

Фотоэлектрические свойства поверхностно-барьерных структур на основе пленок $Zn_{2-2x}Cu_xIn_xSe_2$, полученных селенизацией

© В.Ю. Рудь*[¶], Ю.В. Рудь, В.Ф. Гременок[†], Е.П. Зарецкая[†], О.Н. Сергеева[†]

Физико-технический институт им. А.Ф. Иоффе Российской академии наук,
194021 Санкт-Петербург, Россия

* Санкт-Петербургский государственный политехнический университет,
195251 Санкт-Петербург, Россия

[†] Институт физики твердого тела и полупроводников Национальной академии наук Белоруссии,
220072 Минск, Белоруссия

(Получена 16 декабря 2004 г. Принята к печати 30 декабря 2004 г.)

Методом селенизации получены поликристаллические пленки $Zn_{2-2x}Cu_xIn_xSe_2$ (ZCIS) p -типа проводимости с толщинами 1–2 мкм. На основе пленок созданы фоточувствительные поверхностно-барьерные структуры In/p -ZCIS. Исследованы спектры относительной квантовой эффективности структур, полученных селенизацией исходных пленок $ZnSe/(Cu-In)$ и $(Zn-Cu-In)$. Определена оптическая ширина запрещенной зоны $Zn_{2-2x}Cu_xIn_xSe_2$ пленок. Сделаны выводы о перспективах применения полученных пленок в качестве широкополосных фотопреобразователей естественного излучения.

1. Введение

Исследования ближайших кристаллохимических аналогов бинарных соединений $A^{II}B^{VI}$, образование которых наглядно передается схемой перекрестных замещений двух атомов второй группы периодической системы химических элементов атомами из первой и третьей групп ($2A^{II} \rightarrow A^I + A^{III}$), привели к синтезу обширного класса тройных соединений $A^IVB^III C^IV$ [1,2]. Переход к изучению тройных и более сложных позиционно-упорядоченных фаз не только решил проблему расширения круга материалов современной полупроводниковой электроники, но и определил ее прогресс в ряде актуальных направлений. Так, например, на основе четверных твердых растворов $Cu(In,Ga)Se_2$ с решеткой халькопирита были получены тонкопленочные солнечные элементы с рекордной эффективностью ($\eta = 19.2\%$) и экстраординарной радиационной стабильностью [3–5]. Дальнейшее улучшение свойств таких фотопреобразователей требует выявления взаимосвязи технологических подходов с параметрами структур и привлечения новых систем твердых растворов на основе бинарных соединений.

Данная работа посвящена созданию и исследованию фоточувствительности структур на основе тонких пленок $Zn_{2-2x}Cu_xIn_xSe_2$ (ZCIS), на синтезе которых впервые применен метод селенизации [6–9]. Ранее такие пленки выращивались только методом импульсного лазерного испарения синтезированных мишеней $(CuInSe_2)_x(2ZnSe)_{1-x}$. Показано, что в системе существует непрерывный ряд твердых растворов, и ширина запрещенной зоны изменяется от 2.67 эВ ($ZnSe$) до 1.04 эВ ($CuInSe_2$) [10,11].

2. Экспериментальная часть

Особенностью метода селенизации является то, что процесс синтеза протекает в атмосфере одного из

наиболее летучих компонент, образующих выбранную систему, тогда как остальные компоненты наносятся в виде тонких пленок на твердый носитель, в качестве которого применяются стеклянные пластины. При повышении температуры компоненты пленок вступают в реакцию между собой и сосуществующей паровой фазой и образуют гомогенную пленку требуемого состава. В качестве паровой фазы использовался селен, поэтому в целом такой процесс получил название селенизация.

При получении пленок $Zn_{2-2x}Cu_xIn_xSe_2$ в работе исследовано два варианта подготовки исходных для селенизации компонент, осажденных на поверхность стеклянной подложки. В одном из них на поверхность пластин боросиликатного стекла наносились пленки $ZnSe$ и смеси Cu и In с толщинами 0.6–0.8 мкм. Пленка $ZnSe$ формировалась на поверхности стекла в результате вакуумной сублимации соединения из отдельного танталового нагревателя. Навеска порошкообразного $ZnSe$ определялась исходя из требования обеспечения в результате селенизации заданного состава $Zn_{2-2x}Cu_xIn_xSe_2$. Пленки металлов Cu и In чистотой В3 наносились термическим испарением в вакууме $\sim 7 \cdot 10^{-4}$ Па при температуре стеклянной подложки $T_s = 100^\circ C$. Напыление происходило из общей молибденовой лодочки со средней скоростью 0.05 мкм/мин. Концентрации Cu и In в полученной пленке определялись навеской этих металлов, которая подбиралась эмпирически.

Селенизация подготовленных таким образом структур $ZnSe/(Cu-In)$ происходила в результате взаимодействия между пленками во время диффузии селена из паровой фазы. Процесс этот проводился в печи со специальным профилем температуры в атмосфере инертного газа (N_2) [9]. Получение однофазных пленок ZCIS обеспечивалось двумя стадиями их термообработки совместно с селеном. На первой стадии селенизация осуществлялась при выдержке подложек в течение $t = 10–30$ мин при температуре $240–270^\circ C$, а на второй при $460–540^\circ C$ в течение $t = 15–40$ мин.

[¶] E-mail: rudvas@spbstu.ru

Таблица 1. Состав и удельное сопротивление пленок p -ZCIS при $T = 300$ К

Состояние исходных образцов	№ образцов	Состав пленок после селенизации				$(Cu + In + Zn)/Se$	ρ , Ом·см	
		Мольная доля компонент	Cu, ат%	In, ат%	Zn, ат%			Se, ат%
Стекло/ZnSe/(Cu–In)	Z4.1	$Cu_{0.92}In_{1.02}Zn_{0.18}Se_{1.88}$	22.95	25.56	4.49	47.00	1.128	1820
	2Z4.1	$Cu_{0.79}In_{0.85}Zn_{0.48}Se_{1.88}$	19.62	21.25	12.03	47.10	1.123	1680
	2Z4.2	$Cu_{0.79}In_{0.92}Zn_{0.40}Se_{1.89}$	19.65	22.99	10.04	47.32	1.113	5000
	3Z5.1	$Cu_{0.70}In_{0.82}Zn_{0.57}Se_{1.91}$	17.52	20.48	14.29	47.71	1.096	110
Стекло/(Zn–Cu–In)	1ZK27	$Cu_{1.04}In_{0.89}Zn_{0.16}Se_{1.91}$	25.95	22.31	4.084	47.66	1.069	0.24
	1ZK28	$Cu_{0.85}In_{0.73}Zn_{0.49}Se_{1.93}$	21.18	18.14	12.36	48.32	1.026	56
	2ZK27	$Cu_{1.03}In_{0.90}Zn_{0.17}Se_{1.90}$	25.79	22.66	4.159	47.40	1.11	108
	2ZK28	$Cu_{0.80}In_{0.79}Zn_{0.39}Se_{2.02}$	19.85	19.73	9.919	50.61	0.976	150

Во втором варианте процесса синтеза пленок термическое испарение навесок Zn, Cu и In велось одновременно из трех источников, после чего применялся режим двухступенчатой термической селенизации.

Структурные свойства и фазовый состав слоев до и после селенизации исследовались методом рентгеновского фазового анализа (РФА) в области углов $2\theta = 15-100^\circ$ на $CuK\alpha$ -излучении с никелевым фильтром. Идентификация фаз в пленках проводилась сравнением экспериментально установленных межплоскостных расстояний d с данными таблиц JCPDS [12]. Микрорельеф поверхности, микроструктура и поперечный скол пленок исследовались методом сканирующей электронной микроскопии на микроскопе H-800 (Hitachi, Япония) с разрешением 0.2 нм. Элементный состав материала пленок определялся методом рентгеновской дисперсионной спектроскопии на аппарате „Stereoscan-360“ (Великобритания) с EDX спектрометром АН 10000 (Link Analytic, Великобритания) с разрешением 1 мкм и чувствительностью 0.1 ат%. Качественный и количественный анализ элементного состава поверхности и по глубине выращенных пленок выполнялся на сканирующем оже-микронде PHI-660 (Perkin Elmer, США) с локальностью 0.1 мкм и чувствительностью 0.1 ат% на ионном микронде IMS-4F (Cameca). Количественный анализ проводился по методу чистых стандартов, где интенсивность токов оже-электронов корректируется на коэффициент элементной чувствительности.

3. Результаты и обсуждение

Разработанные режимы селенизации подготовленных двумя различными методами исходных структур стекло/ZnSe/(Cu–In) и стекло/(Zn–Cu–In) обеспечили получение ZCIS-слоев толщиной 1.0–2.0 мкм на площади 10×10 мм² с решеткой халькопирита, как в работах [10,11], где использовался процесс лазерного испарения исходного заранее синтезированного при достаточно высокой температуре ($T \approx 1100^\circ C$) вещества. РФА показал, что полученные обеими вариантами селенизации пленки являются гомогенными и параметры решетки

соответствуют объемным кристаллам [9,10]. Кристаллическая структура ZCIS-слоев относится к упорядоченной структуре халькопирита, что подтверждается наличием типичных рефлексов (112), (220/204), (116/312) и рефлексов сверхрешетки халькопирита (101), (103) и (201).

Исследования позволили установить, что химический состав пленок $Zn_{2-2x}Cu_xIn_xSe_2$ зависит от соотношения исходных компонент и условий синтеза. Типичный микрорельеф поверхности и химический состав некоторых ZCIS-пленок, полученных при оптимальных условиях селенизации, представлены на рис. 1 и в табл. 1. Из рис. 1 видно, что синтезированные пленки имеют плотную структуру, сформированную кристаллитами размером более 3 мкм. Развитый в работе режим селенизации обеспечил однородное распределение компонент по толщине слоев, что свидетельствует о достигнутой полноте реакции взаимодействия между исходными компонентами и подтверждает результаты РФА. Эти данные демонстрируют реальные возможности управления атомным составом пленок, при котором изменяется соотношение

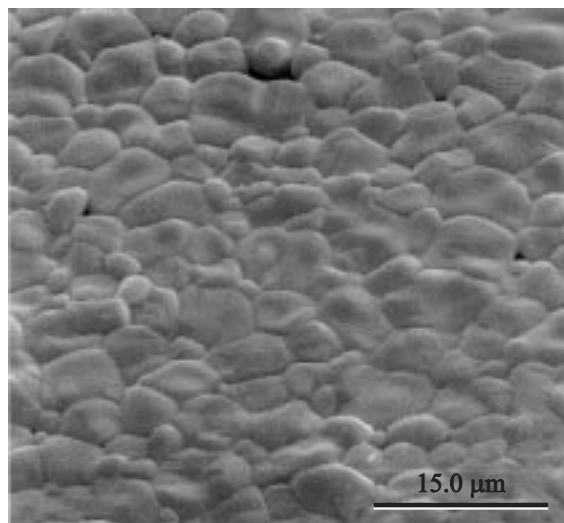


Рис. 1. Типичная морфология поверхности пленок $Zn_{2-2x}Cu_xIn_xSe_2$.

в концентрации атомов, занимающих разные позиции в решетке халькопирита. Из табл. 1 вытекает также вывод и о том, что оба исследованных варианта подготовки исходных компонент к проведению селенизации дают практически одинаковые возможности для получения тонких гомогенных пленок $Zn_{2-2x}Cu_xIn_xSe_2$. В целом эти исследования демонстрируют перспективность применения метода селенизации для получения тонких пленок четверных селенидов. Такая технология может быть использована для развития промышленных методов получения пленок большой площади, используемых в качестве поглощающего слоя при создании тонкопленочных солнечных элементов.

Согласно знаку термоэдс все полученные селенизацией пленки ZCIS обнаружили p -тип проводимости, как и в случае применения лазерного испарения заранее синтезированного вещества [11]. Это обстоятельство не противоречит предположению о том, что низкотемпературное взаимодействие между металлами в условиях диффузии Se из паровой фазы сопровождается преимущественным образованием в таких веществах дефектов решетки акцепторного типа.

В табл. 1 приведены также значения удельного сопротивления ρ некоторых из полученных селенизацией $Zn_{2-2x}Cu_xIn_xSe_2$ пленок твердых растворов. Видно, что развитые режимы селенизации дают возможность контролировать величину ρ в достаточно широком диапазоне от 0.2 до 500 Ом·см при $T = 300$ К. По-видимому, обнаруженный довольно широкий диапазон изменения сопротивления пленок обусловлен изменениями в составе пленок (табл. 1), что демонстрирует возможности контроля их свойств за счет выбора параметров процесса селенизации.

Начальные исследования контактных явлений на полученных селенизацией пленках $Zn_{2-2x}Cu_xIn_xSe_2$ привели к обнаружению фотовольтаического эффекта на контактах их поверхности с чистым индием. Тонкие пленки In (~ 1 мкм) наносились на поверхность ZCIS вакуумным термическим напылением. Фотонапряжение, как правило, было максимальным при освещении структур In/ p -ZCIS со стороны барьерного контакта, который всегда заряжался отрицательно относительно пленок p -типа проводимости, что согласуется с направлением выпрямления в таких структурах.

Таблица 2. Фотозлектрические свойства поверхностно-барьерных структур In/ p - $Zn_{2-2x}Cu_xIn_xSe_2$ ($T = 300$ К)

№ образца	S_U^m , В/Вт	$\hbar\omega^m$, эВ	$\hbar\omega'$, эВ	$\delta_{1/2}$, эВ	ϕ_b , эВ	E_g^d , эВ
Z4.1	8	1.3–2.0	0.95	1.8	0.85	0.95
2Z4.1	8	1.0–2.0	0.96	1.9	0.87	1.20
2Z4.2	1380	1.3–1.7	1.05	2.4	0.95	1.02
3Z5.1	60	1.3–2.2	1.03	2.5	0.93	1.00
1ZK28	160	1.7–2.4	1.02	2.5	0.94	1.23
2ZK28	360	1.6–1.8	1.03	2.0	0.95	1.21

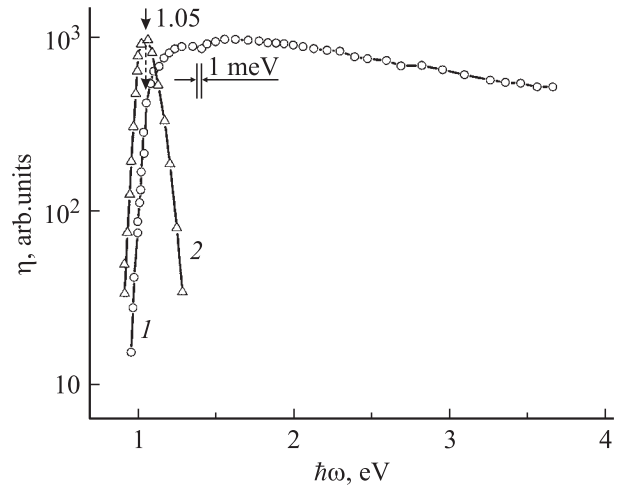


Рис. 2. Спектральные зависимости относительной квантовой эффективности фотообразования структуры In/ p -ZCIS (образец № 3Z4.1) в неполяризованном излучении при освещении со стороны барьерного контакта (кривая 1) и со стороны пленки ZCIS при $T = 300$ К. Пленка получена селенизацией образца стекло/ZnSe/(Cu-In).

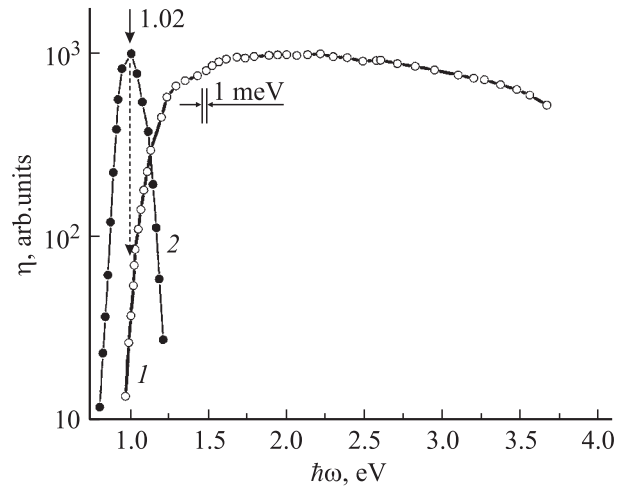


Рис. 3. Спектральные зависимости относительной квантовой эффективности фотообразования структуры In/ p -ZCIS (образец № 1ZK28) при $T = 300$ К в неполяризованном излучении при освещении со стороны барьерного контакта индия (кривая 1) и пленки ZCIS (кривая 2) при $T = 300$ К. Пленка получена селенизацией образца стекло/(Zn-Cu-In).

Результаты исследований фотовольтаического эффекта для типичных структур на основе ZCIS-пленок, полученных селенизацией двух типов исходных пленочных структур: стекло/ZnSe/(Cu-In) и стекло/(Zn-Cu-In), приведены в табл. 2. Видно, что максимальная вольтовая фоточувствительность S_U^m , которая всегда реализуется при освещении полученных поверхностно-барьерных структур со стороны барьерного контакта, изменяется в пределах 3 порядков и в лучших структурах достигает $S_U^m = 1380$ В/Вт при $T = 300$ К. Эта величина оказывается существенно выше, чем в структурах аналогичного

типа на $Zn_{2-2x}Cu_xIn_xSe_2$ -пленках, которые выращены импульсным лазерным испарением гомогенных объемных кристаллов аналогичного состава [11]. Наблюдаемый широкий диапазон изменения величины S_V^m в полученных структурах следует, по-видимому, связывать с изменениями в составе пленок (табл. 1), структуре пленочных систем до селенизации и т.д. Этот вопрос достаточно сложен и нуждается в проведении подробных исследований взаимосвязи технологии со свойствами выращенных пленок.

Спектры относительной квантовой эффективности фотопреобразования $\eta(\hbar\omega)$ типичных структур In/p-ZCIS для двух использованных в работе вариантов подготовки исходной для селенизации пленочной системы компонент на стеклянной подложке приведены на рис. 2 и 3, а в табл. 2 дан ряд фотоэлектрических параметров этих структур и полупроводников, на которых такие структуры изготовлены.

Главные итоги исследования полученных структур In/p-ZCIS состоят в следующем. Исследованные два различающихся способа подготовки исходных для селенизации пленок на стекле не вносят существенных различий в характер спектральных зависимостей fotocувствительности полученных структур (рис. 2 и 3). Видно, что при освещении структур со стороны барьерного контакта fotocувствительность резко возрастает при энергии фотонов $\hbar\omega \geq 0.90-0.95$ эВ. Это возрастание вплоть до энергий $\hbar\omega'$ следует экспоненциальному закону и характеризуется высокой крутизной $S = \frac{S(\ln \eta)}{S(\hbar\omega)} = 30-40$ эВ⁻¹, что на основании [13,14] позволяет высказать предположение о прямых межзонных оптических переходах в тонкопленочных четверных фазах, атомный состав которых приведен в табл. 1. Отклонения от экспоненциального закона в спектре $\eta(\hbar\omega)$ наступают при энергии фотонов $\hbar\omega'$, которая указана в табл. 2 и стрелками на рис. 2 и 3. Полная ширина спектров $\eta(\hbar\omega)$ на полувысоте $\delta_{1/2}$ свидетельствует о широкополосном спектре процессов фотопреобразования в барьерах на основе полученных поликристаллических пленок. Для лучших структур $\delta_{1/2} \approx 2.5$ эВ (табл. 2). Максимальное значение относительной квантовой эффективности фотопреобразования в лучших структурах реализуется также в широком спектральном диапазоне (в табл. 2 представлено величиной $\hbar\omega^m$). Из рис. 2 и 3 хорошо видно, что высокая fotocувствительность в барьерах на полученных селенизацией фазах проявляется в широкой спектральной области от 1.3 до 3.6 эВ, что существенно превосходит аналогичные данные для структур, в которых использованы пленки, полученные лазерным испарением [11]. Это обстоятельство, на наш взгляд, свидетельствует о более высоком совершенстве тонких пленок $Zn_{2-2x}Cu_xIn_xSe_2$, полученных селенизацией.

Из рис. 2 и 3 (кривые 2) также хорошо видно, что при переходе к освещению барьеров Шоттки со стороны тонкой полупроводниковой пленки спектры $\eta(\hbar\omega)$ становятся узкоселективными. При этом $\hbar\omega^m \approx \hbar\omega'$ и $\delta_{1/2} \approx 0.15-0.25$ эВ у разных структур. Резкий коротковолновый спад fotocувствительности структур связан с

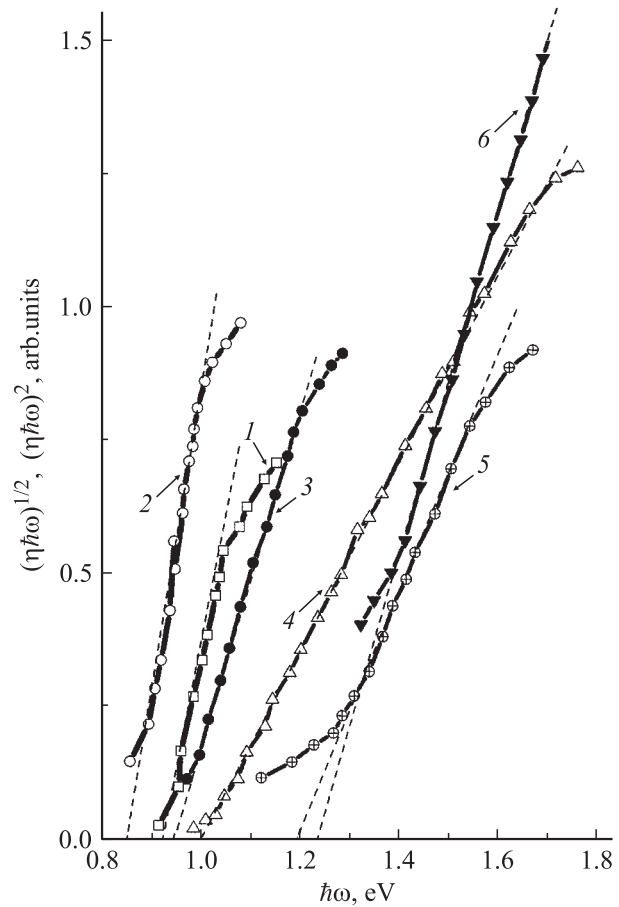


Рис. 4. Зависимости $(\eta\hbar\omega)^{1/2} = f(\hbar\omega)$ — кривые 1–3 и $(\eta\hbar\omega)^2 = f(\hbar\omega)$ — кривые 4–6 для структур In/p-ZCIS при $T = 300$ К. Образец 3Z5.1 — кривые 1 и 4, образец 3Z4.1 — кривые 2 и 5, 1ZK28 — кривые 3 и 6.

наступлением сильного оптического поглощения в пленках с приближением к $\hbar\omega'$, что связано с началом прямых межзонных оптических переходов. По этой причине слой фотогенерированных пар удаляется от активной области структур, что и приводит к появлению резкого коротковолнового спада η при $\hbar\omega > \hbar\omega'$ в такой геометрии фоторегистрации. Анализ спектров $\eta(\hbar\omega)$ полученных структур показал, что их длинноволновая часть подчиняется характерному для барьеров Шоттки закону Фаулера $(\eta\hbar\omega)^{1/2} = f(\hbar\omega)$ (рис. 4, кривые 1–3) [15]. Из экстраполяции этих зависимостей $(\eta\hbar\omega)^{1/2} \rightarrow 0$ определена высота потенциального барьера ϕ_b (табл. 2).

Коротковолновая часть спектров относительной квантовой эффективности фотопреобразования в исследованных структурах, как видно из рис. 4 (кривые 4–6), уже следует квадратичной зависимости $(\eta\hbar\omega)^2 = f(\hbar\omega)$ и поэтому может быть приписана прямым межзонным переходам [15,16], как и для соединения $CuInSe_2$ [2]. Экстраполяция типа $(\eta\hbar\omega)^2 \rightarrow 0$, как видно из рис. 4 (кривые 4–6), дает значение энергии отсечки, которое в свою очередь, согласно [15,16], позволяет определить ширину запрещенной зоны E_g^d пленок $Zn_{2-2x}Cu_xIn_xSe_2$, выращенных в процессе селенизации (табл. 2). Посколь-

ку диапазон концентраций Zn в полученных селенизационных пленках ZCIS (табл. 1) весьма ограничен, он не дает возможности анализировать зависимость ширины запрещенной зоны E_g^d от состава пленок. Можно только отметить, что в полученных пленках намечается тенденция к возрастанию величины E_g^d по отношению к позиционно-упорядоченному соединению CuInSe₂ с близким к его стехиометрии составом [2,17]. Важно также подчеркнуть, что максимальные значения $E_g^d \approx 1.27$ эВ (табл. 2) полученных селенизацией пленок ZCIS оказываются близкими к используемым в солнечных элементах слоям Cu(In,Ga)Se₂ с максимальной на данный период эффективностью фотопреобразования [17].

4. Заключение

Тонкие пленки Zn_{2-2x}Cu_xIn_xSe₂ выращены двухступенчатым температурным отжигом в смеси паров селена и инертного газа (N₂). Разработанные режимы селенизации подготовленных двумя различными методами исходных структур стекло/ZnSe/(Cu-In) и стекло/(Zn-Cu-In) обеспечили получение ZCIS-слоев халькопиритной структуры толщиной 1.0–2.0 мкм и *p*-типа проводимости. На основе полученных таким методом пленок Zn_{2-2x}Cu_xIn_xSe₂ созданы тонкопленочные поверхностно-барьерные фоточувствительные структуры In/*p*-ZCIS. Выполненные исследования обнаружили возможность применения полученных структур для создания широкополосных фотопреобразователей неполяризованного излучения, длинноволновая граница фоточувствительности которых может контролироваться технологическими параметрами процесса получения тонких пленок Zn_{2-2x}Cu_xIn_xSe₂.

Работа выполнена при финансовой поддержке проекта ISTC B-1029, гранта INTAS 2001-283 и программы ОФН РАН „Новые принципы преобразования энергии в полупроводниковых структурах“.

Список литературы

- [1] Н.А. Горюнова. *Химия алмазоподобных полупроводников* (Л., Изд-во ЛГУ, 1963).
- [2] J.L. Shay, J.H. Wernick. *Ternary Chalcopyrite Semiconductors: Growth, Electronic Properties and Applications* (Oxford–N.Y.–Toronto–Sidney, Pergamon Press, 1975).
- [3] H.W. Schock, R. Noufi. *Progr. Photovolt.*, **39**, 151 (2000).
- [4] U. Rau, H.W. Schock. *Series on Photoconversion of Solar Energy*, **1**, 277 (2001).
- [5] K. Ramanathan, M.A. Contreras, C.L. Perkins, S. Asher, F.A. Hasoon, J. Keane, D. Young, M. Romero, W. Metzger, R. Noufi, J. Ward, A. Duda. *Progr. Photovolt. Res. Appl.*, **11**, 225 (2003).
- [6] B.M. Basol, V.K. Kapur. *Proc. 21st IEEE Photovoltaic Specialists Conf.* (IEEE, N.Y., 1990) p. 546.
- [7] T. Wada, T. Megami, M. Nishitani. *Jpn. J. Appl. Phys.*, **32**, Suppl. 32-2, 41 (1993).
- [8] A. Gupta, T. Ohno, T. Karia, S. Shirakata, S. Isomura. *Jpn. J. Appl. Phys.*, **32**, Suppl. 32-3, 74 (1993).

- [9] В.Ф. Гременок, Е.П. Зарецкая, О.Н. Сергеева, В.Н. Пономарь, В.В. Цыбульский, В.А. Ухов. *Поверхность. Рентгеновские, синхротронные и нейтронные исследования*, **7**, 45 (2004).
- [10] V.F. Gremenok, W. Schmitz, I.V. Bodnar, K. Bente, Th. Doering, G. Kommichau, I.A. Victorov, A. Eifler, V. Riede. *Jpn. J. Appl. Phys.*, **39**, Suppl. 39-1, 277 (2000).
- [11] В.Ю. Рудь, Ю.В. Рудь, Р.Н. Бекимбетов, В.Ф. Гременок, И.В. Боднар, Л.В. Русак. *ФТП*, **34**, 576 (2004).
- [12] *Powder Diffraction File, Joint Committee on Powder Diffraction Standards, ASTM* (Philadelphia, PA, 1998).
- [13] В.Ю. Рудь, Ю.В. Рудь. *ФТП*, **31**, 1336 (1997).
- [14] V.Yu. Rud', H.W. Schock. *Sol. St. Phenomena*, **67/68**, 391 (1999).
- [15] С. Зи. *Физика полупроводниковых приборов* (М., Мир, 1984) т. 2, с. 270. [Пер. с англ.: С.М. Sze. *Physics of Semiconductor Devices* (N.Y.–Chichester–Brisbane–Toronto, A Wiley–Interscience Publication John Wiley & Sons, 1981) v. 2].
- [16] Ю.И. Уханов. *Оптические свойства полупроводников* (М., Наука, 1977).
- [17] В.Ю. Рудь, Ю.В. Рудь, В.Ф. Гременок, Г.А. Ильчук. *Письма ЖТФ*, **30** (18), 21 (2004).

Редактор Л.В. Беляков

Photoelectric properties of surface-barrier structures based on Zn_{2-2x}Cu_xIn_xSe₂ films obtained by a selenization process

V.Yu. Rud'^{*}, Yu.V. Rud', V.F. Gremenok[†],
E.P. Zaretskaya[†], O.N. Sergeeva[†]

loffe Physicotechnical Institute,
Russian Academy of Sciences,
194021 St. Petersburg, Russia

^{*} St. Petersburg State Polytechnic University,
195251 St. Petersburg, Russia

[†] Institute of Solid State and Semiconductor Physics,
National Academy of Sciences of Belarus,
220072 Minsk, Belarus

Abstract Zn_{2-2x}Cu_xIn_xSe₂ (ZCIS) polycrystalline thin films by 1.0–2.0 μm thickness with *p*-type conductivity were prepared by the selenization process in the first time. Photosensitive In/*p*-ZCIS surface-barrier structures were created on films. Quantum efficiency spectra of these structures prepared by the selenization of ZnSe/(Cu-In) and (Zn-Cu-In) original films have been investigated. The optical band gap of Zn_{2-2x}Cu_xIn_xSe₂ films was determined. In this was one can conclude that the films obtained are promising in fabricating broadband photoconvertors of natural radiation.