

## 1. Проблема

В рамках проекта на основе синергии компетенций ЗНТЦ и ФИСТЕХ будет создана первая в РФ библиотека готовых компонент для коммерческого производства фотонных интегральных схем.

В двадцать первом веке одной из основных сквозных ключевых технологий становится фотоника, а основной «якорной» технологией является **технология фотонных интегральных схем – ФИС**, аналогично интегральным схемам в микроэлектронике.

В РФ на сегодняшний день, за редким исключением, отсутствуют как фабрики такого полного цикла, так и дизайн-центры с согласованными стандартными протоколами передачи данных. Такие фабрики должны обладать собственной библиотекой готовых компонент (БГК), которая позволяет внешнему заказчику формировать нужную ФИС по принципу лего, используя всевозможные комбинации из такой БГК. Задача создания такой библиотеки является основной при переходе к бизнес-модели существования фабрики.

Зеленоградский Нанотехнологический Центр (ЗНТЦ) представляет собой редкое исключение и может рассматриваться как фабрика по производству ФИС на основе платформы кремния на изоляторе (КНИ). Для позиционирования ЗНТЦ в виде фабрики ФИС необходимо отработать взаимодействие ЗНТЦ с дизайн-центрами и создать стандартную библиотеку компонент (будет описана ниже). ФИСТЕХ как раз и представляет из себя такой дизайн-центр.

В рамках предлагаемого проекта мы планируем как отработать такое взаимодействие между ЗНТЦ и ФИСТЕХом, так и начать создание библиотеки пассивных компонент на платформе КНИ.

## 2. Решение и его инновационность

Основной целью нашего проекта является запуск и отработка процесса создания БГК для ЗНТЦ. Решение основывается на синергии двух имеющихся областях компетенций, а именно моделирования и технологии. В рамках проекта мы разработаем взаимодействие ЗНТЦ и ФИСТЕХа на основе стандартных численных пакетов, создадим дизайн широкой номенклатуры пассивных компонентов на ФИС на основе платформы КНИ, отработаем технологический процесс создания таких компонент, а также сформируем соответствующую БГК. Наличие такой БГК позволит объявить о запуске первой в РФ фабрики по производству ФИС и достичь коммерческой прибыльности их производства.

Фирма ФИСТЕХ предоставляет свои компетенции в области моделирования ФИС любых типов и на любых платформах (в данном случае КНИе). На основе разработанного дизайна были продемонстрированы первые произведённые на зарубежных фабриках пассивные и активные компоненты всех необходимых типов. Среди них спектрометры для систем мониторинга, электрооптические модуляторы для систем связи и радиофотоники, ионные ловушки для атомных часов и квантовых компьютеров, квантовые генераторы случайных чисел для систем квантового распределения ключей и т.д. В настоящее время разрабатываются дизайны для реализации нейросетей на ФИС, оптического транзистора (классический и квантовый варианты), а также нейроморфного вычислителя на ФИС.

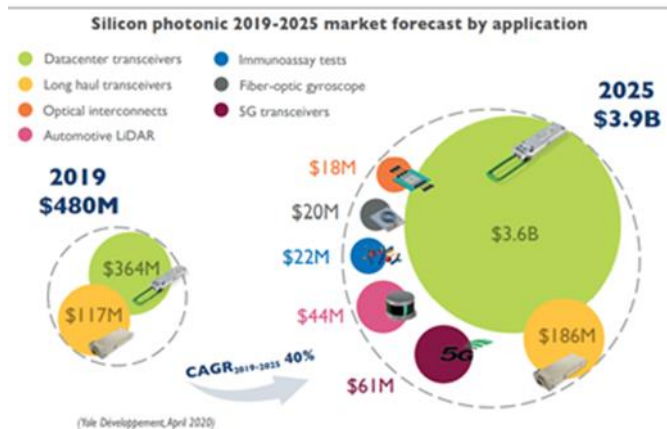
Инновационность данного подхода заключается в первом в РФ создании прототипа экосистемы по производству ФИС, состоящей из координированной работы дизайн-центра и фабрики, позволяющей формировать и использовать БГК. До этого технологические центры в РФ (например, ЗНТЦ) не создавали БГК, что являлось барьером на пути взаимодействия с заказчиками. После создания БГК и позиционирования ЗНТЦ в виде фабрики ФИС, процесс заказа для внешних партнёров существенно упрощается. Кроме

того, для произведённых по БГК ФИС будет гарантировано соответствие функциональным характеристикам. Это, в свою очередь, ускоряет процесс заказа и изготовления конечного продукта, удешевляет цену, и выводит изготовление ФИС из разряда уникальных изделий в категорию доступных для производства больших партий.

### 3. Рынок и бизнес модель

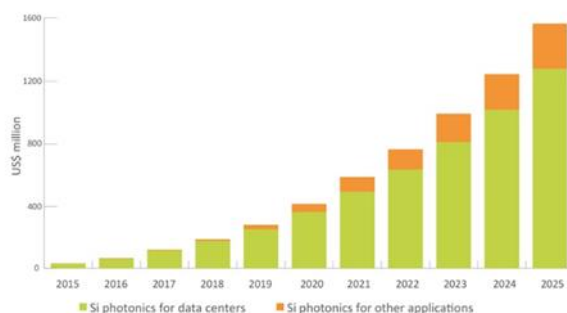
В процессе анализа рынков были идентифицированы следующие сегменты с большим потенциалом и ёмкостью: системы оптической коммуникации (включая оптические части систем 5G и 6G), системы радиофотоники (включая лидары для беспилотного транспорта), системы мониторинга состояния объектов (включая агропром), системы биомедицинского мониторинга (в особенности носимые системы персонализированной медицины), системы квантовой коммуникации, оптические и квантовые вычислители и компьютеры, системы искусственного интеллекта. Все без исключения аналитические исследования прогнозируют экспоненциальный рост рынка ФИС во всех областях, где так или иначе применяется фотоника. Мы находимся в начале революционного перехода на ФИС абсолютно аналогично ситуации прошлого века, когда осуществлялся переход на номенклатуру электронных интегральных схем.

Библиотека ФИС позволит нам стать значимым игроком на мировом рынке фотоники и открыть множество рыночных возможностей в быстрорастущих (30% CAGR) сегментах рынка с общим объемом 3,9 млрд долларов США к 2025 году.



#### Silicon photonics market forecast

(Source: Silicon Photonics for Data Centers and Other Applications 2016, October 2016, Yole Développement)



Бизнес модель в проекте для ЗНТЦ и ФИСТЕХа в рамках планируемой кооперации – «бизнес для бизнеса». ФИСТЕХ планирует создать дизайн-центр по типу fables, который предоставляет заказчику услуги по дизайну ФИС для конкретных применений и консультативные услуги разного рода, в том числе по вопросам заказа ФИС на фабриках. Для этого необходима надёжность и повторяемость изготовления ФИС, для чего и создаётся БГК. Ещё раз подчеркнём, что без БГК невозможно гарантировать надёжность и повторяемость, то есть невозможно оперировать данной технологией для бизнеса.

ЗНТЦ в рамках данного проекта развивает собственные технологические возможности до уровня фабрики. Это новое качество достигается за счёт появления и предложения заказчику изготовления ФИС из БГК. Бизнес ЗНТЦ также представляет из себя вариант «бизнес для бизнеса»: ЗНТЦ поставляет заказчику ФИС, который последний использует для изготовления конечного продукта.

Отметим, что в рамках представленной бизнес модели ответственность за соответствие ФИС заявленным характеристикам лежит на ЗНТЦ, ФИСТЕХ лишь делает дизайн и предоставляет консультационные услуги для заказчика по вопросам взаимодействия с ЗНТЦ. Необходимость присутствия ФИСТЕХа при размещении заказов на ЗНТЦ обусловлена тем, что заказчик, как правило, не является специалистом по ФИС, а основная область компетенции ЗНТЦ - это технология изготовления. Функциональные характеристики ФИС, их достижимость, совместимость с другими компонентами является той областью, где ФИСТЕХ будет предоставлять консультационные услуги.

#### **4. Команда**

Руководство ФИСТЕХа состоит из профессора Франко Кюппера, профессора Аркадия Шипулина, и ведущего исследователя Сергея Конторова.

Профессор Франко Кюпперс обладает более чем 30 летним опытом работы в области оптических коммуникаций. Профессор Кюпперс возглавлял исследовательский отдел в Deutsch Telekom, работал в Оптическом Центре Аризоны, США, после чего возглавлял Институт Фотоники и Микроволновых Технологий в Дармштадте, Германия. В 2019 году профессор Кюпперс возглавил Центр Фотоники и Квантовых Материалов Сколтеха, а в 2020 году вошёл в состав учредителей ФИСТЕХа.

Профессор Аркадий Шипулин имеет более чем 25 летний опыт работы в области волоконно-оптических линий связи, нанофотоники и оптических метаматериалов, лазеров, нелинейной и квантовой оптики. После окончания Физтеха в 1989 году и защиты кандидатской в 1995 в ИОФАН, профессор Шипулин работал в университетах Германии и Америки, а также в индустриальной фирме до 2018 года, когда профессор Шипулин присоединился к Сколтеху в качестве профессора и заместителя директора Центра Фотоники и Квантовых Материалов по связям с индустрией. В 2020 году профессор Шипулин основал ФИСТЕХ вместе с профессором Кюпперсом и ведущим исследователем Сергеем Конторовым.

Ведущий исследователь Сергей Конторов имеет значительный опыт научно-исследовательской и экспериментальной работы в области радиофотоники и фотонных интегральных схем. После окончания МАИ в 2009 году и University of Bristol в 2013 году, участвовал в более 5 крупных научных проектах по разработке (проектирование, изготовление, тестирование) как отдельных устройств, так и сложных систем в дискретном и интегральном исполнениях (радиофотонные многоканальные приемопередающие устройства, фотонные АЦП, интегральные электрооптические модуляторы, оптические преобразователи частоты и генераторы опорных сигналов, и др.). С отличием прошел профессиональную переподготовку в МИРЭА по тематике "Фотоника и радиофотоника в радиоэлектронных системах сверхвысокочастотного диапазона" и онлайн-курс разработки

полного цикла ФИС «Phot1x: Silicon Photonics Design, Fabrication and Data Analysis» Университета Британской Колумбии и курс повышения квалификации "JePPIX Deep-Dive PIC Design Course 2020", а также курс "Automated Design of Photonic Integrated Circuits using VPIcomponentMaker Photonic Circuits". Он организовал и возглавляет в Сколтехе Дизайн-центр по разработке фотонных интегральных схем для различных применений, координирует взаимодействие с партнерскими фаундрии в Российской Федерации и Европе, а также совместно с профессором Шипулиным и профессором Кюпперсом основал ФИСТЕХ.

Business Development Director Сергей Васильев отвечает к проекту за коммерциализацию продукта. 20 летний опыт работы в стратегии и маркетинге на высоко конкурентных рынках. Опыт запуска сатрапов и новых направлений. Опыт развития международных партнерств. Техническое высшее образование – материаловедение (МАТИ РГТУ) и управленческое MBA, помогают выстраивать диалог как с техническими командами и задачами клиентов, так и отвечать на запросы рынка и инвесторов.

## **5. Подтвержденный опыт и репутация**

В настоящее время ФИСТЕХ обладает компетенциями для создания ФИС любых типов и на любых платформах. Команда ФИСТЕХ создаёт дизайн ФИС с использованием как стандартных численных пакетов, так и собственных подпрограмм. Изготовление ФИС производится на зарубежных (Европа и Великобритания) фабриках по отработанной схеме кооперации. В настоящее время изготовлена и протестирована вся номенклатура активных и пассивных компонент на ФИС как с использованием БГК, так и собственного дизайна. Члены команды участвуют в разнообразных проектах в области ФИС как в рамках национальной, так и международной кооперации.