

06.1; 06.2; 06.3; 12

© 1991

СТРУКТУРНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ ЭПИТАКСИАЛЬНОЙ ПЛЕНКИ $ZnSe / GaAs$ ПОД ДЕЙСТВИЕМ МЯГКОГО РЕНТГЕНОВСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯО.Б. Ананьин, Р.З. Багателия,
Ю.А. Быковский, В.Ю. Знаменский,
А.В. Коваленко

Практическое применение гетероэпитаксиальных структур $ZnSe / GaAs$ в качестве элементов оптоэлектронных интегральных схем, оптических волноводов, фотоприемников стимулирует совершенствование методов получения качественных эпитаксиальных монокристаллических слоев, а также поиск эффективных технологических способов воздействия на поверхность полупроводниковой пленки, определяющих оптические, структурные или электрические характеристики эпитаксиального слоя.

Целью настоящей работы является изучение влияния воздействия мягкого рентгеновского излучения (МРИ) на эпитаксиальные пленки $ZnSe$, выращенные на подложках $GaAs$ (100) методом роста из газовой фазы в кварцевом реакторе горизонтального типа из поликристаллического источника в токе очищенного водорода. Изучение морфологии поверхности пленок в электронном микроскопе, проведенный рентгенодифракционный анализ показывают, что при различных технологических параметрах роста (расход газа носителя, температура подложки, температура источника, наличие сверхдавления одной из компонент синтезируемого соединения) таким методом могут быть получены как монокристаллические эпитаксиальные слои селенида цинка, так и поликристаллические. В первом случае рентгенодифракционный анализ идентифицирует наличие линий, соответствующих подложке $GaAs$ (100) и монокристаллического эпитаксиального слоя $ZnSe$ (400), рис. 1; во втором случае, кроме линий $GaAs$ (100), в соответствующем спектре присутствуют линии отражения, принадлежащие различным плоскостям соединения $ZnSe$ (111), (220), (311) и др. Здесь следует подчеркнуть, что в гетероэпитаксиальных структурах $ZnSe / GaAs$ из-за несогласованности параметров кристаллических решеток эпитаксиального слоя и подложки в синтезируемом слое возникают деформационные напряжения, которые могут разрешаться образованием нежелательных дислокаций. Эти напряжения определяют отличия параметров кристаллических решеток полупроводникового слоя и параметра, соответствующего объемному соединению [1], сдвигают максимумы в спектрах фотолюминесценции эпитаксиальных слоев, что затрудняет трактовку полученных результатов. Тем не менее, анализ полученных

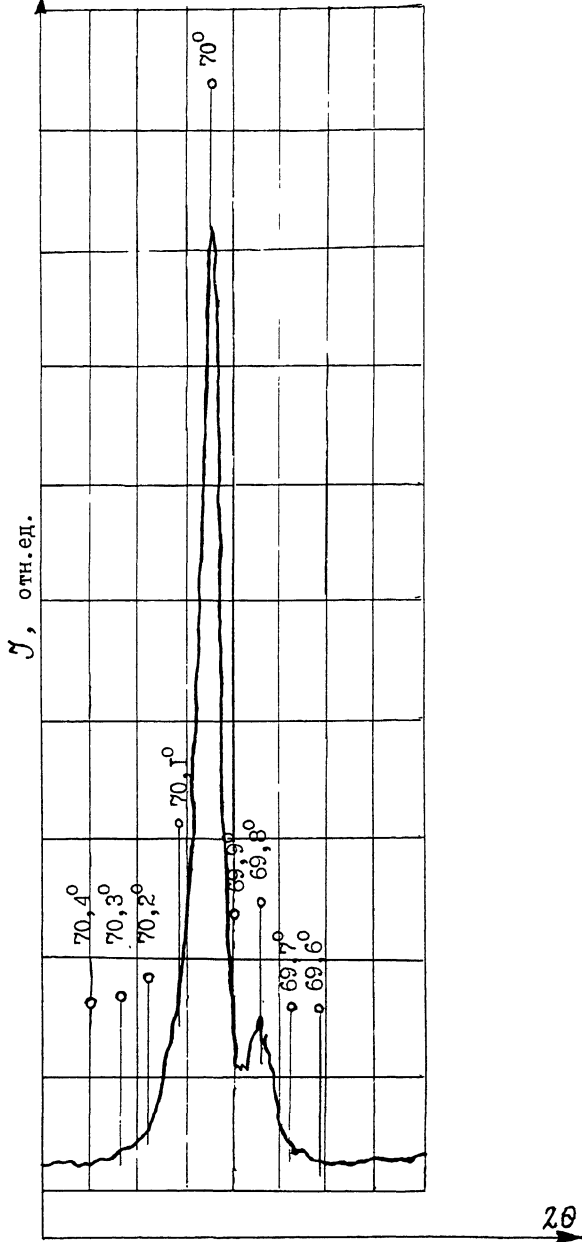


Рис. 1. Диаграмма рентгенофазового анализа гетероструктуры $ZnSe/GaAs$ (100). Основной пик при $2\theta \sim 70^\circ \rightarrow GaAs$ (100) подложка. Маленький пик при $2\theta \sim 69.8^\circ$ эпитаксиальный монокристаллический слой $ZnSe$ (400) на $GaAs$ (100) (рентгенов. источник $Co K, \beta$).

данных позволяет выделить пики в спектрах фотолюминесценции монокристаллических эпитаксиальных пленок селенида цинка толщиной ~ 1 мкм (рис. 2, а) максимум, связанный со свободным экситоном $E_x(\hbar\nu) \sim 2.8002$ эВ), что хорошо согласуется с данными работ [2, 3]. Максимум с $\hbar\nu \sim 2.7057$ эВ может быть идентифицирован с излучением связанного экситона I_2 , обусловленного нейтральным донором (D^0, X), очевидно Ga [4], а максимум излучения с $\hbar\nu \sim 2.7891$ эВ с соответствующими фотонными повторениями может быть отнесен к переходу связанного экситона I_1 , обусловленного нейтральным акцептором (A^0, X), возможно N [5]. Максимумы излучения, связанные с наличием донорно-акцепторных пар лежат в длинноволновой области спектра. Спектр излучения поликристаллических пленок селенида цинка (рис. 2, б) в экситонной области из-за существенного уширения линий разрешается плохо.

Оба типа пленок были подвергнуты воздействию мягкого рентгеновского излучения. В качестве источника МРИ, не сопровождающегося потоками частиц, использовалась установка, описанная в работе [6]. Она состояла из лазерно-плазменного источника коротковолнового излучения и концентратора коротковолнового излучения, позволяющего получать высокие плотности потока энергии излучения и отсекал потоки частиц. Лазерная плазма создавалась излучением Nd -лазера (12 Дж, 10 нс), сфокусированным на поверхности плоской медной мишени. Коротковолновое излучение лазерной плазмы с помощью концентратора собиралось из телесного угла $2 \cdot 10^{-2}$ ср и концентрировалось в пятно размером ~ 10 мм² на расстоянии 0.5 м от лазерной плазмы. Спектральное распределение излучения на выходе концентратора имеет сложный характер с максимумом в области длин волн $\sim 50-70$ Å. Плотность потока излучения в области максимальной концентрации достигает $5 \cdot 10^5$ Вт/см². Длительность импульса излучения ~ 10 нс, плотность энергии облучения $\sim 20-50$ мДж/см².

Сразу после облучения МРИ монокристаллического эпитаксиального слоя $ZnSe$ нами был отмечен сдвиг максимума, соответствующий отражению от плоскости $ZnSe(400)$ в область больших углов. Таким образом, можно утверждать, что облучение, воздействуя на электронную систему, ослабляя связи лигандов, частично снимает деформационные напряжения, тем самым приближая параметр кристаллической решетки полупроводникового слоя к значению, характерному для объемного монокристалла. Здесь следует подчеркнуть, что со временем исходное значение параметра кристаллического эпитаксиального слоя восстанавливается.

Одновременно с этим происходят существенные изменения и в спектрах фотолюминесценции эпитаксиальных слоев (см. рис. 2). Интенсивность в экситонной области спектра фотолюминесценции монокристаллической пленки $ZnSe$ возрастает, фотолюминесценция ДАП, обусловленная структурными дефектами, падает. Все это свидетельствует о структурном совершенстве полупроводникового слоя, подвергнутого облучению. Увеличение интенсивности фотолюминес-

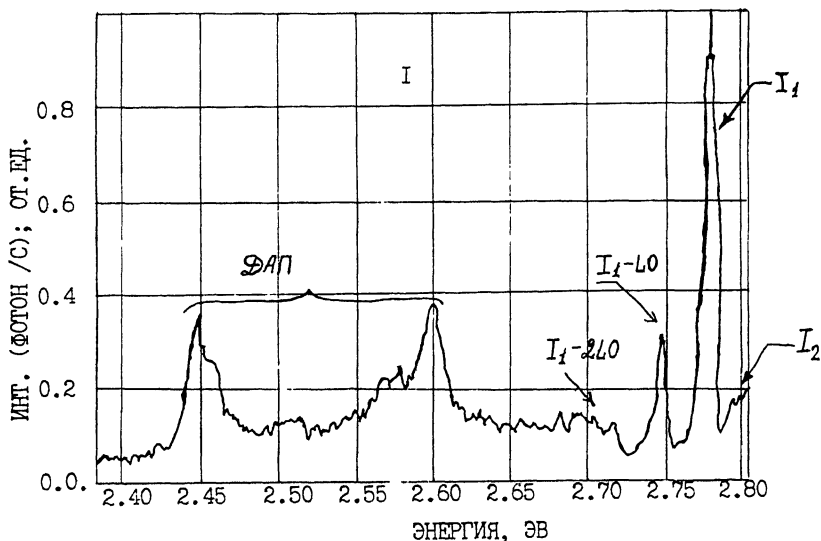
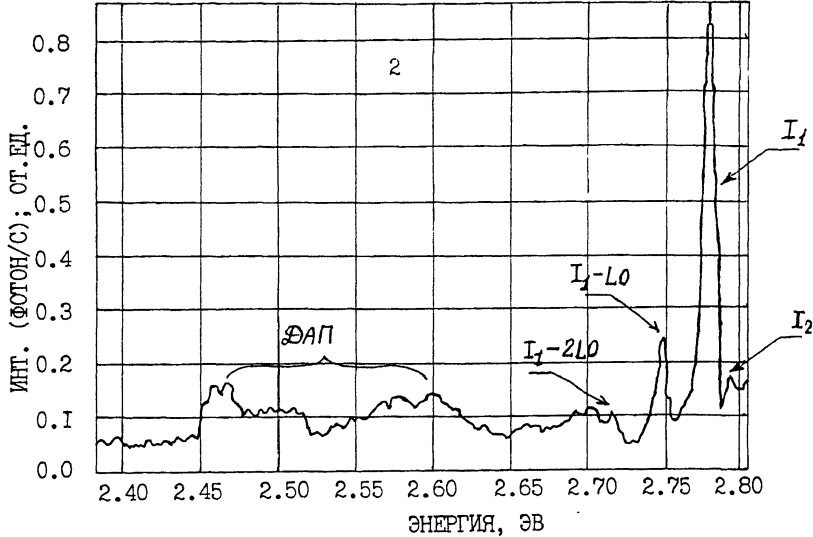


Рис. 2. а - спектр ФЛ монокристаллического эпитаксиального слоя $ZnSe$ на подложке $GaAs$ (100) возбужденный $He-Cd$ лазером при $T=4.2$ К. 1 - исходный образец, 2 - облученный образец. б - спектр ФЛ поликристаллического эпитаксиального слоя $ZnSe$ на подложке $GaAs$ (100), возбужденный $He-Cd$ лазером при $T=4.2$ К. 1 - исходный образец, 2 - облученный образец.

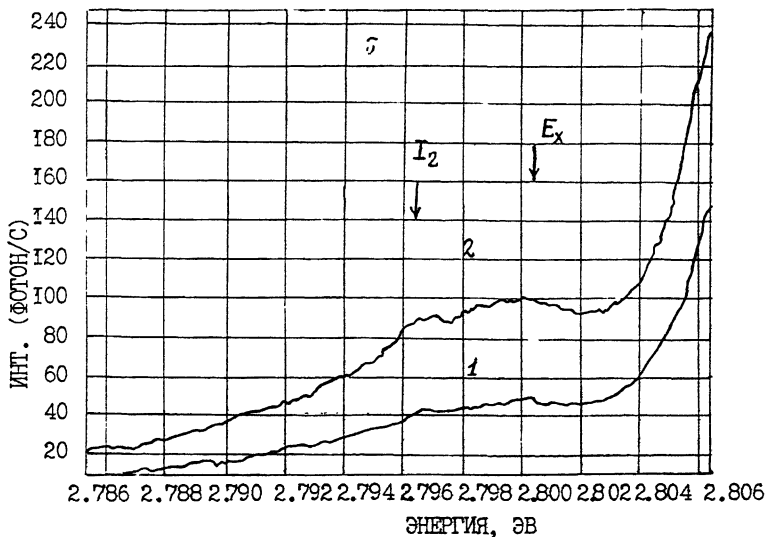


Рис. 2 (продолжение).

ценции в экситонной области спектра отмечено также и в поликристаллической пленке селенида цинка.

Сказанное позволяет сделать вывод о том, что воздействие МРИ приводит к структурному совершенствованию эпитаксиального слоя.

С п и с о к л и т е р а т у р ы

- [1] M i t s u h a s h i H., M i t s u t s h i J., M i z u t a M., K u k i m o t o H. // Jap. J. of Appl. Phys. 1985. V. 24. N 8. P. L578-L580.
- [2] Y a o T., O k a d a , M a t s u i S. // J. Crystal Growth. 1987. V. 81. P. 518-523.
- [3] Y o k o g a w a T., O g u r a M., K a j i - w a r a T. // Appl. Phys. Lett. 1987. V. 50, N 16. P. 1065-1067.
- [4] Y a o T., T a g u c h i T. 13-th Int. Conf. Defec. Semic. Calif. 1984. Warrendale, 1985. P. 1221-1227.
- [5] O n k a v a K., M i t s u j i T., Y a m a s a t i O. // J. Crystal Growth. 1988. V. 86. P. 329-334.
- [6] А н а н ь и н О.Б., Б ы к о в с к и й Ю.А., Ж у р а в - л е в А.А., З н а м е н с к и й В.Ю., К а н ц ы р е в В.Л., Ф р о л о в С.П. // Письма в ЖТФ. 1990. Т. 16. В. 2. С. 55-58.

Московский инженерно-физический институт

Поступило в Редакцию
11 октября 1991 г.