

# Стратегия развития электроники в России в контексте общемировых технологических тенденций

Пленарная часть XIX Отраслевой научно-технической конференции радиоэлектронной промышленности и Международного форума «Микроэлектроника 2020»

Ю. Ковалевский



С 28 сентября по 3 октября 2020 года в г. Ялта состоялась XIX Отраслевая научно-техническая конференция радиоэлектронной промышленности, которая в этом году проходила совместно с Международным форумом «Микроэлектроника 2020». Объединенная программа конференции и форума включала множество мероприятий, проходивших в различных форматах и посвященных как научно-техническим вопросам, так и темам, имеющим прямое отношение к развитию отрасли.

В данной статье речь пойдет о пленарной части мероприятия, в рамках которой был представлен ряд докладов, а также состоялся открытый диалог «Текущие результаты и планируемые шаги по реализации Стратегии развития электронной промышленности РФ до 2030 года».



Пленарная часть конференции проходила в течение всего дня 29 сентября. Началась она с приветственного слова **заместителя Председателя Правительства Российской Федерации Ю.И. Борисова**, который отметил, что, несмотря на непростую обстановку, отрасль переживает определенный

подъем. В частности, запланированы масштабные мероприятия по созданию микроэлектронных производств, в первую очередь в Зеленограде. Преобразуется производство СВЧ-техники: на «Источе» реализуется масштабный проект по техническому перевооружению. За последние годы очень многое сделано руководством страны для поддержки отрасли, в том числе введены беспрецедентные преференции для работников ИТ-индустрии, которые будут распространяться и на электронную промышленность, а в Федеральные законы от 5 апреля 2013 года № 44-ФЗ и от 18 июля 2011 года № 223-ФЗ были внесены поправки, вводящие квоты на закупку отечественной

# В ЦЕНТРЕ РОССИЙСКИХ ТЕХНОЛОГИЙ

РОССИЙСКИЙ РАЗРАБОТЧИК И ИЗГОТОВИТЕЛЬ ВСЕГО СПЕКТРА ОБОРУДОВАНИЯ И МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ХИМИЧЕСКИХ И ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ПРОИЗВОДСТВА ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ. РОССИЙСКИЙ РАЗРАБОТЧИК ЗАЩИТНОЙ ПАЯЛЬНОЙ МАСКИ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ.



ВСЕ ХИМИЧЕСКИЕ  
И ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ  
ДЛЯ ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ ОТ ОДНОГО  
ПРОИЗВОДИТЕЛЯ



Организация  
нового  
производства  
печатных плат

Модернизация  
существующего  
производства

Внедрение новых  
технологий

Замена импортных  
материалов на  
отечественные

Разработка новых  
технологических  
процессов по  
техническому  
заданию Заказчика

Более 30 лет изготавливаем и внедряем технологические процессы для производства печатных плат

Собственная производственная площадка, научно-исследовательская лаборатория

Внедрение и отработка технологических процессов у Заказчика

Более 100 единиц оборудования, работающих на территории РФ

Технологическая поддержка на всех этапах сотрудничества

ТЕЛ./ФАКС: +7812 602-27-57  
INFO@ELMARU.COM  
WWW.ELMARU.COM

продукции при госзакупках и реализации инвестиционных программ естественных монополий, что должно резко поднять уровень отраслевых продаж в первую очередь в гражданском секторе.

Также Ю. И. Борисов указал на то, что за последние два года было организовано взаимодействие между радиоэлектронной отраслью и потребителями ее продукции. В частности, было упомянуто, что всего несколько лет назад продажи российской радиоэлектронной продукции в такую крупную сетевую компанию, как «Россети», практически отсутствовали. Сегодня же объем этих продаж составляет 12 млрд руб., а в перспективе он должен вырасти до 60 млрд.

Ю. И. Борисов также отметил высокий потенциал отрасли в области оборудования для телекоммуникаций, медицинской техники, внедрения современных цифровых решений для топливно-энергетического комплекса (ТЭК).

Вице-премьер подчеркнул, что сегодня отечественный рынок открыт для российских производителей электронной продукции, делается и будет делаться всё необходимое, чтобы они могли максимально обеспечить свое присутствие на этом рынке.



**Д. Н. Чернышенко, заместитель Председателя Правительства Российской Федерации,** курирующий исполнение программы «Цифровая экономика Российской Федерации», вышел на связь с участниками конференции удаленно. Он сообщил о том, что цифровая трансформация вошла в список из пяти национальных целей.

Рассказав об основных целевых показателях программы, Д. Н. Чернышенко отметил, что цифровая трансформация невозможна без развития электронной промышленности, и озвучил ряд мер, которые уже приняты государством для поддержки ИТ-индустрии и электронной отрасли. Среди данных мер – финансовые и налоговые льготы для ИТ-компаний. С 1 января 2021 года налог на прибыль для них будет снижен до 3%, практически в два раза будут снижены страховые отчисления с ФОТ. Также было указано, что в дополнение к первому пакету поправок к законодательству, которыми вводятся квоты на закупку отечественных решений государственными структурами и госкорпорациями, готовится второй пакет, который также создаст ряд преференций для российских компаний. Планируются, в частности, поправки для отмены НДС при закупке

рекламных услуг для продвижения отечественной продукции за рубежом.

В качестве важной информации было отмечено то, что до конца года в каждом региональном органе исполнительной власти будут назначены заместители руководителей по цифровой трансформации. Также будут утверждены отраслевые и ведомственные стратегии по этому направлению, и такие стратегии будут приняты в каждом регионе. Д. Н. Чернышенко призвал к участию в этой работе представителей электронной и радиоэлектронной отрасли с тем, чтобы обеспечить согласование векторов развития.



**Председатель Комиссии Государственной Думы по правовому обеспечению развития организаций оборонно-промышленного комплекса РФ В. В. Гутенёв**

указал в своем приветственном слове на то, что принятая в январе Стратегия развития электронной промышленности РФ и программные докумен-

ты ГК «Ростех» создают хорошую базу для развития в текущих сложных условиях, вызванных как пандемией и проблемами сырьевых рынков, так и существующей политикой сдерживания национальной экономики, проявляющейся в том числе в виде санкций. Эта база дополняется значительным увеличением финансирования радиоэлектронного комплекса со стороны федерального бюджета. По словам В. В. Гутенёва, огромную роль сыграют и недавно принятые поправки к Федеральным законам № 44-ФЗ и № 223-ФЗ, о которых также говорили Ю. И. Борисов и Д. Н. Чернышенко.

Присутствующие были проинформированы о том, что на момент мероприятия в портфеле Государственной Думы находилось 18 законопроектов, три из которых имеют непосредственное отношение к радиоэлектронному комплексу. В завершение приветственного слова В. В. Гутенёв выразил надежду на то, что в рамках отраслевой конференции будет сформирован новый пул инициатив, который при содействии со стороны органов законодательной власти удастся воплотить в жизнь с тем, чтобы задачи, поставленные Президентом РФ, были выполнены.

**Первый заместитель председателя Комитета Государственной Думы по энергетике В. С. Селезнёв** присоединился к мероприятию в онлайн-режиме. В своем приветственном слове он отметил, что реализация отраслевого

проекта «Цифровая энергетика» была бы невозможна без достижений отечественной микроэлектроники, поскольку электроэнергетика, состоящая из объектов критической инфраструктуры, должна строиться исключительно на российских разработках. В. С. Селезнёв привел примеры достижений в реализации проектов в области электроэнергетики, которые стали возможны благодаря развитию отечественной ЭКБ, в том числе проекта ПАО «Россети» «Цифровая трансформация 2030».

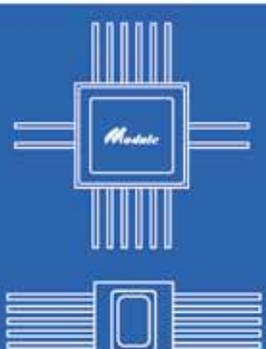


**Заместитель министра промышленности и торговли РФ О. Е. Бочаров** начал свое приветственное слово с того, что объединение планов по цифровизации экономики и развитию радиоэлектронной промышленности является серьезным драйвером и что на данном мероприятии явно заметно, как меняется отрасль и настроения в ней. Было отмечено, что по истечении всего одного года

и двух месяцев после одобрения Правительством РФ Единого реестра российской радиоэлектронной продукции практически 100% конкурсов, которые до конца года проводило ПАО «Ростелеком», были выиграны отраслевыми предприятиями. От консорциума вычислительной техники поступило предложение отказаться от зарубежных планшетов для проведения Всероссийской переписи населения, и сейчас эти изделия серийно производятся на двух российских предприятиях.



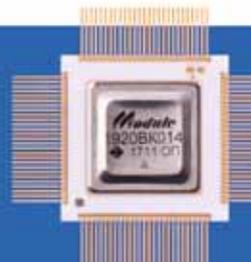
О. Е. Бочаров напомнил, что лишь 50% из обозначенных 800 млрд руб. инвестиций в отрасль до 2024 года будет получено из бюджетных средств, а остальная их часть должна быть привлечена из других источников. Также было отмечено, что демозона мероприятия показывает, что гордиться есть чем, однако по материалам, средствам производства и некоторым другим направлениям имеется значительное отставание. Поэтому необходимо параллельное движение по всем направлениям развития.



Операционные усилители

**5417УА015**  
**5417УА025**  
**5417УА035**

Радиационно-стойкие мал шумящие операционные усилители для работы в системах обработки аналоговых сигналов.



Радиационно-стойкий контроллер МКПД+ППУ

**1920BK014**

Обеспечивает сопряжение процессора с резервированной магистралью.

Экономия места и энергопотребления в радиоэлектронном оборудовании: микроконтроллер и приемопередатчик интегрированы в едином кристалле.

+7 499 152 96 98  
rusales@module.ru  
www.module.ru



Мультиконтроллер на основе ядра ARM Cortex A5

**1888BC048**

Мультиконтроллер интерфейсов CAN/МКИО/UART/GbE/ARINC-429/GPIO/SPI с системным интерфейсом PCI Express 2.0

Предназначен для создания малогабаритных интегрированных информационно-управляющих систем.



НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЦЕНТР

**30 лет**



Первый доклад пленарной части представил **директор Департамента радиоэлектронной промышленности Минпромторга России В. В. Шпак**. В начале доклада, тема которого была обозначена, как «Подходы к реализации Стратегии развития электронной промышленности Российской Федерации на период

до 2030 года», В. В. Шпак напомнил ключевые ориентиры, обозначенные в данном документе. Это рост выручки в 2,5 раза – до 5,2 трлн руб. и рост экспорта в 2,7 раза – до 12 млрд долл. США. Чтобы достичь этих амбициозных целей, государство запланировало выделение дополнительных средств в общем объеме 350 млрд руб. на ближайшие три года. По словам докладчика, в перспективе десяти лет отрасли потребуются финансирование в объеме порядка 1 трлн руб., что позволит не только сократить отставание от мировой промышленности, но и по некоторым направлениям вырваться вперед.

Помимо кратного увеличения финансирования, для достижения поставленных целей необходимы новые подходы к реализации отраслевых мероприятий. Поэтому был определен матричный подход к потребностям отрасли на основе сквозных проектов, в рамках которого выстраивается прозрачный диалог с отраслью, исключается дублирование финансирования и выявляются критичные направления, без которых невозможен технологический суверенитет страны. На момент мероприятия были определены 13 сквозных проектов исходя из емкости рынка и роли государственного регулирования в соответствующих нишах. В. В. Шпак подчеркнул, что список сквозных проектов не является закрытым и его дальнейшее формирование должно быть предметом в том числе обсуждений в рамках конференции.

Для создания отечественных продуктов необходимо развитие всех существующих технологических переделов. Среди приоритетных технологических направлений были названы следующие: микроэлектроника; электротехника; СВЧ-электроника; пассивная электроника; фотоника; радиофотоника; средства производства, включая материалы и оборудование; САПР. Отдельным ключевым направлением является подготовка кадров, работа по которому осуществляется в тесном контакте с Минобрнауки России.

Комплекс мер поддержки со стороны государства должен охватить все направления развития, включая проекты с долгим периодом окупаемости, такие как разработка САПР, технологических материалов, создание центров

проектирования и новых производств. Такие проекты должны быть в фокусе государства и будут пользоваться прямой финансовой поддержкой.

Кроме того, есть проекты, которые критичны для страны в целом. К ним, в частности, относятся проекты в областях, испытывающих серьезное санкционное давление, таких как авиастроение, судостроение, автомобильная электроника. В этих областях необходимо оперативно проводить импортозамещение с тем, чтобы не допустить отставания развития. Такие проекты также будут финансироваться государством напрямую при обязательном последующем подтверждении реализации и потребления соответствующих отечественных решений.

В качестве основного инструмента поддержки развития В. В. Шпак обозначил Постановление Правительства РФ от 17 февраля 2016 года № 109 о субсидировании затрат на НИОКР. Для продуктов с ограниченным объемом сбыта, таких как специальное технологическое оборудование и микроэлектронные компоненты, сейчас рассматривается другая мера поддержки, также связанная с субсидированием затрат на НИОКР, но с другим соотношением бюджетных и внебюджетных средств (90:10). Также планируется компенсация выпадающих доходов для отдельных видов микроэлектронной продукции при ее выводе на новые рынки.

С организационной точки зрения опорой для реализации Стратегии является диалог государства с отраслью на основе производственных консорциумов. Докладчик отметил, что с момента распада СССР существовавшие кооперационные цепочки были серьезно нарушены. Консорциумы должны стать инструментом воссоздания цепочек от самых нижних технологических переделов до конечных продуктов и сервисов. На момент мероприятия уже были созданы консорциумы по таким направлениям, как телекоммуникационное оборудование и связь, вычислительная техника, автоэлектроника, медицинские приборы и оборудование, аппаратно-программные комплексы и системы управления ТЭК. Ведется работа по созданию консорциумов по другим направлениям.

Помимо производственных, создаются консорциумы технологические. Среди них – ассоциации «Доверенная платформа» и «Консорциум дизайн-центров и предприятий радиоэлектронной промышленности».

В. В. Шпак отметил, что будет приветствоваться любая форма самоорганизации бизнеса для взаимодействия с государством.

Основным нормативным документом в регулировании внутреннего рынка для поддержки отечественных производителей является Единый реестр российской радиоэлектронной продукции. На данный момент действуют преференции в соответствии с Федеральными законами № 44-ФЗ и № 223-ФЗ, однако практика показывает, что этих мер недостаточно, и уже подготовлено



Департамент радиоэлектронной промышленности  
Министерства промышленности и торговли РФ

# АО «ГРУППА КРЕМНИЙ ЭЛ»

располагает парком нового высокоточного оборудования для механической обработки и выполняет следующие виды работ:

- токарная обработка;
- термообработка;
- фрезерная обработка;
- холодная штамповка;
- электроэрозионная обработка;
- литье пластмасс под давлением.
- шлифовальная обработка;

Изготовление деталей, пресс-форм, штампов, технологической оснастки, а также других металлоизделий по чертежам, образцам или эскизам заказчика.

## ЗАГОТОВИТЕЛЬНЫЙ УЧАСТОК:

- ленточно-пильный станок модели BS 360 A (Китай);
- ножницы гильотинные СТД-9АН (6x2500) (Беларусь);
- оборудование для гидроабразивной резки Milestone 1720 (Италия).

## ПРЕССОВЫЙ УЧАСТОК:

- прессы Yangli JH21-25B, Yangli JC23-6,3D, Yangli J23-16D (Китай).

## ТЕРМИЧЕСКИЙ УЧАСТОК:

- печи СДО-4.8.3/11,5 и СДО-4.8.3/8 (Россия);
- установка для нагрева токами высокой частоты ВЧ-60АВ (Россия).

## СЛЕСАРНО - СБОРОЧНЫЙ УЧАСТОК:

выполнение различных работ по сборке узлов и изделий, а также выполнение широкого спектра слесарных работ.

## ФРЕЗЕРНЫЙ УЧАСТОК:

оборудование компании DMG MORI:

- пятикоординатный обрабатывающий центр с возможностью силового фрезерования с поворотом стола - DMU 75 monoBLOCK (Германия);
- трехкоординатный фрезерный станок модели DMC 635 V ecoline (Россия).

## УЧАСТОК ЭЛЕКТРОЭРОЗИОННОЙ ОБРАБОТКИ:

- станки компании Sodick модели AG40L, ALC 400G, AP 250 oil (Япония);
- оборудование для полустиковой обработки марки АРТА (Россия).

## ТОКАРНЫЙ УЧАСТОК:

- токарно-фрезерный станок DMC DL6 TMH (Южная Корея);
- токарный прутковый полуавтомат NEXTURN SA20PY (Южная Корея);
- CNC-универсальный станок CTX 310 ecoline (Россия);
- прецизионный токарно-винторезный станок SAMAT 400S/S класса точности А (Россия);
- универсальный токарный станок с минипрограммным (оперативным) управлением SAMAT 400 XC (Россия).

## КОНТРОЛЬНЫЙ УЧАСТОК:

- профильный проектор Nikon V12BDC (Япония);
- контрольно-измерительная машина CONTURA G2 7/7/6 Direct (Германия).

## ШЛИФОВАЛЬНЫЙ УЧАСТОК:

- плоскошлифовальные станки ЛШ;
- круглошлифовальный станок с ЧПУ (EGP-3860CNC);
- плоскошлифовальный станок с ЧПУ (МК7363);
- универсальный заточной станок (СМ-А).



постановление Правительства РФ о введении запрета закупок импортных аналогов для государственных и муниципальных нужд при наличии соответствующих отечественных решений, внесенных в Реестр.

Было отмечено, что отечественным компаниям на открытых рынках пока сложно конкурировать, поэтому внимание министерства сосредоточено на регулируемых рынках. По итогам 2019 года объем государственных и муниципальных закупок на этих рынках составил порядка 900 млрд руб., при этом доля российских производителей по примерным оценкам не превышает 20%. Для повышения этой доли предлагается подход, основанный на стартовых заказах, призванных обеспечить исходный пул заказов, в том числе в рамках развития цифровой экономики. Для формирования стартовых заказов предлагается определить кураторов в лице заместителей Председателя Правительства РФ и представителей профильных министерств и ведомств. Этот подход уже нашел поддержку на уровне Председателя Правительства РФ, и в скором времени планируется его представление Президенту Российской Федерации.

В. В. Шпак отметил, что главным заказчиком отрасли должен быть рынок, и конкурентность предприятий должна обеспечиваться за счет не только регулятивных мер, но в первую очередь соответствия их продукции рыночным ожиданиям; необходимо стремиться к высокому качеству изделий, а государство должно быть уверено, что все инвестиции с его стороны приведут к созданию продуктов и решений, востребованных на рынке.

Те государственные инвестиции, которые будут выделены в ближайшем будущем, призваны сыграть роль стартовой площадки, но в дальнейшем должны заработать обычные рыночные механизмы. Доля инвестиций со стороны бизнеса должна быть тем выше, чем ближе объект инвестирования к конечному продукту. Этот подход позволит обеспечить реинвестирование со стороны производителей конечных решений в сторону нижних переделов. Доля частных инвестиций должна постепенно возрастать, и ожидается, что к 2025 году их объем превысит размер государственных вложений, которые будут сделаны на старте.

В завершение доклада В. В. Шпак оценил текущую ситуацию как исторический шанс для развития отрасли, которым она обязательно должна воспользоваться.

Один из докладов научной тематики, сосредоточенный на перспективах кристалльных технологий, а именно технологий с топологическими размерами менее 5 нм, был представлен **академиком РАН, руководителем приоритетного технологического направления «Электронные технологии», генеральным директором АО «НИИМЭ» Г. Я. Красниковым.**



Докладчик отметил, что в этой области разворачиваются события, важные для перспектив увеличения плотности транзисторов на единицу площади. Было выделено три основных направления, в которых ведутся разработки. Первое из них связано с увеличением подвижности основных носителей заряда в каналах. Второе направление – снижение паразитных эффектов, что в основном касается уменьшения сопротивления металлизации, емкостных эффектов, борьбы с различными токами утечки. Эти задачи решаются не только за счет конструктивных решений, но и посредством применения новых материалов. Третье направление – создание новых транзисторных структур.

В своем докладе Г. Я. Красников остановился преимущественно на третьем направлении.

Проведя краткий обзор истории структур транзисторов от планарных до многоплавниковых FinFET и указав на ряд достоинств технологии FinFET с точки зрения не только размеров, но и параметров транзистора, докладчик познакомил присутствующих с некоторыми ключевыми элементами дорожных карт ведущих мировых фабрик. Так, было отмечено, что TSMC на данный момент запустила производство кристаллов по технологии с топологической нормой 5 нм, которая в сравнении с 7-нм технологией обеспечивает в 1,8 раза большую плотность компоновки, на 15% более высокое быстродействие либо на 30% меньшее энергопотребление при том же быстродействии. Сейчас TSMC готовится к запуску производства по технологии, которая обозначена, как N5+, и обладает на 5% более высоким быстродействием либо на 10% меньшим энергопотреблением, чем текущая технология 5 нм. Также компанией запускается опытное производство с нормой 3 нм, что позволит повысить быстродействие на 10–15% либо снизить энергопотребление на 25–30%, а плотность компоновки увеличить в 1,7 раза в сравнении с 5-нм технологией, достигнув плотности 292 млн транзисторов на 1 мм<sup>2</sup>.

Стоимость разработки такой технологии без учета затрат на строительство фабрики составляет порядка 4–5 млрд долл., а стоимость разработки ИС на ее основе, согласно данным TSMC, составит порядка 650 млн долл., в то время как для технологии 7 нм она находится на уровне 220 млн долл.

Докладчик при этом отметил, что в технологиях 7–5 нм еще не используется EUV-литография: длина волны при экспонировании составляет 193 нм.



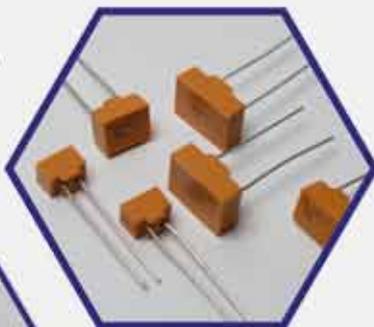
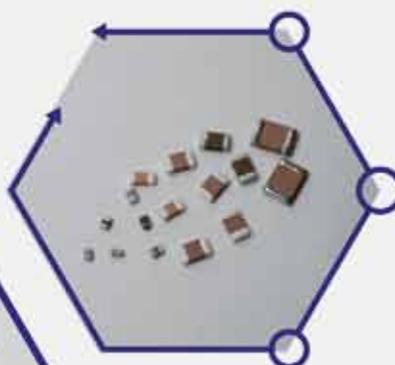
# КУЛОН

общество с ограниченной ответственностью

## РАЗРАБОТКА И ПРОИЗВОДСТВО КЕРАМИЧЕСКИХ КОНДЕНСАТОРОВ И ПРОХОДНЫХ ФИЛЬТРОВ

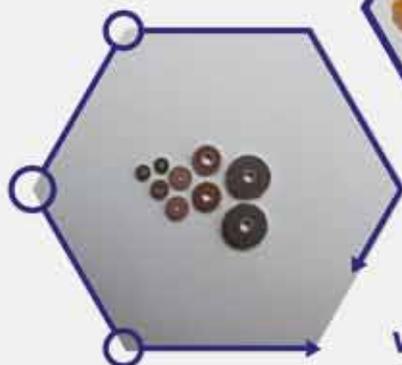
### СЕРИЙНАЯ ПРОДУКЦИЯ:

- многослойные конденсаторы – К10-17, К10-42, К10-47, К10-50, К10-54, К10-57, К10-79, КМК;
- трубчатые конденсаторы – ТК, К10-51К, КТП, КТ-1Е;
- фильтры – Б14, Б23А, Б23Б, Б28, Б29, Б7-2, Б24.



### РАЗРАБАТЫВАЕМАЯ ПРОДУКЦИЯ:

- варисторы ВР-18, ВР-19;
- фильтры Б36;
- конденсаторы К10-89, К10-90.



[www.kulon.spb.ru](http://www.kulon.spb.ru)

Официальный  
поставщик



[www.zolshar.ru](http://www.zolshar.ru)

192019, г. Санкт-Петербург,  
ул. Профессора Качалова, д. 3, литер К  
Тел.: +7 (812) 317-33-04,  
Факс: +7 (812) 412-61-63,  
e-mail: [office@kulon.spb.ru](mailto:office@kulon.spb.ru)  
[sale@kulon.spb.ru](mailto:sale@kulon.spb.ru)

Технология 3 нм станет последней у TSMC, в которой применяются структуры FinFET. Другие компании, такие как Samsung и IMEC, пошли по иному пути. Так, компания Samsung с 2017 года разрабатывает технологию Multi-bridge channel FET на основе так называемых нанослоев, представляющих собой по сути плавники, «уложенные» на бок, и на данный момент представила решение с топологической нормой 3 нм. Эти структуры позволяют преодолеть ограничения по толщине канала, свойственные для FinFET, более просты с точки зрения конструирования различных типов транзисторов и обладают лучшими электрофизическими характеристиками благодаря окружению каналов металлизацией затворов со всех сторон. По быстродействию данная технология опережает FinFET на 35%, по энергопотреблению при том же быстродействии – в два раза. Кроме того, она позволяет уменьшить напряжение питания до 0,7 В и ниже, в то время как для технологии FinFET оно не может быть менее 0,75 В. В дальнейшем – для уровней ниже 3 нм – все компании планируют использовать именно эту технологию.

Говоря про применение новых материалов, Г. Я. Красников упомянул про достижение IMEC в сотрудничестве с другими компаниями. Ими был создан канал на кремнии на основе InGaAs, позволивший достичь рекордных показателей быстродействия транзистора. Параллельно компанией IMEC ведутся работы в области транзисторов с германиевыми каналами. Докладчик напомнил, что транзистор, созданный в 1947 году Шокли, Бардиным и Браттейном, был германиевым, однако в дальнейшем транзисторы стали изготавливаться преимущественно на основе кремния, несмотря на то, что по электронной проводимости германий превосходит кремний в два раза, а по дырочной – в пять раз. Это было связано со сложностями формирования на германии диэлектрического слоя. Однако сейчас создание диэлектрика на германии стало возможно с помощью атомарно-слоевого осаждения. Таким образом, применение данного материала в производстве ИС снова становится перспективным.

Отдельно докладчик остановился на работе IMEC по созданию новой структуры, в которой n-канальный транзистор располагается над p-канальным, что при той же топологической норме автоматически увеличивает в два раза плотность компоновки. Эта технология открывает перспективы для размещения друг над другом транзисторов со структурой, отличной от представленной в работе, в том числе с топологической нормой менее 1 нм, что обещает прорыв в отношении увеличения числа транзисторов на единицу площади.

В завершение доклада Г. Я. Красников привел прогноз по количеству транзисторов на кристалле для технологии 1 нм, промышленное производство по которой ожидается

примерно в 2030 году: на 1 мм<sup>2</sup> будет приходиться более 1 млрд транзисторов, а на типичном кристалле размером 20×20 мм будет размещаться, соответственно, более 400 млрд транзисторов. С учетом 3D-компоновки их число может быть кратно выше, что откроет огромные возможности с точки зрения вычислительной мощности.



**В. А. Дёмин, директор-координатор по направлению природоподобных технологий НИЦ «Курчатовский институт»**, в начале своего доклада, который он озаглавил «Нейроморфные вычислительные системы на биоподобной компонентной базе: обзор, результаты работы и прогноз», отметил, что адепты искусственного интеллек-

та (ИИ), в частности Йошуа Бенжио, известный канадский специалист в данной области, в последнее время говорили о наступлении так называемой зимы, то есть о перспективе практически полного прекращения финансирования соответствующих технологий.

Далее были приведены имеющиеся на сегодняшний день проблемы развития нейроморфных вычислительных систем – направления, в котором ИИ реализуется на принципах подобия работы мозга млекопитающего, а также достижения в этой области. Были рассмотрены как простейшие модели нейросети, такие как перцептрон, работающий путем умножения вектора входных параметров на весовые коэффициенты с последующим применением нелинейной функции, так и более сложные решения, в частности сверточные нейросети, способные локализовать положение объекта в сетях более низкого уровня и с успехом применяющиеся, например, в системах машинного зрения в автомобилях, в том числе беспилотных, и нейросети с обратной связью, в которых данные обрабатываются несколько раз одной и той же сетью, при этом на каждой итерации сеть в дополнение к входным данным получает сведения о результатах предыдущей обработки. Нейросети с обратной связью нашли применение, в частности, в машинном переводе, качество которого в настоящее время соответствует уровню upper-intermediate.

Также докладчик упомянул про так называемое искусство ИИ – решение задачи, обратной распознаванию, когда нейросеть может, например, изменить заданное изображение таким образом, что оно превратится в картину в стиле определенного художника, или создать изображение несуществующего лица на основе двух заданных фотопортретов.

## Новая разработка



### Оксидно-электролитические танталовые объемно-пористые конденсаторы

Предназначены для работы в режимах постоянного и пульсирующего напряжения, в том числе в качестве энергоемких накопителей энергии в импульсных модуляторах. Обеспечивают высокую надежность и стабильную работоспособность в аппаратуре в широком диапазоне температур.

Технические условия: АЖЯР.673543.010 ТУ; АДПК.673543.005 ТУ.

Конструкция: герметизированные, полярные

|                                   |                     |
|-----------------------------------|---------------------|
| Номинальная емкость:              | 220 ... 22 000 мкФ  |
| Номинальное напряжение:           | 10 ... 125 В        |
| Допускаемое отклонение емкости    | ±10; ±20; ±30%      |
| Интервал рабочих температур:      | -60 ... +125°C      |
| ЭПС на частоте 100 кГц, не более: | 0,1 ... 1,0 Ом      |
| Ток утечки, не более, мкА         | 0,005 · Сном · Уном |
| Срок сохраняемости, не менее, лет | 25                  |

АО «НИИ «Гириконд» является первым разработчиком и единственным отечественным изготовителем нового поколения энергоемких танталовых оксидно-электролитических конденсаторов.



В качестве перспективного направления были обозначены импульсные, или спайковые, нейросети, в которых распространение сигнала осуществляется с определенной задержкой, что позволяет реализовать обработку причинно-следственных связей в рамках одного нейрона. Спайковые сети обладают высокой степенью подобия функционированию мозга млекопитающих: в мозге сигналы распространяются также с задержкой. Кроме того, данный тип сетей позволяет значительно снизить требования к вычислительным мощностям, поскольку обработка отдельных заданий может выполняться локально с задействованием отдельных групп нейронов (как это происходит в мозге млекопитающих), а не всей сети.

Для реализации нейровычислений на физическом уровне многообещающими выглядят мемристорные матрицы. Было показано, что мемристоры могут не только выполнять функции нейронов в спайковых сетях благодаря способности реагировать на задержку сигнала, но и сами генерировать нейроподобные импульсы – спайки. Таким образом, теоретически возможно создание нейрона на основе мемристора, размер которого может составлять порядка  $10 \times 10$  нм, без применения дополнительных компонентов.

Также было показано, что мемристорные спайковые сети допускают вариативность параметров отдельных мемристоров в достаточно широких пределах, в то время как формальные нейросети, в которых временная составляющая не применяется, очень требовательны к величине разброса характеристик нейронов.

НИЦ «Курчатовский институт» была опубликована работа, на первичном уровне показывающая теоретическую возможность относительно простой реализации на мемристорах на основе ниобата лития нейроморфных сетей с дофаминовым подкреплением, в которых реализуется аналог субъективного ощущения удовольствия, что позволяет нейросети взаимодействовать с окружающей средой и эффективно самообучаться.

В то же время на практике на мемристорах реализованы лишь небольшие сети, поскольку пока не существует физической структуры мемристора, которая отвечала бы всем необходимым требованиям. В этой области ведутся активные работы.

Докладчик отметил, что две из трех важнейших проблем дальнейшего развития ИИ, а именно сложность обучения, для которого необходимы огромные размеченные базы данных, и высокие требования к вычислительным мощностям, на сегодняшний день видятся преодолемыми благодаря прорывным разработкам недавнего прошлого. Проблемой, решение которой пока неочевидно, остается то, что нейросеть не обладает осознанностью действий или, проще говоря, не понимает, что делает. Однако и в этом направлении видятся некоторые пути, направленные на обучение нейросетей целенаправленно.

Из текущего состояния технологий ИИ и практических достижений в этой области, включая, в частности, способность обыграть человека в го – игру, комбинаторно более сложную, чем шахматы, и качество распознавания индивидуальных образов ИИ, сравнимое со способностями человека, а для групповых образов – превосходящее их, докладчик сделал вывод, что дискурс о зиме финансирования, вероятнее всего, связан не с тупиком, в который зашли работы в этом направлении, а скорее наоборот: с тем, что развитие происходит достаточно интенсивно, и это дает основание для возлагаемых на эти технологии надежд, которые могут оказаться «перегретыми». Чтобы общественная переоценка перспектив не привела к эффекту «лопнувшего пузыря» и финансирование не прекратилось из-за неоправдавшихся надежд, адепты искусственного интеллекта и говорят о перспективах зимы ИИ.



**Академик РАН, профессор НИУ МИЭТ, высококвалифицированный главный научный сотрудник лаборатории квантового дизайна молекулярных и твердотельных наноструктур ФИАН А.А. Горбачевич**

в начале доклада, посвященного квантовым технологиям, указал на то, что топологические нормы ИС

продолжают уменьшаться и, как говорил в своем докладе Г.Я. Красников, достижение нормы 1 нм ожидается в 2030 году, однако в то же время в последние годы быстрое действие (тактовая частота) остается практически неизменным, а удельная мощность, выделяемая современными процессорами, растет настолько быстро, что уже сейчас сопоставима с удельной мощностью ядерных реакторов. Таким образом, закон масштабирования Деннарда, заключающийся в повышении производительности процессоров путем уменьшения размеров транзистора и увеличения тактовой частоты, практически исчерпал себя. Возможности распараллеливания вычислений также не безграничны, что описывается законом Амдала. Эти ограничения связаны с фундаментальными законами и приводят к тому, что возникает потребность в принципиально новых подходах к построению вычислительных систем.

Основная часть доклада представляла собой обзор некоторых таких подходов из области, называемой Beyond CMOS, то есть технологий цифровой логики, которые могут позволить выйти за пределы границ масштабирования традиционных КМОП-технологий.



**РОССЕТИ**  
ФСК ЕЭС

 **148 300**  
км ЛЭП

 **951**  
подстанция

 **22 000**  
сотрудников

 **79**  
регионов России



новости отрасли  
[@rosseti\\_official](#)

Для преодоления энергетических ограничений основную задачу составляет поиск решений, которые позволили бы уменьшить значение подпороговой крутизны ниже термоэмиссионного предела, а управляющее напряжение – ниже предельных значений, определяемых для МОП-транзисторов шириной запрещенной зоны материала.

Один из подходов основан на применении триггерных механизмов и сводится к поиску таких объектов, которые, хотя и состоят из множества атомов, ведут себя, как единое целое, и которыми можно управлять достаточно слабыми воздействиями. В качестве примера может выступать сверхпроводящий конденсат, который характеризуется единой волновой функцией вне зависимости от размеров. Помимо возможного преодоления ограничений по подпороговой крутизне и величине управляющего напряжения, применение таких упорядоченных состояний может предоставить преимущества с точки зрения функциональной интеграции, поскольку позволит создавать, например, логические вентили в виде единых объектов, а не структур на основе отдельных транзисторов.

В области применения для этих целей сверхпроводимости одно из наиболее успешных решений было разработано советскими учеными и получило название «быстрая одноквантовая логика». В этом решении хранение информации осуществлялось в виде квантопотоков, то есть незатухающих циклических токов. Некоторое время это решение не позволяло получить преимуществ из-за того, что, хотя сами сверхпроводники в статическом состоянии не потребляли энергию, для обеспечения рабочего режима были необходимы токи смещения, распределение которых изначально осуществлялось через резистивные сети, приводившие к существенным энергетическим потерям.

Сейчас эта идея переживает ренессанс благодаря ее модификациям, сводящимся к замене резистивных сетей другими решениями. Наиболее развитой из них является взаимная квантовая логика (RQL).

По современным оценкам, переход от традиционной логики к подобным решениям может позволить снизить энергопотребление в 300 раз.

Другой подход заключается в замене диффузионно-дрейфового механизма токопереноса на квантовомеханическое туннелирование. При этом может быть достигнута величина подпороговой крутизны 3...10 мВ/дек, что намного меньше 60 мВ/дек, характерных для традиционной МОП-технологии. Было показано, что для функционирования такого прибора необходимо четыре декады. В этой области уже имеются существенные технологические достижения: современные туннельные транзисторы могут изготавливаться методом литографии, а перенос носителей заряда

в них осуществляется в вертикальном направлении, что в определенном смысле представляет собой элемент трехмерной интеграции.

Еще один подход не связан с квантовомеханическими эффектами и основан на транзисторах с «отрицательной» емкостью. Здесь роль триггера играет направление поляризации, смена которого приводит к изменению распределения поля. В этом направлении еще существуют области, требующие изучения и проработки, и в настоящее время ведется активная работа.

По мнению докладчика, наиболее ярким достижением последнего времени в области Beyond CMOS является магнитоэлектрическая спин-орбитальная логика. В данных функционально-интегрированных элементах применяется большое разнообразие физических явлений, в частности магнитоэлектрический эффект, поляризация тока, обратный спиновый эффект Холла. Компанией Intel на данный момент уже продемонстрированы отдельные элементы на основе данной логики с величиной управляющего напряжения 0,1 В, что намного меньше лучших результатов КМОП-технологий.

Докладчик указал на то, что задача отечественной науки – присутствовать в ряду разработчиков новых подходов Beyond CMOS и предлагать идеи, которые потенциально способны «заработать» после 2030 года, когда возможности масштабирования традиционных КМОП-структур, вероятно, будут полностью исчерпаны. Одной из таких идей, которая прорабатывается группой отечественных ученых, в том числе из ФИАН и МИЭТ, является квантовый интерференционный транзистор, в основе которого – разработанная данной группой теория открытых квантовых систем. Это решение относится к молекулярной электронике. Его разработчиками предложен механизм так называемого коллапса резонансов, который позволяет получить выигрыш в характеристиках прибора, чего не удавалось достичь с помощью определения уровней энергии молекулы путем измерения резонансов, антирезонансов и их комбинаций.

В результате могут быть получены характерные значения подпороговой крутизны на уровне 4...7 мВ/дек в зависимости от вида молекулы, а управляющего напряжения – порядка 10 мВ. Кроме того, нагрузочные характеристики прибора позволяют непосредственно подключать его выход к входу следующего каскада, что открывает возможность создания логических семейств.

В качестве итога доклада А. А. Горбачевич отметил, что на данный момент существует колоссальное разнообразие идей и предлагаемых вариантов решений Beyond CMOS, однако какие из них найдут применение в будущем – покажет время.

В рамках пленарной части прошел **открытый диалог «Текущие результаты и планируемые шаги по реализации Стратегии развития электронной промышленности РФ до 2030 года»**, модератором которого выступил **В. В. Шпак**. Данное мероприятие было построено в виде сочетания коротких докладов и живого общения аудитории с экспертами, в роли которых выступили **заместитель министра промышленности и торговли РФ О. Е. Бочаров**, **заместитель министра энергетики РФ П. Ю. Сорокин** и **генеральный директор ПАО «Россети» П. А. Ливинский**.

О. Е. Бочаров сообщил о ряде результатов в области создания условий для развития отрасли, а также раскрыл некоторые детали того, как будут работать меры поддержки предприятий в кооперационных цепочках. В своих кратких выступлениях П. Ю. Сорокин и П. А. Ливинский, как представители заказчиков для отечественной электронной и радиоэлектронной отрасли, рассказали о своих потребностях в российской продукции, обозначили потенциальные объемы закупок, а также поделились достижениями в области расширения применения отечественных решений в ТЭК.

Из зала был озвучен ряд вопросов и предложений, касающихся как регуляторной политики и организационных подходов к реализации Стратегии, так и таких областей, как подготовка кадров и взаимодействие с фундаментальной наукой. Поднятые вопросы были обсуждены с участием экспертов.



Вопросам привлечения частных инвестиций в микроэлектронную отрасль РФ был посвящен доклад **президента АО «Элемент» И. Г. Иванова**.

Докладчик сравнил инвестиционную картину в России и мире. За рубежом частные инвесторы охотно вкладываются в микроэлектронные компании; эта отрасль переживает своего рода бум венчурных инвестиций, и доходность вложений в такие компании очень высока.

В России же объем частных инвестиций в микроэлектронику очень низок. Инвесторы за редким исключением стремятся вкладываться в проекты под ключ на существующих, понятных и быстрорастущих рынках, ожидают высокой доходности и предполагают выйти из проекта через 5–7 лет. Создать такие условия для инвесторов отечественной микроэлектронике, будучи по сути формирующимся рынком, крайне проблематично. Кроме того, институты развития, стараясь себя обезопасить, часто предлагают такие условия финансирования, которые зачастую неприемлемы для микроэлектронных компаний.

Докладчик высказал мнение относительно мер, которые могли бы помочь изменить данную ситуацию



в нашей стране. Было указано на то, что к положительным результатам могут привести такие уже обозначенные меры со стороны государства, как субсидии для микроэлектронных предприятий в соотношении 90:10, запуск сквозных проектов, а также офсетные контракты. При этом сквозные проекты необходимо запускать как можно скорее.

Также было отмечено, что государству следует работать над обеспечением открытой защищенной среды для инвесторов.

В качестве рекомендаций предприятиям было озвучено, в частности, то, что им необходимо правильно подходить к структурированию проектов и рассматривать возможность выделения отдельных проектов в стартапы и спин-оффы. Также в перспективе могло бы помочь движение в сторону публичности организаций для привлечения инвестиций физических лиц, например, через фондовые рынки.



**Г. Ш. Хасьянова, генеральный директор ПАО «Микрон»**, начала свой доклад «Производственная база для реализации стратегии РЭП: новые идеи и модели» со статистических данных по миру, согласно которым более 50% новых разработок ИС в 2019 году было выполнено по старшим топологическим нормам – от 350 до 130 нм. Иными словами, многие

востребованные компоненты могут быть реализованы без применения передовых норм. В то же время запуск новых проектов даже на имеющихся у «Микрона» линиях с топологическими нормами 180 и 90 нм требует многомиллиардных инвестиций, и, чтобы окупить его в перспективе 5–7 лет, необходимо кратное увеличение рынка.

Также Г. Ш. Хасьянова сообщила, что на данный момент у Группы компаний «Микрон» имеются три производственные площадки в России, при этом в течение двух лет планируется закрытие площадки в Санкт-Петербурге, и все производство будет сосредоточено в Зеленограде и Воронеже. В то же время планируется открытие второй сборочной фабрики «Микрона» в Китае, а также развитие системы продаж за рубежом.

Было отмечено, что в группе компаний имеются программы по импортозамещению всех специальных технологических газов и части специальной химии, однако в силу малых объемов потребления и высоких

требований к технологическим материалам существует недостаток отечественных исполнителей и финансирования разработок. Эта ситуация может улучшиться после введения в строй коммерческого производства на «Ангстреме», а также фабрики 28 нм.

В докладе было уделено внимание и проблемам, связанным с обходом мер, которые призваны защищать отечественных производителей, в частности формированию технических требований, заведомо избыточных либо ориентированных на конкретного поставщика, а также указанию при закупке вместо продукции, которая подпадает под действие Постановления Правительства РФ от 10 июля 2019 года № 878, услуги, которая под данное постановление не подпадает. Для преодоления последней проблемы, по мнению Г. Ш. Хасьяновой, необходима более плотная совместная работа Минпромторга России с ФАС.

Еще одной проблемой является то, что микроэлектроника находится в «глубине изделия», и применение тех или иных компонентов связано с их окружением. Например, отечественный компонент может оказаться неприменимым, потому что необходимо использовать тот или иной интерфейс, который может быть проприетарным. Решением может служить переход от проприетарных решений к открытым стандартам.

В докладе были приведены и другие проблемы, с которыми сталкиваются отечественные микроэлектронные предприятия, и предложены пути их преодоления.

В конце своего выступления Г. Ш. Хасьянова пригласила компании отрасли воспользоваться отработываемой в настоящее время системой, когда Группа компаний «Микрон» будет предлагать не только изготовление на своих площадках изделий, разработанных российскими дизайн-центрами, но и осуществлять их продажу в качестве второго поставщика.

В рамках пленарной части конференции прозвучали и другие доклады. Так, **А. И. Беляков (Фонд «Сколково»)** представил доклад «Малые и средние дизайн-центры как точки роста и инновационного развития отрасли. Фонд „Сколково“ – обеспечение доступа к технологиям для малых и средних дизайн-центров»; **А. Б. Бутко (АО «РАСУ»)** – доклад «Комплексная программа развития направления электроники ГК „Росатом“»; **З. К. Кондрашов (АО «НИИМА „Прогресс“)** – доклад «Оценка и прогноз развития мирового и отечественного рынка навигационной аппаратуры и услуг. Тенденции в создании отечественной ЭКБ и радионавигационной аппаратуры»; **И. В. Ожгихин (АО «Швабе»)** – доклад «Об актуальности ЭКБ российского производства для ускоренного импортозамещения медицинской техники в горизонте 2030 года». ●

## SSD от GS Nanotech

Первые российские  
твердотельные накопители

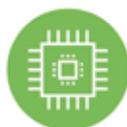
Заключение  
Минпромторга  
о подтверждении  
производства  
на территории РФ



Полный цикл  
производства  
в России



Производство  
сертифицировано  
по ISO 9001:2015



Собственная  
сборка модулей  
NAND-памяти



Разработка  
и производство  
под требования  
Заказчика

### Характеристики:

- Форм-фактор: 2,5" / M.2 / U.2 / нестандартный по требованию Заказчика
- Емкость: от 128ГБ до 2ТБ
- Интерфейс: SATA 6 Гбит/с; PCIe Gen 3x4 NVMe
- Тип памяти NAND Flash: MLC / TLC
- Мах скорость последовательной записи: до 520 Мб/с (SATA) / до 3200 Мб/с (PCIe)
- Мах скорость последовательного чтения: до 560 Мб/с (SATA) / до 3200 Мб/с (PCIe)
- Диапазон рабочих температур: коммерческий 0...+70°C / промышленный -40...+85°C

**Производство:**  
238050, Россия,  
Калининградская область, г. Гусев,  
ул. Индустриальная, д. 11

**По коммерческим вопросам:**  
197110, Санкт-Петербург,  
ул. Новолодожская, 4, кор. 1  
+7 (812) 332-86-68  
sales@gsnanotech.com

[www.gsnanotech.ru](http://www.gsnanotech.ru)