

С НОВЫМ 2020 ГОДОМ!

Руководители АО «НИИМЭ» поздравляют с Новым 2020 годом!



НАШИ ДОСТИЖЕНИЯ:

Академик Г.Я. Красников утвержден академиком-секретарем ОНИТ РАН



СОБЫТИЯ:

Корпоративный новогодний праздник Группы НИИМЭ



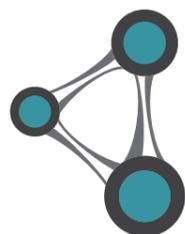
02

07

08

№ 5 (219) декабрь 2019

КОРПОРАТИВНАЯ ГАЗЕТА ГРУППЫ КОМПАНИЙ «НИИМЭ», РОССИЯ, МОСКВА, ЗЕЛЕНОГРАД



НИИМЭ
НИИ МОЛЕКУЛЯРНОЙ
ЭЛЕКТРОНИКИ

Наука

МИКРОЭЛЕКТРОНИКА – ОСНОВА ИННОВАЦИЙ

Газета выходит с 1992 года



В НОМЕРЕ:

С НОВЫМ 2020 ГОДОМ!	02
КОНФЕРЕНЦИИ И СЕМИНАРЫ	03
РАСТИМ СМЕНУ	04
ТЕРРИТОРИЯ ИННОВАЦИЙ	05
НОВОЕ В НАУКЕ И ТЕХНИКЕ	06
НАШИ ДОСТИЖЕНИЯ	07
СОБЫТИЯ	08

КОНСОРЦИУМ «ПЕРСПЕКТИВНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ЭЛЕМЕНТНАЯ БАЗА ИНФОРМАЦИОННЫХ И ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ» ПОДВЕЛ ИТОГИ 2019 ГОДА

23 декабря под председательством академика-секретаря ОНИТ РАН, руководителя приоритетного технологического направления по электронным технологиям, генерального директора АО «НИИМЭ» академика Г.Я. Красникова прошло заседание Консорциума «Перспективные материалы и элементная база информационных и вычислительных систем»

В работе заседания приняли участие представители ведущих профильных организаций и предприятий.

Открывая заседание, Г.Я. Красников подчеркнул важную роль Консорциума в планировании, организации и проведении работ по созданию элементной базы информационно-вычислительных и управляющих систем и материалов.

Консорциум создан АО «НИИМЭ» и рядом организаций РАН в 2016 году для решения актуальных задач современной и перспективной микроэлектроники.

СОСТАВ КОНСОРЦИУМА:

1. АО «НИИМЭ»
2. Институт проблем технологии микроэлектроники и особочистых материалов РАН
3. Физико-технологический институт им. К.А. Валиева РАН
4. Институт сверхчастотной полупро-

водниковой электроники им. В.Г. Мокурова РАН

5. Институт физики полупроводников им. А.В. Ржанова

6. Институт радиотехники и электроники им. В.А. Котельникова

7. Институт физики твердого тела РАН

8. ФИЦ «Информатика и управление» РАН

9. ФГУП «Экспериментальный завод научного приборостроения РАН

10. АО «НИИ Точного Машиностроения»

11. Национальный исследовательский университет «МИЭТ»

Предложения Консорциума легли в основу Плана фундаментальных исследований ОНИТ РАН. Целью плана фундаментальных научных исследований ОНИТ РАН является получение новых фундаментальных знаний в области информатики и информационных технологий, интеллектуальных систем цифровой экономики и

инструментов стратегического планирования. ОНИТ РАН развивает междисциплинарные исследования в области нанотехнологий, информатики и ЭКБ. В настоящий момент на основании представленных Планов отделений РАН ведется доработка проекта Программы фундаментальных научных исследований в Российской Федерации на долгосрочный период.

В ходе работы заседания Консорциум подвел итоги работы в 2019 году. Консорциум выступил организатором научно-технических мероприятий.

1. Научный семинар «Коррекция эффектов оптической близости в литографии», АО «НИИМЭ», 30.01.2019;
2. Научный семинар «Элементная база СБИС: транзисторные структуры, ИРЭ им. В.А. Котельникова РАН, 27.02.19;
3. Юбилейная научная сессия «55 лет НИИМЭ: годы труда и свершений», АО «НИИМЭ», 20.03.2019;
4. Научный семинар «Системы металлизации», РТУ «МИРЭА», 27.03.2019;

5. Научный семинар «Фундаментальные проблемы энергонезависимой резистивной памяти для нейроморфных систем», ИРЭ им. Котельникова РАН, 19.06.2019;

6. Семинар «Обзор актуальных исследований по практическим приложениям мемристоров для нейроморфных систем», АО «НИИМЭ», 31.07.2019;

7. Школа молодых ученых «Микроэлектроника-2019», 23.09-25.09.2019, пгт. Гурзуф, г. Ялта, республика Крым;

8. Конференция с международным участием «Электронно-лучевые технологии» «КЭЛТ-2019», ИПТМ РАН, г. Черноголовка, 30.09 – 03.10.2019;

9. Международный форум «Микроэлектроника» - 2019, 30.09.-05.10.2019, г. Алушта, Республика Крым;

10. I Международная конференция «Математическое моделирование в материаловедении электронных компонентов», ФИЦ ИУ РАН, 21.10. – 23.10.2019;

11. Научный семинар «Физика работы мемристора», АО «НИИМЭ», 30.10.2019;

12. Научный семинар «Акустооптика и акустоэлектроника», ИПТМ РАН, 27.11.2019;

13. Научный семинар «Квантовые вычисления», ИФТТ РАН, 11.12.2019.

В указанных мероприятиях без учета конференций приняло участие более 650 человек, заслушано около 150 докладов.

При подведении итогов заседания руководитель приоритетного технологического направления по электронным технологиям, генеральный директор АО «НИИМЭ» Г.Я. Красников отметил высокий уровень результатов работы Консорциума в 2019 году, выразил уверенность в дальнейшем усилении сотрудничества между организациями и предприятиями в области элементной базы и материалов в ходе реализации планов работы Консорциума в 2020 году.



ГЕННАДИЙ ЯКОВЛЕВИЧ КРАСНИКОВ

академик, руководитель приоритетного технологического направления по электронным технологиям, академик-секретарь Отделения нанотехнологий и информационных технологий РАН, генеральный директор АО «НИИМЭ»

2019 год завершился с хорошими результатами, объем нашей научно-технической продукции повысился на 20% по сравнению с 2018 годом, а за прошедшие три года мы его фактически удвоили. В 2019 году получены экспериментальные образцы энергонезависимой памяти, которая, по нашим оценкам, будет в несколько раз эффективнее по сравнению с существующими продуктами, кроме того, получены действующие образцы фотоприемников, сертифицирован наш дуальный чип, предназначенный для использования в платёжной системе «МИР».

В 2019 году мы сертифицировали физический датчик случайных чисел, что является очень важным для всей системы криптографической защиты.

Хотел бы отметить, что результаты нашей деятельности заметны в масштабах всей страны. В 2019 году наши сотрудники

получили ряд правительственных наград. В частности, Евгений Сергеевич Горнев Указом президента получил государственную награду — знак отличия «За наставничество», 4 сотрудника НИИМЭ получили премию Правительства РФ в области науки и техники. В 2019 году есть и награды от Академии наук, отмечающие высокий потенциал НИИМЭ. Е.С. Горнев избран членом-корреспондентом РАН. В 2019 году создано объединение «Элемент», с которым мы связываем надежды на будущее.

От себя лично и от руководства НИИМЭ хочу поздравить всех сотрудников с новым 2020 годом и желаю всем новых проектов и интересной работы. Уверен, что наш потенциал позволит справиться со всеми амбициозными задачами, которые мы запланировали на 2020 год.



НИКОЛАЙ АЛЕКСЕЕВИЧ ШЕЛЕПИН

первый заместитель генерального директора, доктор технических наук, профессор

2019 год был для нас весьма успешным. Мы завершили ряд важных проектов и заметно увеличили объем продукции. На 2020 год мы будем развиваться во всех направлениях работы и продолжим быть флагманом российской микроэлектроники.

Поздравляю всех сотрудников НИИМЭ с Новым Годом! Желаю вам поменьше огорчений, побольше новых надежд и свершений!



АЛЕКСАНДР СЕРГЕЕВИЧ КРАВЦОВ

заместитель генерального директора — главный конструктор

В 2020 году желаю вам новых интересных проектов, которые позволят реализовать большой научный и творческий потенциал. Желаю всем найти те новые направления и ниши, которые позволят развиваться не только на внутреннем, но и на международном рынке.



ВИКТОР ИВАНОВИЧ ЗЕННС

заместитель генерального директора по разработке и внедрению микросхем специального и космического назначения

В 2019 году были разработаны и поставлены комплекты микросхем различных типов для аппаратуры важнейших систем различного назначения. Завершены предварительные испытания изделий.

В рамках ряда ОКР в НИИМЭ впервые получены экспериментальные функционирующие образцы БМК емкостью 10 млн. вентиляей, выполненные по технологии 90 нм, разработаны и поставлены заказчику микросхемы для применения в космических аппаратах системы «ГЛОНАСС».

Желаю всем сотрудникам института крепкого здоровья, благополучия и достижения поставленных целей!

В ИПТМ РАН СОСТОЯЛСЯ НАУЧНЫЙ СЕМИНАР «АКУСТООПТИКА И АКУСТОЭЛЕКТРОНИКА»



27 ноября в ИПТМ РАН состоялся научный семинар по теме «Акустооптика и акустоэлектроника», организованный научным советом ОНИТ РАН «Фундаментальные проблемы элементной базы информационно-вычислительных и управляющих систем и материалов для ее создания» и научно-производственным Консорциумом «Перспективные материалы и элементная база информационных и вычислительных систем».

На семинаре председательствовал директор ИПТМ РАН д.ф.-м.н. Дмитрий Валентинович Рошупкин.

В работе научного семинара приняли участие 31 представитель из ведущих профильных организаций и предприятий: АО «Концерн «Созвездие», АО «НИИ «ЭЛПА», АО «НИИМЭ», ИПТМ РАН, ИПХФ РАН, ИРЭ им. В.А. Котельникова РАН, ИФТТ РАН, МГУ им. М.В. Ломоносова, МФТИ, НИТУ «МИСиС», ОАО «Фомос-Материалс», ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ», ФГУП ЭЗАН.

На семинаре были заслушаны 7 докладов, в обсуждении которых приняло участие 11 представителей вышеперечисленных научных организаций.

С вступительным словом выступил академик РАН, научный руководитель ИРЭ им. В.А. Котельникова РАН Юрий Васильевич Гу-



ляев — автор и разработчик использования поверхностно-акустических волн (ПАВ) в электронике. Ю.В. Гуляев предсказал и исследовал новый тип ПАВ, известных как волны Гуляева-Блюштейна, предсказал и исследовал новый класс транспортных явлений в твердых телах, связанных с увлечением электронов акустическими волнами, исследовал дифракцию света на акустических волнах в анизотропных, проводящих и активных средах, резонансные и нелинейные акустоэлектронные и акустооптические явления, акустооптические явления в оптических волокнах, исследовал взаимодействие спиновых волн с электромагнитными полями и электронами в слоистых структурах ферромагнетик-полупроводник.

Прозвучавшие доклады отразили уровень проводимых исследований в области совершенствования акустооптики и акустоэлектроники.



ники для создания элементной базы в нашей стране, что позволит составить объективные и научно-обоснованные планы развития российской микроэлектроники на ближайшие годы.

По окончании мероприятия председатель научного совета отметил важную роль развития перспективных отечественных подходов в области совершенствования акустооптики и акустоэлектроники для создания элементной базы, а также для обеспечения технологической независимости России.

Научному совету было рекомендовано провести во 2-м квартале 2020 года научную сессию по программе работ по акустоэлектронике совместно с НТС ВПК, а также предоставить материалы докладов для публикации статей в журналы «Микроэлектроника» и «Электронная техника. Серия 3. Микроэлектроника».

МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ «НЕЙРОННЫЕ СЕТИ ПОСЛЕЗАВТРА: ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ»

30 ноября по 1 декабря в Нижнем Новгороде прошла международная конференция «Нейронные сети послезавтра: проблемы и перспективы», в которой приняли участие сотрудники АО «НИИМЭ», начальники целевой поисковой лаборатории исследования нейроморфных систем (ЦПЛИНС) к.т.н. О.А. Тельминов и старший научный сотрудник, к.ф.-м.н. Г.С. Теплов.

Работа проходила в нескольких форматах, включая доклады участников, лекции, семинары и круглые столы. С докладами выступили представители около 40 профильных учреждений из 11 российских городов, а также Белоруссии, Казахстана, Германии и Великобритании.

В рамках круглого стола «Проблема ошибок, доверия и коррекции нейросетевого ИИ» вы-



ступил сотрудник АО «НИИМЭ» Георгий Теплов. Основной задачей конференции стало выделение в интенсивном современном развитии возможных проблем нейронных сетей и искусственного интеллекта и формирование подходов к их решению.

Во время своего визита в Нижний Новгород сотрудники ЦПЛИНС также посетили Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет имени Н.И.Лобачевского, где встретились с руководством университета, посетили лабораторию стохастических мультистабильных систем, инженеринговый центр, обсудили вопросы сотрудничества НИИМЭ, ННГУ и Научно-исследовательского физико-технического института ННГУ, определили план взаимодействия организаций в области мемристивных технологий.

По словам О.А. Тельминова и Г.С. Теплова, визит в ННГУ получился очень насыщенным: удалось наладить контакты со многими институтами, пообщаться с ведущими специалистами в области нейроморфных систем и искусственного интеллекта, в частности, Горбанем Александром Николаевичем (University of Leicester, Великобритания) и ННГУ им. Лобачевского, Нижним Новгородом) и Бернардо Спальоло (Palermo University, Италия).

Конференция прошла при поддержке проекта «Масштабируемые сети систем искусственного интеллекта для анализа данных растущей



НИИМЭ ПРИНЯЛ УЧАСТИЕ ВО ВСЕРОССИЙСКОЙ МОЛОДЕЖНОЙ КОНФЕРЕНЦИИ ПО ФИЗИКЕ ПОЛУПРОВОДНИКОВ И НАНОСТРУКТУР



25 по 29 ноября в Санкт-Петербургском Политехническом университете Петра Великого при поддержке Министерства науки и высшего образования состоялась 21 всероссийская молодежная конференция по физике полупроводников и наноструктур, полупроводниковой опто- и наноэлектронике, организованная Академическим университетом им. Ж.И. Алферова, Физико-техническим институтом им. А.Ф. Иоффе РАН и Санкт-Петербургским государственным университетом.

В конференции принял участие научный сотрудник НИИМЭ, аспирант кафедры микро- и наноэлектроники МФТИ Александр Сапегин со стендовым докладом «Оптический компаратор

на основе цепочки наночастиц». На конференции были представлены более 20 вузов и научных центров. На пленарных заседаниях студентами, аспирантами и молодыми учеными было сделано 48 устных докладов. Состоялась стендовая сессия (76 докладов) по разделам: «Объемные свойства полупроводников», «Процессы роста, поверхность, границы раздела», «Гетероструктуры, сверхрешетки, квантовые ямы», «Квантовые точки, квантовые нити и другие низкоразмерные системы», «Приборы опто- и наноэлектроники», «Новые материалы».

В программу было включены 2 приглашенных доклада ведущих российских ученых: «Ридберговские экситоны в записи меди» М.А. Семиной (ФТИ им. А.Ф. Иоффе РАН) и «Квантово-каскадные лазеры инфракрасного диапазона» Г.С. Соколовского (ФТИ им. А.Ф. Иоффе РАН).

Александр Сапегин отметил высокий уровень докладов и насыщенность программы конференции и добавил, что статья по материалам его стендового доклада будет опубликована в журнале «Journal of Physics: Conference Series» (издательство IOP Publishing).



размерности» по программе Государственной поддержки научных исследований, проводимых под руководством ведущих ученых в российских образовательных организациях высшего образования, научных учреждениях, подведомственных Федеральному агентству науч-

ных организаций, и государственных научных центрах Российской Федерации («мегагрант») Министерства науки и высшего образования Российской Федерации. Организатор конференции - ННГУ им. Лобачевского.





7 ЛУЧШИХ ДОКЛАДЧИКОВ СЕКЦИИ «МИКРОЭЛЕКТРОНИКА» ВСЕРОССИЙСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ МФТИ ПОЛУЧИЛИ ПОЧЕТНЫЕ ПАМЯТНЫЕ ПРИЗЫ

28 ноября в НИИМЭ состоялась торжественная вручение почетных памятных призов лучшим докладчикам секции «Микроэлектроника» 62 всероссийской конференции МФТИ. Секция «Микроэлектроника» проводилась 20 и 21 ноября в НИИМЭ, на ней было заслушано 24 тематических доклада студентов и аспирантов базовой кафедры «Микро- и наноэлектроника» в МФТИ, сотрудников НИИМЭ, студентов Национального исследовательского университета МИЭТ.

Жюри в составе председателя секции члена-корреспондента РАН, д.т.н., профессора Горнева Е.С., заместителя председателя д.ф.-м.н., профессора Итальянца А.Г., к.ф.-м.н. Матюшкина И.В., к.т.н. Орлова О.М., к.т.н. Плотникова Ю.И., к.ф.-м.н. Захарова П.С., к.ф.-м.н. Баранова Г.В., к.ф.-м.н. Теплова Г.С., Иванова В.В., секретаря секции аспиранта МФТИ Четверикова В.А. определило победителей:

- Шашкин В.С. с докладом «Конструктивные и технологические особенности интегрирующих акселерометров на основе электронных 3D гибридных сборок»;
- Скуратов И.Д. с докладом «Исследование процесса миниатюризации антенных элементов для малоразмерных АФАР методом электромагнитного моделирования»;
- Ромодин М.С. с докладом «Анализ механизма потерь СВЧ сигнала в НЕМТ на основе гетероструктуры AlGaIn/GaN на кремнии»;
- Елисеева Д.А. с докладом «Выявление механизмов деградации подзатворных диэлектриков различной толщины на основе SiO₂ в МОП-транзисторах»;
- Кузюкова А.В. с докладом «Проблемы вычислительной литографии»;
- Маснавава Б.И. с докладом «Получение наночастиц германия и его сплавов GeSn, GeSi в импульсно-периодическом газовом разряде для оптических применений в инфракрасном диапазоне»;
- Тярин А.С. с докладом «Исследование и разработка параметризованных фильтров верхних и нижних частот с реконфигурируемой топологией для применения в составе сверхбольших интегральных схем».

Перед вручением призов докладчикам победителям заместитель председателя жюри, д.ф.-м.н., профессор А.Г. Итальянец выступил с приветственной речью: «Еще один этап в вашей жизни успешно пройден. Научное образование, научное понимание, вхождение в профессию, не только по вашим ощущениям, но и по ощущению внешнего научного мира к вам меняется скачками. И если вы добросовестно работали на конференциях, ваш научный багаж скачком повышается. Я всегда это чувствовал очень остро. Уверен, что и вы тоже.» В своей речи профессор Итальянец дал несколько практических советов докладчикам по оформлению докладов и технике выступлений.

Базовая кафедра «Микро- и наноэлектроника» была создана АО «НИИМЭ» на факультете физической и квантовой электроники МФТИ в октябре 2011 года. Сегодня это - учебный и научно-исследовательский центр по подготовке высококвалифицированных специалистов микроэлектронной индустрии, способных работать с самыми современными процессами научно-исследовательских работ, опытно-конструкторских разработок и производства. Кафедра располагает современной учебно-материальной базой и высоким научно-педагогическим потенциалом: ее возглавляет академик, член Президиума РАН, академик-секретарь Отделения нанотехнологий и информационных технологий Г.Я. Красников - в составе преподавательского состава кафедры 5 профессоров - докторов наук и 10 доцентов - кандидатов наук, а также ведущие специалисты НИИМЭ. Уровень подготовки специалистов отвечает высоким международным стандартам: выпускники кафедры становятся высококвалифицированными специалистами мировой полупроводниковой индустрии.

Базовая кафедра диктует очень высокие требования к обучающимся: все студенты выполняют научно-исследовательские работы в АО «НИИМЭ». Институт готовит в первую очередь ученых-исследователей, которые внесут значительный вклад в развитие отечественной микроэлектроники.

НАЧАЛЬНИКУ ЛАБОРАТОРИИ НИИМЭ АСКАРУ РЕЗВАНОВУ ВРУЧЕНА ПОЧЕТНАЯ МЕДАЛЬ РАН И ПРЕМИЯ ДЛЯ МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ РОССИИ

10 декабря в Российской академии наук состоялась торжественная церемония вручения медалей РАН с премиями для молодых ученых России. Награды вручал вице-президент Российской академии наук академик Валерий Козлов. Почетной медалью РАН и премией в области разработки или создания приборов, методик, технологий и новой научно-технической продукции научного и прикладного значения был награжден начальник лаборатории отдела разработки технологических процессов АО «НИИМЭ» Аскар Резванов за работу «Исследование и разработка технологии интеграции межслойной изоляции для производства СБИС».

На Конкурс 2018 года по соисканию медалей Российской академии наук с премиями для молодых ученых России и для студентов высших учебных заведений России были представлены 606 научных работ. Многие работы были выполнены коллективами молодых ученых либо в соавторстве студентов с молодыми учеными. Всего в Конкурсе приняли участие 744 человека, из которых 201 являются студентами высших учебных заведений и 543 - молодыми учеными.

Коллектив АО «НИИМЭ» сердечно поздравляет Аскара с высокой наградой и желает ему новых достижений!



20-21 НОЯБРЯ В НИИМЭ ПРОШЛА СЕКЦИЯ «МИКРОЭЛЕКТРОНИКА» ВСЕРОССИЙСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ МФТИ



В период с 18 по 23 ноября ведущий технический вуз России - Московский физико-технический институт (МФТИ ГУ) при поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации провел 62-ю всероссийскую научную конференцию. 20 и 21 ноября в рамках конференции в НИИМЭ была проведена секция «Микроэлектроника», на которой было заслушано 24 тематических доклада студентов и аспирантов базовой кафедры НИИМЭ в МФТИ, сотрудников НИИМЭ, студентов Национального исследовательского университета МИЭТ.

На открытии секции с приветственным словом выступил член-корреспондент РАН, д.т.н., профессор, заместитель руководителя базовой кафедры «Микро- и наноэлектроника» в МФТИ, Е.С. Горнев: «Мы открываем работу секции «Микроэлектроника» 62-й всероссийской научной конференции - одной из крупнейших секций конференции. Заслушаем доклады, обменяемся мнениями, подискутируем. Я хотел бы озвучить решения, принятые ректором МФТИ совместно с программным комитетом секции. Активное участие докладчиков поощряется: для студентов 4 курса будут отменены экзамены по поступлению в магистратуру. Магистранты же получат преимущества при поступлении в аспирантуру, если наберут дополнительные баллы публикациями и участием в конференциях.»



Работа секции в НИИМЭ позволила получить информацию от докладчиков о результатах их научной работы, а также стала площадкой для обучения студентов и аспирантов кафедры выступлению на открытых слушаниях, ведению научных дискуссий.

После выступления докладчик получал от программного комитета замечания и рекомендации.

Подводя итоги, жюри в составе председателя секции, члена-корреспондента РАН, д.т.н., профессора Горнева Е.С., заместителя председателя, д.ф.-м.н., профессора Итальянца А.Г., к.ф.-м.н. Матюшкина И.В., к.т.н. Орлова О.М., к.т.н. Плотникова Ю.И., к.ф.-м.н. Захарова П.С., к.ф.-м.н. Баранова Г.В., к.ф.-м.н. Теплова Г.С., Иванова В.В., секретаря секции аспиранта Четверикова В.А. определило 7 докладчиков-победителей, которым 28 ноября вручили почетные памятные призы.



МАРШРУТНАЯ КАРТА РАЗВИТИЯ ЛОГИЧЕСКИХ ПРИБОРОВ ОТ IMEC: 2D/3D-МАСШТАБИРОВАНИЕ И ПОСТ-КМОП-ЭРА

Представляем вашему вниманию статью, посвященную вопросам проектирования и масштабирования логических приборов с комментарием директора по развитию технологий АО «НИИМЭ» П.В.Игнатова. Материал опубликован в 11-м выпуске журнала «Зарубежная электронная техника».

По оценкам, уже в ближайшее время могут появиться транзисторы следующего поколения. Скорее всего, их предложат корпорации Intel, Samsung и TSMC. Это станет еще одним шагом к переходу в пост-КМОП-эру. При этом перспективные виды транзисторов, материалов, архитектур и корпусов демонстрируют своего рода «кембрийский взрыв».

Развитие полупроводниковых технологий привело к тому, что создание универсальных приборов, по всей видимости, окажется невозможным. Соответственно, потребуется ценное большее число архитектур и приборов. Возможные варианты дальнейшего масштабирования описаны в Маршрутной карте развития логических приборов, представленной IMEC.

Разработчикам требуются новые средства и способы разработки. При этом темпы масштабирования будут замедляться, особенно четко это проявится на технологических поколениях, где топологические нормы будут измеряться единицами нанометров (т.е. 9 нм и менее). После того как длина затвора достигнет 40 нм, а шаг металлизации - 16 нм на 2-м технологическом уровне, возможности масштабирования могут оказаться исчерпанными.

В результате производительность ИС самого высокого класса может перестать масштабироваться. Приборы меньшего класса производительности все еще будут способны улучшать показатели активной мощности - особенно это касается приборов, которые можно будет перевести с FinFET на более компактные транзисторы на нанолитах.

Производители ИС, сосредоточенные на сокращении занимаемой их приборами площади, а также потребляемой мощности - в основном это приборы для мобильных систем, - будут стараться использовать FinFET как можно дольше.

Те же разработчики, которые сосредоточены в первую очередь на повышении производительности, будут стремиться как можно раньше перейти на нанолиты. Как ожидается, специалисты IMEC, нанолиты дадут выигрыш по увеличению частоты примерно на 8%, но это будет достигаться за счет компромиссов по сокращению занимаемой площади.

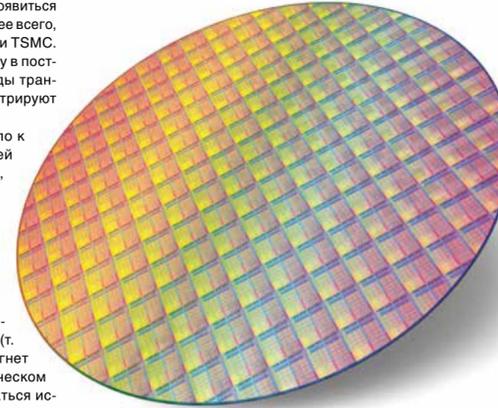
Возможно создание конструкций, в которых приборы p- и r-типов будут располагаться ближе друг к другу. Предел компактности транзисторов - комплементарный, или вертикальный FET, в котором число сопряжений можно снизить до четырех или даже трех - за счет этажирования p- и r-элементов. Возможно также, что разработчики постараются довести значение диэлектрической проницаемости (k) спейсеров до 3,3 или даже совершить переход к германиевым структурам.

Проектировщики, работающие на стандартных элементах и более высоких уровнях, могут игнорировать транзисторные вариации. Правда, при этом они столкнутся с этапами дополнительных перекрестных проверок - если захотят сменить используемый кремниевый завод. Fabless-фирмы, обладающие собственными макросами памяти и библиотечками логических элементов, должны хорошо понимать, что происходит при формировании приборов с технологической точки зрения (т.е. на мощностях кремниевых заводов).



КОММЕНТАРИЙ ЭКСПЕРТА НИИМЭ ПАВЕЛ ИГНАТОВ,
директор по развитию технологий АО «НИИМЭ»

Ничего нового IMEC в развитии технологии электронных компонентов, конечно, не определил. То развитие технологии, которое мы наблюдаем сегодня, является следствием преодоления технических проблем, с которыми сталкивалась микроэлектронная промышленность в ходе своего развития. Так, достигнув предела с точки зрения топологической реализации затвора после 28 нм, производители изменили концепцию масштабирования, сделав основной идеей не повышение быстродействия приборов, а повышения функциональности на единицу площади. В результате в основе технологических решений начиная с технологии 16 нм стал применяться FinFET-транзистор, имеющий топологический размер затвора 30 нм. И сегодня производительность процессоров с технологическим уровнем 16 нм и менее определяется не характеристиками элементной базы, а алгоритмами обработки информации в операционной системе.



Дополнительные трудности принесет использование нескольких пластин, кристаллов ИС и этажерок - в частности, это приведет к существенной дезинтеграции традиционных «систем-на-кристалле».

При этом различные методики создают дополнительные проблемы при выравнивании и охлаждении конструкций предполагаемой термальной нагрузки которых превышает 500 Вт.

Представители IMEC описали радикальную переработку SoC, которую они назвали последовательной 3D-интеграцией. Конструкция разрабатывается и оптимизируется под различные требования потребляемой мощности, логики и памяти. В одной из версий схемы подачи питания размещаются на обратной стороне пластины, утоненной до нескольких сот нанометров, и соединяются с другими элементами крошечными этажерочными межсоединениями сквозь пластину.

В более амбициозной версии кэш на основе СОЗУ размещается на пластине-носителе поверх ядра с использованием медных межсоединений. Итогом последовательной 3D-интеграции становится сэндвич, в котором матрица СОЗУ размещается внизу, схемы питания - наверху, а логическое ядро - между ними. Подобный подход позволяет максимизировать размер СОЗУ при одновременном снижении издержек.

В области корпусирования реализации Маршрутной карты по-прежнему сталкиваются с некоторыми недостатками в возможностях оборудования. Кроме того, еще не готовы все необходимые инструментальные средства САПР.

Специалисты IMEC утверждают, что прогнозируемые ими изменения представляют собой эволюцию, а не конец традиционных полупроводниковых приборов. Устаревшие процессоры будут существовать с новыми доменными ускорителями. Отмечается, что дальнейшее развитие «закона Мура» связано с сочетанием различных функций и архитектур для обработки постоянно растущего трафика данных.

Применение FinFET-транзистора в качестве основы элементной базы рассматривается до технологического уровня 5 нм. Далее - с 3 нм - рассматриваются уже вертикальные транзисторы с полностью окруженным затвором и нанопроволоки. С начала 2000-х промышленность рассматривала различные пути повышения функциональности в корпусе, и основным трендом должна была стать сборка 2D+ с применением коммутационных плат - интерпозеров, а также 3D-сборка кристаллов в стек. Основным барьером для их реализации было отсутствие оборудования и материалов, которые могли бы качественно реализовать данные технологические исполнения. Но ситуация изменилась после 2011 г., когда на рынке появилось оборудование, позволяющее утонять и работать с пластинами толщиной менее 100 мкм, формировать глубокие сквозные отверстия глубиной 100 мкм и более, а также электролиты, обеспечивающие качественное заполнение таких отверстий. Появились установки фотолитографии, способные формировать топологический рисунок на обратной стороне утоненных пластин, а также оборудование, с помощью которого можно формировать там металлическую разводку. Все эти результаты и определяют сегодняшнюю готовность микроэлектронной промышленности к серийному изготовлению «систем-в-корпусе» с применением 3D и 2D+ сборки. Конечно, остались еще трудности в области создания средств проектирования и моделирования сложнотопологических «систем-в-корпусе» с применением 2D+ и 3D-методов сборки - их каждый производитель решает по-своему.

ЦЕЛОСТНЫЙ ПОДХОД К ВЫБОРУ МАТЕРИАЛОВ И МЕТОДОВ ОБРАБОТКИ ДЛЯ НОВЫХ МАСШТАБИРУЕМЫХ ПРИБОРОВ

По мере появления новых интеллектуальных приборов, средств связи пятого поколения (5G) и средств искусственного интеллекта (ИИ) растет спрос на высокопроизводительные логические устройства и схемы памяти высокой емкости. Для ускорения вычислений и повышения пропускной способности требуются новые приборные архитектуры, такие как «плавниковые» транзисторы (FinFET) или этажированные нанопроволочные транзисторы.

Для подобных структур необходимы новые материалы, которые не только отвечают требованиям по производительности перспективных приборов, но и дают возможность достижения дальнейшего масштабирования. Каждое изменение в применяемых материалах в одной части технологического процесса вызывает цепную реакцию, затрагивающую все последующие этапы. Это, соответственно, может повлиять на выход годных, надежность или стоимость ИС. Для успешной интеграции нового материала в процесс создания полупроводниковых приборов требуется четкое понимание всех возможных последствий и технологических проблем, поэтому подход к интеграции новых материалов должен быть целостным.



КОММЕНТАРИЙ ЭКСПЕРТА НИИМЭ ЕВГЕНИЙ СЕРГЕЕВИЧ ГОРНЕВ,
профессор, член-корреспондент РАН,
доктор технических наук

С каждым следующим поколением технологий рост производительности чипов все сильнее определяется новыми материалами, а не только масштабированием. Так, для технологического уровня 90 нм рост производительности на 60% обеспечивается новыми материалами; 45 нм - на 80 и для 28 нм - более чем на 95%. На начальных этапах развития микроэлектроники переход на новый уровень был возможен с помощью простого масштабирования, но по мере уменьшения норм от 1 мкм и менее такие переходы стали требовать сложных решений: коренных изменений процесса и оборудования фотолитографии, новых материалов, структур и т.п. Требуется учет факторов масштабирования, отражающих взаимное влияние геометрических размеров и свойств материалов, а также особенностей их интеграции в едином объеме с позиций кристаллофизической, термомеханической, электромагнитной, химической совместимости, тепловой, электрической, механической стойкости, устойчивости к воздействию агрессивных сред и радиации, а также временной стабильности. Необходимо знать и, соответственно, учитывать размерные эффекты изменения электрофизических и других свойств малых объектов из-за увеличения вклада поверхностной энергии в общую энергию объекта. Это ведет, например, к увеличению удельного сопротивления, снижению температуры плавления и т.д. Начиная с размера 65 нм масштабирование длины затвора замедлилось: оно больше не влияет на увеличение производительности чипов. Сейчас топологический размер (топологическая норма, норма проектирования) соотносится с конкретным процессом изготовления с соответствующими правилами проектирования. Меньший, более быстрый и более энергоэффективный технологический узел, как правило, соответствует меньшему характерному топологическому размеру. Начиная с технологической нормы 28 нм проектные нормы вычисляются из площади ячейки памяти! То есть полученная за счет технологических и конструктивных улучшений площадь технологического узла приводится к расчетному топологическому размеру, получаемому при прямом масштабировании без вышеуказанных усовершенствований. Таким образом, 7 нм у TSMC и 10 нм у Intel - это одни и те же проектные нормы с точки зрения и плотности упаковки, и размеров отдельных транзисторов! Но каковы же реальные используемые топологические размеры? А вот эта информация недоступна. Поэтому переход на новый технологический уровень сегодня обеспечивается, прежде всего, применением новых материалов и совершенствованием конструкции транзисторов.

(По материалам журнала «Экспресс-информация по зарубежной электронной технике», вып. 24 от 5 декабря 2019 г.)

20 ДЕКАБРЯ В КУЛЬТУРНОМ ЦЕНТРЕ «ЗЕЛЕНОГРАД» СОСТОЯЛСЯ ТРАДИЦИОННЫЙ КОРПОРАТИВНЫЙ НОВОГОДНИЙ ПРАЗДНИК ГРУППЫ НИИМЭ



Праздничный концерт открыл танцевальный номер театра танца Анны Кузнецовой. Далее последовали поздравления руководителей. Обращаясь к сотрудникам генеральный директор АО «НИИМЭ», академик РАН **Г.Я. Красников** подвел итоги года. В своей речи Геннадий Яковлевич поблагодарил сотрудников за выполнение плановых задач и пожелал набираться энергии для того, чтобы в новом 2020 году приступить с новыми силами к реализации масштабных проектов.

После поздравления генерального директора АО «НИИМЭ» состоялось традиционное награждение победителей профессионального конкурса «Лучший молодой специалист АО «НИИМЭ»». Церемонию награждения провели **Геннадий Яковлевич Красников** и первый заместитель генерального директора АО «НИИМЭ» **Николай Алексеевич Шелепин**.

В номинации «Проектирование, разработка и модернизация изделий микроэлектроники» первое место занял ведущий инженер-конструктор отдела разработки интегральных схем **И.В. Ермаков**, второе место досталось начальнику лаборатории отдела разработки технологических процессов **А.А. Резванову**, третье место занял научный сотрудник управления руководителя

приоритетного технологического направления **Д.А. Жевненко**.

В номинации «Прорыв года» призёрами стали инженер-конструктор 2-й категории отдела проектирования фотошаблонов **Е.Л. Харченко**, научный сотрудник отдела функциональной электроники **Р.Т. Миннуллин** и инженер-конструктор 3-й категории отдела технологических библиотек **И.Е. Трифанихина**.

В номинации «Прогресс в развитии» памятные призы получил научный сотрудник отдела разработки СВЧ-устройств **А.С. Россов**, ведущий инженер-конструктор лаборатории физических основ надежности ЭКБ **А.В. Соловьев** и научный сотрудник лаборатории интегральных модулей **М.Д. Пяточкин**.

В номинации «Большие надежды» победителями конкурса стали ведущий инженер-конструктор отдела проектирования фотошаблонов **А.В. Кузовков**, инженер-программист 1-й категории отдела разработки средств защиты информации и встроенного программного обеспечения **А.В. Григорьев** и инженер-программист 2-й категории АУП первого заместителя генерального директора **П.С. Бакеренков**.

Далее, чтобы поздравить коллег и наградить победителей конкурсов «Лучший специалист»,

«Лучший по профессии» и «Лучший молодой специалист» АО «НИИМЭ» на сцену поднялся генеральный директор АО «НИИМЭ» **Михаил Георгиевич Бирюков**. Он подвел итоги 2019 года, отметил основные достижения коллектива, и обозначил планы на 2020 год.

В заключение официальной части с поздравлением коллективу АО «НИИМЭ» выступили сотрудники ПАО «Микрон» во главе с генеральным директором **Гульнаррой Шамильевной Хасьяновой**.

Темой развлекательной части концерта в этом году был фестиваль юмора «Смех в хорошей компании». Звездами новогоднего шоу, по многолетней традиции, стали наши коллеги, которые подготовили номера в стиле КВН, Comedy

ПОЗДРАВЛЯЕМ НАШИХ ЮБИЛЯРОВ

ГАВРИЛОВ СЕРГЕЙ ВИТАЛЬЕВИЧ
Главный специалист

ДОРОФЕЕВ АЛЕКСЕЙ АНАТОЛЬЕВИЧ
Ведущий научный сотрудник

РОМАНЕЦ АЛЕКСАНДР НИКОЛАЕВИЧ
Начальник лаборатории

СМЕХОВА ЛАРИСА АНАТОЛЬЕВНА
Секретарь-референт

ГУЛЮК АЛЕКСАНДР ИВАНОВИЧ
Ведущий специалист - уполномоченный по ГОиЧС



Woman, «Однажды в России», стенд-ап, клоунада, а также тематические танцы, песни и частушки.

Жюри оценивало участников в семи номинациях. Победителями стали:

- «Лучший актер» – **Антон Колобов**, инженер-конструктор ОПФШ
- «Лучшая актриса» – **Юлия Шульга**, главный специалист, Отдел 28
- «Дебют» – **Фёдор Столяров** (НИИМТ)
- «Открытие» – **Алексей Самарцев** (НИИМТ)
- «Высший пилотаж» – **Евгений Морозов** (Микрон)
- «За верность традициям» – **Александр Аверьев**, заместитель начальника ОИИ

Гран-при фестиваля досталось участникам номера «Однажды в НИИМЭ», пофантазировавшим над тем, какой бы рекламный видеоролик убедил сотрудников в необходимости медосмотра. В качестве приза актеры номера получили сертификат на участие в одном из квестов «Клаустрофобии».

Помимо Фестиваля юмора в программе были танцевальные и песенные номера профессиональных артистов и воздушная акробатика. Завершила концерт песня «Белая Зима».

После концерта гостей пригласили на фуршет в клуб Тор Hall и дискотеку. В танцевальной зоне была оборудована красивая новогодняя фотозона, пела кавер-группа и проходили конкурсы с новогодними призами.

В БИБЛИОТЕКАХ ЗЕЛЕНОГРАДА ПРОШЛИ НОВОГОДНИЕ ЁЛКИ ДЛЯ ДЕТЕЙ СОТРУДНИКОВ НИИМЭ

18 и 24 декабря состоялись новогодние праздники для детей сотрудников АО «НИИМЭ». В этом году, чтобы как можно больше ребят смогли попасть на праздник, было решено провести отдельный праздник для детей 5 – 12 лет и Бэби-ёлку для малышей до 4 лет.

18 декабря в Библиотеке театра и кино сотрудники НИИМЭ с детьми посетили премьеру спектакля Волшебного театра Никиты Добрынина «Цирк» - доброе «ламповое» представление с цирковыми номерами, живой музыкой и хорошим юмором. Представление закончилось веселой бумажной дискотеккой, торжественным



выходом Деда Мороза и вручением подарков.

24 декабря Приемная Дедушки Мороза открыла свои двери для самых маленьких гостей. Их встречала Снегурочка и Снежки. Ребята вспомнили, что было в прошедшем году, изучили волшебные предметы в Приемной Деда Мороза (даже увидели, какие валеночки он носил, когда был маленьким), посмотрели спек-

такль и поиграли в новогодние игры. Наконец, появился Дед Мороз и вместе с ребятами зажег ёлочку. Кстати, мы теперь тоже знаем, что, чтобы ёлочка зажглась не надо кричать «Раз, два, три – ёлочка гори!», надо вежливо попросить. Праздник закончился вручением подарков и семейной фотосессией в уютном интерьере Приемной.