Выпуск 18 (6692) от 12 сентября 2019 г.

ЦНИИ «ЭЛЕКТРОНИКА»

Экспресс-информация

ПО ЗАРУБЕЖНОЙ ЭЛЕКТРОННОЙ ТЕХНИКЕ

Взгляд изнутри: Китаю желательно использовать подход «больше, чем Мур»

Новые подходы подрядчиков Пентагона к сокращению издержек

Разработки в области микропотоковых технологий

Совместное использование рентгеновской и УЗ-технологий в микроэлектронике

ISSN 2500-3844

СЕГОДНЯ В ВЫПУСКЕ

3 Компетентное мнение

6 Взгляд изнутри: Китаю желательно использовать подход «больше, чем Мур»

11 Новые подходы подрядчиков Пентагона к сокращению издержек

14 Разработки в области микропотоковых технологий

19 Совместное использование рентгеновской и УЗ-технологий в микроэлектронике

26 Новый метод 3D-печати для оптики, фотоники и биомедицины

29 Искусственный интеллект и технология распознавания лиц

36 Некоторые аспекты освоения технологий 5G

46 В Университете Карнеги–Меллона разработана электронная кожа с магнитометром

48 Глоссарий

ЦНИИ «ЭЛЕКТРОНИКА»

Издатель
АО «ЦНИИ «Электроника»

Главный редактор
Алена Фомина, д. э. н., доц.

Заместитель главного редактора
Виктория Французова

Научный референт
Валерий Мартынов, д. т. н., проф.

Выпускающий редактор
Полина Корсунская

Авторы материалов
Михаил Макушин,
Анастасия Хомчик,
Иван Черепанов,
Юлия Яцина

Над выпуском работали
Григорий Арифулин,
Людмила Железнова,
Анастасия Никитина

Реклама
publish@instel.ru
+7 (495) 940-65-24

Адрес редакции
127299, г. Москва,
ул. Космонавта Волкова, д. 12
+7 (495) 940-65-24
www.instel.ru
publish@instel.ru

Экспресс-информация
по зарубежной электронной
технике издается с 1971 г.,
в электронной версии – с 2003 г.

Издание зарегистрировано
в Федеральной
службе по надзору
за соблюдением
законодательства в сфере
массовых коммуникаций
и охране культурного наследия
(свидетельство ПИ № 77–13626
от 20 сентября 2002 г.).

КОМПЕТЕНТНОЕ МНЕНИЕ

Вопросы обеспечения безопасности, борьбы с преступностью и терроризмом имеют большое значение в жизни любого государства. Одним из инструментов в этом плане выступают системы видеонаблюдения. По мере технологического развития появляется все больше компактных видеокамер с высокой и приемлемой разрешающей способностью, причем развернуть беспроводную систему наблюдения можно намного быстрее и эффективнее, чем в проводном варианте, а масштаб развертывания зависит по большей части от выделенных финансов. Многочисленные интерфейсы сопряжения позволяют объединять системы наблюдения разных поколений и владельцев (при их согласии), в частности в рамках проектов умных городов. Развитие технологий распознавания лиц выводит системы видеонаблюдения, контроля доступа и т. д. на новый уровень – появляется возможность быстрой аутентификации и поиска людей. Важную роль здесь играет искусственный интеллект, как краевой, так и облачный, а также быстродействие и емкость подобных систем. В случаях, когда требуется минимальное время ожидания, оптимальным будет размещение элементов ИИ ближе к пользователю (краевые или пограничные вычисления). В свою очередь, облачные хранилища с их большой емкостью незаменимы при проведении крупномасштабных исследований или ретроспективном поиске.

Развитие технологий видеонаблюдения с использованием систем распознавания лиц вызывает также вопросы относительно соблюдения гражданских прав, тайны личной жизни, законности подобной практики и т. д. Может ли это стать одним из факторов, способствующих становлению полицейского государства и тотальному контролю над его гражданами? Ответ неочевиден. Во-первых, многое зависит от позиции и зрелости гражданского общества, его готовности отстаивать свои права и свободы. Как показывает недавняя практика, даже в КНР, именуемой на Западе исключительно «тоталитарным» государством, протесты населения заставили власти пересмотреть, отложить или отменить некоторые непопулярные решения. При этом представления о частной жизни и ее тайне серьезно варьируются от страны к стране: то, что вполне обыденно для Поднебесной, в Европе могут счесть нарушением приватности. Во-вторых, при создании единой системы надзора придется разрабатывать единый стандарт формирования баз данных государственных ведомств и частных организаций, обеспечивающий, в частности, достоверность информации, а учитывая человеческий фактор – и комплекс наказаний за неисполнение требований подготовки и обработки данных. Не стоит забывать и о межведомственных барьерах, и не всегда безоблачных отношениях частных фирм с государством. В-третьих, есть проблема масштаба – развернуть тотальную систему слежки в средней европейской стране намного легче, чем в Индии, Китае или России. Кроме того, подобные системы намного эффективнее в городах, чем в сельской местности.

Научно-технический прогресс не стоит на месте, и в ближайшем будущем, когда технологии станут более совершенными, сбор данных – повсеместным, а информационный обмен между государственными и негосударственными структурами выйдет на новый уровень, может появиться и реальная возможность изменить характер систем наблюдения, усилив функции контроля и подавления. Но это – вопросы времени и воли как государства, так и гражданского общества, целесообразности такой трансформации с точки зрения политико-экономического развития страны.

Михаил Макушин,
главный специалист отдела научно-технического планирования РЭП

СПРАВОЧНИК ПРЕДПРИЯТИЙ

РАДИОЭЛЕКТРОННОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

www.spravochnikrep.ru

500 предприятий РЭП

55 регионов России

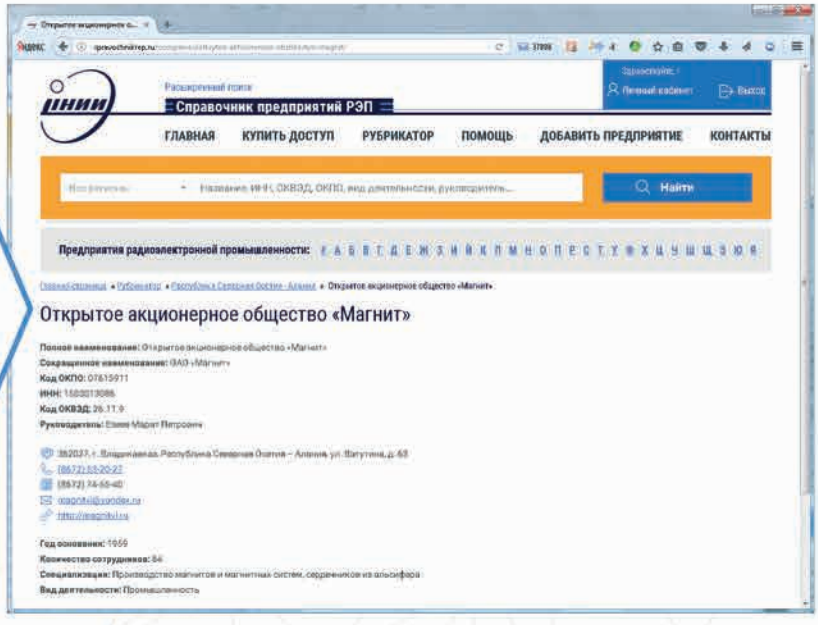
Шаг 1
Купите доступ

Шаг 2
Войдите в личный кабинет

Шаг 3
Получите актуальные данные

Страница каждого предприятия содержит:

- полное и сокращенное наименование организаций;
- ИНН, ОКВЭД, ОКПО;
- ФИО руководителя;
- юридический адрес;
- телефон;
- e-mail;
- адрес сайта;
- наименование головной организации;
- год основания;
- количество сотрудников;
- специализацию;
- вид деятельности;
- состав входящих организаций;
- технологический уровень.

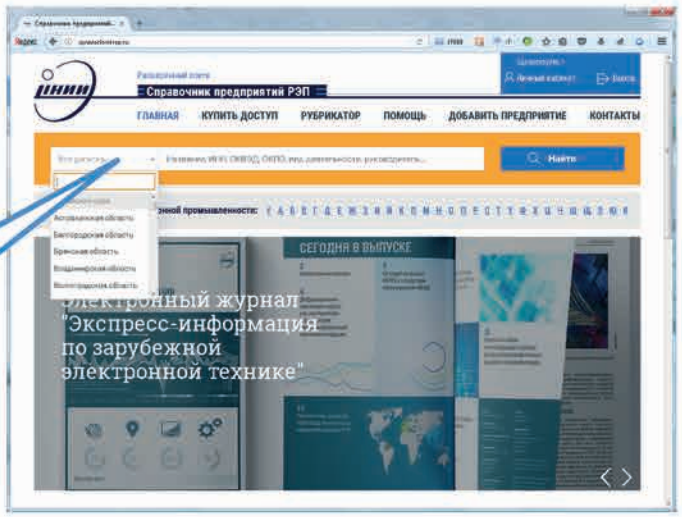


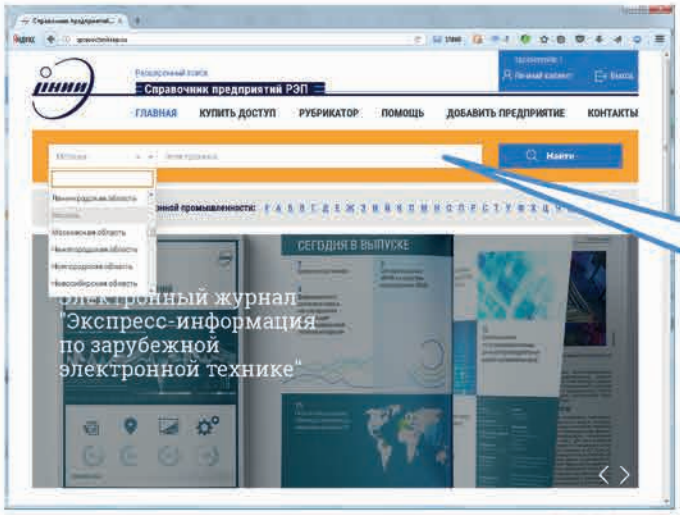
Телефон: 8 (495) 940-65-24 | E-mail: publish@instel.ru

ЦНИИ «ЭЛЕКТРОНИКА»

Возможности поиска по сайту

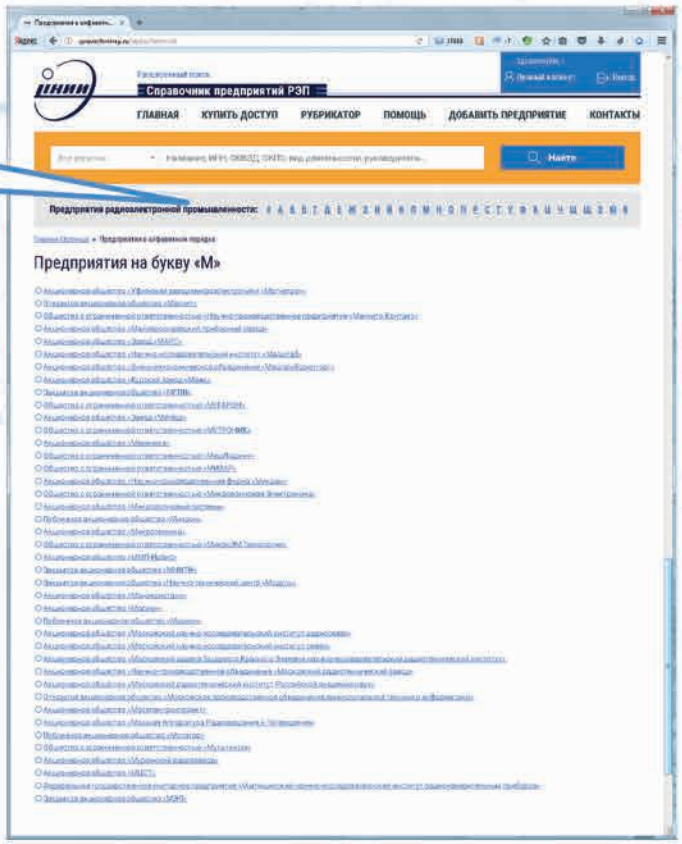
1 Поиск по региону расположения

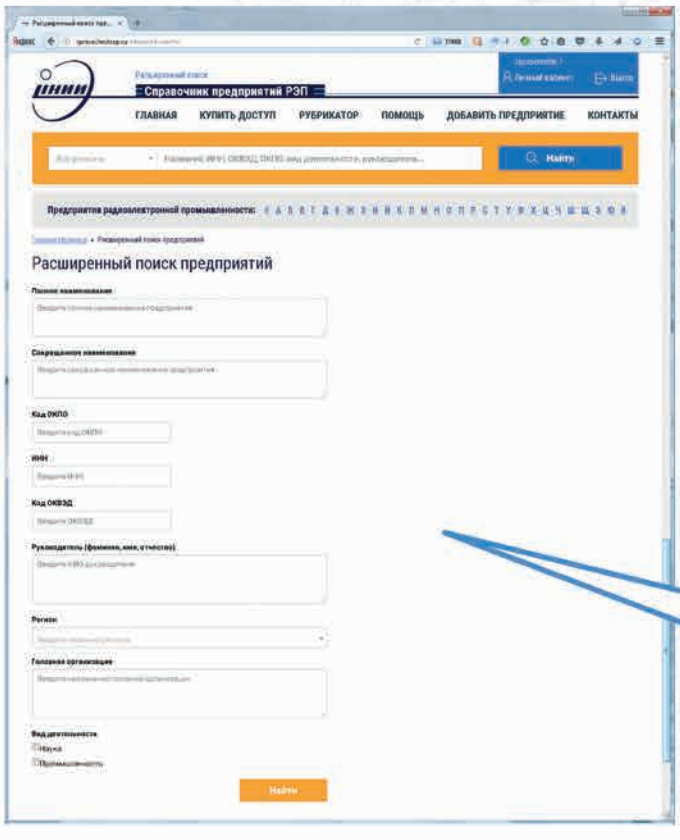




2 Поиск по всем регионам или по одному из регионов по одному из следующих параметров: полному или сокращенному наименованию, ИНН, ОКВЭД, ОКПО, ФИО руководителя, виду деятельности

3 Поиск по первой букве наименования предприятия





4 Поиск по одному или нескольким параметрам: полному наименованию, сокращенному наименованию, ИНН, ОКВЭД, ОКПО, ФИО руководителя, региону расположения, виду деятельности, головной организации

РЕКЛАМА

Взгляд изнутри: Китаю желательно использовать подход «больше, чем Мур»

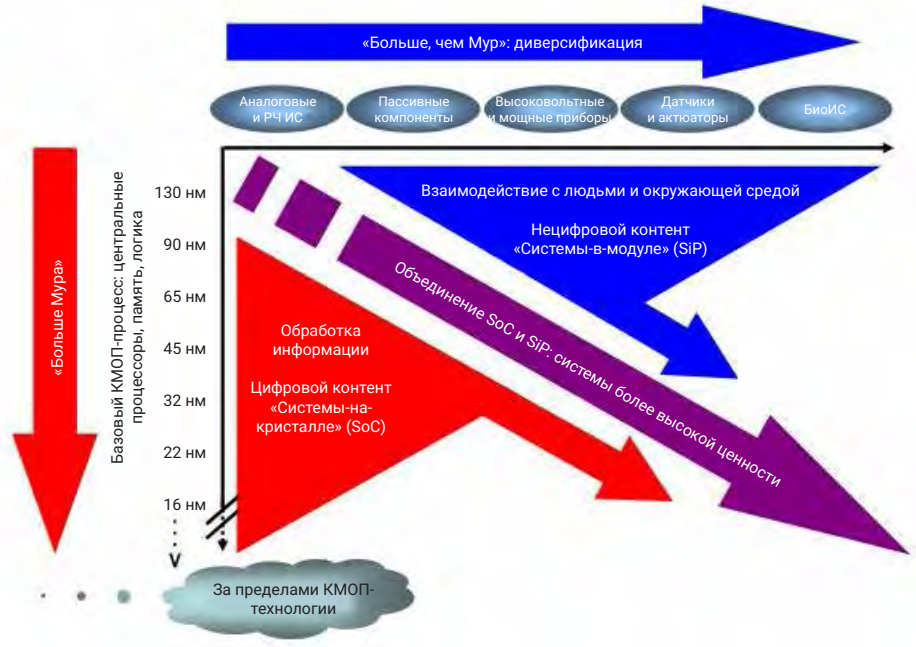
Ключевые слова: больше, чем Мур, полупроводниковая промышленность, проектирование, производственные линии, топологические нормы.

В КНР много внимания уделяют перспективам развития отечественной микроэлектроники в свете задач, поставленных в плане «Сделано в Китае – 2025» (中国制造2025). Речь идет не только о технологическом развитии, но и об организационных подходах. Недавно один из ведущих китайских специалистов, профессор Университета науки и техники в области электроники (电子科技大学, г. Чэнду, провинция Сычуань) Бо Чжан дал интервью о перспективности использования в КНР подхода «больше, чем Мур».

Большинство полупроводниковых предприятий в КНР (в отличие от признанных лидеров, таких как крупнейший в стране шанхайский кремниевый завод Semiconductor Manufacturing International Corporation, SMIC) сосредоточены на вопросах собственного выживания и получения достаточных объемов прибыли. Подобные предприятия нецелесообразно заставлять по-прежнему следовать т. н. «закону Мура»[1] или использовать модель IDM[2] для массово-поточного производства схем памяти. Для них предпочтительнее концепция «больше, чем Мур»[3] (см. рисунок), вызывающая все больший интерес со стороны значительной части китайской полупроводниковой промышленности.

На первый взгляд концепция «больше, чем Мур» кажется новой. Но это не так – данный подход не более чем одно из трех направлений развития «закона Мура», лежащего в основе развития полупроводниковой промышленности уже более 50 лет (в соответствии с ним уменьшаются топологические нормы транзисторов и увеличивается диаметр обрабатываемых пластин, причем первый фактор играет решающую роль). Концепция «больше, чем Мур» сосредоточена не на масштабировании, а на повышении ценности и производительности прибора за счет расширения функциональных возможностей.

Как известно, «закон Мура» имеет свои ограничения. Он хорошо работал в эпоху, когда увеличение плотности размещения транзисторов приводило к снижению издержек, однако не смог предсказать рост энергопотребления из-за повышения производительности транзисторов. Это и побудило полупроводниковую промышленность в последние годы пристальнее взглянуть на другие аспекты «закона» – процессы, не зависящие от размера.



Источник: ITRS

Сопоставление подходов «больше Мура» (дальнейшее развитие «закона Мура») и «больше, чем Мур»

«БОЛЬШЕ, ЧЕМ МУР» – ПОЧЕМУ СЕЙЧАС?

Мировые продажи полупроводниковых приборов в 2000 г. достигли 200 млрд долл. Для достижения уровня в 300 млрд долл. потребовалось 13 лет. Следующие 100 млрд долл. были приращены всего за четыре года – уровень продаж в 400 млрд долл. был превышен по итогам 2017 г. В 2018-м продажи составили уже 470 млрд долл. и весьма вероятно, что в 2020 г. будет взят рубеж в 500 млрд долл. Все это иллюстрирует быстрое развитие цепочки создания стоимости кремниевых ИС на мировых рынках электронной аппаратуры и систем.

С другой стороны, эффекты от уменьшения топологических норм технологических процессов ослабевают, поскольку «закон Мура» приближается к пределам своих физических возможностей. Это сопровождается взрывообразным ростом стоимости проектирования ИС. Продолжать гонку масштабирования топологических норм способно крайне малое число крупнейших производителей ИС (причем один из них, кремниевый завод GlobalFoundries, уже выбыл из гонки, остановившись на рубеже 14/12 нм в пользу глубокой модернизации уже имеющихся конструкций и процессов). Поэтому в современных условиях оружием полупроводниковых фирм в конкурентной войне стала концепция «больше, чем Мур».

Большинство отраслевых экспертов считает, что подход «больше, чем Мур» нацелен на аналоговые и радиочастотные ИС, мощные приборы и MEMS, а также на 2,5D- и 3D-корпусирование этажированных приборов. Последнее направление настолько «разогрелось» в последнее время, что, похоже, станет одной из основных движущих сил развития полупроводниковой промышленности на ближайшие 20 лет.

В отрасли сложилось общее мнение, что подход «больше, чем Мур» охватывает пластины диаметром 200 мм и часть 300-мм пластин, обрабатываемых по технологическим процессам с топологиями 28 нм и выше. Когда пластины диаметром 300 мм только нача-

ли применяться в серийном производстве ИС в 2000 г., технологическим разделом между ними и 200-мм пластинами стал 90-нм процесс. Постепенная модернизация процессов обработки 200-мм пластин привела к тому, что на них теперь можно изготавливать 65-нм ИС. Здесь все зависит от экономической целесообразности, так как требуются инвестиции на модернизацию 200-мм оборудования и приобретение установок совмещения шаблонов для процессов с топологиями 90 нм и меньше.

Если при реализации подхода «больше, чем Мур» использовать оборудование по обработке 200-мм пластин, то можно воспользоваться следующими преимуществами:

- все оборудование (как правило) полностью амортизировано и не требует дополнительных затрат;
- процессы с топологиями 250–130 нм относительно зрелы и стабильны;
- не требуется обновление ПО производственного оборудования, обычно контролируемое производителями оборудования, такими как Applied Materials или ASML.

Концепция «больше, чем Мур» хорошо подходит для распределенных рынков, диверсифицированных производственных линий, устойчивых взаимосвязей в прикладных областях, при этом наличие доминирующих игроков не обязательно.

При внимательном анализе 10 ведущих поставщиков аналоговых и радиочастотных ИС, мощных приборов и MEMS легко заметить, что рейтинги возглавляются признанными фирмами с длинной историей. К ним относятся американские Texas Instruments, Microsemi и ON Semiconductor, европейские NXP, Infineon и STMicroelectronics, японские Sony, Toshiba, Mitsubishi, Fujitsu и Renesas. Большинство из них по-прежнему в основном используют пластины диаметром 200 или даже 150 мм.

ПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ ЛИНИИ «БОЛЬШЕ, ЧЕМ МУР» В КНР

В 2018 г. в КНР на стадии строительства или планирования находилось 33 линии заводов по обработке пластин. Из них 21 линия предназначалась для обработки 300-мм пластин и 12 – для 200-мм пластин. Под концепцию «больше, чем Мур» отводилось 16 линий (9 – для изготовления логических приборов и 7 – для схем памяти и запоминающих устройств). По данным Международной организации поставщиков материалов и оборудования для полупроводниковой промышленности (SEMI), в 2018 г. производственные мощности КНР составляли 16% мирового парка установленного оборудования, а в 2020-м этот показатель может увеличиться до 20%.

Поддерживаемый правительством КНР кремниевый завод SMIC не только развивает технологические процессы с топологиями 14 нм и менее, но и быстро расширяет мощности по обработке 200-мм пластин в городах Тяньцзинь, Шэньчжэнь, Нинбо и Шаосин. Одновременно производители второго уровня, такие как Huahong, China Resources Microelectronics и Shilan, отличающиеся высокими показателями рентабельности, начинают осваивать обработку 300-мм пластин, не отказываясь при этом от 200-мм производств. Вся эта деятельность нацелена на увеличение диверсификации продукции и использование подхода «больше, чем Мур».

Решения, принимаемые этими фирмами, показывают: китайская полупроводниковая промышленность осознает то, что она должна быстро и глубоко уловить и освоить тенденцию «больше, чем Мур». Появление большого числа производственных линий, следующих данной тенденции, означает, что по крайней мере на данный момент они наилучшим образом соответствуют требованиям развития полупроводниковой промышленности КНР.

МНЕНИЕ ЭКСПЕРТА

Такие процессы, как повышение компактности чипов при увеличении их производительности регулируются рыночными механизмами. В нашей стране невелик внутренний рынок и очень ограничена сфера приложения отечественных процессоров, поэтому нет уверенных перспектив выхода на мировой уровень проектирования и производства. Китай же получил такую возможность благодаря внутреннему рынку, чего у России в обозримой перспективе не будет. Отечественная радиоэлектронная промышленность живет в другой логике и решает сегодня иные задачи. Сделать самоцелью ее развития соответствие мировым гигантам по физическим параметрам нецелесообразно без перспектив широкого сбыта на мировом рынке.

Эдуард Войтенко, генеральный директор Baikal Communications Group

СЛЕДОВАНИЕ «ЗАКОНУ МУРА» ДЛЯ КНР НЕПРАКТИЧНО

С точки зрения интересов отрасли необходимо, чтобы крупнейшие и наиболее современные предприятия продолжали продвигаться вперед. Так, корпорациям SMIC и Huali Microelectronics следует и дальше осваивать процессы с топологиями 14 нм и менее, корпорации Yangtze Memory Technologies – разрабатывать 3D-флэш-память NAND-типа, а корпорации Hefei Changxin Memory Technologies – сосредоточиться на 19-нм ДОЗУ. Однако это нелегкий путь, требующий крупных инвестиций, характеризующийся длительными циклами и растущими технологическими трудностями, а также усиливающейся конкуренцией на товарных рынках.

Большинству же китайских полупроводниковых фирм следование «закону Мура» не подходит из-за ограниченности финансовых ресурсов. Их единственный выход – использование подхода «больше, чем Мур». Китайская полупроводниковая промышленность доминирует на мировых рынках изготовления ИС на 200-мм пластинах по заказам поставщиков комплектного оборудования (OEM). При этом она отстает в сфере производства аналоговых ИС, высоковольтных приборов, MEMS и применения IDM-модели.

Китайские специалисты отмечают еще одно преимущество подхода «больше, чем Мур»: он способствует увеличению доли локализации. Средние цены на импортируемые КНР ИС составляют 0,75 долл. При этом в структуру импорта входит как большое число высоко-

производительных процессоров (стоимостью сотни долларов каждый), так и еще большее число дискретных полупроводниковых приборов, ИС управления режимом электропитания, микроконтроллеров и т. д. Эти схемы не очень дороги и не требуют для своего производства передовых технологий. Таким образом, перед китайскими фирмами при использовании подхода «больше, чем Мур» открываются огромные возможности для импортозамещения.

ДЛЯ КНР НЕТ КОРОТКОГО ПУТИ

Совершенно очевидно, что для китайской полупроводниковой промышленности нет короткого пути, позволяющего обогнать конкурентов. Концепция «больше, чем Мур» – это не только возможности, но и риски. Китайским фирмам приходится сталкиваться с сильными и опытными конкурентами. Китай не обладает никакими естественными преимуществами за исключением своего внутреннего рынка – самого большого в мире, – который дает множество возможностей по диверсификации продукции и ее взаимоувязке с конечными применениями. Это преимущество и пытаются использовать китайские производители ИС, чтобы закрепиться как на внутреннем, так и на внешнем рынках. Отмечается, что успех бизнеса определяется сочетанием ряда факторов – доступное рыночное пространство, технологические возможности, кадровый и управленческий потенциал.

Воздействие торговой войны с США на китайскую полупроводниковую промышленность, все еще находящуюся в стадии развития, нельзя недооценивать по двум причинам. Одна из них – то, что цепочка поставок электронной промышленности частично выведена из КНР. Вторая – усиливающийся шантаж со стороны США. Оба этих фактора, вместе взятые, могут оказать существенное давление на Китай, особенно с учетом того, что власти планируют поддерживать среднегодовые темпы роста национальной полупроводниковой промышленности на уровне 20%.

Правда, здесь работает принцип обоюдоострого меча: торговая война способствует возвращению из-за рубежа научно-исследовательского персонала, высококвалифицированных кадров в области проектирования и производства ИС, САПР и оборудования. Наконец, внешнее давление может стимулировать повышение производительности за счет подъема патриотических чувств и повышения корпоративной сплоченности.

莫大康. 为什么特色工艺成香饽饽？在中国进展如何？电子技术设计, *July 26, 2019: https://www.ednchina.com/news/201907261001.html*

Новые подходы подрядчиков Пентагона к сокращению издержек

Ключевые слова: военный бюджет, издержки, системный интегратор, совместимость, цепочка поставок.

При разработке и внедрении вооружений и систем вооружений большое значение имеет сокращение издержек и сроков разработки. В последнее время оборонная промышленность США демонстрирует новые подходы в этом плане. Основное здесь – сокращение цепочки поставок, исключение из нее необязательных звеньев.

Растущая конфликтность на мировой арене привела к существенному росту военного бюджета США. При этом сохраняется тенденция увеличения трат на высокотехнологичные вооружения и технические средства. Это дает производителям и подрядчикам Пентагона большие возможности для увеличения производства и развития инновационного процесса.

Выгодный момент для американской оборонной промышленности состоит в том, что руководство страны и вооруженных сил отдают предпочтение внутреннему производству. Тем не менее растущие расходы на разработку и производство новых вооружений заставляют искать пути снижения их себестоимости без ущерба для качества. На увеличение издержек военных подрядчиков, в частности, влияет рост цен на нефть и некоторые другие виды сырья и товаров.

Одно из направлений усилий в данной области – совершенствование цепочки поставок, обусловленное, в частности, требованиями правительства по использованию военными подрядчиками продукции и услуг малых предприятий и повышению эффективности производственных процессов. Итогом должна стать экономия средств и сокращение времени вывода на рынок новой продукции.

СОКРАЩЕНИЕ ИЗДЕРЖЕК

При внедрении новых технологий всегда существует фактор необходимости снижать издержки. В частности, это обусловлено тем, что конкуренция за получение военных подрядов очень интенсивна и способность поставщика снижать издержки – одно из основных условий получения контракта. К существенной экономии может потенциально привести не столько работа с поставщиком по сокращению затрат, сколько переосмысление всей цепочки поставок.

Например, при интеграции в серверную стойку вычислительной техники, средств связи и т. п. конечный пользователь обычно выбирает поставщика аппаратного обеспечения, а затем системного интегратора, осуществля-

Источник: EE Times

Услуги, предлагаемые системным интегратором, включают в себя интеграцию в серверную стойку компьютеров, ЖК-дисплея, запоминающих устройств, клавиатуры, сетевых переключателей, маршрутизаторов и приборов управления режимом электропитания

ющего сборку оборудования и систем, указанных клиентом, в стойку с определенными структурированными кабелями, салазками и управлением (см. рисунок).

Перспективные подходы рассчитаны на то, чтобы поставщик оборудования становился также и системным интегратором. Это обеспечивает конечным пользователям и основным подрядчикам МО США экономию затрат примерно на 20%. При этом сокращается время исполнения заказа и улучшается общая совместимость систем и оборудования.

СОКРАЩЕНИЕ СРОКОВ ИСПОЛНЕНИЯ ЗАКАЗА

Переосмысление цепочки поставок приводит не только к сокращению издержек, но и способствует ускорению разработки новой продукции военного назначения. С ро-

стом сложности оружейных платформ многие подрядчики для ускорения процесса обработки обращаются к коммерчески доступным изделиям (COTS[4]).

При этом даже в рамках COTS-предложений есть возможность удалить ненужные этапы из цепочки поставок, что позволяет подрядчикам Пентагона сократить время исполнения заказов и устранить проблемы с конфигурацией. Отпадает необходимость взаимных отгрузок компонентов между поставщиком оборудования и системным интегратором, таким образом сокращается число посредников, необходимых в процессах производства и сборки.

Кроме того, в определенной степени гарантируется совместимость компонентов в каждой приборной стойке, так как все они производятся и собираются одним поставщиком оборудования. В итоге сокращается время, затрачиваемое на устранение проблем совместимости. Выбрав поставщика оборудования, способного интегрировать комплексные решения в области приборных стоек, крупнейшие подрядчики МО США могут ускорить разработки новых вооружений и систем вооружений.

ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА И СОВМЕСТИМОСТИ

Еще одно преимущество ситуации, когда поставщик аппаратного обеспечения интегрирует всю приборную стойку, – совместимость и управление качеством. Компоненты и подкомпоненты нумеруются по единому классификатору, для каждой системы обеспечивается возможность контроля устаревания и поддержка в течение всего срока действия программы использования вооружений или систем вооружений. Конечные пользователи извлекают значительные выгоды из консолидации системного интегратора и производителя компонентов. Управление цепочкой поставок с использованием единого классификатора обеспечивает быстрое переупорядочивание компонентов и исправление выявленных недостатков. Поскольку компоненты производятся одним и тем же изготовителем, снижается вероятность возникновения проблем совместимости и, следовательно, упрощается процесс долговременной поддержки и модернизации военных систем.

Изменение приоритетов и переход от поддержания оперативной готовности развернутых сил к их модернизации обеспечит сокращение расходов и сроков исполнения контрактов. Уже в ближайшем будущем это может способствовать максимизации эффективности оборонных бюджетов.

McCormack Mike. A New Supply Chain for the Defense Industry. EE Times, August 14, 2019: https://www.eetimes.com/document.asp?doc_id=1335035

Разработки в области микропотоковых технологий

Ключевые слова: биомолекулы, лаборатория-на-кристалле, микропотоковые приборы, наноканалы, оптожидкостная технология.

Исследователи Калифорнийского университета в Санта-Крузе (США) сообщили об опытах по доставке отдельных биомолекул, включая рибосомы, ДНК и белки, в микропотоковые каналы на кристалле аналитической ИС. Они также показали, что подобные устройства могут быть использованы для сортировки различных типов молекул, что позволит проводить выборочный анализ конкретных молекул в различных смесях. Примерно в то же самое время ученые Мельбурнского Королевского технологического университета (Австралия) представили перспективную «лабораторию-на-кристалле», предназначенную для изучения проблем свертываемости крови.

Специалисты Калифорнийского университета в Санта-Крузе разработали платформу на основе кристаллов ИС, объединяющую нанопоры, оптожидкостную технологию и схемы управления с обратной связью. Она обеспечивает беспрецедентный уровень контроля отдельных молекул на кристалле с целью проведения высокопроизводительного анализа.

В статье, опубликованной 16 августа 2019 г. в журнале Nature Communications, исследователи сообщили об использовании своей разработки для управления доставкой отдельных биомолекул, включая рибосомы, ДНК и белки, в заполненные жидкостью каналы кристалла. Утверждается, что новую платформу можно использовать для сортировки разных типов молекул, что позволяет проводить избирательный анализ молекул-мишеней из различных смесей.

Создание этого экспериментального программируемого оптожидкостного прибора с нанопорами открывает путь к разработке перспективных исследовательских инструментальных средств на кристалле ИС, способных осуществлять высокопроизводительный одномолекулярный анализ. Появилась возможность введения одиночной молекулы в наноканал с жидкостью, в котором она может быть проанализирована при помощи интегрально-оптических волноводов или других методов. Идея состоит в том, чтобы ввести частицу или молекулу в канал, провести ее по нему, а затем, выведя ее из канала, легко и быстро повторить процесс с другой молекулой и т. д. Таким образом можно получить надежную статистику на основе большого числа экспериментов с одиночными молекулами.

При создании новой платформы были использованы результаты предыдущих исследований ученых как Калифорнийского университета в Санта-Крузе, так и Университета Бригама Янга (г. Прово, шт. Юта, США). Работы были нацелены на создание технологии оптожидкостных кристаллов ИС, сочетающих микрофлюидику (крошечные каналы для обработки на кристалле жидких образцов) с ин-

тегральной оптикой (рис. 1). Такое сочетание позволяет осуществлять оптический анализ одиночных молекул. Добавление в конструкцию нанопор дает возможность осуществлять контролируемую доставку молекул в канал, а также анализировать электрический сигнал, возникающий при прохождении молекулы сквозь пору.

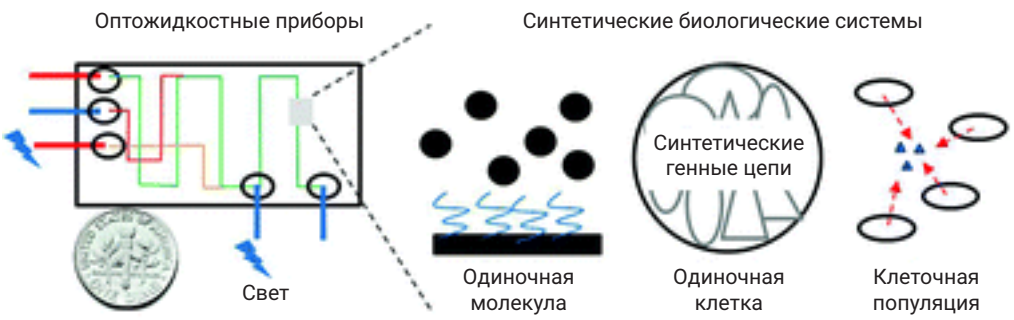
Технология нанопор успешно применяется при секвенировании ДНК, и многие исследователи изучают новые способы использования информации, содержащейся в сигналах, которые возникают по мере прохождения молекул или частиц сквозь нанопору.

Благодаря тому, что новая платформа оснащена системой управления с обратной связью (микроконтроллер и твердотельное реле), анализ тока в реальном масштабе времени превращает нанопору в «интеллектуальный затвор», программируемый пользователем. За счет такого программирования доставка молекул в канал осуществляется по заранее определенным параметрам. Затвор может быть закрыт, как только через него пройдет одиночная молекула (или любое их число, установленное пользователем) и снова открыт через какое-то время.

Исследователи подчеркивают, что использование нанопор в качестве «интеллектуальных затворов» – ключевой шаг на пути к созданию удобной для пользователя одномолекулярной аналитической системы с высокой пропускной способностью. Появляется возможность контролировать количество попадающих в струйный канал молекул для последующего анализа и обработки. Кроме того, обеспечивается высокоскоростное (по нескольку сотен в минуту) избирательное пропускание на кристалл ИС одиночных молекул различных типов.

Так, используя бактериальные рибосомы 70S, исследователи продемонстрировали контролируемое введение на кристалл более 500 рибосом в минуту. Кроме того, были проведены новаторские исследования структуры и функций рибосом – этих «молекулярных машин», синтезирующих белки во всех живых клетках.

Для того чтобы показать способность нового прибора избирательно активировать функцию пропускания молекулы-мишени (в данном случае ДНК), исследователи также использовали смесь ДНК и рибосом. Таким образом становится возможным проведение экспериментов по флуоресценции на контролируемом числе молекул-мишеней (все прочие частицы игнорируются и отсеиваются). Избирательное пропускание можно также использовать для очистки или сортировки частиц в исходящем из нанопор потоке – на основе сигналов, полученных при их прохождении через нанопоры. Таким образом, программируемая система обладает большой гибкостью, что делает возможным ее использование в широком круге применений.



Источник: Калифорнийский университет в Санта-Крузе

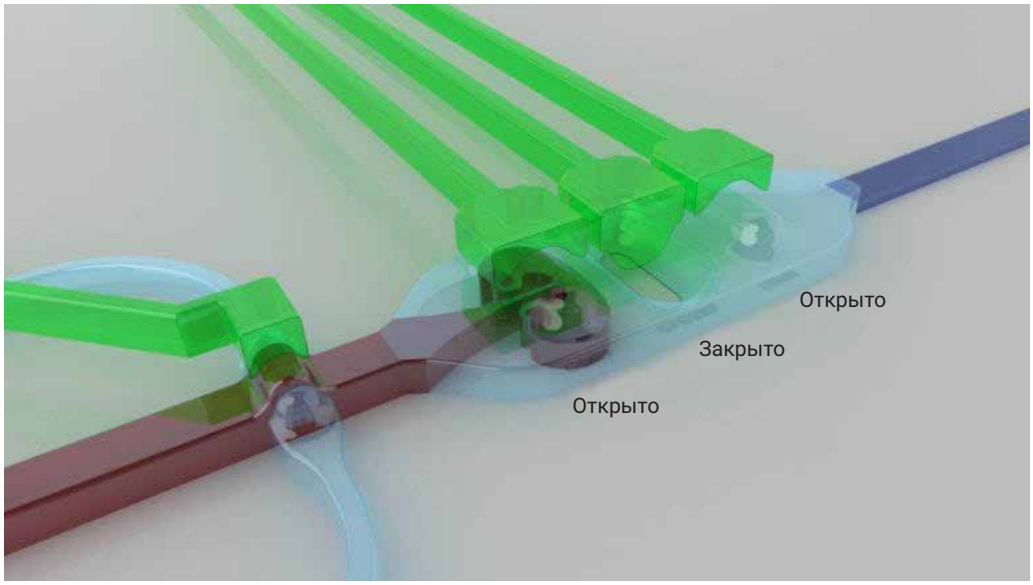
Рисунок 1. Схематическое изображение работы оптожидкостных приборов

Работа финансировалась за счет Национальных институтов здравоохранения[5] и НАСА [1, 2].

Схожую работу по микропотоковым приборам недавно продемонстрировал исследователи Мельбурнского Королевского технологического университета (Royal Melbourne Institute of Technology, RMIT University). Была представлена так называемая «лаборатория-на-кристалле» (lab-on-a-chip) размером с почтовую марку (рис. 2), которая может стать очередным крупным шагом в поисках антикоагулянтных препаратов для предотвращения сердечных приступов и инсультов. Эффективность современных антикоагулянтных препаратов ограниченна из-за риска осложнений. Это, в свою очередь, обуславливает необходимость поиска альтернативных решений, которые позволят как предотвратить образование тромбов, так и снизить риск возникновения чрезмерного, опасного для жизни кровотечения.

Новая биосовместимая «лаборатория-на-кристалле», подробно описанная в одном из последних номеров журнала Analytical Chemistry, может помочь ускорить открытие и разработку новых антикоагулянтных препаратов. По сути, на небольшой кристалл масштабированы возможности полноразмерной лаборатории. Более того, на кристалле все процессы автоматизированы, за счет чего за несколько минут можно добиться результатов, для достижения которых в стандартной лаборатории требуется несколько дней. Прибор создан специально для работы в сложной области биологии крови. В него интегрированы уникальная система насосов и инструментальные средства анализа, осуществляющие проверку воздействия различных химических соединений на образование сгустков крови.

На сегодня очень немногие разработанные микроприборы пригодны для исследовательских или клинических целей – при их проектировании не всегда учитывалось, как на самом деле ведет себя кровь. Дело в том, что кровь чрезвычайно чувствительна к искусственным поверхностям, поэтому образование сгустков происходит достаточно легко. Соответственно, технологии обработки крови должны быть не менее чувствительны. Ав-



Источник: RMIT University

Рисунок 2. Микропотоковая схема с тонкими каналами и насосами для обеспечения быстрых манипуляций с жидкостями

стралийским исследователям удалось объединить глубокое понимание биологии крови с точным проектированием и технологией микрообработки. Благодаря этому они смогли создать прибор, способный работать с цельной кровью и давать надежные результаты. Разработчики утверждают, что это важный шаг на пути к созданию быстродействующих и эффективных микросистем для доклинического и клинического гематологического скрининга[6] и диагностики. Новая микролаборатория способна всего за несколько часов протестировать сотни лекарственных соединений, выявляя их воздействие на кровь, и быстро идентифицировать те, что имеют наибольший потенциал клинического использования.

Прибор основан на технологии микропотокового кристалла, содержащего матрицу миниатюрных каналов, клапанов, процессоров и насосов, способных точно и гибко манипулировать потоками жидкостей. Подобные кристаллы сочетают в себе быстродействие, портативность и пропускную способность, а также способны управлять работой большого числа крайне малых обрабатывающих элементов. Важно отметить, что они также масштабируемы и дешевы в производстве.

Исследователи объединили микропотоковую технологию с чувствительным анализом для выявления реакции тромбоцитов (компонентов крови, отвечающих за ее свертываемость) на различные химические соединения и их сочетания. На этапе проверки концепции микролаборатория использовалась для исследования того, как дозированное введение в кровь малых молекул отобранных ингибиторов влияет на динамику тромбоцитов, т. е. на их слипание. Достигнутые результаты показали, что автоматизированная «лаборатория-на-кристалле» может точно контролировать кровоток, дозированно вводить лекарственные соединения и отправлять кровь в систему анализа тромбов.

Исследователи указывают, что существующие технологии исследования химических соединений в крови слишком трудоемки, что ограничивает число используемых скринингов. Поэтому малые, специализированные и точные инструментальные средства – это будущее технологий разработки лекарств.

Мельбурнский Королевский технологический университет проводил данные работы совместно с Австралийским центром заболеваний крови (Australian Centre for Blood Diseases, ACBD, Мельбурн) [3].

Stephens Tim. Optofluidic Chip with Nanopore ‘Smart Gate’ Developed for Single Molecule Analysis. UC Santa Cruz, August 16, 2019: https://news.ucsc.edu/2019/08/nanopore-optofluidics.html

Davis Shannon. Optofluidic Chip with Nanopore ‘Smart Gate’ Developed For Single Molecule Analysis. Semiconductor Digest, August 16, 2019: https://www.semiconductor-digest.com/2019/08/16/optofluidic-chip-with-nanopore-smart-gate-developed-for-single-molecule-analysis/

Davis Shannon. Lab-On-A-Chip Drives Search for New Drugs to Prevent Blood Clots. Semiconductor Digest, August 20, 2019: https://www.semiconductor-digest.com/2019/08/20/lab-on-a-chip-drives-search-for-new-drugs-to-prevent-blood-clots/

УСЛУГИ ЦНИИ «ЭЛЕКТРОНИКА»

СОПРОВОЖДЕНИЕ ГОСУДАРСТВЕННОГО УПРАВЛЕНИЯ РАДИОЭЛЕКТРОННОЙ ОТРАСЛЬЮ

СТРАТЕГИЧЕСКИЙ И БИЗНЕС-КОНСАЛТИНГ

УСЛУГИ В ОБЛАСТИ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

ФИНАНСОВЫЙ КОНСАЛТИНГ

ОБЕСПЕЧЕНИЕ ГОСУДАРСТВЕННОЙ ТАЙНЫ И ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

КОММУНИКАЦИОННЫЙ КОНСАЛТИНГ

ИЗДАТЕЛЬСКИЕ УСЛУГИ

Тел. +7 (495) 940-65-00 E-mail: instel@instel.ru www.instel.ru

Совместное использование рентгеновской и УЗ-технологий в микроэлектронике

Ключевые слова: внутренние дефекты, глубина проникновения, рентгеновские лучи, топологические элементы, ультразвук.

Вопросы контроля качества всегда были важны для изготовителей изделий микроэлектроники. Существуют два метода – разрушающий и неразрушающий. Первый основан главным образом на выборочном подходе к партии изделий, а второй позволяет осуществлять поточный контроль, снижая потери на тестирование и выявляя дефекты во всех изделиях партии. Специалисты корпорации Nordson SONOSCAN (г. Элк-Гров-Виллидж, шт. Иллинойс, США), в частности, считают, что наилучшие результаты дает совместное использование рентгеновской и ультразвуковой технологий.

Рентгеновское и ультразвуковое излучения известны способностью отображать внутренние особенности (включая структурные дефекты) твердых объектов без их разрушения или повреждения. Эти технологии также хорошо дополняют друг друга: когда внутренняя структура определенного типа в определенном материале по каким-либо причинам не может быть обнаружена одной из них, очень часто это способна осуществить другая. Рентгеновские лучи – часть электромагнитного спектра, у них более короткие длины волн, чем у видимого излучения (хотя и не такие короткие, как у гамма-излучения). Более короткая длина волны соответствует более высоким частоте и энергии. Рентгеновские лучи не отражаются от поверхности твердых материалов, за исключением очень низких наклонных углов падения. Существующие немногочисленные промышленные применения для отражательного рентгеновского излучения обычно не доступны на открытом рынке.

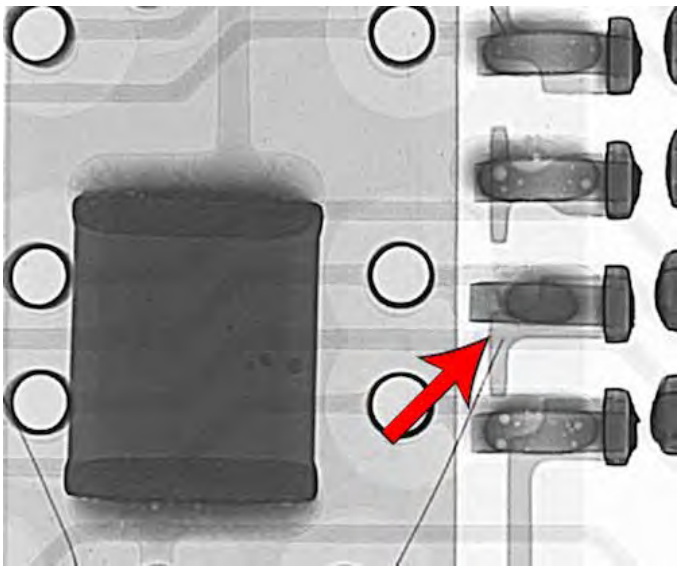
УЗ- и рентгеновское излучения в разной степени ослабляются материалом, через который проходят. Рентгеновские изображения обычно отображают внутреннюю структуру за счет локальных различий в яркости проходящего сквозь нее луча (формирование контрастного изображения поглощением). Проникновение излучения в материал регулируется путем изменения напряжения тока в рентгеновской системе. Пространственное разрешение очень высокое: рентгеновское излучение позволяет различить топологические размеры элементов в субмикронном диапазоне, хотя окончательное разрешение зависит от детектора и фокусной глубины источника излучения.

Ультразвук не является частью электромагнитного спектра – это механическая энергия. Он проникает сквозь твердые материалы гораздо медленнее рентгеновских лучей. Скорость составляет от нескольких тысяч метров в секунду до 18 тыс. м/с (в случае алмаза). Частота ультразвукового формирования изо-

бражений в промышленных применениях колеблется в диапазоне от 5 до 40 МГц. Скорость проникновения в конкретный материал зависит от упругих свойств материала. В материалах с высокой упругостью, таких как резина, получить изображение можно только на очень низких частотах – несколько мегагерц или даже меньше (в зависимости от толщины образца). Если же предметом исследования становятся материалы с низкими свойствами упругости (кремний и алмаз), могут использоваться частоты порядка 400 МГц. Для большинства материалов, применяемых в электронной промышленности, используются частоты в диапазоне 30–230 МГц. Ультразвук отражается всеми границами раздела между материалами и частично пропускается многими из этих границ. В отличие от рентгеновского излучения, УЗ-излучение не передается по воздуху, граница раздела твердого материала и воздуха приводит к почти 100%-ному отражению.

На рис. 1 показано рентгеновское изображение одного из восьми приборов полоски памяти. Данное изображение было получено системой Nordson DAGE Quadra 7 с целью выявления внутренних дефектов, которые могут вызвать повреждение электрической сети в период эксплуатации. На рисунке показаны все топологические элементы от верхней части пластикового корпуса прибора до нижней части платы, на которую прибор смонтирован. Круглые топологические элементы – отверстия в плате, а бледно-серые горизонтальные линии – это межсоединения на плате. Напряжение тестирования составило 110 кВ, а мощность – 7 Вт. Применялись фильтр резкости и контрастный фильтр.

Большой вертикальный серый топологический элемент – это пластиковый корпус. Кремниевый кристалл внутри корпуса не виден, потому что рентгеновское излучение в нем слегка затухает. Однако его положение может быть определено из разводки, входящей в корпус. Более темный прямоугольник в нижней половине площадки кристалла – это конденсатор на обратной стороне платы. Здесь нет обрывов разводки или других очевидных дефектов, но есть овальная область в соединении одного вывода с контактной площадкой



Источник: Nordson SONOSCAN

Рисунок 1. Стрелка указывает на аномально темный участок между выводом и контактной площадкой на полоске памяти

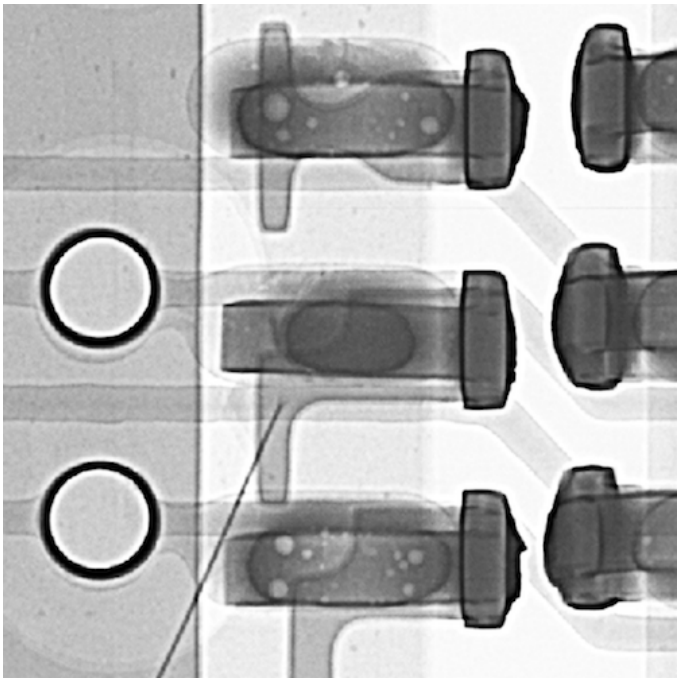
справа (показано стрелкой). Это соединение несколько темнее, чем другие.

Данный топологический элемент показан при более высоком увеличении в центре рис. 2. Темная овальная капля в центре соединения – это припой, не распространившийся должным образом и не смочивший две поверхности (вывод из кристалла и контактная площадка, связывающая прибор с ПК). Его большая толщина относительно припоев окружающих соединений вызывает большее затухание рентгеновского излучения, что и обуславливает более темный цвет. Отсутствие должного смачивания означает, что связь между выводом и контактной площадкой плохая или же вообще отсутствует.

На контактной площадке ниже припой смочил большую часть желаемой площади контакта – виден более крупный и лучше пропускающий излучение овал. В процессе пайки в припое образовалось несколько пузырьков воздуха. Если пузырьки не составляют более 40% желаемого объема припоя, соединение вряд ли будет нарушено. В других близлежащих соединениях достигнуто удовлетворительное смачивание, хотя в некоторых также имеются пузырьки воздуха.

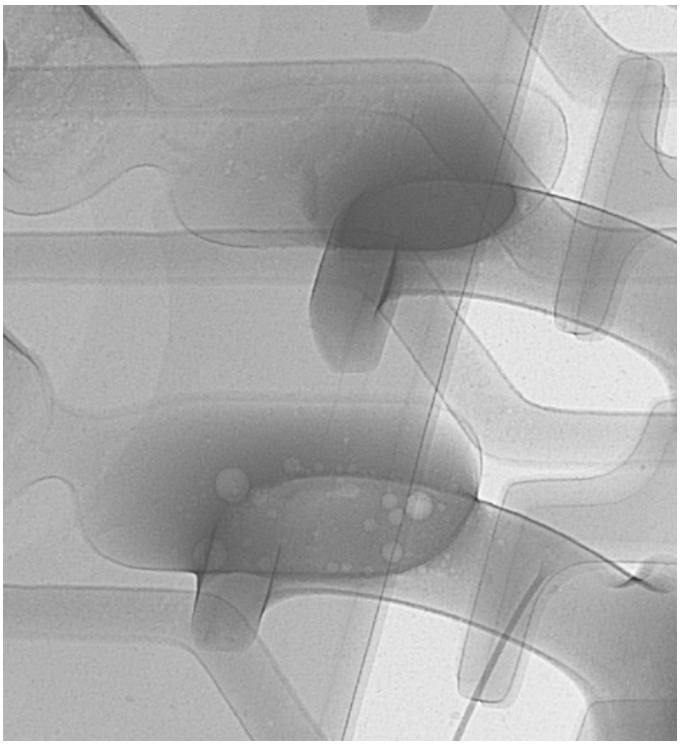
Те же самые топологические элементы можно увидеть, формируя изображение компонента под углом, как показано на рис. 3. Локальное расстояние прохождения излучения сквозь топологические элементы при изучении под углом изменилось. Дефектное соединение сверху представляется овалом варьирующейся темноты, пустóты (пузырьки) в соединении ниже по-прежнему хорошо видны.

Изображение той же самой полосы памяти было затем сформировано инструментальным средством Nordson SONOSCAN C-SAM с использованием ультразвукового метода визуализации C-mode (фирменная технология корпорации Nordson SONOSCAN). При этом использовался 120-ГГц преобразователь. Управление пропусканием каждого отраженного сигнала импульса осуществлялось на глубину чуть ниже верхней поверхности пластикового корпуса и до нижней части кристалла. Управление пропусканием обеспечивало



Источник: Nordson SONOSCAN

Рисунок 2. Увеличенное изображение показывает, что припой не смочил поверхности вывода и контактной площадки

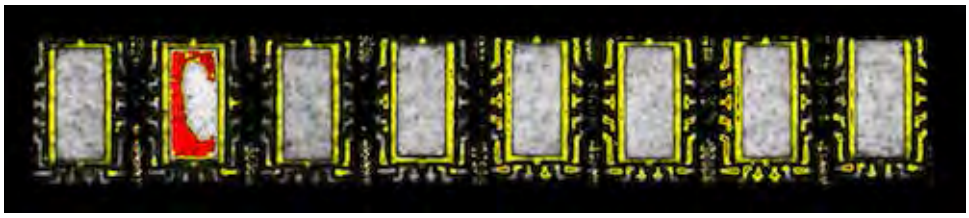


Источник: Nordson SONOSCAN

Рисунок 3. Угловой рентгеновский снимок демонстрирует дефектный припой, а также изменившееся расстояние прохождения излучения через наклоненный под углом вывод

определенный диапазон глубины, в котором использовались эхосигналы, возвращавшиеся с границ разделов и формировавшие таким образом акустическое изображение. Отраженные сигналы за пределом этого диапазона игнорировались. Благодаря этому удалось избегать путаницы при определении глубины конкретного топологического элемента.

Изображение полоски памяти, полученное акустически, показано на рис. 4. Благодаря тому, что из диапазона пропускания были исключены верхняя поверхность корпуса и посадка кристалла, единственный ожидаемый в данном диапазоне эхосигнал возникает на границе раздела между формовочным компаундом и поверхностью кристалла. В семи приборах граница раздела кажется серой. Это указывает на наличие эхосигнала малой амплитуды, отразившегося от границы раздела между двумя твердыми материалами. Серые области несколько пятнисты, возможно, из-за неоднородностей формовочного компаунда.



Источник: Nordson SONOSCAN

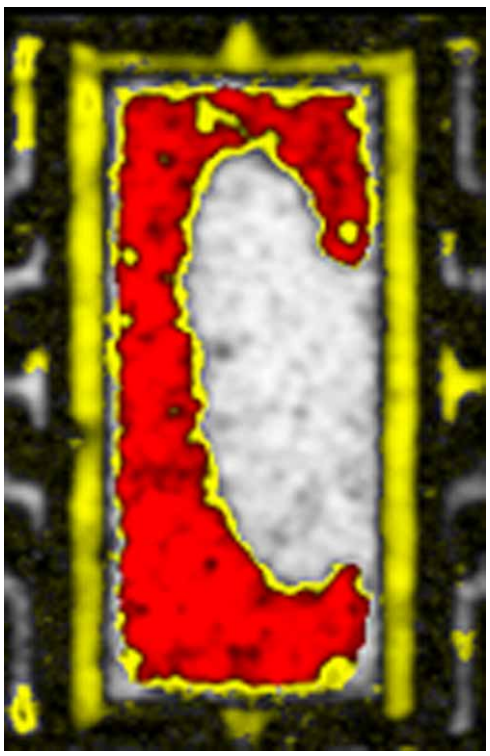
Рисунок 4. Акустически сформированное изображение полоски памяти из восьми приборов с использованием излучения 120 ГГц

Но на изображении второго прибора (рис. 5) большая часть площади кристалла – красного цвета, что показывает почти полное отражение поступающего импульса. Когда для идентификации объектов используются псевдоцвета, красный часто выбирается для идентификации границы раздела между твердым материалом и газом (обычно воздухом). То, что здесь демонстрируется, – это отслоение формовочного компаунда от поверхности кристалла на большей части его площади, в результате чего получается тонкий воздушный зазор. В первоначальном монохромном изображении эта область будет ярко-белой, в то время как области, не отражающие ультразвук, – черными, а границы раздела между двумя твердыми материалами будут иметь некоторый оттенок серого.

Даже малое отслаивание от поверхности кристалла может расшириться во время эксплуатации, привести к отходу разводки от контактов и нарушению электрической цепи. Отслаивание на большей площади, как показано, способно вызвать перегрев и выход из строя всего кристалла – в зависимости от предполагаемого рассеяния мощности прибора.

Затем полоса памяти была отображена неразрушающим методом, известным как Q-BAM (режим количественного анализа при помощи Б-сканирования – B-scan). Он позволяет получить изображение поперечного сечения через выбранную вертикальную плоскость, которая по размерам совпадает с оптической фотографией разрушающего секционирования через ту же самую вертикальную площадь.

Для получения Q-BAM-изображения образец сначала визуализируется методом C-mode, чтобы выбрать вертикальную площадь, через которую будет неразрушающим образом формироваться изображение. Поэтому рис. 4 повторяется в нижней части рис. 6. Белая линия, горизонтально проходящая через полоску памяти, определяет вертикальную плоскость, по которой полоска памяти будет секционирована неразрушающим образом.



Источник: Nordson SONOSCAN

Рисунок 5. Отслоение формовочного компаунда от кристалла на большей части его поверхности

Верхняя часть изображения на рис. 6, полученного неразрушающим методом, была создана путем управления диапазоном пропускания на очень малой глубине. При первом проходе вдоль белой линии датчик воспринимал для визуализации только эхосигнал, возникавший в нижней точке исследуемой области. Затем датчик переходил на следующий малый диапазон и вновь сканировал образец. Возвратно-поступательное сканирование длилось до тех пор, пока не была достигнута поверхность и не завершено неразрушающее формирование поперечного сечения.

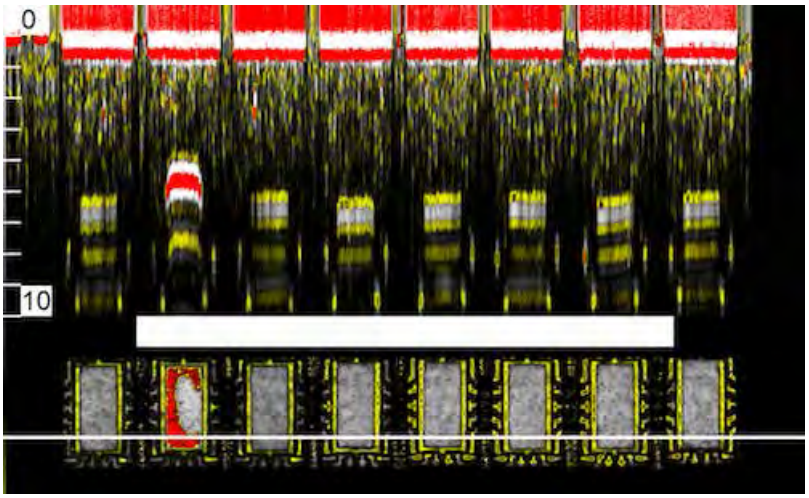
Поперечное сечение отражено в верхней части рис. 6. Шкала в левом верхнем углу показывает простирание в глубину поперечного сечения на 10 сегментов. Жирные красные топологические элементы чуть выше и чуть ниже верхней части формовочного компаунда – это эхосигнал от границы раздела формовочного компаунда с другими элементами, а многочисленные мелкие элементы, создающие впечатление дождя, – просто неоднородности формовочного компаунда, а не пустоты или другие дефекты.

Изображение, полученное в режиме Q-BAM, показывает, что прибор, имеющий отслоение формовочного компаунда от кристалла, показанное в C-mode красным цветом, сильно изогнут. Куполообразный профиль выглядит точно так же, как если бы прибор был физически секционирован.

Существуют и другие варианты использования различия рентгеновской и УЗ-технологии. Так, ультразвук может определять глубину внутреннего пространства топологического элемента непосредственно путем измерения времени прохождения отраженного эхосигнала. Если образец для формирования изображения возможно перевернуть на бок, то глубина топологического элемента, видимого сверху, может быть измерена непосредственно.

В случае использования рентгеновской технологии глубина формируемого изображения может быть увеличена за счет увеличения напряжения тока. Если же используется УЗ-технология, глубину формируемого изображения можно увеличить за счет снижения частоты. В обоих случаях яркость регулируется только после формирования изображения.

Попадая на воздушный зазор, ультразвук отражается почти полностью, как очень сильный эхосигнал, даже если это зазор субмикронной толщины. Рентгеновское излучение не отражается вообще, но из-за достаточно заметного затухания воздушный зазор будет



Источник: Nordson SONOSCAN

Рисунок 6. Поперечное сечение прибора, полученное неразрушающим УЗ-методом

МНЕНИЕ ЭКСПЕРТА

Представленная технология, позволяющая проводить анализ структур без вскрытия изделия, в целом интересна. Однако акустическое исследование микросхем не очень информативно, а применение рентгеновского томографа занимает сравнительно много времени. Полагаю, технология будет применима для выборочного контроля наиболее критичных блоков, так как в сплошном контроле массового производства (от 5–7 тысяч изделий в сутки) она будет неэффективной: для обеспечения точечной проверки всей поверхности каждого изделия нужно будет поставить сотни установок. Кроме того, сплошные массовые проверки займут много времени: сканирование по глубине (G-скан) небольшого участка изделия занимает от 30 минут до нескольких часов, а еще добавится время на загрузку, позиционирование, сканирование и выгрузку изделий.

В отличие от рентгеновского микроскопа, который позволяет «заглянуть» на субмикронный уровень, рентгеновский томограф из-за более высокой интенсивности полезного излучения предназначен для съемки более крупных объектов на большей площади. Заявленной же в статье мощности излучения (7 Вт) вряд ли хватит для формирования волны, достаточной для проведения исследований на субмикронном уровне, или же время сканирования будет чрезвычайно длительным (full night).

Что касается ультразвукового воздействия, то оно по определению не может быть

неразрушающим, так как оно механическое. Характер и масштабы разрушений будут зависеть от мощности и длительности излучения, а также структуры вещества, на которое оказывается воздействие. Для получения неискаженных результатов ультразвуковое сканирование в воздушной среде должно проводиться в изолированном от внешних воздействий помещении (аналог антишумовой комнаты), а при сканировании в жидкой среде – в антивибрационном, что тоже добавит сложностей при организации контроля в массовом производстве.

Александр Чамов, главный специалист отдела электронных измерений АО «НИИМЭ»

отображаться достаточно толстым (и темным).

При помощи обеих технологий можно формировать 3D-изображения. Рентгеновские установки собирают полный набор данных путем сканирования образца с различных углов и затем формируют изображение с использованием программного обеспечения.

УЗ-установки выполняют плоское сканирование, управляя пропусканием с очень малой глубиной сканирования. На основе этих данных и создается 3D-изображение.

Есть еще несколько вариантов совместного применения данных технологий. Ценность подхода заключается в том, что внутренним структурным аномалиям будет негде спрятаться.

Davis Shannon. X-ray and Ultrasound Pinpoint Structural Defects in Microelectronic Components. Semiconductor Digest, August 16, 2019: https://www.semiconductor-digest.com/2019/08/16/x-ray-and-ultrasound-pinpoint-structural-defects-in-microelectronic-components/

Новый метод 3D-печати для оптики, фотоники и биомедицины

Ключевые слова: 3D-печать, оптика, фотоника, биомедицина, микрофлюидика.

Инженеры из Университета Мэриленда создали новую многокомпонентную технологию трехмерной нанопечати.

Новая методика Университета Мэриленда (США) позволяет печатать крошечные многокомпонентные структуры размером с человеческий волос. Преимущества – высокая скорость и точность трехмерной печати сложных структур в сочетании с низкой стоимостью. В основе – простая методика литья, широко применяемая в лабораториях микрофлюидики.

С помощью предложенного подхода исследователи напечатали трехмерные нанокомпоненты, сочетающие несколько материалов: микровиолончель, микрологотип Университета Мэриленда (из четырех материалов), модель спирали ДНК (из пяти материалов).

Решения на основе микроструктур с несколькими материалами обладают расширенным функционалом. Каждый из применяемых в трехмерных наноструктурах материалов обладает целевыми химическими, биологическими, электрическими, оптическими и механическими свойствами. Их применение перспективно с точки зрения развития пере-

МНЕНИЕ ЭКСПЕРТА

Аддитивные технологии – крайне актуальная тема. Однако, если мы говорим об аддитивных технологиях с использованием порошков самого малого размерного ряда (MIM-технологиях), то речь идет о частицах диаметром в диапазоне 0,1–25 мкм. В статье же рассматриваются наноразмерные детали, по крайней мере выполненные в субмикрометровом диапазоне и полученные с помощью прямой лазерной печати (direct laser writing – DLW) со средним размером 100 ± 70 Нм по горизонтали и 190 ± 170 Нм по вертикали. Таким образом, описываемую в статье технологию можно назвать не только 3D-технологией, но и FBG-технологией (изготовление брэгговских дифракционных решеток в оптическом волокне).

Три упомянутые и такие не похожие друг на друга технологии объединяет то, что главная роль в них отводится высоконадежным импульсным лазерам и открытой платформе программного обеспечения для проектирования 3D-изделий, а также наличие ограничений в случаях использования для построения микроструктур композиций из нескольких материалов.

In-situ DLW включает в себя целый ряд процедур: создание микрофлюидного канала, ввод в него фотополимеризуемого материала, лазерную абляцию материала фемтосекундным лазером для печати структур непосредственно внутри канала. А это уже не метод наращивания слоев, а известный метод лазерной абляции и управление каустикой лазерного пучка для точного позиционирования его фокуса. Здесь играет роль плотность импульсов и подбор пиковой мощности источника, а также состав фоточувствительной композиции для использования двухфотонной полимеризации (TPP).

Наталья Истомина, доктор физико-математических наук, главный редактор научно-технического журнала «Фотоника»

довой оптики, метатехнологий, материаловедения, микроробототехники, систем доставки лекарств.

Пример использования нового подхода – совместное исследование Лаборатории биоинспирированного передового производства (Bioinspired Advanced Manufacturing, BAM) и Управления по санитарному надзору за качеством пищевых продуктов и медикаментов Министерства здравоохранения и социальных служб США, направленное на создание трехмерных наноэлементов человеческого

глаза со сложной анатомией и разнообразием оптических свойств. Первые результаты исследования были представлены на Международной конференции по микроэлектромеханическим системам в Сеуле (Республика Корея) в январе 2019 г.

Исследования методов создания трехмерных наноструктур на основе сочетания нескольких материалов активизировались в последнее десятилетие. Ограничивающие факторы в развитии данного направления – высокие временные, финансовые и трудовые затраты. В большинстве случаев использовалось только два материала.

В отличие от предыдущих исследований подход Университета Мэриленда позволяет расширить количество материалов, интегрируемых между собой в процессе создания трехмерных структур, обеспечить высокую скорость печати и возможность работы в наномасштабах.

Другой пример развития исследований в сфере трехмерной нанопечати – патентные заявки Школы Кларка (шт. Массачусетс, США) на методику прямого лазерного письма. Трехмерная нанопечать структур на основе нескольких материалов осуществляется внутри микроканалов. Каждый используемый жидкий материал загружается в микроканалы по отдельности для обеспечения оптимальных параметров печати в соответствии со спецификой конкретного материала. После завершения процесса печати микроканалы извлекаются, оставляя полностью интегрированные трехмерные структуры. Предложенная методика отличается высокой скоростью и точностью.

Andreychek Melissa L. New Multi-Material 3-D Nanoprinting Strategy Could Revolutionize Optics, Photonics and Biomedicine. Phys.org, July 23, 2019: https://phys.org/news/2019-07-multi-material-d-nanoprinting-strategy-revolutionize.html

Искусственный интеллект и технология распознавания лиц

Ключевые слова: искусственный интеллект, компьютерное (машинное) зрение, краевые вычисления, программное обеспечение, технология распознания лиц.

Искусственный интеллект давно стал одной из самых обсуждаемых тем. В какой области он найдет свое первое массовое применение? Один из ответов – системы распознавания лиц. Эта технология все шире используется в развитых странах, в частности в Великобритании. При этом возникает ряд правовых и этических проблем – таких как распознавание лиц пассажиров и работников транспорта, осуществляемое без их ведома.

СТАНЕТ ЛИ РАСПОЗНАВАНИЕ ЛИЦ ПЕРВЫМ «ЗАХВАТЧИКОМ РЫНКА[7]» ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА?

При каждой новой смене технологической парадигмы требуется новый «захватчик рынка» (или, иначе, «убийственное применение»). Для искусственного интеллекта (ИИ) таким «захватчиком» может стать технология распознавания лиц. Основным применением распознавания лиц на основе глубокого изучения в настоящее время стали системы безопасности и контроля доступа. Разрабатываются и уже поступили в продажу более совершенные решения – такие как робот Sped, опытно-экспериментальная модель робота-помощника по покупкам, распознающего лица с целью определения пола и возраста клиента и на основании этого формулирующего рекомендации. Осуществление подобных операций возможно только при использовании ИИ в рамках технологий краевых вычислений[8] – связь с «облаком» существенно замедляет процесс.

Недавно в Университете штата Вашингтон (г. Сиэтл) был проведен конкурс MegaFace Challenge, посвященный алгоритмам распознавания лиц. Лидером по итогам конкурса стала корпорация CyberLink (г. Тайбэй, Тайвань).

Высокопроизводительное распознавание лиц с использованием краевых вычислений

Конкурс MegaFace Challenge представлял собой серию эталонных тестов, проверяющих алгоритмы распознавания лиц различных разработчиков на больших наборах обучающих данных. Фотографии знаменитостей и людей с экстремальными возрастными различиями размещались в выборках, содержащих от 10

до 1,0 млн «отвлекающих факторов», к которым относились фотографии других лиц, а также объектов, которые при обучении ИИ были неправильно определены как лица.

Конкуренция была жесткой: алгоритмы корпораций Google, Tencent и ряда других на небольших наборах данных достигали точности идентификации около 90%. Но по мере увеличения отвлекающих факторов они работали все хуже и хуже. В результате механизм распознавания лиц FaceMe AI (основанный на алгоритме SphereFace) обошел механизмы FaceNet v8 от Google и SIATMMLAB от TencentVision, показав точность распознавания 98,4% на больших наборах данных. При этом FaceMe AI работает с технологией краевых вычислений.

FaceMe AI – это кроссплатформенный SDK[9]-комплект, ориентированный на специалистов по распознаванию лиц, способный анализировать такие атрибуты, как возраст, пол и эмоции. Его нейронная сеть была предварительно обучена работе с большими базами изображений. Кроме того, он совместим с такими структурами, как TensorFlow и Core ML, что позволяет разработчикам интегрировать в FaceMe AI свои собственные данные обучения.

После обучения полученный механизм формирования логического вывода[10] объединяется с алгоритмами предварительной обработки, которые сжимают его до 4 Мбайт. Эти алгоритмы также обеспечивают совместимость SDK с периферийными системами – от мобильных приборов до цифровых вывесок на основе Linux и решений для ПК с ОС Windows. Такой уровень совместимости аппаратного и программного обеспечения означает, что SDK FaceMe AI применим для интеллектуального наблюдения за городом, интеллектуального розничного маркетинга, персонализированных роботов умного дома.

В настоящее время большинство решений распознавания лиц таких разработчиков, как AWS, Google и Microsoft, работают с использованием «облака». В некоторых сценариях (например, системах допуска) облачное распознавание лиц неоптимально – приходится ждать 20–30 с для того, чтобы изображение или видео были загружены в «облако» и пришел ответ на локальное устройство.

FaceMe AI оптимизирован для приборов, работающих с краевыми вычислениями. К ним относятся ПК, мобильные устройства (сотовые телефоны с ОС Windows, iOS, Android), центральные и графические процессоры. В среде FaceMe AI можно настраивать различные параметры – размер захвата лица (в пикселах), частота смены кадров, коэффициент ложного доступа[11].

Некоторые системы распознавания лиц требуют меньшего времени реакции, повышенной точности, возможности захвата большего или меньшего числа изображений лиц одновременно. FaceMe AI позволяет разработчикам адаптировать свои алгоритмы так, чтобы использовать меньше вычислительной мощности (в случае мобильных приложений), сократить время ожидания (умный дверной замок) или захватывать одновременно больше изображений (интеллектуальное наблюдение за городом).

Ускоренное распознавание на нескольких платформах

При обеспечении совместимости механизмов формирования логического вывода с различными краевыми процессорами и операционными системами SDK FaceMe AI полагаются на такие технологии, как инструментальные средства OpenVINO корпорации Intel. OpenVINO Toolkit – инструментальное средство разработки, оптимизирующее алгоритмы формирования логических выводов на основе компьютерного зрения для использования в центральных и графических процессорах, вентильных матрицах, программируемых пользователем (FPGA), и ускорителях машинного обучения, таких как блоки обработки данных визуального распознавания (VPU) Movidius корпорации Intel (рис. 1).

Для работы с нейронными сетями уже создано большое число инструментальных

Источник: Intel

Рисунок 1. Структура набора инструментов OpenVINO корпорации Intel для оптимизации механизма распознавания лиц FaceMe, используемого в различных нейронных сетевых процессорах и ускорителях

* OpenCV (Open Source Computer Vision Library) – библиотека алгоритмов компьютерного зрения, обработки изображений и численных алгоритмов общего назначения с открытым кодом.
** OpenVX – открытый, бесплатный лицензионный стандарт для кроссплатформенного ускорения приложений компьютерного зрения.
*** OpenCL (Open Computing Lanquage) – открытый стандарт параллельного программирования гетерогенных систем.

средств и механизмов формирования логических выводов. SDK FaceMe AI по сути может выступать по отношению к ним преобразователем данных. Одной из хороших платформ объединения в единый SDK для такого большого числа компонентов представляется набор инструментальных средств OpenVINO корпорации Intel.

При оснащении OpenVINO алгоритмами на основе FaceMe AI скорость распознавания лиц может быть увеличена на 500%. В то же время FaceMe AI сохраняет точность определения пола на 98%, а эмоций – до 86%. При этом средняя ошибка определения возраста составляет 5,8 года.

«Убийственное» ИИ-приложение – уже реальность

Возможность масштабирования производительности и использования энергии на различных платформах означает, что технология распознавания лиц может получить намного большее распространение, чем раньше. Легкость переноса SDK FaceMe AI подразумевает, что разработчики могут повторно использовать прикладные компоненты в своих средах разработки в целях ускорения развертывания собственных решений.

Обладая доступом к технологии распознавания лиц, по точности конкурирующей с решениями технологических гигантов, специалисты в области ИИ теперь могут создать коммерчески жизнеспособные средства распознавания лиц с непосредственным использованием краевых вычислений. Со временем это позволит повысить точность розничного маркетинга, усовершенствовать средства наблюдения и контроль доступа, а также создать роботов, выполняющих правдоподобные человеческие взаимодействия [1].

ПРАКТИЧЕСКОЕ ПРИМЕНЕНИЕ НА ПРИМЕРЕ ВЕЛИКОБРИТАНИИ

В Лондоне проводятся испытания технологии распознавания лиц, причем сфера ее применения варьируется от несерьезных (в пивных барах) до более важных областей, таких как отслеживание пассажиров поездов.

Технологии распознавания лиц преследуют жителей Великобритании практически повсеместно, в силу чего привлекают большое внимание. Недавно был разработан бар, оборудованный технологией распознавания лиц, а пассажиры поездов и сотрудники на крупном лондонском вокзале отслеживаются системой распознавания лиц без их ведома.

Внедрение таких технологий становится все проще – недавно корпорация Amazon объявила о добавлении «страха» к эмоциям, обнаруживаемым с помощью программного обеспечения Rekognition. Помимо этого была повышена точность гендерной идентификации, точность оценки возрастного диапазона и точность определения семи эмоций: «счастье», «грусть», «злость», «удивление», «отвращение», «спокойствие», «растерянность». Технология не требует иметь опыт машинного обучения, что теоретически означает, что любой может добавить анализ распознавания лиц в свою систему. Все, что для этого нужно – отправлять изображения или видео в свой интерфейс прикладного программирования (API), и Amazon идентифицирует объекты и людей, обеспечит распознавание лиц и анализ. Более того, он учится на всех данных, поступающих в его систему.

Искусственный интеллект помогает избежать очереди при заказе пива в оживленном баре

В одном из популярных пабов Лондона недавно была протестирована система рас-

Источник: DataSparq

Рисунок. 2. Барная стойка с искусственным интеллектом, испытанная фирмой DataSparq в одном из баров Лондона

познавания лиц. Цель – создать динамичную и продуманную очередь. Как говорится в пресс-релизе фирмы DataSparq, разработавшей систему, новая технология исключит резкое увеличение длины очередей в барах и пабах. Считается, что самое большое неудобство для посетителей британских пабов – люди, толкающиеся перед ними в ожидании возможности заказать напитки: более трех четвертей опрошенных британцев покидают переполненные бары из-за долгого времени ожидания.

Опрос 2000 посетителей британских пивных баров, проведенный по заказу DataSparq, показал, что почти две трети останутся в пабе и закажут пиво, если будут точно знать, сколько им ждать подачи. Вот почему компания разработала панель ИИ, которая, по ее словам, дает клиентам эту ясность.

Что же делает панель ИИ с распознаванием лиц? В переполненном баре она позволяет выполнить заказ быстрее и точнее, идентифицируя лица и затем помещая их в интеллектуальную виртуальную очередь. ИИ также будет выполнять более быстрые проверки идентификаторов – если кто-то выглядит несовершеннолетним, система предложит ему ввести идентификатор, прежде чем он достигнет начала очереди.

Дополнительные функциональные возможности, которые в настоящее время разрабатываются, включают возможность для клиентов переупорядочивать свои напитки, находясь в очереди. Система запоминает заказы посетителей и реагирует на простые жесты, обозначающие изменения. Еще одна функция (FaceTab) будет включать механизм, визуально добавляющий людей на вкладку панели. Упорядочить эту вкладку могут только определенные лица. ИИ-панель будет предлагаться как SaaS[12]-продукт и работать с использованием стандартной веб-камеры, дисплея и подключения к Интернету.

Нововведение вызвало в Лондоне большой интерес. Представители DataSparq сообщают, что испытания в баре – это просто техническая репетиция, поставки реального продукта начнутся через месяц-другой. Уже заключены контракты с компаниями по производству напитков и владельцами пабов, чтобы развернуть технологию по всей Великобритании в течение следующих 12 месяцев. Система может быть установлена в любом месте и легко масштабируется – поэтому ожидается, что после установки в барах она будет развертываться на многолюдных музыкальных фестивалях и не только.

DataSparq начала разработку решения в мае 2019 г., используя целый набор доступных на рынке инструментов для обнаружения, распознавания и анализа лиц. Необходимо было принять решение, какие данные следует отправлять в «облако», а что обрабатывать локально. Большинство данных продукт DataSparq обрабатывает именно локально. Причина в том, что время отклика должно быть малым – необходимо оперативно реагировать на запросы клиентов в баре. Сам по себе API распознавания лиц обладает высоким быстродействием, но сравнение лиц занимает больше времени, потому что изображения отправляются в «облако». В следующем поколении решений данного типа предполагается перейти к краевым вычислениям. Система подключается к локальному серверу, получая данные со стандартной веб-камеры и используя всего три интерфейса – USB-вход, Ethernet-соединение и HDMI-выход. Что касается защиты личности пользователя, то данные после закрытия не сохраняются, т. е. система распознает и сравнивает лица в течение одного конкретного дня.

Отслеживание клиентов и работников на станции Кингс-Кросс

Иногда распознавание лиц вызывает споры. Так, на одной из самых оживленных железнодорожных станций Лондона, Кингс-Кросс, для отслеживания посетителей «во имя обеспечения общественной безопасности» используется система распознавания лиц. Это немаловажная проблема – на дан-

В ЦЕНТРЕ ВНИМАНИЯ: КОРПОРАЦИЯ CYBERLINK

Корпорация CyberLink (訊連科技股份有限公司) – мировой лидер в области мультимедийного программного обеспечения и технологий искусственного интеллекта для распознавания лиц.

Штаб-квартира: г. Новый Тайбэй, Тайвань.

Дата основания: 1996 г.

Численность сотрудников: 700 чел. (2013 г.).

Валовая прибыль: 1,896 млрд тайваньских долл. (2016 г.).

Операционный доход: 736,58 млн тайваньских долл. (2016 г.).

Компания владеет более чем 200 запатентованными технологиями, позволяющими развивать мультимедийный опыт и последовательно разрабатывать инновационные и совместимые решения.

Основная продукция:

- системы редактирования видео и плагины;
- системы фоторедактирования;
- веб-камеры;
- системы управления мультимедиа;
- устройства записи и резервного копирования;
- оборудование для делового общения;
- мобильные приложения.

Новейшая разработка – FaceMe

Средство FaceMe, созданное с использованием технологий глубокого обучения, обеспечивает надежное, высокоточное распознавание лиц в режиме реального времени для приложений Интернета вещей, оснащенных искусственным интеллектом. Эти приложения используются в интеллектуальной розничной торговле, банковском деле, системах общественной безопасности и частной жизни. FaceMe входит в число самых точных алгоритмов в мире. Совместим с платформами Windows, Linux, Android и iOS и может работать на нескольких аппаратных конфигурациях, от мощных рабочих станций до небольших устройств с низким энергопотреблением. Запоминает до 106 ключевых точек лица, позволяя разработчикам создавать анимированные 3D-модели.

ном участке расположены лондонские центры разработки Facebook, Google и Samsung. Через станцию ежегодно проходит 176 млн человек.

Как сообщила группа по гражданским свободам Big Brother Watch, удалось идентифицировать камеру на станции, оснащенную встроенной расширенной функцией распознавания образов и самообучающейся видеоаналитикой с разрешением до 16 Мп. Исследователи технологий распознавания лиц сообщили Financial Times, что это тревожное событие для тех, кто не хочет участвовать в данных испытаниях, поскольку у них нет возможности отказаться от прогулок по Лондону или поездок на работу. Возникает вопрос: «Почему такое оборудование вообще испытывается, если эта технология является предметом судебного

иска и члены парламента призывают ввести на нее мораторий?»

В начале 2019 г. в Лондоне мужчина был остановлен и оштрафован на 90 фунтов из-за того, что он закрыл лицо, чтобы избежать сканирования во время процесса распознавания лиц, проводимого местной полицией в общественном месте. По словам борцов за гражданские права, в этом человеке не было ничего подозрительного, он просто использовал свое право не подвергаться проверке с помощью камер.

Жители Великобритании за много лет уже привыкли к системам слежения во всех общественных местах – они были основным средством определения перемещений и идентификации террористов-смертников, причастных к взрывам в лондонском метро 7 июля 2005 г., а также использовались во многих других громких полицейских расследованиях, осуществленных с тех пор. Это означает, что камеры есть везде и британская публика воспринимает их как часть повседневной жизни. Но технологии распознавания лиц постоянно развиваются и скоро станут настолько точными, что «Большой Брат» будет не только всегда наблюдать за гражданами, но также знать об их эмоциях и чувствах. А возможно, кто-то даже станет жертвой ошибочного определения личности.

Возможно, ИИ, ускоряющий работу бара, – позитивная тенденция, но массовое применение его на станциях уже сейчас вызывает обеспокоенность многих горожан [2].

Lewis Brandon. Is Facial Recognition AI's First «Killer App»? Insight tech. June 18, 2019: https://www.insight.tech/ai/is-facial-recognition-ai-s-first-killer-app?cid=em&source=elo&campid=iotg_WW_iotgsa_EMNL_EN_2019_Aug20_insight.tech_eng_C-MKA-3558_T-MKA-13068&content=iotg_WW_iotgsa_EMNL_EN_2019_Aug20_insight.tech_eng_C-MKA-3558_T-MKA-13068&elq_cid=46828&em_id=49545&elqrid=bd131be7c814478e86c00420e7b60920&elqcampid=32194&erpm_id=5128022&elqTrackId=e0a1f8aaff754100a2ee48a4b7f5d450&elq=bd131be7c814478e86c00420e7b60920&elqaid=49545&elqat=1&elqCampaignId

Dahad Nitin. Facial Recognition in London: the Good, the Bad and the Ugly. EE Times, August 15, 2019: https://www.eetimes.com/author.asp?section_id=36&doc_id=1335037

Некоторые аспекты освоения технологий 5G

Ключевые слова: ИС, миллиметровый диапазон, системное проектирование, суб-6-ГГц диапазон, теплорассеяние.

Технология 5G несомненно станет катализатором, ускоряющим темпы изменений на транспорте, в производстве, здравоохранении и многих других сферах. В сочетании с продолжающимся развитием искусственного интеллекта и машинного обучения это приведет к новым научным открытиям и улучшит повседневную жизнь человека. Один из определяющих моментов обеспечения конкурентоспособности систем 5G – выбор материалов для изготовления компонентов. При этом в КНР уже сейчас формируется наиболее массовый 5G-рынок.

Влияние технологии мобильной связи пятого поколения (5G) нельзя недооценивать. Благодаря 5G-технологиям и приложениям человечество стоит на пороге значительных научных и промышленных разработок. В частности, речь идет о преобразовании Интернета вещей и промышленного Интернета вещей во всеохватывающий Интернет вещей. Развитие 5G-технологий и Интернета вещей во всех его формах (включая Интернет здоровья, Интернет энергосетей и т. д.) тесно взаимосвязаны – одно не может существовать без другого. Сейчас под Интернетом вещей понимают однозначно опознаваемые объекты (вещи) и их виртуальные представления в интернетоподобных структурах (все подключаемые к Интернету приборы и устройства различного назначения). Концепция промышленного Интернета вещей подразумевает развитие подключенных к Интернету вещей средств и систем управления промышленными производствами, технологическими процессами, транспортом, логистикой и т. п. с целью оптимизации работы, повышения производительности и эффективности, снижения издержек.

Формирующийся на их основе и основе других специализированных приложений Интернета вещей всеохватывающий Интернет вещей подразумевает следующий этап развития. В его рамках будут осуществляться контакты между людьми, людьми и датчиками (в том числе машинами и сетями датчиков), вещами (в том числе межмашинный обмен данными, обмен данными между сетями датчиков, сетями датчиков и машинами), а также поддерживающие все это процессы. То есть в любое время любой человек и любая вещь смогут быть соединены в интернетоподобной среде. Все это позволит миллиардам людей, машин и приборов обмениваться огромными объемами данных, изображениями и потоковым видеоконтентом с высоким разрешением в реальном масштабе времени.

Технология 5G станет катализатором, который ускорит темпы изменений во многих отраслях, включая транспорт, производство, здравоохранение, и в человеческом обществе

в целом. Этот сдвиг парадигмы сочетается с продолжающимися разработками в области искусственного интеллекта и машинного обучения, дополненной, виртуальной и смешанной реальностей, 3D-печати, квантовых вычислений, что создает основу для непредсказуемого синергетического эффекта. Неизбежно появление новых бизнес-моделей, инновационных продуктов и услуг, новых технологий производства и транспортных решений, прорывов в здравоохранении и сельском хозяйстве и многих других сферах.

К основным преимуществам 5G-технологий можно отнести:

- возможность использования в качестве единого глобального стандарта;
- возможность обеспечивать наращивание емкости сетей без последовательных сетевых итераций;
- фактически неограниченная пропускная способность;
- малое время ожидания (1–2 мс) по сравнению с 50 мс у сетей 4G).

Необходимо отметить, что технологии 5G представляют собой стратегические, прорывные технологии развития, затрагивающие вопросы национальной безопасности. Именно поэтому правительство США заблокировало в 2017–2018 гг. попытки китайских инвесторов поглотить корпорацию Qualcomm, обладающую большими заделами и наработками в области соответствующих технологий.

НЕКОТОРЫЕ ПРИМЕРЫ ВЛИЯНИЯ ТЕХНОЛОГИЙ 5G НА РАЗЛИЧНЫЕ ОБЛАСТИ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Удаленная хирургия и роботизированная телехирургия

Появляется возможность проведения операций в стерильном безлюдном помещении (во избежание инфицирования хирург находится в соседнем помещении) или в полевом госпитале в другой части света. Преимущества дистанционной роботизированной 5G-телехирургии – повышение точности, снижение инвазивности и травматизма, более быстрое восстановление. В долгосрочной перспективе – снижение затрат на здравоохранение.

Промышленный Интернет вещей

Создание интеллектуальных заводов, расширение использования машинного обучения, искусственного интеллекта, робототехники, подключаемых датчиков, получение и анализ данных в реальном масштабе времени с целью совершенствования производственного процесса.

Использование камер и датчиков для мониторинга и наладки производственных процессов в реальном масштабе времени. Снижение издержек за счет снижения частоты ошибок и меньшего количества переделок.

Предполагается, что в 2023 г. промышленный Интернет вещей будет демонстрировать наибольшие темпы прироста, а по объему доходов обгонит потребительский Интернет вещей.

Интеллектуальные города

Использование подключенных к Интернету вещей приборов и датчиков для достижения лучшего баланса между ресурсами и спросом, контроль надежности парка транспортных средств, улучшение инфраструктуры, снижение вмешательства человека в принятие решений, повышение безопасности, качества и эффективности услуг.

Интеллектуальные системы управления движением, парковкой, освещением, водоснабжением и общественным транспортом. Автоматизированные системы управления отходами. За счет данных датчиков и инфор-

МНЕНИЕ ЭКСПЕРТА

Ожидания от рынка 5G сильно переоценены с точки зрения Интернета вещей. Большинство индустриальных приложений используют проводную связь, для 99% приложений умного города (энергетика, ЖКХ, мусор) вполне хватает уже действующих дальнобойных и маломощных протоколов, а удаленная хирургия – весьма спорное явление. Из перечисленных в статье вертикальных индустрий только транспорт, в широком понимании этого слова, действительно нуждается в 5G-технологиях.

Андрей Колесников, директор Ассоциации Интернета вещей

мации, получаемой в реальном масштабе времени от пешеходов, транспорта и инфраструктуры, руководство города может эффективно снижать нагрузки на инфраструктуру, улучшать состояние ресурсов и повышать энергосбережение.

Интеллектуальное управление дорожным движением

В настоящее время до 10% заторов на дорогах связано с неэффективной синхронизацией светофоров. Это приводит к увеличению расхода топлива и выброса выхлопных газов. Для исправления ситуации требуется применение интеллектуальных 5G-систем управления дорожным движением в реальном масштабе времени.

В будущем для экономии топлива и сокращения выбросов также предполагается создать интеллектуальные парковки, сообщающие пользователям о доступности парковочных мест в реальном масштабе времени.

Интеллектуальный общественный транспорт будет обладать возможностями отслеживания и прогнозирования условий дорожного движения в режиме реального времени для линий метро, автобусов и железных дорог.

Интеллектуальное управление ресурсами

Интеллектуальное управление различными сетями, включая сети электропередачи, позволит улучшить повседневную деятельность, техническое обслуживание и распределение ресурсов. Например, подключенные к Интернету мусорные баки могут сигнализировать о необходимости своевременного вывоза мусора автоматизированными мусорными машинами. За счет этого будут снижаться уровень антисанитарии и коммунальные издержки.

Аналогичным образом можно автоматизировать доставку нефти и газа, предоставление коммунальных услуг и ремонт.

Интеллектуальные датчики воды могут контролировать и регулировать качество питьевой воды.

Интеллектуальные датчики освещения могут приглушать яркость уличных фонарей в случае отсутствия пешеходов или машин.

Интеллектуальные дома

Для мониторинга и доступа к устройствам управления домом через смартфон обычно используются подключенные к Интернету вещей приборы и шлюзы или маршрутизаторы. Ожидается, что в 2025 г. число подключений умных домов превысит пять миллиардов.

Самые крупные категории приборов и устройств, используемых в интеллектуальных домах, – межсетевые шлюзы, динамики, системы безопасности, бытовая техника, термостаты, системы освещения, выключатели и детекторы.

Например, датчики температуры по мере надобности переключаются из режима экономии в режим комфортной температуры и обратно. Датчики освещения могут отключать свет в неиспользуемых помещениях. Оконные датчики выдают информацию о состоянии окон (открыто–закрыто), что позволяет оптимизировать работу систем отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха (HVAC).

В сфере домашних развлечений большая пропускная способность 5G-сетей позволит расширить использование видеотехники и видеоконтента 4K[13], 8K[14], 3D и 360°. В 2023 г. на них придется до 75% трафика мобильных данных в мире по сравнению с 55% в 2017 г. Технологии 5G также будут способствовать существенному улучшению облачных игр, приложений дополненной и виртуальной реальности, предназначенных для обучения, образования, маркетинга, продаж и развлечений.

Автомобильный Интернет вещей

В настоящее время уже используется достаточно много подключенных автомобилей, и их число непрерывно растет. Подключенный автомобиль – это машина с доступом в Интернет, подключение к которому дает возможность работы многочисленных функций обеспечения безопасности, удобства и развлечений. Функции безопасности и защиты включают автоматическое уведомление о возможности столкновения, опасной дорожной обстановке, поломке и т. д. К функциям удобства относятся обеспечение движения и навигации в реальном масштабе времени, удаленная диагностика транспортного средства, напоминания о времени планового обслуживания, дистанционное открытие и закрытие замков. В области работы и развлечений в автомобиле подключаемость обеспечивает воспроизведение потокового музыкального и видеоконтента, функциональность мобильного офиса.

В то же время понятие «подключенный автомобиль» не описывает степени его автоматизации. Степень автоматизации – это, по сути, степень участия человека в управлении машиной. Их насчитывают пять или шесть – в зависимости от того, учитывается ли нулевой этап – полное отсутствие автоматизации (табл. 1) [1].

ПРОБЛЕМЫ ВЫБОРА МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ КОМПОНЕНТОВ СИСТЕМ 5G

Освоение миллиметрового диапазона (mmWave) для 5G открывает долгожданные рыночные возможности для приборов на основе нитрида галлия (GaN) в качестве альтернативы приборам на основе кремния.

Для 5G радиочастотного диапазона GaN более энергоэффективен, чем кремний. На деле GaN уже давно вытеснил кремний в разработках 5G-усилителей мощности, особенно в области приборов для 5G-сетей миллиметрового

ТАБЛИЦА 1
УРОВНИ АВТОМАТИЗАЦИИ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

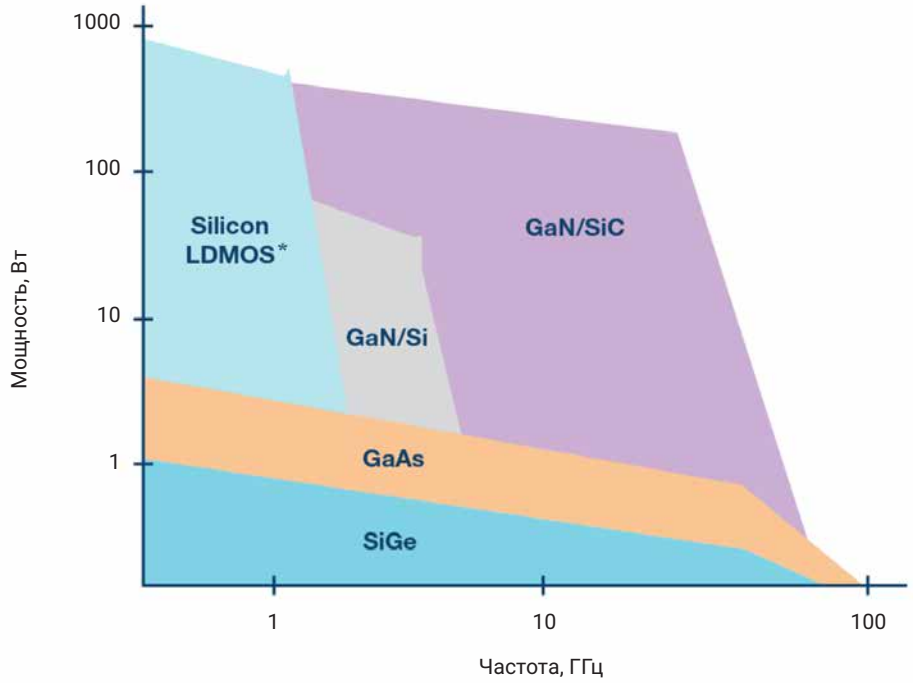
Уровень автоматизации	Описание
0	Отсутствие автоматизации
1	Системы помощи водителю
2	Частичная автоматизация
3	Условная автоматизация
4	Автомобиль может управляться человеком, но в этом нет особой необходимости (можно не смотреть на дорожную ситуацию, не держать руки на руле и т. п.). Автономное транспортное средство обращается к человеку только в непредусмотренных программным обеспечением случаях
5	Полное отсутствие необходимости вмешательства человека в процесс вождения, необязательность руля, возможность разворота передних сидений в обратном направлении (для облегчения общения с пассажирами на задних сиденьях). По мнению отраслевых специалистов, до 2032–2045 гг. массовое освоение подобных транспортных средств маловероятно

диапазона. GaN особенно привлекателен тем, что на его основе можно создавать более компактные приборы, чем горизонтальные двухдиффузионные МОП-транзисторы (LDMOS), при этом способные эффективно работать при более высоком напряжении и в гораздо более широком диапазоне миллиметровых частот, чем стандартные кремниевые приборы. Так, GaN-приборы могут работать при напряжении 50 В или выше, а напряжение 28-нм КМОП-приборов составляет около 1,8 В. В конце концов, мощность – это вольт-временная характеристика тока, а более высокое рабочее напряжение облегчает достижение более высокой мощности (рисунок). Тем не менее напрямую сравнивать GaN-приборы с кремниевыми непросто. Пластины для изготовления GaN-приборов по-прежнему намного дороже, чем кремниевые пластины, но цена шаблона для формирования GaN-приборов намного ниже, чем стоимость шаблона наиболее современных КМОП-приборов.

По мере перехода технологий 5G от диапазона менее 6 ГГц в миллиметровый диапазон возникает много проблем, требующих решения.

С технологической точки зрения существует проблема затухания сигнала. Для улучшения качества сигнала требуется установка нескольких антенн с использованием методов пространственного мультиплексирования. Каждой антенне необходим специализированный радиочастотный чипсет входных каскадов (и усиления мощности). Сегодня GaN медленно заменяет кремний в специфических применениях, таких как радиочастотные усилители входных каскадов базовых станций 4G/LTE. Конструкции следующего поколения откроют GaN-приборам дверь в область микроячеек, фемтоячеек и даже еще более компактных приборов, таких как точки доступа, хотя и по другим причинам, нежели в случае более мощных приборов.

Для приборов с меньшей силовой нагрузкой преимущество заключается в опорной поверхности – не только с точки зрения монтажа компонентов на печатной плате, но и с точки зрения компоновки антенны. Здесь GaN-приборы подходят наилучшим образом благодаря возможности работы при более высоком напряжении и меньшим по сравнению с кремниевыми приборами размерам.



Источник: AnalogDevices

Сопоставление мощности и частоты различных материалов в СВЧ-диапазоне, включая миллиметровый диапазон

* Silicon LDMOS – структура металл–оксид–кремний, полученная методом горизонтальной (боковой) диффузии.

Однако проблема заключается не только в количестве потребляемой энергии, но и в том, сколько ее тратится впустую. Эффективность усилителей мощности составляет 30–35%, соответственно, при потребляемой мощности в 100 Вт на работу приходится 35 Вт, остальные 65 Вт превращаются в тепло.

На недавней конференции в Шанхае корпорация Huawei продемонстрировала базовые станции с автономными системами жидкостного охлаждения. Это может показаться излишним, однако из-за плотности расположения кристаллов базовые станции генерируют большое количество тепла. Большинство других производителей комплектного оборудования (OEM) придерживались традиционных подходов к механизмам теплоотвода – было представлено много конструкций с аномально длинными алюминиевыми ребрами.

В целом производители ИС намерены поддерживать и GaN-, и кремниевые приборы. При этом некоторые из них основное внимание уделяют одному из вариантов. Так, корпорации Qorvo, Wolfspeed, NXP, Sumitomo и другие производители ИС (особенно имеющие опыт работы на рынке СВЧ-связи) в течение многих лет продвигали GaN-приборы в качестве вероятного преемника LDMOS в усилителях мощности базовых станций 5G и других приложениях.

Рост объемов передаваемых данных, как породивший 5G и Интернет вещей, так и обусловленный ими, требует увеличения емкости и скорости передачи данных соответствующего аппаратного обеспечения. Для решения этой задачи необходимо освоение миллиметрового диапазона. Оптимальный материал для этого – «GaN-на-SiC», благодаря его высокой плотности мощности и возможности работать на высоких частотах.

Одна из корпораций, сделавших ставку на рост спроса на «GaN-на-SiC», – Greek/Wolf. В мае 2019 г. она огласила планы инвестировать 1 млрд долл. в мощности по производ-

ству данного материала с целью увеличить его выпуск в 30 раз. Для этого планируется модернизировать завод по обработке 150-мм пластин (площадь производственных линий – 23,5 тыс. м^2) в Дареме (шт. Северная Калифорния, США), рядом со штаб-квартирой корпорации.

По оценкам исследовательской корпорации Yole Développement (г. Лион, Франция), спрос со стороны оборонной промышленности, а также производителей 4G- и 5G-средств мобильной связи приведет к увеличению продаж GaN-приборов с 380 млн долл. в 2017 г. до 2 млрд долл. в 2024-м. При этом отмечается, что большинство усилителей мощности, реализуемых на гражданском рынке, по-прежнему будет производиться на основе кремния.

Суб-6-ГГц диапазон

Специалисты Yole Développement также отмечают, что существенные технологические достижения в области рентабельной LDMOS-технологии обеспечат возможность кремниевым приборам конкурировать с GaN-приборами в таких сферах суб-6-ГГц диапазона, как активные антенны и системы с массовым MIMO[15]. Благодаря этим достижениям наверняка будет вестись разработка стандартных кремниевых компонентов для сетей миллиметрового диапазона. Такие разработки уже есть – фирма Anokiwave, обладающая многолетним опытом проектирования радиочастотных систем, недавно модернизировала свою продукцию, что позволило уменьшить усилия по калибровке фазированных антенных решеток и снизить энергопотребление почти на треть. Специалисты фирмы утверждают, что создали компоненты ФАР и контроллеры из стандартных LDMOS, аргументируя этим мнение, что GaN-технология не нужна. Первые 28-ГГц приборы фирмы были выпущены в 2016 г., и с каждым новым поколением достигается бóльшая эффективность по размеру и весу. При этом снижается и стоимость приборов.

Однако большинство отраслевых специалистов критично относятся к подобным попыткам. Они указывают, что даже экономия от масштаба[16] поставщиков кремниевых решений не обещает им победы, по крайней мере для суб-6-ГГц версии систем 5G. В этой сфере пусть и минимальное, но преимущество остается за GaN-приборами. Отмечается, что с использованием кремния можно «творить чудеса», но крупный усилитель будет рассеивать тепло намного медленнее, чем маленький. Таким образом, если прибор на основе GaN (или другого материала) работает на том же напряжении, что и кремниевый, но при этом обладает меньшими размерами, весь процесс становится более энергоэффективным.

Многое зависит от ширины запрещенной зоны – у GaN она в три раза больше, чем у кремния (табл. 2). Помимо GaN, к материалам с широкой запрещенной зоной относятся карбид кремния, оксид цинка и углерод в виде алмаза или алмазных пленок.

Галлий как проводник лучше кремния, при этом тяжелее и дороже. Однако если эпитаксиально выращивать GaN или GaN-компоненты на кремнии или SiC, то такие решения по эффективности могут сравниться с кремниевыми, а иногда оказываются и немного дешевле.

Неизбежные тепловые проблемы

Проблемы с тепловыделением неотъемлемо присущи усилителям мощности и радиочастотным входным каскадам вследствие огромной разницы между пиковыми и минимальными требованиями по питанию. С этой точки зрения GaN обладает большими преимуществами.

Основные проблемы – переход между уровнями мощности и рассеяние тепла. Корпорация Apple в своих смартфонах iPhone использует метод, называемый отслеживанием огибающей. Он позволяет регулировать мощность на уровне, необходимом в любой момент времени.

Отслеживание огибающей – одно из основных функциональных преимуществ GaN:

ТАБЛИЦА 2
СОПОСТАВЛЕНИЕ МАТЕРИАЛОВ С ШИРОКОЙ ЗАПРЕЩЕННОЙ ЗОНОЙ И ДРУГИХ МАТЕРИАЛОВ

Материал	Химическое обозначение	Энергия запрещенной зоны, эВ
Германий	Ge	0,7
Кремний	Si	1,1
Арсенид галлия	GaAs	1,4
Материалы с широкой запрещенной зоной		
Карбид кремния	SiC	3,3
Оксид цинка	ZnO	3,4
Нитрид галлия	GaN	3,4
Алмаз (алмазные пленки)	C	5,5

Источник: Министерство энергетики США

кремниевые усилители мощности не могут переключать уровни мощности достаточно быстро, чтобы этот метод оказался для них эффективным. Требуется работа в реальном масштабе времени. Но основная экономия касается не энергии, а размера. Вес установленной на стене антенны может составлять 226 или 22,6 кг – разница весьма существенная. Это и есть «точка продажи»[17].

Системное проектирование как альтернатива

То, что GaN проник в сферу кремниевых технологий – свершившийся факт. Однако вряд ли он полностью заменит кремний. Галлий и некоторые другие материалы группы $A^{III}B^{V}$ по некоторым метрикам производительности обладают существенными преимуществами перед кремнием – особенно в ИС военного назначения и радиационно-стойких[18] ИС, – но эти варианты использования отличаются большими трудностями контроля на уровне производства ИС. Кремниевые процессы, в свою очередь, характеризуются меньшей требовательностью и большей управляемостью. Более того, возможности совершенствования кремниевых технологий еще не конца исчерпаны, поэтому их скорого «ухода» ожидать не приходится.

По мере развития технологий 5G будет продолжаться масштабирование поддерживающих их ИС, увеличение числа ультраэкономичных конструкций 5G-систем, что потребует схемотехники, обеспечивающей оптимизацию энергопотребления и теплового режима путем перевода части базовой станции в спящий режим в периоды, когда эти компоненты не используются. Корпорация Samsung заявила о снижении на 25% числа компонентов базовых станций за счет увеличения площади расположения элементов и наращивания функциональных возможностей ее специализированных ИС (ASIC) цифровых входных каскадов. Подобного же подхода придерживаются корпорации Qualcomm, Nokia и др., ориентирующиеся на расширение и формирование предпочтений и опыта потребителей, – они активно оптимизируют свои ИС.

Отраслевые специалисты отмечают, что, хотя жидкостное охлаждение намного эффективнее воздушного, оно, вероятно, не станет основным вариантом в базовых станциях мобильных сетей. Первоначальные серийные конструкции базовых станций 5G вряд ли будут существенно отличаться от опытных образцов и базовых станций 4G/LTE. Однако они начнут усложняться по мере перехода от суб-6-ГГц технологий к технологиям мил-

лиметрового диапазона. Переход на более высокие частоты сопряжен с увеличением чувствительности конструкции в целом и ее элементов, особенно при совмещении модулей и ИС входных радиочастотных каскадов. Существенно увеличиваются перекрестная зависимость и необходимость одновременной разработки подложки корпуса и ИС. Обычно распределенные усилители крупнее, менее эффективны и характеризуются меньшим коэффициентом усиления по сравнению со стандартными каскадными усилителями. Однако их привлекательность в том, что они способны достигать очень широких полос пропускания.

Каков выбор у операторов связи? Скорее всего, вместо того чтобы полагаться только на теплоотводы и материалы с широкой полосой частот, они начнут изменять топологии сетей и аппаратные конфигурации. Цель – распределить нагрузку РЧ-передач по многим базовым станциям среднего размера. Кроме того, во избежание использования всего нескольких базовых станций с очень высокими уровнями мощности и передачи, они могут соединять микросоты на разных уровнях с помощью оптоволокна.

Результаты исследований Форума малых сот (Small Cell Forum, некоммерческая тематическая ассоциация) демонстрируют возможность снижения требований к питанию путем ограничения числа подключений на прибор и использования базовых станций, более сходных с точками фиксированного беспроводного доступа малых сот. Помимо этого в периоды низкой активности можно выборочно отключать компоненты и сетевые узлы. Однако основные проблемы по-прежнему связаны с фундаментальными вопросами проектирования ИС и чипсетов, что облегчает, а не усложняет вопросы энергосбережения [2].

ФОРМИРОВАНИЕ 5G-РЫНКА В КНР

Индустрия смартфонов в КНР практически вышла на уровень саморегулирования. Правда, пока не преодолена тенденция сокращения их продаж – по итогам июля 2019 г. в стране было продано 34,2 млн смартфонов, что на 7,5% ниже показателей соответствующего периода 2018 г. На рынок было выведено 36 новых моделей, что на 44,6% ниже, чем в июле 2018 г. Частично снижение интереса к смартфонам поколения 4G/LTE объясняется ожиданиями расширения продаж средств связи 5G.

Китайские СМИ утверждают, что по выводу на рынок новых моделей 5G-телефонов в период с июля по сентябрь 2019 г. (девять моделей, включая три от Samsung – табл. 3) КНР вдвое превосходит США. Насколько корректны такие утверждения, трудно сказать, ведь производимые в КНР смартфоны Samsung выводит на рынок обеих указанных стран одновременно.

Предполагается, что в III кв. 2019 г. рынок смартфонов восстановит свой рост – не в последнюю очередь за счет средств связи 5G. Отмечается, что недавно представленная ОС корпорации Huawei поможет преодолеть проблемы с ОС Android, возникшие из-за американских санкций. Более того, распространение смартфонов с ОС Huawei сначала в Юго-Восточной Азии, затем в Азиатско-Тихоокеанском регионе в целом и далее по всему миру может существенно подорвать позиции ОС Android и поддерживающих ее фирм.

В настоящее время в КНР сложилась ситуация, напоминающая Японию 1980–1990-х гг.: национальные потребители желают получать новинки раньше, чем они пойдут на экспорт. Производителям это выгодно – при обкатке на внутреннем рынке на внешние рынки выходит доработанный продукт. Но у этой практики есть обратная сторона – можно упустить первенство вывода новинки на мировой рынок, что чревато потерями с точки зрения дохода и доли рынка [3].

ТАБЛИЦА 3
5G-ТЕЛЕФОНЫ, ВЫПУЩЕННЫЕ ИЛИ ЗАЯВЛЕННЫЕ К ВЫПУСКУ НА РЫНОК КНР В ПЕРИОД С ИЮЛЯ ПО СЕНТЯБРЬ 2019 Г.

Компания	Модель	Цена, долл.
Samsung	Galaxy S10 5G	1199/1337 (8 Гбайт + 256 Гбайт / 8 Гбайт + 512 Гбайт)
	Note 10 5G	1170 (модем Qualcomm Snapdragon X50)
	A905G	650 (мобильная платформа Qualcomm Snapdragon 855 или процессор Samsung Exynos 9820)
Huawei	Mate20 X (5G)	880 (чипсет Kirin 990, ОС – EMUI 10)
	Mate30 X (5G)	Выпуск в сентябре (чипсет Kirin 990, ОС – EMUI 10)
Xiaomi	Две флагманские модели	Точных данных на 20.08.2019 г. нет
ZTE	Axon 10 Pro 5G	710 (мобильная платформа Qualcomm Snapdragon 855, внешняя ИС узкополосной передачи X50)
Vivo	iQOO Pro	Точных данных на 20.08.2019 г. нет
	NEX 5G	Мобильная платформа Snapdragon 855 Plus

The Wide-Ranging Impact of 5G. Microwave Journal, August 16, 2019: https://www.microwavejournal.com/articles/32693-the-wide-ranging-impact-of-5g

Fogarty Kevin. GaN Versus Silicon for 5G. Semiconductor Engineering, August 15, 2019: https://semiengineering.com/gan-versus-silicon-for-5g/

Zhong Momo. More 5G Handsets Hit the Chinese Market. EE Times, August 20, 2019: https://www.eetimes.com/document.asp?doc_id=1335044

В Университете Карнеги–Меллона разработана электронная кожа с магнитометром

Ключевые слова: электронная кожа, магнитометр, медицинская электроника.

Исследователи Университета Карнеги–Меллона разработали магнитомягкую электронную кожу с одним чувствительным элементом, определяющим силу и контакт.

Мягкие роботы используются для сбора информации, перемещения предметов на складах, лечения пациентов в больницах. По мере увеличения спроса на мягких роботов ученые разрабатывают способы развития их сенсорных способностей – чувствительность электронной кожи должна быть подобна чувствительности естественных мягких тканей человека. Основные вызовы – сложность обеспечения чувствительности каждого участка электронной кожи на значительной площади, проблемы надежности работы мягкого устройства.

Исследователи Университета Карнеги–Меллона разработали магнитомягкую электронную кожу с одним чувствительным элементом. Эластичный магнит обеспечивает осязание и совместим с натуральной кожей и другими материалами. В основе – силиконовая резина, наполненная миллионами микрочастиц, создающих магнитное поле. При вступлении в контакт с другими объектами микрочастицы приходят в движение, изменяя магнитное поле внутри резины.

Изменения магнитного поля обнаруживаются встроенным магнитометром, помогающим определить местоположение и интенсивность контакта с материалом. При этом изменения магнитного поля фиксируются даже при отсутствии физической связи с поверхностью материала.

Данное преимущество превращает магнитную кожу в востребованную технологию с точки зрения развития медицины. Мягкие робототехнические устройства перспективны для проведения эндоскопии желудочно-кишечного тракта. Громоздкость и жесткость электроники и датчиков препятствуют их интеграции с эндоскопическими устройствами, лишая последние необходимой для проведения медицинских процедур подвижности. Разработка Университета Карнеги–Меллона способна обеспечить прорыв в сфере роботизированной эндоскопии, придав медицинскому оборудованию сенсорные функции без применения громоздкой электроники с большим количеством проводов.

В настоящее время специалисты Университета Карнеги–Меллона сконцентрировались на обнаружении силы воздействия на объекты цилиндрической формы, присущей катетерным эндоскопам.

В ЦЕНТРЕ ВНИМАНИЯ: УНИВЕРСИТЕТ КАРНЕГИ–МЕЛЛОНА

Университет Карнеги–Меллона – частный исследовательский университет.

Штаб-квартира: г. Питтсбург, шт. Пенсильвания, США.

Дата основания: 1900 г.

Численность сотрудников: 6077 чел.

Численность студентов: более 14,5 тыс. чел.

На факультете машиностроения проводятся междисциплинарные исследования, связанные с внедрением инноваций. Функционирует лаборатория мягких машин, исследования которой сконцентрированы на развитии мягкой и носимой электроники, робототехники, мультифункциональных материалов, микрофлюидики, технологий производства и интеграции мягких материалов.

Мультифункциональные композитные материалы используются для создания искусственной кожи, нервной ткани и мускулов, совместимых с биологическими организмами и безопасных для них. Новые сочетания материалов на основе полимеров с включениями жидких металлов позволяют добиться уникальных электрических, термических и эластических свойств.

Магнитная кожа способна обнаруживать и локализовывать воздействие других объектов на непрерывной поверхности площадью 1,5 см². В дальнейшем планируется расширить площадь обнаружения объектов. Способы решения данной задачи – развитие возможности магнитных микрочастиц создавать более сильное магнитное поле или поиск оптимальных вариантов размещения магнитометра в пределах электронной кожи.

Для обеспечения сенсорного восприятия путем измерения магнитного поля электронной коже не требуется наличие электрического интерфейса. Разработка Университета Карнеги–Меллона перспективна для интеграции с различными системами.

Liu Miranda. An Elegant Solution to the Soft Sensing Challenge. Techxplore, July 29, 2019: https://techxplore.com/news/2019-07-elegant-solution-soft.html

ГЛОССАРИЙ

[1] **Закон Мура (Moore's Law)** – эмпирическое наблюдение, а не природный (физический) закон, сформулированное в конце 1970-х гг. Гордоном Муром, одним из основателей и ведущих специалистов Intel: каждые 1,5–2 года число транзисторов на кристалле удваивается без увеличения удельной стоимости функций для конечного потребителя.

[2] **IDM (integrated device manufacturers)** – интегрированные изготовители приборов, традиционные полупроводниковые фирмы полного цикла – разработка, проектирование, производство и маркетинг ИС.

[3] **Больше, чем Мур (More than Moore)** – концепция, направленная на достижение больших результатов и в более широком диапазоне, чем изложено в законе Мура. Заключается в использовании 2,5- и 3-мерных архитектур (позволяющих существенно наращивать функциональность, сокращать занимаемое пространство и потребляемую мощность), а также перспективных материалов и приборных структур.

[4] **COTS (commercial off-the-shelf)** – компонент, приобретаемый в готовом виде на коммерческом рынке.

[5] **Национальные институты здравоохранения (National Institutes of Health, NIH)** – научно-исследовательские и лечебные учреждения в структуре Службы общественного здравоохранения США, подразделения Министерства образования и социальных служб. Началом послужило создание в 1887 г. бактериологической лаборатории. Сейчас в систему входят национальные институты по изучению проблем старения; диабета, болезней почек и органов пищеварения; болезней сердца, легких и крови; раковых заболеваний; проблем алкогольной зависимости и алкоголизма; наркомании; аллергии и инфекционных заболеваний; здоровья ребенка и развития человека.

[6] **Скрининг (screening)** – предположительная идентификация нераспознанного заболевания или дефекта путем проведения тестов, обследований или других легко используемых процедур. Определение дано в 1951 г. Комиссией США по хроническим заболеваниям.

[7] **Захватчик рынка (killer application, killer apps, дословно – убийственное приложение)** – новаторский продукт, революционная новинка (товар или услуга), с появлением которых устанавливаются новые стандарты требований в конкретной области рынка, вытесняются традиционные продукты или услуги.

[8] **Краевые (также пограничные) вычисления (edge computing)** – метод оптимизации облачных вычислительных систем путем дополнения обработки данных в «облаке» обработкой на границе сети вблизи источника данных. Вычислительная нагрузка на ЦОД снижается за счет того, что краевые приборы передают уже первично обработанные данные. Подход требует использования ресурсов, не подключенных к сети постоянно (ноутбуки, смартфоны, планшетные ПК, датчики и т. п.).

[9] **SDK (software development kit)** – набор инструментальных средств разработки программного обеспечения, включающий библиотеки, заголовочные файлы, help-файлы, документацию и т. п.

[10] **Логический вывод (inference)** – способность системы распознавания лиц определить, соответствует ли данное лицо заложенному шаблону (по итогам машинного обучения, при этом шаблон может быть шаблоном лица конкретного человека, шаблоном определения возраста, пола, эмоций) или нет, т. е. использовать элементарную логику «да–нет».

[11] **Коэффициент ложного доступа (false acceptance rate, FAR)** – в биометрических технологиях порог, определяющий вероятность (в процентах) того, что один человек может быть принят за другого. Также именуется «ошибкой второго рода».

12 **SaaS (software as a service)** – «ПО как услуга», модель поставки прикладного ПО, помогающая организациям значительно снизить общие издержки владения IT-инфраструктурой. Организация доступа к прикладным программам через Интернет позволяет отказаться от крупных авансовых лицензионных затрат в пользу умеренной абонентской платы за сопровождение необходимых прикладных систем.

13 **4K** – обозначение разрешающей способности в цифровом кинематографе и компьютерной графике, примерно соответствующее 4000 пикселей по горизонтали.

14 **8K** – обозначение разрешающей способности в цифровом кинематографе и компьютерной графике, приблизительно соответствующее 8000 пикселей по горизонтали. 8K рассматривается как преемник 4K.

15 **MIMO (multiple input multiple output)** – метод пространственного кодирования сигнала, позволяющий увеличить полосу пропускания канала, в котором передача данных и прием данных осуществляются системами из нескольких антенн. Передающие и приёмные антенны разносят так, чтобы корреляция между соседними антеннами была слабой.

16 **Экономия от масштаба (economies of scale)** – экономия, обусловленная ростом масштабов производства.

17 **Точка продажи (selling point)** – характеристика продаваемого продукта, которая делает его привлекательным для потребителей.

18 **Радиационно-стойкие (rad-hard, rad-hardened)** – ИС, изготавливаемые с учетом специфических требований к радиационной стойкости (от 200 до >1000 Крад по общей дозе, порог воздействия единичного электрона при испытании на работоспособность – 80–150 МэВ/мг/см^2, частота ошибок при воздействии единичного электрона – 10^{-10}–10^{-12} ошибок/разряд в день). Эффект защелкивания отсутствует благодаря применению технологии «кремний-на-изоляторе».

В СЛЕДУЮЩЕМ ВЫПУСКЕ:

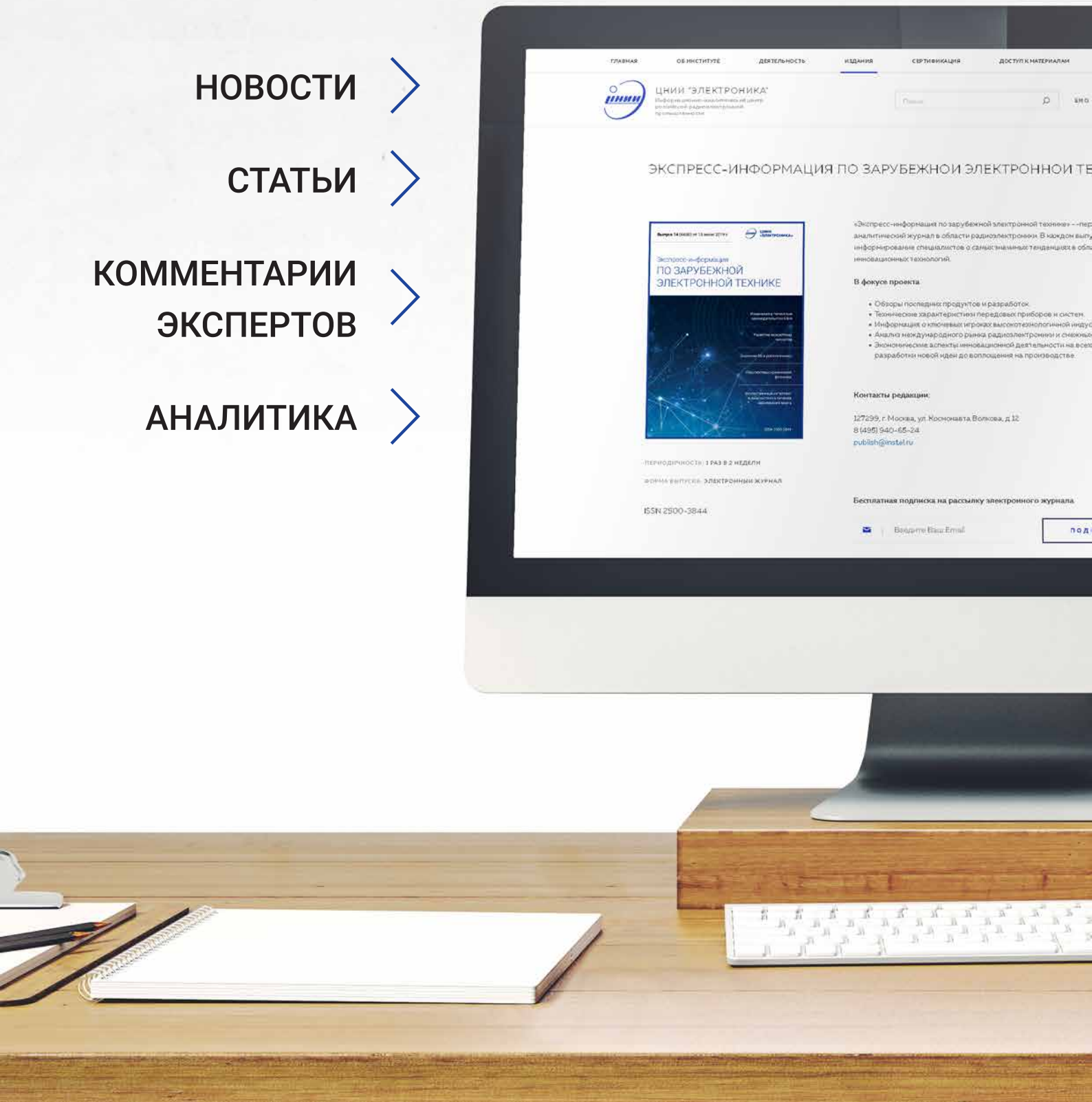
- Сейчас на рынке присутствует несколько типов памяти следующего поколения. Некоторые перспективные типы памяти являются их продолжением, другие предполагают проведение вычислений в непосредственной близости к памяти или в самой памяти. Однако чтобы довести результаты НИОКР до освоения в производстве, требуется преодолеть ряд технологических и экономических проблем.
- Снижение изменчивости параметров процесса требует усилий по всей цепочке поставок полупроводникового производства. По мере совершенствования оборудования, данных, аналитики и освоения новых технологий растет уровень прогнозируемости и выход годных, снимается ряд проектных ограничений.
- Производители ИС осваивают процессы с меньшими топологиями и борются за снижение уровня дефектности. Сегодня все большую роль в возникновении дефектов стало играть оборудование заводов по обработке пластин, точнее – его компоненты и подсистемы.

zet.instel.ru

Всё о зарубежной электронной технике

НОВОСТИ

СТАТЬИ

КОММЕНТАРИИ ЭКСПЕРТОВ

АНАЛИТИКА