

# Контроль состава гетероэпитаксиальных слоев $\text{Cd}_{1-z}\text{Zn}_z\text{Te}$ методом спектральной эллипсометрии

© М.В. Якушев<sup>\*,†</sup>, В.А. Швец<sup>\*,+</sup>, И.А. Азаров<sup>\*</sup>, С.В. Рыхлицкий<sup>\*</sup>,  
Ю.Г. Сидоров<sup>\*</sup>, Е.В. Спесивцев<sup>\*</sup>, Т.С. Шамирзаев<sup>\*</sup>

<sup>\*</sup> Институт физики полупроводников им. А.В. Ржанова Сибирского отделения Российской академии наук, 630090 Новосибирск, Россия

<sup>†</sup> Новосибирский государственный университет, 630090 Новосибирск, Россия

(Получена 27 апреля 2009 г. Принята к печати 4 мая 2009 г.)

Представлен программно-аппаратный комплекс на основе спектрального эллипсометра, интегрированного в установку молекулярно-лучевой эпитаксии, предназначенный для контроля состава твердого раствора  $\text{Cd}_{1-z}\text{Zn}_z\text{Te}$  при малых значениях  $z$ . Рассмотрены методические особенности определения состава растущих слоев из спектров эллипсометрических параметров. Разработана методика определения состава по краю поглощения, которая позволяет с точностью 1.2% измерять этот параметр. Рассмотрены проблемы, решение которых позволит повысить разрешение по составу. В частности, для этого требуется поддержание стабильной температуры в процессе роста.

## 1. Введение

Тройное полупроводниковое соединение кадмий–ртуть–теллур ( $\text{CdHgTe}$ , КРТ) с переменной шириной запрещенной зоны широко используется для создания фотодетекторов, работающих в инфракрасной (ИК) области спектра. Объемный материал на основе КРТ в значительной степени непригоден для современных поколений фотовольтаических и МДП устройств из-за структурных дефектов, включая малоугловые границы и области высокой концентрации дислокаций. Эпитаксиальные методы выращивания КРТ в отличие от объемных позволяют создавать слои большой площади ( $\sim 100 \text{ см}^2$ ), а также многослойные структуры со сложными профилями состава и профилями легирования по глубине полупроводника, необходимые для достижения высоких рабочих характеристик фотодетекторов.

Все эпитаксиальные методы связаны общей проблемой — потребностью в дешевых подложках большой площади, которые структурно, химически, оптически и механически согласованы с полупроводниками на основе Hg [1]. До настоящего времени не найдено подложки, которая бы удовлетворяла одновременно всем требованиям. Подложки из  $\text{CdTe}$  и тройных соединений на его основе, в первую очередь  $\text{CdZnTe}$  (КЦТ), согласованы по всем параметрам с КРТ и позволяют выращивать эпитаксиальные слои с предельными характеристиками. Однако ограниченный размер, проблемы чистоты, преципитация теллура, неоднородность состава по площади и высокая цена (60–500\$ за  $1 \text{ см}^2$ ) делают невозможным использование согласованных подложек в массовом производстве и при создании широкоформатных матриц фотодетекторов.

Перспективный подход для получения дешевых подложек — применение гибридных или так называемых „альтернативных“ подложек. Они представляют собой

многослойные структуры из буферных слоев, служащих для согласования параметров решеток, нанесенные на пластину кремния. В качестве буферного слоя наносится пленка  $\text{CdZnTe}$  толщиной несколько микрон, полученная неравновесным методом выращивания. Благодаря изменению параметра решетки КЦТ от 6.481 до  $6.102 \text{ \AA}$  при изменении мольной доли  $\text{ZnTe}$  „ $z$ “ от 0 до 1 становится возможным приводить в соответствие параметр решетки слоя  $\text{Cd}_{1-z}\text{Zn}_z\text{Te}$  с параметром решетки активного слоя КРТ любого состава. Например, при составе  $z = 0.04$  параметры решеток  $\text{Cd}_{0.2}\text{Hg}_{0.8}\text{Te}$  и  $\text{Cd}_{0.96}\text{Zn}_{0.04}\text{Te}$  совпадают. Поэтому эпитаксия КРТ на КЦТ соответствующих составов может происходить без образования дислокаций несоответствия на гетеропереходе КРТ–КЦТ и обеспечивать наиболее высокое структурное совершенство слоев КРТ.

Ключевым моментом в технологии синтеза полупроводниковых материалов и структур является постановка методов контроля их параметров. Особый интерес в связи с этим представляют оптические методы и, в частности, метод эллипсометрии как наиболее информативный [2]. При выращивании буферных слоев КЦТ состав твердого раствора необходимо определять и поддерживать с высокой степенью точности и оперативности. Причин для этого несколько. Во-первых, отклонение от требуемого состава даже на величину 0.005 мольной доли приводит к появлению дислокаций несоответствия и снижению структурного совершенства слоев КРТ. Во-вторых, с повышением мольной доли цинка в пленках возможно разделение фаз с разным содержанием  $\text{ZnTe}$  и  $\text{CdTe}$ , что связано с узкой областью гомогенности для взаимной растворимости этих веществ. Опыт показывает, что при фиксированных параметрах технологического режима состав может меняться в процессе роста, и необходима их корректировка в реальном времени, чтобы компенсировать эти изменения.

<sup>†</sup> E-mail: yakushev@isp.nsc.ru