НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

ГЛОБАЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ТРЕНДЫ

HTTP://ISSEK.HSE.RU/TRENDLETTER

ТРЕНДЛЕТТЕР #09 • 2017

ЭЛЕКТРОНИКА НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ

МИКРО- И НАНОСИСТЕМЫ СТАНОВЯТСЯ ВСЕ МЕНЬШЕ И ВСЕ «УМНЕЕ»

Главными движущими силами технологических изменений в XXI в. стали интеллектуализация и миниатюризация технических систем. Развитие информационных, исполнительных и сенсорных компонентов и их объединение на базе нано- и микросистемной техники (НМСТ) легло в основу этих процессов. В результате были созданы малоразмерные технические объекты с развитыми возможностями взаимодействия с внешней средой. Они незаменимы для развертывания «цифровой революции» в промышленности и для создания таких приложений, как беспилотные системы вождения, Интернет вещей, интеллектуальные инфраструктуры. К примеру, уже сегодня около 10% ВВП в европейских странах напрямую связано с микро- и наноинженерией.

В последние годы наносистемная техника (НСТ), берущая свое начало в интегральных технологиях микроэлектроники, превратилась в сегмент с богатым разнообразием конструктивных и технологических направлений. Основой будущего наносистем должна стать унификация их компонентов на функциональном, конструктивном и информационном уровнях. Традиционный подход к развитию НСТ, связанный с последовательным уменьшением размеров путем различного рода обработки: литографии, травления и т.д. (так называемый подход «сверху-вниз»), имеет свои технологические ограничения. В качестве альтернативы выступает применение новых материалов и нанотехнологий при создании наносистем (подход «снизу-вверх») и внедрение технологий самоорганизации.

Трендлеттер выходит 1–2 раза в месяц.

Каждый выпуск посвящен одной теме:

- Медицина и здравоохранение
- Рациональное природопользование
- Информационно-коммуникационные технологии
- Новые материалы и нанотехнологии
- Биотехнологии
- Транспортные средства и системы
- Энергоэффективность и энергосбережение
- **Спецвыпуск**

Мониторинг глобальных технологических трендов проводится Институтом статистических исследований и экономики знаний Высшей школы экономики (issek.hse.ru) в рамках Программы фундаментальных исследований НИУ ВШЭ.

При подготовке трендлеттера использовались следующие источники:
Прогноз научно-технологического развития Российской Федерации до 2030 года (prognoz2030.hse.ru), материалы научного журнала «Форсайт» (foresight-journal.hse.ru), данные МИЭТ, Web of Science, Orbit, yole.fr, Cisco, semi.org, dailytech.com, gminsights.com, icinsights.com, idtechex.com, knowm.org, marketsandmarkets.com и др.

Более детальную информацию о результатах исследования можно получить в ИСИЭЗ НИУ ВШЭ: issek@hse.ru, +7 (495) 621-82-74.

Над выпуском работали:
Ирина Бородина, Антон Бойко, Юлия Мильшина, Константин Вишневский, Лилия Киселева, Владимир Пучков.

© Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики», 2017

МИНИАТЮРИЗАЦИЯ И ПРИМЕНЕНИЕ НАНОТЕХНОЛОГИЙ

Уменьшение размеров и переход к наноуровню имеют свои ограничения. Они связаны с физическими принципами работы микро- и наносистем, необходимостью одновременно уменьшать все компоненты наноэлектромеханических систем (НЭМС). Пределы миниатюризации техники наноуровня связаны с различными эффектами масштабирования. При снижении линейных размеров изменяется, к примеру, соотношение площади поверхности конструкции к ее объему.

При создании наносистем все чаще применяются методы построения объектов на основе подхода «снизу-вверх», опирающегося на процессы самосборки и самоорганизации, природные способы создания материальных объектов. К таким процессам можно отнести синтез и сборку, осаждение материала, легирование, имплантацию. Применение подобных нанотехнологических методов позволяет вывести наносистемную технику на качественно новый уровень развития.

Технологическая эволюция: применение наноматериалов в НМСТ

1970–2000-е — Использование стеклоприпоев

2000–2010 — Применение наноструктурированных металлических припоев в технологии сборки и наноструктурированных геттеров

2010–2016 — Имплементация мультислоевых систем (термитов) в технологии сборки

2017–2020 — Использование припоев на основе углеродных нанотрубок

2020-е — Создание сенсоров и актюаторов на основе функциональных материалов

Эффекты

- Появление наносистем на основе новых принципов считывания и обработки информации
- Расширение номенклатуры датчиков и систем
- Появление нового типа электронных устройств
- Развитие медицины и биотехнологий на новом уровне
- Развитие Интернета вещей

Оценки рынка

До $3,7 млрд

к 2019 г. вырастет рынок НМСТ на основе новых материалов и принципов считывания ($1,6 млрд — в 2013 г.) (среднегодовой темп роста — 15%)

$225 млн к 2020 г. составит объем рынка литографического оборудования для сектора НМСТ, корпусирования и LED-технологий (в 2014 г. — $150 млн)

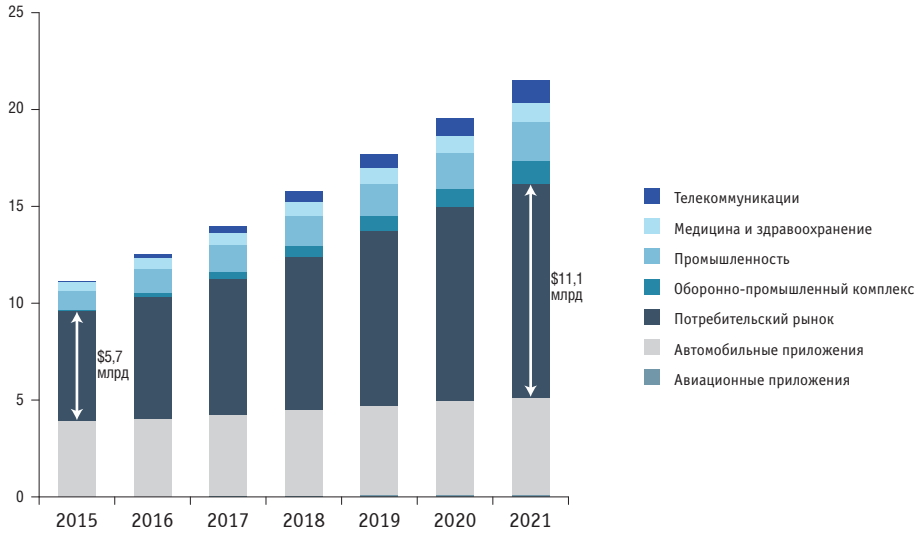
Драйверы

- Развитие нано- и биотехнологий
- Использование существующих технологических решений микроэлектроники и других секторов

Барьеры

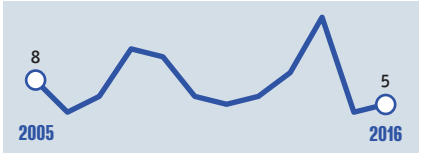
- Уменьшение габаритов наносистем, ведущее к снижению точностных характеристик
- Возникновение нежелательных физико-химических эффектов при уменьшении размеров микросистем
- Необходимость более тщательного контроля параметров и характеристик

Структурный анализ: рынок микро- и нанонаноэлектромеханических систем по секторам (2015–2021 гг., *млрд долл.*)



Международные научные публикации

Международные патентные заявки



Уровень развития технологии в России

«Возможность альянсов» – наличие отдельных конкурентоспособных коллективов, осуществляющих исследования на высоком уровне и способных на равных сотрудничать с мировыми лидерами

КОМПЛЕКСИРОВАНИЕ И УНИФИКАЦИЯ

Спектр применения микросистем очень широк, еще более многогранны конструктивно-технологические варианты их исполнения. Зачастую технологический процесс разрабатывается под конкретное изделие. Подобное разнообразие накладывает ограничения на сопряжение различных изделий нано- и микросистемной техники, их интеграцию в технические системы. В связи с этим для сегмента НМСТ актуальна задача стандартизации средств проектирования, технологий производства, обработки сигналов, взаимодействия наносистем между собой и с другими электронными компонентами.

Стандартизация, в свою очередь, способствует объединению различных датчиков, систем в едином функциональном узле и увеличению многообразия выполняемых функций. Выработка единых протоколов взаимодействия компонентов и методов тестирования дает возможность совместно использовать изделия разных производителей. Унификация готовых изделий определяет параметры выходных сигналов, технологии корпусирования с учетом требований сборки и монтажа, питания датчиков. Совместная обработка данных, поступающих одновременно от разных датчиков (которые автоматически обмениваются информацией между собой), позволяет снизить количество ошибок.

Технологическая эволюция: интеграция МЭМС-датчиков в едином корпусе

1970–2000-е — Создание микросистем типа «одно устройство — одна функция»

2011 — Появление комбинированных навигационных систем, объединяющих магнитный компас и акселерометр

2012 — Создание 4-х компонентных навигационных систем, включающих магнитный компас, акселерометр, гиродатчик и датчик приближения

2015 — Создание комбинированного навигационного блока и включение в него датчиков параметров внешней среды (9-осевого инерциального блока, датчика приближения, датчика влажности и термодатчика)

2016 — Включение микропроцессора в состав 9-осевой комбинированной системы

2018 — Усложнение навигационного блока, добавление инфракрасного и коммуникационного радиочастотного компонентов (12-осевой инерциальный блок)

Эффекты

- Развитие робототехники и автономных транспортных систем (систем машинного зрения; навигационных систем)
- Упрощение взаимной интеграции между разными видами технических систем: создание единых протоколов обмена информацией; унификация технологии сборки и монтажа различных компонентов на едином носителе; унификация требований к различного вида устройствам на уровне проектирования
- Совершенствование биомедицинских технологий: дистанционная диагностика и лечение; миниатюрные системы диагностики и анализа; контроль биологических процессов на клеточном и молекулярном уровне
- Развитие «умного» сельского хозяйства: сенсоры контроля состояния почвы и растений, системы автоматического питания растений и обработки почвы и т.д.

Оценки рынка

$3,5 млрд

к 2020 г. составит объем рынка комбинированных навигационных систем

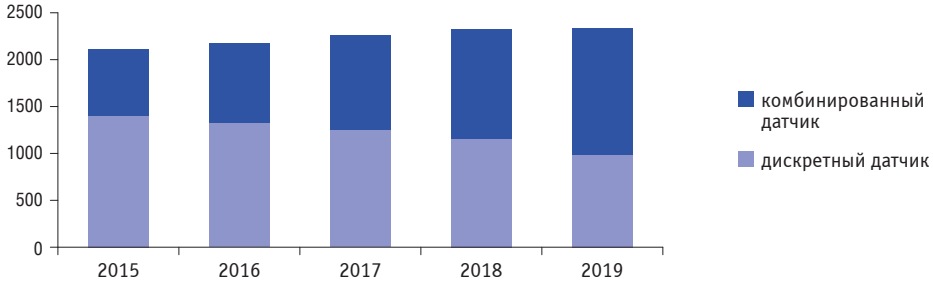
Драйверы

- Развитие индустрии автономного дорожного движения и беспилотных летательных аппаратов
- Развитие рынков виртуальной и дополненной реальности
- Применение наносистем в новых областях промышленной и бытовой электроники

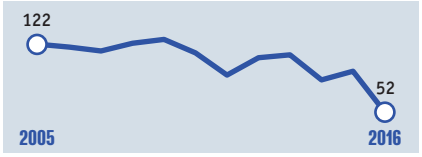
Барьеры

- Повышение барьеров входа на рынок для малых компаний из-за доминирования крупных производств с отлаженными технологическими цепочками
- Увеличение затрат на проектирование изделий из-за усложнения их функций

Структурный анализ: рынок инерционных датчиков для потребительского использования (2015–2019 гг., *млн долл.*)



Международные научные публикации



Международные патентные заявки

Уровень развития технологии в России

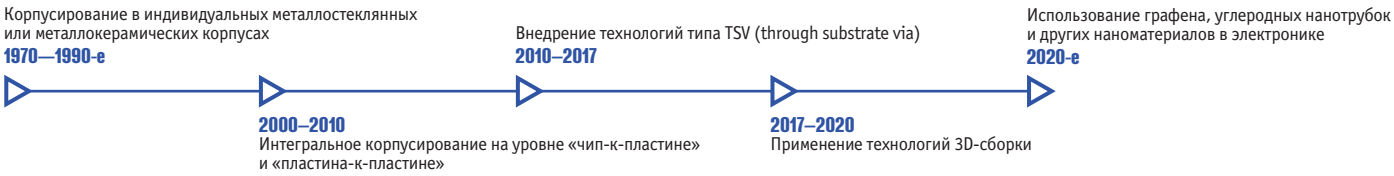
«Заделы» – наличие базовых знаний, компетенций, инфраструктуры, которые могут быть использованы для форсированного развития соответствующих направлений исследований

РАЗВИТИЕ ТЕХНОЛОГИЙ КОРПУСИРОВАНИЯ И 3D-СБОРКИ

Разнообразие конструкций наносистем и технологий их создания требует появления единых решений в области сборки и корпусирования (герметизация в корпусе для защиты от негативных внешних воздействий и/или оптимизации эксплуатационных характеристик). Такие технологии определяют возможности дальнейшего повышения степени интеграции наносистемной техники, улучшения функциональных параметров и снижения себестоимости производства. Унификация технологий сборки и монтажа компонентов наносистем, возможности создания сложных функциональных узлов позволят расширить сферу применения микросистем, сделают их производство еще более массовым.

Сложность корпусирования в сравнении с интегральными схемами обусловлена наличием трехмерных компонентов и необходимостью создания капсулированного микрообъема. Корпусирование типа «пластина-к-пластине», использование поверхностной микрообработки позволяют существенно уменьшить габариты наносистем. Применение технологий 3D-сборки сделает возможным и интеграцию наносистемы с другими электронными компонентами, увеличение быстродействия и надежности готовых изделий.

Технологическая эволюция: корпусирование и 3D-сборка нано- и микросистем



Эффекты

- Снижение массогабаритных показателей изделий с применением датчиков и систем
- Развитие беспроводных сенсорных сетей и Интернета вещей
- Выход электроники за пределы КМОП (комплементарной структуры металл-оксид-полупроводник) путем применения новых способов взаимодействия устройств с внешней средой

Оценки рынка

$30 млрд

достигнет рынок корпусирования к 2020 г. (в 2014 г. — $20 млрд) (среднегодовой темп роста в 2014–2020 гг. — 7%)

$2,5 млрд к 2021 г. составит прогнозный объем рынка FoWLP (корпусирование на уровне пластин с отводом наружу — Fan-out Wafer-Level Packaging (в 2015 г. — $244 млн). До 2018 г. среднегодовой темп прироста будет на уровне 80%, далее ожидается замедление среднегодового темпов роста до 20% в год

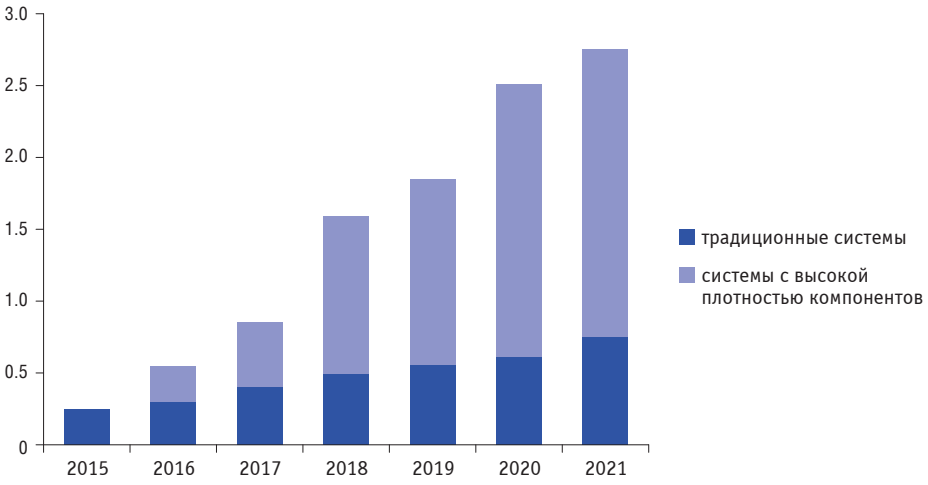
Драйверы

- Развитие технологий Интернета вещей
- Активный рост потребления наносистем в области биоэлектроники, бытовой и промышленной электроники, автомобилестроения, авиационной и космической промышленности, военной техники и др.

Барьеры

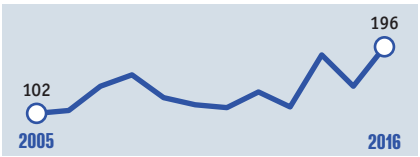
- Усложнение технологий приведет к удорожанию производства МЭМС, преобладанию на рынке крупных игроков
- Отсутствие единых стандартов корпусирования, сборки и монтажа микро- и наносистем

Структурный анализ: мировой рынок корпусирования FoWLP (2010–2021 гг., *млрд долл.*)



Международные научные публикации

Международные патентные заявки



Уровень развития технологии в России

«Заделы» – наличие базовых знаний, компетенций, инфраструктуры, которые могут быть использованы для форсированного развития соответствующих направлений исследований