

## ИССЛЕДОВАНИЯ ВАХ Cd<sub>x</sub>Hg<sub>1-x</sub>Te В СКРЕЩЕННЫХ ПОЛЯХ

З.Ф. АГАЕВ, Р.М. ИСМАЙЛОВ, Г.С. СЕЙДЛИ

Бакинское Высшее Военно-Морское Училище

370153, г. Баку, ул. Насимова

В работе приведены результаты экспериментального исследования влияния поперечного магнитного поля на электрический пробой при  $T=80$  К в монокристаллах Cd<sub>x</sub>Hg<sub>1-x</sub>Te ( $0,2 \leq x \leq 0,3$ ).

В слабых магнитных полях обнаружена интенсификация пробоя, которая сменяется его подавлением в больших магнитных полях. С увеличением содержания кадмия в сплаве эффект проявляется при больших электрических полях.

Основные особенности этого явления объясняются в рамках теории поперечного пробоя.

Изучение электрических свойств узкощелевых полупроводников типа Cd<sub>x</sub>Hg<sub>1-x</sub>Te ( $0,2 \leq x \leq 0,3$ ) представляет большой интерес для выяснения их электронной зонной структуры [1], а также для практического использования этих материалов в оптоэлектронике [2-3].

Как известно [4], фотоприемники на основе этого материала работают в основном при высоких электрических полях. При этих условиях в указанных кристаллах возникают различные неустойчивости тока. Этот вопрос был рассмотрен различными авторами в узкозонных полупроводниках, но для Cd<sub>x</sub>Hg<sub>1-x</sub>Te имеется очень скучная информация.

В настоящей работе приведены результаты исследования ВАХ указанных кристаллов в скрещенных электрических и магнитных полях. Эксперименты проводились в интервале температур  $80 \leq T \leq 300$  К на образцах по наносекундной импульсной методике. Ходовая подвижность и концентрация носителей заряда в слабых электрических и магнитных полях составили, соответственно,  $\mu_e = 2 \cdot 10^4 + 10^5$  см<sup>2</sup>/В·с и  $n = 2 \cdot 10^{14} + 6 \cdot 10^{14}$  см<sup>-3</sup> при температуре  $T=80$  К. Исследуемые образцы вырезались из массивных монокристаллов, выращенных методом твердотельной рекристаллизации в форме параллелепипеда с размерами  $0,2 \times 0,2 \times 3$  мм, а некоторые образцы были изготовлены с "высокими" контактами.

Экспериментально полученные ВАХ монокристаллов различного состава приведены на рис. 1. В отсутствие внешнего магнитного поля ВАХ имеет обычный вид для узкощелевых полупроводников (кривые 1, 2), т.е. по мере увеличения электрического поля  $E$  предпробойный участок сменяется ярко выраженной суперлинейной зависимостью, связанной с межзонным пробоем. Под действием магнитного поля ситуация изменяется. В слабых поперечных магнитных полях начало пробоя смещается в область меньших электрических полей т.е. происходит межзонная ударная ионизация, при дальнейшем увеличении магнитного поля пробой подавляется и начинается при все больших электрических полях. Это явление является в виде максимумов при тех же полях на зависимостях тока  $I$  от напряженности магнитного поля  $H$ , при фиксированных значениях пробойного электрического поля. Эксперименты, проведенные с образцами с различными  $X$  показывают, что с увеличением  $X$  максимумы тока  $I$  смещаются в сторону больших магнитных полей (рис. 2).

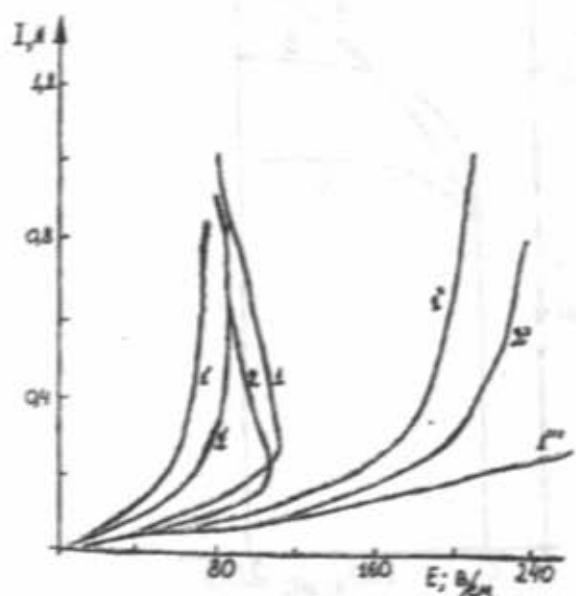


Рис. 1. ВАХ монокристаллов Cd<sub>x</sub>Hg<sub>1-x</sub>Te с  $x = 0,5$  (кривые 1, 1', 1'', 1''') и  $x = 0,28$  (кривые 2, 2', 2'') в поперечных магнитных полях  $H$ ,  $\text{т.Э.} 1,2 - 0; 1', 2' - 0,9; 1'', 2'' - 1,5; 1''' - 2,5; T = 80$  К.

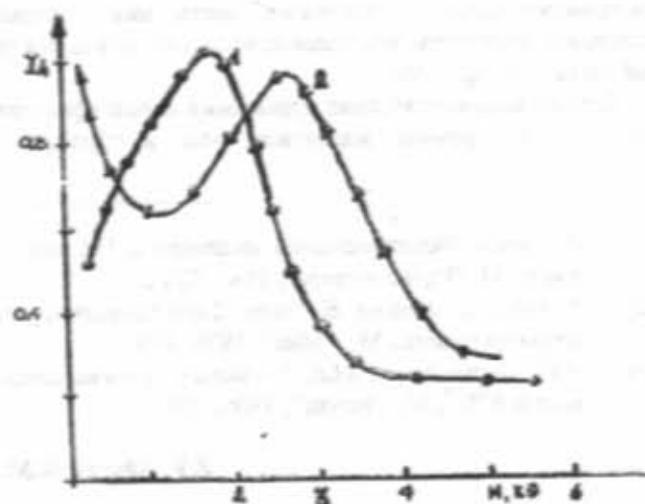


Рис. 2. Зависимость  $I(H)$  монокристаллов Cd<sub>x</sub>Hg<sub>1-x</sub>Te с  $x = 0,25$  и  $x = 0,28$  при  $E = 220$  В/см,  $\Delta t = 50$  нс.

Кроме этого, нами установлено, что влияние магнитного поля на пробой связано со скоростью ударной ионизации. С увеличением скорости ударной ионизации изменяется динамика пробоя в магнитном поле, которая наблюдается на импульсах тока (рис. 1.6). Как видно из этих импульсов, скорость первоначального увеличения тока со временем  $t$ , а значит, и скорость ударной ионизации [5] максимальны в поле  $H=0.4$ ; 1.3 кЭ, которому отвечают максимум зависимости тока от магнитного поля для образцов с  $x=0.25$  и  $x=0.30$  (кривые 1,2, рис.3) и минимум поля пробоя.

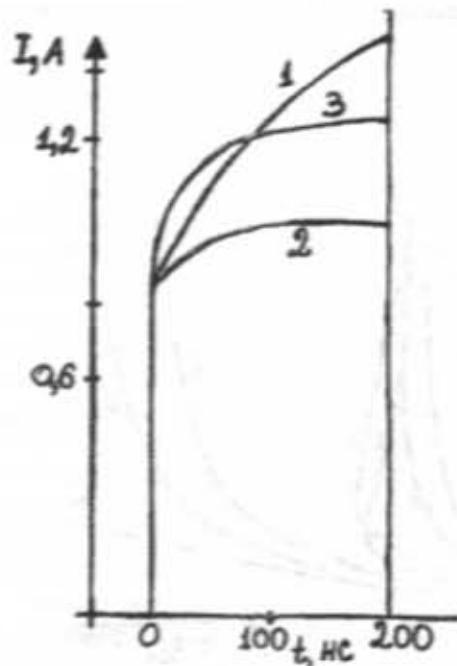


Рис.3. Осциллограммы импульсов тока через  $\text{Cd}_x\text{Hg}_{1-x}\text{Te}$  ( $x=0.28$ ) при  $E=200 \text{ В/см}$ ,  $H$ , кЭ:  
1 - 0,4, 2 - 1,3, 3 - 2,0.

Идентичность результатов измерений, выполненных на прямоугольных и с "высокими" контактами образцах, позволяет заключить, что токовые контакты не влияют на наблюдаемые эффекты.

В то же время отсутствие проявления интенсификации пробоя в поперечном магнитном поле в образцах с

"высокими" контактами указывает на связь изучаемого явления в виде отрицательного магнитосопротивления на ВАХ, которое исчезает также при больших токах в области развитого пробоя (рис. 1).

В области магнитных полей  $H \leq 0.5$  кЭ наблюдается (рис.2), спад тока при фиксированном значении электрического поля в образце. Это наверно связано с магнито-концентрационным эффектом, что подтверждается совпадением положения максимумов на магнитополевых зависимостях тока, до и после установления стационарного значения тока.

Полученные экспериментальные результаты можно объяснить следующим образом. Пусть к образцу приложены  $E, H$  поля. Тогда подвижность носителей заряда уменьшается, и одновременно возникающие холловское поле приводят к увеличению суммарного электрического поля. При этом разогрев электронов с энергией  $\varepsilon$  определяется приходящейся на один электрон мощностью

$$e\mu(\varepsilon)E^2 \frac{1 + (\langle \mu_e(\varepsilon) \rangle H/C)^2}{1 + (\mu_e(\varepsilon) H/C)^2} \quad (1)$$

Предполагается, что вкладом тяжелых дырок можно пренебречь при достаточно слабых магнитных полях.

Скобки означают усреднение по функции распределения. Из (1) видно, что магнитное поле в среднем не влияет на разрыв носителей, однако, ударную ионизацию производят носители с энергией, превышающей  $\varepsilon$  из "хвоста" функции распределения. Если  $\mu_e(\varepsilon)$  уменьшается с энергией, то разогрев "хвоста" функции распределения в магнитном поле превышает средний, что приводит к интенсификации ударной ионизации.

Как показывают расчеты и экспериментальные результаты, подвижность электронов при низких температурах падает с энергией, что обусловлено ростом эффективной массы.

Магнитные поля при наблюдении поперечного пробоя для электронов являются сильными и для дырок. Поэтому холловское поле при увеличении магнитного поля проходит через максимум, что должно привести к немонотонной зависимости тока от магнитного поля.

- [1] Р. Кисса. Фотоприемники видимого и ИК диапазонов. М. "Радио и связь", 1985, 324 с.
- [2] Т. Мосс, Г. Баррел, Б. Элис. Полупроводниковая оптоэлектроника М., "Мир", 1976, 428 с.
- [3] А.Н. Георгобиани, М.К. Шейхман. Физика соединений А<sup>V</sup>В<sup>VI</sup>, М., "Наука", 1986, 320 с.
- [4] Бочина. Фотоприемники из  $\text{Cd}_x\text{Hg}_{1-x}\text{Te}$ . Аналитический обзор, № 1792, М., 1978.
- [5] Е.Б. Богданов, Н.Б. Брандт, Л.С. Флейшман. ФТП, 1984, т. 18, в. 6, с. 1021-1024.

Z.F. Ağayev, R.M. İsmayılov, H.S. Seyidli

## ÇARPAZ SAHƏLƏRDƏ $\text{Cd}_x\text{Hg}_{1-x}\text{Te}$ MONOKRİSTALININ VAX-NİN TƏDQİQİ

İşdə  $\text{Cd}_x\text{Hg}_{1-x}\text{Te}$  monokristallarında  $T=80$  K-də eninə şəkərin elektrik deşilməsinə təsirinin təcrləbi nəticələri verilmişdir.

Zaif sahelerde deşilmənin gickeleşməsi maqnit sahəsinin artırması ilə zeifleyir. Bərk məhlukda Kadmiyumun artırması ilə effekti daha yüksək sahelerde de müşahidə olunur. Bu hadisənin esas xüsusiyyətləri cəmi deşilmə nəzəriyyəsi daxilində izah olunur.

Z.F. Agayev, R.M. Ismayilov, G.S. Seyidli

### THE INVESTIGATION VAC Cd<sub>x</sub>Hg<sub>1-x</sub>Te IN THE CROSSED FIELDS

The results experimental investigations of the influence of the transverse magnet field on the breakdown at T=80 K in single crystals Cd<sub>x</sub>Hg<sub>1-x</sub>Te (0,20 ≤ x ≤ 0,30) are presented in the work.

Intensification of breakdown which is taken turns by its suppression in large magnet fields, is discovered in the weak magnet fields.

This effect appears in the large electric fields with the increasing of cadmium in the alloy.

The main peculiarity of this appearance find its explanation in the framework of the theory of the transverse breakdown.

Дата поступления: 26.12.96

Редактор: Д.Ш. Абдинов