

УДК 548.0 : 530.211 : 548.74

© 1991

ОЖЕ-ЭЛЕКТРОННАЯ СПЕКТРОСКОПИЯ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ КРИСТАЛЛОВ ПОСЛЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ ИМПУЛЬСНОГО МАГНИТНОГО ПОЛЯ

В. П. Власов, В. М. Каневский, А. А. Пурицхванидзе

Проведено исследование процессов, происходящих на поверхности кристаллов $\text{Cd}_x\text{Hg}_{1-x}\text{Te}$, CdTe , InSb после воздействия на эти кристаллы импульсного магнитного поля ($H_1 \leq 10^6$ А/м). Показано, что результатом такого воздействия является изменение состояния поверхности исследуемых кристаллов.

Изучению долговременной релаксации свойств кристаллов после воздействия слабого импульсного магнитного поля (ИМП), посвящен ряд работ [1-4]. В частности, в работе [4] после воздействия ИМП обнаружено изменение оптического пропускания кристаллов $\text{Cd}_x\text{Hg}_{1-x}\text{Te}$ (КРТ) и CdTe (КТ), а также изменение параметров кривых рентгеновского отражения от этих кристаллов во времени. Это позволило авторам сделать вывод о релаксационных изменениях реальной структуры кристаллов КРТ и КТ после воздействия ИМП, следствием чего является изменение пропускания этих кристаллов.

Настоящая работа посвящена изучению состава поверхностей кристаллов $\text{Cd}_x\text{Hg}_{1-x}\text{Te}$, CdTe и InSb методом Оже-электронной спектроскопии после воздействия слабым ИМП ($H_1 \leq 10^6$ А/м). Для исследования каждый раз использовались по 2 образца КТ, КРТ и InSb размером $5 \times 5 \times 1$ мм. Один образец подвергался воздействию ИМП, а другой был контрольным. Эти образцы подготавливались одним способом и содержались при одинаковых внешних условиях. Воздействие ИМП на образцы осуществлялось в индукторе при частоте следования импульсов 12 Гц, длительности импульса 0.2 мс и амплитуде $1.4 \cdot 10^5$ А/м в течение 10—15 мин.

Сразу же после воздействия ИМП образцы помещались на манипулятор в сверхвысоковакуумную цельнометаллическую установку, которая откачивалась до вакуума 10^{-8} Па с помощью ионного и сублимационного насосов. В том случае, когда в камеру помещались кристаллы КТ или InSb , вакуум достигался путем прогрева установки при $T=200$ °С в течение 24 ч. Поскольку выдержка кристаллов КРТ при повышенных температурах приводит к их необратимым изменениям, то вакуум в этом случае достигался длительной откачкой в течение нескольких суток. Очистка поверхностей КРТ и КТ осуществлялась путем облучения их расфокусированным пучком медленных электронов энергией 150—200 эВ при токе 10 мА в пятне диаметром 3—4 мм. При указанных режимах как при подготовке образца, так и при дальнейшем его исследовании заметных изменений основного состава не наблюдалось. Получение ювенильных поверхностей кристаллов InSb осуществлялось путем их скола по (011) в сверхвысоком вакууме. Спектры Оже-электронов снимались при энергии первичного пучка 1.4 кэВ, токе на образец 4—5 мкА и диаметре пучка 0.2 мм.

Типичный спектр Оже-электронов от поверхности (111) контрольного типа КРТ приведен на рис. 1. На спектре можно видеть пики как от основных элементов структуры — ртути, кадмия и теллура, — так и от поверхностных примесей, не десорбировавшихся в вакууме под действием медленных электронов. Анализ полученных спектров показал довольно неравномерное распределение ртути и примесей на поверхности образца. Путем систематического сопоставления спектров, снятых по поверхностям образцов (контрольных и облученных ИМП), причем спустя различное время (от 5 до 25 суток) после облучения ИМП, было установлено, что под воздействием ИМП концентрация ртути в приповерхностном слое стабилизируется и распределение элементов примеси по поверхности становится более равномерным.

На рис. 2 приведены распределения сумм интенсивности пиков от ртути (72 эВ+76 эВ) по произвольным линиям поверхностей образцов — подвергнутого воздействию ИМП (1) и контрольного (2). Видно, что на кон-

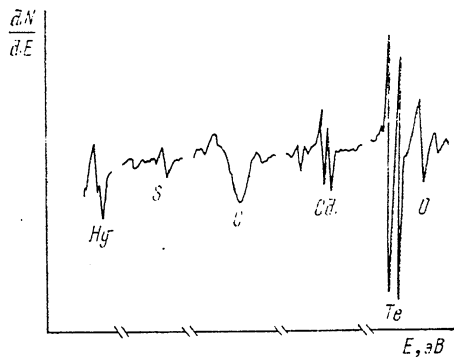


Рис. 1. Оже-электронный спектр от поверхности (111) кристалла кадмий—ртуть—теллур.

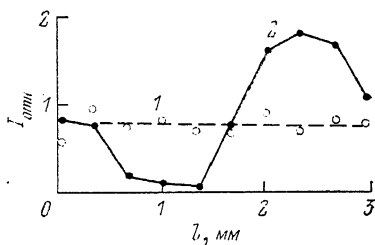


Рис. 2. Распределение ртути по поверхности образцов КРТ (по произвольной линии).

1 — образец, подвергнутый воздействию ИМП; 2 — контрольный образец.

трольном образце имеются глубокие провалы до нулевой концентрации ртути на поверхности и горбы, обусловленные, по-видимому, микрокаплями ртути. На образце, облученном ИМП за 5 суток до исследования, ртуть распределяется практически равномерно. Небольшие осцилляции сигнала связаны, вероятно, с ослаблением его поверхностными загрязнениями.

Исследовались также образцы КРТ, легированные индием ($C_{In} \approx 10^{17} \text{ см}^{-3}$). В этом случае в спектре присутствуют пики от индия, причем их интенсивность гораздо больше, чем это можно было ожидать при его заданной объемной концентрации. Это, по-видимому, объясняется его склонностью к сегрегации на поверхности до некоторой равновесной концентрации, которая на контрольном образце составляет в данном случае порядка 0.1 монослоя (рис. 3, спектр 1). Значительно большее количество индия (в $\sim 2-3$ раза) наблюдается на поверхностях образцов КРТ, подвергнутых воздействию ИМП за 5—25 суток до наблюдения (рис. 3, спектр 2), хотя при этом сохраняется ранее обнаруженный эффект стабилизации распределения ртути и примеси на поверхности КРТ.

Исследования поверхностей (011) кристаллов InSb в первые моменты после их скола в сверхвысоком вакууме показали полную идентичность по спектрам Оже-электронов контрольных и подвергнутых воздействию ИМП (за 14 суток до скола) кристаллов. Однако затем оказалось, что поверхности подвергнутых воздействию ИМП образцов зарастают загрязнениями гораздо медленней поверхностей контрольных образцов. На рис. 4 приведены кривые относительного изменения суммарного сигнала от поверхностных примесей (загрязнений) со временем. Видно, что сигнал

эт поверхностных загрязнений (кривые 1 и 2) достигает некоторого одинакового уровня, но в разное время.

Полученные результаты одновременно свидетельствуют о том, что воздействие ИМП приводит также и к перестройке реальной структуры кристаллов в объеме, поскольку поверхности, получаемые в результате скола в сверхвысоком вакууме, отражают свойства объема исследуемого кристалла.

В случае кристаллов КТ такого заметного различия по спектрам Оже-электронов между поверхностями облученных ИМП и контрольных кристаллов установлено не было. Можно лишь отметить, что поверхности обработанных ИМП кристаллов легче поддавались очистке при импульсном облучении их медленными электронами и по примесному составу поверхности были более равномерными.

В работах [1, 4-6] было показано, что результатом действия магнитного поля на кристаллы полупроводников и диэлектриков является по-

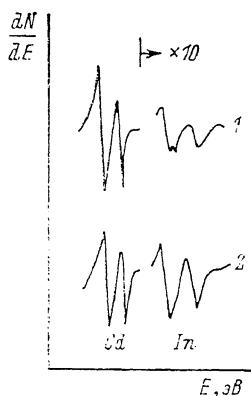


Рис. 3. Изменение интенсивности сигнала Оже-электронов индия на поверхности КРТ в результате воздействия ИМП.

1 — спектр от контрольного образца; 2 — спектр от образца, подвергнутого воздействию ИМП.

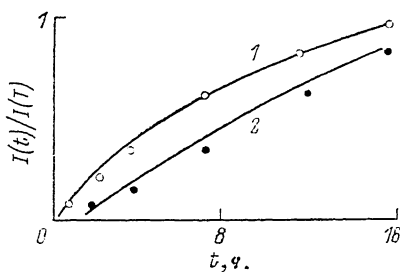


Рис. 4. Зависимость степени зарастания загрязненными поверхностями (011) антмовида индия от времени после скола в вакууме.

1 — контрольный образец; 2 — образец, подвергнутый воздействию ИМП.

следующая перестройка их дефектных участков (например, перераспределение точечных дефектов, а также, возможно, изменение границ блоков и дислокационной структуры), приводящая к более совершенной структуре. Эти дефектные участки являются местами локализации примесей.

Следовательно, можно допустить, что некоторая доля введенного в объем КРТ индия образует скопления вблизи границ блоков, дислокаций и других дефектов. При перестройке этих дефектов, инициированной ИМП, скопления могут распадаться с образованием микронной повышенной неравновесной концентрации индия, из которых он диффундирует, распределяясь по объему и выходя на поверхность. Распад скоплений примеси после воздействия слабого ИМП наблюдался в щелочно-галогидных кристаллах, легированных двухвалентными катионными примесями [1]. Приведенные в [6] данные по диффузии индия в КРТ и характерные времена, используемые в данной работе (несколько суток), вполне объясняют наблюдаемый эффект увеличения индия на поверхности КРТ после воздействия слабого ИМП в рамках предполагаемого механизма. Кроме того, не исключается возможность протекания и химических процессов на поверхности, стимулированных воздействием ИМП. Так, например, химическая поверхностная реакция хемосорбата Те с примесью In, находящейся на поверхности и выходящей из объема кристалла. Считая, что адсорбция сторонних атомов и молекул происходит преимущественно на дефектных местах поверхности [7], можно объяснить и более медленное загрязнение в сверхвысоком вакууме поверхности кристалла InSb, под-

вергнутого воздействию ИМП, и то, что эти кристаллы легче поддаются поверхностной очистке (в частности, КТ) улучшением совершенства поверхностей кристаллов после действия ИМП. Поскольку энергия связи атомов и молекул примеси будет меньше в бездефектных местах, чем это имеет место на дефектах, то, следовательно, там они будут слабее закрепляться и легче десорбироваться.

С п и с о к л и т е р а т у р ы

- [1] Дистлер Г. И., Каневский В. М., Москвин В. В., Постников С. Н., Рябинин Л. А., Сидоров В. П., Шнырев Р. Ф. // ДАН СССР, 1983. Т. 268. № 3. С. 591—593.
- [2] Каневский В. М., Дистлер Г. И., Смирнов А. Е., Герасимов Ю. М., Кортуква Е. И., Урусовская А. А., Горюнов Е. С. // Изв. АН СССР, сер. физ. 1984. Т. 48. № 12. С. 2408—2413.
- [3] Довыдов В. Н., Лоскутова Е. А., Найден Е. П. // ФТП. 1989. Т. 23. № 9. С. 1596—1600.
- [4] Каневский В. М., Пашаев Э. М., Бугров Д. А., Пурцхванидзе А. А. // Тез. докл. V Всес. совещ. по когерентному взаимодействию излучения с веществом. Симферополь, 1990. С. 47.
- [5] Альшиц В. И., Даринская Е. В., Перекалина Т. М., Урусовская А. А. // ФТТ. 1987. Т. 29. № 2. С. 467—471.
- [6] Физика соединений $A^{III}B^{VI}$ / Под ред. А. Н. Георгобиани, М. К. Шейнкмана. М.: Наука, 1986. С. 400.
- [7] Дистлер Г. И., Власов В. П., Герасимов Ю. М., Кобзарева С. А., Кортуква Е. И., Лебедева В. Н., Москвин В. В., Шенявская Л. А. Декорирование поверхности твердых тел. М.: Наука, 1976. С. 110.

Институт кристаллографии АН СССР
Москва

Поступило в Редакцию
28 ноября 1990 г.
В окончательной редакции
10 марта 1991 г.