

РАСЧЕТ ЭЛЕМЕНТНОГО СОСТАВА ВАРИЗОННЫХ СТРУКТУР $A^{III}B^V$ ДЛЯ БЕЛЫХ СВЕТОДИОДОВ

В. Г. Вербицкий, С.В. Осинский, А. В. Сариков*

*НИИ Микроприборов (Киев),

*Институт физики полупроводников им. В. Лашкарёва НАН Украины (Киев)
Украина

Поступила в редакцию 21.12. 2004

Разработан алгоритм расчета последовательностей составов слоев шестикомпонентных твердых растворов $In_xGa_yAl_{1-x-y}N_uAs_vP_{1-u-v}$ для создания варизонных структур с ширинами запрещенной зоны, перекрывающими диапазон видимого света. Определены температурные условия осаждения слоев в последовательностях. Показана возможность получения указанных последовательностей для структур светодиодов белого света.

ВВЕДЕНИЕ

Варизонные структуры представляют собой слои переменного состава, в которых возможно создать излучатели в широком диапазоне длин волн [1]. Одной из актуальных задач является создание полупроводниковых излучателей белого света, которые могли бы стать альтернативой лампам накаливания и люминесцентным лампам. Для решения этой задачи в настоящее время предложено несколько различных подходов: использование светодиодов красного, зеленого и желтого цветов и смешение их излучений, применение структур, в которых коротковолновое излучение светодиода возбуждает люминофор с широким спектром излучения, использование светодиодов, излучающих в коротковолновой области, для получения синего света и возбуждения люминофоров, излучающих в длинноволновом диапазоне. В то же время, несмотря на значительный прогресс в данной области, процессы формирования описанных структур включают множество различных технологических операций и поэтому являются достаточно трудоемкими и дорогими.

Альтернативой к указанным методам формирования излучательных структур белого света является создание варизонных структур, ширина запрещенной зоны которых изменяется в интервале энергий, отвечающих длинам волн видимой области спектра (~ 400 – 800 нм). Такие структуры могут быть сформированы, например, последовательным осаждением слоев разного состава, имеющих разные значения ширины запрещенной зоны в необходимом интервале. Осаждение слоев может быть проведено методами молекулярно-лучевой эпитаксии или эпитаксии из металлорганических соединений (МОС).

Перспективными веществами для создания варизонных структур для диодных источников белого света могут служить полупроводниковые соединения $A^{III}B^V$, ширина запрещенной зоны

которых может изменяться от 0,36 (InAs) до 6 (AlN) эВ. Одним из главных моментов при этом является близость значений постоянных решетки соседних слоев, что необходимо во избежание релаксации упругих напряжений на границах раздела слоев и образования дислокаций несоответствия, ухудшающих структурные и рекомбинационные свойства материалов. Поскольку в общем случае условие близости значений постоянных решетки не выполняется для бинарных полупроводниковых соединений $A^{III}B^V$, для получения варизонных светодиодных структур необходимо использовать многокомпонентные твердые растворы на основе этих соединений.

Целью настоящей работы является расчет возможных последовательностей составов и температурных условий осаждения шестикомпонентных твердых растворов $In_xGa_yAl_{1-x-y}N_uAs_vP_{1-u-v}$ для создания варизонных структур, в которых ширина запрещенной зоны изменяется от 1,5 до 3 эВ, что соответствует диапазону видимого излучения (413 – 826 нм). Использование шестикомпонентных твердых растворов позволяет расширить диапазон значений ширины запрещенной зоны по сравнению с четырех- или пятикомпонентными соединениями, осуществить возможность более гибкого управления значениями постоянных решетки для уменьшения их рассогласования между соседними слоями, а также, изменяя концентрации реагентов в газовой фазе или их потоки, выращивать варизонные структуры с заданными характеристиками в едином технологическом процессе.

МЕТОДИКА РАСЧЕТА

РАСЧЕТ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЕЙ СОСТАВОВ ШЕСТИКОМПОНЕНТНЫХ ТВЕРДЫХ РАСТВОРОВ

Для создания варизонной структуры, ширина запрещенной зоны которой изменяется таким об-

разом, чтобы перекрыть все значения энергии видимой части спектра (от 1,5 до 3 эВ), необходимо найти последовательности шестикомпонентных твердых растворов $In_xGa_yAl_{1-x-y}N_uAs_vP_{1-u-v}$, обеспечивающих все значения ширины запрещенной зоны в указанном диапазоне с некоторым интервалом. Как обсуждалось выше, вторым необходимым условием формирования структуры с возможно меньшей концентрацией протяженных дефектов (дислокаций несоответствия) на интерфейсах слоев является близость постоянных решеток соседних слоев.

В данной работе для расчета значений ширины запрещенной зоны и постоянной решетки шестикомпонентных твердых растворов была использована модель Вегарда, в которой значения указанных параметров линейно зависят от относительных концентраций бинарных соединений в шестикомпонентном твердом растворе. Для соединения $In_xGa_yAl_{1-x-y}N_uAs_vP_{1-u-v}$ значения ширины запрещенной зоны и постоянной решетки в модели Вегарда рассчитываются согласно следующим выражениям:

$$E_g = xuE_g^{InN} + yuE_g^{GaN} + (1-x-y)uE_g^{AlN} + xvE_g^{InAs} + yvE_g^{GaAs} + (1-x-y)vE_g^{AlAs} + x(1-u-v)E_g^{InP} + y(1-u-v)E_g^{GaP} + (1-x-y)(1-u-v)E_g^{AlP}; \quad (1)$$

$$a = xua^{InN} + yua^{GaN} + (1-x-y)ua^{AlN} + xva^{InAs} + yva^{GaAs} + (1-x-y)va^{AlAs} + x(1-u-v)a^{InP} + y(1-u-v)a^{GaP} + (1-x-y)(1-u-v)a^{AlP}, \quad (2)$$

где E_g^i и a^i – значения ширины запрещенной зоны и постоянной решетки соответствующих бинарных соединений, которые приведены в табл. 1 [1, 2].

Таблица 1

Значения ширины запрещенной зоны и постоянной решетки соединений A^{III}B^V

Соединение	Ширина запрещенной зоны, эВ	Постоянная решетки, нм
InN	2,0	0,498
InAs	0,36	0,606
InP	1,34	0,586
GaN	3,44	0,4503
GaAs	1,43	0,569
GaP	2,27	0,545
AlN	6,0	0,438
AlAs	2,14	0,566
AlP	2,45	0,547

На рис. 1 в координатах “ширина запрещенной зоны” – “постоянная решетки” показана область, покрываемая шестикомпонентными твердыми растворами $In_xGa_yAl_{1-x-y}N_uAs_vP_{1-u-v}$, при изменении коэффициентов x, y, u и v от 0 до 1, согласно вычислениям по формулам (1) и (2). Красные линии ограничивают область видимого излучения (1,5 – 3 эВ), которая собственно и представляет интерес для расчета параметров структур белых светодиодов.

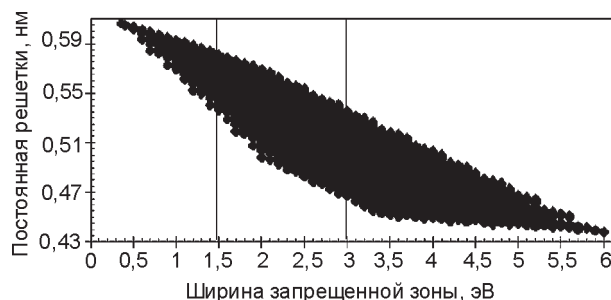


Рис. 1. Соответствие значений ширины запрещенной зоны и постоянной решетки шестикомпонентных твердых растворов $In_xGa_yAl_{1-x-y}N_uAs_vP_{1-u-v}$.

Из рис. 1 видно, что получить последовательность слоев шестикомпонентных твердых растворов с одинаковыми значениями постоянной решетки в указанном диапазоне энергий невозможно. В общем случае наблюдается тенденция уменьшения величины постоянной решетки при увеличении ширины запрещенной зоны твердого раствора. Чем меньше разница этих значений для соседних слоев варизонной структуры, тем лучшим будет ее качество. С другой стороны, уменьшение разницы постоянных решеток соседних слоев в некоторых случаях может привести к уменьшению разницы значений ширины запрещенной зоны этих слоев, следовательно, к увеличению общего числа слоев шестикомпонентных твердых растворов с разным составом. Такое увеличение числа слоев ведет к более полному перекрытию диапазона длин волн видимого света, однако тем самым усложняется и технология выращивания структур.

При расчетах параметров светоизлучающих структур необходимо учитывать, что твердые растворы некоторых составов могут иметь непрямозонную структуру и поэтому не могут применяться для эффективного излучения. Зонная структура шестикомпонентного твердого раствора определяется зонной структурой входящих в него бинарных соединений и их относительной концентрацией. Так, высокое содержание в твердом растворе таких соединений как AlAs и GaP может привести к его непрямозонности. Поэтому при

расчете составов последовательностей шести-компонентных твердых растворов, перекрывающих область видимого спектра, мы производим дополнительный отбор таким образом, чтобы в каждом из слоев соблюдалось условие прямоzonности каждого тройного соединения.

Согласно работе [3], тройное соединение AlGaAs перестает быть прямоzonным при относительной концентрации алюминия (т. е. отношении концентраций AlAs и AlGaAs), большей 0,37. Доля соединения AlGaAs в шестикомпонентном твердом растворе $\text{In}_x\text{Ga}_y\text{Al}_{1-x-y}\text{N}_u\text{As}_v\text{P}_{1-u-v}$ равна $(1-x)\cdot v$, доля AlAs – $(1-x-y)\cdot v$. Условие прямоzonности тройного соединения AlGaAs в шестикомпонентном твердом растворе приводит, таким образом, к следующему условию, налагаемому на коэффициенты x и y :

$$\frac{(1-x-y)\cdot v}{(1-x)\cdot v} < 0,37 \text{ или } \frac{y}{1-x} > 0,63. \quad (3)$$

Для соединения GaAsP переход от прямоzonной структуры к непрямоzonной происходит при относительной концентрации фосфора 0,41 в сторону ее возрастания. Аналогичные рассуждения относительно прямоzonности тройного соединения GaAsP приводят нас к следующему условию, налагаемому на коэффициенты u и v в шестикомпонентном твердом растворе:

$$\frac{y\cdot(1-u-v)}{y\cdot(1-u)} < 0,41 \text{ или } \frac{v}{1-u} > 0,59. \quad (4)$$

Условия (3) и (4) позволяют выделить последовательности шестикомпонентных твердых растворов, применимые для формирования структур, эффективно излучающих свет с энергией в диапазоне от 1,5 до 3 эВ.

РАСЧЕТ ТЕМПЕРАТУРЫ ОБРАЗОВАНИЯ ОДНОРОДНЫХ ШЕСТИКОМПОНЕНТНЫХ ТВЕРДЫХ РАСТВОРОВ С ЗАДАННОЙ КОНЦЕНТРАЦИЕЙ АЗОТА

Поскольку широкозонными бинарными полупроводниками, обеспечивающими широкозонность всего шестикомпонентного твердого раствора, являются нитриды галлия и алюминия, для получения шестикомпонентных твердых растворов, излучающих в коротковолновой области спектра, относительная концентрация азота должна составлять не меньше ~0,2–0,5, что в абсолютных единицах составляет примерно $(0,5 - 2) \cdot 10^{22} \text{ см}^{-3}$. В то же время растворимость азота в бинарных соединениях $\text{A}^{\text{III}}\text{B}^{\text{V}}$ (GaAs, GaP, InAs, InP, AlAs и AlP), согласно данным работы [4], мала и не превышает 10^{20} см^{-3} при температуре около 1500 К.

При превышении предела растворимости азота наблюдается расслоение твердого раствора с выделением отдельных фаз бинарных соединений.

Результаты, полученные в работе [4], позволяют в некотором приближении определить возможность получения шестикомпонентных твердых растворов $\text{In}_x\text{Ga}_y\text{Al}_{1-x-y}\text{N}_u\text{As}_v\text{P}_{1-u-v}$ с заданной концентрацией азота. На рис. 2 приведены графики зависимостей логарифма растворимости азота в бинарных соединениях от обратной температуры, построенные согласно данным этой работы.

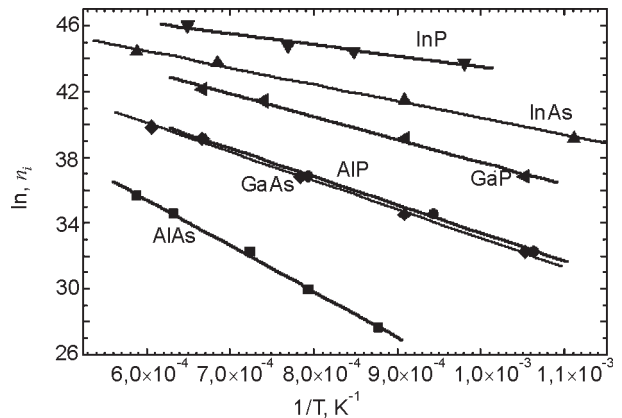


Рис. 2. Зависимость максимальной растворимости азота в бинарных соединениях от температуры. Точки – вычисления согласно [3], линии – аппроксимации зависимостями (5).

Как видно из рисунка, температурные зависимости растворимости азота в бинарных соединениях хорошо аппроксимируются формулами вида

$$n = n_0 e^{-E_a/kT}, \quad (5)$$

где n_0 и E_a – соответственно максимальная растворимость и энергия активации растворения азота в бинарном соединении. В табл. 2 представлены эти значения, полученные аппроксимацией рассчитанных данных работы [4] зависимостями (5). Эти параметры были использованы для расчета температур, необходимых для получения однородных шестикомпонентных твердых рас-

Таблица 2
Параметры растворимости азота в бинарных соединениях $\text{A}^{\text{III}}\text{B}^{\text{V}}$

Соединение	$n_0, \text{ см}^{-3}$	$E_a, \text{ эВ}$
InAs	$9,71 \cdot 10^{21}$	0,88
InP	$7,1 \cdot 10^{21}$	0,59
GaAs	$9,25 \cdot 10^{21}$	1,51
GaP	$2,46 \cdot 10^{22}$	1,19
AlAs	$4,71 \cdot 10^{22}$	2,41
AlP	$8,97 \cdot 10^{21}$	1,48

творов с заданной концентрацией азота. Существенным для нижеизложенного является допущение, что только азот может приводить к расслоению твердых растворов, остальные же элементы позволяют получить непрерывный ряд твердых растворов, вплоть до пятикомпонентных (InGaAlPAs).

Расчет температуры образования однородных шестикомпонентных твердых растворов проводился следующим образом. Пусть при получении твердого раствора состава $\text{In}_x\text{Ga}_y\text{Al}_{1-x-y}\text{N}_u\text{As}_v\text{P}_{1-u-v}$ азот растворяется в пятикомпонентном твердом растворе состава $\text{In}_x\text{Ga}_y\text{Al}_{1-x-y}\text{As}_v\text{P}_{1-v}$, где коэффициент v' является неизвестной величиной. Относительные концентрации бинарных соединений InAs, InP, GaAs, GaP, AlAs и AlP в пятикомпонентном твердом растворе равны соответственно $x \cdot v'$, $x \cdot (1 - v')$, $y \cdot v'$, $y \cdot (1 - v')$, $(1 - x - y) \cdot v'$ и $(1 - x - y) \cdot (1 - v')$. Растворяясь в бинарном полупроводниковом соединении, азот замещает n/N атомов элемента пятой группы, где n – растворимость азота в бинарном соединении при данной температуре, N – концентрация молекул этого соединения. Относительное количество атомов пятой группы, не замещенных азотом, становится равным, таким образом, $1 - n/N$.

На основании вышеприведенного анализа для относительного количества незамещенного азота мышьяка в пятикомпонентном твердом растворе p_{As} можно записать следующее выражение:

$$p_{\text{P}} = xv' \left(1 - \frac{n_{\text{InAs}}}{N_{\text{InAs}}} \right) + yv' \left(1 - \frac{n_{\text{GaAs}}}{N_{\text{GaAs}}} \right) + (1 - x - y)v' \left(1 - \frac{n_{\text{AlAs}}}{N_{\text{AlAs}}} \right) = v' \left(1 - \frac{n_{\text{InAs}}}{N_{\text{InAs}}} - \frac{n_{\text{GaAs}}}{N_{\text{GaAs}}} - \frac{n_{\text{AlAs}}}{N_{\text{AlAs}}} \right), \quad (6)$$

где N_i – концентрация молекул бинарного соединения i .

Аналогично, относительное количество незамещенного фосфора в пятикомпонентном твердом растворе p_{P} может быть рассчитано по формуле:

$$p_{\text{P}} = x(1 - v') \left(1 - \frac{n_{\text{InP}}}{N_{\text{InP}}} \right) + y(1 - v') \left(1 - \frac{n_{\text{GaP}}}{N_{\text{GaP}}} \right) + (1 - x - y)(1 - v') \left(1 - \frac{n_{\text{AlP}}}{N_{\text{AlP}}} \right) =$$

$$= (1 - v') \left(1 - \frac{n_{\text{InP}}}{N_{\text{InP}}} - \frac{n_{\text{GaP}}}{N_{\text{GaP}}} - \frac{n_{\text{AlP}}}{N_{\text{AlP}}} \right). \quad (7)$$

Относительные количества незамещенного мышьяка и фосфора, вычисляемые по формулам (6) и (7), равны относительным концентрациям соответствующих элементов в шестикомпонентном твердом растворе $\text{In}_x\text{Ga}_y\text{Al}_{1-x-y}\text{N}_u\text{As}_v\text{P}_{1-u-v}$, т.е. соответственно v и $1 - u - v$. Поэтому температура, необходимая для получения однородного твердого раствора состава $\text{In}_x\text{Ga}_y\text{Al}_{1-x-y}\text{N}_u\text{As}_v\text{P}_{1-u-v}$, может быть найдена из решения системы уравнений, получаемых из формул (6) и (7) путем подстановки v и $1 - u - v$ вместо p_{As} и p_{P} . После упрощающих преобразований данная система принимает следующий вид:

$$v = (1 - v') \left(1 - \frac{n_{\text{InP}}}{N_{\text{InP}}} - \frac{n_{\text{GaP}}}{N_{\text{GaP}}} - \frac{n_{\text{AlP}}}{N_{\text{AlP}}} \right);$$

$$u + v = \frac{n_{\text{InP}}}{N_{\text{InP}}} + \frac{n_{\text{GaP}}}{N_{\text{GaP}}} + \frac{n_{\text{AlP}}}{N_{\text{AlP}}} + v' \left(1 - \frac{n_{\text{InP}}}{N_{\text{InP}}} - \frac{n_{\text{GaP}}}{N_{\text{GaP}}} - \frac{n_{\text{AlP}}}{N_{\text{AlP}}} \right), \quad (8)$$

где температурно-зависимыми являются значения растворимостей азота в бинарных полупроводниковых соединениях, согласно формуле (5).

Для решения системы уравнений (8) необходимо рассчитать концентрации молекул в бинарных соединениях. Для этого нами была использована формула:

$$N_i = \rho_i N_A / M_i, \quad (9)$$

где ρ_i и M_i – соответственно плотность и молярная масса бинарного соединения i , N_A – постоянная Авогадро. Значения плотностей бинарных полупроводниковых соединений были взяты из справочника [1], значение плотности AlN – из работы [5].

Альтернативным подходом к вычислению концентрации молекул бинарного соединения может быть следующий. Известно, что арсениды и фосфиды индия, галлия и алюминия, а также нитриды этих элементов в кубической модификации имеют структуру цинковой обманки, которую можно представить как две гранцентрированные кубические решетки, сдвинутые друг относительно друга на четверть постоянной решетки. Число молекул, приходящихся на одну элементарную ячейку, равно четырем, а объем ячейки равен кубу постоянной решетки. Отсюда концентрация молекул бинарного соединения равна

$$N_i = \frac{4}{a_i^3}, \quad (10)$$

где a_i – постоянная решетки бинарного соединения i . Соответствующие расчеты показывают, что значения, вычисленные по формулам (9) и (10), практически совпадают.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Нами реализован алгоритм, производящий расчет последовательностей составов слоев шестикомпонентных твердых растворов $\text{In}_x\text{Ga}_y\text{Al}_{1-x-y}\text{N}_u\text{As}_v\text{P}_{1-u-v}$ для формирования базовой светоизлучающей структуры в диапазоне 1,5 – 3 эВ. При выполнении алгоритма исходными параметрами являются ширина запрещенной зоны шестикомпонентного твердого раствора, состав которого мы ищем, значение постоянной решетки предыдущего слоя и максимальная величина относительного отклонения от этого значения.

Для нахождения всех составов (наборов чисел x, y, u и v) твердых растворов с заданной шириной запрещенной зоны параметры u, v и y в формуле изменяются от 0 до 1 с некоторым шагом, а параметр x вычисляется согласно формуле (1) (отбираются только те наборы, в которых $0 \leq x \leq 1$). При этом дополнительно учитываются условия (3) и (4), которые ограничивают количество твердых растворов $\text{In}_x\text{Ga}_y\text{Al}_{1-x-y}\text{N}_u\text{As}_v\text{P}_{1-u-v}$ при-

менимыми для изготовления слоев излучающих структур белого света.

Температуры, при которой возможно получение однородного шестикомпонентных твердых растворов с заданной концентрацией азота, находились путем решения системы уравнений (8). Для вычисления концентраций молекул в бинарных соединениях использовалась формула (9).

Для твердых растворов каждого состава определяется значение постоянной решетки согласно формуле (2). База данных последовательностей составов твердых растворов составлялась для значений ширины запрещенной зоны от 1,5 до 3 эВ с некоторым шагом так, чтобы относительная разность значений постоянных решетки соседних слоев не превышала определенной величины. Пример последовательности составов, рассчитанных согласно описанному алгоритму, приведен в табл. 3. В данном случае относительная разность постоянных решетки в соседних слоях не превышает 1 %.

Как следует из табл. 3, температуры, необходимые для получения однородных твердых растворов, составляют величины порядка нескольких десятков тысяч кельвин. Естественно, такие температуры недостижимы нагревом формирующейся структуры как целого. Однако получение локально высоких эффективных температур в месте осаждения вещества возможно путем применения ионно-стимулированных методов осаждения. Такие методы, а также физические и

Таблица 3

Последовательность составов слоев шестикомпонентных твердых растворов для светодиодов белого света

In	Ga	Al	N	As	P	E_g , эВ	a , нм	T, К
0,0157	0,98	0,0043	0	0,9	0,1	1,5	0,5671	–
0,0162	0,98	0,0038	0	0,78	0,22	1,6	0,5643	–
0,0167	0,98	0,0033	0	0,66	0,34	1,7	0,5614	–
0,0039	0,92	0,0761	0	0,6	0,4	1,8	0,5595	–
0,0036	0,72	0,2764	0	0,6	0,4	1,9	0,5593	–
0,014	0,68	0,306	0,04	0,57	0,39	2,0	0,5549	5777,17
0,0117	0,67	0,3183	0,08	0,55	0,37	2,1	0,5505	7117,94
0,006	0,68	0,314	0,12	0,52	0,36	2,2	0,5456	9423,55
0,0048	0,63	0,3652	0,15	0,52	0,33	2,3	0,5424	10914,5
0,0042	0,64	0,3558	0,19	0,48	0,33	2,4	0,5376	12592,4
0,006	0,65	0,344	0,24	0,46	0,3	2,5	0,5323	15007,1
0,0056	0,65	0,3444	0,28	0,43	0,29	2,6	0,5276	17066,3
0,0174	0,62	0,3626	0,32	0,41	0,27	2,7	0,5235	19381,6
0,0177	0,62	0,3623	0,36	0,38	0,26	2,8	0,5189	21915,6
0,0074	0,63	0,3626	0,4	0,37	0,23	2,9	0,5143	24822,6
0,0052	0,63	0,3648	0,44	0,35	0,21	3,0	0,5097	28045,7

химические процессы, происходящие при бомбардировке поверхности ионами различных энергий, подробно рассмотрены в монографии [6].

ВЫВОДЫ

Таким образом, в результате проведенной работы нами проанализирована возможность получения варизонных структур на основе соединений $\text{In}_x\text{Ga}_y\text{Al}_{1-x-y}\text{N}_u\text{As}_v\text{P}_{1-u-v}$, ширина запрещенной зоны которых изменяется от 1,5 до 3 эВ, для диодных источников белого света. Разработан алгоритм расчета последовательностей составов слоев в таких структурах, а также температурные условия их получения.

ЛИТЕРАТУРА

1. V. Osinsky. Optoelectronic properties of heterogeneous semiconductors at superhigh time and space frequencies // Proc. 5-th International Symposium on recent advances in microwave technology (Kiev). – 1995. – Part 2. – P. 433-436.

2. Физические величины. Справочник / Под ред. И.С. Григорьева, Е. З. Мейлихова. – М.: Энергоатомиздат, 1991.
3. Mohammad S. N., Morkoz H. Progress and prospects of group-III nitride semiconductors // Prog. Quant. Electr. – 1996. – Vol. 20, № 5/6. – P. 361.
4. Алферов Ж.И., Амосов В.И., Гарбузов Д.З. и др. Исследование зависимости от состава люминесцентных свойств твердых растворов $\text{GaP}_x\text{As}_{1-x}$ и $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ *n*- и *p*-типа // ФТП. – 1972. – Т. 6, вып. 10. – С. 1879.
5. Ho I-hsiu, Stringfellow G. B. Solubility of nitrogen in binary III-V systems // J. Cryst. Growth. – 1997. – Vol. 178. – P. 1.
6. Carpeno E. and Schaaf P. Mass transport mechanisms during excimer laser nitriding of aluminum // Phys. Rev. B. – 2002. – Vol. 65. – P. 224111.
7. Вербицкий В. Г. Ионные нанотехнологии в электронике. – К.: МП “Леся”, 2002. – 376 с.

РОЗРАХУНКИ ЕЛЕМЕНТАРНОГО СКЛАДУ ВАРИЗОННИХ СТРУКТУР A³B⁵ ДЛЯ БІЛИХ СВІТЛОДІОДІВ

В.Г. Вербицкий, С.В. Осинський, А.В. Саріков

Розроблено алгоритм розрахунків послідовностей атомних складів шарів шестикомпонентних твердих розчинів $\text{In}_x\text{Ga}_y\text{Al}_{1-x-y}\text{N}_u\text{As}_v\text{P}_{1-u-v}$ для створення варизонних структур, які випромінюють в діапазоні довжин хвиль видимого світла. Визначені температурні умови формування послідовностей. Показані можливості одержання на основі цих розрахунків вказаних послідовностей для білих світлодіодів.

ATOMIC COMPOSITION CALCULATION OF A³B⁵ GRADED BAND STRUCTURES FOR WHITE DIODES

V.G. Verbicky, S.V. Osinsky, A.V. Saricov

The algorithm of solid-state solution InGaAlNAsP compositions calculations for graded band structures with E_g in range of visible light are considered. The possibilities of white LED structures formation are shown.