Practical value.** The structures of porous GaAs have different sensitivity and selectivity to different gases so have application in the development of gas sensors that can operate at room temperature and have high performance. **Conclusions.** It was established that an increase in the etching current leads to a deterioration of the Schottky diode parameters by increasing the series resistance R_s , that is a capacitive parasitic resistance and leads to ohmic losses in the structure.

Key words: semiconductor, GaAs, ideality, diode, Schottky, model.

REFERENCES

1. Gaponenko, S. V. (2010), Introduction to Nanophotonics, Cambridge University Press, 485 p.
2. Sze, S. M. (1981), Physics of Semiconductor Devices, 2nd ed., Wiley, New York.
3. Oskam, G., Natarajan, A., Searson, P. C., Ross, F. M. (1997), "The formation of porous GaAs in HF solutions Applied", *Surface Science*, vol. 119, pp. 160-168.
4. Milovanov, Y. S., Gavrilchenko, I. V., Kondratenko, S. V., Oksanich, A. P., Pritchin, S. E., Kogdas, M. G. (2017), "Influence of gas adsorption on the impedance of porous GaAs (Article)", *Functional Materials*, vol. 24, issue 1, pp. 52-55.
5. Cheng-Chiang, C., Lung-Chien, C. (2011), "Hybrid Photovoltaic Device Based on Nanoporous GaAs by Using Ag Metal-Assisted Nanoscale Lithography", *Journal of The Electrochemical Society*, vol. 158, iss. 12, pp. H1293-H1296.
6. Averkiev, N. S., Kazakova, L. P., Lebedev, É. A., Rud, Yu. V., Smirnov, A. N., Smirnova, N. N. (2000), "Optical and Electrical Properties of Porous Gallium Arsenide", *Semiconductors*, vol. 34, no. 6, pp. 732-736.
7. Flamand, G., Poortmans, J. (2005), "GaAs as a possible antireflective coating and optical diffusor for III-V solar cells", *Phys. stat. sol. (a)*, vol. 202, no. 8, pp. 1611-1615.
8. Salehi, A., Nikfarjam, A., Kalantari, D. J. (2006), "Highly Sensitive Humidity Sensor Using Pd/Porous GaAs Schottky Contact", *IEEE Sensors Journal*, vol. 6, no. 6, pp. 1415-1421.
9. Newman, N., van Schilfgaarde, M., Kendelewicz, T., Williams, M.D., Spicer, W. E. (1986), "Electrical study of Schottky barriers on atomically clean GaAs (100) surfaces", *Phys. Rev. B.*, pp. 1146-1159.
10. Heng-Yong, N., Yasuo, N. (1991), "Pd-on-GaAs Schottky Contact: Its Barrier Height and Response to Hydrogen", *Jpn. J. Appl. Phys.*, 30 (Part 1, No. 5), pp. 906-913.
11. Çankaya, G., Abay, B. (2006), "Current- and capacitance-voltage characteristics of Cd/p-GaTe Schottky barrier diodes under hydrostatic pressure", *Semicond.Sci.Technol.*, vol. 21, p. 124-130.
12. Kacha, A. H., Akkal, B., Benamara, Z., Amrani, M., et al. (2015), "Effects of the GaN layers and the annealing on the electrical properties in the Schottky diodes based on nitratedGaAs", *Superlatt. Microstruct.*, vol. 83, pp. 827-833.
13. Wanger, L. F., Yong, R. W., Sugerman, A. (1983), "A note on the correlation between the Schottky-diode barrier height and the ideality factor as determined from I-V measurements", *IEEE Electron. Dev. Lett.*, vol. 4, pp. 320-322.
14. Cheung, S. K., Cheung, N. W. (1986), "Extraction of Schottky diode parameters from forward current-voltage characteristics", *Appl. Phys. Lett.*, vol. 49, pp. 85-87.
15. Werner, J. H. (1988), "Schottky barrier and pn-junction I/V plots — Small signal evaluation", *Appl. Phys. A*, vol. 47, p. 291-300.
16. Zhang, B., Dongfeng, J., Yingcun, M., Fan, Y., Chen, X. A (2019), "High-Efficiency 220 GHz Doubler Based on the Planar Schottky Varactor Diode", *Journal of Electronic Materials*, vol. 48, no. 6, pp. 3603-3611.

Стаття надійшла 30.09.2019.