

## ВЫСОКОКАЧЕСТВЕННЫЕ ЭПИТАКСИАЛЬНЫЕ ПЛЕНКИ CdZnTe ДЛЯ ПОЛУПРОВОДНИКОВОЙ ОПТОЭЛЕКТРОНИКИ

Д. ф.-м. н. П. П. Москвин<sup>1</sup>, д. т. н. А. И. Казаков<sup>2</sup>,  
к. т. н. Г. В. Скиба<sup>1</sup>, Г. В. Шаповалов<sup>2</sup>, Л. В. Рашковецкий<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Житомирский государственный технологический университет;

<sup>2</sup>Одесский национальный политехнический университет;

<sup>3</sup>Институт физики полупроводников НАН Украины, г. Киев  
Украина

moskvinpavel56@gmail.com; shapovalovhennady@gmail.com

*Методом жидкофазной эпитаксии получены высококачественные пленки CdZnTe различного состава. Синтез происходил при сверхнизких температурах (500—530°C) из теллурического раствора. Проанализирована кинетика роста эпитаксиальных пленок. Исследованы свойства выращенных пленок методами оптической микроскопии, рентгеновской дифрактометрии, Оже-спектроскопии, низкотемпературной фотолюминесценции. Представлена зависимость микротвердости полученных пленок от их состава.*

*Ключевые слова: твердые растворы CdZnTe, эпитаксиальная кристаллизация, морфология поверхности; полуширина кривой качания; низкотемпературная фотолюминесценция, микротвердость.*

Полупроводниковые твердые растворы CdZnTe (КЦТ) представляют значительный интерес для приборных применений в опто- и инфракрасной (ИК) электронике, для радиационной дозиметрии и при создании солнечных фотопреобразователей. Наибольшее применение твердые растворы CdZnTe нашли в качестве подложки и покрытия при создании матричных фотоприемников ИК-спектра излучения на основе гетероструктур CdHgTe / CdTe для приборов специального назначения.

Данная работа посвящена разработке воспроизводимой низкотемпературной жидкофазной технологии получения достаточно толстых (более 10 мкм) и структурно совершенных буферных слоев твердого раствора CdZnTe заданного состава из собственной жидкой фазы.

Теоретическое обоснование условий проведения эпитаксиального процесса базировалось на данных по фазовым равновесиям в системе Cd–Zn–Te. Фазовые равновесия между расплавом и слоем трехкомпонентного твердого раствора системы Cd–Zn–Te, когерентно соединенного с подложкой, описывалось системой уравнений, приведенных в [1]. Кинетическая модель выращивания слоев твердых растворов базировалась на представлениях диффузионно-ограниченной кристаллизации [2]. Теоретическая информация о влиянии параметров проведения процесса эпитаксии на состав и скорость роста слоев твердого раствора Cd<sub>x</sub>Zn<sub>1-x</sub>Te использовалась как для выбора условий проведения кристаллизации в предыдущих экспериментах, так и для его корректировки при получении конечных результатов.

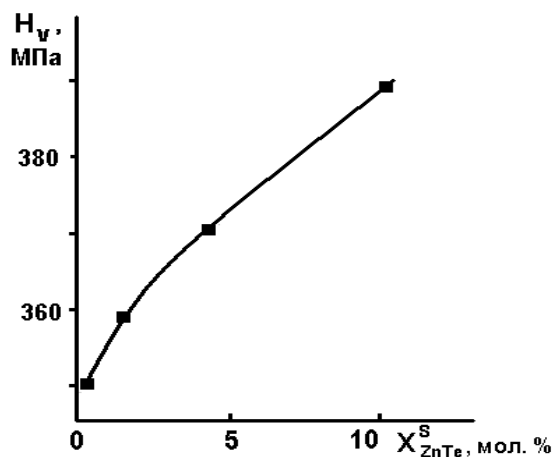
Пленки КЦТ состава  $x = 0,015 — 0,15$  мол. дол. и толщиной порядка 10 мкм выращивали в графитовой кассете марки ОСЧ МПГ в закрытой вакуумированной кварцевой системе с остаточным давлением компонентов  $10^{-6}$  мм рт. ст. в интервале температур 500 — 530°C из обогащенного теллурическим раствором тройной системы Cd–Zn–Te методом контролируемого принудительного охлаждения. Интервал переохлаждения составлял 30 — 50°C.

Подложки предварительно подвергались двусторонней химико-механической обработке в бромполирующем травителе для полного удаления нарушенного поверхностного слоя, который образовывался после механической резки и имел толщину 100 — 200 мкм. После такого рода обработки шероховатость поверхности подложки находилась на уровне  $Rz < 0,1$  мкм.

Оценка качества поверхности выходных подложек и выращенных пленок проводилась с применением метода электронной Оже-спектроскопии (прибор JAMP-10 JEOL). Глубина анализа составляла 2 мкм, диаметр рассматриваемой площади от 1 до 10 мкм.

Микротвердость образцов измеряли на приборе Shimadzu HMV-2000 методом Викерса. Отпечатки микротвердости на исследуемую поверхность выращенных пленок КЦТ различного состава, но одинаковой толщины (20 мкм), наносили стандартной пирамидой Викерса с углом при вершине 136° при автоматическом нагру-

ке на индентор и общем времени выдержки и снятия индентирования 20 с. Оригинальные данные по зависимости микротвердости поверхности слоев в гетероструктуре  $\text{Cd}_{1-x}\text{Zn}_x\text{Te}$ - $\text{CdTe}$  от состава твердого раствора представлены на рисунке.



Зависимость микротвердости  $H_v$  пленок  $\text{Cd}_{1-x}\text{Zn}_x\text{Te}$  от их состава  $X^S$

Спектры низкотемпературной фотолюминесценции исследуемых пленок КЦТ и подложек  $\text{CdTe}$  изучали при температуре  $T = 5$  К. Люминесценцию вызывали He–Ne-лазером ЛГН-222 с интенсивностью возбуждения  $L = 10^{19}$  кВ/(см<sup>2</sup>·с) и энергией квантов  $h\nu = 1,96$  эВ.

Кристаллографическое совершенство полученных слоев исследовалось методами рентгеноструктурного анализа. Результаты исследований показали, что полуширина кривой качания выращенных пленок при росте содержания цинка в твердой фазе монотонно возрастала, достигая величины 200 угловых секунд для состава пленки  $x = 0,10$  мольных долей, в то время как полуширина кривой качания подложек была в пределах 20 — 50 угловых секунд. Последнее является весомым доказательством высокого кристаллографического совершенства синтезированных слоев.

Таким образом, исследования, проведенные методами рентгеновского анализа и низкотемпературной фотолюминесценции, показали высокое кристаллографическое совершенство полученных гетероструктур. Это свидетельствует о том, что разработанная воспроизводимая низкотемпературная жидкофазная технология позволяет получать достаточно толстые и структурно совершенные буферные слои твердого раствора  $\text{CdZnTe}$  заданного состава из собственной жидкой фазы.

#### ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ ИСТОЧНИКИ

1. Кузнецов В.В., Москвин П.П., Сорокин В.С. Неравновесные явления при жидкостной гетероэпитаксии полупроводниковых твердых растворов.– Москва: Металлургия, 1991.

2. Москвин П. П., Рашковецкий Л. В., Сизов Ф. Ф., Мошников В. А. Когерентные фазовые равновесия в системе  $\text{Zn–Cd–Te}$  и жидкофазная эпитаксия упругодеформированных слоев твердых растворов  $\text{Zn}_x\text{Cd}_{1-x}\text{Te}$  // ФТП. – 2011. – Т. 45, вып.7.– С. 865–873.

P. P. Moskvin, A. I. Kazakov, G. V. Skyba, G. V. Shapovalov, L. V. Rashkovetskyi

#### High-quality CdZnTe films for semiconductor optoelectronics

*High-quality CdZnTe films of different compositions were obtained by liquid phase epitaxy. Growth occurred at low temperatures (500–530°C) from the tellurium solution. The growth kinetic of epitaxial films is analyzed. The properties of grown films by the methods of optical microscopy, X-ray diffractometry, Auger spectroscopy, and low-temperature photoluminescence are studied. The dependence of the microhardness on the composition of the resulting films is presented for the first time.*

*Key words: liquid phase epitaxy, CdZnTe films, surface morphology, low temperature photoluminescence, microhardness.*