

## ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию БАЗАКУЦЫ Алексея Павловича «**Влияние междуузельных молекул водорода и дейтерия на люминесценцию активаторов в кварцевом стекле волоконных световодов**», представленной на соискание учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.07 – физика конденсированного состояния.

Работа Базакуцы А.П. посвящена исследованию влияния растворённого в стекле активных оптических волокон молекулярного водорода и дейтерия на их люминесцентные свойства. Кроме того, в работе исследуется природа активных висмутовых центров в кварцевых оптических волокнах и экспериментально исследуются их свойства.

Работа, несомненно, является актуальной, поскольку насыщение волоконных световодов молекулярным водородом активно применяется для повышения фоточувствительности волокон к ультрафиолету и радиационной стойкости к жёсткому излучению. При этом воздействие растворённого в стекле волокон водорода на их люминесцентные свойства практически не изучалось. Исследование люминесценции оптических волокон, легированных висмутом, также представляет значительный интерес, поскольку применение лазеров и усилителей на основе таких волокон может позволить расширить используемый оптический диапазон работы волоконно оптических линий связи, что представляет большой практический интерес.

В процессе исследования автор решал следующие конкретные задачи:

1. Создание экспериментальной методики, позволяющей выявить процесс тушения люминесценции активаторов в кварцевом стекле оптических волокон при их насыщении молекулярным водородом и дейтерием.
2. Получение экспериментальных данных о воздействии температуры на скорость деактивации возбуждений междуузельными молекулами.
3. Сравнение темпов деактивации молекулами дейтерия и водорода люминесценции ионов эрбия и иттербия в стекле.
4. Определение ИК люминесцентных свойств висмутовых активных центров в кварцевом стекле с добавкой фтора и алюминия.

Диссертационная работа Базакуцы А.П. состоит из введения, четырёх глав, и списка цитируемой литературы. Во введении определена область исследований, обоснована актуальность поставленной цели и сформулированных для её реализации задач. Также сформулированы научная новизна и практическая значимость работы, приведено краткое содержание диссертации.

В первой главе диссертации автор приводит подробный обзор литературы, посвящённой насыщению оптических волокон изотопами водорода (протием и дейтерием). Рассматриваются вопросы растворимости водорода в кварцевом стекле и применения этого процесса для модификации свойств волоконных световодов. Для последующего обсуждения влияния растворённого в стекле водорода на люминесценцию даётся общее представление о теории встреч в применении к задаче о диффузионно контролируемой бимолекулярной химической реакции. Также в первой главе представлен исчерпывающий обзор, связанных с изучением люминесцентных свойств кварцевых стёкол, легированных висмутом.

Вторая глава диссертации посвящена изложению экспериментальных методик, применявшихся автором при проведении исследований. Подробно описана экспериментальная установка, созданная для насыщения оптических волокон водородом и дейтерием под давлением до 100 атм с одновременным наблюдением изменения их люминесцентных свойств. Даётся представление о методике, позволяющей изобарически изменять температуру насыщенного водородом волокна от 300 до 900 К. Также описана спектрометрическая установка, предназначенная для измерения спектров поглощения и люминесценции активных волокон и объёмных стёкол при температурах от 77 до 900 К. Все экспериментальные установки, использованные в работе были собраны лично автором, либо при его решающем участии.

Третья глава работы посвящена исследованию воздействия растворённого водорода на люминесцентные свойства активных волоконных световодов, легированных редкоземельными ионами  $\text{Er}^{3+}$  и  $\text{Yb}^{3+}$ . Показано, как в результате насыщения молекулярным водородом, происходит тушение люминесценции, уменьшается интенсивность и время жизни, причём кинетические кривые приобретают форму растянутой экспоненты. Нагрев образцов приводит к усилению тушения люминесценции, а охлаждение до температуры жидкого азота практически сводит его на нет. Также в третьей главе даётся объяснение наблюдаемым эффектам. Процесс деактивации

возбуждения активного центра молекулой водорода рассматривается с помощью энергетической диаграммы, показывающей передачу энергии от электронных энергетических уровней активного центра к колебательным энергетическим уровням междуузельных молекул водорода. Делается вывод о роли в процесс тушения вращательных степеней свободы молекул водорода, а также о резонансной природе процесса тушения (чем ближе энергия кванта люминесценции активного центра к энергии колебательного энергетического уровня молекулы  $H_2$ , тем эффективнее оказывается процесс тушения).

В четвёртой главе исследуется воздействие насыщения водородом на люминесценцию кварцевых оптических волокон, активированных висмутом. Кроме того, изучаются люминесцентные свойства стёкол, легированных висмутом с различными добавками – алюминия, фосфора, фтора. Показано, что процесс тушения люминесценции висмута имеет характер, во многом сходный с характером тушения люминесценции редкоземельных ионов. Обнаружено, что в случае висмута данный процесс оказывается эффективнее, чем в случае редкоземельных ионов. Такое поведение объясняется иной природой висмутовых активных центров в стекле. Они описываются в виде междуузельных включений, слабо связанных с сеткой стекла. Также исследуется влияние проплавления и нагрева до 900 К на люминесценцию стёкол, легированных висмутом с различными добавками. На основе полученных данных предлагается диаграмма энергетических уровней висмутового активного центра в кварцевом стекле.

По итогам работы формулируются выводы, полностью отражающие суть и содержание работы.

Переходя к оценке работы Базакуцы А.П. отмечу, что автор представил весьма ценное исследование, выполненное в актуальной области науки с применением современных экспериментальных и теоретических методов. Все сделанные выводы достаточно обоснованы.

Вместе с тем к работе Базакуцы А.П. имеются замечания:

1. В работе присутствует ряд опечаток, которые, тем не менее, не влияют на понимание содержания диссертации.
2. В работе не представлена теоретическая модель, описывающая процесс передачи энергии возбуждения от активных центров к междуузельным молекулам водорода.

3. Для аппроксимации кривых кинетики люминесценции активных световодов в присутствии водорода автор использует растянутую экспоненту, как наиболее удобную для таких целей. Однако, достаточное обоснование для применения именно этой подгоночной кривой в работе не обсуждается.

4. В той части работы, где автор описывает тушение водородом люминесценции волокон, легированных висмутом, возбуждение ведётся на длине волны 808 нм. При этом данные по тушению люминесценции, возбуждаемой на других длинах волн, в работе не приводятся. Из полученных результатов автор делает выводы о природе всех активных висмутовых центров в стекле изучаемых волокон. Такое обобщение выглядит не вполне обоснованным и требует проведения дополнительных исследований.

Сделанные замечания являются второстепенными и не умаляют значимости полученных диссертантом результатов. Результаты новы и оригинальны, достаточно полно представлены в печатных изданиях, и в докладах на научных конференциях.

Автореферат и опубликованные автором работы отражают содержание диссертации, её название полностью соответствует содержанию. Диссертация Базакуцы А.П. является полноценным и законченным исследованием, в котором решены важные задачи воздействия молекулярного водорода на люминесцентные свойства активных кварцевых волоконных световодов, а также люминесцентных свойств волоконных световодов, легированных висмутом. Диссертация удовлетворяет всем требованиям, предъявляемым ВАК к кандидатским диссертациям. Базакуца Алексей Павлович, несомненно, заслуживает присуждения учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.07 – физика конденсированного состояния.

10 августа 2015г.

Доктор физико-математических наук, профессор  
заведующий отделом лазерной атомно-молекулярной технологии  
ФГБУН ИПЛИТ РАН

В.Н. Баграташвили

Подпись В.Н. Баграташвили удостоверяю.

Нач. ОК А.М.Сиротенко



ФИО: Баграташвили Виктор Николаевич

Учёная степень: доктор физико-математических наук

Специальность: 01.04.17 – химическая физика, в том числе физика горения и взрыва

Почтовый адрес: 142190, г.Москва, г.Троицк, ул. Пионерская, 2

Телефон: 8 (495) 851 03 42

Адрес электронной почты: [bagrat@laser.ru](mailto:bagrat@laser.ru)

Наименование организации: Институт проблем лазерных и информационных технологий  
РАН

Учёное звание: профессор

Должность: заведующий отделом лазерной атомно-молекулярной технологии Института  
проблем лазерных и информационных технологий РАН