УДК 621.315.592

© 2005 р. А.В. Федосов, Ю.В. Коваль, Л.В. Ящинський, С.А.Федосов, А.М. Йонік

Луцький державний технічний університет, Луцьк

ВПЛИВ ШАРІВ РОСТУ НА ЕЛЕКТРИЧНІ ЕФЕКТИ В МОНОКРИСТАЛАХ АНТИМОНІДУ КАДМІЮ, ЛЕГОВАНИХ ТЕЛУРОМ

Вивчався вплив шарових неоднорідностей домішки Te на ефект перемикання в кристалах CdSb. Знімалися вольт-амперні характеристики зразків CdSb(Te), вирізаних паралельно і перпендикулярно росту кристала, при різних рівнях інтенсивності освітлення. Отримані залежності $j=f(E)$ демонструють зменшення величини напруженості електричного поля перемикання з високоомного стану кристала в низькоомний зі зростанням рівня освітлення як для зразків вирізаних паралельно, так і перпендикулярно росту. Суттєву різницю в порогових значеннях напруженості електричного поля у зразках різних груп при однакових умовах автори пов'язують з існуванням компенсуючих електричних полів між шарами росту.

The influencing stratified heterogeneities of admixture was studied. That on effect of the switching in the CdSb crystals volt-ampere characteristics of the CdSb(Te) standards, cut out parallel and athwart growth crystal were taken off, at the different levels of illumination intensity. Got dependence of $j=f(E)$ demonstrate reduction of size of tension of electric field of the switching from the high ohm state crystal in low ohm state with growth of illumination level, both for standards of cut out parallel, and athwart growth. Substantial difference in the threshold values of tension of electric field in standards of different groups at the identical terms, both for unlit, and at the different levels of illumination the authors link to existence of compensating electric fields between the growth layers.

Дана робота присвячена дослідженню електричних ефектів у монокристалах CdSb, вирощених методом Чохральського та легованих телуром до концентрації активної домішки 10^{18}см$^{-3}$.

За результатами вимірювань двохзондовим компенсаційним методом одержано експериментальні криві розподілу питомого опору по довжині кристала для зразків двох груп: вирізаних вздовж росту (I група) та перпендикулярно росту кристалу (II група). На рис.1 приведені усереднені залежності відносних відхилень питомого опору від середнього значення $\Delta\rho/\rho_c=f(x)$ для зразків обох груп.

Значно більші відносні відхилення питомого опору в зразках, вирізаних вздовж росту кристала, свідчать на користь існування в даному напрямі шаруватих неоднорідностей з великою амплітудою великомасштабного потенціального рельєфу.

За експериментальними даними вимірювання ефекту Холла, в досліджуваних кристалах розраховано залежність середньої транспортної довжини вільного пробігу носіїв заряду від рівня освітлення.

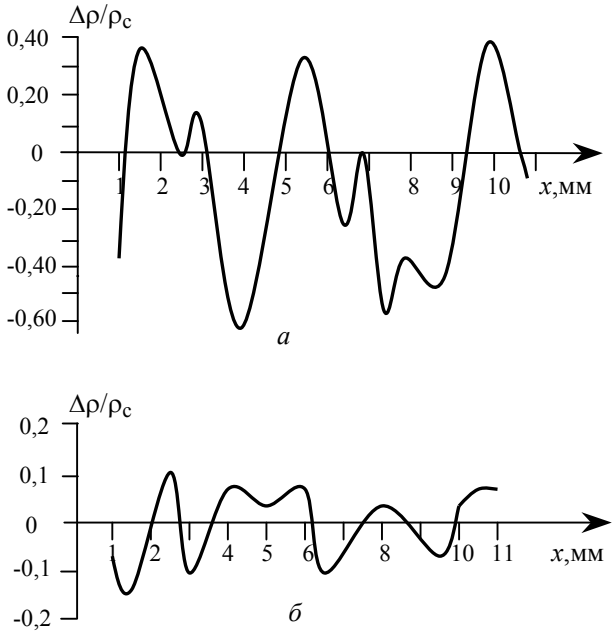

Рис.1. Відносні відхилення питомого опору від середнього значення для зразків CdSb(Te), вирізаних: вздовж (а), перпендикулярно росту кристала (б)

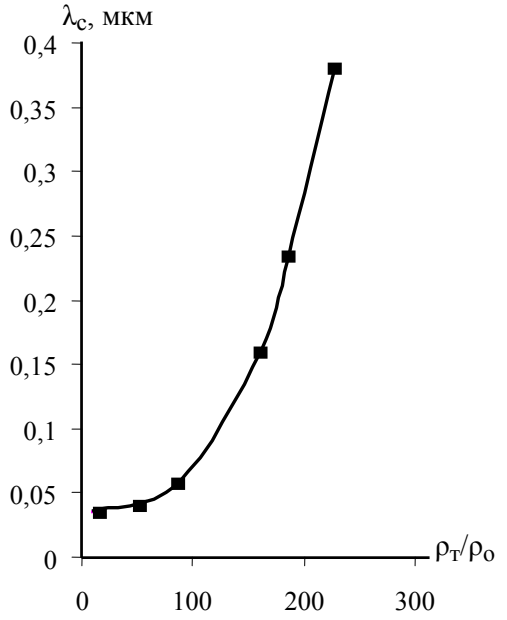

Рис. 2. Залежність середньої транспортної довжини вільного пробігу електронів від освітлення для зразків, вирізаних паралельно росту кристалу

Спосіб освітлення був вибраний так, що дозволив виключити: з одного боку – нагрівання зразка освітлювачем, з іншого – міжзонні фотопереходи носіїв заряду. Враховуючи невиродженість електронного газу в досліджуваних кристалах, відповідно до [1], вираз для середньої транспортної довжини вільного пробігу носіїв заряду такий:

$$\lambda_c = \frac{m_c^* v_c}{e^2} \frac{1}{\rho n_0}, \qquad (1)$$

де $v_c = \left(\frac{8kT}{\pi m_c^*} \right)^{1/2}$.

Розрахована таким чином середня транспортна довжина вільного пробігу λ_c для електронів (рис.2) разом з експериментальними даними розподілу питомого опору (рис.1) підтверджує наявність у напрямі росту кристала тонкої структури потенціального рельєфу.

Зростання значення середньої транспортної довжини вільного пробігу електронів вздовж росту кристала при збільшенні рівня освітлення (рис.2) автори пов'язують зі зменшенням амплітуди потенціального рельєфу, утвореного шаруватими неоднорідностями [2], через фотоіонізацію домішкових рівнів телуру.

Згідно з працею [3]:

$$\delta = \frac{e^2 \cdot N_д^{2/3}}{\chi \cdot n_{екр}^{1/3}}, \qquad (2)$$

де χ – діелектрична проникність, $n_{екр}$ і $N_д$ – відповідно концентрації екрануючих носіїв заряду і заряджених дефектів.

Наявність і зміна величини амплітуди потенціального рельєфу зі зміною рівня освітлення в напрямі росту кристала значною мірою впливає на поведінку вольт-амперних характеристик зразків CdSb(Te).

Розраховані за експериментальними даними значення $j=f(E)$ демонструють зменшення порогових величин напруженості електричного поля зі зростанням рівня освітлення як для зразків вирізаних паралельно (рис.3), так і перпендикулярно росту кристала (рис.4).

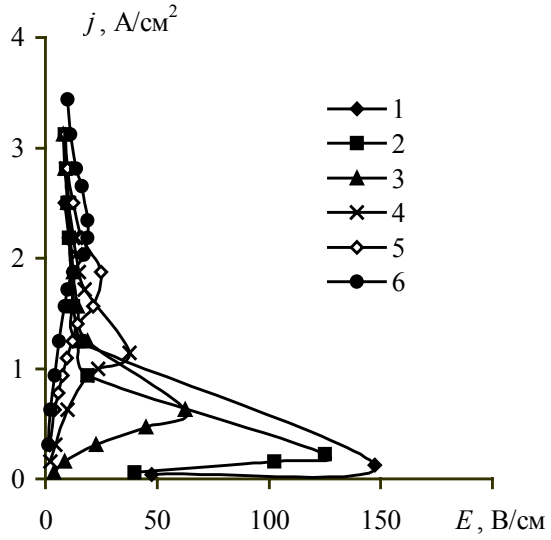

Рис. 3. Залежності $j=f(E)$ для зразків CdSb(Te), вирізаних паралельно росту (I група), при різних рівнях освітлення: крива 1 – без освітлення, криві 2-6 – зі зростаючим рівнем освітлення

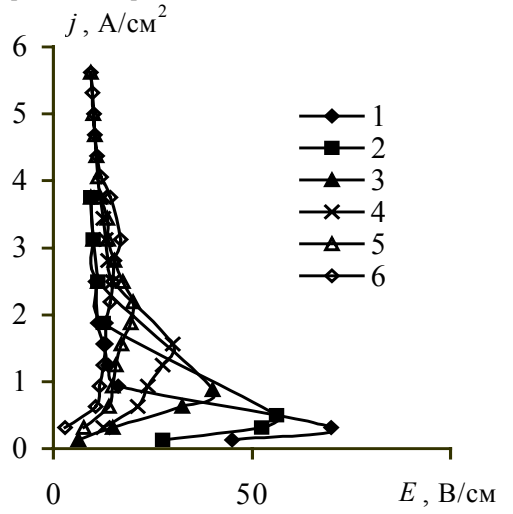

Рис. 4. Залежності $j=f(E)$ для зразків CdSb(Te), вирізаних перпендикулярно росту (II група), при різних рівнях освітлення: крива 1 – без освітлення, криві 2-6 – зі зростаючим рівнем освітлення

Для зразків, вирізаних перпендикулярно росту, але в різних кристалографічних напрямах, значення $j=f(E)$ практично повторювалися, що добре узгоджується з даними праць [4, 5]. Для неосвітлених зразків обох груп зростання напруженості електричного поля відбувається до значень, при яких джоулева теплота, що виділяється на відповідних зразках, стає достатньою для іонізації донорного рівня телуру (E_c-0,12еВ). При цьому [4] відбувається лавиноподібний перехід електронів у зону провідності, що приводить до стрибка густини струму.

Зі збільшенням рівня освітлення у зразках обох груп спостерігається зменшення порогового значення напруженості електричного поля, що пов'язується із зростаючою фотоіонізацією домішкового рівня телуру[4]. Зростання фотоструму дозволяє досягнути необхідного для розігріву зразка значення густини струму при менших електричних полях.

Суттєву різницю порогових значень напруженості електричного поля для зразків різних груп при однакових умовах (порогові значення напруженості електричного поля в зразках I групи набувають набагато більші значення) як для неосвітлених, так і при різних рівнях освітлення, автори пов'язують з існуванням компенсуючих електричних полів між шарами росту, що добре узгоджується з даними роботи [6] про наявність електрично активних шаруватостей в кристалах CdSb із донорною домішкою телуру в напрямі, що паралельний росту зливка.

Зростання рівня освітлення приводить до поступового наближення порогових значень напруженості поля у зразках першої групи до значень для зразків другої групи (рис.5).

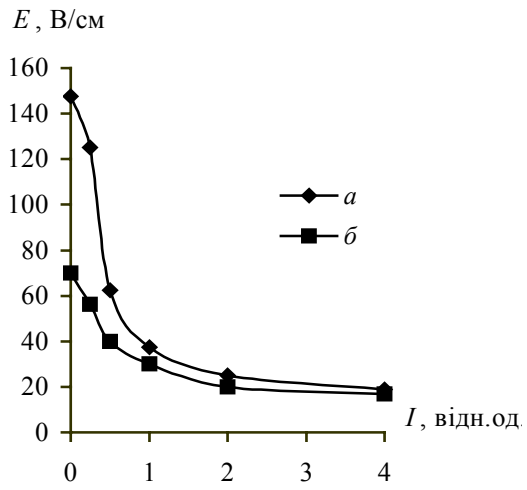

Рис. 5. Залежності порогових значень напруженості електричного поля від рівня освітлення для зразків CdSb(Te), вирізаних паралельно (а) і перпендикулярно росту кристалу (б)

Це відповідно до [2], як і для λ_c, пов'язується зі зменшенням амплітуди великомасштабного потенціального рельєфу, в напрямі росту кристала, через зростання концентрації екрануючих носіїв заряду, яка в свою чергу зв'язана з поступовою фотоіонізацією телуру в електрично активних шарах росту.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. *Blakemore J.S.* Solid State Physics. – Philadelphia: W.B. Saunders Company, 1970.
2. *Семенюк А.К., Федосов А.В., Назарчук П.Ф., Букало В.Р.* Пьезосопротивление облученного n-Ge при проявлении слоистых неоднородностей // ФТП. – 1982. – **16**, вып.7. – С.1284-1287.
3. *Шкловский Б.И., Эфрос А.Л.* Примесная зона и проводимость компенсированных полупроводников // ЖЭТФ. – 1971. – **60**, №4. – С.867-878.
4. *Доскоч В.П., Панкевич З.В., Раренко И.М., Семенюк А.К., Федосов А.В.* Температурно- электрическая неустойчивость в монокристаллах антимонида кадмия // Известия вузов. – 1989. – №4. – С.108-109.
5. *Андронник И.К., Кот М.В.* Анизотропия электрических свойств монокристаллов сурмянистого кадмия // ФТТ. – 1960. – **2**, вып.6. – С.1128-1133.
6. *Федосов А.В., Ковальчук О.В., Коваль Ю.В., Ящинський Л.В.* Дослідження неоднорідностей в монокристалах CdSb, легованих Te та In // Наукові нотатки. Вип.11, ч. 2. – Луцьк, 2002. – С.98-104.