

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА ФТИ 34.01.02 СОЗДАННОГО НА БАЗЕ  
ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ НАУКИ ФИЗИКО-  
ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ ИМ. А.Ф. ИОФФЕ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК ПО  
ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК**

Аттестационное дело № \_\_\_\_\_

Решение диссертационного совета от 16.02.2023 № \_\_2\_\_

О присуждении Шарову Владиславу Андреевичу, гражданину РФ, ученой степени кандидата физико-математических наук.

Диссертация «Оптические и электронные явления в нитевидных нанокристаллах  $A^{III}B^V$  при механической деформации», по специальности 1.3.11 - физика полупроводников принята к защите «20» октября 2022 г., протокол № 8, диссертационным советом ФТИ 34.01.02 при Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Физико-техническом институте им. А.Ф. Иоффе Российской академии наук, расположенном по адресу: 194021, Санкт-Петербург, ул. Политехническая, д. 26, утвержденным 12 июля 2019 г. приказом директора ФТИ им. А.Ф. Иоффе № 75.

Соискатель Шаров Владислав Андреевич, 18 сентября 1994 года рождения, в 2018 г. окончил Федеральное государственное бюджетное учреждение высшего образования и науки «Санкт-Петербургский национальный исследовательский Академический университет Российской академии наук» по направлению подготовки 11.04.04 – «электроника и нанoeлектроника». С 2018 по 2022 гг. проходил обучение по специальности 1.3.11 – «физика полупроводников» в аспирантуре при Академическом университете. В настоящее время занимает должность младшего научного сотрудника в лаборатории оптики поверхности ФТИ им. А.Ф. Иоффе.

Диссертационная работа выполнена в ФГБУ ВОиН «Санкт-Петербургский национальный исследовательский Академический университет имени Ж. И. Алфёрова Российской академии наук», расположенном по адресу 194021, Санкт-Петербург, ул. Хлопина, д. 8 к. 3 и в Физико-техническом институте им. А.Ф. Иоффе Российской академии наук, расположенном по адресу 194021, Санкт-Петербург, ул. Политехническая, д. 26. Научный руководитель – Алексеев Прохор Анатольевич, кандидат физико-математических наук, с.н.с. лаб. Оптики поверхности Физико-технического института им. А.Ф. Иоффе Российской академии наук.

**Ведущая организация:**

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В. И. Ульянова (Ленина) (ул. Профессора Попова, 5, Санкт-Петербург, 197022) в своем заключении, подписанном зам. Зав. Кафедрой МНЭ доктором физико-математических наук, профессором Вячеславом Александровичем Мошниковым, утвержденном проректором по научной работе СПбГЭТУ «ЛЭТИ», доктором технических наук, профессором Виктором Анатольевичем Тупиком, дала положительный отзыв и отметила, что диссертационная работа является актуальной, законченной, выполнена на высоком научном уровне и соответствует профилю совета 34.01.02 (специальность 1.3.11 – «физика полупроводников»).

В отзыве содержатся следующие замечания:

1. в рамках какой модели объясняется физика пиннинга уровня Ферми на поверхности: барьер Шоттки, барьер Бардина или это объединенная модель?
2. изменяется ли структура поверхностных слоев при деформационном воздействии? Например, в литературе описываются случаи возникновения димеров мышьяка. Как это связано с изменением рамановских спектров? Есть ли измерения при повторных воздействиях зонда?
3. При рассмотрении энергетической зонной диаграммы напряженных кристаллических квантовых ям НК (монослоев вюрцита в сфалеритной матрице) не понятно, учитывалось ли

изменение энергетического положения КЯ при заполнении носителями заряда? Например, в сверхрешетке Делера КЯ i-GaAs существенно изменяют свое положение в зависимости от того, в окружении n-AlGaAs или p-AlGaAs они находятся и, соответственно, заполняются электронами или дырками.

4. В работе имеются некорректные ссылки на рисунки. Например, ссылка на информацию, приведенную на рис. 1.15 (стр. 17), на самом деле относится к рис. 1.6.

5. Пояснительный текст к гетерогранице структуры вюрцит-сфалерит в матрице GaAs иллюстрируется на рис. 1.5, подпись под которым утверждает, что это GaP

6. Список сокращений не полный. Например, отсутствует сокращение ПБЭ (обменно-корреляционный потенциал Пердью-Бурке-Эрнцерхопфа)

7. В работе получен ряд уникальных результатов, приоритетное закрепление которых в виде патентов важно не только для автора, но и для организации, в которой выполнена работа. Особенно это важно для тех результатов, которые являются перспективными для создания тензодатчиков нового поколения.

Отмечено, что указанные замечания не снижают общую высокую оценку диссертации. Результаты работы обладают научной и практической ценностью, обоснованы и достоверны. Проведенные исследования являются актуальными и своевременными. Результаты диссертации апробированы на многочисленных международных и всероссийских научных конференциях, опубликованы в 16 научных статьях в рецензируемых журналах, отвечающих требованиям ВАК.

Диссертационная работа удовлетворяет всем требованиям Положения Физико-технического института им. А.Ф. Иоффе о порядке присуждения ученых степеней, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук, а ее автор, Шаров Владислав Андреевич, заслуживает присуждения ей ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.11 – «физика полупроводников».

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обусловливается их высокой квалификацией, а также сходством тематик работ, проводимых ведущей организацией и оппонентами, с тематикой диссертационной работы. На все замечания соискателем даны исчерпывающие квалифицированные ответы.

#### **Официальные оппоненты:**

1. Голубок Александр Олегович, доктор физико-математических наук, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт аналитического приборостроения Российской академии наук, заместитель директора по научной работе.

2. Филатов Дмитрий Олегович, доктор физико-математических наук, национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н. И. Лобачевского, ведущий научный сотрудник в лаборатории стохастических мультстабильных систем.

Официальные оппоненты дали положительные отзывы на диссертацию.

#### **Вопросы и замечания официального оппонента Голубка А.О.**

1. Несмотря на то, что метод сканирующей силовой микроскопии является основным используемым в работе методом, автор, на наш взгляд, излишне поверхностно останавливается на его описании в Главе 2, допуская при этом неточности. В частности, на стр. 32 сказано, что на малых расстояниях зонд испытывает отталкивание от образца, описываемое потенциалом Леннарда-Джонсона, что, вообще говоря, правильно, но не для используемого в работе полуконтактного режима, в котором, как известно, основой вклад в силу отталкивания вносит упругое взаимодействие, описываемое моделью Герца. Также вызывает сомнение приведенное на стр.31 выражение для смещения трубчатого пьезосканера в плоскости образца. Спорно и утверждение на стр.34 о том, что в режиме сканирования на постоянной высоте петля обратной связи (ОС) намеренно разомкнута. В литературе режимом постоянной высоты называют режим сканирования, в котором частота полезного сигнала выше частоты среза следящей системы, так что

слежение за полезным сигналом, действительно, отсутствует, но при этом петля ОС не размыкается, а остается замкнутой для компенсации тепловых дрейфов и низкочастотных механических вибраций.

2. В работе на поверхность вертикально стоящих ННК GaAs наносилась пассивирующая оболочка  $Al_{0,3}Ga_{0,7}As$  толщиной 7 нм. Хотелось бы узнать, как измерялась толщина этого слоя?

3. В обсуждении экспериментов по регистрации пьезоэлектрического тока от одиночных вертикальных ННК в режиме постоянной высоты с отключённой петлёй ОС утверждается, что зонд сталкивается с боковой поверхностью ННК и, изгибая его, проскальзывает на вершину ННК, что проиллюстрировано на рис.3-3. На чем основывается утверждение о проскальзывании?

4. При численном моделировании механической деформации ННК использовались справочные значения для модуля Юнга и коэффициента Пуассона. По-видимому, эти данные относились к объёмным материалам. Насколько они соответствуют материалу в форме ННК? Почему не определялся модуль Юнга для конкретного одиночного ННК? Это можно было бы сделать, например, путём измерения частоты резонансных колебаний ННК, наблюдая за ними в СЭМ.

5. При исследовании влияния упругой деформации на проводимость ННК петля ОС разрывалась, и перемещение зонда вдоль направлений Z измерялось косвенно через подаваемое на пьезосканер электрическое напряжение. При этом температурный дрейф мог приводить к неточности измерения перемещений в нанометровом диапазоне. На какое время отключалась петля ОС, и какой при этом была величина температурного дрейфа?

6. На стр. 93 сказано, что в соответствии с теорией деформационного потенциала одноосные деформации сжатия и растяжения приводят к красному и синему смещению рамановских мод в ННК соответственно, однако приведенные на рис.6-4д экспериментальные данные показывают, что сжатие приводит к синему, а растяжение к красному смещениям.

7. Не все используемые в диссертации сокращения внесены в список сокращений (например, ЭДС, СВМ, ВВМ), что затрудняет чтение текста, имеются опечатки и стилистические огрехи (стр. 10, 52, 67, 87, 88, 89, 100, 102)

Вопросы и замечания официального оппонента Филатова Д.О.

1. В тексте диссертации говорится, что для измерения локальных значений работы выхода электрона из материала ННК использовался метод СКЗМ. Фактически, в данном методе измеряется КРП между материалами зонда и образца. В первом приближении, КРП, действительно, равна разности работ выхода электрона из материалов зонда и образца. Известно, однако, что на величину КРП влияют заряд поверхности образца (в частности, заряд на поверхностных состояниях), загрязнения поверхности, адсорбат, поверхностная фотоЭДС и пр., что может приводить к ошибкам при определении работы выхода методом СКЗМ. Поэтому, представляется более строгим в научном плане говорить об измерениях КРП, чем об измерениях работы выхода электрона из материала образца методом СКЗМ.

2. Значительная часть главы 2 посвящена описанию физических основ и общих принципов метода АСМ. Поскольку данный метод стал широко распространённым, вызывает сомнение целесообразность данного описания. На мой взгляд, было бы более уместным сосредоточиться на более подробном описании оригинальных методик исследования, развитых в рамках рассматриваемой диссертационной работе.

3. Как известно, при анализе данных АСМ весьма важную роль играет учёт эффекта конволюции, вызванного конечными размерами АСМ зонда. Из текста диссертации не ясно, как влиял эффект конволюции на измерения локальной КРП горизонтальных ННК и как он учитывался при обработке результатов измерений методом СКЗМ.

4. На с. 90 употребляется термин «вязкость разрушения». Из контекста, можно предположить, что автор имел в виду предельную упругую деформацию ННК до разрушения.

5. В тексте диссертации встречаются термины, не являющиеся общепринятыми в русскоязычной научной литературе, например: «надзонная засветка» (правильно – «межзонное

фотовозбуждение»), «напряжение холостого хода» (правильно – «фотоЭДС холостого хода»); «уравнение Шредингера-Пуассона» (правильно «совместное решение уравнений Шрёдингера и Пуассона»), «самокаталитический» (правильно – «автокаталитический») и др.

На автореферат поступило 8 отзывов, все они положительные.

1. Отзыв к.ф.-м.н. Ильиной Марины Владимировны, доцента кафедры нанотехнологий и микросистемной техники ФГАО ВО «Южный федеральный университет» (347922, Ростовская область, г. Таганрог, ул. Шевченко 2, корп. Е)
2. Отзыв к.ф.-м.н. Кавеева Андрея Камильевича, и.о. с.н.с. лаб. Мощных полупроводниковых приборов ФТИ им. А.Ф. Иоффе РАН (194021, Санкт-Петербург, Политехническая ул., 26).
3. Отзыв к.ф.-м.н. Сибирева Николая Владимировича, с.н.с. лаб. физики полупроводниковых наноструктур каф. Физики твердого тела СПбГУ (198504, г. Санкт-Петербург, ул. Ульяновская д.1, корп. М).
4. Отзыв д.ф.-м.н., проф. Кукушкина Сергея Арсеньевича, заслуженного деятеля науки РФ, лауреата премии Президиума РАН им. П.А. Ребиндера и премии СПбНЦ РАН и Правительства СПб им. А.Ф. Иоффе, зав. лаб. Структурных и фазовых превращений в конд. Средах ИПМаш РАН (199178, г. Санкт-Петербург, Большой проспект В.О., д.61).
5. Отзыв д.ф.-м.н., проф. Фирсова Дмитрия Анатольевича, профессора высшей инженерно-физической школы института электроники и телекоммуникаций СПбПУ Петра Великого (Политехническая ул., 29, Санкт-Петербург, 195251).
6. Отзыв к.ф.-м.н. Евтихиева Вадима Павловича, с.н.с. лаб. Полупроводниковой люминесценции и инжекционных переключателей ФТИ им. А.Ф. Иоффе РАН (194021, Санкт-Петербург, Политехническая ул., 26).
7. Отзыв к.ф.-м.н. Свиридова Дмитрия Евгеньевича, н.с. лаб. лазеров с катодно-лучевой накачкой Физического института им. П. Н. Лебедева РАН (119991, Москва, Ленинский проспект, д. 53).
8. Отзыв д.ф.-м.н. проф. Бахтизина Рауфа Загидовича, заслуженного профессора БашГУ, заслуженного работника Высшей школы РФ, профессора кафедры физической электроники и нанофизики Физико-технического института ФГБОУ ВО Башкирского государственного университета (ул. Заки Валиди, 32, Уфа, Респ. Башкортостан, 450076).

#### Научная и практическая значимость работы

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований решен большой комплекс экспериментальных и теоретических задач, которые являются актуальными для современной физики полупроводников.

1. Показана возможность экспериментального исследования электрофизических свойств одиночных напряженных ННК с помощью атомно-силовой микроскопии.

2. Впервые экспериментально исследованы электрофизические свойства напряженных одиночных вюрцитных ННК GaAs и ННК InGaAs различного состава.

Обнаружена пьезоэлектрическая генерация в одиночном вюрцитном ННК GaAs. Показано влияние деформации на проводимость ННК InGaAs.

3. Впервые экспериментально и теоретически исследовано влияние упругих деформаций на фотовольтаические свойства ННК GaAs на кремнии.

4. Экспериментально и теоретически показано влияние кристаллической фазы и эффектов двойникования на работу выхода ННК GaP.

5. Предложен новый механизм управления проводимостью InGaAs ННК, основанный на изменении положения поверхностного уровня Ферми при механической деформации.

6. Исследовано комбинационное рассеяние света в ННК GaP при сверхвысоких деформациях. Обнаружены и объяснены новые эффекты расщепления фононных мод при деформации.

Диссертация является законченной, последовательной и внутренне согласованной научной работой, имеющей как фундаментальное, так и прикладное значение. Достоверность результатов

Достоверность полученных результатов подтверждается их повторяемостью и воспроизводимостью, применением современного высокоточного оборудования, а также согласованностью данных различных взаимодополняющих друг друга экспериментальных методов: растровой и просвечивающей электронной микроскопии, атомно-силовой микроскопии и спектроскопии комбинационного рассеяния.

#### Личный вклад автора

Автор принимал непосредственное участие в планировании, проведении и анализе всех представленных в работе зондовых и спектроскопических экспериментов, а также в разработке теоретических моделей и проведении численного моделирования. Результаты, изложенные в диссертации, получены автором лично, либо при его непосредственном участии.

#### Апробация работы

Результаты данной работы были доложены на следующих конференциях:

- 1) Международная конференция Физика.СПб (2019, 2021);
- 2) II и IV международная конференция "Сканирующая зондовая микроскопия (2017, 2019);
- 3) XVIII, XIX и XX Всероссийская молодёжная конференция по физике полупроводников и наноструктур, полупроводниковой опто- и наноэлектронике (2018, 2019, 2020);
- 4) Международная школа-конференция "Saint-Petersburg OPEN" (2018, 2019, 2020, 2021);
- 5) Международная конференция Conference on Lasers and Electro-Optics/Europe – European Quantum Electronics Virtual Conferences (CLEO®/Europe-EQEC 2021);
- 6) Международная конференция EUROPEAN CONGRESS AND EXHIBITION ON ADVANCED MATERIALS AND PROCESSES (Euromat 2021);
- 7) III Международная конференция и школа «Наноструктуры для фотоники» (2021).

По результатам исследований, составляющих содержание диссертации, опубликовано 16 статей в рецензируемых журналах, входящих в базы данных Web of Science и Scopus (с указанием личного вклада автора):

1. Alekseev, P. A. et al. (2018). Piezoelectric current generation in wurtzite GaAs nanowires. *physica status solidi (RRL)–Rapid Research Letters*, 12(1), 1700358.

*Личный вклад – разработка методики эксперимента и проведение зондовых экспериментов по записи ВАХ деформированных ННК GaAs и регистрации пьезогенерации, обработка и анализ данных АСМ, подготовка текста статьи к печати.*

2. Alekseev, P. A. et al. (2019). Control of conductivity of  $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$  nanowires by applied tension and surface states. *Nano letters*, 19(7), 4463-4469.

*Личный вклад – разработка методики эксперимента и проведение зондовых экспериментов по записи ВАХ деформированных ННК InGaAs различного состава, обработка и анализ данных АСМ, подготовка текста статьи к печати.*

3. Sharov, V. A. et al. (2020). Deep-subwavelength raman imaging of the strained GaP nanowires. *The Journal of Physical Chemistry C*, 124(25), 14054-14060.

*Личный вклад – разработка концепции эксперимента, планаризация ННК, разработка и применение метода контролируемого изгиба ННК зондом АСМ, получение топографии изогнутых ННК, исследование ННК методом спектроскопии КРС, обработка и анализ экспериментальных данных, разработка модели для описания наблюдаемых эффектов КРС, подготовка текста статьи к печати.*

4. Sharov, V. A. et al. (2021). Work function tailoring in gallium phosphide nanowires. *Applied Surface Science*, 563, 150018.

*Личный вклад – разработка концепции эксперимента, проведение планаризации ННК, измерение работы выхода ННК методом сканирующей микроскопии зонда Кельвина, обработка и анализ*

экспериментальных данных, разработка теоретической модели влияния дефектов двойникования на работу выхода, подготовка текста статьи к печати.

5. Alekseev, P. A. et al. (2020). Effect of the uniaxial compression on the GaAs nanowire solar cell. *Micromachines*, 11(6), 581.

*Личный вклад – проведение зондовых экспериментов по записи ВАХ деформированных ННК GaAs, проведение численного моделирования ВАХ ННК GaAs различной структуры при деформации с использованием универсальной модели туннелирования Шоттки в пакете Silvaco Atlas.*

6. Alekseev, P. A. et al. (2018). GaAs wurtzite nanowires for hybrid piezoelectric solar cells. *Semiconductors*, 52(5), 609-611.

*Личный вклад – проведение зондовых экспериментов по записи ВАХ деформированных ННК GaAs, обработка и анализ данных АСМ, подготовка текста статьи к печати.*

7. Alekseev, P. A. et al. (2018). Electromechanical Switch Based on  $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$  Nanowires. *Semiconductors*, 52(14), 1833-1835.

*Личный вклад – проведение зондовых экспериментов по записи ВАХ деформированных ННК InGaAs, обработка и анализ данных АСМ, подготовка текста статьи к печати.*

8. Sharov, V. A. et al. (2019). Studying surface Fermi level pinning in GaP nanowires with gradient Kelvin probe microscopy. In *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* (Vol. 699, No. 1, p. 012046). IOP Publishing.

*Личный вклад – разработка концепции эксперимента, проведение планаризации ННК, измерение работы выхода ННК методом сканирующей микроскопии зонда Кельвина, обработка и анализ экспериментальных данных, подготовка текста статьи к печати.*

9. Sharov, V. et al. (2018). Composition-dependent conductivity of  $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$  nanowires. In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 1124, No. 8, p. 081023). IOP Publishing.

*Личный вклад – разработка методики эксперимента и проведение зондовых экспериментов по записи ВАХ ННК InGaAs различного состава по индию, обработка и анализ данных АСМ, подготовка текста статьи к печати.*

10. Sharov, V. A. et al. (2021). Probing electric properties of GaP nanowires with Kelvin probe force microscopy. In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 2086, No. 1, p. 012207). IOP Publishing.

*Личный вклад – разработка концепции эксперимента, проведение планаризации ННК, измерение работы выхода ННК GaP с различным уровнем легирования методом сканирующей микроскопии зонда Кельвина, обработка и анализ экспериментальных данных, подготовка текста статьи к печати.*

11. Sharov, V. A. et al. (2021). Work function of polytypic gallium phosphide nanowires. In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 2103, No. 1, p. 012231). IOP Publishing.

*Личный вклад – разработка концепции эксперимента, проведение планаризации ННК, измерение работы выхода ННК GaP с различной кристаллической структурой методом сканирующей микроскопии зонда Кельвина, обработка и анализ экспериментальных данных, подготовка текста статьи к печати.*

12. Sharov, V. et al. (2021). Polarized Raman spectroscopy of GaP nanowires under 5% elastic strain. In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 2015, No. 1, p. 012138). IOP Publishing.

*Личный вклад – исследование изогнутых ННК методом спектроскопии КРС, обработка и анализ экспериментальных данных, подготовка текста статьи к печати.*

13. Alekseev, P. A. et al. (2021). Effect of the lattice mismatch on the efficiency of the GaAs nanowire/Si substrate solar cell. In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 2015, No. 1, p. 012004). IOP Publishing.

*Личный вклад – проведение численного моделирования ВАХ ННК GaAs различной структуры при деформации с учетом тензорезистивного и пьезоэлектрического эффектов с использованием универсальной модели туннелирования Шоттки в пакете Silvaco Atlas.*

14. Sharov, V. A. et al. (2020). Raman spectroscopy of strained GaP nanowires. In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 1695, No. 1, p. 012102). IOP Publishing.

*Личный вклад – исследование изогнутых ННК методом спектроскопии КРС, обработка и анализ экспериментальных данных, подготовка текста статьи к печати.*

15. Sharov, V. A. et al. (2019). Studying surface Fermi level pinning in GaP nanowires with gradient Kelvin probe microscopy. In *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* (Vol. 699, No. 1, p. 012046). IOP Publishing.

*Личный вклад – проведение планаризации ННК, измерение работы выхода ННК методом сканирующей микроскопии зонда Кельвина, обработка и анализ экспериментальных данных, подготовка текста статьи к печати.*

16. Sharov, V. et al. (2019). Conductive AFM study of the electronic properties of individual epitaxial GaN nanowires. In *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* (Vol. 699, No. 1, p. 012047). IOP Publishing.

*Личный вклад – проведение зондовых экспериментов по записи ВАХ ННК GaN, обработка и анализ данных АСМ, подготовка текста статьи к печати.*

На заседании 16 февраля 2023 г. диссертационный совет принял решение присудить Шарову Владиславу Андреевичу ученую степень кандидата физико-математических наук.

При проведении голосования диссертационного совета в количестве 21 человека, из них 13 докторов наук по специальности рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании, очно проголосовали 15:

За присуждение Шарову Владиславу Андреевичу ученой степени кандидата физико-математических наук подано голосов – 15

«против» – 0

Недействительных бюллетеней – 0

Из 6 членов совета, участвовавших дистанционно, за присуждение Шарову Владиславу Андреевичу ученой степени кандидата физико-математических наук проголосовали:

«за» – 6

«против» – 0

«воздержались» – 0

Итого: из 25 членов совета участвовали в очно-заочном голосовании – 21.

За: 21

Против: 0

Воздержались: 0

Председатель диссертационного совета  
академик РАН

Сурис Роберт Арнольдович

Ученый секретарь диссертационного  
совета,  
д. ф.-м. н.

Сорокин Лев Михайлович

16 февраля 2023 г.