Приложение 4

к протоколу ученого совета

НИУ ВШЭ – Санкт-Петербург

От 12.12.2019 № \_\_\_\_\_\_\_\_\_

**Проект**

**Концепция международной лаборатории**

**квантовой оптоэлектроники факультета Санкт-Петербургская школа физико-математических и компьютерных наук НИУ ВШЭ - Санкт-Петербург**

**1. Предпосылки создания лаборатории.** В настоящее время в НИУ ВШЭ принято решение об открытии в НИУ ВШЭ – Санкт-Петербург на базе факультета Санкт-Петербургская школа физико-математических и компьютерных наук бакалаврской и магистерской программ по направлению “Физика”, а также о развитии научной и образовательной деятельности в области “Физика”. В этой связи представляется важным и целесообразным открытие международной лаборатории квантовой оптоэлектроники (далее – Лаборатория) в структуре факультета Санкт-Петербургская школа физико-математических и компьютерных наук НИУ ВШЭ – Санкт-Петербург.

**2. Состояние предметной области в России и за рубежом.** Исследования в области оптических микрорезонаторов и полупроводниковых квантово-размерных структур находятся на переднем крае современной науки. Теоретические исследования фундаментальных аспектов оптики и физики полупроводников (таких как исследование электронной структуры и механизмов рекомбинации носителей в низкоразмерных структурах, взаимодействие локализованных оптических мод с одиночными квантовыми излучателями и массивами квантовых точек, испускание одиночных и запутанных фотонов и т. д.) тесно связаны с разработкой методов синтеза полупроводниковых материалов и прикладными исследованиями ориентированных на устройства явлений, таких как эффективность излучения света, отвод тепла, электрическое сопротивление и т.д. Движущей силой этого исследования является интерес к созданию миниатюрных оптоэлектронных компонент, работающих на новых принципах для систем оптической связи, обработки данных, детекторов и датчиков.

Колоссальный рост объема разнообразной информации в современном обществе (30% в год), называемый информационным взрывом, настоятельно требует новых решений для передачи и обработки данных. В настоящее время общепризнанно, что оптическая передача данных обеспечивает большую скорость и меньшее энергопотребление по сравнению с традиционными методами. Постепенно происходит переход к оптической передаче данных на все более короткие расстояния, что требует использования новых физических принципов и разработки новых типов фотонных приборов сверхмалого размера. Теоретические и экспериментальные исследования подобного рода приборов является крайне актуальной задачей современной физики и оптоэлектроники.

**3. Обоснование создания Лаборатории.** Развитие физического образования в г. Санкт-Петербурге имеет достаточно долгую и славную историю. Создание в 1918 году в Санкт-Петербурге Физико-технического института РАН, появление сильных научных школ в области физики полупроводников, оптики, математической и теоретической физики способствовало превращению Санкт-Петербурга в один из признанных центров развития физики в мире. Параллельно с этим развивалась и образовательная деятельность - физический факультет СПбГУ, физико-механический факультет СПбГПУ и ряд других образовательных организаций города готовили блестящих специалистов как в области теоретической, так и в области экспериментальной физики. К сожалению, в последние три десятилетия поток талантливых абитуриентов в традиционные центры подготовки кадров в области физики в Санкт-Петербурге - физический факультет СПбГУ и физико-механический факультет СПбГПУ - практически иссяк. При этом потребность в сильных кадрах в области физики по-прежнему велика - и в России, и за рубежом. Велик также и поток абитуриентов из лучших физико-математических школ Санкт-Петербурга и России, желающих посвятить свою жизнь физике. Наконец, остается крайне высокой репутация г. Санкт-Петербурга как одного из ведущих мировых центров подготовки кадров в области физики, что привлекает в Санкт-Петербург довольно сильных студентов и аспирантов из-за рубежа.

В этой связи появление в одном из самых динамично развивающихся вузов города – НИУ ВШЭ – Санкт-Петербург - нового научно-образовательного направления “физика”, открытие бакалаврской и магистерской программы, создание Лаборатории может стать своевременным ответом на обозначенные выше проблемы и вызовы, будет важным инструментом в деле становления Национального исследовательского университета «Высшей школы экономики» как одного из ведущих центров подготовки кадров в области современной физики как в стране, так и за рубежом, а также укрепит позиции ВШЭ как активно развивающегося полнопрофильного классического университета.

**4. Цель создания Лаборатории.** Лаборатория создается в целях проведения научных исследований в области экспериментальных и теоретических исследований оптических и структурных свойств полупроводниковых материалов и полупроводниковых наногетероструктур. Это направление исследований продолжает оставаться одним из центральных в области современной физики и будет определять «лицо» физического направления в кампусе.

**5. Задачи Лаборатории**.

5.1. Исследование физических явлений в новых типах нанофотонных структур с квантоворазмерной активной областью

5.2. Разработка фундаментальных основ применения данных структур для оптической передачи данных и создания ключевых элементов фотонных интегральных схем нового поколения, включая импульсные нейронные сети.

5.3. Участие в образовательной деятельности, включая участие в разработке и реализации образовательных программ в области физики.

**6. Описание научно-исследовательской деятельности.** Лаборатория планирует вести исследования в двух взаимосвязанных направлениях: разработка сверхмалых высокоэффективных источников излучения на основе микродисковых и микрокольцевых лазеров для оптической передачи информации и разработка элементов импульсных нейронных сетей. Ожидается, что созданные источники излучения будут обладать рядом рекордных характеристик: сверхмалым пороговым током, высокой температурной стабильностью и обеспечивать высокую скорость передачи информации (> 10 Гб/c на канал).

Лаборатория сконцентрируется на оптических исследованиях с высоким временным разрешением, а также уникальных исследованиях, совмещающих высокое временное и пространственное разрешение. Для этого в НИУ ВШЭ – Санкт-Петербург будет создана уникальная для России экспериментальная установка. Кроме того, предполагается, что в Лаборатории на высоком уровне будет проводиться теоретическое моделирование исследуемых физических процессов и разрабатываемых приборов. В дальнейшем планируется создать свою уникальную нишу фундаментальных исследований на стыке физики и математики, что позволить обеспечить более автономное функционирование Лаборатории с упором на уникальные оптические исследования и их моделирование.

Создание и исследование нанофотонных структур будет включать в себя следующие основные этапы:

1. эпитаксиальный синтез планарных полупроводниковых многослойных структур;
2. изготовление нанофотонных структур методами пост-ростовой обработки;
3. тестирование образцов структурными (сканирующая электронная микроскопия, оптическая микроскопия, просвечивающая электронная микроскопия) и оптическими методами.

**7. Взаимодействие со структурными подразделениями НИУ ВШЭ, а также сторонними организациями.** Лаборатория планирует тесное взаимодействие с научными и образовательными структурными единицами факультета Санкт-Петербургской школы физико-математических и компьютерных наук, а также другими факультетами и научными центрами НИУ ВШЭ. Предполагается, что работники факультета будут осуществлять компьютерное моделирование разрабатываемых нейронных сетей на основе фотонных структур, а на следующих этапах проведут анализ возможности их использования для резервуарных вычислений. Работники создаваемой Лаборатории также будут принимать участие в подготовке студентов в рамках бакалаврской и магистерской программ по направлению “Физика”, открывающихся в 2020 году в
 НИУ ВШЭ - Санкт-Петербург.

Как минимум в течение первых трех лет планируется достаточно тесное сотрудничество с научными коллективами Санкт-Петербургского национального исследовательского академического университета имени Ж.И. Алферова Российской академии наук (СПбАУ) и физико-технического института РАН им. А.Ф. Иоффе (ФТИ им. А.Ф. Иоффе) для изготовления экспериментальных образцов и их предварительного тестирования. Подобное сотрудничество существенным образом расширит спектр исследовательских возможностей коллектива на период становления Лаборатории.

Планируется международное сотрудничество с целым рядом ведущих зарубежных университетов и компаний, с которыми ранее были налажены тесные долговременные связи. Данные университеты могут предоставлять экспериментальные образцы. Кроме того, там могут проводиться дополнительные исследования в рамках научных командировок.

С 1 сентября 2020 года планируется привлечь к работе в Лаборатории ведущего международного ученого. В настоящий момент ведутся переговоры с Prof. Levon Asryan, (Virginia Polytechnic Institute and State University (США)), Professor Huiyun Liu, Department of Electronic and Electrical Engineering, University College London (Великобритания), Prof Alexander Tagantsev, École polytechnique fédérale de Lausanne (Швейцария) и др.

**8. Ожидаемые результаты от создания Лаборатории.** Представляется, что создание Лаборатории будет иметь несколько важных положительных прямых и внешних эффектов для развития НИУ ВШЭ – Санкт-Петербург и всего университета. Первое - мультидисциплинарность. НИУ ВШЭ – Санкт-Петербург в течение последних нескольких лет уверенно идет по пути формирования многодисциплинарных факультетов. С этой точки зрения открытие и развитие физического направления в целом и открытие в кампусе Лаборатории в частности является важным шагом к диверсификации научно-образовательной деятельности нового факультета Санкт-Петербургская школа физико-математических и компьютерных наук. Второе – высокоуровневые эффективные партнерства. Развитие современных образовательных и исследовательских программ по физике в НИУ ВШЭ – Санкт-Петербург позволит начать (или развить на новом уровне) широкомасштабную программу партнерства с рядом институтов РАН и университетов с высокой академической репутацией (ФТИ РАН, ПИЯФ, ИТМО и др.), что вряд ли будет возможно без наличия физического направления в НИУ ВШЭ – Санкт-Петербург. В частности, достигнута предварительная договоренность с ИТМО о реализации бакалаврской программы по физике в сетевом формате, а с ФТИ РАН им. А.Ф. Иоффе, ПИЯФ и ПОМИ РАН - предварительные договоренности о создании базовых кафедр в НИУ ВШЭ – Санкт-Петербург. Третье – высокая результативность научной деятельности. Важно отметить высокий уровень и большое количество публикаций предполагаемых работников Лаборатории в высокорейтинговых научных журналах. Наличие таких публикаций серьезно усилит позиции кампуса с точки зрения показателей публикационной активности. Ожидается, что в ближайшие годы доля публикаций работников – представителей физического направления – может составить 15-20% от общего числа публикаций НПР кампуса в изданиях, индексируемых в базах Scopus и Web of Science. Кроме того, предполагаемые работники Лаборатории имеют большой опыт участия в разного рода конкурсах грантов. Создание такой Лаборатории в поможет существенно нарастить (по сути, удвоить) объем привлеченных средств, получаемых за счет внешних грантов.

**9. Финансирование деятельности Лаборатории.** В первые три года бюджет Лаборатории на ФОТ составит 8 млн. руб. в год, из них финансирования из средств НИУ ВШЭ составит 4 млн. руб., из средств НИУ ВШЭ - Санкт-Петербург - 4 млн. руб. Работники Лаборатории будут в общем порядке участвовать в конкурсах поддержки академической мобильности и кампании по назначению академических надбавок.

Начиная с четвертого года базовое финансирование Лаборатории в объеме 4 млн. руб. будет осуществляться за счет средств НИУ ВШЭ - Санкт-Петербург. Финансирование из центрального бюджета будет заключаться в оплате академических надбавок и мобильности работников Лаборатории в рамках общеуниверситетских программ. С 2020 года планируется привлечение Лабораторией средств внешнего финансирования, в том числе, соответствующие накладные отчисления (1,35 млн. руб. – в 2020 году, 15 млн. руб. – в 2021 году, 25 млн. руб. – в 2022 году, 30 млн. руб. – в 2023 году, 40 млн. руб. – в 2024 году).

**10. Сведения о руководителе и о кадровом составе.** Предполагаемый штат научных сотрудников Лаборатории в 2020 году – 12 человек (8 ставок), из них:

заведующий Лабораторией - д.ф.-м.н. Крыжановская Наталья Владимировна;

научный руководитель Лаборатории - чл.-кор. РАН, д.ф.-м.н. Жуков Алексей Евгеньевич;

ведущий научный сотрудник д.ф.-м.н. Максимов Михаил Викторович;

ведущий зарубежный сотрудник Лаборатории (кандидатура уточняется).

Также предполагается переход в штат Лаборатории с января 2020 года одного старшего научного сотрудника (к.ф.-м.н. А.М. Наточий), двух научных сотрудников и одного лаборанта, а также устройство по совместительству двух ведущих научных сотрудников, двух старших научных сотрудников, одного научного сотрудника и одного менеджера.

В дальнейшем предполагается расширение штата до 20-22 человек ориентировочно (18 ставок).

**11. Потребности в площадях, оборудовании.**

 В настоящее время закончен ремонт помещения для Лаборатории на первом этаже нового корпуса НИУ ВШЭ - Санкт-Петербург по адресу Выборгская наб., д.59, корп.3 площадью 40 кв.м. с климатикой, подключением к воде и электричеству. Проектирование помещений проводилось совместно с представителями планируемой к созданию Лаборатории и учитывают все их пожелания по площадям и по оснащению этих помещений.

Предполагаемое для приобретения и размещения на территории НИУ ВШЭ в Санкт-Петербурге научно-диагностическое оборудование оценивается приблизительно в 100 млн. руб.

**Укрупненный список планируемого к закупке в НИУ ВШЭ – Санкт-Петербург оборудования:**

1. установка для спектральных исследований методом фотолюминесценции с высоким временным и пространственным разрешением – 37 млн. р.
2. установка для исследований методом электролюминесценции с высоким временным и пространственным разрешением - 31 млн. руб.
3. криостат замкнутого цикла - 20 млн. руб.
4. объективы и оптомеханические компоненты - 5 млн. руб.
5. оптические столы - 3 млн. руб.
6. генераторы, источники излучение - 3 млн. руб.
7. локальная чистая зона - 0.6 млн. руб.

**12. Основные индикаторы Лаборатории в части публикаций и привлеченного финансирования:**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Наименование показателя** | **2020 г.** | **2021 г.** | **2022 г.** | **2023 г.** | **2024 г.** |
| Количество статей работников Лаборатории с аффилиацией НИУ ВШЭ, в международных журналах, индексируемых WoS (ед.) | 10 | 20 | 30 | 35 | 40 |
| Из них статей в журналах уровня Q1/Q2 (ед.) | 2 | 5 | 10 | 15 | 20 |
| Объем привлеченного внешнего финансирования (млн. руб.) | 1,35 | 15 | 25 | 30 | 40 |