

О.Б. Кондрат, Н.І. Попович, М.І. Довгошей

Явища перенесення носіїв заряду в гетероструктурах кристал Si-Bi-аморфна плівка $\text{Ge}_{33}\text{As}_{12}\text{Se}_{55}$

*Ужгородський національний університет, Підгірна., 46, Ужгород, 88000, Україна
Тел.: (03122) 3 23 18; e-mail: moshenec@rambler.ru*

У роботі наведені результати дослідження електрофізичних властивостей гетероструктур $\text{Ge}_{33}\text{As}_{12}\text{Se}_{55}$ - Si(n), отриманих дискретним термічним напиленням з комірок Кнудсена, з перехідним шаром, модифікованим атомами вісмуту. Визначено механізм перенесення заряду в цих гетероструктурах. Показано, що бар'єр для дірок на межі поділу відсутній. Побудовано енергетичну діаграму гетероструктури $\text{Ge}_{33}\text{As}_{12}\text{Se}_{55}$ - Si(n). Встановлено, що в структурах з модифікованим перехідним шаром зникає м'який пробій, зумовлений перенесенням електронів при зворотньому зміщенні. Бар'єр для електронів на межі поділу складає 0,62 еВ. Показано, що при виготовленні гетероструктури з модифікованим перехідним шаром необхідно напилювати плівку $\text{Ge}_{33}\text{As}_{12}\text{Se}_{55}$ товщиною не менше 0,4 мкм. Виявлено, що при модифікації перехідної області наночастиною Ві відбувається перехід від різкого до плавного переходу, що зумовлено дифузєю металу у приповерхневі шари та подальшим збільшенням області просторового заряду.

Ключові слова: гетероструктура, модифікований перехідний шар, вольт-амперна характеристика, вольт-фарадна характеристика, енергетична діаграма.

Стаття постуила до редакції 21.09.2004; прийнята до друку 24.11.2004.

Вступ

Плівки $\text{Ge}_{33}\text{As}_{12}\text{Se}_{55}$ застосовуються в якості оптичних покриттів ІЧ-техніки завдяки прозорості в області довжин хвиль 1-12 мкм та стійкості до дії агресивних середовищ. Такі плівки використовувались також для зменшення зворотніх струмів кремнієвих діодних структур [1].

Однією з відмінностей між гомо- та гетеропереходами є утворення в останніх перехідних шарів на межі поділу двох різних напівпровідників. Перехідні шари суттєво впливають на характеристики гетеропереходів, як правило, погіршуючи їх. Виникнення перехідних областей залежить від технологічних умов та методу виготовлення структур. Одним із шляхів покращення властивостей гетероструктури є модифікація перехідного шару, яка полягає у введенні невеликої кількості домішки на поверхню поділу напівпровідників. Важливим залишається питання вибору матеріалу для модифікації. Наша увага була спрямована на використання у якості модифікатора вісмуту Ві. Відомо, що вісмут має найбільший серед металів коефіцієнт дифузії, а також може призводити до інверсії знаку основних носіїв заряду ХСН [2]. Раніше досліджувалася модифікація перехідної області гетероструктури Si(p)- $\text{Ge}_{33}\text{As}_{12}\text{Se}_{55}$ металами Cu, Pb, Sb, In, Bi [3]. Модифікація перехідної області

таких структур атомами Ві дає найкращі значення коефіцієнтів випрямлення, проте у цьому випадку суттєвим недоліком є виникнення м'якого пробою при зворотніх зміщеннях.

До цих пір ще не до кінця вивченим залишався вплив перехідного шару на електрофізичні властивості гетеропереходу Si(n)- $\text{Ge}_{33}\text{As}_{12}\text{Se}_{55}$. Тому мета даної роботи полягала у дослідженні впливу модифікації перехідної області на електрофізичні властивості гетероструктур аморфна плівка $\text{Ge}_{33}\text{As}_{12}\text{Se}_{55}$ - Si(n).

I. Методика дослідження

Для дослідження вольт-амперних характеристик (ВАХ) експериментальних зразків змінна напруга у формі трикутних імпульсів подавалася на структуру від генератора сигналів і записувалася самописцем. Струм, що протікає через зразок, підсилювався і подавався на самописець. Окремі точки ВАХ знімалися за допомогою джерела постійної напруги, вольтметра та підсилювача. Напруга вимірювалась в межах 0,001-5 В з точністю 2 %, а величина струму – в інтервалі 10^{-13} - 10^{-4} А з похибкою 3 %.

Для дослідження вольт-фарадних характеристик (ВФХ) на зразки подавалася напруга $U_{3M}+U_i$, що керує ємністю гетероструктури. Вона створювалася джерелом зміщення (U_{3M}) і генератором (U_i). Напруга

$U_{зм}$ вимірювалася при вимкненому генераторі вольтметром з точністю 2%. Вимірювання ємності проводилось на частоті 1 кГц. Нуль-індикатор використовувався для компенсації моста. Цим способом виміряна також залежність активної компоненти провідності гетероструктури від напруги зміщення. Точність вимірювання ємності за даною методикою становить 2%.

II. Результати дослідження гетероструктур Si(n) - аморфна плівка $Ge_{33}As_{12}Se_{55}$ з модифікованим Ві перехідним шаром

3.1. Вольт-амперні характеристики

На рис. 1 наведені вольт-амперні характеристики структури Sb-Si(n)- $Ge_{33}As_{12}Se_{55}$ -Sb без модифікації перехідного шару (а) та з перехідним шаром, модифікованим вісмутом Ві (б). Товщина плівки

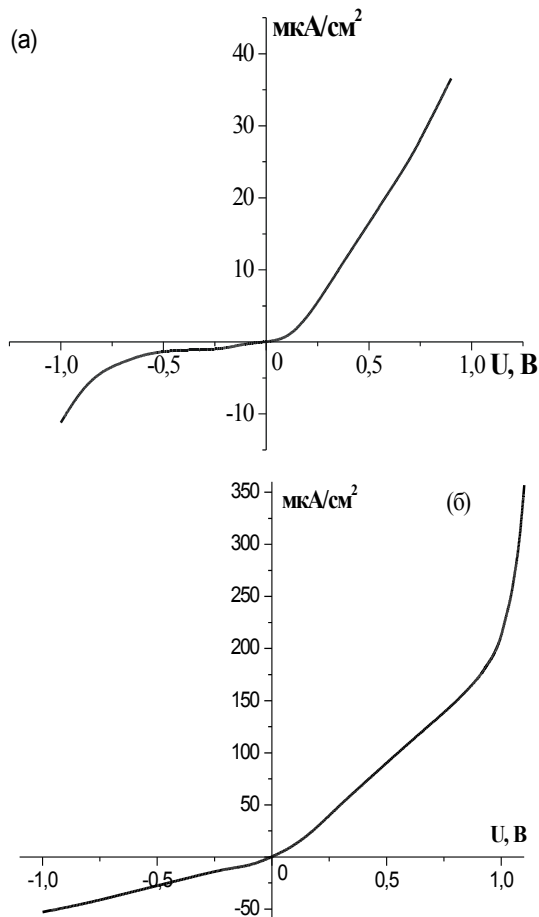


Рис. 1. ВАХ структури Sb-Si(n)- $Ge_{33}As_{12}Se_{55}$ -Sb (додатня напруга прикладена до Si, товщина плівки $Ge_{33}As_{12}Se_{55}$ дорівнює 0,2 мкм): (а) - без модифікації перехідного шару, (б) - з перехідним шаром, модифікованим Ві (Sb-Si(n)-Bi- $Ge_{33}As_{12}Se_{55}$ -Sb).

$Ge_{33}As_{12}Se_{55}$ складала 0,2 мкм. Вибір Sb в якості матеріалу для електродів обумовлений тим, що він

утворює з плівкою $Ge_{33}As_{12}Se_{55}$ [3-5] та Si(n) [6] інжектуючі контакти. Вибір Ві у якості модифікатора обумовлений тим, що вісмут може змінювати тип провідності ХСН з р-типу на n-тип [3]. Бачимо, що наночар Ві дійсно відіграє роль модифікаційного.

Як видно з рис. 1, модифікація перехідного шару вісмутом призводить до значного збільшення струму, який протікає через структуру, що частково пояснюється зменшенням ефективної товщини високоомної плівки $Ge_{33}As_{12}Se_{55}$ та зменшенням товщини (або повним нівелюванням) шару SiO_2 на поверхні кремнію внаслідок дифузії Ві. Введення модифікаційного шару Ві також призводить до якісних змін вигляду ВАХ що свідчить про зміну механізму переносу носіїв заряду у структурі.

3.2. Вольт-фарадні характеристики

Дослідження вольт-фарадних характеристик (ВФХ) гетероструктур дозволяє робити висновки про однорідність розподілу домішок в напівпровідниках [7], аналізувати поверхневі стани на межі розділу [8], а також оцінити ефективну висоту бар'єру перехідної області [8,9].

На рис. 2 наведені ВФХ структур Sb-Si(n)- $Ge_{33}As_{12}Se_{55}$ -Sb (крива 1) та Sb-Si(n)-Bi- $Ge_{33}As_{12}Se_{55}$ -Sb з перехідним шаром, модифікованим вісмутом (криві 2,3). Введення атомів вісмуту у модифікаційний шар призводить до зменшення ємності структури та зміщення максимуму в область додатних значень напруги, а також до його розмиття (рис. 2).

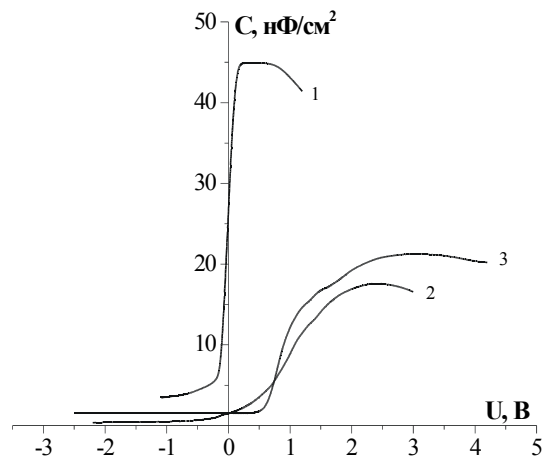


Рис. 2. ВФХ структур Sb-Si(n)- $Ge_{33}As_{12}Se_{55}$ -Sb (крива 1) та Sb-Si(n)-Bi- $Ge_{33}As_{12}Se_{55}$ -Sb з модифікованим Ві перехідним шаром: крива 2 – плівка $Ge_{33}As_{12}Se_{55}$ товщиною 0,2 мкм; крива 3 – плівка $Ge_{33}As_{12}Se_{55}$ товщиною 0,5 мкм (додатня напруга прикладена до кремнію).

У результаті дослідження ВФХ структур Sb-Si(n)-Sb та Sb-Si(n)-Bi встановлено, що наявність бар'єру на межі поділу Si(n)- $Ge_{33}As_{12}Se_{55}$ вносить визначальний вклад у ВФХ і, відповідно, змінює властивості гетеропереходу Sb-Si(n)-Bi- $Ge_{33}As_{12}Se_{55}$ -Sb.

III. Обговорення результатів

Відмінність у ВАХ структур Sb-Si(n)-Bi-Ge₃₃As₁₂Se₅₅-Sb з різною товщиною плівки Ge₃₃As₁₂Se₅₅ можна пояснити таким чином. Коефіцієнт випрямлення залежить від товщини напиленої плівки [8], що пояснюється наявністю області об'ємного заряду у плівці. Значення коефіцієнту випрямлення максимальне у випадку, коли увесь об'ємний заряд, спричинений контактною різницею потенціалів, вкладається у товщину плівки. При подальшому збільшенні товщини плівки збільшується послідовний опір переходу, що обмежує прямий струм, а це, у свою чергу, призводить до зменшення коефіцієнту випрямлення. Аналізуючи ВАХ (рис. 1, б) та величини коефіцієнтів випрямлення (таблиця 1), можна стверджувати, що з поправкою на дифузію Ві область об'ємного заряду, а відповідно й величина проникнення контактного поля у р-область лежить у межах від 0,2 до 0,5 мкм. Так як для плівки Ge₃₃As₁₂Se₅₅ товщиною 0,2 мкм коефіцієнт випрямлення менший, ніж при товщині 0,5 мкм, то товщина плівки недостатня для розміщення всього об'ємного заряду. Для плівки товщиною 0,5 мкм спостерігається зменшення величини прямого струму в порівнянні з

Таблиця 1

Коефіцієнти випрямлення досліджуваних структур при напрузі 0.3 В.

Структура	Товщина плівки Ge ₃₃ As ₁₂ Se ₅₅ , мкм	Коефіцієнт випрямлення
Sb-Si(n)-Ge ₃₃ As ₁₂ Se ₅₅ -Sb	0,2	7
Sb-Si(n)-Bi-Ge ₃₃ As ₁₂ Se ₅₅ -Sb	0,2*	2,7
Sb-Si(n)-Bi-Ge ₃₃ As ₁₂ Se ₅₅ -Sb	0,5*	82,4

* – з поправкою на дифузію вісмуту.

гетероструктурами, товщина плівки Ge₃₃As₁₂Se₅₅ в яких складала 0,2 мкм. Отже, у цьому випадку товщина плівки більша за область об'ємного заряду. З приведених міркувань слідує, що величина проникнення контактного поля у р-область гетеропереходу становить $d \approx 0,4$ мкм.

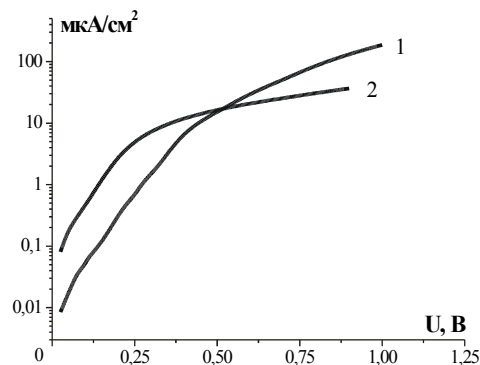
Цей факт не узгоджується з теорією, яка не враховує перехідні області гетеропереходів. Згідно теорії розрахована товщина шару об'ємного заряду у плівці Ge₃₃As₁₂Se₅₅ при відсутності зовнішнього поля мала б становити $W_1 = 2,74$ нм. Розбіжність пояснюється наявністю перехідної області на межі поділу, зокрема неоднорідністю плівки Ge₃₃As₁₂Se₅₅ по товщині до кількох десятків нанометрів та шаром SiO₂ товщиною ~ 5-10 нм на поверхні кремнію. Введення шару Ві на межу поділу викликає перехід від різкого до плавного гетеропереходу, що підтверджується також дослідженнями ВФХ.

На ВАХ у напівлогарифмічному масштабі

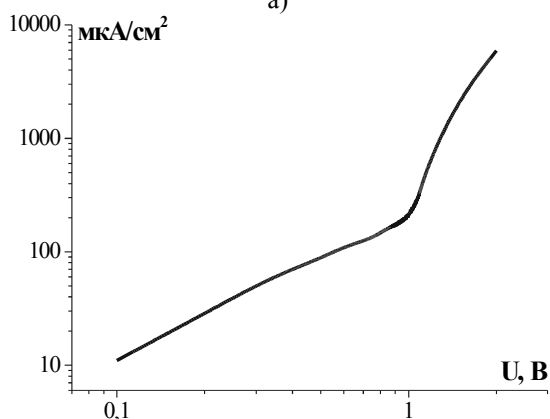
(рис.3,а) спостерігається експоненційна залежність струму від напруги, яку можна апроксимувати виразом

$$I = I_{01} \exp(\beta_1 U) + I_{02} \exp(\beta_2 U), \quad (1)$$

причому коефіцієнт β_1 однаковий для обох кривих, а β_2 різні. Слід зазначити, що на ВАХ таких структур (рис. 1, а) відсутня омична ділянка при малих значеннях прикладеної додатньої напруги. Це свідчить про відсутність бар'єру на межі поділу



а)



б)

Рис. 3. Додатні гілки ВАХ:

а) у напівлогарифмічному масштабі (товщина плівки Ge₃₃As₁₂Se₅₅ для кривої 1 рівна 0.5 мкм, а для 2 – 0,2 мкм): 1 – для структури Sb-Si(n)-Bi-Ge₃₃As₁₂Se₅₅-Sb; 2 – для структури Sb-Si(n)-Ge₃₃As₁₂Se₅₅-Sb;

б) структури Sb-Si(n)-Bi-Ge₃₃As₁₂Se₅₅-Sb у напівлогарифмічному масштабі (товщина плівки Ge₃₃As₁₂Se₅₅ рівна 0,2 мкм).

кремній – плівка ХСН.

Для структури Sb-Si(n)-Bi-Ge₃₃As₁₂Se₅₅-Sb з плівкою Ge₃₃As₁₂Se₅₅ товщиною 0,2 мкм ВАХ спрямляється у логарифмічних координатах (рис.3,б), тобто спостерігається степенева залежність струму від напруги: $I \sim V^m$, причому можна виділити кілька ділянок з різними m . Така залежність характерна для гетеропереходів, які містять високоомний шар на границі поділу [15]. Для пояснення цих результатів можна застосувати теорію струмів, обмежених просторовим зарядом (СОПЗ), для випадку монополярної інжекції [9,10].

При модифікації перехідної області особливістю

є відсутність м'якого пробою в структурах з модифікованим перехідним шаром (рис. 1). Відсутність м'якого пробою можна пояснити виключенням електронів з процесу струмоперенесення при модифікації перехідної області наночаром вісмуту. М'який пробій спостерігається при зворотньому зміщенні, що подається на гетероструктуру, причому напруга відсічки $\sim 0,62$ В відповідає бар'єру для електронів $0,65$ еВ.

З вольт-фарадної характеристики структури Sb-Si(n)-Bi-Ge₃₃As₁₂Se₅₅-Sb (товщина плівки Ge₃₃As₁₂Se₅₅ складає $0,2$ мкм) побудованої у координатах $1/c^2 = f(U)$ (рис. 4,а), шляхом екстраполяції лінійних ділянок до $1/c^2 \rightarrow 0$ визначена внутрішня різниця потенціалів $V_D = 0$ еВ. У структурі без модифікованого шару величина бар'єру також рівна нулю. Таким чином, відсутність бар'єру на межі поділу підтверджується дослідженням як вольтамперних, так і вольт-фарадних характеристик.

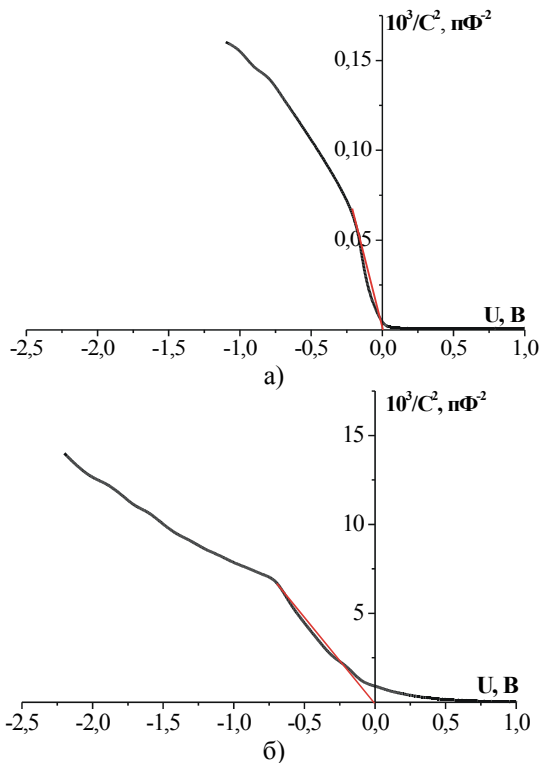


Рис. 4. Вольт-фарадні характеристики а) структури Sb-Si(n)-Ge₃₃As₁₂Se₅₅-Sb у координатах Шотткі, товщина плівки Ge₃₃As₁₂Se₅₅ рівна $0,2$ мкм (додатня напруга прикладена до кремнію); б) структури Sb-Si(n)-Bi-Ge₃₃As₁₂Se₅₅-Sb у координатах Шотткі, товщина плівки Ge₃₃As₁₂Se₅₅ рівна $0,2$ мкм.

При дослідженні ВФХ гетероструктури Sb-Si(n)-Bi-Ge₃₃As₁₂Se₅₅-Sb з плівкою Ge₃₃As₁₂Se₅₅ товщиною $0,5$ мкм спостерігається такий ефект. Ємність структури не залежить від прикладеної напруги зміщення при всіх від'ємних значеннях напруги в досліджуваному інтервалі, а також при додатних напругах до $0,55$ В. ВФХ такої гетероструктури не спрямляється у координатах Шотткі, що свідчить про перехід до плавного гетеропереходу (рис.4,б)).

Різкіший характер ВФХ структури Sb-Si(n)-Ge₃₃As₁₂Se₅₅-Sb без модифікації перехідної області свідчить про локалізований розподіл домішок у вужчій приповерхневій області. При введенні наночару Ві спостерігається розмиття ВФХ (слід звернути увагу на ділянку від $-0,25$ В до $0,25$ В). Останнє означає плавний розподіл домішок у приповерхневій області, тобто перехід від плавного до різкого гетеропереходу.

Такі міркування пояснюють неузгодженість товщини області об'ємного заряду, розрахованої теоретично та одержаної з дослідження ВАХ. Отже, введення наночару вісмуту викликає перехід від різкого до плавного гетеропереходу шляхом дифузії Ві у досить широку приповерхневу область.

IV. Енергетична модель гетеропереходу Ge₃₃As₁₂Se₅₅-Si(n)

Із застосуванням результатів досліджень побудована діаграма енергетичних зон напівпровідників Ge₃₃As₁₂Se₅₅ та Si(n) і теоретична діаграма [11] різкого p-n гетеропереходу після приведення напівпровідників у тисний контакт за умови рівноваги (рис. 5). Напівпровідники мають різну ширину забороненої зони E_g , різну діелектричну проникність ϵ , різну роботу виходу ϕ та

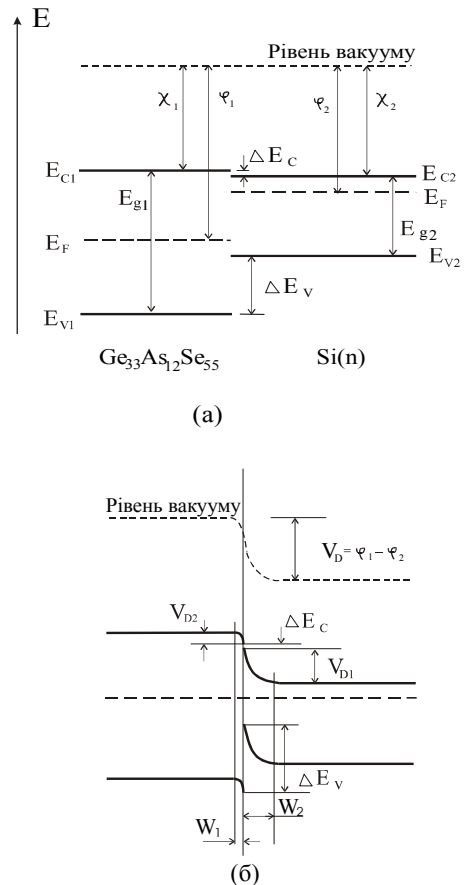


Рис. 5. Рівноважні діаграми енергетичних зон до (а) та після (б) утворення різкого p-n-гетеропереходу Ge₃₃As₁₂Se₅₅-Si(n).

Таблиця 2

Параметри напівпровідників Ge₃₃As₁₂Se₅₅ та Si(n)

	E _g , eB	χ, eB	φ, eB	ε	N _{A1} , см ⁻³	N _{D2} , см ⁻³
Ge ₃₃ As ₁₂ Se ₅₅	1,8	4,0	4,9	7,8	10 ¹⁷	-
Si(n)	1,12	4,01	4,25	12,5	-	5·10 ¹⁵

різні електронні спорідненості χ. Їхні параметри [12,13] наведені в таблиці 2.

Розрив зони провідності ΔE_c=χ₁-χ₂=0,01 eB.

Розрив валентної зони ΔE_v=(E_{g1}+χ₁) - (E_{g2}+χ₂)=0,67 eB.

Контактна різниця потенціалів V_D=φ₁-φ₂=0,65 eB.

Повна контактна різниця потенціалів V_D, обумовлена різницею робіт виходу (φ₁ - φ₂), може бути представлена у вигляді суми контактних різниць потенціалів, що припадають на напівпровідники 1 та 2 (V_D=V_{D1}+V_{D2}) [18]. Контактні різниця потенціалів, що припадають на кожний з напівпровідників, зв'язані між собою співвідношенням:

$$\frac{V_{D1}}{V_{D2}} = \frac{N_{D2} \cdot \epsilon_2}{N_{A1} \cdot \epsilon_1}, \quad (2)$$

де ε₁ та N_{A1} - діелектрична проникність та концентрація акцепторів у напівпровіднику p- типу; ε₂ та N_{D2} - діелектрична проникність та концентрація донорів у напівпровіднику n-типу.

Нехтуючи зарядами поверхневих станів (ПС) на межі поділу, товщини шарів об'ємного заряду W₁ та W₂ можемо записати так:

$$W_1 = \sqrt{\frac{2 N_{D2} \epsilon_1 \epsilon_2 (V_D - V)}{e N_{A1} (\epsilon_1 N_{A11} + \epsilon_2 N_{D2})}}, \quad (3)$$

$$W_2 = \sqrt{\frac{2 N_{A1} \epsilon_1 \epsilon_2 (V_D - V)}{e N_{D2} (\epsilon_1 N_{A11} + \epsilon_2 N_{D2})}}, \quad (4)$$

де V - прикладена зовнішня напруга.

Як видно з енергетичної діаграми, бар'єр для дірок складатиме ~0,1 eB (без врахування розриву валентної зони). Так як бар'єр для електронів набагато вищий і складає 0,65 eB, то при прикладанні додатньої напруги основними носіями струму є дірки. При зміні полярності напруги струм практично на протікає. При зворотній напрузі 0,65 eB зникає бар'єр для електронів. Цим пояснюється м'який пробій, що виникає при зворотньому зміщенні (рис. 1, а). Величина напруги відсічки м'якого пробію складає 0,62 eB, що приблизно відповідає значенню бар'єру для електронів.

Відсутність бар'єру для дірок свідчить про відсутність розриву валентної зони, що можна

пояснити загином енергетичних рівнів кремнію в бік нижчих енергій на величину, не меншу за ΔE_v. Це, в свою чергу, відповідає накопиченню додатнього заряду на поверхневих станах межі поділу. Із застосуванням формули

$$Q = \sqrt{2e\epsilon_2 N_{D2} V^1} \quad (5)$$

при V¹=ΔE_v=0,67 eB визначено заряд ПС, рівний 0,115 Кл/см².

Відсутність м'якого пробію в структурах з модифікованим перехідним шаром можна пояснити так. Згин енергетичних рівнів кремнію у бік зменшення енергії призводить до зростання бар'єру для електронів. Проте це зростання не відчувається через малі значення товщини шару об'ємного заряду ПС. При введенні наночару вісмуту відбувається перехід до плавного гетеропереходу, область, у якій розміщений заряд ПС, збільшується, збільшується висота потенціального бар'єру для електронів і, відповідно, напруга м'якого пробію суттєво зростає.

Висновки

1. Побудована енергетична діаграма гетеропереходу Ge₃₃As₁₂Se₅₅ - Si(n). Для такої структури залежність прямого струму носить експоненціальний характер при всіх значеннях прикладеної напруги. Для дірок бар'єр на межі поділу відсутній.

2. У структурах з модифікованим перехідним шаром зникає м'який пробій, зумовлений перенесенням електронів при зворотньому зміщенні. Бар'єр для електронів на межі поділу складає 0,62 eB.

3. При модифікації перехідної області наночаром вісмуту відбувається перехід від різкого до плавного переходу, що зумовлено дифузцією металу у приповерхневі шари та подальшим збільшенням області просторового заряду

- [1] С.В. Свечников, В.В. Химинец, Н.И. Довгошей. *Сложные некристаллические халькогениды и халькогалогениды и их применение в оптоэлектронике*. Наукова думка, К. 296 с. (1992).
- [2] *Неупорядоченные полупроводники: Учебное пособие* / А.А. Айвазов, Б.Г. Будагян, С.П. Вихров, А.И. Попов. Под ред. А.А. Айвазова. Изд. МЭИ, М. 352с. (1995).
- [3] N.D. Savchenko, A.B. Kondrat, N.I. Dovgoshey, Yu.I. Bertsik. Charge transfer phenomenon in Ge₃₃As₁₂Se₅₅-X-Si structures with nanolayer X: Sb; Bi; In; Pb // *Functional Materials*, 6(3), pp.432-436 (1999).

- [4] N.I. Dovgoshey, O.B. Kondrat, R.M. Povch. Nanolayers on the boundary of silicon – amorphous film of Ge–As–Se type // *Functional Materials*, **6**(3), pp.437–442 (1999).
- [5] *Технология тонких пленок*. Том I. Под ред. Л. Майссела, Р. Глэнга. Сов. радио, М. 664 с. (1974).
- [6] О.Б. Кондрат, М.Д. Савченко, М.І. Довгошей. Технологія одержання та дослідження межі поділу ізотопних гетеропереходів $\text{Ge}_{33}\text{As}_{12}\text{Se}_{55}\text{-Si(p)}$ // *Вопросы атомной науки и техники. Сер. вакуум, чистые материалы, сверхпроводники*, **6-7**, с.248–250 (1998).
- [7] *Материалы для полупроводниковых приборов и интегральных схем*. Высшая школа, М. 342 с. (1975).
- [8] М.І. Довгошей, О.Б. Кондрат, М.Д. Савченко, Ю.Й. Сідор. Дослідження впливу матеріалу електродів на перенесення носіїв заряду в структурах $\text{Si-Ge}_{33}\text{As}_{12}\text{Se}_{55}$ // *Фізика і хімія твердого тіла*, **1**(1), сс.119–124 (2000).
- [9] А.В. Симашкевич. *Гетеропереходы на основе полупроводниковых соединений $A^{II}B^{VI}$* . Штиинца, Кишинев. 156 с. (1980).
- [10] А. Милнс, Д. Фойхт. *Гетеропереходы и переходы металл–полупроводник*. Мир, М. 432 с. (1975).
- [11] Б.Л. Шарма, Р.К. Пурохит. *Полупроводниковые гетеропереходы*: пер. с англ. Гуляев Ю.В. Сов. радио, М. 232 с. (1979).
- [12] Ж.И. Алферов. История и будущее полупроводниковых гетероструктур // *ФТП*, **32** (1), сс. 3–18 (1998).
- [13] К.В. Шалимова. *Физика полупроводников: Учебник для вузов*. Энергоатомиздат, М. 392 с. (1985).
- [14] В.В. Пасынков В.В. *Материалы электронной техники*. Высш. школа, М. 406 с. (1980).

О. Kondrat, N. Popovich, M. Dovgoshej

The charge transition phenomena in heterostructures crystalline Si – Bi – amorphous film $\text{Ge}_{33}\text{As}_{12}\text{Se}_{55}$

Uzhgorod National University, 46, Pidhirna str., Uzhgorod, 88000, Ukraine Tel.: (03122) 3 23 18; e-mail: moshenec@rambler.ru

Heterostructures $\text{Ge}_{33}\text{As}_{12}\text{Se}_{55}\text{-Si(n)}$ with modified by bismuth atoms transitive layer were obtained by discrete thermal evaporation method. It is described formation and investigation methods for this heterostructures. It was ascertained the mechanism of charge transmission in this heterostructures. It is illustrated that the barrier for holes in the boundary is absent. The energy diagram of heterostructure was built. It is analyze the absence of soft hole, which cause by the electrons transfer through the interknot when negative voltage is applied. The dependence heterostructures electrophysical properties from $\text{Ge}_{33}\text{As}_{12}\text{Se}_{55}$ film thickness was investigated. It is shown that in heterostructures with modified transitive layer is necessity of use the $\text{Ge}_{33}\text{As}_{12}\text{Se}_{55}$ film with thickness more then 0.4 mkm. It is ascertained that at modification transitive layer take place the conversion from harsh to smooth transition, what cause by diffusion bismuth atoms to surface layers.