

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 SnO_2 , In_2O_3 , 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 A^3B^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 SnO_2 и 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 $n = 1,72\text{--}2,60$ 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 SnO_2 и 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 TiO_2 и SnO_2 образовывались при распылении растворов TiCl_4 в этилацетате, этиловом спирте или SnCl_4 в этаноле на разогретые до 450°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 SnO_2 использовался 0,5М раствор SnCl_4 в этаноле. В некоторых случаях с целью легирования пленки сурьма (0,1М раствор SbCl_3 в этаноле). Для приготовления раствора с легирующей добавкой к 11 мл 0,5М раствора SnCl_4 прибавляли до 2 мл 0,1М раствора SbCl_3 . При получении слоев TiO_2 использовали растворы, приготовленные путем смешения 1М раствора 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, θ - 2θ – 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 SnO_2 и 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 полотно, 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 Na_2SO_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 SnO_2 , полученной на сапфире (в варианте осаждения с легирующей добавкой сурьмы).

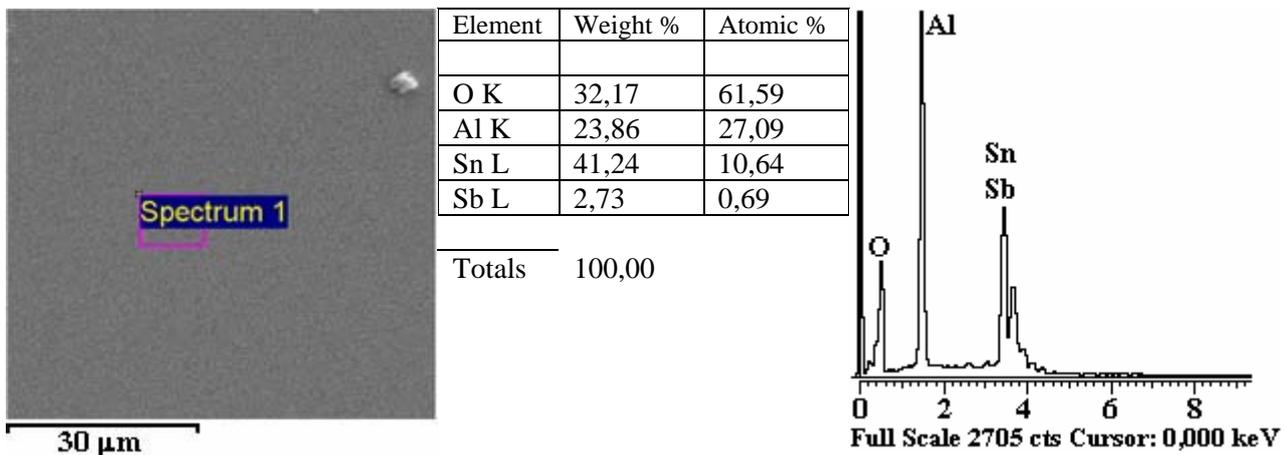


Рис. 1. Морфология поверхности, EDX- спектр и химический состав пленки оксида олова, легированной сурьмой и осажденной на сапфир

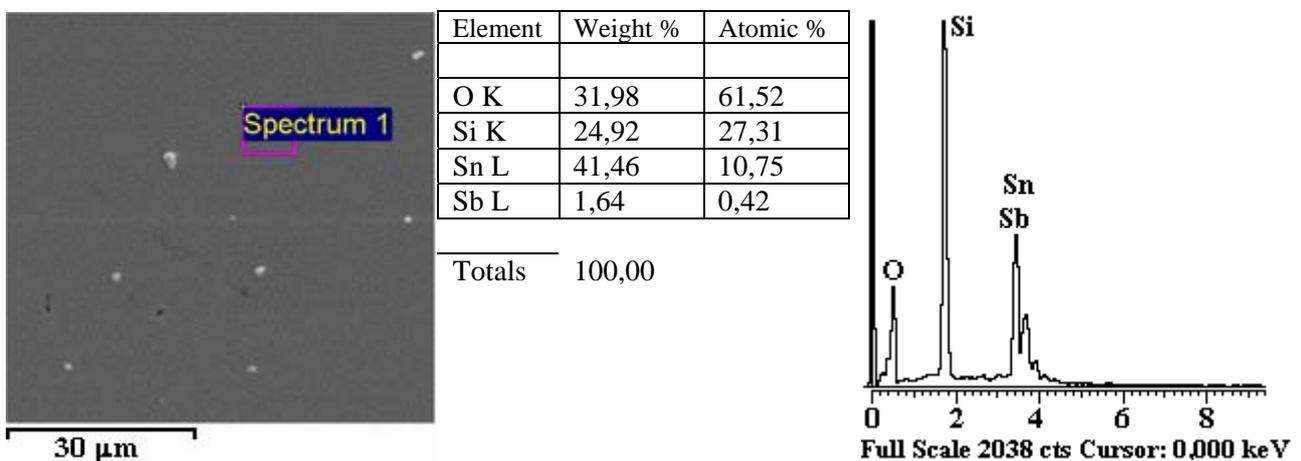


Рис. 2. Морфология поверхности, EDX-спектр и химический состав пленки оксида олова, легированной сурьмой, осажденной на кремний

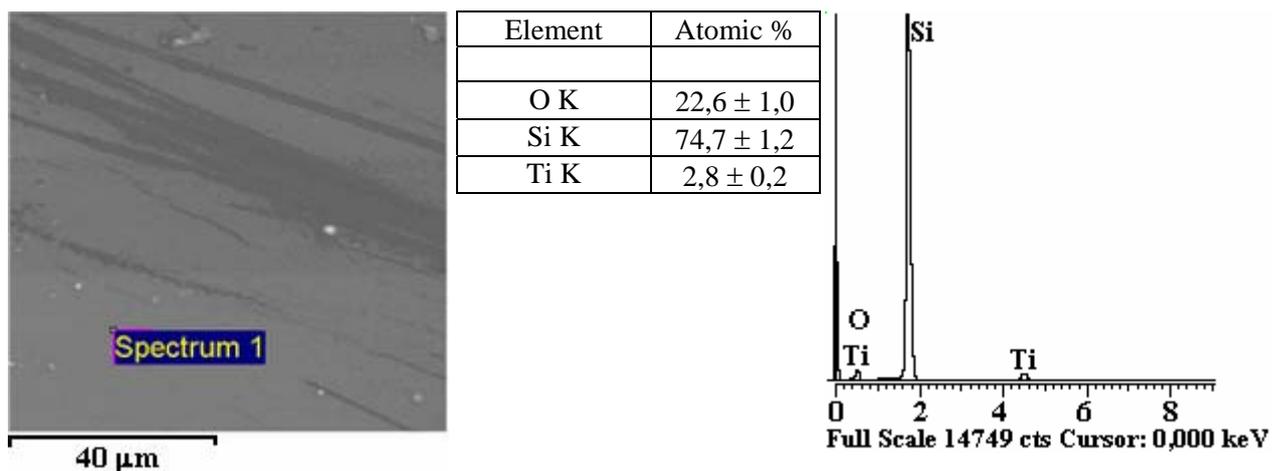


Рис. 3. Морфология поверхности, EDX-спектр и химический состав пленки оксида титана, осажденной на кремний

Видно, что в данном случае получаемый состав с учетом точности измерений соответствует пленке SnO_2 на Al_2O_3 . В отличие от этого состав пленки, полученной на кремнии (также в варианте осаждения с легирующей добавкой сурьмы), не соответствует стехиометрии SnO_2 . Виден существенный избыток кислорода (рис. 2). Аналогичная картина наблюдается при получении пленок 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.

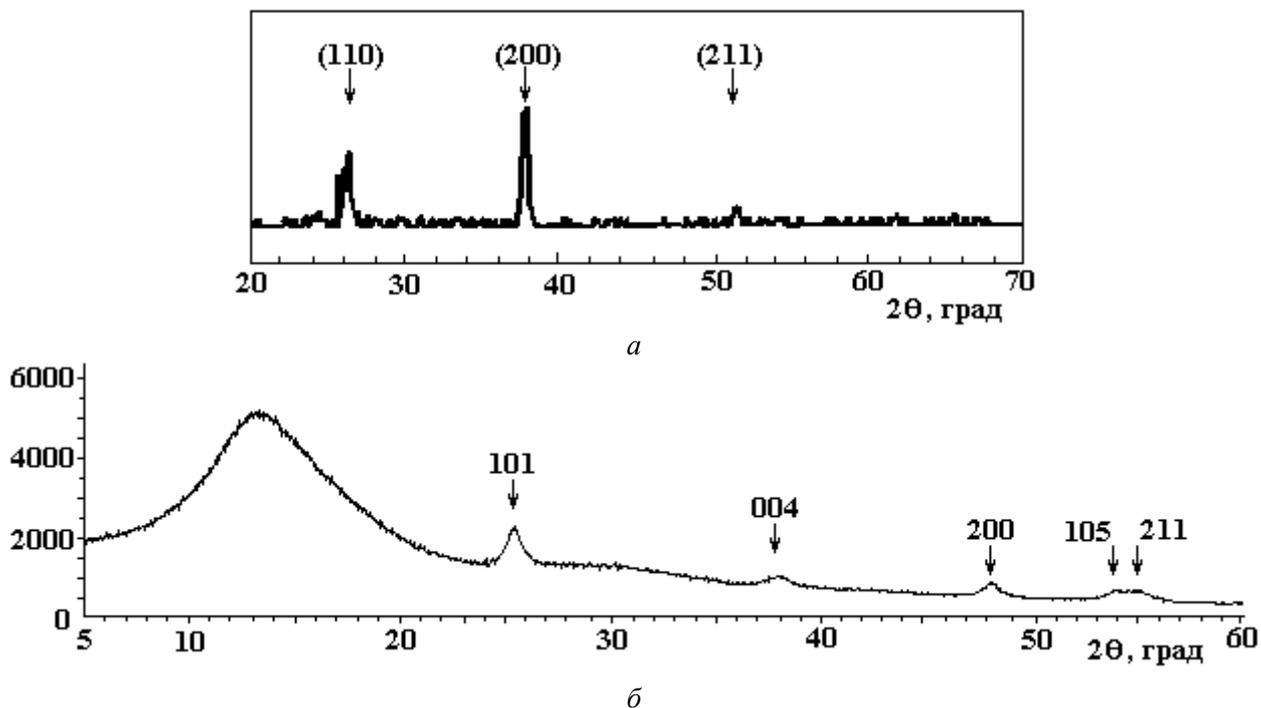


Рис. 4. Рентгеновские дифракционные спектры пленок оксидов олова (а) и титана (б), полученных пиролитической пульверизацией

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 пиролитической пульверизацией пленки являются оксидами SnO₂ и TiO₂, обладают тетрагональной кристаллической структурой. Пленка TiO₂ 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 TiO₂, так и SnO₂.

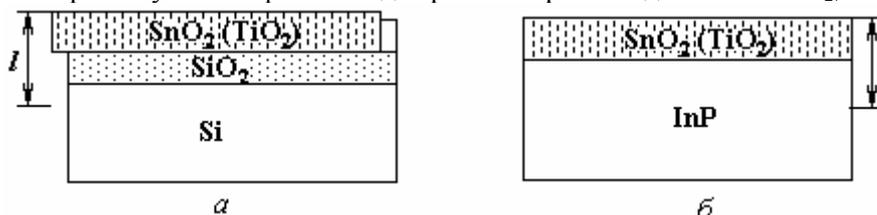


Рис. 5. Схема структур оксид-полупроводник, полученных пиролитической пульверизацией. *l* – толщина слоя, в которой осуществляется EDX–анализ

При условии верности сделанных предположений кажется очевидным, что получаемый слой TiO₂ 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 SnO₂ 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 SnO₂ 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 SnO₂, 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].

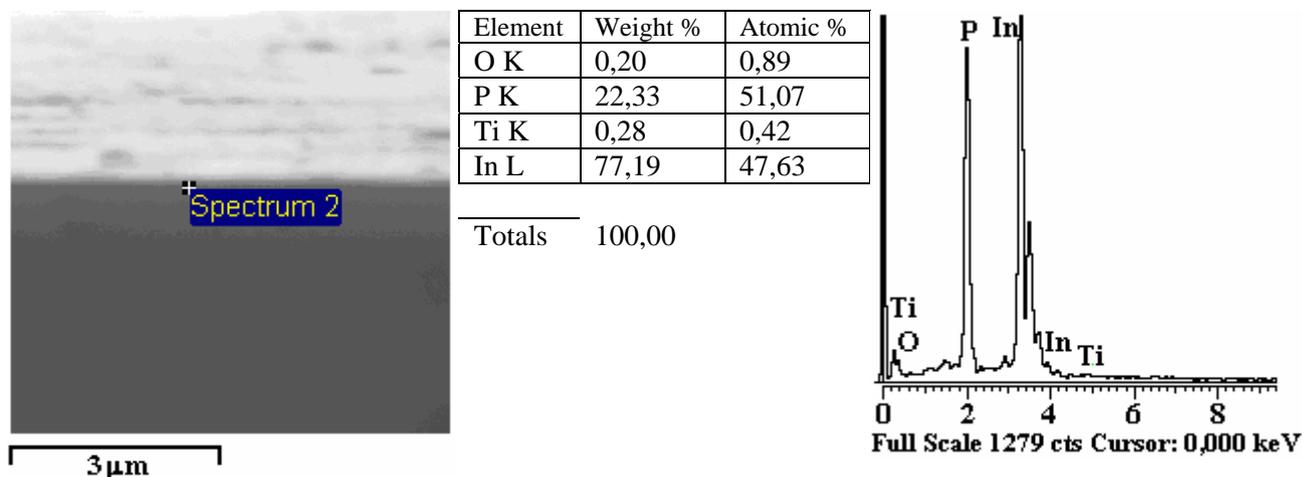


Рис.6. Микрофотография поперечного среза, EDX–спектр и химический состав пленки оксида титана, осажденной на фосфид индия

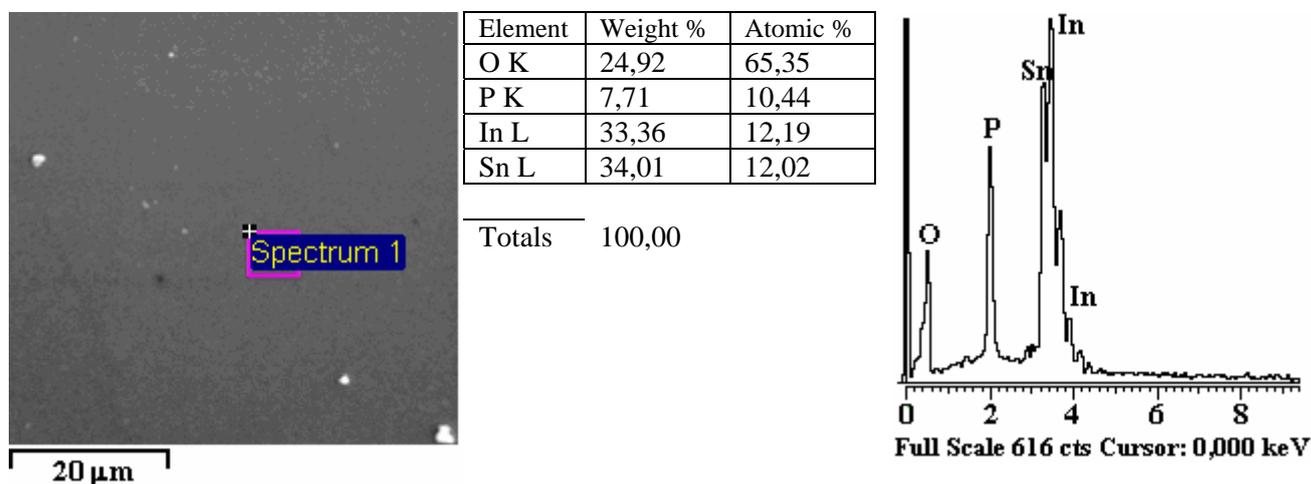


Рис.7. Морфология поверхности, EDX–спектр и химический состав пленки оксида олова, осажденной на фосфид индия

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 λ_1, λ_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.

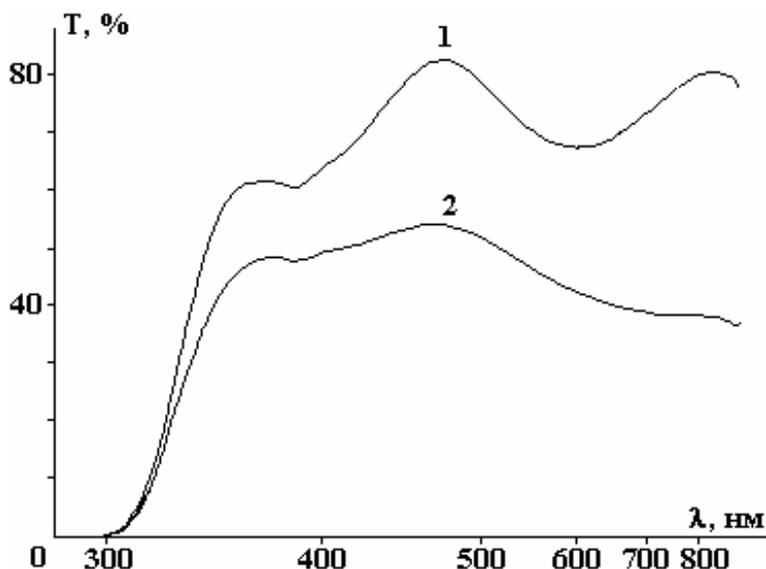


Рис. 8. Спектры пропускания пленки SnO_2 , нелегированной (1) и легированной Sb (2)

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.

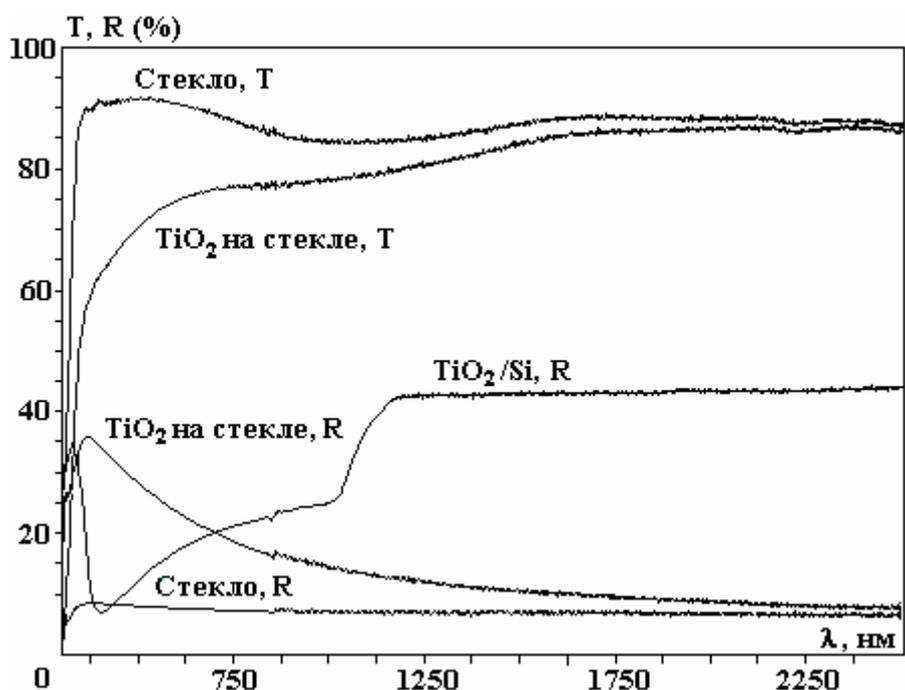


Рис. 9. Спектральное распределение коэффициентов пропускания T и отражения R пленок оксида титана на стекле и кремнии

В случае пленок 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.

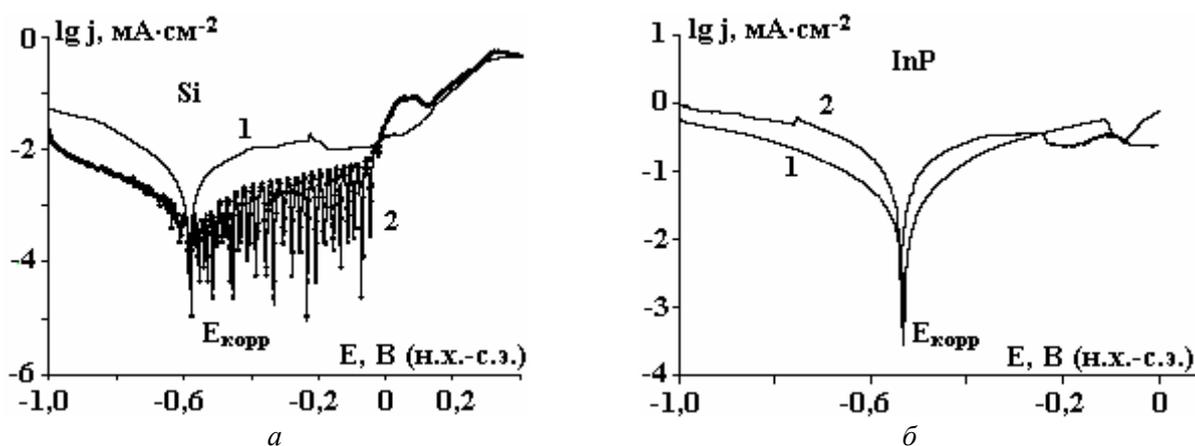


Рис. 10. Коррозионные диаграммы кремния ($n_0=5 \cdot 10^{15} \text{ см}^{-3}$) (а) и фосфида индия ($n_0=10^{18} \text{ см}^{-3}$) (б) в коррозионном хлоридно-сульфатном растворе в темноте (1) и на свету (2)

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 ² | | 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 ₂ / Si | - 0,35 | - 0,43 | $1,4 \cdot 10^{-6}$ | $3,1 \cdot 10^{-7}$ | 260 | 423 |
| TiO ₂ / Si | - 0,16 | - 0,03 | $4,5 \cdot 10^{-7}$ | $1,6 \cdot 10^{-6}$ | 300 | 45 |
| SnO ₂ / 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} 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).

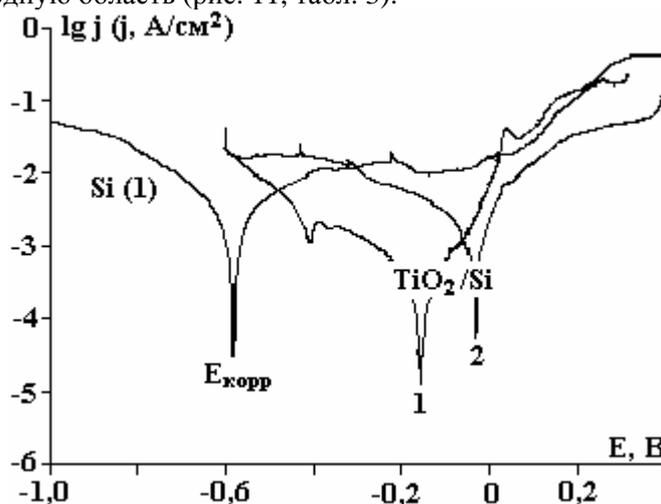


Рис. 11. Коррозионные диаграммы кремния и структуры оксид титана – кремний в темноте (1) и на свету (2)

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.

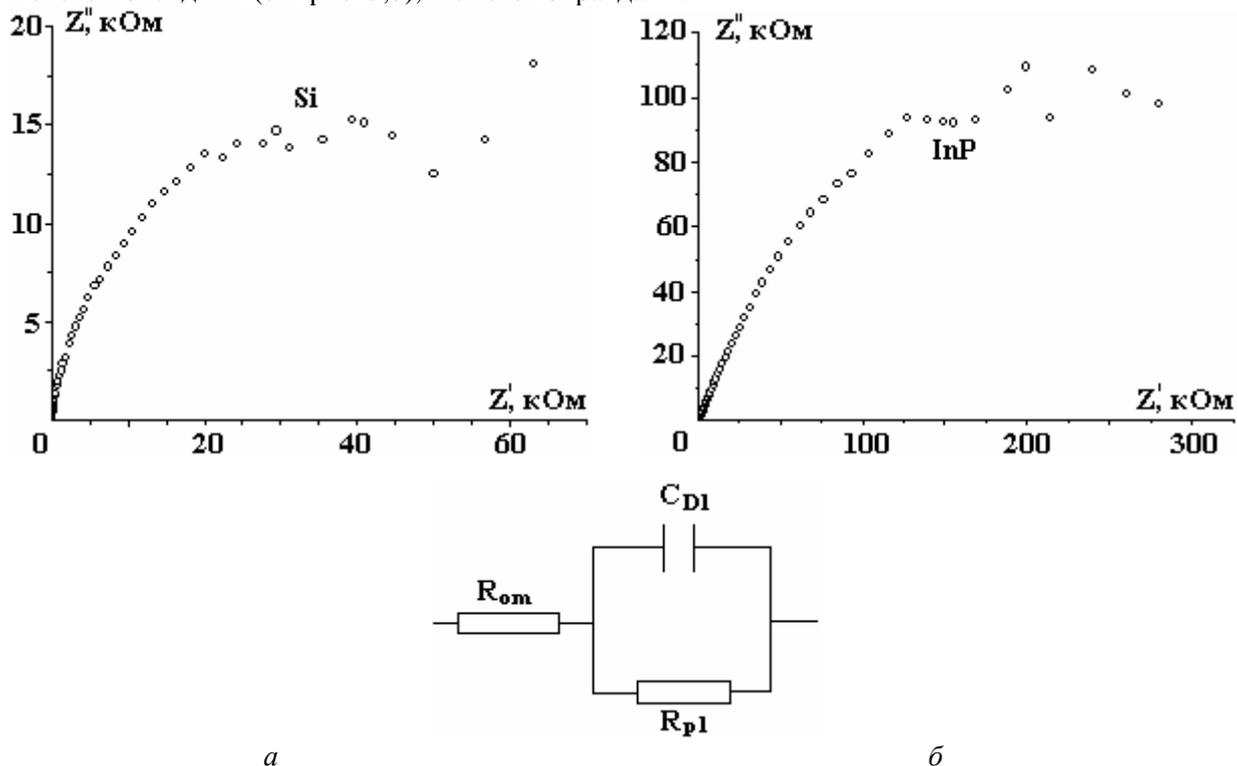


Рис. 12. Спектры импеданса кремния ($n_0 = 5 \cdot 10^{15} \text{ см}^{-3}$) (а), фосфида индия ($n_0 = 10^{18} \text{ см}^{-3}$) (б) и соответствующая им эквивалентная схема, полученные в коррозионном хлоридно-сульфатном растворе

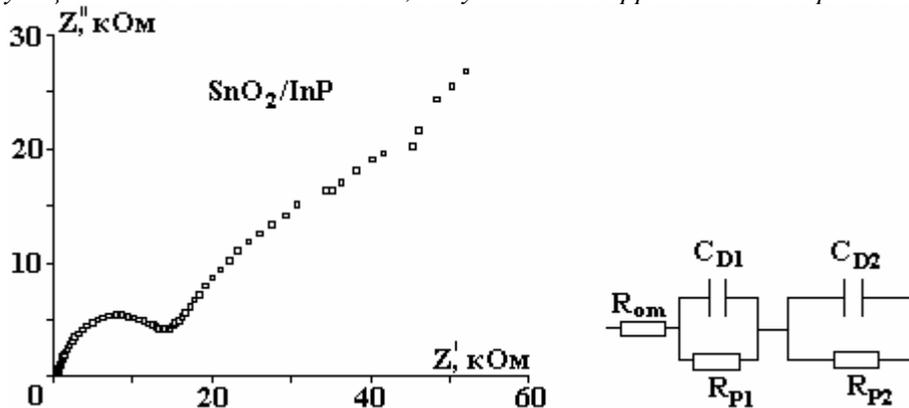


Рис. 13. Спектр импеданса структуры SnO_2/InP (концентрация носителей в InP $n_0 = 5 \cdot 10^{16} \text{ см}^{-3}$) и соответствующая ему эквивалентная схема

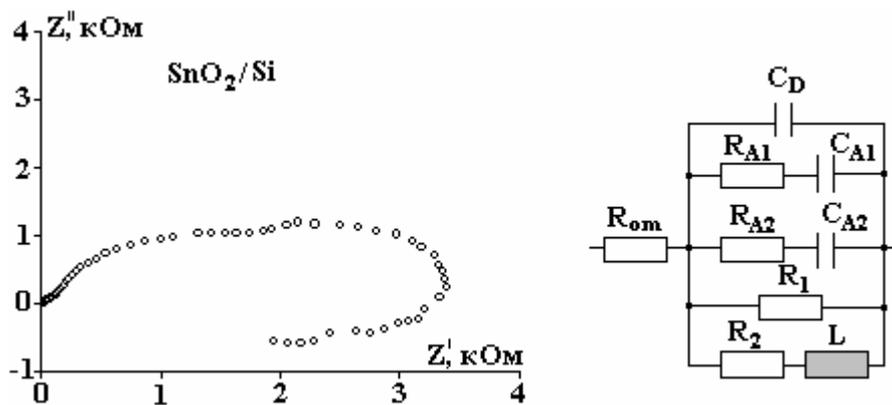


Рис.14. Спектр импеданса структуры SnO_2/Si (концентрация носителей в Si $n_0=5 \cdot 10^{15} \text{ см}^{-3}$) в коррозионном хлоридно-сульфатном растворе и соответствующая ему эквивалентная схема

Для системы SnO₂/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 TiO₂ 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/SiO₂/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. *Adeeb 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 SnO₂ and TiO₂ layers possess crystalline tetragonal structure (anatase modification for TiO₂). The results of element composition analysis and impedance investigations of the fabricated structures in the model chloride-sulfate solutions demonstrate that oxide/SiO₂/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 SnO₂ and TiO₂ 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.