

Лазерное моделирование переходных радиационных эффектов в гетероструктурных элементах на полупроводниковых соединениях $A^{III}B^V$

© Д.В. Громов⁺, П.П. Мальцев^{*}, С.А. Полевич[‡]

⁺ Национальный исследовательский ядерный университет „МИФИ“,
115409 Москва, Россия

^{*} Институт сверхвысокочастотной полупроводниковой электроники Российской академии наук,
117105 Москва, Россия

[‡] АО „ЭНПО Специализированные электронные системы“,
115409 Москва, Россия

E-mail: DVGromov@mephi.ru

(Получена 21 апреля 2015 г. Принята к печати 5 мая 2015 г.)

Проведены исследования возможности моделирования переходных радиационных эффектов с использованием лазерного излучения в СВЧ гетероструктурных элементах на основе полупроводниковых соединений $A^{III}B^V$. Приведены результаты лазерного моделирования переходных радиационных эффектов в псевдоморфных НЕМТ (рНЕМТ) на гетероструктуре AlGaAs/InGaAs/GaAs. Показано, что для адекватного моделирования переходных эффектов в приборах на подложках GaAs следует использовать лазерное излучение с длиной волны $\lambda = 880\text{--}900$ нм с учетом доминирующих механизмов ионизации в областях транзисторов.

1. Введение

Элементы твердотельной СВЧ электроники на основе полупроводниковых соединений $A^{III}B^V$ широко используются в устройствах, эксплуатируемых в условиях воздействия радиационных факторов [1,2]. Помимо традиционных полевых транзисторов с затвором Шоттки на GaAs все более широкое применение находят элементы на основе наногетероструктур $A^{III}B^V$, такие как псевдоморфные полевые транзисторы с высокой подвижностью носителей в канале (рНЕМТ) [3,4], гетероструктурные биполярные транзисторы, резонансно-туннельные диоды.

С учетом того что натурные радиационные эксперименты в настоящее время недоступны, а исследования на существующих импульсных моделирующих установках (электронных ускорителях) достаточно трудоемки или технически нереализуемы для высоких уровней воздействия, актуальной представляется задача использования лазерных имитационных методов в радиационном эксперименте.

В работах [5,6] была показана возможность использования лазерного излучения (ЛИ) для моделирования переходных ионизационных эффектов применительно к элементной базе на основе кремния.

Разработанные для кремниевых приборов методы моделирования ионизационных эффектов при воздействии импульсного ионизирующего излучения (ИИ) не могут быть адекватно использованы для современных наногетероструктурных элементов, характеризующихся не только технологическими особенностями их формирования, но и принципиальными отличиями в физике работы таких структур. Поэтому требуется переработка подходов и методов лазерного моделирования с учетом принципиальных отличий процессов взаимодействия ЛИ с многослойными наногетероструктурами $A^{III}B^V$.

В данной работе приведены результаты исследования возможности применения лазерных методов моделирования ионизационных эффектов в основных полупроводниковых соединениях $A^{III}B^V$. На примере результатов лазерного моделирования с использованием ЛИ с изменяющимися длинами волны в диапазоне $\lambda = 840\text{--}900$ нм рНЕМТ на гетероструктурах AlGaAs/InGaAs/GaAs проведена оценка эффективности лазерных методов для оценки стойкости СВЧ элементной базы на основе полупроводниковых соединений $A^{III}B^V$ к воздействию импульсного ионизирующего излучения.

2. Особенности взаимодействия лазерного излучения с полупроводниковыми соединениями $A^{III}B^V$

Возможность моделирования переходных ионизационных эффектов в полупроводниковых структурах с использованием импульсного лазерного излучения основана на способности светового излучения с энергией квантов, превышающей ширину запрещенной зоны полупроводника, ионизировать области элементов, тем самым имитируя ионизацию при воздействии импульсного ИИ, например γ -квантов. Задача моделирования лазерным излучением воздействий ИИ сводится к созданию оптимального по глубине и площади прибора поля с интенсивностью и временными параметрами, близкими к требуемым.

Для большинства используемых в СВЧ твердотельной электронике полупроводников необходимая для ионизации энергия лежит вблизи края оптической полосы поглощения полупроводника и составляет от долей электронвольта (для узкозонных) до единиц электронвольта (для широкозонных полупроводников).

Таблица 1. Значения эффективности ионизации для различных полупроводниковых материалов

Полупроводник	GaP	GaN	Si	GaAs	$\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$	InP	$\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$
Ширина запрещенной зоны, эВ	2.26	3.37	1.12	1.42	1.42–2.16	1.27	0.35–1.42
Форма запрещенной зоны	Непрямая	Прямая	Непрямая	Прямая	Прямая ($x < 0.4$), непрямая ($x > 0.4$)	Прямая	Прямая
$g_0, 10^{13}$ пар/см ³ · рад	3.3	3.9	4.3	7.1	4.1–7.1	7.7	7.1–2.5

Для количественного описания уровня воздействия используется интегральная (усредненная) характеристика — мощность поглощенной дозы. С учетом допущения постоянства энергии ионизации для различных видов ИИ можно записать выражение для скорости генерации неравновесных носителей в полупроводниковом материале в виде

$$G(t) = g_0 P_\gamma(t), \quad (1)$$

где P_γ — мощность поглощенной дозы (рад/с), $g_0 = 10^{14} \rho / 1.602 E_i$ (пар/см³ · рад), ρ — плотность материала (г/см³), $E_i = 2.67 E_g + 0.87$ — энергия ионизации (эВ), E_g — ширина запрещенной зоны (эВ).

Эффективность ионизации g_0 является критерием, по которому в первом приближении можно проводить сравнение по стойкости к воздействию импульсных ИИ. Эта величина определяет количество избыточных носителей заряда в областях полупроводниковых приборов, которые формируют дополнительный ионизационный ток в областях полупроводниковых структур.

В табл. 1 приведены значения g_0 и характеристики запрещенной зоны для различных полупроводниковых соединений $\text{A}^{\text{III}}\text{B}^{\text{V}}$, применяемых в твердотельной СВЧ электронике. Для сравнения в таблице представлены данные для кремния — базового материала современной микроэлектроники.

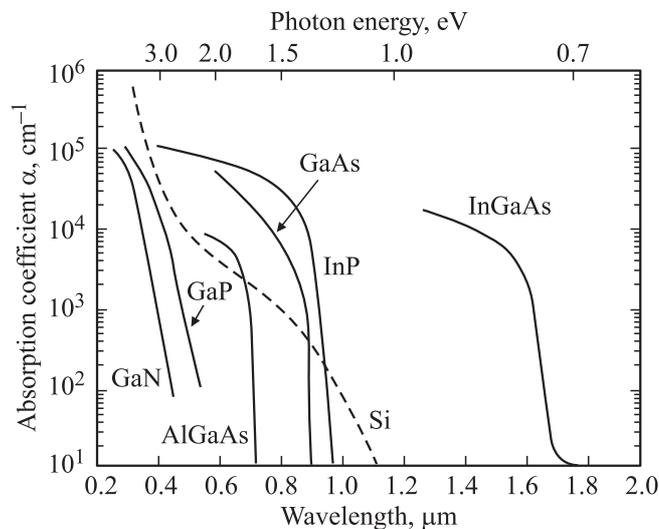


Рис. 1. Зависимости коэффициента поглощения лазерного излучения от длины волны для полупроводниковых соединений $\text{A}^{\text{III}}\text{B}^{\text{V}}$ и кремния.

Другим важнейшим параметром ЛИ, используемого для моделирования переходных ионизационных эффектов в полупроводниковых приборах, является коэффициент поглощения оптического излучения в различных областях активных элементов [7].

На рис. 1 приведены зависимости коэффициента поглощения α лазерного излучения от длины волны для основных полупроводниковых соединений $\text{A}^{\text{III}}\text{B}^{\text{V}}$, а также для кремния.

Для приборов на основе кремния, характеризующегося непрямыми оптическими переходами и обладающего достаточно плавной зависимостью коэффициента поглощения от длины волны, требованиям эффективной ионизации удовлетворяет излучение твердотельных неодимовых лазеров с длиной волны 1.06 или 1.08 мкм. В этом диапазоне энергий фотонов длина поглощения (ослабления в e раз) потока энергии ЛИ в чистом кремнии составляет ~ 700 мкм, что достаточно для обеспечения необходимой однородности ионизации в большинстве кремниевых технологий.

Полупроводниковым соединениям $\text{A}^{\text{III}}\text{B}^{\text{V}}$ в большинстве случаев свойствен механизм прямой оптической ионизации носителей зона-зона с резким краем зоны оптического поглощения (см. рис. 1).

Поэтому при выборе длины волны для лазерного моделирования необходима предварительная оценка величины областей ионизации на основе анализа механизмов взаимодействия ЛИ с полупроводниковыми материалами с учетом физики работы и конструктивно-технологических особенностей конкретного типа прибора [8].

3. Ионизационные эффекты в полевых транзисторных структурах на полуизолирующей подложке GaAs

В данной работе представлены результаты лазерного моделирования переходных радиационных эффектов для рНЕМТ-структуры, послонные параметры которой приведены в табл. 2. Технологическое сечение рНЕМТ приведено в работах [7,9]. Канал транзистора сформирован в области двумерного электронного газа (ДЭГ) в слое нелегированного InGaAs. Длина и ширина затвора составляли соответственно 0.35 и 320 мкм.

Для полевых транзисторных структур с затвором Шоттки на основе полуизолирующей подложки GaAs

Таблица 2. Послойные характеристики структуры рНЕМТ

Приборный слой	Толщина d , нм	Уровень легирования N_{Si} , см^{-3}
Контактный слой n -GaAs	50	$(3-4) \cdot 10^{18}$
Барьерный слой n -GaAs	20	до $3 \cdot 10^{18}$
Барьерный слой n -GaAs	15	до $(4-5) \cdot 10^{16}$
Барьерный слой n -Al _x Ga _{1-x} As	25	до $(4-5) \cdot 10^{16}$
Слой n -Al _x Ga _{1-x} As	13	$\sim 2.5 \cdot 10^{18}$
Спейсер Al _x Ga _{1-x} As	2	Нелегированный
Сглаживающий слой GaAs	1.5	»
Канал In _y Ga _{1-y} As	12	»
Буферный слой GaAs	400	»
Сверхрешетка	2/2	»
AlGaAs/GaAs ($\times 7$)		
Буферный слой GaAs	200	»
Полуизолирующая GaAs подложка	$3.5 \cdot 10^5$	—

(в том числе и для рНЕМТ-структуры) при воздействии импульсного ионизирующего излучения характерны два доминирующих механизма, определяющих характер ионизационной реакции транзистора (см. рис. 2). В первую очередь это возрастание тока стока I_d прибора по сравнению с начальным режимным током (I_{d0}) при воздействии импульса ИИ длительностью t_p за счет генерации электронно-дырочных пар с дальнейшими процессами дрейфа избыточных носителей под влиянием электрических полей в различных областях транзистора [1]. Характерные времена действия этих процессов невелики и составляют для GaAs $\sim 10^{-8}$ с (мгновенная составляющая, short-term component). На этой стадии ионизационная реакция транзистора близка по своей форме к импульсу ИИ и характеризуется максимальным изменением тока стока $\Delta I_{d \max} = I_d(\rho_y) - I_{d0}$. Второй доминирующий механизм ионизационной реакции транзистора связан с захватом генерированных электронов или дырок на глубокие энергетические уровни вблизи границы раздела с полуизолирующей подложкой GaAs. При этом захваченные на глубокие уровни носители играют роль „нижнего“ затвора (эффект „back-gating“) и являются причиной изменения тока канала транзистора по сравнению с равновесным значением (см. вставку на рис. 2).

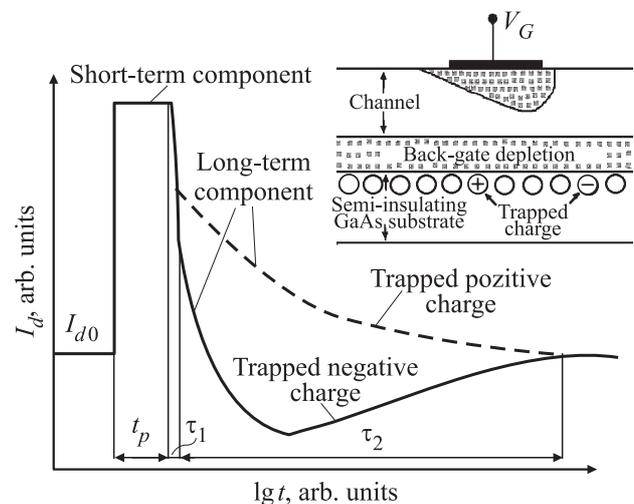
После окончания импульса ИИ наблюдается промежуточная стадия восстановления τ_1 , длительность которой определяется совместным действием двух указанных механизмов. На временной стадии τ_2 доминирующими являются процессы релаксации захваченных на глубокие уровни носителей, длительность которых может составлять десятки и сотни миллисекунд (долговременная составляющая, long-term component). Для используемой технологии формирования транзисторных структур наблюдался доминирующий механизм захвата отрицательного заряда на глубокие уровни, и ионизационная реакция транзистора определяется при этом также

максимальным отклонением тока стока от исходного значения I_{d0} (см. рис. 2).

С учетом особенностей эффектов в приборных структурах при лазерном моделировании необходимо иметь данные о глубине проникновения ЛИ в различные области прибора и их ионизации. В табл. 3 приведены данные для коэффициента ионизации $K_i = \exp(-\alpha x)$, который характеризует ослабление ЛИ по глубине x областей типовой полевой транзисторной структуры, выращенной на полуизолирующей подложке арсенида галлия (200–400 мкм) и содержащей буферные слои GaAs с суммарной толщиной ~ 0.6 мкм (см. табл. 2). При этом принималось допущение, что ослабление ЛИ в верхних достаточно тонких нанометровых слоях рНЕМТ-структуры мало.

Анализ приведенных данных показывает, что для рассматриваемой рНЕМТ-структуры с ЛИ $\lambda = 860$ нм эффективно ионизирует только сверхтонкие слои транзистора, а также буферные слои GaAs, при этом эффективная глубина ионизации подложки не превышает 1 мкм. ЛИ с $\lambda = 900$ нм достаточно эффективно проникает в большую часть всех слоев рНЕМТ (для дна полуизолирующей подложки GaAs толщиной 350 мкм $K_i = 0.350$), однако для механизма ионизации типа зона-зона такой энергии фотонов ЛИ, по-видимому, недостаточно. При этом процессы ионизации носителей и захват их на глубокие уровни в запрещенной зоне GaAs на границе раздела с полуизолирующей подложкой для такой энергии фотонов ЛИ вполне вероятны.

В областях контактного и барьерных слоев GaAs рНЕМТ ослабление ЛИ не превышает 1–5%. Слои AlGaAs практически прозрачны для излучения с длиной волны > 800 нм, и ослабление в этих областях практически отсутствует. В данном диапазоне длин волн область нелегированного канала InGaAs полностью ионизована, при этом ослаблением ЛИ в сверхтонком (12 нм) канальном слое также можно пренебречь.

**Рис. 2.** Ионизационная реакция полевой транзисторной структуры на подложке GaAs.

Значения длин волн, соответствующих краю зоны фундаментального оптического поглощения, для используемых в данных рНЕМТ полупроводниковых соединений GaAs, AlGaAs, InGaAs составляют примерно 873, 695, 1650 нм соответственно. Таким образом, в данном случае при моделировании ЛИ с длинами волн 860–900 нм наблюдается три различных механизма ионизации материалов в системе рНЕМТ: полная ионизация канального слоя InGaAs, отсутствие ионизации в слоях AlGaAs и частичная или полная ионизация в областях GaAs. При этом для обеспечения ионизации с последующим захватом избыточных носителей на глубокие уровни на границе раздела с полуизолирующей подложкой GaAs энергия фотонов ЛИ может быть меньше по сравнению с краем фундаментального оптического поглощения GaAs.

Таким образом, основную проблему для обеспечения адекватности моделирования приборов, состоящих из различных полупроводниковых областей (гетероструктур $A^{III}B^V$), составляет выбор источника ЛИ, имеющего требуемую для данного полупроводника (т.е. оптимальную или близкую к ней) энергию фотонов излучения. При этом интенсивность (плотность потока энергии) ЛИ должна быть достаточной для обеспечения уровня ионизации, эквивалентной по своему действию мощности поглощенной дозы ИИ в пределах 10^8 – 10^{12} рад/с, а также должна обеспечиваться ионизация соответствующих областей приборов с учетом доминирующих в них эффектов при воздействии ИИ.

Следует отметить, что плотность носителей в ДЭГ в канале современных рНЕМТ $N_{ss} > 10^{12}$ см $^{-2}$. При этом концентрация избыточных носителей заряда при воздействии ИИ может быть определена следующим образом:

$$\Delta N_{ss} = g_0 D_{eq} = g_0 P_{eq} t_p, \quad (2)$$

где D_{eq} — поглощенная доза ИИ, P_{eq} — мощность эквивалентной ИИ поглощенной дозы ЛИ, t_p — длительность импульса ИИ ($t_p = 10^{20}$ нс).

Поэтому следует ожидать возрастания ионизационного тока канала рНЕМТ (помимо роста ионизационного тока в приборных и буферных слоях GaAs, а также части полуизолирующей подложки [9]) за счет вклада генерированных ИИ в нем носителей заряда при значениях эффективной мощности дозы, превышающей 10^{11} рад/с. При этом концентрация избыточных носителей в канале становится сравнимой с исходной концентрацией носителей в ДЭГ, особенно при повышенном процентном содержании индия в материале канала.

4. Методика эксперимента и экспериментальные результаты

Экспериментальные исследования, связанные с лазерным моделированием ионизационных эффектов в рНЕМТ-структуре, проводились с использованием лазера Радон-8 с перестраиваемой длиной волны ЛИ для

Таблица 3. Зависимость коэффициента ионизации K_i от длины волны для слоев GaAs рНЕМТ

Слой →	Буферный слой GaAs	Полуизолирующая подложка GaAs (отсчет от верхней границы)		
x , мкм →	0.6	1	10	100
$\lambda = 860$ нм	0.549	0.368	~ 0	~ 0
$\lambda = 880$ нм	0.940	0.905	0.367	~ 0
$\lambda = 900$ нм	0.998	0.997	0.970	0.740

трех значений λ , представленных в табл. 3. Интенсивность лазерного излучения регулировалась в диапазоне 980–19 600 Вт/см 2 при длительности импульса ЛИ $t_p = 10$ –12 нс.

Для оценки адекватности моделирования переходных ионизационных эффектов с помощью ЛИ были проведены экспериментальные исследования ионизационных реакций в рНЕМТ с использованием излучения импульсных ускорителей электронов (моделирующих установок) в НИИ приборов, г. Лыткарино: ЛИУ-10 (максимальная энергия $E_{max} = 10$ МэВ, $t_p = 20$ нс) и РИУС-5 ($E_{max} = 3$ МэВ, $t_p = 40$ нс).

На рис. 3 и 4 приведены зависимости мгновенной и долговременной составляющих тока стока рНЕМТ от интенсивности для трех значений длины волны ЛИ.

На рис. 5 приведены сравнительные данные изменения мгновенной составляющей тока стока рНЕМТ от мощности дозы для лазерного излучения с длиной волны 880 нм и импульсного ионизирующего излучения двух ускорителей электронов.

Расчет эквивалентной мощности дозы при воздействии проводился с помощью следующего соотношения [7] для $K_{eff} = 0.1$:

$$P_{eq}(x, t) = K_{eff} [J_L(t) / (h\nu g_0)] \exp(-\alpha x), \quad (3)$$

где x — координата по глубине структуры, t — время, $J_L(t)$ — интенсивность ЛИ, $h\nu$ — энергия фотонов ЛИ, $K_{eff} = K_M(1 - R)$ — коэффициент эффективности ЛИ, $K_M = S/S_M$ — коэффициент покрытия металлизацией облучаемой поверхности, R — коэффициент отражения от границы раздела.

Коэффициент K_{eff} в выражении (3) учитывает отличия в моделировании ионизационных эффектов лазерным излучением с учетом отражения ЛИ от металлизированных поверхностей и границ приборных слоев.

Анализ приведенных данных позволяет сделать вывод, что при моделировании мгновенной составляющей тока стока рНЕМТ удовлетворительная адекватность обеспечивается при использовании ЛИ с длиной волны $\lambda = 880$ нм. Это связано с тем, что излучение с такой длиной волны достаточно глубоко проникает в области транзистора (включая суммарный буферный слой и верхнюю часть полуизолирующей подложки) и

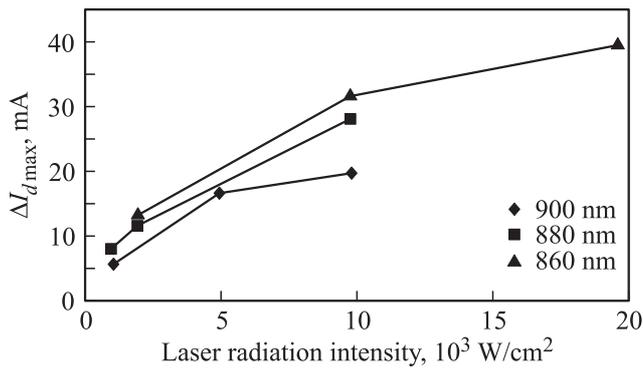


Рис. 3. Изменение амплитуды мгновенной составляющей тока стока рНЕМТ при воздействии ЛИ.

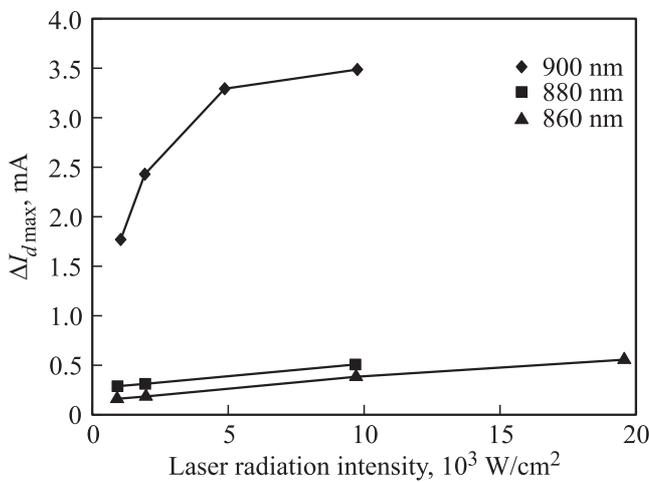


Рис. 4. Изменение амплитуды долговременной составляющей тока стока рНЕМТ при воздействии ЛИ.

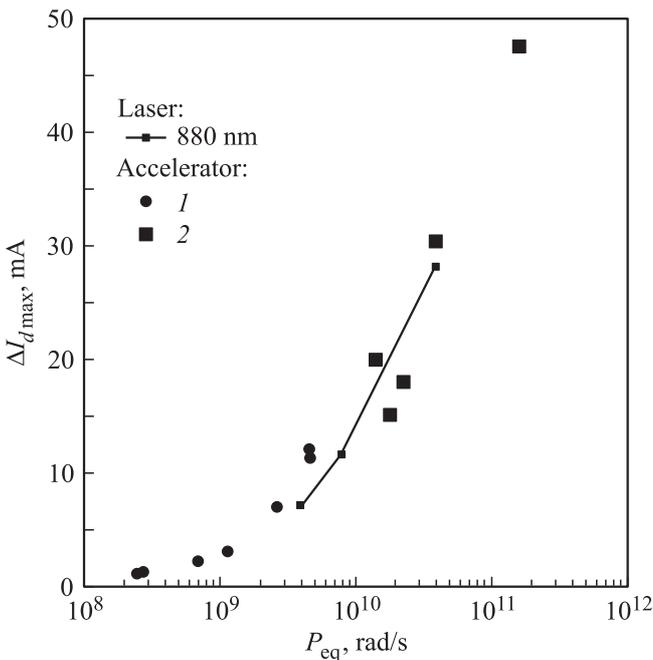


Рис. 5. Зависимости амплитуды мгновенной составляющей тока стока рНЕМТ для лазерного и электронного излучения от ускорителей РИУС-5 (1) и ЛИУ-10 (2).

энергия фотонов близка к фундаментальному краю зоны поглощения GaAs.

Для моделирования долговременной составляющей предпочтительным представляется использование ЛИ с длиной волны $\lambda = 900 \text{ нм}$ (см. рис. 4). Это связано с ионизацией более глубоких областей (до 100 мкм) в полупроводниковой подложке GaAs и возможностью захвата ионизованных носителей на глубокие центры захвата (ловушки) в запрещенной зоне на границе раздела с ней. При этом энергия фотонов ЛИ достаточна для процесса ионизации зона-ловушка. Подобные результаты были получены и в работе [10].

Важной процедурой для обеспечения адекватности моделирования является выбор значения K_{eff} в выражении (3). В первом приближении оно может быть рассчитано, если известны топологические размеры структуры и геометрические параметры областей металлизации.

Более предпочтительным является метод калибровки, при котором вначале производится экспериментальное исследование ионизационной реакции прибора для ограниченного количества экспериментальных точек на моделирующих установках (как правило, для низких значений мощности поглощенной дозы P_y). Затем определяется интенсивность ЛИ, при которой характеристики ионизационных реакций для лазерного излучения и излучения моделирующей установки становятся близки друг к другу (метод калибровки). После этого рассчитывается значение P_{eq} и проводятся экспериментальные исследования для более высоких значений интенсивности (мощности дозы) ЛИ.

5. Заключение

В работе проведен анализ возможности использования лазерного излучения для моделирования переходных ионизационных эффектов в СВЧ элементной базе на основе полупроводниковых соединений $A^{III}B^V$. На примере лазерного моделирования ионизационных эффектов в рНЕМТ-структурах в системе материалов AlGaAs/InGaAs/GaAs показана эффективность использования ЛИ для исследования радиационной стойкости приборов СВЧ диапазона при импульсном воздействии ИИ. Анализ приведенных данных показал, что для моделирования мгновенной составляющей ионизационной реакции данного типа рНЕМТ предпочтительным является использование ЛИ с длиной волны 880 нм. Для эффективного моделирования долговременной составляющей предпочтительным является излучение с $\lambda = 900 \text{ нм}$. Для обеспечения адекватности моделирования с использованием ЛИ предложено использовать калибровочный метод, при котором вначале производится экспериментальное исследование ионизационной реакции прибора для ограниченного количества экспериментальных точек на моделирующих установках с дальнейшим определением эквивалентной мощности дозы ЛИ. Далее проводятся экспериментальные исследова-

дования для более высоких значений интенсивности (мощности дозы) ЛИ. Установлено, что при мощностях поглощенной дозы ИИ $> 10^{11}$ рад/с следует учитывать возрастание эффективной концентрации носителей в ДЭГ и рост тока прибора, особенно при повышенном процентном содержании индия в материале канала.

Авторы выражают благодарность сотруднику ФТИ им. А.Ф. Иоффе РАН Н.А. Малееву за предоставленные для исследования образцы рНЕМТ и обсуждение результатов.

Работа выполнена при поддержке Министерства образования и науки РФ в рамках государственного задания № 8.826.2014/К.

Список литературы

- [1] Е.Р. Аствацатурьян, Д.В. Громов, В.М. Ломако. *Радиационные эффекты в приборах и интегральных схемах на арсениде галлия* (Минск, Университетское, 1992).
- [2] D.V. Gromov, V.V. Elesin, S.A. Polevich. *Proc. 17th Int. Conf. Microwave and Telecommunication Technology* (Sevastopol, 2007) v. 2, p. 657.
- [3] Р.А. Хабибуллин, Г.Б. Галиев, Е.А. Климов, Д.С. Пономарев, И.С. Васильевский, В.А. Кульбачинский, П.Ю. Боков, Л.П. Авакянц, А.В. Червяков, П.П. Мальцев. *ФТП*, **47** (9), 1215 (2013).
- [4] R.A. Khabibullin, I.S. Vasil'evskii, G.B. Galiev, E.A. Klimov, D.S. Ponomarev, L.P. Avakyanz, P.Yu. Bokov, A.V. Chervyakov. *J. Phys.: Conf. Series*, **345**, 012015 (2012).
- [5] А.Ю. Никифоров, П.К. Скоробогатов, А.Н. Егоров, Д.В. Громов. *Микроэлектроника*, **43** (2), 127 (2014).
- [6] П.К. Скоробогатов, А.Ю. Никифоров. *IEEE Trans.*, **NS-43** (6), 3115 (1996).
- [7] D.V. Gromov, P.K. Skorobogatov, S.A. Polevich. *Proc. 24th Int. Conf. Microwave and Telecommunication Technology* (Sevastopol, 2014) v. 2, p. 852.
- [8] Д.В. Громов, С.А. Полевич, П.П. Мальцев. *Радиотехника и электроника*, **44** (11), 1 (1999).
- [9] В.В. Елесин. *Микроэлектроника*, **43** (2), 133 (2014).
- [10] G.V. Chukov, K.M. Amburkin. *Proc. 24th Int. Conf. Microwave and Telecommunication Technology* (Sevastopol, 2014) v. 2, p. 864.

Редактор Л.В. Шаронова

Laser simulation of transient radiation effects in heterostructure elements on $A^{III}B^V$ semiconductor compounds

D.V. Gromov⁺, P.P. Maltsev^{*}, S.A. Polevich[‡]

⁺ National Research Nuclear University „MEPhI“, 115409 Moscow, Russia

^{*} Institute of Ultra-High Frequency Semiconductor Electronics, Russian Academy of Sciences, 117105 Moscow, Russia

[‡] Specialized Electron Systems, 117105 Moscow, Russia

Abstract The possibility of transient radiation effects modeling using laser radiation in the microwave elements based on $A^{III}B^V$ semiconductor compounds is shown. The results of the laser transient radiation effects simulation in pseudomorphic HEMT on the base of semiconductor heterostructures AlGaAs/InGaAs/GaAs are presented. It is shown that for an adequate simulation of transient effects in the devices on GaAs substrates using laser radiation with wavelengths $\lambda = 880-900$ nm is preferable with taking into account the dominant mechanism of ionization in the transistor regions.