

## ПОЛУПРОВОДНИКОВЫЕ ПЛЁНКИ InP, ПОЛУЧЕННЫЕ МЕТОДОМ ИМПУЛЬСНОГО ИОННОГО ОСАЖДЕНИЯ

Г.Е. Ремнёв<sup>1)</sup>, М.С. Салтымаков<sup>1)</sup>, И.В. Ивонин<sup>2)</sup>, Е.П. Найдёв<sup>3)</sup>, В.И. Юрченко<sup>4)</sup>

<sup>1)</sup> НИИ ВН, 634028, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 2а, [saltymakov@rambler.ru](mailto:saltymakov@rambler.ru)

<sup>2)</sup> ТГУ, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 36, [iiv@phys.tsu.ru](mailto:iiv@phys.tsu.ru)

<sup>3)</sup> СФТИ, 634050, Россия, г. Томск, пл. Новособорная, 1, [nainden@elefot.tsu.ru](mailto:nainden@elefot.tsu.ru)

<sup>4)</sup> ОАО «НИИ ПП», 634034, Россия, г. Томск, ул. Красноармейская, 99а, [sneq@sneq.tomsk.ru](mailto:sneq@sneq.tomsk.ru)

В докладе приведены результаты исследований полупроводниковых плёнок сложного состава InP. Плёнки осаждались из абляционной плазмы, сгенерированной из массивной мишени InP при воздействии на неё серии импульсного мощного ионного пучка наносекундной длительности. Сохранение стехиометрического состава осаждённых плёнок относительно исходной мишени проверялось методом ОЖЕ спектроскопии. Морфология поверхности плёнок определялась методами оптической и атомно-силовой микроскопии. Фазовый состав плёнок исследовался малоугловым рентгеновским рассеянием.

### Введение

Фосфид индия является прямозонным полупроводником с шириной запрещённой зоны 1.26 эВ, обладает высокой подвижностью и находит широкое применение в производстве высокочастотных полевых транзисторов, солнечных элементов и оптоэлектронных интегральных схем [1,2].

Для получения плёнок InP используются различные методы: молекулярно-лучевая эпитаксия, осаждение из газовой фазы, жидкофазная эпитаксия.

В последние годы метод импульсной ионной абляции становится объектом интенсивных исследований благодаря широкой области применения (таких как осаждение тонких плёнок, производство наноразмерных частиц) [4,5,6,7,8].

### Результаты и обсуждение

В данной работе было проведено исследование возможности осаждения тонких плёнок фосфида индия (InP) на кремниевую подложку при воздействии на монокристаллическую мишень InP мощного ионного пучка наносекундной длительности. В работе использовался ускоритель ионов типа «ТЕМП», с плотностью тока в импульсе длительностью 80 нс (на полувысоте) до 250 А/см<sup>2</sup>. Плотность тока в пучке измерялась стандартным коллимированным цилиндром Фарадея. Схема эксперимента представлена на рис. 1.

В качестве мишени использовался объёмный монокристалл InP с плоскостью среза <100>. При осаждении плёнок расстояния мишень-подложка ( $D_{i-s}$ ) составляло 60 мм, анод-мишень ( $D_{a-i}$ ) 140 мм. Осаждение производилось последовательно из 50 импульсов. Толщина плёнок при этом равняется ~ 80 нм. Остаточное давление в камере поддерживалось на уровне  $2 \cdot 10^{-7}$  Па.

Изображение поверхности плёнки, полученное методом оптической микроскопии приведено на рисунке 2. Изображение плёнки и её трёхмерный профиль, полученные методом атомно-силовой микроскопии, приведены на рисунке 3. На рисунках отчётливо видно наличие крупных частиц с размером около 200-300 нм. Это связано

с присутствием в абляционной плазме фрагментов мишени.

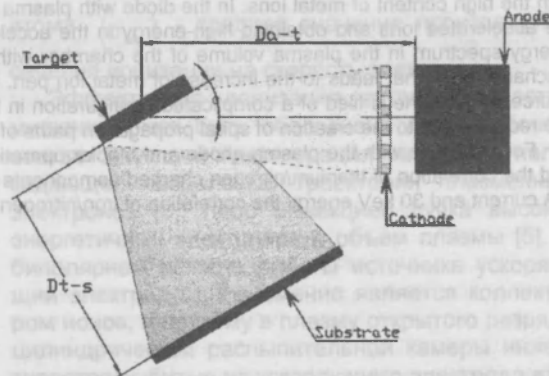


Рис. 1 – Схема эксперимента:  $D_{i-s}$  – расстояние мишень-подложка,  $D_{a-i}$  – расстояние анод-мишень

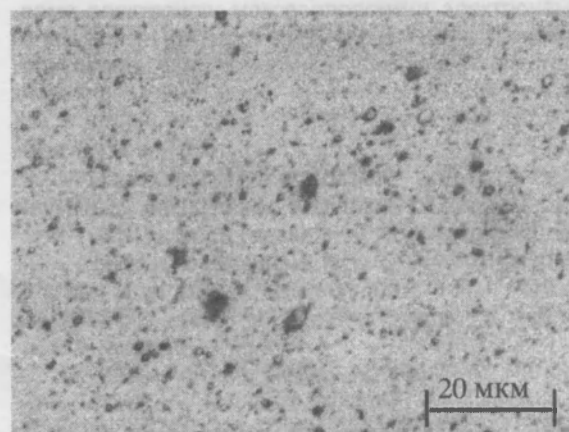


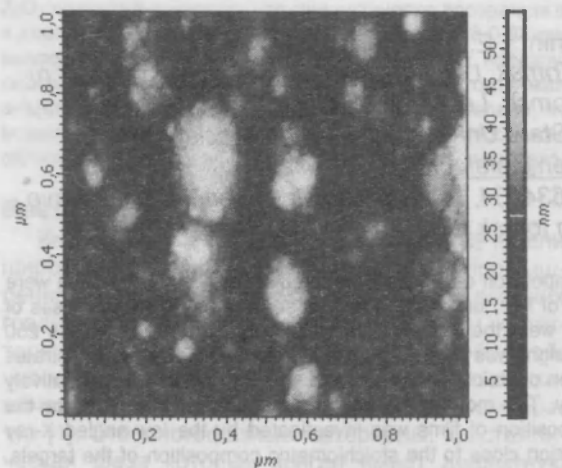
Рис. 2 – Изображение плёнки, полученное с помощью оптического микроскопа

Исследование плёнок методом ОЖЕ спектроскопии показало, что стехиометрический состав объёмной мишени сохраняется и в плёнках, рис. 4.

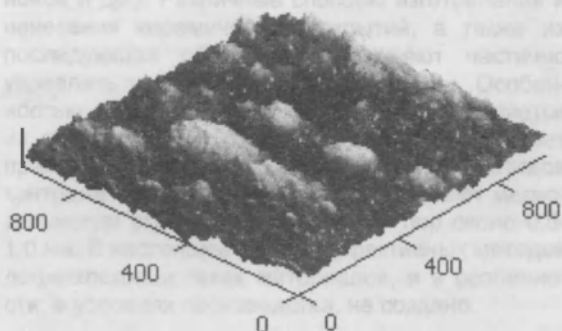
Следует отметить, что элементный состав, приведённый на рис. 4 это именно состав плёнки, а не одной большой частицы, т. к. область, исследуемая в методе ОЖЕ спектрометрии равна

100x100 мкм, что значительно больше любой частицы входящей в состав плёнки.

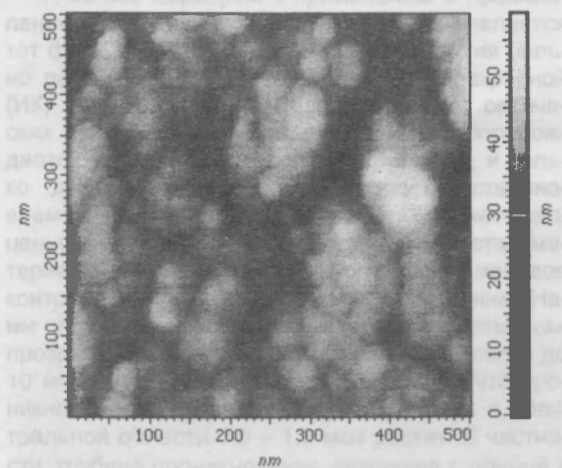
Фазовый состав плёнок исследовался методом малоуглового рентгеновского рассеяния. Показано, что осаждённая плёнка является поликристаллической и состоит из двух фаз: первая InP-Cub (225) её содержание 36.65%, средний размер кристаллита 8.8 нм; вторая InP-Cub (216) 63.35%, средний размер кристаллита 9.03 нм.



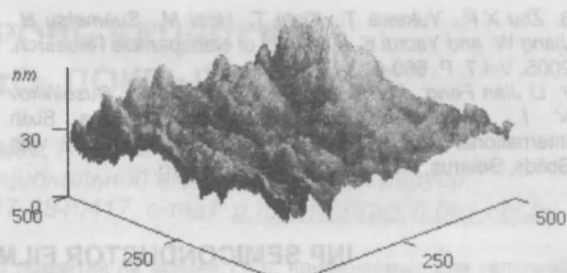
а)



б)



в)



г)

Рис. 3 – Изображения плёнки, полученные методом АСМ

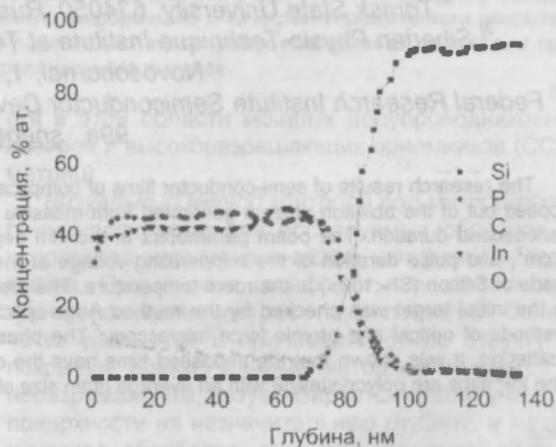


Рис. 4 – Элементный состав плёнки, полученный методом ОЖЕ спектроскопии

### Заключение

Плёнка InP была осаждена на кремниевую подложку с помощью метода импульсного ионного осаждения. Проведённые исследования морфологии поверхности, фазового и элементного состава позволяют заключить следующее:

1. Осаждённая плёнка сохраняет стехиометрию объёмной мишени.
2. Плёнка является поликристаллической и состоит из двух фаз, со средним размером кристаллита 8-9 нм.
3. Поверхность плёнки содержит крупные частицы с размером около 200-300 нм.

Работа поддержана грантом РФФИ № 06-08-00768-а.

### Список литературы

1. Ботнарюк В.М., Горчак Л.В., Диакону И.И., Рудь В.Ю., Рудь Ю.В. // ФТП. 1998. Т. 32. № 1. С. 72-77.
2. Гореленок А.Т., Каманин А.В., Шмидт Н.М. // ФТП. 2003. Т. 37. №11. С. 922-940.
3. Suematsu H., Kitajima K., Suzuki T., Jiang W. and Yatsui K, Kurashima K. and Bando Y. // Applied Physics Letters. 2002. Vol. 80. № 7. P. 1153-1155.
4. Nakagava Y., Grigoriu C., Masugata K., Weihua Jiang, Yatsui K. // Journal of Materials Science. 1998. Vol.33. P. 529-533.
5. Yatsui K., Jiang W., Suematsu H., Arikado T., Suzuki T. and Hirai M. // Transactions of the Materials Research Society of Japan. 2003. Vol.28. №2. P. 407-411.

6. Zhu X.P., Yukawa T., Kishi T., Hirai M., Suematsu H., Jiang W. and Yatsui K. // Journal of Nanoparticle Research. 2005. Vol.7. P. 669-673.

7. Li Jian Feng., Makeev V. A., Remnev G. E., Gusel'nikov V. I., Saltymakov M.S. Proceedings of the Sixth International Conference Interaction of Radiation with Solids, Belarus, Minsk. 2005 г. С. 313 – 315.

8. Ли Цзень Фень, Ремнев Г.Е., Салтымаков М.С., Гусельников В.И., Макеев В.А., Ивонин И.В., Найден Е.П., Юрченко В.И. // Известия ВУЗов. Физика. 2007. №1. С. 66-70.

### INP SEMICONDUCTOR FILMS GENERATED BY PULSED ION DEPOSITION METHOD

G.E. Remnev<sup>1)</sup>, M.S. Saltymakov<sup>1)</sup>, I.V. Ivonin<sup>2)</sup>, E.P. Naiden<sup>3)</sup>, V.I. Yurchenko<sup>4)</sup>

<sup>1)</sup> High Voltage Research Institute, 634028, Russia, Tomsk, Lenin ave. 2a, [saltymakov@rambler.ru](mailto:saltymakov@rambler.ru)

<sup>2)</sup> Tomsk State University, 634050, Russia, Tomsk, Lenin ave., 36, [iiv@phvs.tsu.ru](mailto:iiv@phvs.tsu.ru)

<sup>3)</sup> Siberian Physic-Technique Institute at Tomsk State University, 634050, Russia, Tomsk, Novosobornai, 1, [naiden@elefot.tsu.ru](mailto:naiden@elefot.tsu.ru)

<sup>4)</sup> Federal Research Institute Semiconductor Devices, 634034, Russia, Tomsk, Krasnoarmeiskai ave., 99a, [sneq@sneq.tomsk.ru](mailto:sneq@sneq.tomsk.ru)

The research results of semi-conductor films of complicated composition of InP are presented in the report. The films were applied out of the ablation plasma generated from massive targets of InP under the action of series of high-power pulses of nanosecond duration. The beam parameters at the film deposition were the following: current density at the target was 250 A/cm<sup>2</sup>, and pulse duration of the accelerating voltage at the half-height was 80 ns. The films were applied to the substrates made of Silicon (Si <100>) at the room temperature. The preservation of stoichiometric composition of deposited films relatively to the initial target was checked by the method Auger-spectroscopy. The morphology of film surface was determined by the methods of optical and atomic force microscopy. The phase composition of films was investigated by the low-angled X-ray scattering. It was shown that the deposited films have the composition close to the stoichiometric composition of the targets. The InP films are polycrystalline with an average grain size of about 8-10 nm.

