



**МОСКОВСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ  
имени  
М.В.ЛОМОНОСОВА  
(МГУ)**

Ленинские горы, Москва,  
ГСП-1, 119991  
Телефон: 8-495-939-10-00  
Факс: 8-495-939-01-26

**«Утверждаю»**

Проректор Федерального государственного  
бюджетного образовательного учреждения  
высшего образования  
«Московский государственный  
университет имени М.В.Ломоносова»

  
А.А. Федянин  
2026 г.

06.05.2026 № 2045-26/013-03

На №

---

**ОТЗЫВ**  
ведущей организации Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего образования «Московский  
государственный университет имени М.В. Ломоносова»

на диссертационную работу МИХАЙЛОВА ЮРИЯ ВЛАДИМИРОВИЧА на тему  
«Фемтосекундная лазерная запись двулучепреломляющих и люминесцирующих  
микроструктур в нанопористых стеклах», предоставленную на соискание ученой степени  
кандидата химических наук по специальности: 2.6.14 – Технология силикатных и  
тугоплавких неметаллических материалов.

**Актуальность темы**

Диссертация Михайлова Ю.В. «Фемтосекундная лазерная запись  
двулучепреломляющих и люминесцирующих микроструктур в нанопористых стеклах»  
посвящена научно-технической проблеме по разработке оптических носителей  
информации, которые могут найти применение в области холодного хранения данных.  
Использование нанопористых стекол в качестве матриц для фемтосекундной записи  
информации является оригинальным и перспективным направлением из-за высокой  
скорости формирования вокселей. В ходе работы над диссертацией автор решил  
комплексную задачу: от синтеза материала (технология силикатных и тугоплавких

неметаллических материалов) до демонстрации многомерной оптической памяти на его основе. Разработка подобных материалов нацелена на повышение надежности и безопасности эксплуатации носителей информации, снижения вероятности отказа как в естественных условиях эксплуатации, так и в условиях преднамеренного деструктивного воздействия. Тема выбранного исследования представляется весьма актуальной, а научно обоснованные технические и технологические решения, предложенные в работе, значимы для науки «Материаловедение».

Цель работы - разработка функциональных материалов на основе нанопористых стекол (НПС), импрегнированных люминесцентными центрами, и их лазерное модифицирование для применений в технологии оптической памяти и фотонике. Работа предполагала как решение научных, так и прикладных задач для изготовления многомерной оптической памяти.

### **Структура и объем диссертации**

Диссертация состоит из введения, трех глав, заключения, перечня сокращений, списка цитированной литературы, включающего 106 наименований. Работа изложена на 131 страницах текста, содержит 55 рисунков и 7 таблиц.

**Во введении** обоснована актуальность темы диссертационной работы, сформулированы цели исследования и задачи диссертационной работы, изложена ее научная новизна, теоретическая значимость и практическая ценность, описаны объекты и методики исследований, указаны положения, выносимые на защиту, подтверждена достоверность результатов и предоставлена информация о личном вкладе автора, приведены данные об апробации результатов и о публикациях по теме диссертации.

**В первой главе** Михайловым Ю.В. представлен обзор существующих литературных данных, относящихся как к синтезу нанопористых стекол и их функционализации, так и к особенностям модифицирования нанопористых стекол лазерными импульсами сверхкороткой длительности. Проанализировав литературные данные, диссертант выделяет ряд проблем, препятствующих внедрению нанопористых стекол в качестве оптических носителей данных, а именно: существует проблема синтеза крупногабаритных образцов, а также отсутствие данных о возможности совместного использования двулучепреломления и люминесценции для кодирования информации.

**Глава 2** посвящена методическому обеспечению работы. В работе диссертант использует современные методы анализа, такие как количественный анализ химического состава, оптическая и сканирующая электронная микроскопия, количественный анализ параметров двулучепреломления, определение характеристик пористой структуры, люминесцентная спектроскопия и определение уровня светопропускания. Данные 10 методы соответствуют современным подходам к изучению свойств материалов подобной природы и позволяют в полной мере и достоверно определить необходимые свойства.

Применение этих методов позволило получить новые и надежные данные о составе и свойствах нанопористых стекол.

**Глава 3** посвящена анализу результатов исследований. Автор диссертации показал, что полученные результаты показывают возможность эффективного формирования анизотропных оптических структур в нанопористых стёклах под действием фемтосекундных лазерных импульсов. Особого внимания заслуживает обнаруженный диссертантом эффект сочетания наведённого двулучепреломления и лазерно-индуцированной люминесценции в одной и той же области образца, что открывает перспективы для многоуровневой записи информации.

**В Главе 4** диссертант предложил конкретные рекомендации по оптимизации режимов лазерной обработки и выбору составов нанопористых стёкол для создания оптических носителей данных нового поколения. Представленные в диссертации результаты имеют как фундаментальное значение для понимания процессов взаимодействия сверхкоротких лазерных импульсов с наноструктурированными материалами, так и практическую ценность для разработки устройств высокой плотности записи.

#### **Соответствие паспорту специальности.**

Согласно паспорту специальности 2.6.14, область исследований включает:

- п. 2: «Разработка составов и технологических параметров получения силикатных и тугоплавких неметаллических материалов и изделий с заданными свойствами» - автор разработал режимы синтеза НПС и импрегнирования.
- п. 3: «Исследование физико-химических процессов, происходящих при синтезе и эксплуатации материалов, и их влияния на свойства» - подробно изучено влияние поровой структуры на лазерное модифицирование.

Таким образом, диссертация полностью соответствует специальности.

#### **Научная новизна и ценность полученных результатов.**

Впервые показана динамика формирования двулучепреломляющих структур с увеличением количества лазерных импульсов: от эллиптической полости до нанорешетки. Этот результат важен для понимания роли начальных дефектов и пор в инициации периодических структур. Также обнаружено, что величина двулучепреломления коррелирует с удельным объёмом пор, а не с их диаметром. Результаты работы могут быть использованы в страховых фондах хранения документации, структурах Росархива, Госфильмофонде, - в организациях, где требуется длительное хранение различной документации без необходимости перезаписи. Разработана лабораторная технология получения крупногабаритных НПС (100x6 мм) из промышленного стекла ДВ-1, что является значительным шагом к практическому внедрению. Продемонстрирована возможность перезаписи информации всего четырьмя импульсами - рекордный показатель для прозрачных диэлектриков. Созданы прототипы носителей с многоуровневым кодированием: сочетание люминесценции и двулучепреломления.

Оценённая термостабильность (400°C) и расчётный срок хранения (>1000 лет) превосходят требования к архивной памяти.

#### **Достоверность и обоснованность.**

Достоверность обеспечена применением современных взаимодополняющих методов, высокой воспроизводимостью результатов, публикацией в журналах с высоким импакт-фактором (Q1) и апробацией на международных конференциях. Автореферат и диссертация написаны грамотно, иллюстрации информативны.

Как в диссертации, так и в автореферате имеются недочеты, связанные с оформлением рисунков. Так, в автореферате подписи к осям на рисунке 8 мелкие и трудночитаемые. То же замечание можно отнести и к рисункам 3.12, 3.24. Также в диссертации отсутствует завершающий раздел «Обсуждение результатов ...». Принимая во внимание большой объем полученных результатов как в части синтез люминесцентных материалов, так и в части лазерного микромодифицирования, данный раздел был бы вполне уместным.

В порядке дискуссии и пожеланий к дальнейшей работе можно отметить следующее.

1. Неполнота описания методики импрегнирования. В разделе 2 на страницах 50-51 диссертации сказано, что импрегнирование проводилось «растворами солей», но не указаны конкретные соединения, их концентрации, время выдержки, pH растворов. Для химической технологии это важные детали. Например, для серебра: использовался ли  $\text{AgNCb}$  или другой реагент? Была ли стадия восстановления (термическая или химическая)?

2. Отсутствие сравнительного анализа с аналогами. В работе кварцевое стекло активно используется как эталон. Однако не приведены количественные данные о скорости записи (например, время записи одного воксела в НПС по сравнению с кварцевым стеклом). Из текста следует, что в НПС достаточно 4 импульсов, а в кварце - десятков, при этом частота следования импульсов используется одинаковая (200 кГц). Значит, выигрыш во времени — примерно 10-20 раз. Хорошо бы привести конкретные цифры (миллисекунды на воксел) для наглядности.

3. Обработка результатов люминесценции. При декодировании оита по отношению  $I(\text{Sm}^{3+})/I(\text{Sm}^{2+})$  автор показывает чёткое разделение на два уровня (рисунок 8 в автореферате). Однако не указано, какое значение порога интенсивности люминесценции выбрано и какова дисперсия внутри каждого уровня. Желательно было бы привести среднеквадратичное отклонение.

4. Потенциальная проблема считывания при 6D-записи. Для считывания люминесценции требуется возбуждение на длине волны 488 нм (для Sm) или 532 нм (для Ag), а для измерения двулучепреломления - использование поляризационного микроскопа с источником белого света. Это разные измерительные установки. В реальном устройстве

считывания потребуется совмещение двух оптических каналов, что может быть технически сложно. Автор не обсуждает эту проблему.

Данные замечания не носят принципиального характера и не снижают общей высокой оценки работы.

Подводя итог, обсуждаемой диссертационной работы, можно сказать, что Михайловым Ю.В. проведено полное и систематическое исследование, вносящее значительный вклад в область знаний о взаимодействии фемтосекундных лазерных импульсов с нанопористыми стеклами. Помимо значительного фундаментального вклада, работа имеет и четко выраженную прикладную значимость. Синтез крупногабаритных заготовок из нанопористого стекла является известной проблемой химической технологии. Автору же удалось показать достаточно уверенное получение дисков из нанопористого стекла диаметром более 100 мм, хотя и предстоит дальнейшая работа по установлению статистической значимости полученного результата. Автореферат диссертации и публикации полностью отражают основное содержание работы. Хочется надеяться, что полученные результаты найдут свое продолжение в других работах диссертанта.

#### **Заключение о соответствии диссертации требованиям**

Диссертационная работа Михайлова Юрия Владимировича является законченной научно-квалификационной работой, содержащей решение актуальной научно-технической задачи – получение функциональных нанопористых стекол, в которых продемонстрирована возможность управляемого двулучепреломления и люминесценции для применения в оптической памяти.

Результаты работы Михайлова Юрия Владимировича могут быть рекомендованы для использования в следующих научных и производственных организациях Российской Федерации: АО «Лыткаринский завод оптического стекла» (АО ЛЗОС), АО «НИИ «Полнос» им. М.Ф.Стедьмаха».

Основные результаты работы были доложены на тематических профильных конференциях, а также опубликованы в научных рецензируемых высокорейтинговых журналах. Число публикаций автора соответствует критериям п. 13 раздела II «Положения о порядке присуждения ученых степеней» в редакции, утвержденной Постановлением Правительства РФ №842 от 24 сентября 2013 г. (в действующей редакции). По теме диссертации опубликовано 3 статьи в журналах, индексируемых в международных базах цитирования Web of Science и Scopus, 1 статья в журнале перечня ВАК.

По объёму, новизне, достоверности и практической значимости полученных результатов она полностью соответствует требованиям п. 9-14 «Положения о присуждении учёных степеней», утверждённого Постановлением Правительства РФ № 842 от 24.09.2013 г. (в действующей редакции), предъявляемым к кандидатским диссертациям. Автор диссертации, **Михайлов Юрий Владимирович, заслуживает присуждения учёной**

степени кандидата химических наук по специальности 2.6.14 Технология силикатных и тугоплавких неметаллических материалов.

Отзыв подготовил - профессор кафедры химической технологии и новых материалов химического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова Лазорьяк Богдан Иосипович, доктор химических наук (специальность 1.4.1 – Неорганическая химия).

д.х.н., профессор

Б. И. Лазорьяк

(Лазорьяк Богдан Иосипович, e-mail: [lazoryak@ctech.chem.msu.ru](mailto:lazoryak@ctech.chem.msu.ru), телефон: (495) 939-21-38).

Отзыв заслушан и утвержден на заседании кафедры химической технологии и новых материалов Химического факультета Московского государственного университета имени М.В.Ломоносова, протокол заседания № 3 от «05» мая 2026 г.

Заведующий кафедрой химической технологии и новых материалов Химического факультета МГУ имени М.В.Ломоносова

д.х.н., профессор

В.В. Авдеев

Почтовый адрес: (кафедры) 119991, Москва, Ленинские горы, дом 1, строение 3, ГСП-1, МГУ, химический факультет, кафедра химической технологии и новых материалов. Телефон: (495) 939-59-88, Электронная почта: e-mail: [avdeev@highp.chem.msu.ru](mailto:avdeev@highp.chem.msu.ru)

Секретарь заседания, к.х.н.

Е.А. Бердоносова

И.о. декана Химического факультета МГУ имени М.В.Ломоносова,

д.х.н, профессор РАН

С.С. Карлов

