

УТВЕРЖДАЮ

Директор
Научно-исследовательского
учреждения «Институт ядерных
проблем» Белорусского
государственного университета

«05» января 2024 г.

С.А.Максименко



ОТЗЫВ

оппонирующей организации о диссертации

Филимоненко Дмитрия Сергеевича

«Применение методов атомно-силовой и сканирующей ближнеполевой оптической микроскопии для детектирования локальных топографических, оптических и магнитных свойств наноразмерных объектов», представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.05 – оптика

Экспертиза диссертации проводилась в соответствии с требованиями «Положения о присуждении ученых степеней и присвоении ученых званий», утвержденного Указом Президента Республики Беларусь от 17.11.2004 № 560 (в ред. Указа Президента Республики Беларусь от 02.06.2022 № 190), и «Положения о совете по защите диссертаций», утвержденного постановлением Высшей аттестационной комиссии Республики Беларусь от 22.02.2005 № 19 (в ред. постановлений ВАК от 07.03.2007 № 2, от 21.08.2007 № 5, от 08.06.2009 № 1, от 15.06.2015 № 1, от 19.08.2022 № 2).

Диссертация Филимоненко Дмитрия Сергеевича выполнена в Государственном научном учреждении «Институт физики имени Б.И. Степанова Национальной академии наук Беларуси» под научным руководством доктора физико-математических наук, член-корреспондента НАН Беларуси Могилевцева Дмитрия Сергеевича.

Представленная на рассмотрение диссертация Д.С. Филимоненко «Применение методов атомно-силовой и сканирующей ближнеполевой оптической микроскопии для детектирования локальных топографических, оптических и магнитных свойств наноразмерных объектов» посвящена исследованиям применения передовых методов сканирования для детектирования локальных топографических, оптических и магнитных свойств наноразмерных объектов, в том числе для определения состояния биологических

объектов с целью развития и удешевления способов диагностики здоровья человека. Тема диссертации соответствует приоритетным направлениям научных исследований Республики Беларусь, в частности пунктам 1 “Биологические, медицинские, фармацевтические и химические технологии и производства” и 4 “Машиностроение, машиностроительные технологии, приборостроение и инновационные материалы: наноматериалы и нанотехнологии, нанодиагностика” перечня приоритетных направлений научной, научно-технической и инновационной деятельности на 2021–2025 гг.

1. Соответствие содержания диссертации заявленной специальности и отрасли науки

Диссертационная работа посвящена теоретическому обоснованию и практической реализации путей развития возможностей и инструментария методов атомно-силовой и сканирующей ближнеполевой оптической микроскопии для детектирования локальных топографических и оптических свойств наноразмерных объектов, в частности, анализу поверхности эритроцитов и лимфоцитов человека в присутствии ионов цинка и свинца, а также люминесцентных свойств NV- центров в присутствии внешнего магнитного поля, что соответствует пункту 3 “Атомная и молекулярная спектроскопия, включая спектроскопию твердого тела, газов и жидкостей, биообъектов. Спектроскопия высокого и сверхвысокого разрешения. Спектроскопия комбинационного рассеяния света. Люминесценция. Обратимые и необратимые фотопроцессы. Оптика биообъектов, мезоскопических структур и метаматериалов, нанофотоника” и пункту 5 “Разработка основ новых технологий регистрации и обработки изображений, передачи информации и энергии, диагностики биообъектов, природных и техногенных объектов и процессов. Методы оптических и спектральных измерений, фото- и радиометрия” паспорта специальности 01.04.05 – оптика и отрасли – физико-математические науки.

2. Научный вклад соискателя в решение научной задачи с оценкой его значимости

Основной целью диссертационного исследования являлась разработка и развитие возможностей и инструментария методов атомно-силовой и сканирующей ближнеполевой оптической микроскопии для детектирования локальных топографических, оптических и магнитных свойств наноразмерных объектов.

Представленные в диссертации результаты являются новыми и находятся в русле современных мировых направлений исследований низкоразмерных систем.

Научная и практическая значимость результатов диссертационной работы определяется перспективностью использования полученных результатов при исследованиях в биологии и медицине.

Публикации автора диссертации и содержание диссертационной работы демонстрируют, что Д.С. Филимоненко осуществил научный вклад в успешное решение поставленной научной задачи и получил результаты, важные для понимания исследуемых процессов и перспективные для возможного практического использования.

3. Конкретные научные результаты, за которые соискателю может быть присуждена искомая ученая степень физико-математических наук

Соискателю может быть присуждена ученая степень кандидата физико-математических наук за получение следующих новых научных результатов:

1. Изучение методом сканирующей ближнеполевой оптической микроскопии (СБОМ) и атомно-силовой микроскопии влияния ионов тяжёлых металлов (цинка и свинца) на эритроциты и лимфоциты человека, с установлением зависимости изменения профиля шероховатости поверхности клеток, что проявляется в увеличении корреляционной длины r_L от ≈ 150 нм, характерной для исходных эритроцитов, до ≈ 250 нм при воздействии сульфата цинка концентрацией 2 мМ, а также увеличении r_L от ≈ 150 нм до ≈ 420 нм при концентрации 10 мкМ; а также в увеличении числа шероховатостей на поверхности лимфоцитов. Установлено, что увеличение концентрации внутриклеточного кальция в эритроцитах изменяет структуру цитоскелета и уменьшает латеральные и вертикальные размеры мембранных белковых кластеров.

2. Физическое обоснование и практическую реализацию технологии изготовления оптоволоконных зондов для СБОМ: оптимизация геометрических параметров изогнутых оптоволоконных зондов для СБОМ (угла изгиба, длины загнутой части, радиуса изгиба), способа прикрепления к камертону, что приводит к шестикратному увеличению добротности системы “кварцевый камертон-изогнутый зонд”.

3. Установление методом СБОМ влияния слабого магнитного поля на интенсивность фотолюминесценции ансамбля NV-центров в алмазах, что проявляется: в противофазном изменении люминесценции в видимом и ИК диапазонах; в убывании интенсивности люминесценции в видимой области спектра на 10% и увеличении приблизительно в 2 раза в ИК-области при увеличении магнитного поля от 0 до 390 Гс; в появлении экстремума в зависимостях интенсивности люминесценции ($I(B)$) при ≈ 10 Гс; в возникновении дополнительного пика на $I(B)$ при перпендикулярной ориентации направления электрического вектора в лазерном луче и вектора напряженности магнитного поля.

4. Рекомендации по практическому использованию результатов диссертации

Результаты диссертационной работы могут иметь практическое применение при решении ряда фундаментальных проблем биофизики, медицины, а также материаловедения и современной электроники на основе спинзависимых эффектов.

5. Замечания и предложения по диссертации

1. В диссертационной работе присутствует ряд стилистических неточностей и опечаток.

2. В главе 1 представлено влияние солей тяжелых металлов на эритроциты и лимфоциты, результат приписывается только воздействию ионов тяжелых металлов. При этом основания кислот также оказывают влияние на клетки, но в работе отсутствуют исследования, которые могут продемонстрировать вклад от влияния основания кислот и ионов тяжелых металлов.

3. В главе 3 показано, что магнитное поле способствует перераспределению интенсивности люминесценции алмаза с NV^- -центрами между видимой и ИК областями спектра. Также проводится сравнение между собой относительного изменения интенсивности люминесценции в видимой (10%) и ИК области (60%) при приложении магнитного поля. Предполагается, что различия в величине относительного изменения интенсивности связаны с фоновым сигналом в видимой области от NV^0 -центров. Стоит отметить, что люминесценция в видимой и ИК области происходит одновременно, но с разной интенсивностью. Таким образом указанные отличия могут быть связаны не только с отмеченным в работе механизмом, но и, к примеру, с тем, что при равном по абсолютной величине изменении интенсивности в видимом и ИК диапазоне относительные изменения будут существенно отличаться.

4. Нормировка рис. 3.16а происходит в нулевом поле, а рис. 3.16б – на максимальное значение параметра, что усложняет корректное сравнение результатов.

Указанные замечания не влияют на качество и значимость диссертационной работы.

6. Соответствие научной квалификации соискателя учёной степени, на которую он претендует.

Применение современных методов исследования, высокий научный уровень диссертационной работы, ее качественное оформление в полном соответствии с требованиями ВАК, новизна полученных результатов,

публикации в рецензируемых журналах, теоретическая и практическая значимость полученных результатов дают основание сделать вывод о соответствии научной квалификации Филимоненко Д.С. ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.05 – оптика.

Диссертационная работа Д.С. Филимоненко представляет собой самостоятельно выполненное законченное научное исследование и соответствует всем требованиям ВАК Республики Беларусь, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, а ее автор, Филимоненко Дмитрий Сергеевич, заслуживает присвоения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.05 – оптика.

Отзыв составлен на основании заключения эксперта – Харченко Андрея Андреевича, кандидата физико-математических наук, доцента.

Отзыв обсужден после представления доклада соискателя на расширенном заседании Ученого совета НИИ ЯП БГУ, проведенного в соответствии с приказом директора от 13.12.2023 № 43/Д, и утвержден открытым голосованием (присутствовало 29 человек, в том числе 10 докторов и 10 кандидатов наук). Протокол заседания Ученого Совета НИИ ЯП БГУ № 6 от 21 декабря 2023 г.

Результаты голосования:

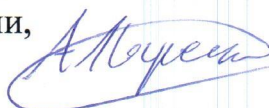
За	– 20,
Против	– 0,
Воздержались	– 0.

Заместитель председателя Ученого совета,
доктор физ.-мат. наук, доцент



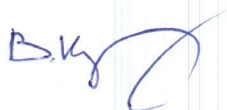
А.С. Лобко

Эксперт оппонировающей организации,
кандидат физ.-мат. наук, доцент



А.А. Харченко

Секретарь Ученого совета,
кандидат физ.-мат. наук



В.П. Кутавичюс