

## ОТЗЫВ

научного руководителя на диссертацию Щербака Сергея Александровича «Электродинамическое моделирование резонансных оптических структур», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук, специальность 01.04.07 – физика конденсированного состояния

В настоящее время резонансные оптические структуры применяются в большинстве отраслей современной оптики и фотоники. Избирательность по длине волны света обеспечивает эффективное использование таких структур в лазерных технологиях и оптических каналах связи, а высокие значения электрических полей на резонансных частотах определяют целесообразность их применения в сенсорике и нелинейной оптике. Свойства той или иной резонансной оптической структуры определяются ее конкретной конфигурацией, что открывает широкое поле для оптимизации и ставит перед исследователями новые и новые задачи. В частности, до настоящего момента достаточно мало внимания уделялось влиянию диэлектрических покрытий на линейные и нелинейные свойства плазмонных (металлических) наночастиц, в том числе привлекательных в силу технологической простоты металлических островковых пленок. Такие покрытия выполняют защитные функции и, в то же время, диэлектрическое покрытие может оказаться эффективным инструментом для настройки плазмонных свойств наночастиц. К числу проблем, требующих развернутых исследований, относится задача о модовых свойствах кольцевых оптических резонаторов нецентросимметричных форм, в том числе таких, которые могут обеспечить эффективную связь таких резонаторов с оптическими волноводами и другими структурами. Примером резонаторов такого типа является кольцевой резонатор с прямыми вставками (так называемый *racetrack* резонатор), который сейчас рассматривается как перспективная структура для использования в системах внутрочиповой оптической коммуникации.

В связи с этим, диссертация С.А. Щербака, посвященная теоретическому анализу резонансных оптических структур: плазмонных металлических частиц с диэлектрическим покрытием и резонаторов с модами шепчущей галереи, а также бирезонансных структур, в частности, микродисковых лазеров с резонансными диэлектрическими наноантеннами, а также наночастиц типа металлическое ядро – диэлектрическая оболочка, несомненно является **актуальной**.

Для решения поставленных задач С.А. Щербаком разработана полуаналитическая модель, описывающая плазмонные свойства металлических наностроек усечённой сферической формы на подложке (такие строек обычно формируют строек пленки), покрытых слоем диэлектрика конечной толщины; выполнено численное моделирование модовых свойств *gas-track* и микродисковых резонаторов с диэлектрическим покрытием, а также теоретически исследован вывод излучения из таких резонаторов с помощью резонансной диэлектрической наностройки, представляющей собой диэлектрическую сферу субмикронного размера; разработана аналитическая теория генерации второй оптической гармоники сферическими частицами с металлическим ядром и диэлектрической оболочкой. Существенной особенностью диссертационного исследования С.А. Щербака является экспериментальное подтверждение большей части теоретических результатов, представленных в диссертации. Это, в сочетании совпадения предельных случаев разработанных моделей с известными литературными данными, определяет **надежность и достоверность** представленных в диссертационной работе результатов. **Применимость результатов** работы продемонстрирована автором в экспериментах по увеличению сигнала второй оптической гармоники от золотой наностройковой плёнки, покрытой диоксидом титана, при увеличении толщины покрытия, по выводу излучения микродискового лазера с помощью нанесенной на его поверхность субмикронной кремниевой сферы и по подавлению радиальных мод высших порядков при изменении диэлектрического окружения микродискового лазера.

Отмечая новизну практически всех результатов, представляемых С.А. Щербаком в кандидатской диссертации, хочется остановиться на эффекте многократного увеличения сигнала второй оптической гармоники, генерируемой металлической наночастицей при нанесении на нее диэлектрического покрытия, и на выявлении характера взаимодействия мод дискового резонатора с электрическими и магнитными резонансами субмикронной диэлектрической сферы, находящейся на его поверхности.

За время работы над диссертацией С.А. Щербак опубликовал **23** научных статьи в высокоуровневых англоязычных изданиях, индексируемых в базах данных Scopus / Web of Science и входящих в перечень ВАК. **14** из этих статей легли в основу его диссертации. Результаты исследований более 10 раз апробированы им на конференциях международного и всероссийского уровня.

За время работы в научной группе с 2012 года С.А. Щербак проявил себя как высококвалифицированный, самостоятельный и ответственный исследователь, тщательно анализирующий получаемые результаты. Он демонстрирует глубокое понимание как общефизических вопросов, так и специфического предмета диссертационного исследования, а также уверенное владение математическим аппаратом и численными методами расчетов.

Диссертация С.А. Щербака «Электродинамическое моделирование резонансных оптических структур» является законченной научной работой. Она выполнена на современном научном уровне и соответствует критериям ВАК, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.07 «Физика конденсированного состояния», а ее автор несомненно заслуживает присуждения искомой степени.

Научный руководитель, д.ф.-м.н., профессор,  
и.о. заведующего кафедрой «Физика и технология  
наногетероструктур» СПб АУ РАН, ученый секретарь СПбАУ  
194021, С.-Петербург, ул. Хлопина 8 к. 3,  
тел. +7(812)4488591, E-mail: [lipovsky@spbau.ru](mailto:lipovsky@spbau.ru)



А.А. Липовский

Подпись руки Липовского А.А. заверяю

