

ОТЗЫВ НАУЧНОГО КОНСУЛЬТАНТА

на диссертационную работу Тарковского Викентия Викентьевича
«Эффективность работы лазерных сред на красителях в растворах
и твердотельных матрицах при микро- и наносекундном
возбуждении», представленной на соискание ученой степени
доктора физико-математических наук
по специальности 01.04.21 – лазерная физика

Диссертационная работа Тарковского В.В. посвящена разработке новых активных сред для лазеров на красителях, обладающих высокой эффективностью генерации, фотохимической стойкостью и повышенным ресурсом работы. Данные соединения предназначены для использования как в растворах, так и твердотельных матрицах различного типа. Особый интерес в этой связи вызывают кумариновые красители, генерирующие практически во всей видимой области спектра, обладающие высокой эффективностью преобразования и хорошими эксплуатационными характеристиками. Полученные активные среды можно использовать в перспективных лазерных системах микросекундной и наносекундной длительности с малой расходимостью, а также применять в биомедицине и спектроскопии.

Несмотря на большое многообразие имеющихся красителей, спектральный диапазон, в котором получена генерация ($310 \div 1800$ нм), далеко не везде заполнен эффективно генерирующими красителями. Особенно это касается некогерентной накачки. Целенаправленный поиск новых эффективных и фотостойких лазерных красителей немыслим без детального исследования основополагающих процессов, происходящих в молекулах в результате возбуждения / девозбуждения. В связи с этим фундаментальной проблемой физики молекул органических красителей является не только установление закономерностей взаимосвязи их структуры и спектрально-люминесцентных, физико-химических и генерационных свойств, но и изучение особенностей их внутри- и межмолекулярных взаимодействий в растворах и твердотельных матрицах. Решение этих задач позволит прогнозировать и синтезировать новые высокоэффективные лазерные красители с наперед заданными параметрами с минимальными собственными потерями и высокой фотостабильностью.

В диссертационной работе Тарковского В.В. показано, что при применении лазера на красителях, построенного по двухступенчатой схеме возбуждения, возможно получение перестраиваемого излучения в широком спектральном диапазоне с энергией в импульсе длительностью ~ 1 мкс выше 1 Дж при расходимости ~ 1 мрад и повышение яркости излучения в

140–700 раз по сравнению с обычными лазерами на красителях с ламповой накачкой.

Предложены новые кумариновые красители, генерирующие при ламповой и лазерной накачке в спектральном диапазоне 420–740 нм, имеющие высокую генерационную эффективность, достигающую при некогерентной накачке 1 %, и высокую фотохимическую устойчивость, которая в 3–5 раз выше таковой для родамина 6 Ж. Впервые при накачке электроразрядным ХеСl-лазером получена генерация в спектральной области 730–740 нм на красителях кумаринового класса – производных бензопирилия.

Экспериментально исследовано влияние различного типа гетероциклов на флуоресцентные и генерационные свойства новых бифлуорофоров. Показано, что ряд 7-диэтиламинокумаринов с триазольным или оксидиазольным циклом характеризуется самой высокой эффективностью генерации в области 500–515 нм. При ламповой накачке эффективность генерации в 1,7 раза превосходит широко известный кумарин 334. Благоприятное воздействие на фотостабильность таких молекул оказывает стабилизация кумаринового фрагмента ядром юлолидина – $7N(CH_2)_6$. Установлено влияние и определена роль изомерной формы тиазольного фрагмента на спектральные и генерационные свойства молекулы. Показано благоприятное воздействие на генерационную эффективность имино-группы в кумариновом фрагменте молекулы.

Наиболее важным результатом работы является установление аномальной зависимости эффективности генерации различных классов лазерных красителей в жидких растворах и твердотельных матрицах от длины волны микросекундной накачки, что позволяет оптимизировать генерационные характеристики указанного класса лазерных сред. Она заключается в том, что КПД генерации по мере изменения длины волны возбуждающего излучения вначале возрастает, затем вблизи максимума полосы поглощения падает, с последующим ростом на длинноволновом склоне; спектры генерации при этом обнаруживают смещение, а в ряде случаев наблюдается двухчастотная генерация. Наблюдаемые аномальные зависимости энергетических и спектральных параметров лазерных красителей от длины волны возбуждающего излучения объясняются наличием перепоглощения излучения накачки в системе возбужденных синглетных уровней, которое приводит к образованию обратимых фотопродуктов, имеющих сильное поглощение в определенной спектральной области усиления.

Проведены исследования твердотельных лазерных элементов на основе композиционного материала нанопористое стекло – полимер с внедренными

красителями. При когерентной микросекундной накачке получена эффективность преобразования на уровне 50 % и достигнут высокий ресурс работы особенно в лазере-преобразователе на красителях микросекундной длительности.

Показаны некоторые практические применения новых активных сред на основе красителей: в учебном процессе на физико-техническом факультете Гродненского государственного университета имени Янки Купалы, а также на кафедре медицинской и биологической физики Гродненского государственного медицинского университета, в качестве трансформаторов излучения накачки в лазерах с коаксиальной лампой-кюветой; для получения излучения микросекундной длительности в лазере-преобразователе на $\text{Al}_2\text{O}_3:\text{Ti}^{3+}$ и в медицинских лазерных системах для лечения сосудистых патологий, псориаза, а также лазерных литотрипторах. Важным инновационным применением результатов диссертации является возможность использования новых лазерных красителей кумаринового класса для окрашивания полимеров в изделиях пищевой сферы. Кроме того, созданная в процессе работы универсальная лазерная система на красителях широко применяется в учебном процессе для постановки различных спецпрактикумов.

Тарковский В.В. в 1981 году окончил физический факультет Гродненского государственного университета имени Янки Купалы, в 1987 году – аспирантуру Института физики имени Б.И. Степанова Академии наук БССР. В 1995 году защитил кандидатскую диссертацию по теме «Разработка высокоэффективных лазерных систем на основе растворов красителей микросекундной длительности с малой расходимостью» на заседании совета по защите диссертаций Д 01.05.01. Ученое звание доцента присвоено в 1999 году. В Гродненском государственном университете имени Янки Купалы работает с 1987 года, в 2000–2006, 2010–2021 годах – в должности заместителя декана физико-технического факультета, в 2006–2010 годах – в должности начальника научно-исследовательского сектора, с 2021 года – в должности доцента кафедры теоретической физики и теплотехники. Всего имеет 165 публикаций, из них 40 – в изданиях из перечня Высшей аттестационной комиссии Республики Беларусь, 2 авторских свидетельства и 7 патентов. Принимал участие в руководстве и исполнении 7 научных тем в рамках государственных программ научных исследований, грантов БРФФИ, отдельных проектов Министерства образования Республики Беларусь. Являлся научным руководителем 68 дипломных работ и проектов, 3 магистерских диссертаций. В 2007 году награжден Почетной грамотой Гродненского городского исполнительного комитета, в 2013 году – Почетной грамотой Министерства образования

Республики Беларусь. В 2019–2021 годах обучался в докторантуре Гродненского государственного университета имени Янки Купалы. Тарковский В.В. преподает в учреждении образования «Гродненский государственный университет имени Янки Купалы» учебные дисциплины «Современные методы исследования материалов», «Механика и молекулярная физика», «Основы теплотехники», «Современная физика в средней школе», «История физики и техники», «Учебный физический эксперимент», «Современный физический практикум», «Теплогенерирующие установки». Результаты докторской диссертации Тарковского В.В. опубликованы в 73 публикациях, из них 32 – в рецензируемых научных журналах из списка ВАК, 11 – в сборниках научных трудов, 22 – в сборниках материалов конференций, 7 – тезисы докладов научных конференций.

Считаю, что Тарковскому Викентию Викентьевичу может быть присуждена ученая степень доктора физико-математических наук по специальности 01.04.21 – лазерная физика за следующие научные результаты:

1. установление у основных классов лазерных красителей в растворах и твердотельных матрицах аномальной спектральной эффективности генерации, которая может быть объяснена наличием перепоглощения излучения накачки в системе возбужденных синглетных уровней, приводящее к образованию обратимых фотопродуктов, имеющих сильное поглощение в определенной спектральной области усиления;

2. разработку новых кумариновых красителей производных 3-(2-бензимидазолил) кумарина и 3-имидазопиридил кумарина, генерирующих при возбуждении излучением эксимерного XeCl -лазера в спектральном диапазоне 490–573 нм, имеющих высокую генерационную эффективность, достигающую 20 %, а при ламповой накачке более 1 %, и обладающих в условиях мощной немонохроматической накачки высокой фотохимической устойчивостью, которая в 3–5 раз выше, чем родамина 6 Ж;

3. выявление увеличения эффективности и ресурса работы водно-этанольных растворов красителей за счет образования мицеллярных комплексов при оптимальной концентрации воды, которые окружают и стабилизируют молекулы красителя, предохраняют их от разрушения мощным УФ-излучением, а также благодаря изменению потерь, наведенных излучением накачки;

4. получение производных нового класса кумариновых бензопирановых красителей – производных солей пирилия, которые в условиях возбуждения излучением эксимерного XeCl -лазера позволяют получать генерацию в области 730–740 нм;

5. увеличение фотостабильности комплексов включения красителей различных классов с β -циклодекстрином и с добавкой наночастиц серебра в этанольных и водно-этанольных растворах, которые создают защитную оболочку для молекул красителя и тем самым эффективно экранируют их от фотораспада, а также обеспечивают создание мицелярного комплекса, в котором молекулы красителя находятся внутри гидрофобной полости, что увеличивает КПД генерации комплексов включения красителей с β -CD в водно-этанольном растворе;

6. получение твердотельных элементов нового поколения для лазеров на красителях в матрицах на основе НПС-П, полиуретана, гибридных нанокомпозитов, обладающих рядом преимуществ по сравнению с жидкостными;

7. создание путем применения новых кумариновых красителей в лазере-преобразователе микросекундной длительности эффективных трансформаторов излучения накачки, возбуждения генерации в титан-сапфировых лазерах, а также определение путей построения лазерных систем для селективной лазерной био-медицины на основе лазеров на красителях.

Даю согласие на публикацию отзыва в открытом доступе на сайте Института физики НАН Беларуси.

Научный консультант:

доктор физико-математических наук,
профессор, профессор кафедры
теоретической физики и теплотехники
учреждения образования
«Гродненский государственный
университет имени Янки Купалы»



С.С. Ануфрик

6.08.2025г.

