

Метод эллипсометрии в технологии процессов молекулярно-лучевой эпитаксии кадмий-ртуть-теллура

В.А. Швец^{1,2}, Е.В. Спесивцев¹, И.А. Азаров¹, С.В. Рыхлицкий¹, Н.Н. Михайлов¹,
М.В. Якушев¹, В.Д. Кузьмин¹, Ю.Г. Сидоров¹, С.А. Дворецкий^{1,3}

¹ Институт физики полупроводников им. А.В. Ржанова СО РАН, Новосибирск, 630090,
проспект Академика Лаврентьева, 13

² Новосибирский государственный университет, 630090,
г. Новосибирск, ул. Пирогова, 2

³ Томский государственный университет, 634050, г. Томск, пр. Ленина, 36
тел: (383) 330-8716, факс: (383)333-27-71, эл. почта: shvets@isp.nsc.ru

Кадмий-ртуть-теллур (КРТ) является одним из перспективных материалов для создания ИК фотоприёмников и излучателей дальнего и сверхдальнего диапазонов спектра. Широкий диапазон обеспечивается изменением состава соединения X_{CdTe} – доли CdTe в материале. Лидирующее место при выращивании гетероэпитаксиальных слоёв КРТ занимает молекулярно-лучевая эпитаксия (МЛЭ). Метод МЛЭ позволяет создавать структуры высокого кристаллического совершенства на подложках из Si, Ge, GaAs, выращивать слои переменного состава, создавать слоистые структуры с заданными свойствами, включая квантовые структуры. Для реализации всех перечисленных возможностей требуется надёжный метод технологического *in situ* контроля при выращивании структур.

В ИФП СО РАН в течение последних десятилетий для этих целей используется метод лазерной (одноволновой) эллипсометрии. В отличие от электронных методов контроля он не воздействует на процессы роста, которые в технологии МЛЭ КРТ происходят при относительно низких температурах $\sim 200^\circ\text{C}$. Для решения широкого круга задач, возникающих при реализации эллипсометрического контроля, разработаны специальные эллипсометры, которыми оснащены все модули, используемые на разных этапах выращивания гетероструктур КРТ. Используя накопленный опыт и обширный эмпирический материал, нами были разработаны эллипсометрические методики, с помощью которых можно проводить контроль процессов очистки подложки GaAs, измерять скорость роста и структурное качество буферных слоёв ZnTe и CdTe, измерять температуру образцов в условиях высокого вакуума и, наконец, контролировать с высокой точностью один из ключевых параметров технологии КРТ – состав соединения X_{CdTe} .

В основе эллипсометрического метода определения состава лежит зависимость оптических постоянных от X_{CdTe} , которая проявляется наиболее сильно на длин волн HeNe лазера. Для прецизионного измерения состава в процессе роста необходимо выполнение двух условий: (1) наличие воспроизводимой технологии эпитаксии КРТ и (2) возможность проведения высокоточных эллипсометрических измерений. Для реализации этой задачи был разработан и изготовлен высокостабильный эллипсометр, стендовые испытания которого показали, что разброс параметра Ψ , чувствительного к изменению состава, в течение нескольких часов измерений остаётся в пределах 0.01° . На модулях эпитаксии КРТ, оснащённых высокоточными эллипсометрами, удалось в несколько раз повысить точность попадания в заданный состав. Из многочисленных экспериментов по выращиванию слоёв КРТ установлено среднеквадратичное отклонение от целевого состава 0.002 молярные доли CdTe.