

05;11;12

©1995

О ЛОКАЛЬНЫХ НЕОДНОРОДНОСТЯХ ВХОЖДЕНИЯ Ga И As В ПЛЕНКУ ZnSe ИЗ ПОДЛОЖКИ GaAs

Т.А.Гаврилова, Ю.Г.Сидоров, М.В.Якушев

В настоящее время эпитаксия ZnSe на подложке GaAs вызывает широкий интерес в мире в связи с возможностью создания фотоизлучающих и приемных устройств для голубой области спектра. Поэтому изучение различных дефектов в эпитаксиальном селениде цинка на GaAs представляет как научный, так и практический интерес.

В данной работе мы впервые сообщаем о новом типе дефектов, обнаруженных в эпитаксиальных структурах ZnSe/GaAs.

Рост пленок селенида цинка проводился в однокамерной установке МЛЭ "Катунь". Подложки арсенида галлия после мойки в органическом растворителе травились в стандартном сернокислотном травителе, затем образовавшиеся окислы удалялись при помощи изопропилового спирта, насыщенного парами соляной кислоты. Образец клеился галлием на молибденовый носитель и помещался в загрузочную камеру. Предэпитаксиальный отжиг проводился в интервале температур 550–600°C в течение различного времени. Рост производился из отдельных молекулярных источников цинка и селена, температура эпитаксии составляла 300–400°C, скорость роста 0.5–1.0 мкм/ч. Толщины выращенных слоев варьировались от 100 Å до 1.5 мкм.

Выращенные пленки изучались методом растровой электронной микроскопии (РЭМ) на микроскопе BS-350 в режимах регистрации вторичных и отраженных электронов. В РЭМ изображении пленка ZnSe сильно светится, что соответствует высокому сопротивлению широкозонного материала. Есть мелкий рельеф по всей поверхности (нечто близкое к треугольным пирамидальным ямкам, размер — доли микрометра), см. рис. 1.

Основной особенностью являются черные округлые фигуры — проводящие точки диаметром около 1 мкм, проходящие до подложки, что видно на поперечном сколе. На тонких пленках вокруг них — более светлые округлые области (видимо, это визуализация заряженных областей). На тонких пленках плотность их выше, а на самой тонкой (1000 Å) они контрастные до черноты и компактные. Эти дефекты

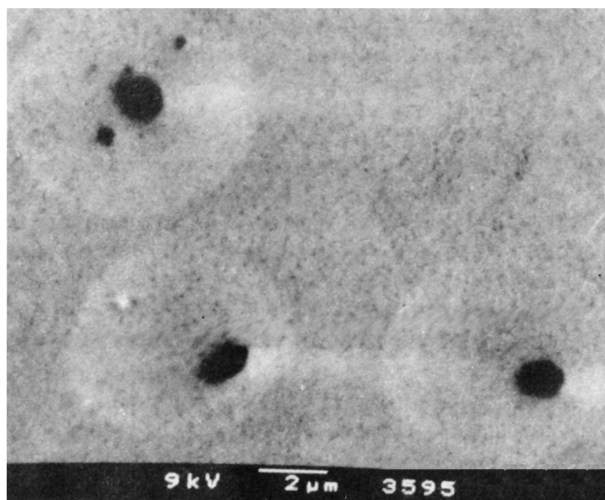
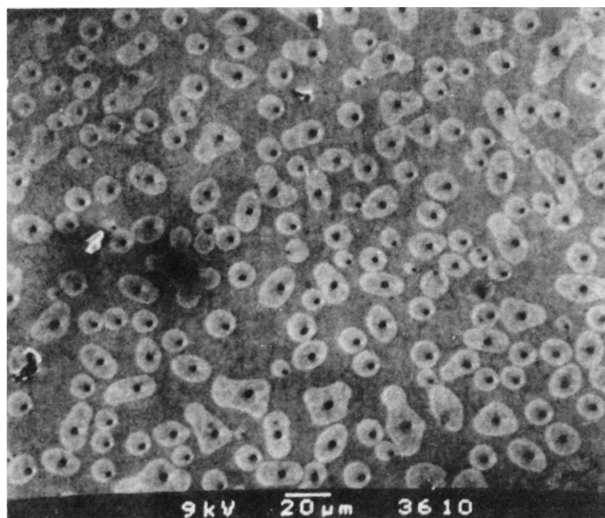


Рис. 1. Типичный вид дефектов в системе ZnSe/GaAs, наблюдаемых в растровом электронном микроскопе. Представлена поверхность образца ZnSe/GaAs(112)В, толщина пленки 1000 Å, температура эпитаксии 400°C. Увеличение: а — 500, б — 5000 раз.

видны в режиме регистрации вторичных электронов. В режиме регистрации упруго рассеянных электронов, когда наблюдаются в основном неровности рельефа, такие дефекты в виде округлых черных фигур, как это было описано выше, не наблюдаются. На тонких, порядка 1000 Å, пленках на их месте каких-либо деталей рельефа при имеющемся разреше-

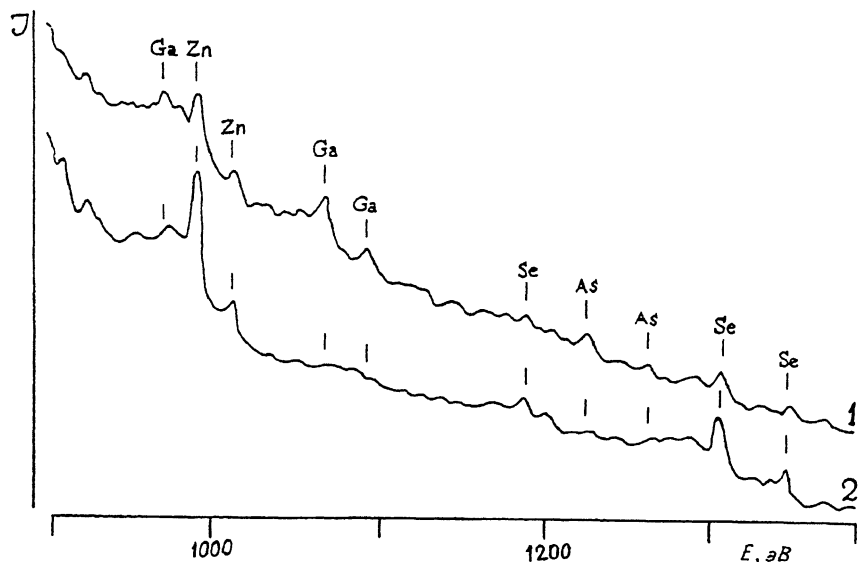


Рис. 2. Недифференцированные Оже-спектры, снятые с поверхности пленки ZnSe. 1 — в дефекте, 2 — за пределами дефекта.

нии растрового микроскопа ($> 200 \text{ \AA}$) не наблюдается. На толстых, порядка 1 мкм, пленках на их месте присутствуют неровности рельефа в виде холмиков неопределенной формы. Видимо, эти точки соответствуют дефектам, образующимся на поверхности подложки и прорастающим в пленку. Изучались пленки, выращенные на подложках различной ориентации — (111)В, (112)В, (113) и (100), и во всех случаях данные дефекты наблюдались, но никакой корреляции с ориентацией подложки замечено не было. Изменение соотношения потоков цинка и селена тоже никоим образом не влияет на образование этих дефектов. Плотность дефектов возрастала с повышением температуры роста или отжига. Плотность дефектов на толщине 1000 \AA составляет $1E+5 - 1E+6 \text{ см}^{-2}$.

Образцы с наблюдаемыми дефектами исследовались при помощи сканирующей Оже-спектроскопии. На рис. 2 представлены Оже-спектры, снятые с поверхности дефекта и вне его на образце ZnSe/GaAs(100) толщиной 0.7 мкм. Из спектров ясно видно, что в данных образованиях присутствуют Zn, Se, Ga и As в соизмеримых количествах, тогда как вне дефектов галлий и мышьяк не видны.

Мы предлагаем следующую модель, объясняющую образование данных дефектов.

Как было показано ранее, на границе раздела ZnSe/GaAs присутствуют промежуточные соединения в виде селенида галлия [1,2]. При взаимодействии с подложкой селен вытесняет мышьяк из кристаллической решетки [3], образуя GaSe — соединение, имеющее кубическую структуру и содержащую около 20–30% вакансий галлия [4]. Можно предположить, что избыточный галлий скапливается на поверхности в виде капель, так как ростовой температуры (300–400°C) недостаточно для его испарения. При этом мышьяк, вытесненный из объема, частично растворяется в каплях галлия. Повышение температуры подложки усиливает взаимодействие селена с арсенидом галлия и увеличивает количество свободного галлия на поверхности и соответственно плотность дефектов. Избыточный галлий скапливается преимущественно на различных макро- и микродефектах: Взаимодействие селена с арсенидом галлия на дефектах может происходить более активно. При росте пленки галлий и мышьяк из микрокапель диффундируют в пленку ZnSe. А дислокации и двойниковые ламели могут облегчать диффузию галлия и мышьяка в пленку.

Список литературы

- [1] Krost A., Richter W., Zahn D.R.T., Hingerl K., Sitter H. // Appl. Phys. Lett. 1990. V. 57. P. 1981–1983.
- [2] Williams J.O., Wright A.C., Yates H.M. // J. Cryst. Growth. 1992. V. 117. P. 441–453.
- [3] Scimeca T., Watanabe Y., Maeda F., Berrigan R., Oshima M. Appl. Phys. Lett. 1993. V. 62. P. 1667–1669.
- [4] Li D., Gonsalves J.M., Otsuka N., Qui J., Kobayshi M., Gunsher R.L. // Appl. Phys. Lett. 1990. V. 57. P. 449–451.

Институт физики полупроводников
Новосибирск

Поступило в Редакцию
24 августа 1994 г.