

УДК 538.62. 548:537.611.46

М.Ю. ЕСИН*, А.И. НИКИФОРОВ* **, В.А. ТИМОФЕЕВ*, В.И. МАШАНОВ*,
А.Р. ТУКТАМЫШЕВ*, О.П. ПЧЕЛЯКОВ* **

АНАЛИЗ ДЕФЕКТНОСТИ ПЛЕНОК GeSn И GeSiSn, ПОЛУЧЕННЫХ МЕТОДОМ МЛЭ НА ПОДЛОЖКАХ Si(100)¹

Слои GeSn и GeSiSn были выращены методом молекулярно-лучевой эпитаксии. Поверхность образцов была исследована атомно-силовой микроскопией в полуконтактном режиме. Плотность дислокаций определялась методом селективного травления. Результаты анализа показали, что слои GeSn и GeSiSn имеют высокую плотность пронизывающих дислокаций. Предполагается, что уменьшение параметра несоответствия в структурах и использование низкотемпературных буферных слоев Si и GeSi понижают плотность дислокаций.

Ключевые слова: пронизывающие дислокации, молекулярно-лучевая эпитаксия, атомно-силовая микроскопия, селективное травление.

Кремневая фотоника стремительно развивается из-за внедрения соединений GeSn, выступающих как материалы IV группы с прямой шириной запрещенной зоны [1]. Способность выращивать высококачественные материалы является необходимой для их применения в приборах [2]. Различие параметров решеток растущей пленки и подложки приводит к появлению сетки дислокаций несоответствия, которая освобождает напряжение пленки. Ветви пронизывающих дислокаций проходят через пленку, что снижает качество структуры.

Исследования проводились на подложке Si(100). Образец № 13 состоял из следующих слоев: 1 – буферный слой кремния, 2 – слой $\text{Ge}_{0.3}\text{Si}_{0.7}$, 3 – слой Ge, 4 – слой $\text{Ge}_{0.947}\text{Si}_{0.021}\text{Sn}_{0.032}$, 5 – слой Ge. Структура образца № 14 имела такую же структуру как у образца № 13, но 4 – слой $\text{Ge}_{0.94}\text{Sn}_{0.06}$. Параметры условий роста структур указаны в таблице.

Параметры условий роста

№ образца	Слой	Толщина, нм	Температура роста, °C
13	Буферный слой Si	150	700
	Слой $\text{Ge}_{0.3}\text{Si}_{0.7}$	10	300
	Слой Ge	100	330
	Слой $\text{Ge}_{0.947}\text{Si}_{0.021}\text{Sn}_{0.032}$	200	200
	Слой Ge	50	330
14	Буферный слой Si	150	700
	Слой $\text{Ge}_{0.3}\text{Si}_{0.7}$	10	300
	Слой Ge	100	330
	Слой $\text{Ge}_{0.94}\text{Sn}_{0.06}$	100	200
	Слой Ge	50	330

На рис. 1 и 2 показаны АСМ-изображения поверхностей протравленных образцов № 13 и 14 соответственно. RMS поверхностей до травления образцов № 13 и 14 составляла 0.9 и 0.78 нм (для изображений с областью сканирования 3×3 мкм²) соответственно. Травление образцов проводилось в растворе $\text{CrO}_3/\text{HF}/\text{H}_2\text{O}$ в течение 4 мин [3]. Так как скорость травления данного раствора для чистого Ge составила 27 нм/мин, то верхний слой Ge стравился полностью. После травления образцов на поверхностях появились ямки связанные с вытравливанием в области пронизывающих дислокаций находящихся в слоях $\text{Ge}_{0.947}\text{Si}_{0.021}\text{Sn}_{0.032}$ и $\text{Ge}_{0.94}\text{Sn}_{0.06}$ образцов № 13 и 14 соответственно. Плотность, латеральный размер и глубина ямок травления для образцов № 13

¹ Работа выполнена при частичной поддержке грантом РФФИ (грант № 14-29-07153) и Программой «Научный фонд им. Д.И. Менделеева Томского государственного университета».