

**ФОТОДІОД ШОТКІ НА ОСНОВІ НАПІВПРОВІДНИКОВОГО
ТВЕРДОГО РОЗЧИНУ $Cd_xMn_yHg_{1-x-y}Te$**

В даній роботі визначається вплив параметрів металу, поверхні і напівпровідника на висоту енергетичного бар'єру системи метал-напівпровідник, де в ролі напівпровідника виступає складний твердий розчин $Cd_xMn_yHg_{1-x-y}Te$. Результати, отримані в процесі обрахунків говорять про високу залежність висоти бар'єру від якості поверхні. Для фотодіоду Шоткі, побудованому на основі $Cd_xMn_yHg_{1-x-y}Te$, зроблено розрахунок квантової ефективності і виявної здатності, який показав, що прилади на основі даного матеріалу можуть з успіхом застосовуватися в якості детекторів ІЧ випромінення в діапазоні 8-12мкм.

Сучасні фотодетектори характеризуються високою чутливістю в робочому діапазоні довжин хвиль, високою швидкістю і низьким рівнем шумів, крім того, вони повинні володіти низькими керуючими напругами та струмами, і, що також дуже важливо, вони повинні мати високу надійність в роботі. Більшості з цих вимог в повній мірі задовольняють прилади виготовлені на основі напівпровідникового розчину $Cd_xHg_{1-x}Te$. Особливо приваблює він високою рухливістю носіїв заряду. Більш складний матеріал $Cd_xMn_yHg_{1-x-y}Te$ (КМРТ) за електронними параметрами дуже схожий з $Cd_xHg_{1-x}Te$ [1], але, крім того, кристали цього матеріалу мають значно вищу часову стабільність. Це дає основи вважати КМРТ можливою заміною класичного матеріалу $Cd_xHg_{1-x}Te$ при створенні фотодетекторів ІЧ-випромінення середнього та далекохвильового діапазонів.

В діодах Шоткі одним з основних параметрів, який впливає на темновий струм є висота енергетичного бар'єру, що створюється на контакті метал-напівпровідник, а від величини темного струму,

в свою чергу, залежить рівень шумів. Саме тому вплив різних факторів на висоту енергетичного бар'єру є дуже важливим. Висота бар'єру обраховувалася за формулою [2]:

$$(\varphi_m - \chi) - (\varphi_{Bn} + \Delta\varphi) = \sqrt{\frac{2qEsNd\delta^2}{E_i^2} \left(\varphi_{Bn} + \Delta\varphi - V_n - \frac{kT}{q} \right) - \frac{qDs\delta}{E_i} (E_g - q\varphi_0 - g\varphi_{Bn} - q\Delta\varphi)^2}, \quad (1)$$

де χ - спорідненість напівпровідника, $\Delta\varphi$ - пониження бар'єру Шоткі за рахунок сил відображення, φ_{Bn} - висота енергетичного бар'єру, D_s - густина енергетичних станів на поверхні напівпровідника, N_d - концентрація донорів, δ - товщина проміжного слою між металом і напівпровідником, φ_m - робота виходу металу, $q\varphi_0$ - положення рівня Фермі на поверхні при відсутності металічного контакту [3].

Аналіз обрахованих даних показав, що на висоту бар'єру φ_{Bn} дуже сильно впливають параметри поверхні (товщина проміжного слою і концентрація поверхневих енергетичних станів).

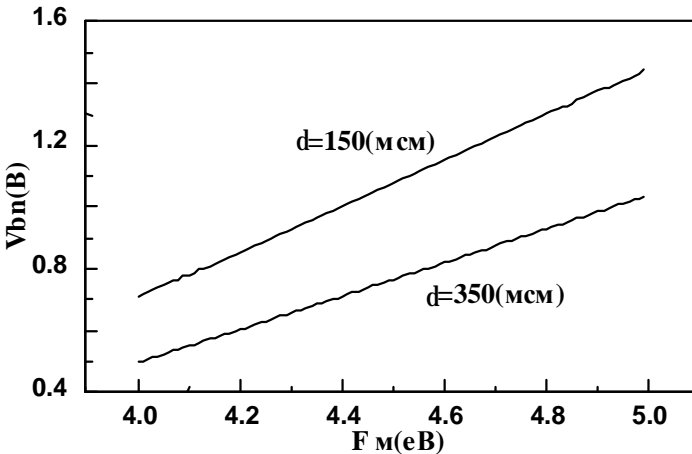


Рис.1. Залежність висоти бар'єру від роботи виходу металу для різної ширини проміжного шару

Зміна товщини проміжного шару δ від 250 мкм до 350 мкм викликає пониження бар'єру від 0.6 eV до 0.5 eV, а зміні густини

поверхневих станів D_s , в межах $1 \cdot 10^{13} - 5 \cdot 10^{13} \text{ (см}^2\text{eV)}^{-1}$ відповідає зміна від 0.6 до 0.3 eV. Параметри металу також істотно впливають на висоту енергетичного бар'єру. При збільшенні роботи виходу металу, як видно з рис.1. висота бар'єру лінійно зростає.

Стосовно напівпровідника можна сказати, що найбільший внесок дає концентрація донорів. Причому при збільшенні N_d від $1 \cdot 10^{16} \text{ см}^{-3}$ до $5 \cdot 10^{13} \text{ см}^{-3}$ бар'єр понижується від 0.59 eV до 0.47 eV. Також виявлено невелике зростання висоти бар'єру з температурою.

Розрахунки також показали, що висота бар'єру дуже слабо змінюється з зміною $\varphi\phi_0$ і прикладеної ззовні напруги.

На основі отриманих величин висоти бар'єру метал-напівпровідник були розраховані значення струму насичення і вольт-амперні характеристики, причому виявилось, що розраховані залежності мають вигляд і порядок величин подібний до отриманих в роботі [4]. Залежності висоти енергетичного бар'єру від роботи виходу металу аналогічні залежностям отриманим в роботі [2].

Квантова ефективність фотодіоду Шоткі розраховувалась за загальновідомою формулою:

$$\eta = \frac{I_p / q}{P_{opt} / h\nu}, \quad (2)$$

де I_p - фотострум, обумовлений поглинанням падаючого випромінювання, P_{opt} - потужність падаючого випромінювання, $h\nu$ - енергія фотона падаючого випромінювання.

В якості потужності падаючого випромінювання використана потужність, яку випромінює абсолютно чорне тіло при $T=500\text{K}$.

Виявна здатність фотодіода розраховувалась за формулою:

$$D^* = \frac{A^{1/2} B^{1/2}}{NEP}, \quad (3)$$

де A - площа приладу, B - полоса частот, NEP - еквівалентна шуму потужність.

Отримані дані показали, що фотодіоди Шоткі на основі КМРТ мають високу квантову ефективність на довжинах хвиль порядку 10.6 мкм, яка значно зменшується при підвищенні

температури.

Як видно з рис.2 фотодіод має високу виявну здатність при використанні металу з невеликою роботою виходу $\phi_m \approx 4$ eV, при температурі порядку 78 K, і при кімнатній температурі вона значно залежить від товщини проміжного шару метал-напівпровідник.

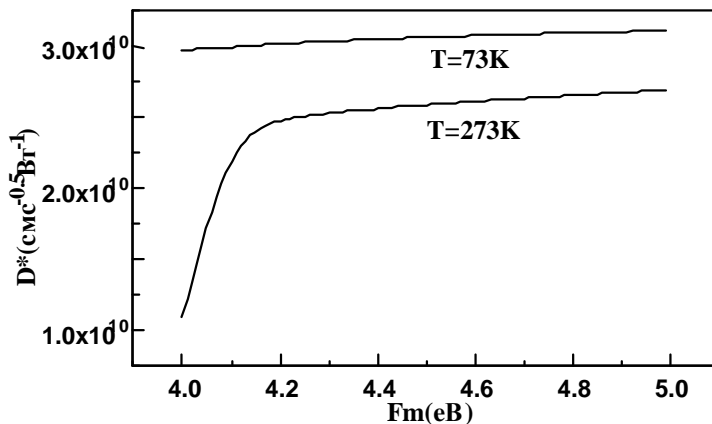


Рис.2. Залежність виявної здатності $D^*(\text{см} \cdot \text{с}^{-0.5}/\text{Вг})$ від роботи виходу металу при різних температурах.

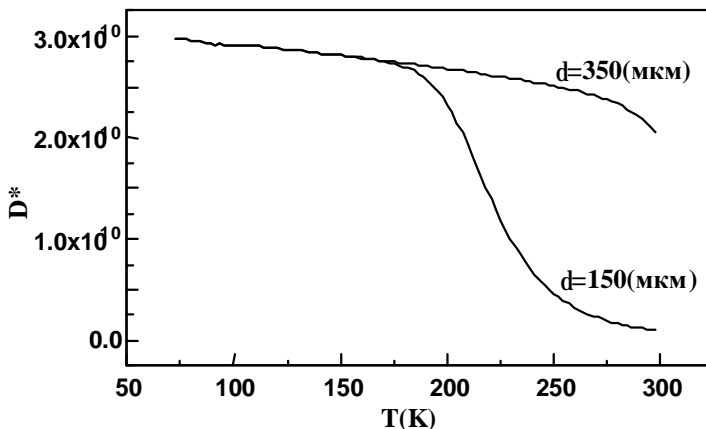


Рис.3. Залежність виявної здатності $D^*(\text{см} \cdot \text{с}^{-1.2}/\text{Вг})$ від температури при різних ширині проміжного шару.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Bodnaruk O.O., Markov A.V., Ostapov S.E. Energy Gap and Intrinsic Carrier Concentration of CdMnHgTe and CdZnHgTe // Abstr. 11th Intern. Conference on Ternary & Multinary Compounds, 8-12.09.1997.- P.1-74.
2. Cowley A.M., Sze S.M. Surface States and Barrier Height of Metal-Semiconductor Systems // J. Appl. Phys.-1965.-**36**.- P.3212.
3. Chang C.Y., Sze S.M. Carrier Transport across Metall-Semiconductor Barriers // Solid State Electron.-1970.-**13**.-P.727.
4. Bardeen J. Surface States and Rectification at a Metal-Semiconductor Contact // Phys. Rev.-1974.-**71**.-P.717.
5. Хадсон С. Инфракрасные системы.-Москва: Мир, 1961.-435с.

SUMMARY

MARKOV A.V., OSTAPOV S.E., RARENKO I.M.

SHOTKI'S DIOD ON THE BASE OF THE SEMICONDUCTOR SOLID SOLUTION $Cd_xMn_yHg_{1-x-y}Te$

The influence of the parameters of metal, surface and semiconductor on the barrier's height for the system metal-semiconductor is determined in the given paper. The role of semiconductor play complex solid solution $Cd_xMn_yHg_{1-x-y}Te$. The obtained results show us significant dependence of the barrier's height from the surface's quality. Calculations of the quantum effectivity and detective capability are made for the Shotki's diode, build on the base of $Cd_xMn_yHg_{1-x-y}Te$. These calculations show, that devises build using given material could be successfully used as photodetectors of infrared radiation in the range 8-10 μm .