

СВОЙСТВА МОНОКРИСТАЛЛОВ $Hg_{1-x}Cd_xTe$ ОБЛУЧЕННЫХ РЕНТГЕНОВСКИМИ КВАНТАМИ

И.С.Вирт, Б.П.Коман*, Д.И.Цюцюра

Дрогобычский государственный педагогический университет им. И. Франко,
293720, Украина, Дрогобыч, ул. И. Франко, 34

*Львовский государственный университет им. И. Франко, 293700, Украина, г. Львов,
ул. Драгоманова, 50

Проведены экспериментальные исследования влияния облучения рентгеновскими квантами на электрофизические и фотоэлектрические свойства полупроводниковых твёрдых растворов $Hg_{1-x}Cd_xTe$. Показано, что поведение основных параметров данных кристаллов укладываются в рамки модели образования и взаимодействия точечных дефектов.

1. Введение

Свойства монокристаллов твёрдых растворов $Hg_{1-x}Cd_xTe$ в значительной степени зависят от наличия собственных дефектов, степени компенсации и многих других факторов. Особенную роль в понимании явлений связанных с дефектами в значительной степени играют процессы взаимодействия кристаллической решётки с ионизирующим излучением.

В данной работе исследовалось поведение дефектов возникающих под действием рентгеновских квантов.

2. Основная часть

Для исследований использовались кристаллы $Hg_{1-x}Cd_xTe$ ($x=0,2$) n- и p- типа проводимости. Концентрация электронов составляла $n=(2-6) \cdot 10^{14} \text{ см}^{-3}$, а их подвижность $\mu_n=(2-0,8) \cdot 10^5 \text{ см}^2/\text{Вс}$. В дырочных образцах концентрация дырок $p=3 \cdot 10^{15} \text{ см}^{-3}$, $\mu_p=700 \text{ см}^2/\text{Вс}$. Облучение производилось рентгеновскими квантами $W(K_\alpha)$ при напряжении на трубке 12 кВ и плотности токи $0.1 \text{ мА}/\text{см}^2$. Использовались также пластически деформированные кристаллы (до 5%) и кристаллы CdTe. Проводили измерения температурных и полевых зависимостей коэффициента Холла и удельной проводимости. Измеряли также температурные зависимости времён жизни неравновесных носителей заряда (ННЗ) методом релаксации фототока наведённого CO_2 -лазером (длина волны 10,6 мкм).

В облучённых кристаллах $Hg_{1-x}Cd_xTe$ особенно с электронной проводимостью наблюдали увеличение концентрации доноров и уменьшение подвижности электронов (рис.1 и рис.2).

Возрастание концентрации доноров от времени облучения происходит по эмпирической зависимости (рис.3):

$$N_d(t) = N_{d0} \exp(Kt)$$

где t - время облучения, N_{d0} - начальная концентрация доноров. Параметр K для образцов n-типа проводимости составляет примерно $5 \cdot 10^{-4} \text{ с}^{-1}$. При этом дозовая зависимость подвижности электронов при больших дозах облучения выходит на насыщение.

Высокотемпературные дефекты ($T=300\text{К}$) являются относительно стабильными. При повторном промеривании электрофизические свойства сохраняются.

3-я международная конференция «Взаимодействие излучений с твердым телом», 6-8 октября 1999 г. Минск, Беларусь
3-d International Conference «Interaction of Radiation with Solids», October 6-8, 1999, Minsk, Belarus

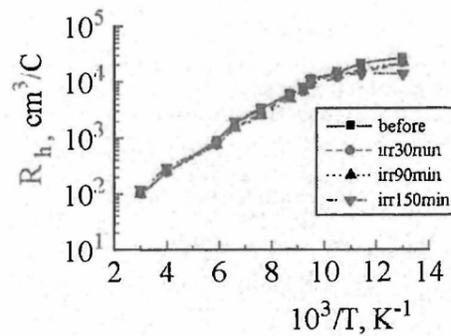


Рис.1. Температурные зависимости коэффициента Холла образца $Hg_{1-x}Cd_xTe$ n-типа проводимости при различных дозах облучения.

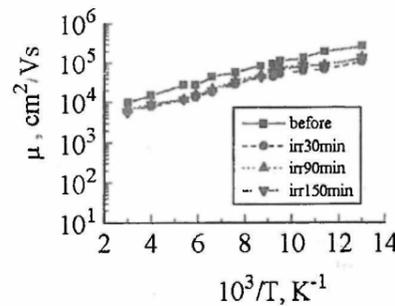


Рис.2. Температурные зависимости подвижности электронов образца $Hg_{1-x}Cd_xTe$ n-типа проводимости при различных дозах облучения.

Сразу после облучения в электронных образцах образуется локальный энергетический уровень с $E_1 \approx 40 \text{ мэВ}$, который способствует увеличению вклада Шокли-Ридовской рекомбинации ННЗ (рис.4). В исходных компенсированных кристаллах $Hg_{1-x}Cd_xTe$ наблюдается спад подвижности электронов с понижением температуры в примесной области ($\mu_n \sim T^{-3/2}$), что характерно при рассеивании носителей заряда на ионизированных примесях. После облучения малыми дозами, в таких кристаллах подвижность в примесной области увеличивается и её температурная зависимость становится характерной для рассеивания носителей заряда на фонах ($\mu_n \sim T^{-3/2}$).

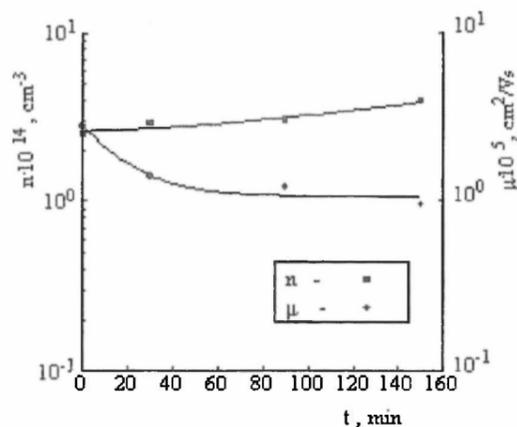


Рис.3. Дозовые зависимости концентрации и холловской подвижности электронов при $T=77$ К образца $Hg_{1-x}Cd_xTe$ n-типа проводимости при различных дозах облучения.

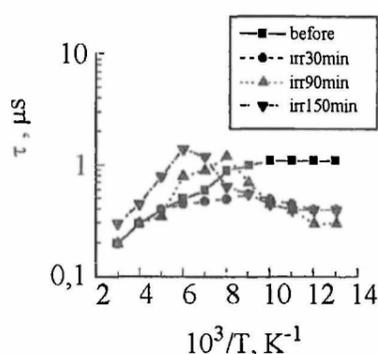


Рис.4. Температурные зависимости времени жизни НЗ образца $Hg_{1-x}Cd_xTe$ n-типа проводимости при различных дозах облучения.

По приведённым выше экспериментальным данным можно остановиться на модели радиационных нарушений вызванных развитием каскадных процессов Оже [1,2]. Разрыв связей

$Cd-Te$, а особенно $Hg-Te$ образует пары Френкеля, по данным работы [2] в основном в теллуровой подрешётке с уходом атомов Te из решётки. При этом возникают точечные дефекты V_{Te} и Te_i . Вакансии теллура выступают в роли доноров. Te_i образует комплексы с существующими до облучения вакансиями ртути $V_{Hg}-(Te_i^+-V_{Hg})$, уменьшая тем самым рассеивающее действие последних. V_{Te} зараженные положительно меньше влияют на подвижность электронов, чем отрицательно заряженные V_{Hg} .

Рентгеновские кванты обладают сравнительно малым значением импульса, поэтому нет оснований предполагать о прямом влиянии излучения на крупномасштабные скопления примесей, точечных дефектов и примесных атмосфер дислокаций. Так, для проверки этого предположения были облучены пластически деформированные кристаллы $Hg_{1-x}Cd_xTe$, в которых после деформации наблюдалось остаточное увеличение концентрации доноров. Выдержка деформированных образцов инвертировала тип проводимости указанных образцов на дырочный из-за образования примесных атмосфер вокруг дислокаций. Однако, после облучения, рассасывания примесных атмосфер и возврата электрофизических свойств не наблюдается.

3. Заключение

При облучении кристаллов $Hg_{1-x}Cd_xTe$ и $CdTe$ возникают в основном точечные дефекты-пары Френкеля как в теллуровой, так и в ртутной подрешётке. При этом, в составах $x=0,2$ образуется энергетический уровень с $E_t=40$ мэВ. Такие дефекты могут образовывать стабильные комплексы: $V_{Hg}^-Te_i^+$.

Список литературы

1. Вавилов В.С., Кив А.Е., Ниязова О.Р. Механизмы образования и миграции дефектов в полупроводниках. - М.: Наука, 1981.- 368 с.
2. Крамченко О.А., Мартынюк Б.Б., Пашковский М.В. // Полупроводники с узкой запр. зоной и полуметаллы.: Матер. 6-го Всесоюзного Симпозиума.- Львов, 1983.- С.76-77.

PROPERTIES OF $Hg_{1-x}Cd_xTe$ IRRADIATED BY X-RAY QUANTS

I.S.Virt, B.P.Coman*, D.I.Tsiutsiura

I.Franko Pedagogical University, 293720, Drogobych, I.Franko st, 34, Ukraine

*I.Franko State University, 293700, Lviv, Dragomanova st., 50, Ukraine

The experimental study of X-ray quants irradiation influence on electrical and photoelectrical characteristics of semiconducting solid solutions of $Hg_{1-x}Cd_xTe$ is carried out. It is shown that the behavior of main parameters of these crystals is described by the model of point defects formation and interaction. There is also a possibility of formation of $V_{Hg}^-Te_i^+$ complexes.