

Автор приносит благодарность Э. М. Омеляновскому, А. В. Пахомову и А. Я. Полякову, предоставившим полученные ими ранее профили дейтерия в GaAs *n*-типа, проанализированные в данной работе.

Список литературы

- [1] Рытова Н. С. // ФТП. 1991. Т. 25. В. 6. С. 990—996.
- [2] Пахомов А. В., Поляков А. Я., Омеляновский Э. М., Говорков А. В., Бородин О. М., Брук А. С. // ФТП. 1988. Т. 2. В. 7. С. 1203—1207.
- [3] Johnson N. M., Burnham R. D., Street R. A., Thornton R. L. // Phys. Rev. 1986. V. B33. N 2. P. 1102—1105.

Государственный
научно-исследовательский
и проектный институт
редкометаллической промышленности
Москва

Получено 29.10.1990
Принято к печати 31.01.1991

ФТП, том 25, вып. 6, 1991

ВЛИЯНИЕ РЕНТГЕНОВСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ НА РЕАЛЬНУЮ СТРУКТУРУ КРИСТАЛЛОВ $Cd_xHg_{1-x}Te$

Пашаев Э. М., Каневский В. М., Пурцхванидзе А. А.,
Перегудов В. Н.

Известно, что воздействие рентгеновского излучения на полупроводниковые кристаллы приводит к обратимым и необратимым изменениям их электрофизических свойств [1, 2]. В связи с этим нами проведено исследование влияния рентгеновского излучения на структуру кристаллов КРТ состава $Cd_{0.2}Hg_{0.8}Te$. Исследуемые кристаллы КРТ были вырезаны в виде пластин толщиной 1 мм параллельно кристаллографическим плоскостям (111), что соответствует углу Брэгга $\Theta_B \approx 12.2^\circ$ при использовании $Cu K_\alpha$ -излучения. Измерения проводились по стандартной двухкристалльной методике при мощности рентгеновской трубки $W=0.2$ кВт ($U=20$ кВ и $I=10$ мА). С целью исключения возможных изменений интенсивности рентгеновского излучения, отраженного от монохроматора, в качестве последнего вместо КРТ использовался высокосовершенный кристалл Ge (111)-отражения с $\Theta_B \approx 13.5^\circ$.

Как известно [3, 4], кристаллы КРТ характеризуются достаточно высокой степенью неоднородности состава. Например, в работе [5] было показано, что среднеквадратичная флуктуация состава $\Delta x/x \approx 4.5\%$. В связи с этим измерения дифракционных кривых проводились от фиксированной области кристалла размером (0.5×4 мм). Время экспозиции одной кривой дифракционного отражения составляло ~ 5 мин, промежуток между измерениями при отключенном источнике составлял 2 ч. Систематические измерения кривых от каждой фиксированной области кристалла продолжались около 5 сут.

При таком режиме измерения дифракционных кривых изменений их формы не было обнаружено, что указывает на стабильность структуры КРТ к воздействию рентгеновского излучения такой мощности. В то же время аналогичные измерения без отключения источника рентгеновского излучения, т. е. при постоянном облучении в течение 8 ч показали, что кривые дифракционного отражения испытывают трансформацию. Обнаруженные при этом режиме изменения являлись обратимыми, т. е. после прекращения воздействия излучения через некоторое время дифракционная картина возвращалась в исходное состояние.

В связи с этим возникает интерес проследить зависимость обнаруженного эффекта от интенсивности рентгеновского потока, воздействующего на исследуемый кристалл.

двумя области кристалла. Для этого мощность, подаваемая на рентгеновскую трубку, была увеличена до 2 кВт. Дифракционные кривые, полученные при этой мощности от того же участка кристалла, приведены на рис. 1. Присутствие нескольких пиков на этой кривой, на первый взгляд, не укладывается в рамки представлений об образовании непрерывного ряда твердых растворов КРТ при любом соотношении кадмия и ртути [3]. Наличие конечного числа четко выраженных пиков, расположенных в угловом интервале порядка нескольких минут, свидетельствует о блочной структуре кристалла. Причем

каждый дифракционный пик соответствует блоку с определенной молекулярной долей $\Delta x/x$, которая может принимать несколько допустимых значений, обусловленных близким порядком. Растворы с промежуточным значением x не дают вклад в дифракционное рассеяние. Следует отметить, что угловые расстояния между дифракционными пиками, соответствующие изменению межплоскостного расстояния $\Delta a/a \sim 10^{-3}$, хорошо согласуются с флуктуацией

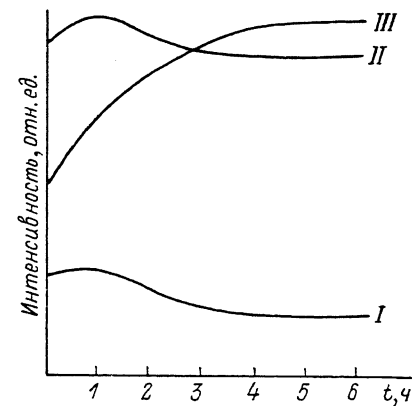
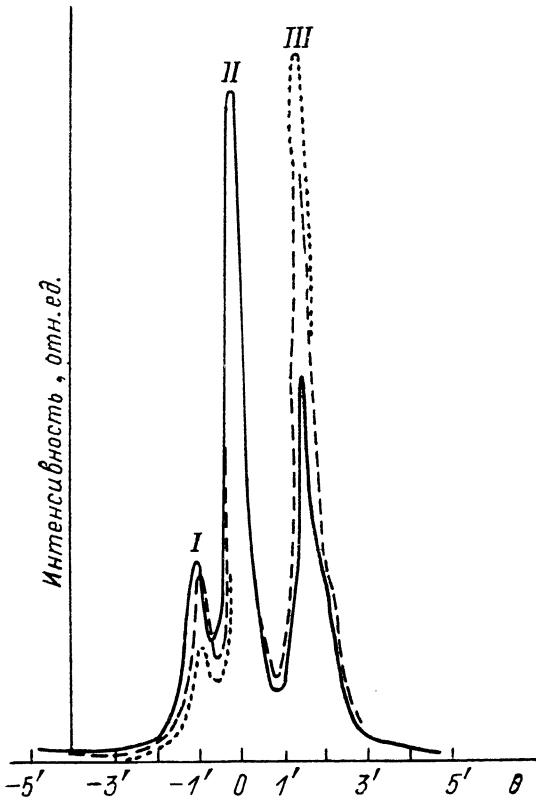


Рис. 1. Трансформация дифракционной кривой КРТ при длительном воздействии рентгеновского излучения на образец ($W=2$ кВт).

Сплошная линия — исходная, штриховая — через 2 ч, точки — через 15 ч.

Рис. 2. Зависимость от времени максимумов пиков I—III дифракционной кривой КРТ.

состава $\Delta x/x \simeq 4.5\%$ [5]. Существенное изменение формы кривой дифракционного отражения может свидетельствовать о заметной перестройке реальной структуры исследуемой области кристалла КРТ. Характер этих изменений заключается в том, что относительная интенсивность дифракционных пиков меняется в несколько раз, а их угловые положения смещаются незначительно. Отмеченное сильное изменение интенсивности наблюдается не для всех пиков.

На рис. 2 приведены изменения интенсивностей пиков от времени облучения в течение одного дня. Как видно из этого рисунка, кривая, соответствующая пику III, наиболее ярко демонстрирует влияние рентгеновского излучения на структуру кристалла. Обращает на себя внимание то, что изменение интенсивности всех трех пиков через 5 ч становится незначительным, т. е. очевидно, что после перестройки реальная структура кристалла становится стабильной к данному режиму облучения. Как показали дальнейшие измерения, осуществленные на установке с вращающимся анодом ($W=10$ кВт), время, необходимое для изменения интенсивности пиков, существенно сокращается, что указывает на увеличение скорости перестройки реальной структуры кристалла.

Как уже было отмечено выше, присутствие нескольких пиков дифракционных кривых свидетельствует о наличии близких когерентных положений атомов. Кривыми на рис. 2 отражено перераспределение атомов между этими когерентными положениями в зависимости от времени облучения.

С другой стороны, как видно из рис. 1, интеграл дифракционного отражения меняется при облучении, что указывает на переход атомов между когерентными и некогерентными положениями. Следует отметить, что в данном случае речь идет не об образовании френкелевских пар дефектов [6], когда атом смещается в междоузлие. Здесь изменение относительной интенсивности дифракционных пиков говорит о структурной перестройке, обусловленной минимальными ($\Delta a/a \sim 10^{-3}$) смещениями атомов в кристалле.

Важно отметить следующее обстоятельство: при длительном (порядка 6 ч и более) облучении кристаллов КРТ рентгеновским пучком мощности $W = 0.2$ кВт восстановление исходной дифракционной кривой наблюдается в течение 1 ч после выключения пучка. Однако в случае облучения кристалла рентгеновским пучком большей мощности ($W \geq 2$ кВт) в течение нескольких часов получить исходную дифракционную картину не удалось даже через несколько суток после выключения пучка, что, по-видимому, свидетельствует о необратимости структурных изменений, происходящих в кристалле. Результаты измерений на кристалле КРТ свидетельствуют о том, что существует предельная мощность падающего на образец рентгеновского пучка, ниже которой излучение не оказывает влияния на реальную структуру кристалла. В то же время большая мощность падающего на образец рентгеновского пучка приводит к существенным изменениям дифракционной картины, что не позволяет сделать объективных выводов о реальной структуре исследуемого кристалла.

Таким образом, впервые удалось проследить изменения реальной структуры кристаллов КРТ под воздействием рентгеновского излучения. Проведенные исследования позволяют утверждать, что в результате облучения рентгеновским пучком кристалла КРТ в течение длительного времени реальная структура кристалла переходит в новое состояние, что может привести к изменению его оптических и электрофизических свойств. Изучение этих свойств (а также установления механизма перестройки структуры кристаллов КРТ) требует дальнейших систематических исследований, которые помогут объективно судить о природе радиационной стойкости кристаллов КРТ и приборов на их основе.

Авторы выражают благодарность Р. М. Имамову за постоянное внимание к работе и полезные советы.

Список литературы

- [1] Вавилов В. С., Кив А. Е., Ниязова В. Р. Механизм образования и миграции дефектов в полупроводниках. М., 1981. 368 с.
- [2] Емцев В. В., Машовец Т. В. Примеси и точечные дефекты в полупроводниках. М., 1981. 248 с.
- [3] Бовина Л. А., Стафеев В. И. // Физика соединений АИВVI. М., 1986. С. 246—281.
- [4] Каневский В. М., Пашаев Э. М., Бугров Д. А. и др. // Тр. II Всес. сем. «Примеси и дефекты в узкозонных полупроводниках». Павлодар, 1989. С. 78—82.
- [5] Сагинов Л. Д., Федирко В. А., Стафеев В. И. и др. // ФТП. 1982. Т. 16. В. 7. С. 1256—1261.
- [6] Давыдов В. Н., Лоскутова Е. А., Найден Е. П. // ФТП. 1989. Т. 23. В. 9. С. 1596—1600.

Институт кристаллографии
АН СССР
Москва

Получено 23.01.1991
Принято к печати 31.01.1991