

## Формирование анодных слоев на InAs(111)A. Исследование химического состава

© Н.А. Валишева<sup>†¶</sup>, О.Е. Терещенко<sup>+\*</sup>, И.П. Просвирин<sup>‡</sup>, А.В. Калинин<sup>‡</sup>, В.А. Голяшов<sup>\*</sup>,  
Т.А. Левцова<sup>+</sup>, В.И. Бухтияров<sup>‡</sup>

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

<sup>‡</sup> Институт катализа им Г.К. Борескова Сибирского отделения Российской академии наук, 630090 Новосибирск, Россия

<sup>\*</sup> Новосибирский государственный университет, 603090 Новосибирск, Россия

(Получена 25 августа 2011 г. Принята к печати 3 октября 2011 г.)

Методом рентгеновской фотоэлектронной спектроскопии изучен химический состав анодных слоев (толщиной  $\sim 20$  нм), выращенных на InAs(111)A в щелочном и кислотном электролитах, не содержащих и содержащих  $\text{NH}_4\text{F}$ . Показано, что состав фторсодержащих слоев определяется соотношением концентраций ионов фтора и гидроксидов в электролите, а также процессами диффузии, протекающими в растущем слое. Фтор накапливается на границе раздела анодный слой/InAs. Окисление InAs в кислотном электролите с низкой концентрацией кислорода и высокой концентрацией  $\text{NH}_4\text{F}$  приводит к формированию анодных слоев с высоким содержанием фтора, элементного мышьяка и образованию бескислородной границы раздела  $\text{InF}_x/\text{InAs}$ . Фторсодержащие слои, выращенные в щелочном электролите с высокой концентрацией  $\text{O}^{2-}$  и (или)  $\text{OH}^-$ -групп, содержат примерно в 3 раза меньше фтора и состоят из оксифторидов индия и мышьяка. Не выявлено различия в составе слоев, выращенных в обоих электролитах без фтора.

### 1. Введение

Известно, что электронные свойства границы раздела диэлектрик/полупроводник  $\text{A}^{\text{III}}\text{B}^{\text{V}}$  определяются ее составом и строением. Установление корреляции между этими параметрами является важной задачей, позволяющей выяснить природу поверхностных состояний (ПС) и механизм формирования идеальной границы раздела, который, несмотря на достигнутые успехи в технологии пассивации поверхности полупроводников типа  $\text{A}^{\text{III}}\text{B}^{\text{V}}$ , до настоящего времени однозначно не установлен. Прогресс в технологии создания микроэлектронных приборов на базе структур металл–диэлектрик–полупроводник (МДП структур) на бинарных соединениях типа  $\text{A}^{\text{III}}\text{B}^{\text{V}}$  с химически инертными диэлектриками ( $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Si}_3\text{N}_4$ ) достигается пассивацией поверхности полупроводника различными способами [1–4], снижающими плотность ПС на границе диэлектрик/ $\text{A}^{\text{III}}\text{B}^{\text{V}}$ . В частности, тонкий (15 нм) фторсодержащий анодный слой (ФАС) на поверхности InAs(111)A обеспечивает плотность состояний в МДП структурах  $\text{In}_2\text{O}_3/\text{SiO}_2/\text{InAs}(111)\text{A} < 5 \cdot 10^{10} \text{ см}^{-2} \cdot \text{эВ}^{-1}$ . При анодном окислении InAs в электролитах без  $\text{NH}_4\text{F}$  формируется граница раздела анодного слоя (АС) с InAs(111)A, имеющая плотность состояний  $\sim 10^{12} \text{ см}^{-2} \cdot \text{эВ}^{-1}$  [5]. Электрофизические параметры МДП структур с фторсодержащим АС определяются концентрацией фторсодержащего реагента ( $\text{NH}_4\text{F}$ ), которая при использовании водного щелочного электролита на 2 порядка выше, чем в случае кислотного безводного электролита. При этом

параметры структур с анодным слоем без фтора не зависят от состава электролита [6].

Известно, что анодное окисление полупроводников  $\text{A}^{\text{III}}\text{B}^{\text{V}}$  — это сложный многостадийный процесс с множеством последовательных и конкурирующих реакций, протекающих в двойном электрическом слое на границе раздела полупроводник/электролит и в растущей анодной пленке, который определяет состав образующего слоя. Для выяснения механизма влияния фтора на электронные свойства границы раздела ФАС/InAs(111)A необходимо знание химического состава слоев.

В данной работе методом рентгеновской фотоэлектронной спектроскопии (РФЭС) изучен химический состав анодных слоев толщиной  $\sim 20$  нм на InAs(111)A. Слои выращивались в щелочном и кислотном электролитах без  $\text{NH}_4\text{F}$  и содержащих 24 и 15 г/л  $\text{NH}_4\text{F}$  соответственно.

### 2. Методика эксперимента

Анодные слои выращивали на эпитаксиальных структурах InAs(111)A *n*-типа проводимости с концентрацией электронов  $(1-5) \cdot 10^{15} \text{ см}^{-3}$  (ЭСАИ-35-10). Перед окислением подложки обезжиривали в смеси моноэтаноламина с перекисью водорода (1:1), промывали водой и сушили аргоном. Анодное окисление проводили при комнатной температуре в двухэлектродной ячейке в гальваническом режиме при плотности тока 0.25 и 0.1  $\text{мА/см}^2$  для щелочного и кислотного электролитов соответственно. В качестве щелочного электролита ( $\text{pH} = 11.5$ ) использовали концентрированный водный раствор аммиака в этиленгликоле в объемном соотно-

¶ E-mail: valisheva@thermo.isp.nsc.ru