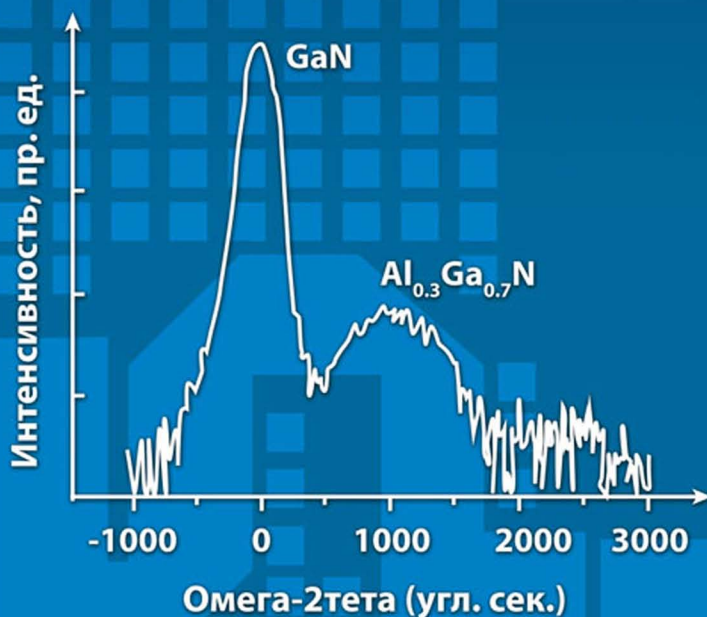


В.В. Груздов  
Ю.В. Колковский  
Ю.А. Концевой



# КОНТРОЛЬ НОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ТВЕРДОТЕЛЬНОЙ СВЧ ЭЛЕКТРОНИКЕ



ТЕХНОСФЕРА

В.В. Груздов, Ю.В. Колковский, Ю.А. Концевой

Контроль новых технологий  
в твердотельной СВЧ электронике

ТЕХНОСФЕРА

Москва

2016

**УДК 621.37**  
**ББК 32**  
**Г90**

**Г90 Груздов В.В., Колковский Ю.В., Концевой Ю.А.**

**Контроль новых технологий в твердотельной СВЧ электронике**  
**Москва: ТЕХНОСФЕРА, 2016. – 328с. ISBN 978-5-94836-426-1**

В книге представлено обобщение накопленного опыта по созданию методов входного и технологического контроля при разработке и производстве СВЧ транзисторов на основе широкозонных материалов, в частности, транзисторов на гетероструктурах типа AlGaIn/GaN. Рассмотрены системы отечественных и зарубежных стандартов, на основе которых проводятся разработки СВЧ транзисторов. Подробно описаны физические основы гетероструктур, описаны свойства широкозонных полупроводников, методы изготовления СВЧ транзисторов. Детально анализируется технология производства транзисторов с учетом имеющегося опыта их реального изготовления. Рассмотрены электрические, оптические, рентгеновские, электронно-микроскопические и аналитические методы, которые применяются при входном и технологическом методах контроля. Рассмотрен опыт создания в ОАО «НПП «Пульсар» СВЧ транзисторов и СВЧ блоков на их основе.

Книга будет полезна специалистам в области электроники, исследователям, инженерам-практикам и разработчикам радиоэлектронной аппаратуры.

**УДК 621.37**  
**ББК 32**

© 2016, Груздов В.В., Колковский Ю.В., Концевой Ю.А.

© 2016, ЗАО «РИЦ «ТЕХНОСФЕРА», оригинал-макет, оформление

**ISBN 978-5-94836-426-1**

# СОДЕРЖАНИЕ

<b>ВВЕДЕНИЕ .....</b>	<b>10</b>
<b>ГЛАВА 1</b>	
<b>ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ СОБСТВЕННОСТЬ И</b>	
<b>СТАНДАРТЫ В ТЕХНОЛОГИИ СВЧ ТРАНЗИСТОРОВ .....</b>	<b>15</b>
<b>1.1. Техническое регулирование как механизм обеспечения</b>	
<b>технологической безопасности Российской Федерации .....</b>	<b>15</b>
1.1.1. Концепция долгосрочного социально-экономического	
развития Российской Федерации на период до 2020 г .....	16
<b>1.2. Проблемы интеллектуальной собственности .....</b>	<b>24</b>
1.2.1. Основные определения предметов	
интеллектуальной собственности .....	25
1.2.2. Основные проблемы интеллектуальной	
собственности .....	27
<b>1.3. Зарубежная практика технического регулирования и</b>	
<b>стандарты в Российской Федерации .....</b>	<b>31</b>
1.3.1. Европейский комитет по стандартизации	
в области электротехники и электроники .....	31
1.3.2. Национальная стратегия регулирования	
рынка в США .....	32
1.3.3. Стандарты СССР и российские стандарты	
применительно к технологии и электронике	
транзисторов .....	39
<b>1.4. Перечень документов всех уровней, используемых</b>	
<b>при разработках полупроводниковых приборов .....</b>	<b>40</b>
1.4.1. Требования к видам обеспечения .....	42
1.4.2. Входной контроль материалов и полуфабрикатов и	
контроль технологических процессов .....	43
1.4.3. Требования, предъявляемые при постановке	
опытно-конструкторских работ (ОКР)	
по разработке СВЧ транзисторов .....	46
1.4.4. Основные этапы проектирования .....	46
1.4.5. Перечень измеряемых параметров	
разрабатываемых транзисторов .....	47
1.4.6. Выбор и обоснование методов и средств	
измерений измеряемых параметров .....	47
1.4.7. Определение коэффициентов технологических	
запасов .....	48
<b>1.5. Выводы .....</b>	<b>50</b>

<b>ГЛАВА 2</b>	
<b>ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ СОЗДАНИЯ</b>	
<b>СВЧ ТРАНЗИСТОРОВ НА ШИРОКОЗОННЫХ</b>	
<b>МАТЕРИАЛАХ И ФАКТОРЫ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИЕ</b>	
<b>КАЧЕСТВО ИЗДЕЛИЙ СВЧ ЭЛЕКТРОНИКИ.....</b>	<b>52</b>
<b>2.1. Введение.....</b>	<b>52</b>
<b>2.2. Свойства основных материалов твердотельной</b>	
<b>электроники.....</b>	<b>53</b>
2.2.1. Основные параметры полупроводниковых	
материалов .....	53
2.2.2. Основные свойства металлов, применяющихся	
в твердотельной электронике.....	55
2.2.3. Свойства диэлектрических материалов и	
диэлектрических пленок .....	57
2.2.4. Подложки для широкозонных полупроводниковых	
гетероструктур .....	59
2.2.5. Спонтанная и пьезоэлектрическая поляризация.	
Образование двумерного газа электронов.....	59
2.2.6. Требования к подложкам.....	63
2.2.7. Технологические факторы, определяющие	
устойчивость процесса гетероэпитаксии	
нитрида галлия на подложках сапфира	
(МОС-гидридная технология) .....	70
2.2.8. Получение гетероструктур на основе нитрида	
галлия на подложках карбида кремния .....	73
2.2.9. Основные характеристики гетероструктур .....	75
2.2.10. Контрольно-измерительное оборудование и	
контроль параметров гетероструктур.....	76
<b>2.3. Типовые технологические процессы создания</b>	
<b>СВЧ GaN HEMT .....</b>	<b>79</b>
2.3.1. Сопоставление технологических операций	
производства Si и GaN приборов.....	79
2.3.2. Технологический маршрут изготовления	
кристаллов HEMT (последовательность	
технологических операций) .....	84
2.3.3. Базовая технология создания СВЧ МИС	
на широкозонных гетероэпитаксиальных	
структурах (на основе GaN/SiC).....	87
2.3.4. Мощные СВЧ транзисторы на основе GaN .....	88
<b>2.4. Общая схема методов входного и технологического</b>	
<b>контроля.....</b>	<b>95</b>
<b>2.5. Система параметров и методы контроля подложек.....</b>	<b>100</b>

<b>2.6. Методы контроля параметров гетероэпитаксиальных структур .....</b>	<b>101</b>
<b>2.7. Выводы .....</b>	<b>102</b>

### **ГЛАВА 3**

<b>МЕТОДЫ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО И ТЕПЛОВОГО КОНТРОЛЯ ИСХОДНЫХ МАТЕРИАЛОВ И ЭЛЕМЕНТОВ КОНСТРУКЦИИ СВЧ ПРИБОРОВ.....</b>	<b>103</b>
---	------------

<b>3.1. Введение.....</b>	<b>103</b>
<b>3.2. Измерение удельного сопротивления пластин, эпитаксиальных слоев, диффузионных, ионно-имплантированных и металлизированных слоев четырехзондовым методом.....</b>	<b>103</b>
3.2.1. Принцип метода .....	103
3.2.2. Измерение удельного сопротивления эпитаксиальных, диффузионных и ионно-имплантированных слоев.....	104
3.2.3. Аппаратура .....	105
3.2.4. Определение слоевого сопротивления тонких металлизированных слоев и неоднородности слоевого сопротивления.....	107
3.2.5. Погрешности измерения удельного сопротивления четырехзондовым методом .....	109
<b>3.3. Определение сопротивления, концентрации и подвижности носителей заряда в полупроводниковых структурах методом Ван-дер-Пау .....</b>	<b>110</b>
3.3.1. Определение сопротивления полупроводниковых структур методом Ван-дер-Пау .....	110
3.3.2. Определение концентрации и подвижности носителей заряда в полупроводниковых структурах методом Ван-дер-Пау .....	113
<b>3.4. Бесконтактные методы определения удельного сопротивления материалов, слоевого сопротивления структур и измерение времени жизни неосновных носителей заряда.....</b>	<b>116</b>
3.4.1. Бесконтактные методы определения слоевого сопротивления структур.....	116
3.4.2. Бесконтактные методы измерения времени жизни носителей заряда .....	117
<b>3.5. Методы контроля удельного сопротивления омических контактов и параметров барьеров Шоттки .....</b>	<b>118</b>
<b>3.6. Измерение вольт-фарадных характеристик полупроводниковых структур.....</b>	<b>120</b>

3.6.1. Измерение высокочастотных вольт-фарадных характеристик МДП-структур .....	120
3.6.2. Измерение низкочастотных вольт-фарадных характеристик МДП-структур .....	124
<b>3.7. Определение профиля распределения примесей по измерению вольт-фарадных характеристик диодов Шоттки .....</b>	<b>126</b>
<b>3.8. Погрешности вольт-фарадного метода .....</b>	<b>131</b>
<b>3.9. Методы контроля теплопроводности материалов, применяющихся в технологии СВЧ транзисторов.....</b>	<b>132</b>
3.9.1. Стационарные методы определения теплопроводности .....	132
3.9.2. Нестационарные методы определения теплопроводности .....	135
<b>3.10. Выводы .....</b>	<b>137</b>

#### ГЛАВА 4.

#### ВЫЯВЛЕНИЕ ДЕФЕКТОВ ТЕХНОЛОГИИ

#### ОПТИЧЕСКИМИ МЕТОДАМИ..... 138

<b>4.1. Введение.....</b>	<b>138</b>
<b>4.2. Методы оптической микроскопии .....</b>	<b>138</b>
4.2.1. Традиционная оптическая микроскопия .....	138
4.2.2. Интерференционные микроскопы.....	147
<b>4.3. Методы эллисометрии .....</b>	<b>154</b>
4.3.1. Принципы и возможности эллисометрии.....	154
4.3.2. Эллисометрическая аппаратура.....	158
4.3.3. Эллисометрический контроль процессов металлизации .....	160
4.3.4. Эллисометрический контроль параметров AlN/Si гетероструктур .....	167
<b>4.4. Оптические методы контроля, основанные на исследовании спектральной зависимости коэффициента отражения излучения .....</b>	<b>169</b>
4.4.1. Контроль толщины кремния в КНС- и КНИ-структурах .....	169
4.4.2. Оценка степени неоднородности толщины слоя кремния в КНС-пластинах и КНИ-структурах по их площади.....	172
<b>4.5. Контроль толщины эпитаксиальных структур и гетероструктур .....</b>	<b>174</b>
4.5.1. Определение толщины слоев GaN в гетероструктурах AlGa <sub>N</sub> /Ga <sub>N</sub> /SiC.....	176
<b>4.6. Методы изготовления и оптического контроля шлифов .....</b>	<b>177</b>

4.7. Исследование спектров поглощения диэлектриков, полупроводниковых материалов и структур .....	179
4.8. Определение поверхностной концентрации носителей заряда в полупроводниках.....	181
4.9. Измерение фотолюминесценции.....	182
4.10. Измерение спектров комбинационного (рамановского) рассеяния света .....	189
4.11. Методы оптического сканирования.....	193
4.12. Поляризационный метод .....	197
4.13. Выводы .....	201

## ГЛАВА 5

<b>КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА ИСХОДНЫХ ГЕТЕРОСТРУКТУР ШИРОКОЗОННЫХ МАТЕРИАЛОВ И ОМИЧЕСКИХ КОНТАКТОВ РЕНТГЕНОВСКИМИ МЕТОДАМИ .....</b>	<b>202</b>
--	------------

5.1. Введение.....	202
5.2. Методы рентгеновской дифрактометрии .....	202
5.2.1. Рентгеновская многокристалльная дифрактометрия .....	202
5.2.2. Связь ширины пиков рентгеновской дифрактометрии с технологией изготовления гетероструктур широкозонных материалов.....	204
5.2.3. Определение состава гетероструктур $Al_x Ga_{(1-x)} As$ методами рентгеновской дифрактометрии .....	206
5.2.4. Определение состава гетероструктур $Al_x Ga_{(1-x)} N$ методами рентгеновской дифрактометрии .....	208
5.2.5. Исследование фаз металлизации при создании омических контактов .....	214
5.3. Рентгеновские топограммы .....	219
5.3.1. Метод Ланга.....	219
5.3.2. Метод Бормана .....	222
5.4. Методы рентгеновской дефектоскопии .....	225
5.5. Выводы .....	227

## ГЛАВА 6

<b>КОНТРОЛЬ ИСХОДНЫХ ГЕТЕРОСТРУКТУР И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ПРОИЗВОДСТВА СВЧ ТРАНЗИСТОРОВ МЕТОДАМИ ЭЛЕКТРОННОЙ И АТОМНО-СИЛОВОЙ МИКРОСКОПИИ .....</b>	<b>228</b>
6.1. Введение.....	228
6.2. Просвечивающая электронная микроскопия (ПЭМ).....	228
6.3. Растровая электронная микроскопия (РЭМ) и рентгеноспектральный микроанализ .....	232



6.3.1. Растровая электронная микроскопия.....	232
6.3.2. Метод наведенного тока .....	240
6.3.3. Рентгеноспектральный микроанализ (РСМА) .....	241
6.3.4. Католюминесценция .....	243
<b>6.4. Дифракция медленных и быстрых электронов.....</b>	<b>248</b>
6.4.1. Дифракция медленных электронов .....	248
6.4.2. Дифракция быстрых электронов .....	249
<b>6.5. Атомно-силовая микроскопия .....</b>	<b>251</b>
<b>6.6. Выводы .....</b>	<b>255</b>

## ГЛАВА 7

<b>КОНТРОЛЬ ПРОСТРАНСТВЕННОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ ГЕТЕРОСТРУКТУР И ПРИМЕСЕЙ МЕТОДАМИ ЭЛЕКТРОННОЙ И ИОННОЙ СПЕКТРОСКОПИИ.....</b>	<b>256</b>
--	------------

<b>7.1. Введение.....</b>	<b>256</b>
<b>7.2. Электронная Оже-спектроскопия (ЭОС) .....</b>	<b>256</b>
7.2.1. Принцип метода ЭОС .....	256
7.2.2. Аппаратура .....	259
7.2.3. Применение метода ЭОС для контроля твердотельных структур.....	260
7.2.4. Контроль состава поверхности GaN после обработки в плазме азота.....	260
<b>7.3. Электронная спектроскопия для химического анализа (ЭСХА) .....</b>	<b>262</b>
7.3.1. Принцип метода .....	262
7.3.2. Аппаратура .....	264
7.3.3. Использование метода ЭСХА для контроля полупроводниковых структур .....	266
7.3.4. Применение метода ЭСХА для анализа взаимодействия атомов галлия с другими элементами поверхности GaN .....	267
<b>7.4. Вторично-ионная масс-спектрометрия (ВИМС).....</b>	<b>268</b>
7.4.1. Принцип метода .....	268
7.4.2. Аппаратура .....	272
7.4.3. ВИМС-аппаратура, основанная на измерении времени пролета ионов .....	276
7.4.4. Применение ВИМС для контроля состава и содержания примесей в полупроводниковых материалах и структурах.....	278
<b>7.5. Спектроскопия обратного резерфордского рассеяния.....</b>	<b>282</b>
<b>7.6. Выводы .....</b>	<b>285</b>

<b>ГЛАВА 8</b>	
<b>СВЧ АППАРАТУРА НА НИТРИД-ГАЛЛИЕВЫХ ПРИБОРАХ .....</b>	<b>287</b>
<b>8.1. Введение: критические технологии – основное направление создания СВЧ радиоэлектронных систем .....</b>	<b>287</b>
<b>8.2. Нитрид-галлиевые СВЧ транзисторы и микромодули.....</b>	<b>289</b>
<b>8.3. Твердотельные СВЧ модули усилителей мощности на нитрид-галлиевых СВЧ транзисторах X-диапазона.....</b>	<b>291</b>
<b>8.4. Приемо-передающие модули P- S- и X-диапазонов .....</b>	<b>295</b>
<b>8.5 Выводы .....</b>	<b>299</b>
<b>ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....</b>	<b>300</b>
<b>ЛИТЕРАТУРА .....</b>	<b>302</b>

## ВВЕДЕНИЕ

Современное состояние и направления развития твердотельной СВЧ электронной компонентной базы (ЭКБ) необходимо рассматривать, прежде всего, с точки зрения обеспечения требований заказчиков ЭКБ, создающих радиоэлектронные системы (РЭС) [В.1].

Основные характеристики образцов РЭС во многом определяются параметрами и качеством ЭКБ. При этом требования к РЭС, использующих ЭКБ, характеризуются сочетанием высоких энергетических характеристик с высокой функциональной сложностью [В.2–В.4].

Это предполагает высокое качество и надежность твердотельной СВЧ ЭКБ, что неразрывно связано с технологическими процессами создания ЭКБ.

Для обеспечения качества и повторяемости технологических процессов требуется высокоэффективная система контроля, опирающаяся, что не менее важно, на соблюдение стандартов и нормативных документов, определяющих методы контроля технологических операций.

Новые технологии, в настоящее время внедряемые в СВЧ электронику, наиболее остро нуждаются в научно обоснованной системе и методах контроля [В.5].

Основной методологией такой системы является техническое регулирование, законодательно закрепленное в ФЗ «О техническом регулировании» от 27.12.2002 г. №184-ФЗ (действующая редакция от 23.06.2014 г.), определяющем требования к стандартизации и каталогизации методов контроля технологических процессов производств, а также контроль обоснованности степени риска в зависимости от значимости результатов научной и научно-технической деятельности.

Важнейшей задачей при организации системы контроля новых технологий является защита интеллектуальной собственности, созданной как в результате создания новых технологий и приборов, так и в результате создания системы и методов их контроля в процессе производства.

В рамках данной книги сделана попытка освещения перечисленных проблем и задач применительно к стремительно развива-

ющейся в настоящее время технологии создания СВЧ приборов на основе гетероэпитаксиальных структур  $\text{Ga}_x\text{Al}_{1-x}\text{N}/\text{GaN}$ .

При построении системы контроля технологии основными являются физические методы контроля исходных материалов и структур, а также пооперационные методы технологического контроля, которые обеспечивают качество и повторяемость технологических процессов. Следует отметить, что необходимо также применять физические методы контроля, включенные непосредственно в технологический процесс (контроль *in situ*).

При входном контроле теплопроводящих подложек и гетероструктур это: выявление точечных дефектов, комплексов примесных атомов с собственными дефектами, многовакансионных центров с участием кислорода и углерода, дефектов упаковки (в том числе окислительных и эпитаксиальных), выделений второй фазы (преципитаты), содержания тяжелых металлов (железа, меди, золота и др.).

При механической обработке – контроль минимальной глубины нарушенного слоя на каждой операции и его отсутствие на заключительной операции химико-механической полировки. В эпитаксиальных структурах – контроль дислокаций несоответствия, линий и полос скольжения дислокаций, морфологии и дефектов поверхности.

Для пооперационного контроля технологических процессов эффективно применение оптических методов, основанных на использовании явлений поглощения, отражения, интерференции и поляризации излучения, взаимодействующего с исследуемым или контролируемым объектом. Эти методы бесконтактные и, как правило, неразрушающие. Оптические методы позволяют контролировать геометрические параметры заготовок, пластин, структур (толщину структуры и отдельных ее слоев, отклонение от плоскости), качество обработки, дефекты поверхности слоев, покрытий, нарушенные слои, состав диэлектрических пленок, их показатель преломления и др.

Перспективны металлографические методы, основанные на использовании селективного травления, декорирования с последующим просмотром образцов под микроскопом [В.6, В.7].

Рентгеновские методы: рентгеновская дифрактометрия [В.8], методы рентгеновской топографии, а также методы трансмиссионной электронной микроскопии [В.9] эффективно используют

ся для выявления и исследования дефектов в полупроводниковых материалах и металлах. Растровая электронная микроскопия [В.10] применяется для контроля топологии и дефектов поверхности полупроводников (селективная эпитаксия), диэлектрических и металлических покрытий.

И, наконец, основным критерием качества и востребованности разработанной ЭКБ являются результаты ее применения в радиоэлектронной аппаратуре.

Структура предлагаемой книги содержит следующие разделы.

Глава 1. Посвящена методам технического регулирования и защиты интеллектуальной собственности, а также стандартам и нормативным документам, определяющим технологию создания электронных приборов на широкозонных материалах и методы контроля технологических процессов.

Глава 2. Содержит описание технологического процесса создания СВЧ электроники на нитриде галлия и определение ключевых контрольных точек технологического процесса, обеспечивающих надежность изделий СВЧ электроники. Здесь же дана классификация методов контроля.

Глава 3. Посвящена методам электрического и теплового контроля характеристик элементов конструкции СВЧ приборов: теплопроводящих подложек, гетероэпитаксиальных, металлических и диэлектрических слоев структур, омических контактов, барьеров Шотки и др. Методы включают измерение удельного сопротивления, концентрации и подвижности носителей зарядов, методы измерения вольт-фарадных характеристик полупроводниковых структур, методы контроля теплопроводности.

Глава 4. Содержит анализ оптических методов контроля результатов технологических операций, включая методы оптической микроскопии, методы эллипсометрии, оптические методы контроля, основанные на исследовании спектральной зависимости коэффициента отражения, методы контроля фотолюминесценции.

Глава 5. Посвящена методам рентгеновского контроля и включает методы рентгеновской дифрактометрии, методы построения рентгеновских топограмм и методы рентгеновской дефектоскопии.

Глава 6. Содержит анализ использования методов электронной и ионной микроскопии и спектрометрии при анализе техно-

логического процесса создания изделий СВЧ электроники, таких как просвечивающая и растровая электронная микроскопия.

Глава 7. Посвящена методам электронной и ионной спектроскопии: методам электронной оже-спектроскопии, вторично-ионной масс-спектрометрии и спектроскопия обратного резерфордского рассеяния.

Глава 8. Содержит результаты разработок, проводимых в течение последнего десятилетия в НПП «Пульсар» на основе описанных в этой книге технологических процессов и методов их контроля, что служит иллюстрацией эффективности изложенных в книге методов сквозного контроля технологии создания твердотельной СВЧ электроники.

Следует отметить, что технологии создания СВЧ приборов на основе гетероэпитаксиальных структур  $\text{GaN}/\text{Ga}_x\text{Al}_{1-x}\text{N}$  посвящен ряд книг и обзоров [В.11–В.13]. В частности, методы контроля электрических и СВЧ параметров ЭКБ и твердотельных СВЧ модулей достаточно подробно описаны в [В.13]. Ряд книг и обзоров [В.6–В.14] посвящен отдельным проблемам контроля свойств материалов и структур, однако в них отсутствует единый подход к организации контроля технологического процесса в целом и его связи с характеристиками изделий твердотельной СВЧ электроники.

Все это подтверждает целесообразность издания предлагаемой книги, которая, по нашему мнению, найдет своего читателя среди научных работников, инженеров и технологов в области твердотельной СВЧ электроники.

### **Благодарности**

Авторы выражают глубокую благодарность сотрудникам ОАО «НПП «Пульсар», работы которых использованы в настоящей книге, а плодотворные обсуждения способствовали улучшению ее качества.

## Определения и сокращения

В настоящей книге применяются следующие термины, их определения и сокращения:

MODFET – modulation doped field effect transistor  
МЛГС – модулировано-легированные гетероструктуры  
MOCVD – Metal Organic Chemical Vapor Deposition  
ВАХ – вольт-амперная характеристика  
ПТМЛ – полевой транзистор с модулированным легированием  
ГЭС – гетероэпитаксиальная структура  
КД – конструкторская документация  
МП(Л)Э – молекулярно-пучковая (лучевая) эпитаксия  
ОКР – опытно-конструкторская работа  
ИХТ – ионно-химическое травление  
ПСИ – приемо-сдаточные испытания  
СВЧ – сверхвысокие частоты (от 300 МГц до 300 ГГц)  
ТД – технологическая документация  
ТУ – технические условия  
ТЗ – техническое задание  
ХСЛ – химически стойкий лак  
GaAs – арсенид галлия  
AlGaAs – арсенид алюминия-галлия  
InGaAs – арсенид индия-галлия  
FET – field-effect transistor (полевой транзистор)  
HEMT – high electron mobility transistor (транзистор с высокой подвижностью электронов).

## ГЛАВА I

# ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ СОБСТВЕННОСТЬ И СТАНДАРТЫ В ТЕХНОЛОГИИ СВЧ ТРАНЗИСТОРОВ

Внедрение в качестве индустриальных стандартов наиболее удачных технологических решений, широко распространенное в области IT-технологий, в настоящее время начинает применяться при создании перспективных технологий ЭКБ [1.83]. Использование стандартных технологических процессов предполагает в качестве основного элемента производственной сети предприятия системный интегратор, который формирует конечный продукт, используя проектные решения из некоторой библиотеки элементов. При использовании стандартных технологических процессов конкурентоспособность достигается за счет массовости производства.

Однако качественный скачок в увеличении функциональных возможностей СВЧ радиоэлектронной аппаратуры может быть достигнут с помощью ЭКБ, реализация которой не доступна в настоящее время конкурентам [1.84–1.86].

Обеспечение и удержание лидерства и при создании ЭКБ нового поколения обеспечивается двумя составляющими:

- мероприятиями, обеспечивающими технологическую безопасность разрабатываемых и производимых технических решений;
- конструкторской и технологической сложностью создаваемых промышленных объектов.

Данная глава посвящена мероприятиям, обеспечивающим технологическую безопасность, в частности ограничениям на использование интеллектуальной собственности и стандартам технологии.

### **1.1. Техническое регулирование как механизм обеспечения технологической безопасности Российской Федерации**

Отношения в сфере применения, установления и исполнения обязательных требований к процессам производства, эксплуатации



продукции регулируются Федеральным законом Российской Федерации от 27.12.2002 г. №184-ФЗ «О техническом регулировании» (далее Закон о техническом регулировании). В ст. 1 фиксируются основные понятия, такие как техническое регулирование, технический регламент, сертификация, стандартизация, знак соответствия, идентификация продукции, международный стандарт и др.

Формирование в стране комплекса технических регламентов, в первую очередь, направлено на защиту национальных научно-технических разработок и использование результатов научно-технической деятельности в интересах национальной экономики, т.е. на обеспечение технологической безопасности государства [1.1, 1.83].

Мировую тенденцию взаимодействия науки и общества можно охарактеризовать как быстро растущую информатизацию всей общественной жизни. Разработка и использование новых технологий стали ключевым фактором рыночной конкуренции, основным средством повышения эффективности производства и улучшения качества товаров и услуг. На долю новых знаний, воплощаемых в технологиях, оборудовании, образовании, подготовке кадров, организации производства, в развитых странах приходится от 80 до 95% прироста экономики. Успех предпринимательства и место России в современном мире все более определяются качеством человеческого ресурса, состоянием образования, уровнем практического использования знаний, научно-технической информации и инновационной активности экономики.

Спад производства и потребления 90-х годов привел к тому, что экономика оказалась перед долговременными системными вызовами, отражающими как мировые тенденции, так и внутренние барьеры развития. Один из них — усиление глобальной конкуренции, охватывающей не только традиционные рынки товаров, капиталов, технологий и рабочей силы, но и системы национального управления, поддержки инноваций, развития человеческого потенциала.

### **1.1.1. Концепция долгосрочного социально-экономического развития Российской Федерации на период до 2020 г.**

Основные направления деятельности Правительства Российской Федерации на период до 2018 г. направлены на техно-

логическое и инновационное развитие научных и образовательных организаций, бизнеса в части формирования направлений приоритетных научных исследований и разработок, создания образцов конкурентоспособной инновационной продукции, коммерциализации разработок, технологического перевооружения предприятий, формирования спроса на инновационную продукцию, а также повышение эффективности механизма финансирования, направленного на стимулирование реализации наукоемких исследований, разработок и их внедрения в реальный сектор экономики, и контроля за расходованием средств на научные исследования с привлечением общественности и бизнеса.

По мнению многих экспертов, необходимо принятие действенных мер для повышения уровня безопасности страны. Федеральный закон от 28 декабря 2010 г. №390-ФЗ «О безопасности» определяет понятие безопасности как состояние защищенности жизненно важных интересов личности, общества и государства от внутренних и внешних угроз. Государство, в свою очередь, осуществляет реализацию своих полномочий в данной сфере путем принятия правовых нормативных и нормативно-технических документов.

Важным элементом национальной безопасности является безопасность технологическая, под которой понимается состояние сохранности предельно допустимого уровня развития отечественного научно-технического и производственного потенциала, который в случае резкого изменения внутренних и внешних условий в худшую сторону гарантировал бы выживание национальной экономики за счет использования собственных интеллектуальных и технологических ресурсов, позволил бы стране сохраниться в качестве самостоятельной экономической единицы и гарантировать свою обороноспособность.

На сегодняшний день наиболее отчетливо вырисовываются три группы угроз:

- безвозмездное использование интеллектуального и технологического потенциала страны в интересах иностранных контрагентов, а также в нарушение международных обязательств по линии экспортного контроля;
- деформация структуры народного хозяйства в сторону экспортно-сырьевой направленности;

- разрушение критически важных технологических звеньев, обеспечивающих возможность воспроизводства экономического потенциала страны.

Проблема технологической безопасности имеет ключевое значение, что обусловлено повышением уровней конкурентной внутренней и международной борьбы за продвижение товаров на рынок с минимальными издержками и максимальной финансовой эффективностью. При этом технологическая самостоятельность становится существенным элементом конкурентоспособности государства в мировой конкурентной среде.

В этой связи государственное регулирование должно осуществляться путем создания новых правовых нормативных экономических и финансовых регуляторов, стимулирующих коммерческое использование результатов научно-технической деятельности, а также обеспечивающих балансы интересов творческих коллективов (авторов), организаций-разработчиков и производителей продукции, инвесторов и государства. Это позволит обеспечить проведение различными федеральными органами исполнительной власти согласованной политики, основанной на единых правовых, экономических и организационных механизмах, и приступить к созданию необходимых условий для ее реализации.

**Для реализации данных положений Госстандарт России возложил на ВНИИстандарт функции головного института по формированию единых методологических основ и проработке системных вопросов, связанных с созданием технических регламентов и стандартов.**

За время своего существования ВНИИстандарт приобрел прочные научно-технические традиции. Это – федеральный уровень решаемых задач, ориентация на самые современные проблемы и технологии, ответственность за подготавливаемые к принятию решения. Можно сказать, что его деятельность в силу своих особенностей нацелена на обеспечение безопасности личности, общества и государства. Представляется целесообразным развернуть работы по трем основным направлениям в этой сфере:

- обеспечение научно-методического обоснования структуры и номенклатуры федерального информационного фонда технических регламентов и стандартов;

- разработка нормативно-правовых основ технического регулирования в Российской Федерации и системы национальной стандартизации;
- разработка подзаконных нормативных документов и рекомендаций, определяющих методологию (правила разработки, построения и изложения) технических регламентов для предприятий, учреждений и организаций, а также физических лиц.

Реформа системы технического регулирования в Российской Федерации в связи с принятым Законом о техническом регулировании предопределяет необходимость реформирования всей системы проведения работ по стандартизации в стране как на федеральном уровне, так и на уровне субъектов хозяйственной деятельности.

К первоочередным мерам в области национальной стандартизации можно отнести необходимость проведения инвентаризации существующего фонда стандартов, определения на основе анализа итогов инвентаризации тех групп стандартов, которые могут и должны быть использованы при разработке технических регламентов. В эту категорию необходимо отнести стандарты, в первую очередь связанные с обеспечением безопасности продукции, работ и услуг.

В долгосрочной перспективе целесообразно ориентироваться на радикальное увеличение доли продукции высокотехнологичных отраслей в общем объеме промышленной продукции. Важнейшим условием решения этой масштабной задачи является организация работы по подготовке новых национальных стандартов с использованием последних достижений науки и техники. К сожалению, существующий фонд стандартов не удовлетворяет этому требованию, отдельные стандарты вообще не пересматривались на протяжении многих лет. Национальный стандарт должен обеспечивать выпуск только конкурентоспособной продукции, чего невозможно добиться без учета достижений науки.

В доктрине информационной безопасности, утвержденной Президентом Российской Федерации 9 сентября 2000 г., отмечается, что наиболее важными объектами информационной безопасности Российской Федерации в области науки и техники являются

результаты фундаментальных, поисковых и прикладных исследований, потенциально важные для научно-технического, технологического и социально-экономического развития страны, включая сведения, утрата которых может нанести ущерб национальным интересам и престижу страны, а также открытия, незапатентованные технологии, промышленные образцы, полезные модели, системы управления сложными исследовательскими комплексами.

Федеральным законом от 27 июля 2006 г. №149-ФЗ «Об информации, информатизации и защите информации» определено, что информационные ресурсы, являющиеся собственностью организаций, включаются в состав их имущества в соответствии с законодательством Российской Федерации.

Правовой режим информационных ресурсов определяется нормами, устанавливающими право собственности на отдельные документы и массивы документов, категорию информации по уровню доступа к ней, порядок правовой защиты информации. Информационные ресурсы могут и должны быть товаром, за исключением случаев, предусмотренных законодательством Российской Федерации. Владелец информационных ресурсов обязан обеспечить соблюдение режима обработки и правил предоставления информации пользователям в соответствии с законодательством.

Таким образом, к числу первоочередных задач, которые необходимо решать, относится обеспечение проведения инвентаризации всех имеющихся информационных ресурсов, в том числе полученных за последние пять лет результатов научно-технической деятельности. Это позволит сформировать соответствующие базы данных, которые, в свою очередь, после соответствующей стоимостной оценки должны быть учтены на балансе предприятия, в частности, на счетах нематериальных активов.

В настоящее время ВНИИСтандарт выполняет функции Федерального центра каталогизации продукции для федеральных государственных нужд, установленные Постановлением Правительства Российской Федерации от 11.01.2000 г. № 26 и от 02.06.01 г. №436.

Организационно-методической основой для проведения комплекса работ по каталогизации является разработанная ВНИИСтандартом Межведомственная программа каталогиза-

ции продукции для федеральных государственных нужд, которая предусматривает создание около 100 центров каталогизации видов продукции, в задачу которых входят сбор и обработка данных, а также их предоставление для формирования сводной части Федерального каталога продукции для федеральных государственных нужд. Это приводит к необходимости обеспечить обработку достаточно больших массивов информации с ограниченным доступом. Формирование и применение Федерального каталога должно обеспечить преимущество России для реализации своей продукции на внешних рынках.

При этом крайне важно иметь в виду, что обеспечение национальной безопасности и технологической независимости в условиях глобализации экономики в решающей степени зависит от возможности использования информационных, вычислительных и компьютерных технологий.

Создание суперкомпьютеров и использование высокопроизводительных вычислений относятся к факторам стратегического значения и входят в число важнейших приоритетов ведущих стран. По этой причине мировые лидеры — США и Япония — постоянно наращивают усилия в области функционирования супер-ЭВМ и жестко ограничивают возможности приобретения Россией мощных вычислительных систем.

На сегодняшний день производительность ряда разработанных в США и Японии вычислительных систем составляет 2—4 трлн операций в секунду. В США по программе «Ускоренная стратегическая компьютерная инициатива» предусматривается утраивать производительность суперкомпьютеров каждые 18 месяцев. К 2003 г. была создана система, обеспечивающая ввод систем производительностью 30 трлн операций в секунду.

Активизация работ по созданию многопроцессорных вычислительных систем класса суперЭВМ была инициирована в 1998 г. Министерством науки и технологий Российской Федерации совместно с Российской Академией наук, Минобразованием России и Российским Фондом фундаментальных исследований. В результате осуществления масштабного комплекса работ Россия становится третьей в мире страной, выполнившей разработку суперЭВМ терафлопной производительности, опережая страны ЕС.

Кроме того, использование в работе мощностей суперкомпьютера и информационной системы Госстандарта России позволит решить задачу объединения двух подсистем: Федеральной системы каталогизации продукции для федеральных государственных нужд и автоматизированного банка данных «Продукция России», формирование которого осуществляется на основе получаемых от производителей каталожных листов на народнохозяйственную продукцию. Указанные положения целесообразно включить в проект федерального закона «О каталогизации», который в настоящее время готовится Госстандартом России.

Указом Президента Российской Федерации от 02.07.98 г. №863 «О государственной политике по вовлечению в хозяйственный оборот результатов научно-технической деятельности и объектов интеллектуальной собственности в сфере науки и технологий» определено, что при осуществлении государственной политики одним из приоритетных является направление, обеспечивающее сбалансированность прав и законных интересов субъектов правоотношений, включая государство, в области создания, правовой охраны и использования результатов научно-технической деятельности и объектов интеллектуальной собственности в сфере науки и технологий. Следовательно, задачей государственного контроля результатов научно-технической деятельности должен быть контроль реализации прав и законности, проявляемых субъектами правоотношений интересов к получаемым результатам при их создании, правовой охране и использовании.

Постановлением Правительства Российской Федерации от 02.09.99 г. №982 «Об использовании результатов научно-технической деятельности» установлено, что права на результаты научно-технической деятельности, полученные за счет средств государственного бюджета, подлежат, при определенных в постановлении исключениях, закреплению за Российской Федерацией. Правомочность и законность применения указанных исключений также подлежит государственному контролю.

Этим же постановлением на государственных заказчиков возложено обеспечение закрепления за Российской Федерацией прав на результаты научно-технической деятельности и распоряжение

этимися правами, над чем, безусловно, должен осуществляться государственный контроль (надзор).

На исполнителей возложена обязанность незамедлительно уведомлять государственного заказчика обо всех созданных при реализации государственного контракта объектах интеллектуальной собственности в сфере науки и технологий, что также должно подвергаться экспертизе.

Одним из основных положений данного постановления является требование к уполномоченным федеральным органам исполнительной власти обеспечить проведение инвентаризации полученных результатов научно-технической деятельности и введение их в хозяйственный оборот.

Таким образом, вопросы порядка, правильности, компетенции и законности реализации прав собственника, хозяйственного ведения, оперативного управления результатами научной и научно-технической деятельности, установления режима и правил их обработки, защиты, копирования, распространения и распоряжения должны подлежать государственному контролю (надзору), а, следовательно, подлежат контролю все процессы, связанные с созданием, распространением и использованием национальных стандартов.

В этой связи на предприятиях необходимо разработать методологическую основу для проведения контрольно-надзорных мероприятий с учетом имеющегося научного потенциала.

Разработка национальной программы стандартизации на новых принципах требует обратить серьезное внимание на такую проблему, как защита информации. Если стандарт должен базироваться на последних научных достижениях, то необходимо создать механизм защиты сведений о нем.

Информация становится весьма ценным объектом, поскольку обладание ею – залог успешной предпринимательской деятельности. Некоторая информация приобретает для ее владельца действительную или потенциальную коммерческую ценность в силу неизвестности ее третьим лицам. В качестве таковой, к примеру, может выступать информация о процессе производства продукции, который, в свою очередь, регламентирован стандартами. Эта информация представляет собой коммерческую тайну в соответствии с Гражданским кодексом РФ (ГК РФ).



Производство книг на заказ  
Издательство «ТЕХНОСФЕРА»  
125319, Москва, а/я 91  
тел.: (495) 234-01-10  
e-mail: [knigi@technosphaera.ru](mailto:knigi@technosphaera.ru)

**Реклама в книгах:**

- модульная
- статьи

Подробная информация о книгах на сайте  
<http://www.technosphaera.ru>

**Груздов Вадим Владимирович**  
**Колковский Юрий Владимирович**  
**Концевой Юлий Абрамович**

## **Контроль новых технологий в твердотельной СВЧ электронике**

Компьютерная верстка – А.В. Бурага  
Корректор – Н.А. Шипиль  
Дизайн – М.А. Костарева  
Выпускающий редактор – О.Н. Кулешова  
Ответственный за выпуск – С.А. Орлов

---

Подписано в печать 10.11.2015  
Формат 60x90/16. Печать офсетная.  
Гарнитура Ньютон  
Печ.л. 20,5. Тираж 300 экз. Зак. №  
Бумага офсет №1, плотность 65 г/м<sup>2</sup>.

---

Издательство «ТЕХНОСФЕРА»  
Москва, ул. Краснопролетарская, д.16, стр.2

---

Отпечатано в ООО «Полиграфторг»  
428000, Чувашская Республика, г. Чебоксары, пр. И. Яковлева, 15.  
Тел. +7(8352) 28-77-98, 57-01-87  
[www.volga-print.ru](http://www.volga-print.ru)