

## ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию Рассказова Ильи Леонидовича  
**«Моделирование условий синтеза оптических волноводов из  
плазмонных наночастиц и исследование их трансмиссионных и  
дисперсионных свойств»,**

представленную к защите на соискание ученой степени  
кандидата физико-математических наук  
по специальности 01.04.05 – оптика.

Диссертационная работа И.Л. Рассказова посвящена разработке методов получения упорядоченных цепочечных структур из наночастиц серебра и изучению волноводных свойств получаемых таким путем коротких и длинных оптических плазмонных волноводов различной конфигурации из наночастиц сферической и сфероидальной формы.

Интерес к изучению подобных одномерных цепочек ограниченной длины вызван перспективой их применения в функциональных элементах оптических интегральных микросхем. Практическая реализация подобных волноводов на основе металлических наночастиц позволит при решении задач передачи модулированного пространственно-локализованного оптического излучения создавать оптические логические элементы, размеры которых значительно меньше длины волны. Кроме того, частота возбуждения поверхностного плазмонного резонанса, посредством которого и распространяется оптический сигнал в наночастице, лежит в видимом и ближнем ИК диапазоне спектра, что тоже является важным прикладным свойством волноводов из наночастиц. Все вышесказанное подтверждает **актуальность** исследований, проведенных И.Л. Рассказовым.

Диссертационная работа И.Л. Рассказова состоит из введения, четырех глав, заключения и списка цитируемой литературы, включающего 164 наименования, изложена на 114 страницах текста, содержит 46 рисунков.

Во *Введении* приводится общая характеристика диссертационной работы, обоснована её актуальность, сформулированы цель и задачи, аргументированы научная новизна и практическая значимость исследований. Перечислены положения, выносимые автором на защиту и его личный вклад.

В *первой главе* проведен анализ основных публикаций по теме диссертации. Описаны основные методы синтеза упорядоченных структур из наночастиц, проанализированы теоретические подходы к описанию трансмиссионных и дисперсионных свойств наноструктур а также обращено внимание на недостатки существующих методов.

Во *второй главе* для получения упорядоченных структур из близкорасположенных плазмонно-резонансных наночастиц на технологической подложке автором предложен электростатический способ её функционализации, обеспечивающий избирательное осаждение наночастиц требуемой конфигурации. В основе подхода лежит использование наношаблона, размещенного с обратной стороны подложки, на который подается электрический потенциал. С помощью численных



расчетов по модели броуновской динамики, учитывающую реалистические потенциалы взаимодействия наночастиц друг с другом, с окружающей средой, с подложкой и с заряженной металлической нитью подложки, определены параметры модели, которые обеспечивают осаждение металлических наночастиц в одномерные упорядоченные структуры на подложку из объема контактирующего с ней золя. Исследована также зависимость степени дефектности синтезируемых цепочек от физико-химических и электрических параметров системы, что определяет пригодность такого типа волноводов для передачи оптического возбуждения на частоте поверхностного плазмонного резонанса наночастиц.

В *третьей главе* исследуются волноводные свойства оптических плазмонных волноводов в виде коротких цепочек наночастиц различной формы на основе уравнений связанных диполей. Показано, что оптическое импульсное возбуждение поверхностного плазмон-поляритона при распространении в волноводах имеющих вид прямолинейных односторонних и двухсторонних цепочек, затухает намного меньше, чем в цепочках в виде полуокружности и уголка. Результаты численного моделирования показали, что наиболее эффективная передача энергии плазмонного возбуждения происходит в цепочках из сильно сплюснутых сфероидов (нанодисков). Исследована также динамика распространения фемтосекундных импульсов в коротких цепочках, где существенную роль играет отражение оптического сигнала от границ волновода. Для уменьшения амплитуды отраженных импульсов предложено использование на конце цепочки оптической ловушки диссипативного типа, что позволяет вывести из рабочей части цепочки отраженные паразитные сигналы путем уменьшения их амплитуды до значений ниже порога чувствительности считывающего фотоприемника.

*Четвертая глава* посвящена исследованию волноводных характеристик длинных оптических плазмонных волноводов различной геометрии, содержащих 1001 наночастицу. В рамках модели уравнений связанных диполей показано, что в волноводах, состоящих из сильно сплюснутых или вытянутых сфероидов, распространение поверхностных плазмон-поляритонов происходит с минимальным пространственным затуханием. Исследованы поляризационные эффекты в оптических плазмонных волноводах в виде цепочек с различной геометрией (уголок, уголок со сглаженной вершиной, четверть окружности), состоящих из наночастиц с варьируемой степенью несферичности. В этой же главе изучено влияние плоской диэлектрической подложки на трансмиссионные и спектральные свойства оптических плазмонных волноводов. Установлен диапазон значений параметров, при которых наличие с волноводом диэлектрической подложки не снижает эффективности распространения поверхностного плазмон-поляритона.

В *Заключении* диссертационной работы представлены основные результаты исследований.



На основании обзора диссертации по главам можно заключить, что автором получен ряд новых результатов, определяющих **научную новизну** работы. Это касается возможности синтеза упорядоченных структур с заданной конфигурацией из наночастиц серебра на электростатически функционализированной диэлектрической подложке. Автор продемонстрировал, что волноводы в виде цепочек из сильно сплюснутых сфероидов обладают широкой частотной полосой пропускания, для которой поверхностные плазмон-поляритоны распространяются с наименьшим затуханием и высокой групповой скоростью. Новизной обладают также результаты исследования влияния геометрической конфигурации цепочек и формы наночастиц на поляризацию оптического излучения и определения диапазона значений параметров системы «оптический плазмонный волновод – подложка», при которых плоская диэлектрическая подложка не приводит к ухудшению оптических свойств волновода.

**Практическая значимость** работы состоит в том, что на основе результатов численного моделирования можно предложить оригинальные конфигурации волноводов для их технологической реализации, а наноразмерные устройства в виде изогнутых цепочек из наночастиц серебра различной формы позволяют управлять поляризацией модулированного оптического излучения. Эти особенности цепочек металлических наночастиц могут быть востребованы при создании оптических логических элементов с размерами значительно меньшими длины волны излучения.

**Обоснованность и достоверность** основных выводов не вызывает сомнений, поскольку они подтверждены результатами расчетов и качественно совпадают с теоретическими исследованиями других научных коллективов по данной тематике с использованием альтернативных методов и подходов.

**Автореферат диссертации** полностью соответствует содержанию самой работы, а список публикаций удовлетворяет квалификационным требованиям для кандидатских диссертаций, так как основные результаты исследований опубликованы в достаточном количестве рецензируемых научных журналов из списка ВАК.

#### **Вопросы по диссертации:**

1. Возбуждение волнового пакета в волноводах осуществляется Гаусовым импульсом фемтосекундной длительности. Каким образом увеличение длительности передаваемого импульса повлияет на характер распространения поверхностных плазмон-поляритонов для коротких и длинных волноводов?
2. В чем состоит преимущества использования серебряных наночастиц при синтезе оптических плазмонных волноводов по сравнению с другими материалами, и изменятся ли свойства цепочек, синтезированных из наночастиц золота или, например, нитрида титана?
3. Как может повлиять процесс оксидирования серебра на эффективность работы таких оптических плазмонных волноводов?



Указанные замечания не умаляют достоинств работы и не снижают общего положительного впечатления от диссертации.

Исходя из содержания диссертации считаю, что работа отвечает всем квалификационным требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук, в соответствии с п. 9 "Положения о порядке присуждения учёных степеней", утверждённого Постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013, № 842, а ее автор – Рассказов Илья Леонидович, заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.05 – оптика.

доктор физико-математических наук,  
профессор кафедры информационных технологий  
СибЮИ ФСКН России

Н.И. Косарев



01.04.05 Оптика

660111, г.Красноярск, пр.Ульяновский д.28, кв.52.

kosarev\_nikolai@mail.ru

Подпись Н.И. Косарева

"Заверю"

Начальник режимно-секретного отдела СибЮИ ФСКН России

О.Г. Егоров





## СПИСОК

опубликованных и приравненных к ним научных работ  
за последние пять лет (2011-2015гг.)

Косарева Николай Ивановича

№ п/п	Наименование работы, ее вид	Форма работы	Выходные данные	Объем в п.л	Соавторы
1	2	3	4	5	6
1.	Imprisonment dynamics of resonance radiation in gases (статья)	печат.	Journal of Physics B: Atomic, Molecular and Optical Physics – 2011. – V. 44. – P. 105402-1 – 105402-5.	0,3	Shaparev N.Ya.
2.	Transfer of resonance radiation in expanding sphere (статья)	печат.	Journal of Physics B: Atomic, Molecular and Optical Physics – 2011. – V. 44. – P. 195402-1 – 195402-5.	0,3	Shaparev N.Ya.
3.	Scattering and absorption of resonant radiation in an expanding sphere (статья)	печат.	Journal of Physics B: Atomic, Molecular and Optical Physics – 2012. – V. 45. – P. 165003-1 – 165003-5.	0,3	Shaparev N.Ya.
4.	Кинетика ионизации и рекомбинации атмосферного натрия (статья)	печат.	Оптика атмосферы и океана – 2013. – Т.26. №9. – С.766- 772.	0,3	–
5.	Резонансные лазерные воздействия на оптически плотные газы и плазму (монография)	печат.	Саарбрюккен, Германия: Palmarium Academic Publishing, 2013. с.68.	4,25	–
6.	Формирование лазерно- индуцированного плазменного канала в парах бария (статья)	печат.	Международный научно- исследовательский журнал. - 2014. № 10 - 1(29). – С.10-15.	0,25	–



1	2	3	4	5	6
7.	Laser plasma channel formation in barium vapor based on superelastic heating of electrons (статья)	печат.	Journal of Physics B: Atomic, Molecular and Optical Physics.- 2014. – V. 47. – P. 245002-1 – 245002-9.	0,6	–
8.	Диагностика ультра-холодной расширяющейся плазмы по её спектральным характеристикам (статья)	печат.	Евразийский Союз Ученых – 2014. №6–5. – С.19 – 22.	0,25	–
9.	Контур линии послесвечения сферической плазмы при макроскопическом разлете ионов (статья)	печат.	Евразийский Союз Ученых – 2014. №7–2. – С.25 – 28.	0,25	–
10.	Ионизация паров бария лазерным излучением (статья)	печат.	Национальная ассоциация ученых – 2014. №4–4. – С. 108-113.	0,26	–
11.	Численное моделирование рассеяния лазерного излучения ультрахолодной плазмой (статья)	печат.	Международный Научный Институт “Educatio” V, 2014 / Физико-математические науки. – С. 87-91.	0,25	–
12.	Исследование конкуренции тушащих и ионизирующих электронных столкновений в процессе формирования фотоплазмы атомов щелочных металлов (статья)	печат.	Международный научно-исследовательский журнал. - 2014. № 12 - 1(31). – С.8-12.	0,25	–
13.	Рассеяние солнечного света расширяющимся натриевым облаком (статья)	печат.	Евразийский Союз Ученых – 2015 №1–1. – С.148 – 152.	0,3	–



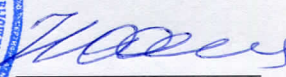
14.	Поглощение лезерного излучения в расширяющейся плазме (статья)	печат.	Евразийский Союз Ученых – 2015 №1– 1. – С.152 – 155.	0,25	–
15.	Кинетика фотоплазмы плотных паров бария (статья)	печат.	Квантовая электроника – 2015. – Т.45. №3. – С.228– 234.	0,43	–

Профессор кафедры  
информационных технологий  
СибЮИ ФСКН России  
д.ф.-м.н., доцент



Н.И. Косарев

СПИСОК ВЕРЕН:  
Заместитель начальника  
СибЮИ ФСКН России  
по научной работе  
д.с.н., профессор

Д.Д. Невирко

Ученый секретарь ученого совета  
СибЮИ ФСКН России  
к.психол.н.



А.С.Сергиенко