

УДК 538.958

## ФОРМИРОВАНИЕ ПРИПОВЕРХНОСТНОГО СЛОЯ ТРОЙНОГО ТВЕРДОГО РАСТВОРА В ПЛАСТИНАХ БИНАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ III–V ЗА СЧЕТ ТВЕРДОФАЗНЫХ РЕАКЦИЙ ЗАМЕЩЕНИЯ

© 2022 г. В. И. Васильев<sup>а, \*</sup>, Г. С. Гагис<sup>а, \*\*</sup>, В. И. Кучинский<sup>а</sup>

<sup>а</sup>Физико-технический институт им. А.Ф. Иоффе РАН,  
Санкт-Петербург, 194021 Россия

\*e-mail: giman@mail.ioffe.ru

\*\*e-mail: galina.gagis@gmail.com

Поступила в редакцию 17.07.2021 г.

После доработки 08.09.2021 г.

Принята к публикации 25.09.2021 г.

Исследована возможность изготовления полупроводниковых гетероструктур на основе соединений III–V для фотоэлектрических преобразователей за счет диффузионных методов. В полупроводниковой пластине соединения АВ формируется приповерхностный наноразмерный слой твердого раствора  $AB_{1-x}C_x$  за счет твердофазных реакций замещения атомов В атомами С, поставляемыми к поверхности пластины в виде паров при температурах 480–580°C для пластин GaSb и 670°C для пластин GaAs. Источником паров элемента С были насыщенные растворы-расплавы на основе Ga или In, либо ненасыщенные растворы-расплавы на основе Sn. Исследована возможность формирования  $p-n$ -перехода за счет диффузии Zn в пластину АВ  $n$ -типа одновременно с формированием приповерхностного слоя  $AB_{1-x}C_x$ . Показано положительное влияние приповерхностных слоев  $GaSb_{1-x}As_x$  и  $GaSb_{1-x}P_x$  на люминесцентные характеристики структур, изготовленных на основе GaSb с одновременной диффузией цинка.

**Ключевые слова:** бинарные соединения III–V, полупроводниковые твердые растворы, твердофазные реакции замещения, приповерхностный слой, растворы-расплавы, диффузия, широкозонное окно, фотолюминесценция, фотоэлектрический преобразователь,  $p-n$ -переход.

DOI: 10.31857/S1028096022060164

### ВВЕДЕНИЕ

Полупроводниковые соединения III–V широко используются для изготовления электронных и оптоэлектронных приборов. Основой большинства полупроводниковых приборов является  $p-n$ -переход, который может быть сформирован как эпитаксиальными, так и диффузионными методами. Многие современные полупроводниковые приборы изготавливаются на основе гетероструктур, представляющих собой сочетание областей, отличающихся не только типом проводимости, но и химической природой матричного (основного) материала. В настоящее время гетероструктуры изготавливаются в основном за счет эпитаксиальных технологий [1]. Однако диффузионные методы изготовления  $p-n$ -переходов также не теряют своей актуальности, в частности, они используются для изготовления фотоэлектрических преобразователей (ФЭП) [2].

Рабочей областью ФЭП является активный слой, который может представлять собой как бинарное соединение III–V, так и твердый раствор или сверхрешетку (чередование наноразмерных слоев различных материалов). Толщина активного слоя подбирается в зависимости от характера поглощения излучения в материале и составляет порядка 1 мкм. Эффективность фотоэлектрического преобразования определенной части спектра излучения связана с шириной запрещенной зоны  $E_g$  полупроводникового материала (активной области ФЭП): энергия поглощаемых фотонов  $h\nu$  должна быть больше величины  $E_g$ , однако слишком большая разница  $\Delta E = h\nu - E_g$  ведет к снижению КПД преобразования, поскольку избыток энергии  $\Delta E$ , если он значительно превышает тепловую энергию свободных носителей заряда в полупроводнике, будет расходоваться на разогрев кристаллической решетки. Поэтому под определенные длины волн или части спектра оптического излучения подбираются материалы с

**Таблица 1.** Бинарные соединения, подходящие для ФЭП различного спектра

Соединение	$E_g$ , эВ при 300 К [3]	Диапазон	Материал ШО
InAs	0.35	Средний ИК 2–3.6 мкм	$\text{InAs}_{1-x}\text{P}_x$
GaSb	0.73	Ближний ИК 1.7–2 мкм	$\text{GaSb}_{1-x}\text{P}_x$ , $\text{GaSb}_{1-x}\text{As}_x$
GaAs	1.42	Ближний ИК, видимый	$\text{GaAs}_{1-x}\text{P}_x$
InP	1.35	Ближний ИК, видимый	
GaP	2.27	Синий, фиолетовый	

наиболее оптимальными значениями  $E_g$ . В табл. 1 предоставлены примеры бинарных соединений III–V, которые могут быть использованы для изготовления ФЭП различных диапазонов оптического спектра. Материалы, соответствующие ИК-диапазону, могут быть использованы для ФЭП теплового излучения нагретых тел или лазерного излучения.

Как было показано в работе [4], эффективность фотоэлектрического преобразования может быть повышена за счет формирования широкозонного окна на поверхности структуры ФЭП. Широкозонное окно препятствует рекомбинации носителей заряда на поверхности структуры. Как показано в [4] толщины широкозонного окна составляющие 30–100 нм позволяют минимизировать поглощение излучения в самом широкозонном окне и в то же время являются достаточными для предотвращения туннелирования носителей заряда на поверхность.

В настоящей работе предлагаются методы формирования тройного твердого раствора  $\text{AB}_{1-x}\text{C}_x$  в приповерхностном слое монокристаллической пластины АВ (где А – элемент III группы, В, С – элементы V группы) диффузионным методом, который в случае изготовления ФЭП может играть роль широкозонного окна. Преимущество метода – это формирование широкозонного окна в одном процессе с формированием  $p$ – $n$ -перехода. Диффузионные методы позволяют формировать  $p$ – $n$ -переход в полупроводниковой пластине  $n$ -типа за счет диффузии цинка на расстоянии до 1000 нм от поверхности приборной структуры [2], в то время как широкозонное окно может быть сформировано на меньшей глубине за счет разной диффузии атомов Zn и атомов элемента С.

## МЕТОДЫ И ПОДХОДЫ

Слой  $\text{AB}_{1-x}\text{C}_x$  будет играть роль широкозонного окна в том случае, если он обладает большей  $E_g$ , чем нижележащий материал АВ. Для тройных твердых растворов  $\text{AB}_{1-x}\text{C}_x$  зависимость  $E_g$  от содержания  $x$  растворяемого компонента АС в растворителе АВ имеет следующий вид:

$$E_g(x) = E_{\text{AB}}(1-x) + E_{\text{AC}}x - c(1-x)x, \quad (1)$$

где  $E_{\text{AB}}$ ,  $E_{\text{AC}}$  – значения  $E_g$  для бинарных компонентов АВ и АС, входящих в твердый раствор  $\text{AB}_{1-x}\text{C}_x$ ;  $c$  – коэффициент нелинейности для системы твердых растворов  $\text{AB}_{1-x}\text{C}_x$ . Широкозонное окно на поверхности пластины соединения АВ будет сформировано, если  $E_g$  соединения АС превышает  $E_g$  у соединения АВ, а также влияние члена  $-c(1-x)x$  в выражении (1) не приводит к уменьшению  $E_g$  по сравнению с  $E_g$  соединения АВ. В приборной гетероструктуре слой  $\text{AB}_{1-x}\text{C}_x$  должен быть когерентно сопряжен с пластиной АВ. В таком случае его кристаллическая решетка деформирована, и деформации также вносят свой вклад в величину  $E_g$ . Проведенный нами анализ на основе методик и расчетных параметров из работ [3, 5] с учетом влияния деформаций при когерентном сопряжении слоев по плоскости (100), показал, что для твердых растворов  $\text{GaAs}_{1-x}\text{P}_x$ , когерентно-сопряженных с GaAs, и для  $\text{GaSb}_{1-x}\text{P}_x$  и  $\text{GaSb}_{1-x}\text{As}_x$ , когерентно-сопряженных с GaSb, при любой величине  $x$  значение  $E_g$  раствора  $\text{AB}_{1-x}\text{C}_x$  будет больше чем у соединения АВ.

Для формирования слоя  $\text{AB}_{1-x}\text{C}_x$  в приповерхностной области пластины АВ за счет диффузии элементов пятой группы С и реакций изовалентного твердофазного замещения требуются достаточно высокие температуры (300–700°C). Под действием высоких температур пластина соединения АВ подвергается эрозии, поскольку атомы пятой группы покидают кристаллическую решетку и образуют летучие молекулы – димеры  $\text{B}_2$  и тетрамеры  $\text{B}_4$ .

Однако, если к поверхности пластины АВ поставлять в достаточном количестве элементы V группы, то можно компенсировать процессы ее эрозии. Например, в газовой эпитаксии активно используется метод предохранения поверхности полупроводниковой пластины III–V при нагреве до начала процесса эпитаксиального осаждения за счет поставки к ней элементов V группы в виде летучих соединений [1]. Если вместо элемента V группы В, входящего в состав кристаллической решетки соединения АВ, подставлять элемент V группы С, то он будет встраиваться в кристаллическую решетку взамен испаряю-

щегося элемента В, причем интенсивность процесса встраивания будет зависеть от количества подаваемого элемента С и его химических свойств. В случае, если химические связи А–С прочнее химических связей А–В, элемент С будет лучше удерживаться в кристаллической решетке, чем элемент В, и его встраивание будет происходить более эффективно. Прочность химических связей можно оценить по стандартным энтальпиям образования и температурам плавления соответствующих химических соединений. В табл. 2 приведены стандартные энтальпии образования при 298 К ( $\Delta H_{298}^0$ ) и температуры плавления ( $T^F$ ) бинарных соединений III–V, представляющих интерес с точки зрения проводимых в настоящей работе исследований.

Как видно из табл. 2, наиболее прочные химические связи образуются у одного и того же элемента III группы с элементами V группы меньших порядковых номеров.  $p$ – $n$ -переход при этом может быть сформирован за счет диффузии цинка в пластину  $n$ -типа, причем глубже приповерхностного слоя твердого раствора, что было подтверждено ранее экспериментально [7–9]. Так, например, при определенных условиях обработки пластин GaSb в парах мышьяка и цинка, мышьяк проник на глубину 25–50 нм, а цинк – на глубину 100–200 нм [7, 8], а в случае InAs, обработанных в парах фосфора и цинка, фосфор проник на глубину до 500 нм, а цинк – на глубину до 1500 нм [9].

### ОПИСАНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТА

Формирование приповерхностных слоев тройных твердых растворов осуществлялось в пластинах GaAs ориентации (100) за счет подачи к ним паров фосфора, а также в пластинах GaSb ориентации (100) за счет подачи к ним паров мышьяка или фосфора. Источником паров элементов пятой группы были растворы-расплавы, поскольку над чистыми веществами As и P давление паров слишком велико: согласно [10] при 580°C для As оно составляет  $50 \times 10^3$  Па, для P – более  $10^5$  Па. Температуры проведения технологических процессов составляли 580–680°C и выбирались таким образом, чтобы создать достаточное давление паров элемента С и обеспечить его достаточную диффузию в пластину АВ, а также создать условия для протекания твердофазных реакций замещения. При этом, давление паров элемента С не должно быть слишком высоким, а его диффузия – слишком интенсивной, так как требуемая толщина слоя для создания широкозонного окна для ФЭП составляет до 100 нм, а слишком большое содержание  $x$  элемента С в формируемом слое приведет к слишком сильному отличию в периодах решетки у слоя  $AB_{1-x}C_x$  и основного мате-

**Таблица 2.** Термодинамические свойства некоторых соединений III–V

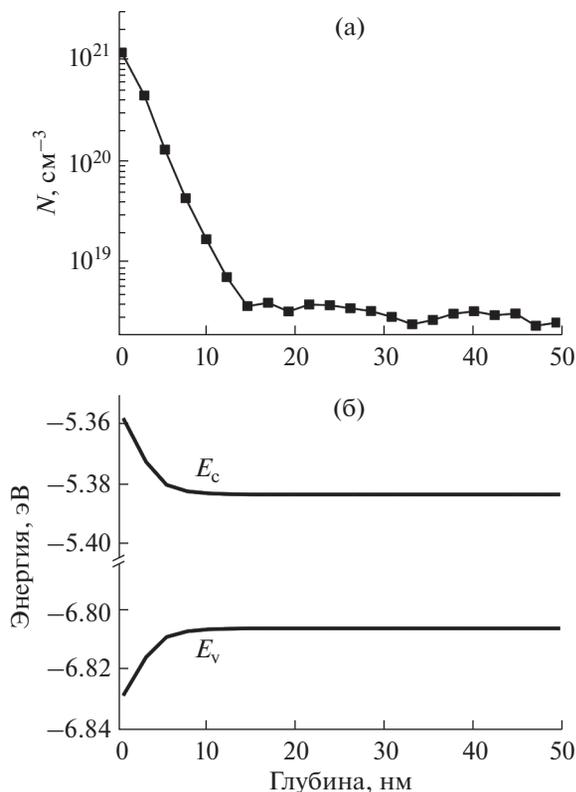
Вещество	$\Delta H_{298}^0$ , кДж/моль [6]	$T^F$ , К [6]
Ga–Sb	–43.9	985
Ga–As	–74.1	1511
Ga–P	–102.5	1740
In–As	–58.6	1216
In–P	–88.7	1344

риала АВ, в таком случае неизбежно появление кристаллических дефектов несоответствия и снижение рабочих характеристик ФЭП.

Давление паров компонента С над раствором-расплавом пропорционально его атомной концентрации в растворе  $x_C^L$  и описывается выражением  $p_C = p_{0C}(x_C^L \gamma_C)^n$ , где  $p_{0C}$  – давление насыщенного пара компонента С над чистым компонентом С, зависящее от температуры,  $\gamma_C$  – коэффициент активности компонента С,  $n$  – число атомов в молекулах, из которых состоит пар. Поскольку соотношение количества димеров  $C_2$  и тетрамеров  $C_4$  в парах элемента С не поддается оценке, точно рассчитать величину давления паров не представляется возможным, поэтому мы проводим оценку порядка величины в предположении, что пар над раствором-расплавом представлен димерами  $C_2$ , при этом коэффициент активности  $\gamma_C$  рассчитывался по модели, описанной

Джорданом [11], а величину  $x_C^L$  для насыщенных растворов-расплавов вычисляли с использованием модели квазирегулярных растворов и параметров из [12], тогда как для ненасыщенных растворов-расплавов величина  $x_C^L$  определяется соотношением количеств веществ, составляющих шихту.

В случаях, если формировались твердые растворы без создания  $p$ – $n$ -перехода (без осуществления диффузии цинка), источником паров элементов пятой группы были насыщенные растворы-расплавы Ga–GaAs, Ga–GaP, In–InP, если требовалось создать давление паров порядка  $10^{-4}$ – $10^{-3}$  Па и насыщенные и ненасыщенные растворы-расплавы Sn–GaP и Sn–GaAs, если требовались давления паров до порядка  $10^2$  Па. В случаях, когда одновременно со слоем приповерхностного твердого раствора формировался  $p$ – $n$ -переход за счет диффузии цинка, были использованы ненасыщенные растворы-расплавы соединения ZnSnP<sub>2</sub> и ZnSnAs<sub>2</sub> в олове. В таком случае шихта формировалась так, чтобы величина  $x_C^L$  составляла 0.02–0.05, чтобы обеспечить давление паров As и P порядка  $10^2$  Па.



**Рис. 1.** Полученный методом ВИМС профиль содержания фосфора (а) и расчет профилей положения потолка валентной зоны  $E_v$  и дна зоны проводимости  $E_c$  (б) в гетероструктуре, сформированной в полупроводниковой пластине GaAs.

Полупроводниковая пластина АВ и растворы-расплавы (источники паров элементов V группы) находились в графитовой кассете в проточной атмосфере водорода в кварцевом реакторе с резистивным нагревом. Температуры при формировании твердых растворов  $\text{GaAs}_{1-x}\text{P}_x$  в GaAs составляли  $670^\circ\text{C}$ , при формировании  $\text{GaSb}_{1-x}\text{As}_x$  и  $\text{GaSb}_{1-x}\text{P}_x$  в GaSb —  $480$ – $580^\circ\text{C}$ . Время выдержки полупроводниковых пластин в парах элемента пятой группы составляло 10–20 мин. Наиболее качественные структуры  $\text{GaSb}_{1-x}\text{P}_x$  были получены при  $480^\circ\text{C}$  и времени выдержки 20 мин, а  $\text{GaSb}_{1-x}\text{As}_x$  — при  $580^\circ\text{C}$  и времени выдержки 15 мин, качество было оценено по интенсивности фотолюминесценции (ФЛ).

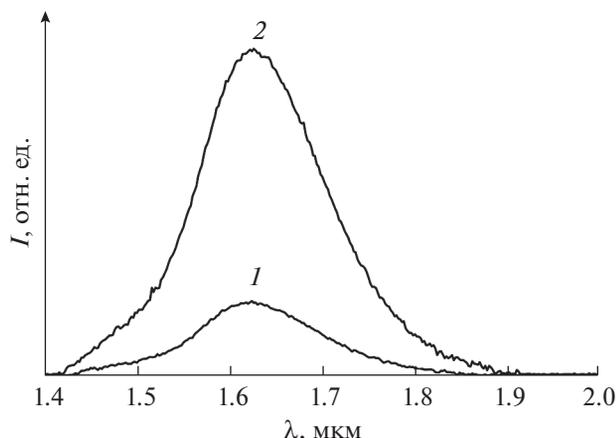
## РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

На рис. 1 показан полученный методом вторичной ионной масс-спектрометрии (ВИМС) профиль распределения фосфора в пластине GaAs (рис. 1а) и положения дна зоны проводимости  $E_c$  и потолка валентной зоны  $E_v$  в зависимости от глубины (рис. 1б), рассчитанные по методике, описанной в работе [5]. Как можно видеть, на по-

верхности полупроводника сформированы барьеры для электронов и дырок (свободные электроны могут иметь энергии выше уровня  $E_c$ , и их энергия отсчитывается вверх, а дырки могут иметь энергии ниже уровня  $E_v$ , и их энергия отсчитывается вниз). Такое широкозонное окно препятствует рекомбинации носителей заряда на поверхности, что может выражаться в возрастании интенсивности ФЛ.

Однако широкозонное окно будет играть свою положительную роль в том случае, если на поверхности формируется достаточно качественный слой тройного твердого раствора, а это возможно, если формирующийся слой не превышает критических значений толщины и несоответствия своего периода решетки (НПР) с периодом решетки исходной полупроводниковой пластины. Относительную величину НПР можно ввести как  $f = (a_f - a_w)/a_w$ , где  $a_f$  — условный период решетки слоя твердого раствора,  $a_w$  — период решетки исходной полупроводниковой пластины АВ. Поскольку состав сформированного твердого раствора в приповерхностном слое пластины переменный (рис. 1а), то в качестве  $a_f$  может быть выбрана либо средняя, либо максимально отличающаяся от  $a_w$  величина. Основываясь на данных литературных источников [13, 14], следует ожидать, что слой сформированного твердого раствора будет качественным, если его условная толщина не превышает 50 нм, и  $|f| < 4 \times 10^{-3}$ . Однако о качестве сформированного слоя твердого раствора можно судить также на основании данных ФЛ. В ходе исследований, проведенных нами ранее для пластин GaAs, в которых формировался слой  $\text{GaAs}_{1-x}\text{P}_x$  [15], и исследований, проведенных в настоящей работе для GaSb, в которых формировались слои  $\text{GaSb}_{1-x}\text{P}_x$  и  $\text{GaSb}_{1-x}\text{As}_x$  одновременно с диффузией цинка, было выявлено, что качественные приповерхностные слои формируются при соблюдении определенных технологических режимов: достаточном и при этом не слишком большом времени выдержки, оптимальных температурах и давлениях паров элементов пятой группы. Так, например, при формировании слоя  $\text{GaSb}_{1-x}\text{P}_x$  в GaSb с одновременной диффузией цинка при температуре  $580^\circ\text{C}$  было выявлено, что фосфор проникает в GaSb в значительных концентрациях и на значительную глубину (до 1200 нм), однако у подобных структур не наблюдается ФЛ. Понижение температуры до  $480^\circ\text{C}$  позволило добиться возрастания интенсивности ФЛ в пять раз по сравнению с эталоном. Возрастание интенсивности ФЛ может быть связано как непосредственно с эффектом широкозонного окна, так и с залечиванием имеющихся в пластине GaSb кристаллических дефектов.

На рис. 2 продемонстрирована роль слоя  $\text{GaSb}_{1-x}\text{P}_x$ , сформированного в пластине GaSb,



**Рис. 2.** Зависимость интенсивности  $I$  ФЛ от длины волны  $\lambda$  при 77 К для пластин GaSb, легированных теллуром: эталонной (1) и обработанной в парах Р и Zn при 480°C (2).

легированной теллуром, за счет диффузии фосфора с одновременной диффузией цинка (кривая 2), которая проявляется с возрастанием интенсивности ФЛ в сравнении с эталонным образцом GaSb:Te (кривая 1). Аналогичный результат был получен при формировании GaSb<sub>1-x</sub>As<sub>x</sub> в GaSb:Te с одновременной диффузией цинка.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В настоящей работе были исследованы люминесцентные свойства гетероструктур с приповерхностным слоем тройного твердого раствора, сформированного в пластинах GaSb за счет диффузии в них элементов пятой группы Р и As с одновременной диффузией цинка. Подобраны технологические режимы, при которых удалось добиться возрастания интенсивности ФЛ в структурах, легированных цинком. Поскольку в настоящее время метод создания ФЭП за счет формирования  $p-n$ -перехода посредством диффузии цинка в полупроводниковую пластину  $n$ -типа не утратил своей актуальности, предложенная технология формирования широкозонного окна одновременно с созданием  $p-n$ -перехода может стать альтернативой эпитаксиальным технологиям.

### БЛАГОДАРНОСТИ

Диагностические исследования проводились с использованием оборудования ЦКП "Материаловедение и диагностика в передовых технологиях" (ФТИ им. А.Ф. Иоффе), поддерживаемом Министерством науки и высшего образования России (уникальный идентификатор проекта – RFMEFI62119X0021).

**Конфликт интересов:** авторы декларируют отсутствие конфликта интересов.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Razeghi M.* MOCVD Challenge. Survey of GaInAsP-InP & GaInAsP-GaAs for photonic and electronic device applications. / 2ed. Taylor and Francis/CRC Press, 2010.
2. *Хвостиков В.П., Сорокина С.В., Хвостикова О.А., Тимошина Н.Х., Потапович Н.С., Бер Б.Я., Казанцев Д.Ю., Андреев В.М.* // ФТП. 2013. Т. 47. № 2. С. 273.
3. *Vurgaftman J.R. Meyer, Ram-Mohan L.R.* // J. Appl. Phys. 2001. V. 89. № 11. P. 5815. <https://doi.org/10.1063/1.1368156>
4. *Андреев В.М., Воднев А.А., Ларионов В.Р., Пруцких Т.П., Румянцев В.Д., Расулов К.Я., Хвостиков В.П.* // ФТП. 1989. Т. 23. №. 4. С. 597.
5. *Krijn M.P.C.M.* // Semicond. Sci. Technol. 1991. V. 6. № 1. P. 27.
6. *Binnewies M., Milke E.* Thermochemical Data of Elements and Compounds / 2ed. Weinheim: Wiley-VCH Verlag GmbH, 2002.
7. *Васильев В.И., Гагис Г.С., Кучинский В.И., Данильченко В.Г.* // ФТП. 2015. Т. 48. № 7. С. 984.
8. *Vasil'ev VI., Gagis G.S., Soboleva K.K., Kuchinskii VI.* // J. Phys.: Conf. Ser. 2014. V. 572. P. 012033. <https://doi.org/10.1134/S1063782615070234>
9. *Гагис Г.С., Васильев В.И., Кучинский В.И.* // Шестой междисциплинарный научный форум с международным участием "Новые материалы и перспективные технологии". Москва 23–27 ноября 2020г./Сборник материалов, Т. 1. М.: Центр научно-технических решений (АНО Центр), 2020. с. 525. <https://n-materials.ru/wp-content/uploads/2021/07/2020-%D0%A2%D0%9E%D0%9C-1.pdf>.
10. *Бабичев А.П. и др.,* Физические величины: Справочник / Под. Ред. Григорьева И.С., Мейлихова Е.З. М.: Энергоатомиздат, 1991. 1232 с.
11. *Jordan A.S.* // J. Electrochem. Soc. 1972. V. 119. № 1. P. 123.
12. *Stringfellow G. B.* // J. Cryst. Growth. 1974. V. 27. P. 21. [https://doi.org/10.1016/S0022-0248\(74\)80047-3](https://doi.org/10.1016/S0022-0248(74)80047-3)
13. *Nakajima K., Yamazaki S., Komiya S., Akita K.* // J. Appl. Phys. 1981. V. 52. № 7. P. 4575. <https://doi.org/10.1063/1.329333>
14. *Mircea A., Mellet R., Rose B., Robein D., Thibierge H., Leroux G., Daste P., Godefroy S., Ossart P., Pougnet A.-M.* // J. Electron. Mater. 1986. V. 15. № 4. P. 205. <https://doi.org/10.1007/BF02659633>
15. *Васильев В.И., Гагис Г.С., Кучинский В.И., Хвостиков В.П., Марухина Е.П.* // ПЖТФ. 2013. Т. 39. № 10. С. 49.

## Formation of a Near-Surface Layer of a Ternary Solid Solution in Plates of Binary Compounds III–V due to Solid-Phase Substitution Reactions

V. I. Vasil'ev<sup>1, \*</sup>, G. S. Gagis<sup>1, \*\*</sup>, V. I. Kuchinski<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Ioffe Physical Technical Institute, Russian Academy of Sciences, St. Petersburg, 194021 Russia*

*\*e-mail: giman@mail.ioffe.ru*

*\*\*e-mail: galina.gagis@gmail.com*

The possibility of manufacturing semiconductor heterostructures based on III–V compounds for photovoltaic converters using diffusion methods is investigated. In the semiconductor plate of the AB compound, a near-surface nanodimensional layer of a solid solution  $AB_{1-x}C_x$  was formed due to solid-phase reactions of substitution of B atoms with C atoms supplied to the surface of the plate in the form of vapors at temperatures of 480–580°C for GaSb plates and 670°C for GaAs plates. The source of the vapors of element C were saturated solutions-melts based on Ga or In, or unsaturated solutions-melts based on Sn. The possibility of forming a *p–n*-junction due to Zn diffusion into *n*-type AB plate simultaneously with the formation of the  $AB_{1-x}C_x$  near-surface layer is investigated. The positive effect of  $GaSb_{1-x}As_x$  and  $GaSb_{1-x}P_x$  near-surface layers on the luminescent characteristics of structures made on the basis of GaSb with simultaneous diffusion of zinc is shown.

**Keywords:** binary compounds III–V, semiconductor solid solutions, solid-phase substitution reactions, near-surface layer, solutions-melts, diffusion, wide gap window, photoluminescence, photovoltaic converter, *p–n*-junction.