

БАР'ЄРИ ШОТТКІ НА ОСНОВІ СТРУКТУР Al-CdTe:V

С.Ю.Паранчич, Ю.В.Танасюк

Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича
вул. Коцюбинського, 2, Чернівці, 58012
e-mail: parsu@chsu.cv.ua

Виготовлено та досліджено властивості структур метал-напівпровідник на основі Al-CdTe:V з концентрацією легуючої домішки $N_V=5 \times 10^{18}-5 \times 10^{19} \text{ см}^{-3}$. Представлено ВАХ для одержаних зразків в тому числі при різних зовнішніх температурах. Згідно з одержаними результатами, зразки на основі CdTe:V з концентрацією ванадію $N_V=5 \times 10^{18} \text{ см}^{-3}$ мали чітко виражені випрямляючі властивостями. Висота потенціального бар'єру для CdTe:V з $N_V=5 \times 10^{18} \text{ см}^{-3}$ знаходилася в межах 0.7-0.78 еВ. В той же час, для зразків Al-CdTe:V з $N_V=5 \times 10^{19} \text{ см}^{-3}$ вимірювані ВАХ були строго лінійними та симетричними відносно початку координат, що є свідченням про створення якісного омичного контакту Al до CdTe:V, питомий опір якого для різних структур становив $7 \times 10^{-3} \div 1.2 \times 10^{-2} \text{ Ом} \cdot \text{см}^2$.

Телурид кадмію широко використовується в мікро- та оптоелектроніці в ролі підкладок при вирощуванні епітаксійних шарів CdHgTe, а також для виготовлення приймачів ІЧ-, гамма- та рентгенівського випромінювань. Легування CdTe ванадієм відкриває ще одну можливість його застосування в якості фоторефрактивного матеріалу для систем запису оптичної інформації та передачі її через волоконно-оптичні лінії зв'язку. Останнє стало можливим завдяки fotocутливості CdTe:V в технічно важливому спектральному діапазоні 1–1.5 мкм. Електрооптичні коефіцієнти CdTe в 3 рази, а чутливість в 2 рази перевищують відповідні показники для GaAs та InP. Додатковою перевагою таких матеріалів у порівнянні з оксидними кристалами BaTiO₃ та LiNbO₃, які останнім часом інтенсивно досліджуються завдяки своїм фоторефрактивним властивостям, є значно більший час відгуку за рахунок високої рухливості фотозбуджених носіїв [1]. Бар'єри Шотткі, що застосовуються в ролі фотоприймальних пристроїв, а також детектори ядерного випромінювання та сонячні елементи на основі CdTe є предметами багатьох

досліджень. Не втрачає своєї актуальності також питання створення якісних омичних контактів при дослідженні характеристик зазначених напівпровідникових пристроїв.

Метою даної роботи було створення та дослідження електричних властивостей структур метал-напівпровідник на основі Al-CdTe:V з концентрацією легуючої домішки $5 \times 10^{18}-5 \times 10^{19} \text{ см}^{-3}$. Зокрема проведено аналіз високотемпературних ВАХ одержаних зразків та розглянуто можливість утворення діода Шотткі та омичного контакту Al-CdTe:V залежно від ступеня легування.

Структури метал-напівпровідник створювали на основі монокристалів CdTe:V з концентрацією ванадію $N_V=5 \times 10^{18}-5 \times 10^{19} \text{ см}^{-3}$, вирощених методом Бріджмена з температурним градієнтом 25–30 К/см.

Дослідження електричних та гальваномагнітних властивостей зразків CdTe:V з $N_V=5 \times 10^{19} \text{ см}^{-3}$ проводилися в температурному інтервалі 77–400 К, а при $N_V=5 \times 10^{18} \text{ см}^{-3}$ в температурних межах 293–400 К. Аналіз одержаних результатів свідчить, що важливу роль в оптичній якості кристалу, його однорідності в

електричному відношенні відіграє величина вільного об'єму над кристалом, який росте, а також післякристалізаційний процес охолодження.

Так, для кристалів CdTe:V з $N_V=5 \times 10^{19} \text{ см}^{-3}$ при однакових умовах росту, але з різною величиною вільного об'єму над розплавом можна одержати як високоомні, так і низькоомні кристали. У нашому випадку для створення структур використовувалися кристали CdTe з $N_V=5 \times 10^{19} \text{ см}^{-3}$, концентрація вільних носіїв n_e в яких становила $n_e=2.4 \times 10^{17} \text{ см}^{-3}$, холівська рухливість $\mu \sim 250 \text{ см}^2/\text{В} \cdot \text{с}$, а для кристалів CdTe з $N_V=5 \times 10^{18} \text{ см}^{-3}$, $n_e=10^9 \text{ см}^{-3}$ і $\mu \sim 400 \text{ см}^2/\text{В} \cdot \text{с}$.

Структури отримували шляхом осадження алюмінію на пластини CdTe:V. При цьому плоскопаралельні пластини вирізали струною різкою з монокристалічних зливків CdTe:V перпендикулярно напрямку росту, механічно шліфували і полірували.

На одну сторону пластин методом термічного напилювання у вакуумі ($P=5 \times 10^{-6} \text{ мм рт. ст.}$) наносилася плівка алюмінію товщиною 0.15 мкм при температурі підкладки 190°C . Слід зазначити, що перед напилюванням Al пластини протравлювали, причому пластини CdTe з $N_V=5 \times 10^{18} \text{ см}^{-3}$ іонно травили в середовищі аргону, а поверхня пластин CdTe з $N_V=5 \times 10^{19} \text{ см}^{-3}$ була хімічно оброблена в 5% розчині броду в метанолі. Пластини CdTe:V з осадженим Al розрізали на елементи розмірами $3 \times 4 \text{ мм}$. До одержаних зразків шляхом електролітичного осадження золота з наступним вплавленням індію наносили омичні контакти, після чого проводилися дослідження електричних властивостей одержаних структур.

На рис.1 представлено типову вольт-амперну характеристику для зразків Al-CdTe:V з $N_V=5 \times 10^{18} \text{ см}^{-3}$ при $T=300 \text{ К}$, яка ілюструє чітко виражені випрямляючі властивості досліджуваних структур метал-напівпровідник. Так, при напрузі зміщення 0.5 В прямий струм більший за обернений приблизно на три порядки. В області $V < 1.5 \text{ В}$ струм зростає за експоненціальним законом, в той час як при більших зміщеннях лінійність ділянки

одержаних ($I-V$) характеристик вказує на вплив послідовно включеного з переходом метал-напівпровідник опору R_0 [2].

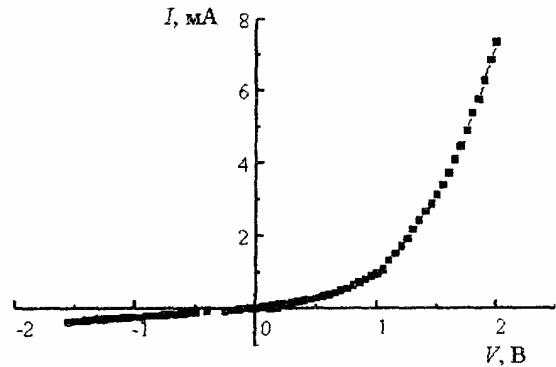


Рис.1. Типова ВАХ для структур Al-CdTe:V з $N_V=5 \times 10^{18} \text{ см}^{-3}$ при $T=300 \text{ К}$

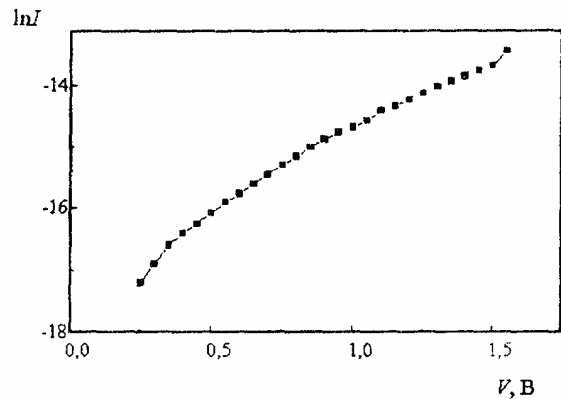


Рис.2. Напівлогіарифмічна залежність прямого струму від прикладеної напруги для одного із зразків Al-CdTe:V з $N_V=5 \times 10^{18} \text{ см}^{-3}$ при $T=300 \text{ К}$

На основі одержаних результатів було побудовано напівлогіарифмічні залежності струму від прикладеного зміщення, одна з яких представлена на рис.2. Прямолінійна ділянка на зображеній кривій вказує на те, що густина струму через одержану структуру описується формулою [3]:

$$J = J_0 [\exp(qV_a / kT) - 1], \quad (1)$$

де $J_0 = AT^2 \exp(-\phi_B / kT)$ – густина струму насичення, V_a – напруга зміщення, A – константа Річардсона.

Екстраполяція прямолінійного відрізка даної характеристики до нульового

значення прикладеної напруги, згідно з формулою (1), дає висоту потенціального бар'єру, якщо за величину A прийняти її значення для вільного електрона $120 \text{ А}\cdot\text{см}^{-2}\text{К}^{-2}$, а площу контакту взяти рівною 1 мм^2 . Висота потенціального бар'єру для різних зразків була в межах $0.7\text{--}0.78 \text{ еВ}$.

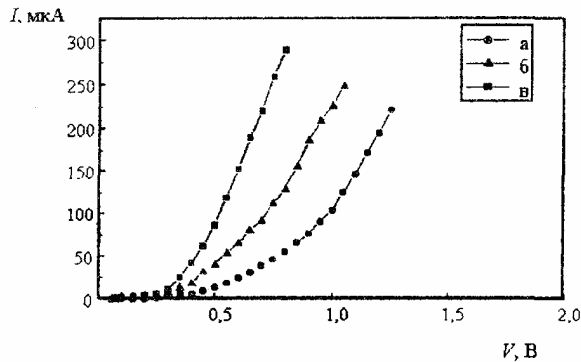


Рис.3. Прямі вітки ВАХ для структури Al-CdTe:V з $N_V=5 \times 10^{18} \text{ см}^{-3}$ при температурах (а) 335, (б) 350 та (в) 370 К

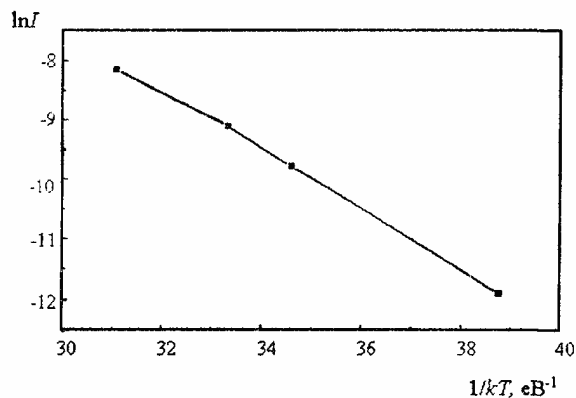


Рис.4. Напівлогарифмічна залежність струму від оберненої температури при $V=1 \text{ В}$ для зразка Al-CdTe:V з $N_V=5 \times 10^{18} \text{ см}^{-3}$

На рис.3 представлено результати вимірювань ВАХ для одного із зразків CdTe:V ($N_V=5 \times 10^{18} \text{ см}^{-3}$) при температурах 335, 350 та 370 К. На основі температурних досліджень побудовано залежність $\ln I(1/kT)$ при фіксованому значенні напруги $V=1 \text{ В}$ (рис. 4). Як видно з рисунку значення струму добре вкладаються в

пряму лінію. Висота потенціального бар'єру, визначена з її нахилу становить $\sim 0.68 \text{ еВ}$, що задовільно узгоджується з результатами, приведеними вище.

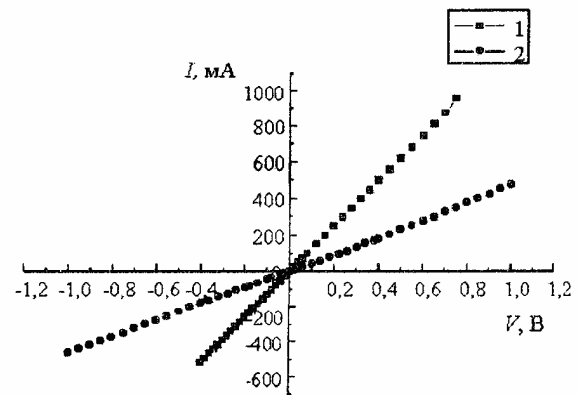


Рис.5 ВАХ для двох структур Al-CdTe:V з $N_V=5 \times 10^{19} \text{ см}^{-3}$ при $T=300 \text{ К}$

Одержані ВАХ структур Al-CdTe:V з концентрацією легуючої домішки $N_V=5 \times 10^{19} \text{ см}^{-3}$ представлено на рис.5. Вони є строго лінійними, симетричними відносно початку координат і свідчать про те, що алюміній створює омичний контакт з CdTe, легованим ванадієм з концентрацією $N_V=5 \times 10^{19} \text{ см}^{-3}$ і електричними характеристиками приведеними вище. Малі значення контактного питомого опору $\sim 7 \times 10^{-3} \div 1.2 \times 10^{-2} \text{ Ом}\cdot\text{см}^2$, для різних структур, вказують на хорошу якість утвореного контакту. Коефіцієнт випрямлення для різних зразків становив $1.04\text{--}1.5$ (для ідеального не-випрямляючого контакту такий коефіцієнт рівний 1) [4, 5].

Таким чином, з наведених результатів слідує, що у випадку високоомних кристалів CdTe:V одержуються якісні випрямляючі структури Al-CdTe:V, а для низькоомних кристалів – не-випрямляючі.

Роботу виконано при підтримці НТЦУ. Грант №2004.

Література

1. Ю.П.Гнатенко, Р.В.Гамерник, И.А.Фарина, П.И.Бабий, *ФТТ* **40**, 1216 (1998).
2. Л.А.Косяченко, И.М.Раренко, О.А.Боднарук, Вейгуа Сун, *ФТП* **33**, 1438 (1999).
3. А.Милнс, Д.Фойхт. *Гетеропереходы и переходы метал-полупроводник* (Мир, Москва, 1975).
4. В.В.Пасынков, Л.К.Чиркин, А.Д.Шинков. *Полупроводниковые приборы* (Высшая школа, Москва, 1981).
5. S.Nozaki, A.G.Milnes, *J. El. Mater.* **14**, 137 (1985).

SCHOTTKI BARRIERS ON THE BASE OF Al-CdTe:V STRUCTURES

S.Yu.Paranchych, Y.V.Tanasyuk

Chernivtsi National University
Kotsyubynskoho St, 2, Chernivtsi, 58012
e-mail: parsu@chsu.cv.ua

Metal-semiconductor contacts have been manufactured on the base of Al-CdTe:V with doping concentrations $N_V=5\times 10^{18}-5\times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$. The electrical properties of the formed structures have been studied. The (I - V) characteristics of the samples at different external temperatures are presented. According to the obtained results, the samples on the base of CdTe:V with vanadium concentration $N_V=5\times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ show clear rectification. The potential barrier height was established to be within the range of 0.7–0.78 eV. At the same time, the measured (I - V) characteristics of the Al-CdTe:V samples with $N_V=5\times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ were strictly linear in both biasing directions, proving Al to make good Ohmic contact to CdTe:V. The resistivity of the contact for the different structures was estimated to be $7\times 10^{-3} \div 1.2\times 10^{-2} \Omega\cdot\text{cm}^{-3}$.