

ВЛИЯНИЕ ЭЛЕКТРОННОГО ОБЛУЧЕНИЯ НА ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ
СВОЙСТВА МОНОКРИСТАЛЛОВ $Cd_xHg_{1-x}Te$
ПРИ СЛАБЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПОЛЯХ

Ю.Г.НУРУЛЛАЕВ, В.Г.САФАРОВ, А.Р.МЕХТИЕВА
Бакинский Государственный Университет

В работе в широком интервале температур (77-450 К) и состава образцов ($0,5 \leq x \leq 0,95$) исследовано влияние облучения быстрыми электронами ($E_e = 3$ МэВ) на температурную зависимость электропроводности, коэффициент Холла, подвижность носителей заряда в монокристаллах твердого растворов $Cd_xHg_{1-x}Te$ n - и p - типа.

Полученные экспериментальные результаты объясняются в рамках модели пространственно - неупорядоченного полупроводника.

В последнее время при исследовании полупроводников все больше внимание уделяется изучению структурных нарушений, возникающих под воздействием радиационного излучения, и их влияния на физические свойства кристаллов. Вопросам взаимодействия частиц высоких энергий с твердыми телами, выяснению природы радиационных дефектов, кинетики их образования и стабильности посвящено большое количество работ [1-3]. Наиболее распространенным является исследование таких традиционных в физике полупроводников, как германий и кремний [4]. Однако, слабо изучены радиационные дефекты в относительно новых и сложных по составу материалах, в частности, в твердых растворах типа $Cd_xHg_{1-x}Te$, которые являются одними из наиболее перспективных материалов, обладающих уникальными электронными свойствами и большими перспективами практического применения. Этот материал может использоваться для термо- и фотоэлектрических преобразователей, СВЧ диодов, приемников различного вида излучений и других приборов твердотельной электроники с весьма своеобразными характеристиками [5].

В настоящей работе нами изучены электрофизические свойства монокристаллов $Cd_xHg_{1-x}Te$ с $0,5 \leq x \leq 0,95$ с дырочной и электронной проводимостью, выращенные методом Бриджмена.

Несмотря на значительные успехи, достигнутые в развитии технологии получения и обработки кристаллов $Cd_xHg_{1-x}Te$, имеются принципиальные трудности при изготовлении приборов на их основе, главным образом, в связи с

нестабильностью данного материала, а также наличием большого количества неконтролируемых собственных дефектов различного типа и происхождения. Поэтому изучение влияния различных неконтролируемых собственных и специально введенных различными способами, в том числе радиационным облучением дефектов на физические свойства этого материала имеет значительный практический интерес. Немаловажное значение имеет этот вопрос и с чисто научной точки зрения, т.к. полученные при этом результаты могут помочь выяснению механизма образования и взаимодействия дефектов с носителями заряда при различных внутрикристаллических и внешних условиях. Этот вопрос интересен еще тем, что путем варьирования содержания $CdTe$ в сплаве можно при прочих одинаковых внешних условиях и одинаковой кристаллической структуре в довольно широком диапазоне варьировать характеристические параметры (подвижность, концентрацию и эффективную массу свободных носителей заряда, ширину запрещенной зоны, количество исходных примесных центров и дефектов и т.д.).

Естественно, что позволяет на примере этого материала подробно и точно изучить зависимости влияния радиационного облучения на электрофизические свойства от внутрикристаллических условий в полупроводниковых твердых растворах, в частности, и в полупроводниковых материалах со сложным составом.

Исходя из вышеизложенного, нами в широком диапазоне температуры $T = 77 - 450 K$ и состава образцов $0,5 \leq x \leq 0,95$ исследовано влияние облучения быстрыми электронами ($E_e = 3 MгВ$) при различных интегральных потоках ($\Phi = 10^{15} \div 10^{18} см^{-2}$) на температурную зависимость электропроводности, коэффициента Холла, холловскую подвижность в монокристаллах $Cd_xHg_{1-x}Te$ n - и p - типа.

Проведенные нами измерения показывают, что из-за большой концентрации исходных технологических дефектов в изучаемых монокристаллах $Cd_xHg_{1-x}Te$ при всех рассмотренных условиях влияние высокотемпературного облучения быстрыми электронами с $E_e \approx 3 MэВ$ на электрофизические характеристики и параметры наблюдается лишь при потоках $\Phi \geq 10^{15} см^{-2}$.

Обнаружено, что в облученных быстрыми электронами с $\Phi \geq 10^{15} см^{-2}$ кристаллах n - типа общий ход кривых зависимости τ от T почти не меняется. При этом численное значение σ увеличивается, а наклон кривых зависимости τ от T в низкотемпературной и высокотемпературной областях несколько уменьшается относительно исходного (рис 1). Это свидетельствует об уменьшении энергии активации проводимости.

Установлено, что после электронного облучения в p -типа кристаллах электропроводность уменьшается. Причем уменьшение σ относительно исходного при малых Φ оказывается более заметным. При этом в области низких T наблюдается активационный рост σ , далее с ростом T проводимость слабо уменьшается, а в области высоких T резко растет. С ростом Φ значение σ сначала приближается к исходному, а далее (при больших Φ) даже превышает

его. При больших Φ ход кривых зависимости σ от T заметно отличается от исходного, начальный участок роста σ от T состоит из начального слабо-уменьшающегося и дальнейшего резко возрастающего участков.

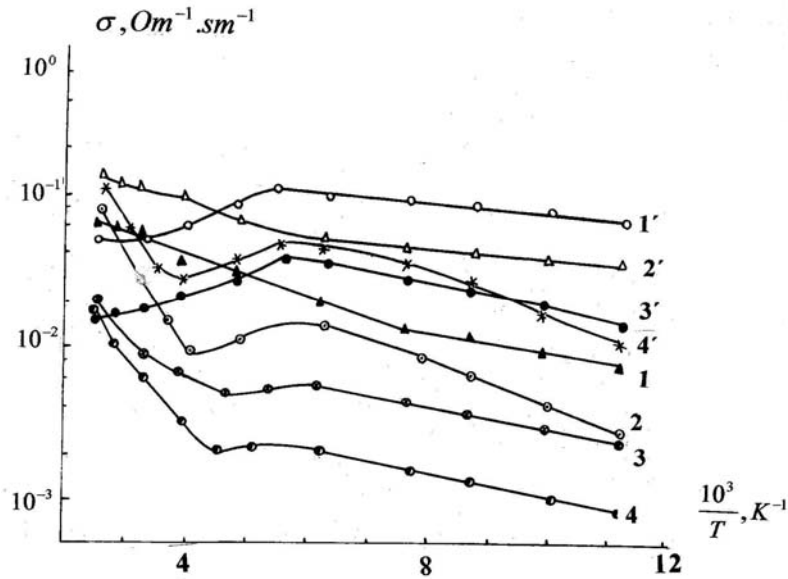


Рис. 1. Температурная зависимость электропроводности в монокристаллах $n-Cd_xHg_{1-x}Te$ (кривые 1,1' и 2,2') и $p-Cd_xHg_{1-x}Te$ (кривые 3, 3' и 4,4') до, (кривые 1-4) и после (кривые 1'-4') облучения быстрыми электронами. x : 1, 3 - 0,65; 2,4-0,94. $\Phi_0=10^{18} \text{ см}^{-2}$.

Установлено, что после электронного облучения тип проводимости и ход кривых зависимости R_x от T в n -типа кристаллах не меняется, а абсолютное значение R_x увеличивается относительно имеющего место в необлученных кристаллах. При $x < 0,70$ протяженность области насыщения на кривых зависимости R_x от T увеличивается, а при $x > 0,70$ более ярко проявляется низкотемпературный участок роста R_x с температурой.

В облученных кристаллах p -типа с ростом T сначала R_x увеличивается, проходит через максимум, а затем резко уменьшается. При этом также, как и в необлученных кристаллах, наблюдается инверсия знака проводимости. При больших Φ_0 в изучаемых образцах с исходной дырочной проводимостью происходит $p \rightarrow n$ конверсия, а на кривых зависимости R_x от T инверсия не наблюдается.

На рис. 2 показана температурная зависимость электропроводности и постоянной Холла в облученных быстрыми электронами ($\Phi = 10^{18} \text{ см}^{-2}$) моно-

кристаллах $Cd_xHg_{1-x}Te$ n -, и p -типа.

Полученные нами экспериментальные результаты могут объясняться следующим образом. В необлученных кристаллах $Cd_xHg_{1-x}Te$ существуют неконтролируемые технологические дефекты акцепторного и донорного типа, которые непосредственно обусловлены вакансией кадмия и ртути, междоузельными атомами [6, 7].

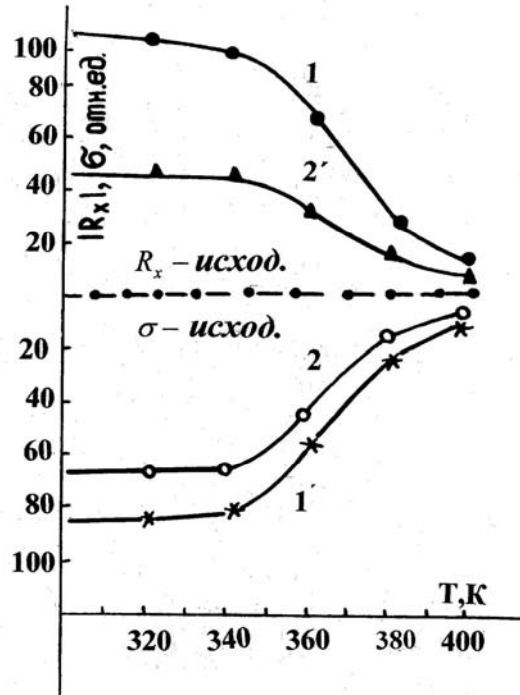


Рис. 2. Зависимость электропроводности (кривые 1,2) и постоянной Холла (кривые 1',2') от температуры изохронного отжига в облученных быстрыми электронами монокристаллах $n-Cd_xHg_{1-x}Te$ (кривые 1,1') и $p-Cd_xHg_{1-x}Te$ (кривые 2,2'). $\Phi_3=10^{18} \text{ см}^2$.

При высокотемпературном облучении быстрыми электронами в изучаемые кристаллы вводятся радиационные точечные дефекты донорного типа [8, 9]. Поэтому с ростом Φ_3 в n -типа кристаллах увеличивается концентрация некомпенсированных свободных основных носителей заряда, соответственно, увеличивается σ , а R_x уменьшается. Уменьшение μ_a с ростом Φ_3 при этом, связано с ростом концентрации рассеивающих центров.

В кристаллах $p-Cd_xHg_{1-x}Te$ при облучении быстрыми электронами происходит несколько процессов: во-первых, увеличивается степень компенсации; во-вторых, при относительно малых Φ_3 происходит сильная флуктуация потенциала вследствие миграции созданных точечных радиационных дефектов

вокруг исходных неоднородностей (скоплений); в-третьих, при более высоких Φ_{\ominus} происходит упорядочение исходных пространственно неоднородных кристаллов вследствие «радиационного легирования». В результате этого с ростом Φ_{\ominus} проводимость изучаемых образцов сначала (при малых Φ_{\ominus}) резко уменьшается относительно исходного, и в области относительно низких температур наблюдается активационный характер температурной зависимости электропроводности. В рамках модели пространственно неоднородного полупроводника [10] эти особенности хорошо объясняются. При малых Φ_{\ominus} подвижность носителей заряда уменьшается как вследствие роста количества центров рассеяния [11], так и за счет разупорядочения кристалла. С дальнейшим ростом Φ_{\ominus} происходит упорядочение кристаллов. Поэтому увеличивается как σ , так и μ_a .

В рамках вышепредложенной модели удовлетворительно объясняются результаты, полученные при изохронном отжиге облученных быстрыми электронами кристаллов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Белогорохов А.И., Флоренцов А.А., Белогорохов И.А. // ФТТ. 2006. т. 48. в.4. с. 597 - 606.
2. Власенко А.И., Власенко З.К. // ФТП. 2006. т. 40. в. 1. с.52-56.
3. Косяченко Л.А., Кульчинский В.В., Параевич С.Ю. // ФТП. 2007. т. 41. в. 1. с. 95-103
4. Максимов Г.А., Красильник З.Ф. Филатов Д.О. // ФТТ. 2005. т.47. в.1. с. 26-28.
5. Kosyachenko L.A., Kulchynsky V.V. *Semicond. Phys. Quant. Elektron. Optoelektron.*, 6. 227. 2002.
6. Елизаров А.И., Богобоцкий Н.Н., ФТП, 1984, т. 18, В. 3, С.455-460.
7. Салаев Э.Ю., Абдинов Д.Ш., Новрузова Ф.М., Салаев Эль.Ю., Сеидли Г.С. Изв. АН СССР, Неорг. Мат. 1984, т. 20, С. 2077-2078.
8. Абдинов А.Ш., Салаев Э.Ю., Аскеров К.А., Мамедов Ф.И., Сеидли Г.С. ДАН Аз.ССР, 1984, т. 40, в.6, С. 29-32.
9. Абдинов А.Ш., Нуруллаев Ю.Г., Садыгов Н.Г., Сеидли Г.С. В сб. Электронная техника, 1988, сер. 6, В. 6, С. 235.
10. Шейнкман М.К., Шик А.Я. ФТП, 1927, т. 10, в.2, С. 209-225.
11. Аскеров Б.М. Кинетические эффекты в полупроводниках. Л, Изд. «Наука», 1970, 303 с.

ZƏİF ELEKTRİK SAHƏLƏRİNDƏ ELEKTRON ŞÜALANMASININ $Cd_xHg_{1-x}Te$ MONOKRİSTALININ ELEKTRİK XASSƏLƏRİNƏ TƏSİRİ

Y.Q.NURULLAYEV, V.Q.SƏFƏROV, A.R.MƏHDİYEV

XÜLASƏ

İşdə $E_e=3 MeV$ enerjili elektron seli ilə şüalandırılmış, $0,5 \leq x \leq 0,95$ tərkibli n - və p - tipli $Cd_xHg_{1-x}Te$ bərk məhlul monokristalının 77- 450 K temperatur intervalında elektrik keçiriciliyi, Holl əmsalı və yükdaşıyıcıların yürüklüyünün temperatur asılılığına elektron şüalanmasının təsiri öyrənilmişdir.

Alınmış təcrübi nəticələr qeyri-bircins yarımkəçiricilər üçün mövcud model əsasında izah olunur.

**EFFEKT OF ELEKTRON RADIATON ON THE ELEKTRIRAL
PROPERTIES OF MONOCRYSTALS $Cd_xHg_{1-x}Te$ OF ELEKTRICAL FIELDS**

Yu.Q.NURULLAYEV, V.H. SAFAROV, A.R. MEHDIYEVA

SUMMARY

In this work the effect of radiation by rapid electrons ($E=3$ MeV) on the temperature dependence of conductance, Hall coefficients and carrier mobility have been investigated in the wide ranges of temperature (77—400 K) and sample compositions ($0,5 \leq x \leq 0,95$) for the n- and p- type monokrystals of CdHgTe.

The obtained experimental results are explained on the basis of model for spatially nonhomogeneous semiconductors.