

## О ПЕРСПЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПОРИСТОГО ФОСФИДА ИНДИЯ В КАЧЕСТВЕ ПОДЛОЖЕК ДЛЯ ПЛЕНОК НИТРИДА ИНДИЯ

Я.А. Сычикова

*Бердянский государственный педагогический университет*

*Украина*

Поступила в редакцию 24.09.2010

В данной работе рассмотрена возможность получения тонких пленок InN на пористых подложках InP методом радикало-лучевой геттерирующей эпитаксии. Пористый фосфид индия получали методом электрохимического травления. На поверхности пористого InP методами оже-спектроскопии было доказано образование пленок InN. По результатам оже-спектроскопии, толщина пленки InN составила от 100 нм до 0,5 мкм в зависимости от технологических условий.

**Ключевые слова:** пористый фосфид индия, нитрид индия, радикало-лучевая эпитаксия.

У даній роботі розглянуто можливість отримання плівок InN на поруватих підкладках InP методом радикало-променевої гетеруючої епітаксії. Поруватий фосфід індію отримували методом електрохімічного травлення. На поверхні поруватого InP методом оже-спектроскопії було доведено утворення плівок InN. За результатами оже-спектроскопії, товщина плівок InN складала від 100 нм до 0,5 мкм в залежності від технологічних умов травлення.

**Ключові слова:** пористий фосфід індію, нітрид індію, радикало-променева епітаксія.

In this paper we consider the possibility of obtaining thin films of InN on porous InP substrates by radical-beam gettering epitaxy. Porous InP obtained by electrochemical etching. On the surface of porous InP by Auger-spectroscopy has been proven education films InN. According to the results of Auger spectroscopy, InN film thickness ranged from 100 nm to 0.5 microns, depending on technological conditions.

**Keywords:** porous indium phosphide, nitride indium, radical-beam epitaxy.

### ВВЕДЕНИЕ

Соединения  $A^3N$  в данный момент являются объектами многочисленных исследований [1 – 3]. Этот интерес определяется новыми качествами устройств, которые могут быть реализованы благодаря уникальным возможностям этих соединений [4]. Среди возможных применений следует отметить оптоэлектронные устройства, высокочастотные и высокотемпературные электронные приборы, диоды, сенсоры и др.

Нитрид индия обычно кристаллизуется в гексагональной решетке вюртцита (w-InN). Тонкие пленки получают катодным распылением или с помощью микроволновой газофазной эпитаксии из металлоорганических соединений на различные подложки (наилучшие результаты известны для подложек из гексагонального сапфира  $Al_2O_3$ ).

В данной работе рассмотрена возможность получения тонких пленок InN на пористых подложках InP методом радикало-лучевой геттерирующей эпитаксии.

### ТЕХНИКА ЭКСПЕРИМЕНТА

Образцы пористого фосфида индия выращивались методом анодного травления на подложке (100) сильнолегированного InP *n*-типа (концентрация примеси  $2,3 \cdot 10^{18} \text{ см}^{-3}$ ). Монокристаллы фосфида индия были изготовлены в лаборатории компании “Molecular Technology GmbH” (Берлин). В качестве электролита используется раствор 5% HCl. Катодом в электрохимической ячейке служит пластина платины. Эксперимент проводится при комнатной температуре в темноте. Перед экспериментом образцы очищаются в толуоле и изопропанол, после чего промываются в дистиллированной воде. Напряжение повышается со временем со скоростью 1 В/мин до обнаружения величины порогового напряжения порообразования, которое в данном случае составило 3,5 В ( $t = 3$  мин). После этого выбирается режим фиксированного напряжения, при котором образцы травятся еще 2 мин.

Для удаления поверхностных оксидов с поверхности пористого InP используется тепловое очищение образцов в потоке особо чистого водорода, оптимальная температура для очищения оксидов  $\text{In}_2\text{O}_3$ ,  $\text{InO}$ ,  $\text{PO}_2$ ,  $\text{P}_2\text{O}_3$  составляет 500 – 600 °С, время – 20 мин. Сразу после тепловой очистки без напуска атмосферного воздуха проводится отжиг в плазме азота.

Отжиг пористого InP в течение 2 ч. в плазме азота проводится в установке радикало-лучевой геттерирующей эпитаксии. В качестве источника азота используется особо чистый аммиак. Расстояние между плазмой и обрабатываемым кристаллом регулируется магнитным полем, оптимальное расстояние составляет  $d = 2$  см.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Главное отличие этого метода от традиционной эпитаксии в том, что один компонент поступает из газовой фазы (атомарный азот), а второй (индий) геттерируется из объема обрабатываемого кристалла. Вторая важная особенность радикало-лучевой геттерирующей эпитаксии связана с распределением температуры в реакторе. Обрабатываемый кристалл находится в узкой зоне высокотемпературной части реактора, составляющей его малую часть, а температура остальной части его ниже. Такой температурный профиль приводит к удалению примесей из зоны роста в низкотемпературную часть реактора, что обуславливает высокую чистоту формируемых слоев.

Рис. 1 демонстрирует изображение морфологии пористого образца фосфида индия, полученного путем электролитического травления  $n$ -InP (100) в растворе соляной кислоты. На рисунке можно видеть упорядоченный ансамбль пор, который образовался на подложке из монокристаллического фосфида индия. Поры прорастают по всей поверхности слитка. Размер пор составляет в среднем 40 нм, толщина стенок пор в среднем до 5 нм. Пористость порядка 70%.

Методом EDAX был установлен химический состав полученных пленок на пористых подложках фосфида индия. Анализ этих результатов показывает, что на поверхности при

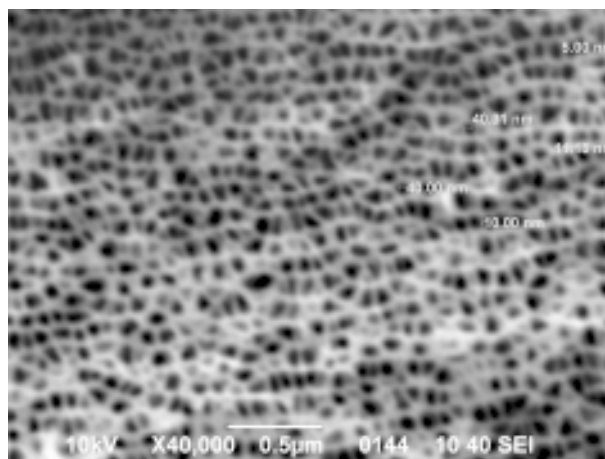


Рис. 1. Морфология пористого InP по результатам SEM.

определенных технологических условиях образуется стехиометрическая пленка InN (рис. 2).

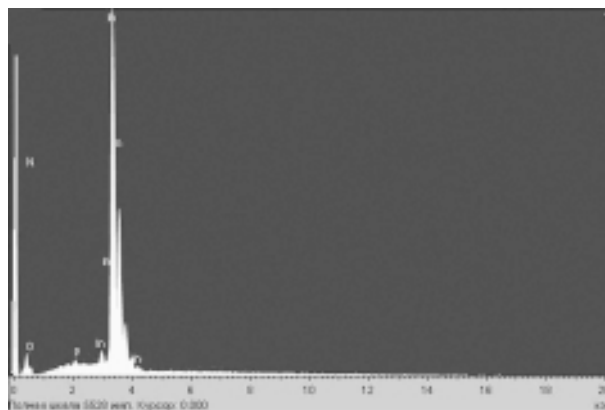


Рис. 2. Химический состав поверхности пористого образца  $n$ -InP отожженного в потоке атомарного азота, полученный методом EDAX.

На поверхности пористого InP методами оже-спектроскопии было доказано образование пленок InN (рис. 3). По результатам оже-спектроскопии толщина пленки InN составила от 100 нм до 0,5 мкм в зависимости от технологических условий.

По результатам атомно-силовой микроскопии установлено, что если размер кристаллитов пористой подложки InP меньше 100 нм, то происходит рост сплошной пленки InN в результате зарастания пор пористой подложки InP. Образующаяся в процессе отжига в потоке атомарного азота пленка InN, покрывает пористую подложку InP. Минимальное значение шероховатости пленки InN, полученной на пористой подложке InP, составляет 25 нм.

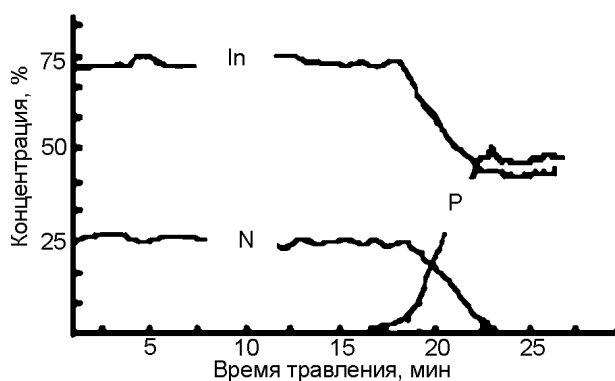


Рис. 3. Концентрационные профили InN/por-InP.

## ВЫВОДЫ

Таким образом, в данной работе представлена перспективность использования пористого фосфида индия в качестве подложки для получения пленки нитрида индия. Такая подложка является “мягкой”, что позволяет свести к минимуму несоответствия параметров кристаллической решетки исходного монокристалла и выращиваемой пленки.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Vurgaftman I., Meyer J.R. Band parameters for nitrogen-containing semiconductor//J. Appl. Phys. – 2003. – № 94 (6). – P. 3675-3696.
2. Christensen N.E., Gorczyca I. Optical and structural properties of III-V nitrides under pressure//Phys. Rev. B. – 1994. – № 50 (7). – P. 4397-4415.
3. Voznyy O.V., V.G. Deibuk Chemical bonding and optical bowing in III-N solid solutions//SPQO. – 2003. – № 6 (2). – P. 115-120.
4. Островська Л.Ю., Дейбук В.Г., Возний А.В., Сльотов М.М., Васін А.В. Дослідження змочуваності плівок  $A^{III}N$  в залежності від ступеня йонності та полярності поверхні//Фізика і хімія твердого тіла. – 2005. – Т. 6, № 4. – С. 649-655.