

**ОТЗЫВ ОППОНЕНТА**  
**на диссертационную работу**  
**Достовалова Александра Владимировича**  
**«Создание периодических структур фемтосекундным излучением**  
**внутри световодов и на поверхности металлов»,**  
**представленной на соискание ученой степени кандидата**  
**физико-математических наук по специальности 01.04.05 –**  
**Оптика.**

Микро- и нано-структурирование материалов сверхкороткими световыми импульсами является бурно развивающейся областью знания и лазерных технологий. Использование импульсов с длительностью менее 1 пс открывает новые возможности в обработке материалов ввиду того, что процессы электронной и тепловой релаксации разделены во времени. При этом имеется ещё много "белых пятен" в понимании физики взаимодействия сверхкоротких импульсов с веществом, поэтому тема диссертации соискателя весьма актуальна и её результаты будут востребованы особенно в совершенствовании этого относительно нового метода обработки прозрачных диэлектриков.

В диссертации соискателя использованы как экспериментальные, так и теоретические методы исследований, что безусловно поднимает статус и объективность полученных результатов, но следует отметить, что к сожалению не все теоретические выводы подкреплены соответствующими экспериментами. Видимо это обусловлено тем, что соискатель стремился охватить много аспектов новой технологии в своей работе, а именно исследовал нелинейное поглощение сверхкоротких импульсов в плавном кварце, оптимизировал процесс записи длиннопериодных и брэгговских решёток в кварцевых волоконных световодах, и изучал особенности формирования микроструктур на поверхности металлов. Возможно столь широкая область исследований помешала углубиться в отдельные задачи, каждая из которых важна и сама по себе.

Автор дал развёрнутый литературный обзор по фемтосекундной модификации материалов, который непосредственно связан проблемами, поднятыми в диссертации. Однако не была упомянута запись нанорешёток в объёме кварцевых стёкол, а между тем эта область широко исследуется и перспективна для создания оптической памяти. В обзоре по наноструктурам на поверхности металлов следовало бы указать отечественную пионерскую работу: А.М.Прохоров и др., Письма в ЖТФ, Т8, В.16, С.961(1982).

Диссертация содержит ряд новых научных результатов.

- 1) Теоретически (на основе машинного счёта) установлено, что размер модифицированной области в кварцевом стекле меньше для длины волны записывающего лазерного импульса 1030 нм, чем для длины волны второй гармоники от этого импульса, что автором связывается с



более высокой степенью нелинейности процесса в первом случае. Далее обнаружено, что импульс с асимметричным временным профилем рождает плазму с большей плотностью, чем симметричный гауссов импульс. Эти результаты имеют безусловно большое практическое значение для создания различных микроструктур, где критичен размер, но требуют экспериментального подтверждения, поскольку теоретическая модель не учитывает и не может учитывать все возможные факторы, которые потенциально могут перечеркнуть этот вывод. Например, не учтена динамика рекомбинации электронно-дырочной плазмы. При обсуждении результатов с асимметричным импульсом автор ссылается на эксперименты других научных групп, но они касаются абляции вещества, а не модификации показателя преломления, и могут быть только косвенным подтверждением теоретических результатов соискателя.

2) Предложен и реализован новый метод записи длиннопериодных решёток в нефоточувствительном одномодовом световоде пучком эллиптического поперечного сечения. Этот метод более технологичен, чем запись «круглым» пучком и позволяет снизить серые потери. Однако теоретическое обоснование полученных результатов недостаточно детально описано в диссертации, что вызывает затруднение в понимании вида полученных спектров решёток. Так не дано детальное описание схемы численного расчёта коэффициента пропускания. Между тем факт сильной связи мод LP01-LP02 необычен, и нетипичен для решёток записанных традиционным способом. “Осталось за кадром”, почему при расчётах для величины изменения показателя преломления автором было принято  $8 \times 10^{-4}$ .

3) Важное практическое значение имеет установленная автором возможность записи брэгговских решёток прямо через полиимидное защитное покрытие. Получены убедительные результаты по спектральным характеристикам этих решёток. Однако несмотря на утверждения автора в уникальной термостойкости этих решёток, температура в 350 С не является недостижимой для решёток, полученных традиционным способом. Выводы по большей прочности таких решёток недостаточно убедительны, поскольку не дано описание процедуры снятия защитной оболочки при альтернативном способе записи. И по всей видимости, судя по изложению, эксперимент был проведён только с одним волокном, тогда как для таких выводов необходима статистика по большому количеству образцов.

Были предприняты попытки записи чирпированных решёток, но они не убедительны. Известно, что чирпированные решётки должны иметь плоскую вершину, хотя и с мелкой структурой, тогда как в диссертации спектр отражения имеет просто два максимума.

4) При исследовании записи рельефных решёток на поверхности никеля обнаружены новые закономерности отклонения ориентации этих решёток от хорошо известного и связанного с поляризацией записывающего излучения и получение двумерных структур. Эти закономерности связаны со взаимодействием вновь записываемой



структуры с предыдущей, записанной рядом. Однако автор не очень чётко изложил условия получения результатов. И даже в защищаемом положении они противоречат тексту диссертации. В защищаемом положении: «При двойном проходе лазерного пучка по одной и той же траектории, но с небольшой разницей в направлении поляризации излучения между проходами, возможно формирование двумерных периодических решёток». В тексте диссертации (стр. 95): «В обоих случаях направление вектора поляризации было одинаковым - вдоль направления первого прохода». Приведены хорошие фотографии полученных структур на поверхности, но недостаточно подробно описана характеристика химического состава: не ясно, как с помощью интерферометра белого света обнаружен оксид никеля.

К сожалению автор не всегда аккуратен в выборе терминов. Так на стр.48 поглощение электронами в зоне проводимости он назвал «лавинообразным», а «время релаксации» электронов на следующей станции следует правильнее назвать «временем столкновительной релаксации», чтобы не спутать со «временем рекомбинационной релаксации». Вызывают удивление цифры типа  $189^{-28} \text{ с}^2/\text{м}$ . Стиль изложения не всегда способствует адекватному восприятию материала. Тяжело читать фразы типа: «Для того чтобы получить более однородные решётки мы исследовали их образование *при различных шагах* между соседними линейными треками лазерного пучка ...»

Несмотря на отмеченные недостатки, результаты диссертация являются позитивным шагом в понимании физики воздействия сверхкоротких импульсов на диэлектрики и металлы и продвигает технологию, основанную на этой физике.

Диссертационная работа «Создание периодических структур фемтосекундным излучением внутри световодов и на поверхности металлов» соответствует требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.05 – оптика. Автор работы Достовалов А.В. заслуживает присуждения учёной степени кандидата физико-математических наук.

Официальный оппонент,

Старший научный сотрудник Учреждения РАН  
Научный Центр Волоконной Оптики РАН  
кандидат физико-математических наук

А.Г. Охримчук

Подпись А.Г. Охримчука удостоверяю  
Ученый Секретарь НЦВО РАН, к.ф.-м.н.

С. А. Васильев

