

06.2; 12

© 1992

ИССЛЕДОВАНИЕ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОЙ ЭПИТАКСИИ
 $CdTe$ НА (001) $GaAs$ В.В. Калинин, В.Д. Кузьмин,
Ю.Г. Сидоров, М.В. Якушев

Приготовление эпитаксиальных структур с квантовыми ямами и сверхрешеток требует соблюдения большой степени плоскостности гетеропереходов. В то же время исследование морфологической устойчивости поверхности роста [1] однозначно свидетельствует об уменьшении критической толщины пленки, при которой происходит срыв псевдоморфизма и переход от двумерного роста к росту трехмерных островков, при увеличении несоответствия параметров сопрягаемых решеток. В работе [2] приведены экспериментальные данные о критической толщине пленок $CdTe$, выращенных на подложках $CdZnTe$ с содержанием Zn от 3 до 100 %, которые совпадают с [1]. Для системы $CdTe/ZnTe$, в которой несоответствие составляет 6 %, критическая толщина, определенная по моменту резкого уменьшения амплитуды осцилляций интенсивности зеркального рефлекса при дифракции электронов на отражение, составила 5 монослоев. В той же работе была определена критическая толщина пленки для системы $ZnTe/GaAs$ (несоответствие 7.16 %), которая составила 4 монослоя. Для системы $CdTe/GaAs$ (001), у которой несоответствие составляет 12.8 %, ожидаемая толщина псевдоморфной пленки составляет менее 1 монослоя, и рост должен происходить путем образования трехмерных островков. Действительно, в ряде работ (см., например, [3]) было показано, что при температурах роста более 470 К пленки $CdTe$ (001) на $GaAs$ (001) начинают расти с образования трехмерных островков.

В данной работе представлены результаты исследований начальных стадий роста пленок $CdTe$ на $GaAs$ (001) при температурах подложки от 300 до 510 К.

Эксперименты проводились в однокамерной установке МЛЭ типа „Ангара“. Напыление производилось из источника, загруженного монокристаллическим $CdTe$ высокой чистоты. Подложки $GaAs$ (001) после стандартной химической обработки помещались в камеру и прогревались при 850 К для термического удаления окислов с поверхности. Осцилляции интенсивности зеркального рефлекса ДБЭ наблюдались на флуоресцентном экране и регистрировались с помощью прибора „Фотон-микро“. Сплошность образовавшейся пленки определялась с помощью рентгеновской фотоэмиссионной спектроскопии по относительной интенсивности пика $Ga 3d$ (18.8 эВ), а также по наличию или отсутствию дублета $Ga 2p$ с энергиями

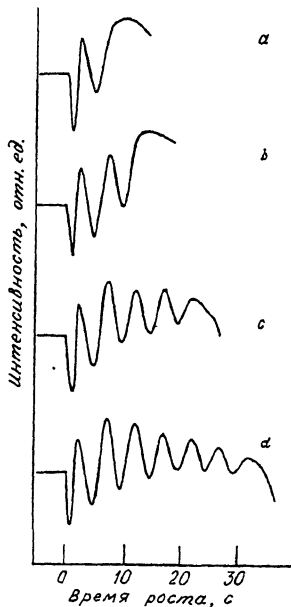


Рис. 1. Осцилляции зеркального рефлекса ДБЭ во время роста (111) $CdTe$ на (100) $GaAs$ при различных температурах подложки: а - 510 К, в - 440 К, с - 400 К, д - 370 К.

1113.2 эВ и 1140.1 эВ. В качестве репера использовался пик $Cd\ 4d$ (10.4 эВ). Толщина исследуемых пленок была примерно одинакова. Энергия ионизирующего пучка составляла 1253.6 эВ ($Mg, K\alpha$). Энергия пропускания анализатора - 100 эВ. Для набора сигнала в каждом случае проводилось 40 сканирований по энергии.

После удаления окислов с поверхности подложки на дифракционной картине в полюсе $\langle 110 \rangle$ наблюдалась сверхструктура 1×3 , характеризующаяся наличием дублета сверхструктурных тяжей в положении $1/2$ между основными. Наблюдение за изменением интенсивности зеркального рефлекса проводилось в этом полюсе.

При температуре подложки 510 К график зависимости интенсивности зеркального пучка от времени имеет только один резкий максимум (рис. 1, а). При понижении температуры число максимумов возрастает и составляет: при 440 К - 2, при 400 К, - 5, а при 370 К наблюдаются 7 резких максимумов. При этом происходит постепенное снижение среднего значения интенсивности (рис. 1).

Следует отметить, что при росте пленок с ориентацией (111) время от начала напыления до первого максимума примерно в два раза меньше периода всех остальных колебаний. Из сравнения периодичности осцилляций и скорости роста на стационарной стадии следует, что за время одной осцилляции осаждаются два моноатомных

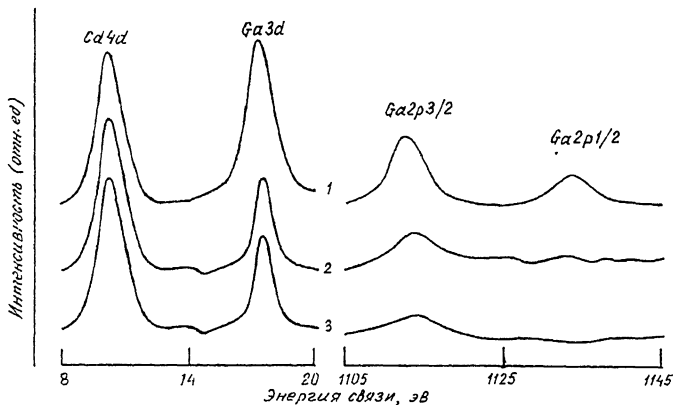


Рис. 2. РФЭ спектры кадмия и галлия, образцов, выращенных в различных условиях: 1 – трехмерный механизм роста, 2 – двумерный механизм роста, 3 – переход во время роста от двух- к трехмерному механизму.

слоя – слой кадмия и слой теллура. Согласно данным литературы [4], первым слоем, осаждающимся на поверхности подложки из арсенида галлия, является слой теллура, который задает полярность поверхности роста. При росте последующих слоев устойчивая атомарно гладкая конфигурация достигается также после осаждения слоя теллура. Для ориентации пленки (111) это соответствует экспериментально наблюдаемой полярности растущего слоя ((111)В). Уменьшения периода первой осцилляции вызвано тем, что на подложке арсенида галлия до осаждения уже присутствует адсорбированный теллур. Структура i^*3 указывает на степень заполнения поверхности адсорбированным теллуром, близкую к половине монослоя. Поэтому для образования первого сплошного слоя теллура требуется всего примерно половина монослоя теллура, которое поступает на поверхность за время меньшее, чем период осцилляции.

В описанной серии экспериментов ориентация пленки $CdTe$, определенная из анализа электронограмм на отражение, оказалась (111). В зависимости от исходного состояния подложки, которое менялось путем изменения времени ожига при температуре 850 K, можно было наблюдать образование пленок не только с ориентацией (111), но и смеси ориентаций (111) и (001), а также пленки (001) $CdTe$. При выращивании такой пленки при температуре 370 K наблюдаются 6 колебаний интенсивности зеркального пучка с постепенно уменьшающейся амплитудой, а затем следует срыв осцилляций.

Используя методику рентгеновской фотоэмиссионной спектроскопии, мы провели исследование сплошности получающихся пленок.

Для этого были приготовлены три образца с толщиной пленки $CdTe$ около 15А: 1 – образец, выращенный при высокой температуре (510 К). Рост по данным ДБЭ происходил по трехмерному механизму; 2 – образец, выращенный при низкой температуре. Рост происходил по двумерному механизму, и толщина пленки составляла 5 монослоев. Осцилляции наблюдались в течение всего времени роста; 3 – образец выращивался при промежуточной температуре. После роста первых четырех монослоев по двумерному механизму происходил срыв и переход к трехмерному механизму роста. Из РФЭ спектров (рис. 2) видно, что относительная интенсивность пика $Ga\ 3d$ первого образца в несколько раз больше интенсивности соответствующих пиков двух других образцов. В спектре первого образца отчетливо проявляется дублет $Ga\ 2p$, тогда как у двух других образцов линия $Ga\ 2p\ 1/2$ отсутствует, а $Ga\ 2p\ 3/2$ слабо различима. Следовательно, при низкой температуре осаждения пленки являются сплошными и не теряют сплошности после прекращения осцилляций интенсивности зеркального пучка и переходе к трехмерному росту.

Наблюдающиеся колебания интенсивности зеркального пучка и данные спектроскопии являются доказательством того, что в гетеросистеме $CdTe/(100)GaAs$ на начальном этапе могут расти сплошные пленки по двумерно-слоевому механизму, что не может быть описано в рамках существующих представлений о возможной толщине псевдоморфных пленок в системах с большим несоответствием параметров решеток.

С п и с о к л и т е р а т у р ы

- [1] Пинтус С.М., Стенин С.И., Торопов А.И., Труханов Е.М. Препринт 5-86, Новосибирск, 1986.
- [2] Gilbert J., Andre R., Deshayes C., Feuillier G., Joneau P.H., Le Si Dang, Mallard R., Nahmani A., Saminadavar K., Tatarenko S. Fifth internat. conf. on superlat. and mikrostructures. Berlin, GDR, 1990.
- [3] Дворецкий С.А., Зубков В.П., Калинин В.В., Кузьмин В.Д., Сидоров Ю.Г., Стенин С.И. // Поверхность. 1991. Т. 9. С. 45-51.
- [4] Mar H.A., Salansky N., Chee K.T. // Appl. Phys. Lett. 1984. V. 44(9). P. 898-900.

Поступило в Редакцию

7 января 1992 г.