

06;07;11;12

## Получение и исследование пленок твердых растворов $(\text{Zn}_{1-x}\text{Cd}_x)_3(\text{P}_{1-y}\text{As}_y)_2$

© В.М. Трухан, В.Ф. Гременок, В.В. Рубцов, И.А. Викторов

Институт физики твердого тела и полупроводников НАН Беларуси, Минск

Поступило в Редакцию 29 декабря 1997 г.

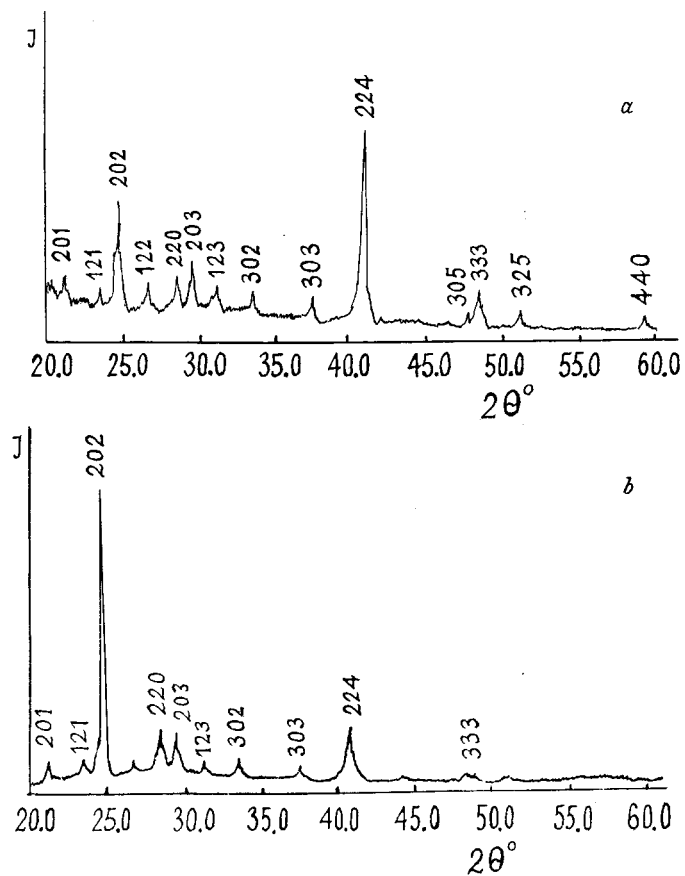
Методом импульсного лазерного испарения получены тонкие пленки твердых растворов  $(\text{Zn}_{1-x}\text{Cd}_x)_3(\text{P}_{1-y}\text{As}_y)_2$ . Показано, что, изменяя плотность потока лазерного излучения и температуру подложки, можно получать пленки, состав, структура и электрические свойства которых близки к объемным образцам.

В последнее время значительно возрос интерес к пленочным образцам полупроводниковых материалов  $\text{A}_3^{\text{II}}\text{B}_2^{\text{V}}$ , что обусловлено как фундаментальными вопросами исследования их физических свойств, так и возможностью применения тонких пленок в полупроводниковой и квантовой электронике [1,2]. Следует отметить, что твердые растворы  $\text{A}_3^{\text{II}}\text{B}_2^{\text{V}}$  представляют особый интерес, поскольку позволяют работать в области составов, где отсутствуют полиморфные превращения, характерные для соединений этой группы [2].

Получение пленок сложных полупроводниковых соединений связано с проблемой отклонения состава от стехиометрии, что обусловлено диссоциацией материалов в процессе испарения. В связи с этим традиционные методы получения тонких слоев (термическое напыление, катодное распыление и др.) в ряде случаев оказываются малопригодными. Метод импульсного лазерного испарения (ИЛИ) для получения пленок твердых растворов  $(\text{Zn}_{1-x}\text{Cd}_x)_3(\text{P}_{1-y}\text{As}_y)_2$  использовался в настоящей работе. Считается, что эта технология обладает рядом преимуществ по сравнению с традиционными методами напыления [3]. В настоящем сообщении мы представляем результаты исследования структуры и электрических свойств тонких слоев различных составов. Выбор состава твердых растворов определялся исходя из проведенной ранее компонентной оптимизации кристаллических образцов для использования их в качестве элементов датчиков Холла [4].

Исходными материалами для напыления служили поликристаллические образцы твердых растворов  $(Zn_{1-x}Cd_x)_3(P_{1-y}As_y)_2$ , выращенные как однетемпературным методом с вибрационным перемешиванием, так и двухтемпературным с различным градиентом температур вдоль печи. Подложками являлись химически очищенные стекла Corning 7059, а их температура поддерживалась в интервале  $T_l = 50-300^\circ\text{C}$ . Напыление пленок проводилось в вакуумной камере при давлении остаточных газов  $(4-6) \cdot 10^{-5}$  Торр с помощью промышленного лазера, работающего в режиме свободной генерации (длительность импульса  $10^{-3}$  с, длина волны  $1.06 \mu\text{m}$ ) [5]. Мощность используемого лазерного излучения составляла  $10^5-5 \cdot 10^5 \text{ W/cm}^2$ . В зависимости от числа лазерных импульсов толщина пленок изменялась в пределах от  $0.2$  до  $1.5 \mu\text{m}$ ,

Установлено, что качество поверхности пленок, полученных ИЛИ, существенным образом зависит от расстояния линза-мишень, т.е. плотности потока лазерного излучения по поверхности мишени. Применяя расфокусировку излучения, получены пленки твердых растворов с зеркально-гладкой поверхностью и практически свободные от капель и проколов. При этом плотность потока лазерного излучения составляла  $(1.3-1.6) \cdot 10^5 \text{ W/cm}^2$ . В этом случае в мишени образуются мелкие лунки (глубина лунки много меньше ее поперечных размеров). Для контроля состава и структуры мишеней и пленок использовались микроструктурный и рентгенофазовый анализы. Установлено, что состав тонких пленок, полученных из стехиометрических мишеней, зависит от температуры подложки [6]. При температурах выше  $250^\circ\text{C}$  пленки были обеднены фосфором и мышьяком по отношению к мишени на  $10-20\%$ . Отношение же цинка к кадмию в исследуемом температурном интервале хорошо воспроизводилось в пределах погрешности измерения  $4\%$ . Исследования структуры и фазового состава пленок показали, что при низких температурах подложки ( $50-150^\circ\text{C}$ ) растут кристаллические слои, однако дифракционные пики обладали низкой интенсивностью и были размытыми. Это говорит о сильной дефектности кристаллической решетки. При температуре подложки выше  $200^\circ\text{C}$  интенсивность пиков возрастает и их ширина уменьшалась. На рисунке, *a* представлена рентгенограмма порошковой мишени состава  $(Zn_{0.265}Cd_{0.735})_3(P_{0.1}As_{0.9})_2$ , а на рисунке, *b* — пленки, выращенной при температуре  $T_l = 240^\circ\text{C}$ . Видно, что пленка и мишень идентичны по структуре и фазовому составу, причем в пленках исследуемых твердых растворов наблюдается ярко выраженная текстура в направлении  $(202)$ . Параметры кристалли-



Рентгенограммы: *a* — порошковой мишени твердого раствора  $(\text{Zn}_{0.265}\text{Cd}_{0.735})_3(\text{P}_{0.1}\text{As}_{0.9})_2$ ; *b* — пленки, полученной при температуре подложки  $240^\circ\text{C}$ .

ческой решетки мишени и пленки, определенные методом наименьших квадратов, были практически одинаковы ( $a = 8.7664\text{\AA}$  и  $c = 12.3879\text{\AA}$ ).

Электрические характеристики тонких слоев исследовались при комнатной температуре методом Ван-дер-Пау. Найдено, что пленки обладают *n*-типом проводимости и их параметры в зависимости от состава и температуры напыления приведены в таблице.

Состав пленки	$T_i, ^\circ\text{C}$	$\rho, \Omega \cdot \text{cm}$	$n, \text{cm}^{-3}$	$\mu, \text{cm}^2 \cdot \text{V}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$
$(\text{Zn}_{0.23}\text{Cd}_{0.77})_3$	100	48.0	$4.8 \cdot 10^{14}$	270.5
$(\text{P}_{0.23}\text{As}_{0.77})_2$	240	11.1	$1.2 \cdot 10^{15}$	626.2
$(\text{Zn}_{0.27}\text{Cd}_{0.73})_3$	100	27.5	$1.4 \cdot 10^{15}$	383.7
$(\text{P}_{0.10}\text{As}_{0.90})_2$	240	7.9	$3.3 \cdot 10^{16}$	887.4

Видно, что температура подложки существенным образом влияет на электрические характеристики тонких твердых растворов полупроводниковых материалов  $\text{A}_3^{\text{IV}}\text{B}_2^{\text{V}}$ , что непосредственно связано со структурой и составом лазерно-осажденных слоев.

Таким образом, методом импульсного лазерного испарения получены пленки твердых растворов  $(\text{Zn}_{1-x}\text{Cd}_x)_3(\text{P}_{1-y}\text{As}_y)_2$ , которые по составу и структуре близки к объемным материалам. Предварительные результаты электрических измерений показали перспективность применения пленок для создания магнитоактивных элементов датчиков магнитного поля.

Работа получила финансовую поддержку Белорусского фонда фундаментальных исследований.

## Список литературы

- [1] Маренкин С.Ф., Маймасов А.В., Попов В.А. // Тез. докл. V Междунар. конф. "Термодинамика и материаловедение полупроводников". М., 1997. С. 95.
- [2] Лазарев В.Б., Шевченко В.Я., Гринберг Я.Х. Полупроводниковые соединения группы  $\text{A}^3\text{B}^5$ . М.: Наука, 1987. 170 с.
- [3] Пилянкевич А.Н., Быковский Ю.А., Лоцинский М.В. // Лазерное напыление тонких пленок. Препринт. Киев, 1980. 33 с.
- [4] Рубцов В.А., Трухан В.М., Якимович В.Н. // Доклады АН БССР. 1990. Т. 54. № 5. С. 837–839.
- [5] Матяс Э.Е., Гременок В.Ф., Трухан В.М. // ФТП. 1991. Т. 25. № 9. С. 1656–1658.
- [6] Трухан В.М., Гременок В.Ф., Рубцов В.А. // Неорган. материалы. 1998. (в печати).