

УДК 378

ПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ БУДУЩИХ СПЕЦИАЛИСТОВ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА НАНОГЕТЕРОСТРУКТУРНЫХ СВЧ-МОНОЛИТНЫХ ИНТЕГРАЛЬНЫХ СХЕМ: КОНЦЕПТУАЛЬНЫЙ ПОДХОД

Д. А. Жукалин

Воронежский государственный университет

Л. В. Поликарпова, И. В. Кирюшина*

Научно-исследовательский институт молекулярной электроники

Поступила в редакцию 15 апреля 2021 г.

Аннотация: в работе проведен анализ современных технологических процессов при производстве микро- и нанoeлектроники. Сформулированы квалификационные требования к специалистам в области наногетероструктурных СВЧ-монокристаллических интегральных схем, включая входные квалификации для выпускников образовательных организаций. Представлены разработанные функциональные карты видов профессиональной деятельности. Рассмотрены характеристики обобщенных трудовых функций.

Ключевые слова: трудовая функция, квалификационный уровень, карта вида профессиональной деятельности, специалист, производство изделий микроэлектроники.

Abstract: The paper analyzes modern technological processes in the production of micro- and nanoelectronics. The qualification requirements for specialists in the field of nanoheterostructure microwave monolithic integrated circuits are formulated, including entrance qualifications for graduates of educational institutions. The developed functional maps of professional activities are presented. The characteristics of generalized labor functions are considered.

Key words: labor function, qualification level, card of the type of professional activity, specialist, production of microelectronic products.

Введение

В настоящее время в объективной проверке уровня квалификации специалистов заинтересованы работодатели, работники и образовательные организации, осуществляющие подготовку кадров. Благодаря механизму Независимой оценки квалификации работодатели могут убедиться, что профессиональные навыки и знания сотрудника соответствуют требованиям, которые установлены для намеченной должности.

В системе независимой оценки особое внимание уделяется разработке и актуализации про-

фессиональных стандартов, которые начали создаваться в России в массовом порядке с 2013 г. по инициативе Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации [1, с. 2].

Решение о разработке и внедрении профессиональных стандартов в разных странах принимается с учетом важных для той или иной страны целей. Некоторые страны вообще предпочитают не разрабатывать такие документы и используют иные инструменты для обеспечения сбалансированности требований рынка труда и возможностей системы профессионального образования. Аргументом в пользу разработки профессиональных стандартов является обеспечение четкой связи между требованиями работодателей и образованием. Стандартизация позволяет постоянно следить за обновлением квалификаций и соответствием образовательных программ потребностям рынка [2, с. 75].

* За помощь в подготовке статьи авторы выражают благодарность руководителю проектов внедрения программ обучения, развития и оценки Научно-исследовательского института молекулярной электроники Н. Н. Забодаевой.

© Жукалин Д. А., Поликарпова Л. В., Кирюшина И. В., 2021

Одной из основных задач высших учебных заведений является обучение специалиста, готового к осуществлению профессиональной деятельности на высоком интеллектуальном и творческом уровне, способного не только решать поставленные задачи, но и выявлять проблемы и находить новые нестандартные творческие решения этих проблем [3, с. 81].

Возможности технологии микро- и нанoeлектроники постоянно развиваются. Современные производственные процессы требуют от специалистов целый спектр профессиональных знаний и умений. Развитие технологии в последние десятилетия стало возможным благодаря разработке и непрерывному совершенствованию технологических методов, обеспечивающих массовое производство и проектирование микро- и наноструктур с уникальными техническими параметрами.

Уровень развития электроники в стране определяет ее технологическую независимость, обороноспособность и информационную безопасность. Без собственной элементной базы невозможно развивать другие высокотехнологичные и наукоемкие отрасли. Для реализации этой задачи государство готово вкладывать огромные средства в поддержку восстановления отечественной микроэлектроники. Речь идет о многих миллиардах рублей, которые правительство готово направить из бюджета для стимулирования развития отрасли и постепенного импортозамещения. На начало 2021 г. называется цифра в 266 млрд рублей до 2024 г. Однако и эти деньги могут оказаться недостаточными: согласно дорожной карте, разработанной ГК «Ростех», для модернизации российской микроэлектроники в названный отрезок времени потребуется не менее 798 млрд рублей.

Сегодня на долю России приходится всего лишь 1 % на мировом рынке электроники. Лидерами мирового рынка микроэлектронных компонентов являются и, в обозримом будущем, останутся Китай, Тайвань, Южная Корея, Сингапур, Малайзия и США. Япония и страны Европы следуют со значительным отставанием. Безусловно, это связано с состоянием существующих в России технологий.

Необходимость разработки продукции на более передовом технологическом уровне, чем позволяют российские микроэлектронные производства, обусловлена более высоким уровнем конкуренции при меньших объемах производства на уже освоенных технологических уровнях. Формирование перечней актуальных профессиональных стандартов, квалификаций и механизмов их регулирования невозможно без их системного описания, опирающегося на мониторинг жизнен-

ного цикла квалификаций и функциональный анализ бизнес-процессов в конкретной отрасли (секторе экономики, отдельной компании), и создания актуальных, охватывающих все виды профессиональной деятельности профессиональных стандартов [4].

На сегодняшний день производство собственных интегральных схем, микросборок и микромодулей является одной из важных стратегических задач. Поэтому особенно актуально сейчас проводить исследование видов трудовой деятельности специалистов по производству изделий микроэлектроники и определять квалификационные требования к ним [5].

Анализ проблемы

Современные технологические процессы при производстве микро- и нанoeлектроники представляют собой последовательность большого числа технологических и контрольных операций. Технологический процесс производства интегральных микросхем и полупроводниковых приборов может в себя включать следующие операции:

- механическая обработка;
- химическая обработка;
- эпитаксиальное наращивание;
- получение маскирующего покрытия;
- фотолитография;
- введение электрически активных примесей для образования p- и n-областей;
- получение омических контактов;
- добавление дополнительных слоев металла;
- пассивация поверхности пластины;
- тестирование неразрезанной пластины;
- разделение пластин на кристаллы;
- сборка кристалла;
- электрические измерения и испытания;
- выходной контроль;
- маркировка.

Таким образом, технологии производства полупроводниковой продукции с субмикронными размерами элементов основаны на чрезвычайно широком круге сложных физико-химических процессов. Следовательно, особые требования предъявляются и к специалистам, планирующим профессиональную деятельность в электронной промышленности.

Для определения соответствия квалификации работника или лица, претендующего на осуществление определенного вида трудовой деятельности, положениям профессионального стандарта или квалификационным требованиям, установленным федеральными законами и иными нормативными правовыми актами Российской Федерации, проводится независимая оценка квали-

фикации (п. 3, 7 ст. 2, 4 Федерального закона от 03.07.2016 г. № 238-ФЗ «О независимой оценке квалификации» [6]).

При этом важно учитывать, что объективная оценка профессиональной квалификации связана с качественно проработанным и актуализированным Профессиональным стандартом.

Для того, чтобы система внедрения профессиональных стандартов работала эффективно, она должна быть применима всеми основными участниками процесса внедрения профессиональных стандартов, и в первую очередь – работодателями и работниками [7].

С точки зрения выгоды работодателя как участника системы профессиональных квалификаций можно выделить:

- экономию на процессах внутреннего обучения и переобучения вновь принятых работников;
- экономию на проведении оценки уровня подготовки соискателей на вакантные должности;
- оптимизацию внутренних процессов оценки персонала;
- структуризацию профессиональной деятельности работника;
- контроль профессионализма работников.

В настоящее время осуществляется работа по стандартизации различных профессий. В данной работе мы рассматриваем ключевые моменты, касающиеся разрабатываемого профессионального стандарта «Специалист в области наногетероструктурных СВЧ-монокристаллических интегральных схем».

Организация разработки профессионального стандарта

С целью разработки профессионального стандарта «Специалист в области наногетероструктурных СВЧ-монокристаллических интегральных схем» решались следующие задачи:

- учет современных требований рынка труда через описание видов профессиональной деятельности высокотехнологических компаний в области нанoeлектроники;
- учет практики применения действующих профессиональных стандартов в наноиндустрии, включая востребованность при проведении независимой оценки квалификаций;
- учет квалификационных требований при реализации полного производственного цикла в соответствии с бизнес-процессами производства высокотехнологичной продукции, начиная от «входного» уровня квалификации до руководителя производства;
- высокий потенциал востребованности при разработке образовательных программ в целях

опережающей подготовки специалистов для перспективных направлений производства в высокотехнологических отраслях;

- учет квалификационных требований для формирования «входных» квалификаций применительно к выпускникам образовательных организаций.

Важно, что в процессе разработки профессионального стандарта проходит обязательную профессиональную экспертизу. Экспертами выступают профильные специалисты с предприятий, преподаватели вузов и научные сотрудники научно-исследовательских организаций. По итогам профессиональной экспертизы в проект профессионального стандарта вносятся необходимые корректировки.

Квалификационные требования к специалистам в области наногетероструктурных СВЧ-монокристаллических интегральных схем

Основу национальной системы квалификаций РФ определяет национальная рамка квалификаций (НРК), которая представляет собой обобщенное описание квалификационных уровней и основных путей их достижения на территории России. В свою очередь квалификационный уровень – структурная единица (ступень) национальной рамки квалификаций РФ, характеризующая совокупностью требований к компетенциям, характеру умений и знаний, предъявляемых к работнику и дифференцируемых по параметрам сложности деятельности, а также ответственности и широты полномочий, требующихся в ней. Уровни квалификации в профессиональных стандартах утверждены приказом Минтруда России от 12.04.2013 г. № 148н для цели составления профстандартов.

Для большинства наукоемких направлений профессиональные стандарты включают в себя несколько квалификационных уровней. Профессиональный стандарт «Специалист в области наногетероструктурных СВЧ-монокристаллических интегральных схем» включает в себя два квалификационных уровня:

- 6-й уровень требует высшего образования по программе бакалавриата или среднего специального образования. Предполагает исключительно самостоятельную работу или работу по управлению группой людей (организацией или частью крупной организации). Характер умений – внедрение (улучшение) определенных технологических или методологических решений;
- 7-й уровень – это квалификация высшего руководства, ответственного за работу крупных ор-

ганизаций или подразделений, вследствие чего работник должен владеть навыками управления и стратегического планирования. Требования к высшему образованию в данном случае более серьезны: необходимо обучиться по программам специалитета или магистратуры.

Безусловно, шестой и седьмой уровни квалификации предъявляют целый спектр квалификационных требований к специалистам. При этом для каждой отдельной трудовой функции существует уникальный набор трудовых действий, необходимых умений и знаний.

Функциональная карта вида профессиональной деятельности

Функциональная карта – это основа профессионального стандарта, структурированное описание функций работников, выполняемых в рамках определенного вида профессиональной

деятельности специалиста. В процессе разработки функциональной карты профессиональная деятельность специалиста подвергается функциональному анализу, т.е. последовательному описанию и определению основных структурных компонентов.

Для разработки состава трудовых функций вида профессиональной деятельности специалистов в области наногетероструктурных СВЧ-монокристаллических интегральных схем использовались следующие методы: сбор и анализ содержания работы по документам, с помощью интервью, опросов, наблюдений и хронометража; метод субъективного анализа трудовой деятельности операторов; метод создания таблиц обобщенных трудовых функций – метод компетентностного подхода; методы сравнительного анализа; системный и процессный подход; методы абстрактного логического анализа.

Т а б л и ц а

Состав трудовых функций проекта профессионального стандарта «Специалист в области наногетероструктурных СВЧ-монокристаллических интегральных схем»

Обобщенные трудовые функции			Трудовые функции		
код	наименование	уровень квалификации	наименование	код	наименование должностей
1	2	3	4	5	6
А	Выполнение технологических операций производственного процесса создания СВЧ-монокристаллических интегральных схем	6	Выполнение технологических процессов создания наногетероструктурных подложек для СВЧ-монокристаллических интегральных схем	A/01.6	Инженер-физик Инженер-технолог Младший научный сотрудник
			Проведение технологических процессов создания наногетероструктурных СВЧ-монокристаллических интегральных схем	A/02.6	
			Проведение приборно-технологического моделирования компонентов наногетероструктурных СВЧ-монокристаллических интегральных схем	A/03.6	
			Проведение схемотехнического и электромагнитного моделирования конструкции наногетероструктурных СВЧ-монокристаллических интегральных схем	A/04.6	
В	Контроль параметров изготовленных наногетероструктурных СВЧ-монокристаллических интегральных схем	6	Контроль параметров изготовленных подложек	B/01.6	Инженер-конструктор Младший научный сотрудник
			Контроль параметров технологических процессов создания наногетероструктурных СВЧ-монокристаллических интегральных схем	B/02.6	
			Контроль статических параметров наногетероструктурных СВЧ-монокристаллических интегральных схем	B/03.6	
			Контроль динамических параметров наногетероструктурных СВЧ-монокристаллических интегральных схем	B/04.6	

Окончание табл.

1	2	3	4	5	6
С	Проведение постростовых технологических операций по созданию наногетероструктурных СВЧ-монокристаллических интегральных схем	7	Проведение технологического моделирования и расчетов технологических операций по созданию наногетероструктурных СВЧ-монокристаллических интегральных схем	С/01.7	Инженер-электроник Научный сотрудник
			Составление технологических карт по проведению процессов создания наногетероструктурных СВЧ-монокристаллических интегральных схем	С/02.7	
			Сборка стенда для проведения испытаний и измерений наногетероструктурных СВЧ-монокристаллических интегральных схем	С/03.7	
D	Организация и проведение испытаний наногетероструктурных СВЧ-монокристаллических интегральных схем	7	Составление программ и методик испытаний и измерений наногетероструктурных СВЧ-монокристаллических интегральных схем	D/01.7	Ведущий инженер-электроник Старший научный сотрудник
			Проведение испытаний наногетероструктурных СВЧ-монокристаллических интегральных схем на воздействие механических, климатических и специальных факторов	D/02.7	
E	Подготовка конструкторской документации для запуска в производство и разработка методик испытаний, контроля и отбраковки наногетероструктурных СВЧ-монокристаллических интегральных схем	7	Подготовка исходных данных для изготовления наногетероструктурных СВЧ-МИС	E/01.7	Ведущий инженер-конструктор Ведущий научный сотрудник Начальник производственного участка Начальник производственного отдела
			Обеспечение проведения измерений и испытаний изготовленных наногетероструктурных СВЧ-МИС	E/02.7	
F	Выполнение опытно-конструкторских работ полного цикла по созданию наногетероструктурных СВЧ-монокристаллических интегральных схем, руководство их конструированием и испытанием	7	Конструирование наногетероструктурных СВЧ-монокристаллических интегральных схем в соответствии с техническим заданием для выбираемой технологии	F/01.7	Ведущий инженер-технолог Ведущий инженер-физик Начальник лаборатории Начальник отдела
			Подготовка конструкторской документации для запуска СВЧ-МИС в производство	F/02.7	
			Руководство и контроль опытно-конструкторских работ по созданию наногетероструктурных СВЧ-монокристаллических интегральных схем	F/03.7	

Состав трудовых функций разрабатывался в соответствии со ст. 195.2 «Порядок разработки и утверждения профессиональных стандартов», ст. 195.3 «Порядок применения профессиональных стандартов» Трудового кодекса Российской Федерации [8], а также в соответствии с постановлением Правительства РФ от 22.01.2013 г. № 23 «О правилах разработки и утверждения профессиональных стандартов» [9].

Выводы и заключение

При разработке профессиональных стандартов применяется подход к формированию структуры, который описывает профессию как многоуровневую систему квалификаций. Разработка новых профессиональных квалификаций для наукоемких профессий определяет реальные требования рынка труда в условиях постоянно развивающихся высокотехнологичных производств, появления

новых специальностей и новых требований к потенциальным работникам.

Профессиональная деятельность специалистов в области наногетероструктурных СВЧ-монокристаллических интегральных схем является важной составляющей успешного развития электронной промышленности Российской Федерации. При этом критически важно, чтобы в актуализации подобных профессиональных стандартов принимали участие ведущие специалисты предприятий, имеющие большой опыт в производстве СВЧ-монокристаллических интегральных схем и понимание физики процессов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Соловьев В. П. Образовательные и профессиональные стандарты : проблемы, точки соприкосновения, перспективы инженерной подготовки / В. П. Соловьев, Т. А. Перескокова // Высшее образование сегодня. – 2017. – № 5. – С. 2–8.

2. Блинов В. И. Как рождаются и внедряются профессиональные стандарты / В. И. Блинов, Е. Ю. Есенина // Образовательная политика. – 2014. – № 1(63). – С. 74–77.

3. Горбашко Е. А. Профессиональные стандарты в подготовке кадров современного рынка труда / Е. А. Горбашко, Е. В. Васильева, П. Грэй // Стандарты и качество. – 2016. – № 7. – С. 80–85.

4. Рекомендации по применению профессиональных стандартов в организации, утвержденные министерством труда и социальной защиты РФ

*Воронежский государственный университет
Жукалин Д. А. – кандидат физико-математических наук, доцент кафедры физики полупроводников и микроэлектроники*

E-mail: d.zhukalin@mail.ru

Научно-исследовательский институт молекулярной электроники

Поликарпова Л. В. – заместитель генерального директора по организационному развитию и управлению персоналом

E-mail: lpolikarpova@niime.ru

Кирюшина И. В. – кандидат технических наук, начальник лаборатории

E-mail: ikiryushina@niime.ru

30 октября 2019 года. [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/72817320>

5. Красников Г. Я. Нанозлектроника : состояние, проблемы и перспективы развития / Г. Я. Красников, Н. А. Зайцев // Нано- и микросистемная техника. – 2009. – № 1. – С. 2–5.

6. Орлова Е. В. Независимая оценка квалификаций как инструмент оценки качества образования / Е. В. Орлова // Институты и механизмы инновационного развития : мировой опыт и российская практика : сборник научных статей 8-й Международной научно-практической конференции, Курск, 18–19 октября 2018 года / отв. ред. А. А. Горохов. – Курск : Юго-Западный государственный университет, 2018. – С. 256–258.

7. Поликарпова Л. В. Функциональный анализ деятельности операторов жидкостного прецизионного травления, прецизионной фотолитографии и эллионных процессов в высокотехнологичных производствах изделий микроэлектроники / Л. В. Поликарпова, И. В. Кирюшина, Н. Н. Забодаева, С. Н. Максимов // Электронная техника. Сер. 3: Микроэлектроника. – 2020. – № 2(178). – С. 53–67. – doi 10.7868/S2410993220020086.

8. Трудовой кодекс РФ. [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.consultant.ru/>

9. Правила разработки, утверждения и применения профессиональных стандартов : постановление Правительства РФ от 22.01.2013 г. № 23 (в ред. от 29.11.2018 г.) [Электронный ресурс]. – URL: <https://rosmintrud.ru/docs/government/106>

*Voronezh State University
Zhukalin D. A. – PhD in Physics and Mathematics, Associate Professor of the Physics of Semiconductors and Microelectronics Department*

E-mail: d.zhukalin@mail.ru

*Molecular Electronics Research Institute
Polikarpova L. V. – Deputy General Director for Organizational Development and Human Resource Management*

E-mail: lpolikarpova@niime.ru

Kiryushina I. V. – PhD in Technical Sciences, Head of Laboratory

E-mail: ikiryushina@niime.ru