

О.Л. Берсирова \*\*, Л.И. Брук \*\*\*, А.И. Дикусар \*, М.И. Караман \*\*\*, С.П. Сидельникова \*,  
А.В. Симашкевич \*, Д.А. Шербан \*, Ю.С. Японцева \*\*

## ТОНКИЕ ПЛЕНКИ ОКСИДОВ ТИТАНА И ОЛОВА И ПОЛУПРОВОДНИКОВЫЕ СТРУКТУРЫ НА ИХ ОСНОВЕ, ПОЛУЧЕННЫЕ ПИРОЛИТИЧЕСКОЙ ПУЛЬВЕРИЗАЦИЕЙ: ИЗГОТОВЛЕНИЕ, ХАРАКТЕРИЗАЦИЯ И КОРРОЗИОННЫЕ СВОЙСТВА

*\*Институт прикладной физики АН Молдовы,*

*ул. Академией, 5, г. Кишинев, MD-2028, Республика Молдова*

*\*\*Институт общей и неорганической химии им. В.И.Вернадского НАН Украины,  
пр. акад. Палладина, 32/34, 03680, Киев-142, Украина*

*\*\*\*Государственный университет Молдовы,*

*ул. Матеевича, 60, г.Кишинев, MD-2012, Республика Молдова*

Известно, что на основе прозрачных проводящих оксидов металлов (ТСО), таких как  $\text{SnO}_2$ ,  $\text{In}_2\text{O}_3$ ,  $\text{TiO}_2$  и ИТО, образуются структуры полупроводник-диэлектрик-полупроводник (ПДП), применяемые для преобразования солнечной энергии в электрическую [1–5]. В таких структурах в качестве поглощающих солнечную радиацию материалов в основном используются кремний и полупроводниковые соединения типа  $\text{A}^3\text{B}^5$ , например фосфид индия. Слои ТСО являются компонентами не только фотовольтаических, но и фотоэлектрохимических элементов [6, 7], где они играют защитную роль от коррозии основного полупроводникового материала. Широкозонные оксидные слои, кроме непосредственной антикоррозионной функции, способствуют также расширению спектральной характеристики фоточувствительности за счет уменьшения поверхностной рекомбинации в узкозонном поглощающем материале. Кроме того, слои  $\text{SnO}_2$  и  $\text{TiO}_2$  с успехом могут применяться в солнечных элементах на основе Si и InP в качестве антиотражающего покрытия за счет прозрачности в видимой области спектра и подходящих значений коэффициентов преломления ( $n = 2,0$  и  $n = 1,72$ – $2,60$  соответственно), что увеличивает эффективность преобразования солнечной энергии в электрическую.

Свойства полупроводниковых пленок и структур во многом определяются технологией их изготовления, однако в известной литературе мало работ, где рассматриваются свойства этих материалов и, в частности, фотокоррозионные свойства, в зависимости от условий их получения. В настоящей работе описаны технология получения слоев и гетероструктур на основе  $\text{SnO}_2$  и  $\text{TiO}_2$ , а также исследование их структурных, оптических и фотокоррозионных свойств. Используемый метод пиролитической пульверизации получения слоев и структур достаточно прост и экономичен, не требует сложного оборудования и может с успехом использоваться для получения эффективных фотовольтаических преобразователей.

### **Методика эксперимента**

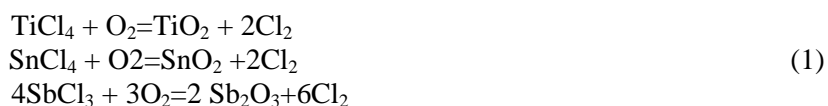
Пленки  $\text{TiO}_2$  и  $\text{SnO}_2$  образовывались при распылении растворов  $\text{TiCl}_4$  в этилацетате, этиловом спирте или  $\text{SnCl}_4$  в этаноле на разогретые до  $450^\circ\text{C}$  подложки, которыми служили кварц, сапфир, а также Si и InP. В зависимости от концентрации применяемых растворов и распыляемых объемов, природы их и подложки пленки были различной толщины (от 50 до 400 нм).

Для получения  $\text{SnO}_2$  использовался 0,5М раствор  $\text{SnCl}_4$  в этаноле. В некоторых случаях с целью легирования пленки сурьма (0,1М раствор  $\text{SbCl}_3$  в этаноле). Для приготовления раствора с легирующей добавкой к 11 мл 0,5М раствора  $\text{SnCl}_4$  прибавляли до 2 мл 0,1М раствора  $\text{SbCl}_3$ . При получении слоев  $\text{TiO}_2$  использовали растворы, приготовленные путем смешения 1М раствора  $\text{TiCl}_4$  и растворителя в следующих соотношениях: 1:1, 1:2, 1:3.

---

© Берсирова О.Л., Брук Л.И., Дикусар А.И., Караман М.И., Сидельникова С.П., Симашкевич А.В., Шербан Д.А., Японцева Ю.С., Электронная обработка материалов, 2007, № 6, С. 40–49.

При pulverизации на воздухе и последующем пиролизе происходит ряд реакций, связанных с гидролизом, испарением и окислением, которые в общем виде можно представить следующим образом:



Для получения пленок использовалось оборудование, ранее описанное в [5].

Анализ структуры проводился методом рентгеновской дифракции с использованием линейного дифрактометра Брукера ( $\text{Cu}_{K\alpha}$  – излучение, Ni – фильтр,  $\theta$ - $2\theta$  – сканирование).

В работе использованы следующие методы анализа состава и морфологии получаемых пленок:

а) сканирующая электронная микроскопия (*SEM*) с применением сканирующего электронного микроскопа *TESCAN VEGA*;

б) система исследования химического состава *INCA Energy EDX* для определения элементного состава. Особенность применявшегося в настоящем исследовании метода состояла в осуществлении анализа на площади участка диаметром в несколько микрометров на глубину до 2 мкм. Анализ проводился в трех точках каждого образца, после чего рассчитывалось среднее значение. Приводимые ниже интервальные значения соответствуют стандартным отклонениям от среднего.

Спектры пропускания и отражения слоев  $\text{SnO}_2$  и  $\text{TiO}_2$ , полученных на различных подложках (стекло, кварц, сапфир), измерялись при помощи монохроматора “Specord” в диапазоне длин волн 0,2–1,5 мкм.

Фотокоррозия полученных слоев и узкозонных полупроводников, на которые они наносились (Si, InP), исследовалась двумя методами: электрохимической импедансной спектроскопии и вольтамперометрии при помощи системы AUTOLAB (GPSTAT 20+FRA) с программным обеспечением GPES 4,9 и FRA 4,9. Вольт-амперные измерения проводились как в темноте, так и на свету. В первом случае электрохимическая ячейка покрывалась не пропускающим свет полотном, а во втором – измерения проводились при освещении лампой накаливания мощностью 60 Вт, которая располагалась на расстоянии приблизительно 30 см от измерительной ячейки. Коррозионное поведение всех образцов исследовалось в нейтральной ( $\text{pH} = 6,0 \pm 0,1$ ) среде. В качестве модельного раствора был выбран раствор смеси сульфатов и хлоридов (7 г/л  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  + 7 г/л NaCl). Измерения проводились при температуре  $24 \pm 1^\circ\text{C}$  в ячейке с насыщенным хлорсеребряным и вспомогательным электродами в виде платиновой сетки. Все значения потенциалов приведены относительно насыщенного хлорсеребряного электрода.

Спектры электрохимического импеданса снимались после выдержки образца в коррозионном растворе в течение 15 минут для установления стационарного потенциала. Напряжение подавалось синусоидально с амплитудой в 5 мВ. Спектры получены в интервале частот 50 кГц – 1 МГц. Параметры коррозионного процесса и соответствующие эквивалентные схемы были определены на основании анализа этих спектров.

Вольтамперметрические измерения состояли в получении анодных и катодных поляризационных кривых при скорости задачи потенциала 1 мВ/с. Поляризационные кривые корректировались на величину омического падения напряжения IR. На основании полученных кривых рассчитывались коррозионные характеристики.

### Результаты и их обсуждение

*Химический состав пленок и гетероструктур, полученных на различных подложках. Особенности взаимосвязи измеряемого химического состава и толщины пленок*

Химический состав пленок при их осаждении на прозрачные материалы (стекло, сапфир) и гетероструктур, получаемых при их осаждении на Si или InP, как уже указывалось выше, проводился с использованием варианта EDX-анализа, при котором исследовался поверхностный слой толщиной 2–3 мкм. Очевидно, что при наличии гетероструктур, а также адсорбированных слоев на поверхности однозначная интерпретация получаемых данных не всегда возможна. Необходимы как различные варианты EDX-анализа (например, анализ поверхности и поперечных сколов), так и дополнительные методы (например, анализ толщин слоев), позволяющие более точно интерпретировать получаемые результаты. Такими дополнительными методами служили оптический метод определения толщины слоев и метод рентгеновской дифракции.

На рис.1 приведены морфология поверхности, EDX-спектр и химический состав пленки  $\text{SnO}_2$ , полученной на сапфире (в варианте осаждения с легирующей добавкой сурьмы).

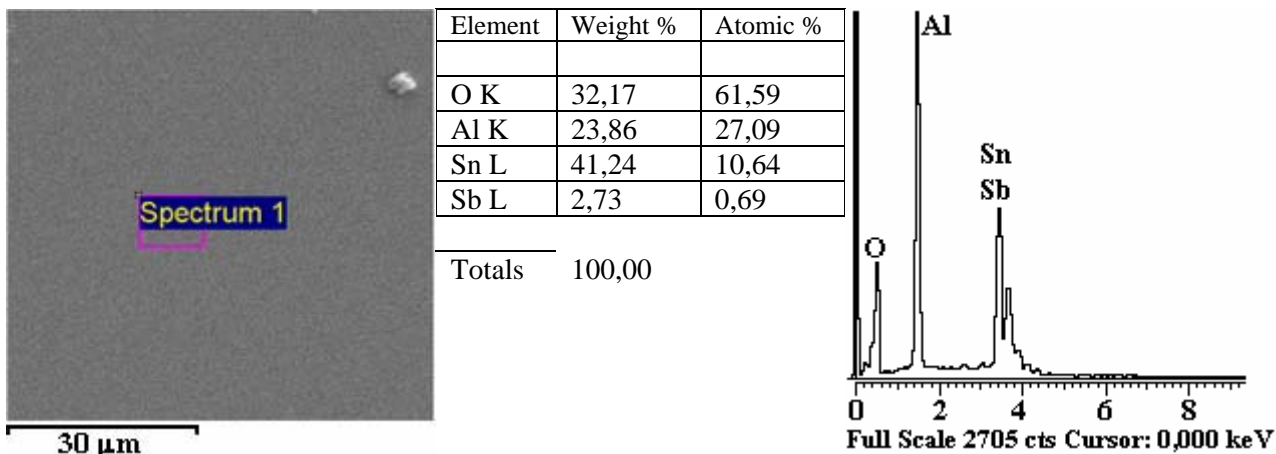


Рис. 1. Морфология поверхности, EDX- спектр и химический состав пленки оксида олова, легированной сурьмой и осажденной на сапфир

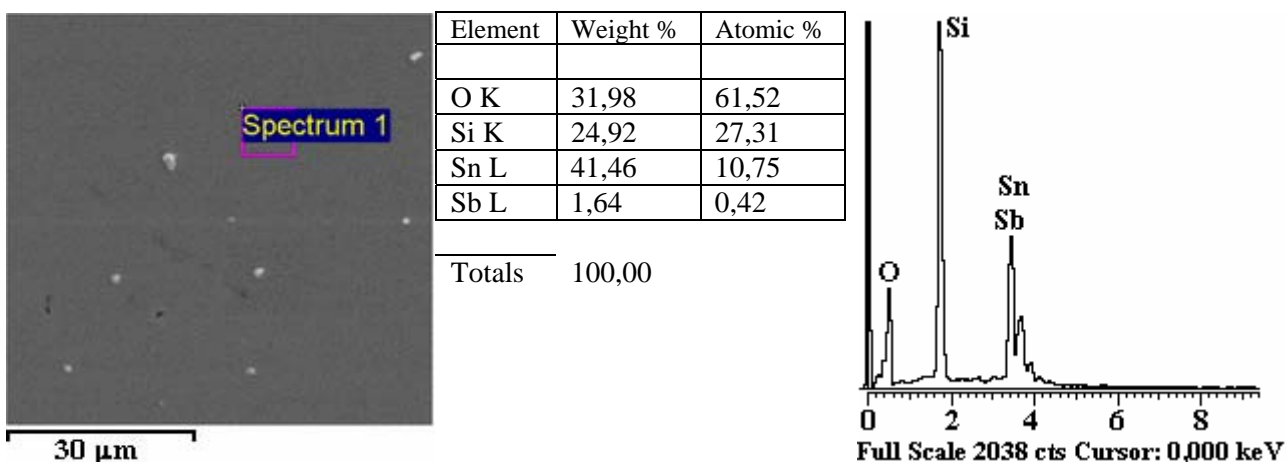


Рис. 2. Морфология поверхности, EDX-спектр и химический состав пленки оксида олова, легированной сурьмой, осажденной на кремний

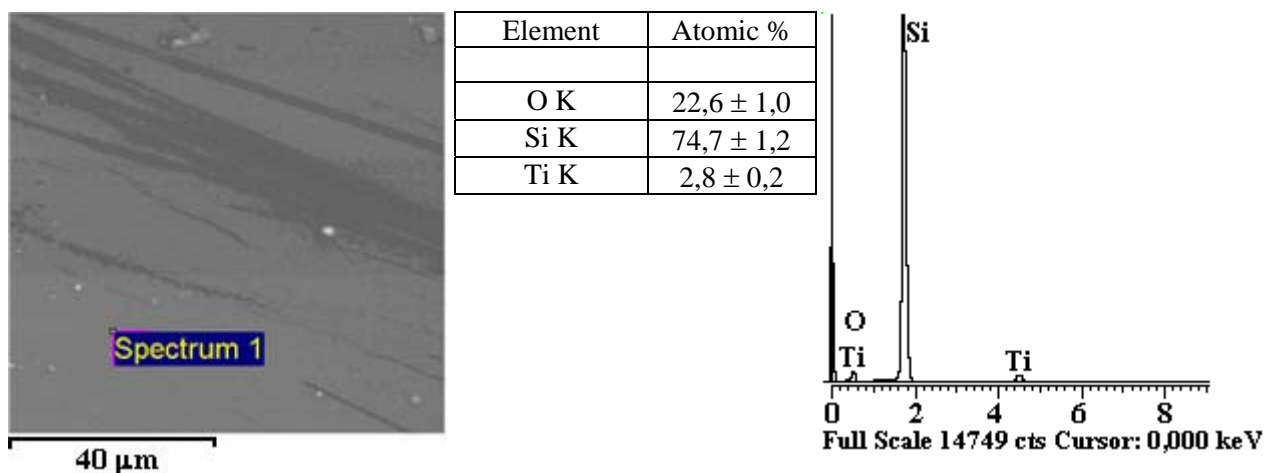


Рис. 3. Морфология поверхности, EDX-спектр и химический состав пленки оксида титана, осажденной на кремний

Видно, что в данном случае получаемый состав с учетом точности измерений соответствует пленке  $\text{SnO}_2$  на  $\text{Al}_2\text{O}_3$ . В отличие от этого состав пленки, полученной на кремнии (также в варианте осаждения с легирующей добавкой сурьмы), не соответствует стехиометрии  $\text{SnO}_2$ . Виден существенный избыток кислорода (рис. 2). Аналогичная картина наблюдается при получении пленок  $\text{TiO}_2$  на кремнии (рис. 3) (в последнем случае приведены средние результаты по поверхности образца вместе со стандартными отклонениями).

Для исследования структуры пленки оксидов олова и титана были удалены с поверхности подложек и проанализированы с помощью рентгенофазового анализа, результаты которого приведены на рис.4 и в табл. 1.

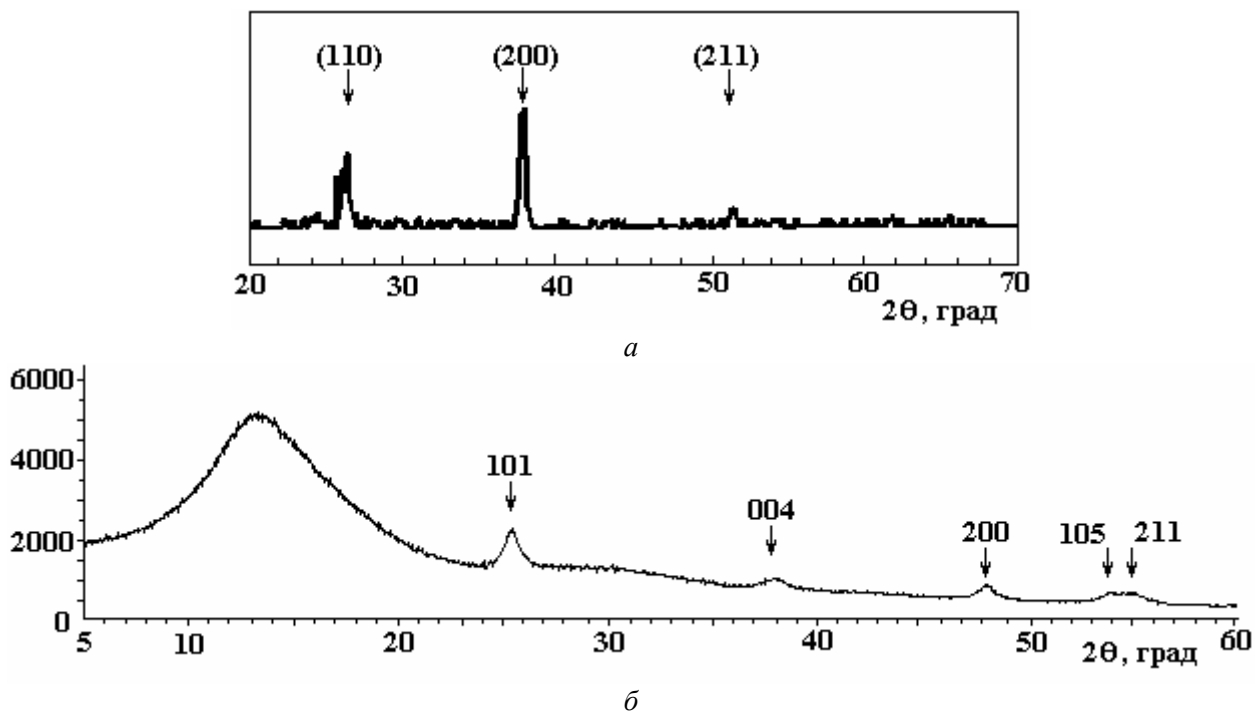


Рис. 4. Рентгеновские дифракционные спектры пленок оксидов олова (а) и титана (б), полученных пиролизической пульверизацией

Таблица 1. Рентгенографические параметры пленок оксида титана

№ максимума	Индекс Миллера, hkl	Межплоскостное расстояние, Å
1	101	3,507
2	004	2,371
3	200	1,891
4	105	1,699
5	211	1,667

Дифрактограммы поверхности свидетельствуют о том, что получаемые пиролизической пульверизацией пленки являются оксидами SnO<sub>2</sub> и TiO<sub>2</sub>, обладают тетрагональной кристаллической структурой. Пленка TiO<sub>2</sub> соответствует модификации анатаза. Наличие же “избыточного” кислорода может быть связано с тем, что при осаждении на Si наблюдается более сложная структура (рис. 5,а), в которой образуется промежуточная фаза оксида кремния при осаждении как TiO<sub>2</sub>, так и SnO<sub>2</sub>.

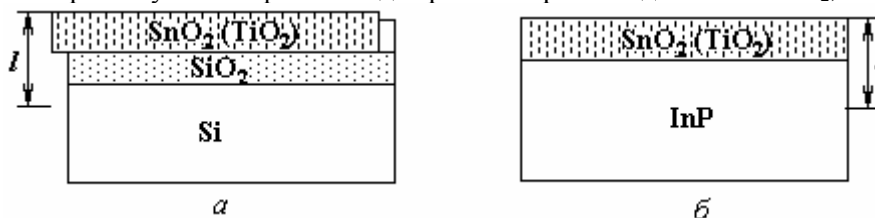


Рис. 5. Схема структур оксид-полупроводник, полученных пиролизической пульверизацией. *l* – толщина слоя, в которой осуществляется EDX–анализ

При условии верности сделанных предположений кажется очевидным, что получаемый слой TiO<sub>2</sub> существенно (в несколько раз) тоньше слоя оксида олова, о чем можно судить по разнице значений концентраций (в атомных процентах), получаемых с помощью данного метода (ср. данные рис. 2 и 3).

Подтверждением этому являются результаты оптических измерений, приведенных ниже, и данных EDX–анализа для пленок, содержащих добавку сурьмы (рис.2) и без нее (табл. 2). Согласно

результатам оптических измерений (методы расчета будут представлены в следующем разделе) толщина пленки SnO<sub>2</sub> без добавки сурьмы – 330 нм, а с добавкой – 200 нм при осаждении этих пленок на стекло. Точно такое же соотношение концентраций олова, определенных EDX–методом, имеет место при осаждении пленки SnO<sub>2</sub> на кремний (1,64) без и при наличии сурьмы при пиролизе (рис. 2, табл. 2). При сделанных предположениях толщина пленки оксида титана со структурой анатаза, осаждаемой на Si, около 50 нм (см. рис. 2 и 4).

Таблица 2. Химический состав нелегированной пленки SnO<sub>2</sub>, осажденной на кремний

Элемент	Весовые %	Атомные %
O	32,11	71,22
Si	8,80	11,12
Sn	59,09	17,66

Возможность образования промежуточного слоя оксида кремния при осаждении другими методами пленок оксида титана на кремний при тех температурах, которые использованы в настоящем исследовании, была показана неоднократно. Также указывалось на эффективность использования такой структуры в фотовольтаических системах [8].

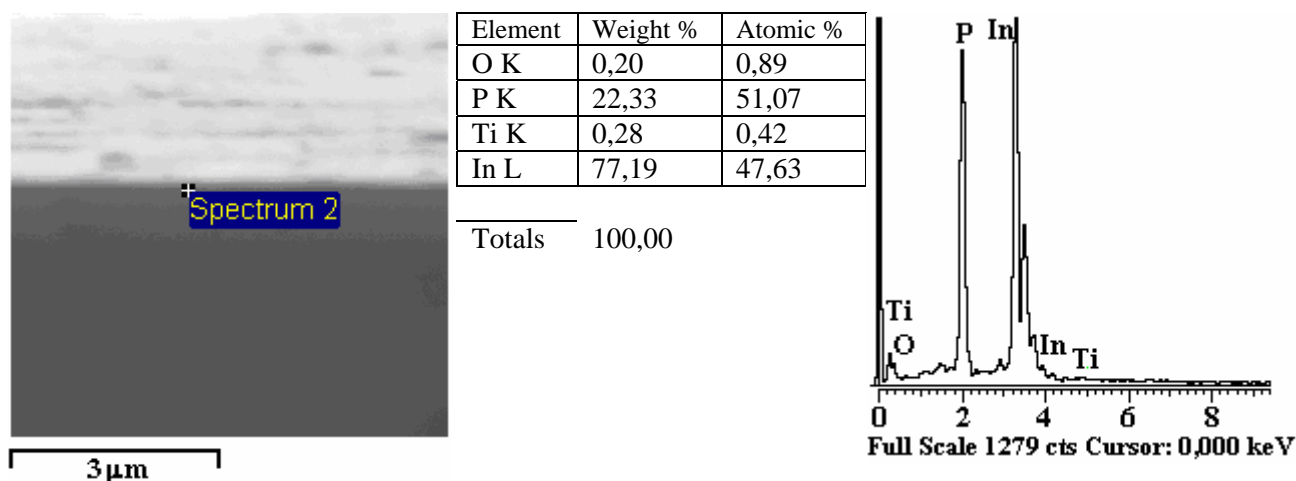


Рис.6. Микрофотография поперечного среза, EDX–спектр и химический состав пленки оксида титана, осажденной на фосфид индия

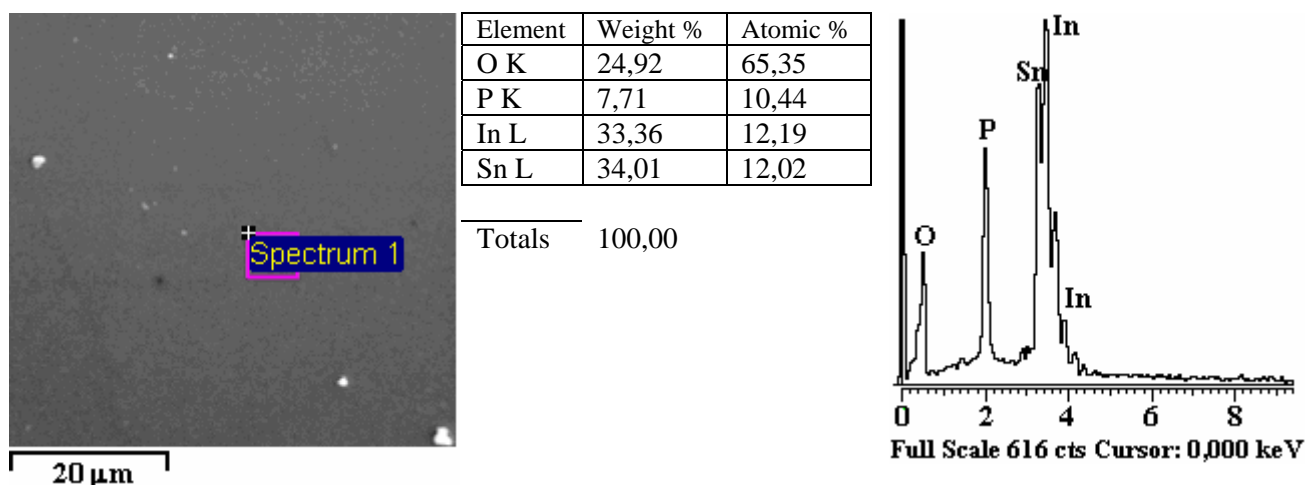


Рис.7. Морфология поверхности, EDX–спектр и химический состав пленки оксида олова, осажденной на фосфид индия

В отличие от осаждения на кремний при получении пленок  $TiO_2$  на  $InP$  промежуточный слой не проявляется. Результаты элементного анализа поперечного среза свидетельствуют об этом. Наблюдаемое стехиометрическое соотношение титана и кислорода примерно равно 2 (рис. 6).

Одновременно полученные результаты могут свидетельствовать о том, что толщина пленки оксида титана на  $InP$  еще меньше, чем на кремнии, вследствие меньшего содержания  $Ti$  (ср. данные рис.3 и б).

Учитывая качественное подобие процессов формирования пленок  $SnO_2$  и  $TiO_2$ , можно предположить, что и при формировании пленок  $SnO_2$  на  $InP$  будет наблюдаться аналогичная картина, то есть схема образующегося гетероперехода будет соответствовать приведенной на рис. 5,б, с той лишь разницей, что получаемые пленки должны быть большей толщины. Однако результаты измерений состава поверхностного слоя после осаждения  $SnO_2$  на  $InP$ , приведенные на рис.7, противоречат утверждению об отсутствии промежуточного оксида (то есть соответствия рис. 5,б), поскольку, как это следует из результатов, приведенных на рис. 7, "избыточный" кислород в данном случае присутствует.

Из сравнения данных, приведенных на рис.7 и представленных в табл. 2, видно, что при осаждении на  $InP$  толщина слоя двуокиси олова несколько меньше той, что имеет место при осаждении этого оксида на  $Si$ , но существенно больше, чем толщина слоя оксида титана, осаждаемого на  $InP$ . Что же касается наличия "избыточного" кислорода и возможности образования на  $InP$  гетероструктуры с оксидом олова и промежуточным слоем оксида (чего не наблюдается в случае осаждения оксида титана на  $InP$ ), то ответ на этот вопрос должны дать дополнительные исследования.

#### *Оптические свойства пленок и гетеропереходов*

На полученных слоях  $SnO_2$  и  $TiO_2$  изучались спектры пропускания. На рис. 8 приведены такие спектры для слоев  $SnO_2$ , нанесенных на стеклянные подложки. Прозрачность нелегированных слоев в данной области длин волн достигает 85%, а для слоев, легированных сурьмой, падает до 53%. Наблюдаемая интерференционная картина позволяет оценить толщину  $D$  пленок  $SnO_2$ , используя известное выражение [9]:

$$D = \lambda_1 \lambda_2 / (\lambda_1 - \lambda_2) 2n, \quad (2),$$

где  $\lambda_1, \lambda_2$  – длины волн ближайших максимумов или минимумов,  $n$  – показатель преломления для  $SnO_2$ , равный 2, на длине волны 550 нм [10]. Полученные таким способом значения толщины слоев  $SnO_2$  составляют 330 нм для нелегированной пленки и 200 нм в случае легированной.

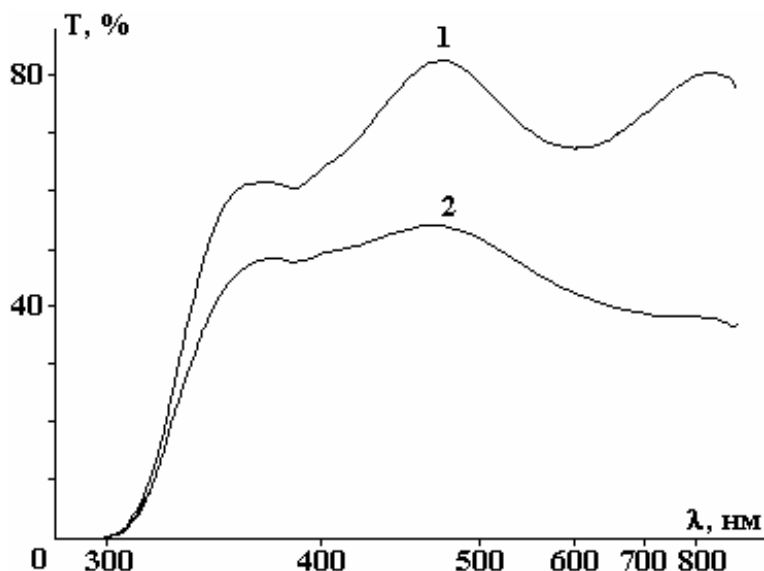


Рис. 8. Спектры пропускания пленки  $SnO_2$ , нелегированной (1) и легированной  $Sb$  (2)

Соответствующие спектры, нанесенные на кварцевые и сапфировые подложки, отличаются более плавным спадом прозрачности в области коротких длин волн. Край полосы пропускания находится при 4,96 эВ и не зависит в этом случае от природы подложки. Эти результаты позволили более точно определить ширину запрещенной зоны  $SnO_2$ , равную 4,7 эВ.

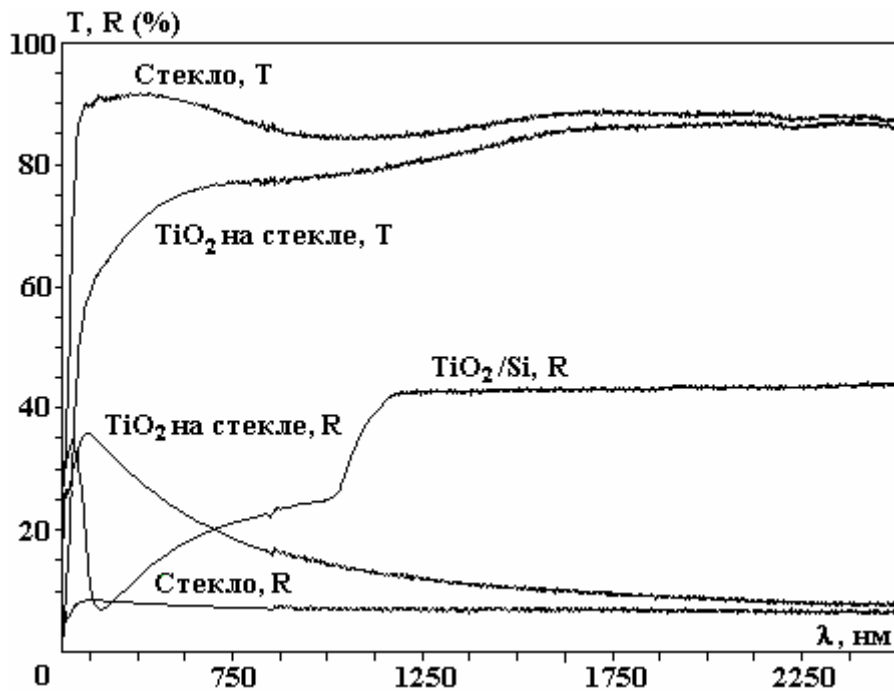


Рис. 9. Спектральное распределение коэффициентов пропускания  $T$  и отражения  $R$  пленок оксида титана на стекле и кремнии

В случае пленок  $\text{TiO}_2$ , нанесенных на стекло и кремний, спектральное распределение коэффициентов пропускания и отражения представлено на рис. 9. Видно, что эти пленки прозрачны в интервале длин волн 500–2500 нм. Максимальная величина коэффициента отражения, равная 35%, наблюдается при  $\lambda = 425$  нм. С увеличением длины волны коэффициент отражения монотонно уменьшается до 10%.

#### Коррозионные характеристики

Коррозионные тесты, проведенные по методикам, описанным выше, позволяют судить об эффективности полученных гетеропереходов с точки зрения фотокоррозии и фотодеградации. На рис. 10 приведены вольтамперметрические коррозионные диаграммы узкозонных полупроводников, использованных в качестве подложек, а в табл. 3 – показатели коррозионного процесса для использованной коррозионной среды, рассчитанные на основе этих диаграмм.

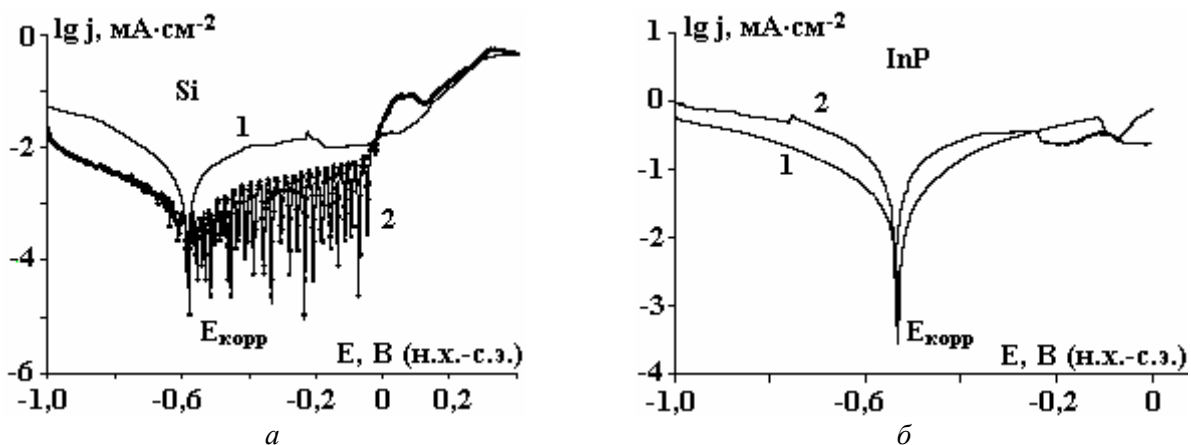


Рис. 10. Коррозионные диаграммы кремния ( $n_0=5 \cdot 10^{15} \text{ см}^{-3}$ ) (а) и фосфида индия ( $n_0=10^{18} \text{ см}^{-3}$ ) (б) в коррозионном хлоридно-сульфатном растворе в темноте (1) и на свету (2)

Там же (табл. 3) приведены значения сопротивления переносу заряда, которые можно рассматривать в качестве показателя коррозионного процесса для этих систем, полученные на основе импедансных измерений. Видно, что кремний является гораздо более устойчивым к фотодеградации (к фотоэлектрохимической коррозии), чем InP, а их потенциалы коррозии близки (рис. 10, табл. 3).

Таблица 3. Характеристики коррозионного процесса в нейтральной среде (pH=6,0) полупроводниковых материалов и гетеропереходов оксид – полупроводник

Материал	Вольтамперометрия					
	$E_{корр}$ , В		$j_{корр}$ , А/см <sup>2</sup>		Сопротивление переносу заряда, кОм	
	Темнота	Свет	Темнота	Свет	Темнота	Свет
Si	- 0,58	- 0,58	$2,8 \cdot 10^{-6}$	$2,8 \cdot 10^{-7}$	30	164
InP	- 0,52	- 0,51	$3,4 \cdot 10^{-5}$	$2,1 \cdot 10^{-5}$	14	7,6
SnO <sub>2</sub> / Si	- 0,35	- 0,43	$1,4 \cdot 10^{-6}$	$3,1 \cdot 10^{-7}$	260	423
TiO <sub>2</sub> / Si	- 0,16	- 0,03	$4,5 \cdot 10^{-7}$	$1,6 \cdot 10^{-6}$	300	45
SnO <sub>2</sub> / InP	- 0,01	- 0,02	$2,6 \cdot 10^{-6}$	$1,7 \cdot 10^{-5}$	74	41

Использованные полупроводниковые материалы имели различные концентрации носителей ( $n_0$ ). Так, для Si она была равной  $5 \cdot 10^{15} \text{ см}^{-3}$ , а для InP –  $10^{16}$  и  $10^{18} \text{ см}^{-3}$ . В экспериментах с высокоомными образцами наблюдались осцилляции (в частности, анодного тока на свету, рис.10), что может быть связано именно с низкой концентрацией носителей. Очевидно, их периодическая генерация и рекомбинация обусловлены явлениями пассивации и репассивации поверхности (под действием света) в анодной области потенциалов. При высокой концентрации носителей (см. рис. 10,б) явление не наблюдается. Следует отметить, что осцилляции, наблюдаемые в коррозионных экспериментах с Si на свету, не являются специфическими только для кремния. Они наблюдались и в других системах (например, на InP), если концентрация носителей была достаточно малой.

Осаждение оксидов с получением гетеропереходов приводит к значительному смещению потенциала коррозии в анодную область (рис. 11, табл. 3).

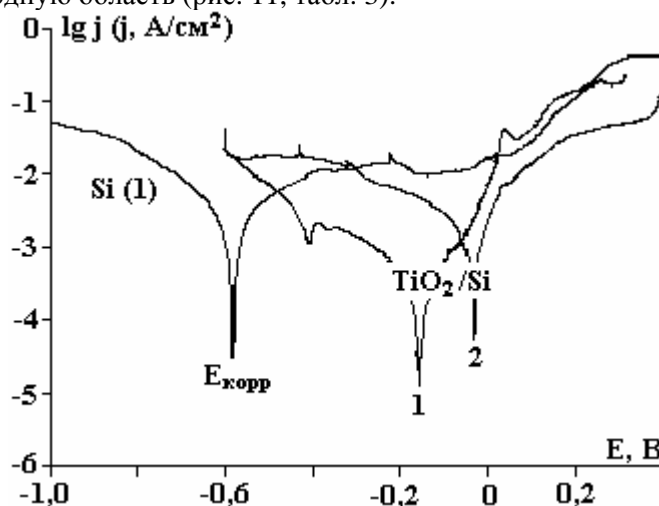


Рис. 11. Коррозионные диаграммы кремния и структуры оксид титана – кремний в темноте (1) и на свету (2)

В наибольшей степени это характерно для пленок оксида титана на кремнии и оксида олова на фосфиде индия. Плотности токов коррозии при этом имеют один и тот же порядок величины. Смещение потенциалов коррозии в анодную область делает такие материалы очень перспективными не только с точки зрения коррозии, но и для фотоэлектрохимических приложений, а именно в качестве фотоанодов для фотоэлектрохимического получения водорода.

Результаты импедансных измерений (проводились только на свету) качественно согласуются с результатами вольтамперометрических испытаний и данными химического анализа и структуры гетеропереходов.

На рис.12–14 приведены спектры импеданса как для чистых материалов, так и для гетеропереходов, а также соответствующие им эквивалентные схемы.

Полученные эквивалентные схемы наглядно демонстрируют образование различных гетеропереходов. В частности, если простые системы (кремний/электролит и фосфид индия/электролит) можно описать простейшей схемой с одной границей раздела (полупроводник-электролит), поскольку в комплексной плоскости наблюдается только один полукруг (рис. 12), то для гетероперехода на InP наблюдаются два полукруга, что соответствует эквивалентной схеме с двумя барьерами (двумя границами раздела, рис. 13). Видимо, предположение, сделанное выше по результатам химического



анализа, относительно простого гетероперехода, не осложненного промежуточным оксидным слоем для систем оксид/InP (см. рис. 5,б), является оправданным.

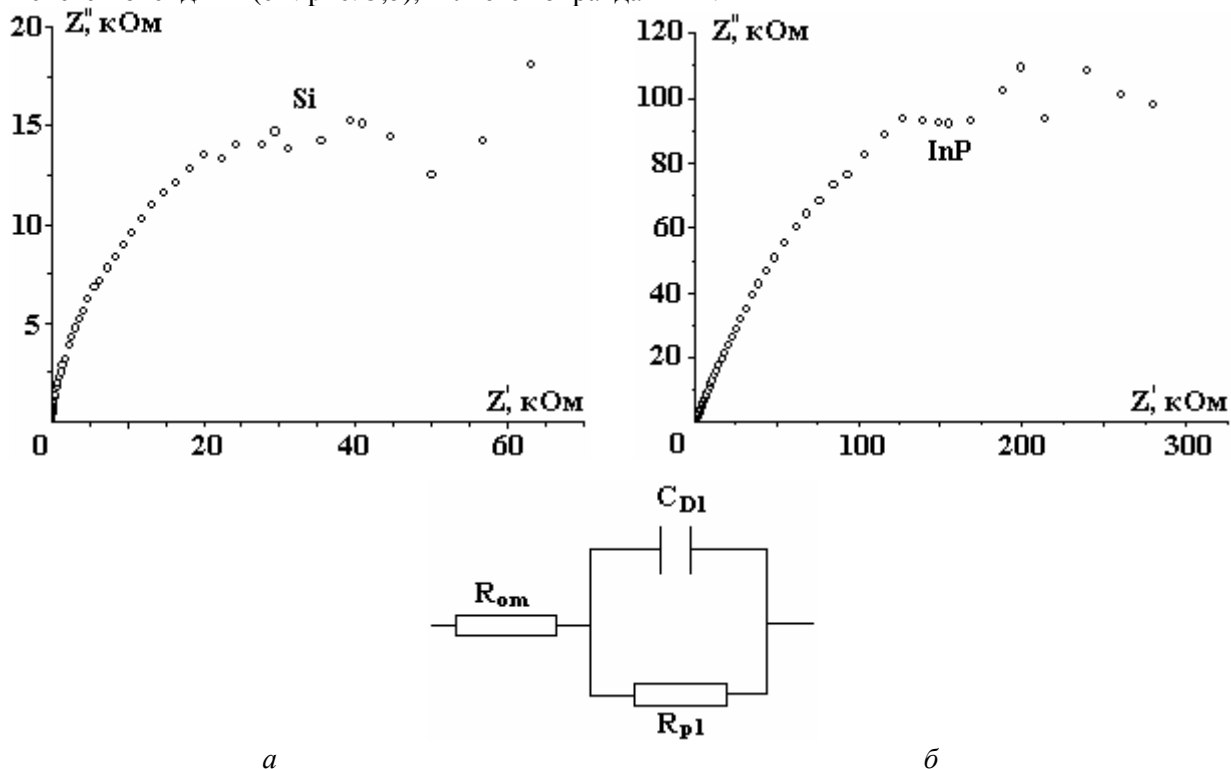


Рис. 12. Спектры импеданса кремния ( $n_0 = 5 \cdot 10^{15} \text{ см}^{-3}$ ) (а), фосфида индия ( $n_0 = 10^{18} \text{ см}^{-3}$ ) (б) и соответствующая им эквивалентная схема, полученные в коррозионном хлоридно-сульфатном растворе

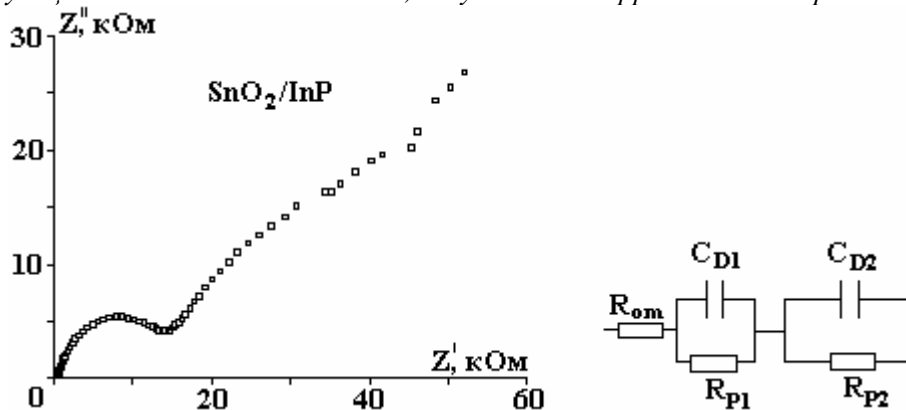


Рис. 13. Спектр импеданса структуры  $\text{SnO}_2/\text{InP}$  (концентрация носителей в InP  $n_0 = 5 \cdot 10^{16} \text{ см}^{-3}$ ) и соответствующая ему эквивалентная схема

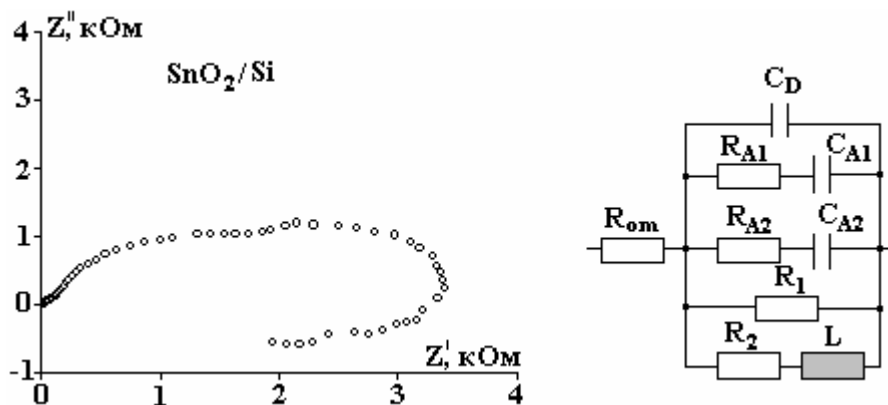


Рис.14. Спектр импеданса структуры  $\text{SnO}_2/\text{Si}$  (концентрация носителей в Si  $n_0=5 \cdot 10^{15} \text{ см}^{-3}$ ) в коррозионном хлоридно-сульфатном растворе и соответствующая ему эквивалентная схема

Для системы SnO<sub>2</sub>/кремний наблюдается существенно более сложная картина (рис.14). Эквивалентная схема содержит несколько переходов, а также индуктивность, что соответствует более сложной гетероструктуре и данным химического анализа, свидетельствующим о наличии под слоем оксида олова слоя оксида кремния (см. рис. 5,а).

#### **Заключение**

Описаны особенности получения методом пиролитической пульверизации пленок оксидов олова и титана, а также полупроводниковых структур на их основе. Данные рентгеновской дифракции показали, что при этом образуются кристаллические тетрагональные структуры (для TiO<sub>2</sub> модификация анатаз). Результаты элементного анализа и импедансных исследований полученных полупроводниковых структур в модельном хлорид-сульфатном растворе показали, что в случае осаждения на кремний образуется структура оксид/SiO<sub>2</sub>/Si, а в случае осаждения на InP – структура оксид/InP. Результаты коррозионных исследований показали, что при осаждении вышеуказанных оксидов на кристаллы Si и InP и получении соответствующих полупроводниковых гетероструктур наблюдается существенное смещение коррозионного потенциала в анодную область, что делает их перспективными материалами для фотоэлектрохимических приложений.

Авторы выражают благодарность Э.Монайко (Национальный Центр Исследования и Тестирования Материалов ТУМ) за помощь в исследованиях поверхности пленок и структур.

Работа выполнена при финансовой поддержке Проектов 06.408.02.02P и CRDF-MRDA nr.МОЕ2-3062-CS-03

#### **ЛИТЕРАТУРА**

1. Adeb N., Kretsu I., Sherban D., Sushkevich V., Simashkevich A. Spray Deposited ITO-CdTe Solar Cells //Sol. Energy Mater. 1987. V. 15. N1. P. 9–19.
2. Vasu V., Subrahmanyam A., Kumar J., Pamasamy P. Spray-Pyrolytic-Grown ITO/InP Junctions: Effect of Tin Doping. Semicond. Sci. Technol. 1993. V.8. P. 437–440.
3. Do Quoc Hung, Bobeico E., Gorcheac L., Sherban D., Simashkevich A. Solar Cells Based on SIS Structures // Proc. Of the Third Int. Workshop on Material Sciences.-Hanoi. 1999. Part 1. P. 56–59.
4. Gagara L., Gorcheac L. Radu C. Sherban D. Simashkevich A. Photovoltaic Converters of Solar Energy on the Base of SIS Structures // Proc. of the Int. Conf. "Euro-Sun 96". Munchen. 1996. V.2. P. 665–669.
5. Simashkevich A., Sherban D., Bruk L., Bobeico E., Coval A., Fedorov V., Usatyi Iu. Spray Deposited ITO-nSi Solar Cells With Enlarged Area // Proc. of the 20 European PV Solar Energy Conf.-Barcelona. 2005. P.980–982.
6. Grätzel M. Photoelectrochemical cells // Nature. 2001. V.414. P. 338–344.
7. Badawy W.A. Improved n-Si/oxide Junctions for Environmentally Safe Solar Energy Conversion. Solar Energy Materials and Solar Sells. 2002. V.71. P. 281–294.
8. Green M.A. Silicon Solar Cells //Advanced Principles and Practice, Bridge Printery, Sydney, Australia. 1995, 289 p.
9. Мосс Е., Баррос Г., Эллис Б. Полупроводниковая оптоэлектроника. М.: Мир, 1976. 431с.
10. Воронкова Е.М., Гречушников Б.Н., Дустлер Г.И., Петров И.П. // Оптические материалы для инфракрасной техники. М.: Наука, 1965. 335 с.

*Поступила 02.08.07*

#### **Summary**

The peculiarities of obtaining of tin and titanium oxide layers and semiconductor structures on their basis are described. The Roentgen diffraction results show that SnO<sub>2</sub> and TiO<sub>2</sub> layers possess crystalline tetragonal structure (anatase modification for TiO<sub>2</sub>). The results of element composition analysis and impedance investigations of the fabricated structures in the model chloride-sulfate solutions demonstrate that oxide/SiO<sub>2</sub>/Si structures are obtained when Si substrates are used. In the case of InP substrates the oxide layer at the interface is not detected and the respective structure is oxide/InP. The results of corrosive investigations show that essential displacement of the corrosive potential to the anode region is observed in the case of deposition of SnO<sub>2</sub> and TiO<sub>2</sub> oxide layers on Si and InP crystals and fabrication of respective semiconductor structures. This fact demonstrates the availability of the utilization of these materials in photoelectrochemical applications.