

ПРИМЕНЕНИЕ ПОРИСТЫХ СЛОЕВ GaAs ПРИ ИЗГОТОВЛЕНИИ ДИОДОВ ШОТТКИ

А. П. Оксанич, М. Г. Когдась, О. Г. Холод, М. А. Машенко

Кременчугский национальный университет имени Михаила Остроградского
ул. Первомайская, 20, г. Кременчуг, 39600, Украина. E-mail: kogdasMax@gmail.com

Уточнены научные данные о зависимости Φ_6 от приложенного напряжения в области смещений, ограниченной отрезками между 0,4...0,6 В, что приводит соответственно и к изменению фактора идеальности n . Установлено, что увеличение высоты барьера влияет на фактор идеальности. При рекомендуемом способе термической обработки барьерных переходов Pd/pog-GaAs значения фактора идеальности варьируются в диапазоне $n=1,39...1,42$, согласно результатам расчетов по ВАХ различными методами относительная погрешность измерений не превышает $\pm 2\%$. При небольшой протяженности экспоненциального участка ВАХ для определения высоты потенциального барьера предложенным методом является наиболее точным, поскольку он учитывает последовательное сопротивление и участок ВАХ при $V < kT/q$. Обнаружено, что основную погрешность в рассчитанные параметры в исследуемом диоде вносит несоответствие реальной ВАХ ее модели: температурная зависимость высоты барьера и зависимость фактора идеальности от напряжения.

Ключевые слова: полупроводник, пористость, GaAs, идеальность.

ЗАСТОСУВАННЯ ПОРУВАТИХ ШАРІВ GaAs ПРИ ВИГОТОВЛЕННІ ДІОДІВ ШОТТКИ

А. П. Оксанич, М. Г. Когдась, О. Г. Холод, М. А. Машенко

Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського
вул. Першотравнева, 20, м. Кременчук, 39600, Україна. E-mail: kogdasMax@gmail.com

Поруваті напівпровідникові матеріали мають унікальні хімічні і фізичні властивості через їх надзвичайно малий розмір і велике відношення поверхні до об'єму, тому вони відкривають альтернативні можливості для їх різних потенційних застосувань в оптоелектроніці, хімічному і біохімічному зондуванні. На відміну від електричних властивостей діодів Шоттки Pd/n-GaAs, які широко досліджені, електронні властивості Pd/pog-GaAs не вивчені досі, за винятком кількох публікацій, присвячених електричним характеристикам поруватих структур GaAs/p+-GaAs і Pd/поруватий-GaAs - датчик газу на основі діоду Шоттки. Включення поруватого GaAs в активний пристрій вимагає розуміння електричних і діелектричних характеристик складу. Тому вивчення електричних властивостей Pd/pog-GaAs/n-GaAs представляє великий інтерес, оскільки очікується збільшення ефективності поруватих електронних пристроїв на основі GaAs. Уточнено наукові дані про залежність Φ_6 від прикладеної напруги в області зсувів, обмеженою відрізком між 0,4...0,6 В, що призводить відповідно і до зміни фактору ідеальності n . Встановлено, що збільшення висоти бар'єру впливає на фактор ідеальності. При рекомендованому способі термічної обробки бар'єрних переходів Pd/pog-GaAs значення фактора ідеальності варіюються в діапазоні $n = 1,39...1,42$, згідно з результатами розрахунків по ВАХ різними методами відносна похибка вимірювань не перевищує $\pm 2\%$. При невеликій протяжності експоненціальної ділянки ВАХ для визначення висоти потенційного бар'єру запропонованим методом є найбільш точним, оскільки він враховує послідовний опір і ділянку ВАХ при $V < kT/q$. Виявлено, що основну похибку в розрахованих параметри в досліджуваному діоді вносить невідповідність реальної ВАХ до її моделі: температурна залежність висоти бар'єру і залежність фактору ідеальності від напруги. Зроблено висновок про те, що неідеальна залежність характеристик $I(V)$ виготовлених структур Pd/nGaAs та Pd/поруватий-GaAs виникає через наявність дефектів та окислу на поверхні пластин.

Ключові слова: напівпровідник, поруватість, GaAs, діод, Шоттки, ідеальність.

АКТУАЛЬНОСТЬ РАБОТЫ. Пористые полупроводники [1–7] вызвали большой интерес в последнее время, в первую очередь из-за возможности преднамеренной разработки свойств, которые невозможно получить в соответствующих полупроводниках. Эти материалы обладают уникальными химическими и физическими свойствами из-за их чрезвычайно малого размера и большого отношения поверхности к объему, поэтому они открывают альтернативные возможности для их различных потенциальных применений в оптоэлектронике, химическом и биохимическом зондировании. Среди пористых полупроводников пористый GaAs получил огромное внимание и наиболее интенсивно исследуется; однако неустойчивость физических свойств препятствует его применению в серийном производстве [8–10]. Исследование пористого GaAs также обусловлено его физическими свойствами, такими как термическая, механическая и химическая стабильность. Анодное травление является наиболее подхо-

дящей методикой для получения пористых слоев благодаря своей простоте и низкой стоимости изготовления. Кроме того, применение GaAs обусловлено его оптоэлектронными и высокоскоростными электронными свойствами из-за прямой оптической запрещенной зоны и высокой подвижности электронов [9, 10]. Диоды Шоттки являются наиболее широко используемыми выпрямляющими устройствами в электронной промышленности [10, 11], а также в последние десятилетия было установлено, что пористость непосредственно влияет на адсорбционные характеристики материала и поэтому такие диоды все чаще применяют как датчики газов [11, 12]. В отличие от электрических свойств диодов Шоттки Pd/n-GaAs, которые широко исследованы [10–13], электронные свойства Pd/pog-GaAs не изучены до сих пор, за исключением нескольких публикаций, посвященных электрическим характеристикам пористых структур GaAs/p+-GaAs [12] и Pd / пористому-GaAs-диодному датчику Шоттки [13].

Включение пористого GaAs в активное устройство требует понимания электрических и диэлектрических характеристик состав. Поэтому изучение электрических свойств Pd/por-GaAs/n-GaAs представляет большой интерес, поскольку ожидается увеличение эффективности пористых электронных устройств на основе GaAs.

МАТЕРИАЛ И РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ. При изучении работы диодов Шоттки на основе пор-GaAs наиболее важными параметрами являются высота потенциального барьера (Φ_0) и коэффициент идеальности (n). Первое определяет возможную величину обратных токов, а также свидетельствует о свойствах контакта. Коэффициент идеальности определяет степень отклонения вольт-амперной характеристики (ВАХ) диода Шоттки от идеальной модели. Для измерения названных двух ключевых параметров используются метод ВАХ [8, 12].

$$I = J_s [\exp\{\frac{eU}{kT}\} - 1] = S j_s [\exp\{\frac{eU}{kT}\} - 1] = SA^* T^2 \exp\{-\frac{\Phi_0}{kT}\} \exp\{\frac{eU}{kT}\} - 1]. \quad (1)$$

Таким образом, при положительных, относительно полупроводника, напряжениях на металле (прямая ветвь вольт-амперной характеристики) имеет место экспоненциальный рост тока через контакт, а при отрицательных напряжениях ток через контакт должен быть постоянным и равным току насыщения (обратная ветвь вольт-амперной характеристики). В реальных контактах с барьером Шоттки при обратном смещении ток, как правило, зависит от приложенного напряжения, что вызвано следующими причинами.

Во-первых, током термогенерации в области пространственного заряда контакта, которая растет примерно пропорционально корню квадратному из обратного напряжения.

Во-вторых, квантовомеханическим туннелированием электронов сквозь потенциальный барьер, при достаточно больших обратных напряжениях.

Уравнение (2) для прямой ветви вольт-амперной характеристики реального контакта МП (контакта с барьером Шоттки) при напряжениях больших, чем $3kT/q$ может быть записана в следующем виде:

$$I = S j_s \exp\{-\frac{qU}{nkT}\} \quad (3)$$

где S – площадь металлического барьерного электрода, U – напряжение от внешнего источника, приложенное к контакту в прямом направлении, $n = 1,02 - 1,2$ – коэффициент идеальности контакта.

Значение показателя идеальности n характеризует качество контакта и зависит от наличия и толщины диэлектрической прослойки между металлом и полупроводником, снижения высоты потенциального барьера за счет эффекта Шоттки и величины туннельного тока при прямом смещении.

Высота потенциального барьера Φ_0 определяется из прямой ветви ВАХ контакта МП следующим образом [12].

Оценка высоты барьера возможна путём измерения прямого напряжения, при котором ВАХ выходит на линейный участок. При комнатной температуре такая оценка является достаточно грубой, т.к. линейная зависимость $I(U)$ может наблюдаться и до напряжения плоских зон за счёт большой концентрации носителей с энергией, превышающей $e(\Phi_0 - U)$.

Результирующую плотность тока через контакт $j = j_{sc} - j_M$ можно записать следующим образом:

$$j = j_s [\exp\{-\frac{eU}{kT}\} - 1], \quad (1)$$

где $j_s = A^* T^2 \exp\{-\frac{\Phi_B}{kT}\}$ – так называемая плотность тока насыщения.

Полный ток через диод I получим, умножив правую часть уравнения (1) на площадь барьерного контакта S

$$I = S j_s [\exp\{\frac{eU}{kT}\} - 1] = SA^* T^2 \exp\{-\frac{\Phi_0}{kT}\} \exp\{\frac{eU}{kT}\} - 1]. \quad (2)$$

Аппроксимируем прямую ветвь вольт-амперной характеристики в полулогарифмическом масштабе $y = \lg I$, $x = U$ отрезком прямой линии

$$y = ax + b. \quad (4)$$

Таким образом, имеем:

$$b = \lg[I(U = 0)] = \lg I_s = \lg(S j_s). \quad (5)$$

Рассчитываем значения плотности тока насыщения j_s и высоты потенциального барьера Φ_B по следующим формулам.

$$j_s = \frac{10^b}{S}, \quad (6)$$

$$\Phi_0 = \frac{kT \ln[SA^* T^2]}{I_s} = kT \ln(10) [\lg(SA^* T^2) - b]. \quad (7)$$

Коэффициент идеальности контакта n можно определить из формулы (3).

$$n = \frac{e}{kT} \left[\frac{d(\ln I)}{dU} \right]^{-1} = \frac{1}{\ln(10)} \frac{e}{kT} \left[\frac{d(\lg I)}{dU} \right]^{-1} \quad (8)$$

$$n = \frac{1}{\ln(10)} \frac{e}{kT} \left[\frac{dy}{dx} \right]^{-1}. \quad (9)$$

В реальном контакте МП его ВАХ близка к экспоненциальной лишь при малых плотностях тока. При увеличении прямого напряжения рост плотности тока замедляется. При больших прямых напряжениях плотность тока через контакт возрастает линейно с ростом напряжения. Этот линейный участок ВАХ называется омическим, так как здесь ток ограничивается последовательным сопротивлением полупроводниковой подложки R_S . Прямой ток создает на этом сопротивлении падение напряжения $U_r = IR_S$. ВАХ контакта в следующем виде

$$I = S j_s \exp\left\{\frac{e(U - R_s I)}{nkT}\right\}. \quad (10)$$

при температурі 350 °С в газообразному азоті в течение 3 мин.

Из уравнения (10) следует, что, выделив на ВАХ структуры МП линейный участок, можно определить последовательное сопротивление R_s .

$$R_s = \left(\frac{dI}{dU}\right)^{-1}. \quad (11)$$

Для изготовления диодов Шоттки (рис. 1) применялись пластины n-GaAs (100) легированные оловом. Перед анодным травлением пластины подвергались химической очистки стандартными методами с использованием трихлорэтилена, ацетона и метанола последовательно и после очистки промывали дионизированной водой.

Конструктивно предложенные диоды изготавливались следующим образом (рис. 2, а). До начала процесса получения пористого слоя арсенида галлия на обратной стороне пластины методом вакуумного испарения напылялся слой Ag-Ge/Ni/Ag (100 нм / 10 нм / 100 нм), диаметром 1 см, для получения омического контакта. Далее пластина отжигалась

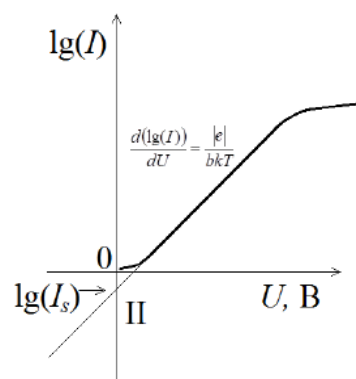


Рисунок 1 – Расчёт параметров диода Шоттки по ВАХ

Далее методом анодного травления получали пористый слой, характеристики пластины, а также режим травления представлено в табл. 1.

Таблица 1 – Режимы анодного травления

№ п/п	Параметры пластин GaAs			Параметры электрохимического процесса	
	Тип проводимости GaAs	Параметры	Кристаллографическая ориентация	Состав электролита	J, мА/см ²
1	n	n = 4,55x10 ¹⁷ см ⁻³ μ = 3090 см ² /(В·с) R = 1,33x10 ⁻² Ом/см ²	(100)	H ₂ SO ₄ :H ₂ O=1:1	20

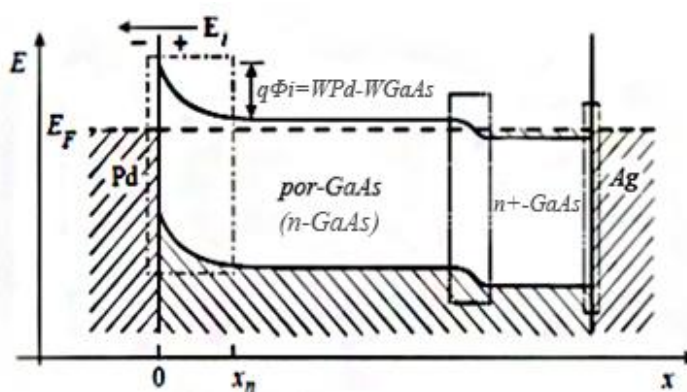
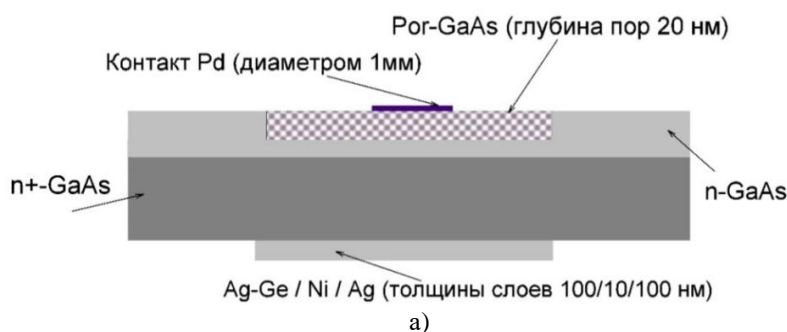


Рисунок 2 – Вид в разрезе (а) диода Шоттки; зонная диаграмма диода вдоль оси x, перпендикулярной плоскости барьера палладий/GaAs (б). Элементы структуры показаны условно

Палладій осадили на катодному участку з використанням методу хімічного осадження, щоб отримати контакт Шоттки діаметром 1 мм з товщиною около 100 нм. Це було зроблено як на пористих, так і на непористих пластинах арсеніда галію. Для осадження Pd використовувався наступний розчин $\text{PdCl}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ (1,2 г: 1,0 л) в HCl (40 %) при температурі 70 °С. Хімічно осаджені плівки палладію не підвергалися процедурі отжига.

На рис. 2, б показана зонна діаграма діода Шоттки вздовж осі x, що проходить через центр діода і перпендикулярній площині розділу Pd/por-GaAs/n-GaAs (масштаб по осі x не дотримано). Пунктирним контуром виділені омическі контакти por-GaAs (n-GaAs)/n+-GaAs і n+-Si/Ag,

штрихпунктирним – випрямляючий контакт Шоттки Pd/por-GaAs.

Для порівняння отриманих характеристик на пластині GaAs, з такими ж характеристиками, без пористого шару також був створений діод Шоттки.

Для розрахунку використані наступні початкові дані: температура контакту – 300 К, площа контакту – 0,075 cm^2 , постійна Річардсона – 120 $\text{A} \cdot \text{cm}^2 \cdot \text{K}^2$.

Схема електрична структурна вимірювання характеристик діода Шоттки на основі GaAs і por-GaAs представлена на рис. 3.

Вольт-амперні характеристики для обох пластинок представлено на рис. 4.

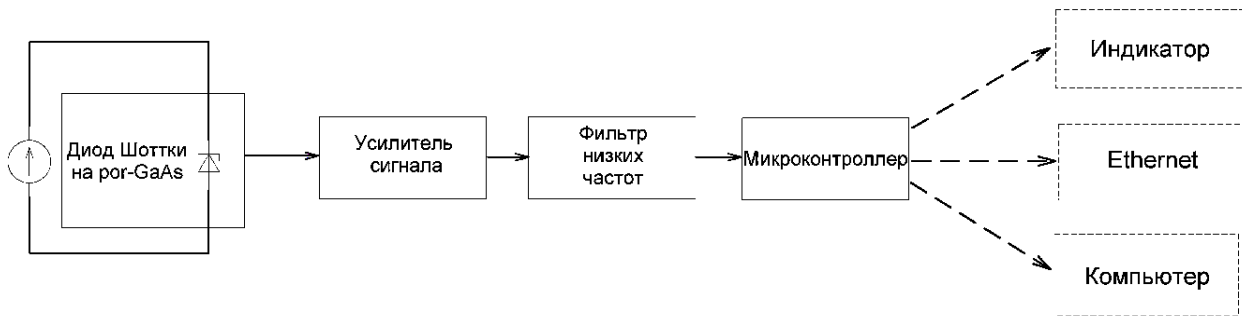


Рисунок 3 – Схема електрична структурна вимірювання характеристик діода Шоттки на основі por-GaAs

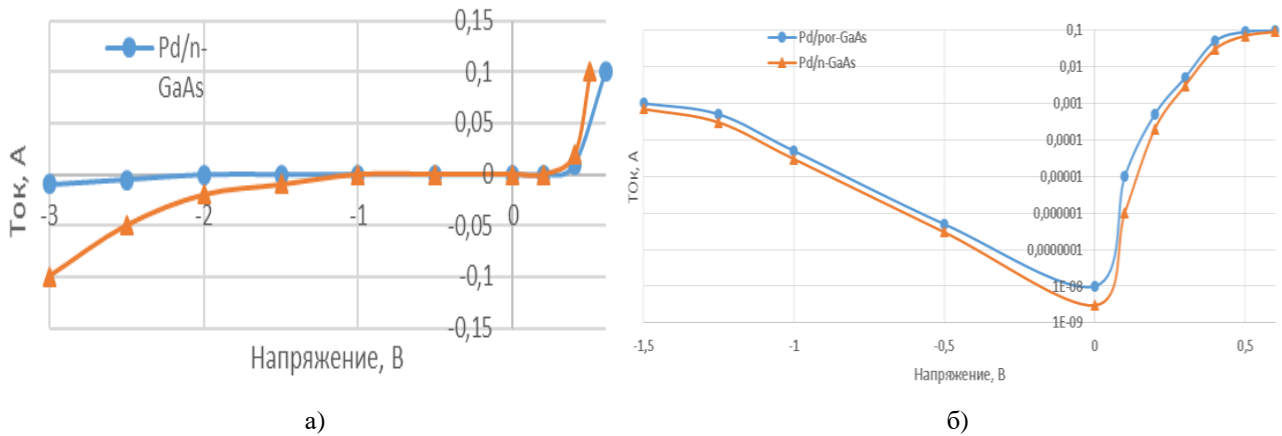
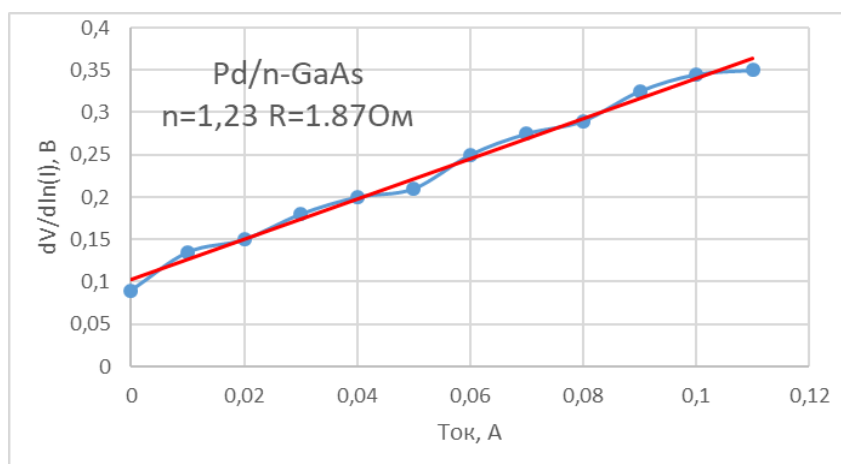


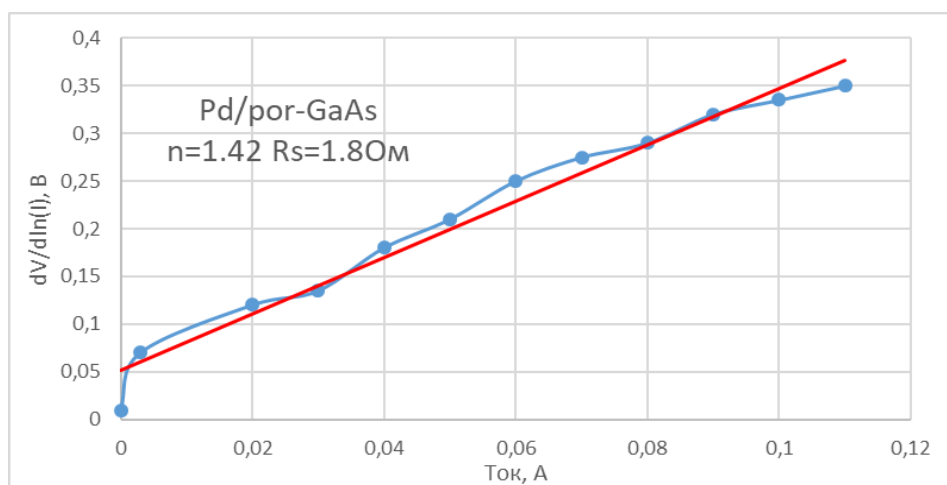
Рисунок 4 – Залежність струму від напруги структур Pd/n-GaAs і Pd/por-GaAs (а) лінійний масштаб і (б) напівлогіарифмічний

Виходячи з отриманих ВАХ були розраховані коефіцієнт ідеальності і послідовне опір для структур Pd/n-GaAs ($n = 1,23$, $R_s = 1,87 \text{ Ом}$) і Pd/por-GaAs ($n = 1,42$, $R_s = 1,8 \text{ Ом}$). Використовуючи отримане значення n і згідно з рівнянням (10), була розрахована висота бар'єра Φ_b . Отримані значення Φ_b для структур Pd/n-GaAs і Pd/por-GaAs, відповідно рівні $\Phi_b = 0,494 \text{ В}$ і $\Phi_b = 0,522 \text{ В}$.

Таким чином, обчислена висота бар'єра Φ_b Pd/por-GaAs/n+-GaAs вище, ніж у Pd/n-GaAs/n+-GaAs. Це пов'язано з тим, що ширина смуги пористого GaAs вище, ніж у початкового кристалічного GaAs, і 80% зсуву забороненої зони відбувається в зоні провідності [13]. Тоді різниця між рівнем Фермі і зоною провідності на межі розділу Pd/por-GaAs/n+-GaAs (Φ_b) вище, ніж на межі Pd/n-GaAs/n+-GaAs (рис. 5).



а)



б)

 Рисунок 5 – Экспериментальные графики $dV/d\ln(I)$ по сравнению с I для структуры Pd/n-GaAs (а) и для структуры Pd/porous-GaAs (б)

Полученные низкоуровневые сопротивления структур Pd/n-GaAs и Pd/porous-GaAs обусловлены малой толщиной пористого слоя GaAs и низким сопротивлением начальной сильно легированной n-типа подложки GaAs.

Значения расчета коэффициента идеальности, последовательного сопротивления и высоты барьера по методу, представленному в данной работе, округленные до 2-го знака, а также данные расчета параметров по методу Sze [8] и по методу Williams [12] для Pd/por-GaAs представлены в табл. 2.

Таблица 2 – Параметры перехода Pd/por-GaAs, рассчитанные различными методами

Метод расчёта	n	ϕ_B , В	R_s , Ом
Данный метод	1,42	0,52	1,8
Williams [8]	1,39	0,51	
Sze [12]	1,4	0,52	

Исследования показали, что для определения высоты потенциального барьера при небольшой протяженности экспоненциального участка ВАХ метод аппроксимации является наиболее точным, поскольку он учитывает последовательное сопротивление и участок ВАХ при $V < kT/q$.

Нелинейный характер зависимости Φ_0 от приложенного напряжения проявляется в области смещений, ограниченной отрезками между 0,4...0,6 В, что приводит соответственно и к изменению фактора идеальности n .

Высота барьера, определяемая из измерения $I(V)$, является чувствительной к напряжению. На основе приведенных выше обсуждений приведенная схематическая диаграмма зон Pd/por-GaAs/n+-GaAs выше, чем у Pd/n-GaAs/n+-GaAs представлена на рис. 6. Более того, интерфейсные состояния и межфазный слой на границе раздела Pd/n-GaAs и Pd/porous-GaAs могут играть важную роль в определении электрических параметров исследуемых устройств, поскольку наличие состояний раздела приводит к тому, что смещение вперед отклоняется от идеального.

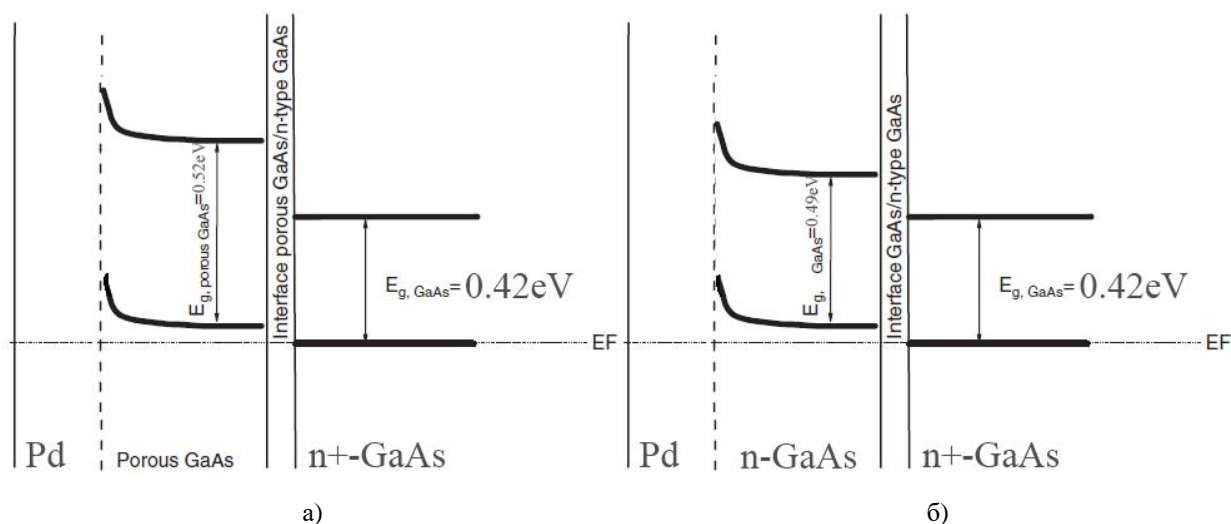


Рисунок 6 – Зонная діаграма діода Шоттки бар'єра палладій/por-GaAs (а), зонная діаграма діода Шоттки бар'єра палладій/GaAs (б)

ВЫВОДЫ. Уточнены научные данные о зависимости Φ_b от приложенного напряжения в области смещений, ограниченной отрезками между 0,4...0,6 В, что приводит соответственно и к изменению фактора идеальности n .

Установлено, что увеличение высоты барьера влияет на фактор идеальности. При рекомендуемом способе термической обработки барьерных переходов Pd/por-GaAs значения фактора идеальности варьируются в диапазоне $n=1,39...1,42$, согласно результатам расчетов по ВАХ различными методами относительная погрешность измерений не превышает $\pm 2\%$.

При небольшой протяженности экспоненциального участка ВАХ для определения высоты потенциального барьера предложенным методом является наиболее точным, поскольку он учитывает последовательное сопротивление и участок ВАХ при $V < kT/q$.

Обнаружено, что основную погрешность в рассчитанные параметры в исследуемом диоде вносит несоответствие реальной ВАХ ее модели: температурная зависимость высоты барьера и зависимость фактора идеальности от напряжения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Shor J.S., Grimberg I., Weiss B.Z., Kurtz A.D. Direct observation of porous SiC formed by anodization in HF. *Appl. Phys. Lett.* 1993. V. 62. P. 2836-2838.
2. Takizawa T., Arai S., Nakahara M. Porous β -SiC Fabrication by Electrochemical Anodization. *Jpn. J. Appl. Phys.* 1992. V. 32. P. 3148-3149.
3. Kumino E., Amiotto M., Takizawa T., Arai S. Anisotropic Refractive Index of Porous InP Fabricated by Anodization of (111)A Surface. *Jpn. J. Appl. Phys.* 1995. V. 1 (34). P. 177-178.

4. Belogrokhov A.I., Karavanskii V.A., Obraztsov A.N., Timoshenko V.Y. Intense photoluminescence in porous gallium phosphide. *JETP Lett.* 1994. V. 60. P. 274-275.

5. Meyerink A., Bol A.A., Kelly J.J. The origin of blue and ultraviolet emission from porous GaP. *Appl. Phys. Lett.* 1996. V. 69. P. 2801-2803.

6. Sabataityte J., Simkiene I., Bendorius R.A., Grigoras K., Jasutis V., Pacebutas V., Tvardauskas H., Naudzius, K. Morphology and strongly enhanced photoluminescence of porous GaAs layers made by anodic etching. *Mater. Sci. Eng.* 2002. V. 19, Iss. 1-2. P. 155-159.

7. Lockwood D.J., Schmuki P., Labbe H.J., Fraser J.W. Optical properties of porous GaAs. *Physica E.* 1999. V.4. P. 102-110.

8. Rhoderick, E.H., and Williams, R.H. *Metal-Semiconductor Contacts*, 2nd ed. Clarendon: Oxford, 1988. 272 p.

9. Tung R.T. Recent Advances in Schottky Barrier Concepts. *Mater. Sci. Eng.* 2001. V. 35. P. 1-138.

10. Tsamis C., Tsoura L., Nassiopoulou A. G., Travlos A., Salmas C.E., Hatzilyberis K. S., Androutsopoulos G. P. Hydrogen catalytic oxidation reaction on Pd-doped porous silicon. *IEEE Sensors.* 2002. V. 2. P. 89-95.

11. Seo H., Endoh T., Fukuda H., Nomura S. Highlysensitive MOSFET gas sensor with porous platinum gate electrode. *Electron. Lett.* 1997. V. 33. P. 535-536.

12. Sze S.M., Ng K.K. *Physics of Semiconductor Devices*, 3rd Edition. Hoboken : A John Wiley & Sons Inc., 2007. 832 p.

13. Salehi A., Nikfarjam A., Kalantari D.J. Pd/porous-GaAs Schottky contact for hydrogen sensing application. *Sensors Actuators B.* 2006. V. 113. P. 419-427.

APPLICATION OF POROUS GaAs IN THE MANUFACTURE OF SCHOTTKY DIODES

A. Oksanich, M. Kogdas, O. Holod, M. Maschenko

Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskyi National University

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

Purpose. To study the electrical properties of Pd / por-GaAs / n-GaAs. It is of great interest since the efficiency of porous electronic devices based on GaAs is expected to increase. The electrochemistry of Si (and of other semiconductors) exhibits a large range of peculiar phenomena, many of which are not well understood at present. In contrast to the electrical properties of Pd/n-GaAs Schottky diodes which are vastly investigated, the electronic properties of Pd/porous GaAs have not been studied until now except a few number of publications dealing with electrical characteristics of porous GaAs/p+-GaAs structures and Au/porous-GaAs Schottky diode gas sensor.

Methodology. When studying the work of Schottky diodes based on por-GaAs, the most important parameters are the height of the potential barrier (Φ_b) and the ideality coefficient (n). The first determines the possible magnitude of the reverse currents, and also indicates the properties of the contact. The coefficient of ideality determines the degree of deviation of the current-voltage characteristic (CVC) of a Schottky diode from an ideal model. To measure these two key parameters, the I-V method.

Results. The increase in barrier height affects the factor of ideality. With the recommended method of thermal treatment of Pd / por-GaAs barrier transitions, the ideality factor values vary in the range $n = 1.39 \dots 1.42$, according to the results of calculations for the I-V characteristics by different methods, the relative error of measurements does not exceed $\pm 2\%$. The obtained barriers height potential from I(V) measurements are lower than those calculated from the expected theoretical work function difference between isolated Pd metal and n-type porous GaAs and n+-GaAs semiconductors, which demonstrated the consistency of the presence of interface states.

Originality. The main error in the calculated parameters in the investigated diode is made by the discrepancy between the real I-V characteristic of its model: the temperature dependence of the height of the barrier and the dependence of the ideality factor on the voltage.

The practical value. The proposed method will improve the quality produced by por-GaAs, which is used in the manufacture of various gas sensors.

Keywords: semiconductor, porous, GaAs, diode, Schottky.

REFERENCES

- Shor, J.S., Grimberg, I., Weiss, B.Z., Kurtz, A.D. (1993), "Direct observation of porous SiC formed by anodization in HF", *Appl. Phys. Lett.*, Vol. 62 pp. 2836-2838.
- Takizawa, T., Arai, S., Nakahara, M. (1992), "Porous β -SiC Fabrication by Electrochemical Anodization", *Jpn. J. Appl. Phys.*, Vol. 32, pp. 3148-3149.
- Kumino, E., Amiotto, M., Takizawa, T., Arai, S. (1995), "Anisotropic Refractive Index of Porous InP Fabricated by Anodization of (111)A Surface", *Jpn. J. Appl. Phys. Appl. Phys.*, Vol. 1 (34), pp. 177-178.
- Belogrokhov, A.I., Karavanskii, V.A., Obraztsov, A.N., Timoshenko, V.Y. (1994), "Intense photoluminescence in porous gallium phosphide", *JETP Lett.*, Vol. 60, pp. 274-275.
- Meyerink, A., Bol, A.A., Kelly, J.J. (1996), "The origin of blue and ultraviolet emission from porous GaP", *Appl. Phys. Lett.*, Vol. 69, pp. 2801-2803.
- Sabataityte, J., Simkiene, I., Bendorius, R.A., Grigoras, K., Jasutis, V., Pacebutas, V., Tvardauskas, H., Naudzius, K. (2002), "Morphology and strongly enhanced photoluminescence of porous GaAs layers made by anodic etching", *Mater. Sci. Eng.*, Vol. 19, Iss. 1-2, pp. 155-159.
- Lockwood, D.J., Schmuki, P., Labbe, H.J., Fraser, J.W. (1999), "Optical properties of porous GaAs", *Physica E*, Vol. 4, pp. 102-110.
- Rhoderick, E.H., Williams, R.H. (1988), "Metal-Semiconductor Contacts", 2nd ed., Oxford: Clarendon.
- Tung, R.T. (2001), "Recent Advances in Schottky Barrier Concepts", *Mater. Sci. Eng.*, Vol. 35, pp. 1-138.
- Tsamis, C., Tsoura, L., Nassiopoulou, A.G., Travlos, A., Salmas, C.E., Hatzilyberis, K.S. Androtsopoulos, G.P. (2002), "Hydrogen catalytic oxidation reaction on Pd-doped porous silicon", *IEEE Sensors*, Vol. 2, pp. 89-95.
- Seo, H., Endoh, T., Fukuda, H., Nomura, S. (1997), "Highly sensitive MOSFET gas sensor with porous platinum gate electrode" *Electron. Lett.*, Vol. 33, pp. 535-536.
- Sze, S.M., Ng, K.K. (2007), "Physics of Semiconductor Devices", 3rd Edition, Hoboken: A John Wiley & Sons Inc.
- Salehi, A., Nikfarjam, A., Kalantari, D.J. (2006), "Pd/porous-GaAs Schottky contact for hydrogen sensing application" *Sensors Actuators B*, Vol. 113, pp. 419-427.

Стаття надійшла 12.02.2018.