

ОТЗЫВ

официального оппонента, доктора технических наук, ведущего научного сотрудника АО «НПО им. С.А. Лавочкина» В.К. Сысоева на диссертационную работу Федотова Сергея Сергеевича «Влияние химического состава на формирование двулучепреломляющих нанорешеток в оксидных стеклах фемтосекундным лазерным излучением», представленной на соискание ученой степени кандидата химических наук по специальности 05.17.11 – Технология силикатных и тугоплавких неметаллических материалов

Лазерная техника является инструментом для реализации физико-химических процессов в материалах недостижимыми другими способами так как лазерное излучение обладает уникальными характеристиками, позволяющие при взаимодействии его с различными материалами получать различные высокотехнологические устройства в том числе в области оптической интегральной техники. Отсюда вытекает необходимость в установлении основных закономерностей взаимодействия лазерного излучения с различными материалами. Особое место здесь занимает взаимодействие именно с оптически прозрачными материалами, в первую очередь, стеклами. Явления, возникающие при такого рода взаимодействиях, начали изучаться различными группами сравнительно недавно, но уже нашли применения в создании интегральных оптических устройств, оптических систем записи и хранения информации, микрофлюидики и др.

Исследование взаимодействия лазерного излучения с высокой плотностью мощности, особенно сверхкороткой длительности, со стеклами различных составов представляет актуальную материаловедческую задачу. Актуальность обусловлена тем, что существует огромное многообразие оксидных и не только оксидных стекол, структура и свойства которых находятся в тесной связи с их составом, и можно предполагать, что такие

стекла будут иметь разный отклик на воздействие с фокусированным лазерным пучком. Получаемые результаты имеют не только большую фундаментальную, но и практическую ценность. Работа С.С. Федотова посвящена исследованию стекол с плавным варьированием состава с точки зрения формирования в них так называемых нанорешеток. Данное устройство характеризуется тем, что лазерное излучение формируется на наноуровне из стекол интегрально-оптические устройства. Актуальность данного исследования не вызывает сомнений, так как объем существующих данных по формированию данных структур в объеме стекол, отличных от кварцевого, чрезвычайно мал.

В первой главе диссертации автор подробно рассматривает как взаимодействие фемтосекундных лазерных импульсов со стеклом вообще, так и формирование нанорешеток в частности. Большое внимание уделено строению нанорешеток, условиям, при которых они формируются, их оптическим и физико-химическим свойствам. Отдельно выделен раздел с обсуждением формирования данных структур в объеме многокомпонентных стекол, из которого следует, что на сегодняшний день данных, позволяющих говорить о связи химического состава стекла и возможности формирования нанорешеток и их строении, еще недостаточно. Исходя из этого, диссертант определяет область составов стекол для изучения: щелочносиликатные и титаносиликатные. При этом не совсем понятен выбор боросиликатных стекол, так как в их состав входит большое количество оксидов, которые будут оказывать суммарный эффект на образование нанорешеток. В целом, обзор литературы характеризуется структурированностью и последовательным изложением существующей информации об исследуемых структурах.

Методическая часть содержит описание методов, которые были использованы диссертантом в ходе своей работы. Возможно, излишне подробно дано описание механической обработки образцов, так как процесс этот довольно тривиальный. На приведенной фотографии лазерной

установки совершенно непонятно что есть что, несмотря на приведенную далее оптическую схему. Вероятно, автор хотел продемонстрировать «вживую» установку для модифицирования, однако, в таком случае, следовало бы сопроводить ее пояснениями о назначении элементов, приведенных на фотографии.

Обобщая выводы по данному разделу, можно сказать, что диссертационная работа выполнена с привлечением современных, высокотехнологичных методов исследования, таких как СЭМ, ПЭМ, ЭДРС, позволяющих проводить исследования в субмикронном и нанометровом масштабе и получать достоверную информацию о строении и свойствах модифицированных лазерным пучком областей.

В разделе «Результаты исследований и их анализ» приведены полученные в ходе работы данные и их обсуждение. Автором проводились эксперименты и на кварцевом стекле, смысл которых неясен, так как в литературе имеется достаточно большое количество данных об этом стекле, на чем автор сделал упор в обзоре литературы. Тем не менее, полученные результаты представляют интерес для сопоставления с данными по бинарным стеклам.

Среди достоинств работы можно выделить то, что впервые условия лазерного модифицирования варьировались в широких пределах. Это позволило с высокой степенью достоверности оценить интервалы энергии и количества импульсов, при которых происходит формирование нанорешеток. Также была обнаружена закономерность между порогом образования нанорешеток и введением щелочных оксидов: при введении щелочных оксидов происходит снижение данного порога. Данное явление объясняется автором с точки зрения изменения величины запрещенной зоны стекла, которая уменьшается в 1,7 раз при введении Na_2O , а энергия уменьшается, как следует из графиков (в явном виде диссертант об этом не пишет), примерно в 1,4 раза, а также возникновением дефектов в структуре стекла. Интересным является наблюдение сильно отличающегося периода

нанорешетки в боросиликатных стеклах, объяснение которому, хочется надеяться, будет дано в дальнейших работах.

Научная новизна представленных результатов несомненна и имеет также практическую значимость. Результаты исследования апробированы на многих конференциях и опубликованы в журналах из списка ВАК РФ.

К недостаткам диссертации можно отнести:

- 1) Из текста диссертации не ясно каковы линейные размеры получаемых нанорешеток.
- 2) Автор не приводит статистики образцов и повторяемости получаемых результатов .
- 3) Интересным и логичным вопросом, который остался совершенно неосвященным, является температура в области модифицирования. В обзоре литературы были приведены как результаты численного моделирования тепловых полей, возникающих в процессе модифицирования, так и данные об экспериментальном определении величины температуры. К сожалению, диссертант не предпринял попыток количественной оценки возникающих температур, а именно такие оценки могли бы способствовать более предметному описанию разницы в процессах формирования нанорешеток и, в частности, диффузии щелочных катионов из области модифицирования, показанной диссертантом и представленной в виде фактора, лимитирующего образование нанорешеток в натриевосиликатных стеклах.

4) Имеются замечания к оформлению материалов диссертации – большинство подписей к рисункам в обзоре литературы выполнено на английском языке, на графиках зависимости фазового сдвига от энергии и количества импульсов следовало бы сделать подписи более крупными, а так же употребление жаргона, например «жесткая» фокусировка.

В целом, данная диссертационная работа представляет собой цельное, логично выстроенное актуальное исследование. Полученные результаты являются новыми как в России, так и в мире, и вносят вклад в понимание процессов взаимодействия короткоимпульсного лазерного излучения с

веществом. Высказанные выше замечания не снижают теоретической и практической значимости работы, а сформированный конвертер поляризации позволяет надеяться на широкое применение полученных результатов в области создания оптических элементов для нужд исследовательских лабораторий и оптико- электронного приборостроения.

Диссертация полностью соответствует паспорту специальности 05.17.11 «Технология силикатных и тугоплавких неметаллических материалов» по пунктам 1, 2 формулы специальности и пунктам 1.1 и 2 области исследования.

Диссертационная работа Федотова С.С. на тему «Влияние химического состава на формирование двулучепреломляющих нанорешеток в оксидных стеклах фемтосекундным лазерным излучением» отвечает критериям, установленным Положением о присуждении ученых степеней (постановление Правительства РФ №842 от 24.09.2013 г.) для диссертаций, представленных на соискание ученой степени кандидата химических наук, а ее автор Федотов Сергей Сергеевич заслуживает присуждения ему степени кандидата химических наук по специальности 05.17.11 – Технология силикатных и тугоплавких неметаллических материалов.

Официальный оппонент:

Доктор технических наук, Ведущий научный сотрудник

АО «НПО им. С.А. Лавочкина»

т. 8-916-857-96-39

141400, МО, г. Химки, Мельникова пр-кт 4, кв. 1.


 В.К. Сысоев

Подпись ведущего научного сотрудника

АО «НПО им. С.А. Лавочкина», д.т.н., В.К. Сысоева, удостоверяю

Заместитель генерального директора по персоналу

АО «НПО им. С.А. Лавочкина»

 М.В. Данильченко

29.11.2017