

ОТЗЫВ

официального оппонента доктора физико-математических наук Сарычева Андрея Карловича на диссертацию Забкова Ильи Васильевича «Оптические свойства одномерных и двумерных плазмонных наноструктур», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.21 лазерная физика.

Диссертационная работа И.В. Забкова посвящена изучению электродинамических процессов в наноразмерных системах. Это, на мой взгляд, одно из самых актуальных направлений в современной оптике и физике наносистем. Прогресс в современных нанотехнологиях, связанный с революционным прогрессом в интеграции полупроводниковых приборов, открыл возможность создавать металлические, диэлектрические и полупроводниковые нанообъекты с произвольной наноструктурой и разрешением вплоть до субатомного масштаба. Более того, прогресс в современных нанотехнологиях обгоняет понимание процессов взаимодействия света с различными искусственными наноструктурами. Мы порой не знаем, какой нанообъект, создаваемый современными технологиями, является оптимальным для решения той или иной практической задачи. Поэтому диссертация И.В. Забкова является более чем актуальной. Теоретические и компьютерные результаты, полученные в диссертации, станут мощным стимулом для создания новых искусственных наносистем.

Первая глава посвящена литературному обзору. Автор не ограничился простым перечислением известных результатов. Вместо этого в диссертации дан очень квалифицированный обзор современного состояния проблем и задач, которые рассматриваются автором. Приведены и разобраны результаты работ, которые диссертант считает наиболее значимыми. Таким образом И.В. Забков демонстрирует незаурядный научный кругозор.

Во второй главе рассматривается взаимодействие наноразмерного шара, сделанного из кирального материала, с падающей электромагнитной волной.

Рассматривается также взаимодействие такого шара с электрическими и магнитными диполями, находящимися в непосредственной близости от поверхности шара. Используется аналитический подход и метод компьютерного моделирования в системе «Комсол». Важным достижением автора является разработка методов расчета киральных систем в «Комсоле». Компьютерное моделирование электродинамических процессов в сложных системах всегда наталкивается на ограниченность ресурсов: размер сетки, объем пространства, вовлеченного в моделирование, граничные условия на сложных границах и т.д. В большинстве случаев нельзя заранее оценить точность и адекватность полученных результатов. Чтобы доказать правильность компьютерных результатов, докторант сравнивает оригинальное компьютерное моделирование с точными, аналитическими результатами. Метод моделирования киральных систем является важным научным результатом, который может быть широко использован в будущих работах.

В третьей главе изучаются электромагнитные моды, возникающие в системе двух параллельных близкорасположенных металлических наноцилиндров и двух близкорасположенных металлических шаров. При этом один из цилиндров или шаров является активным, подвергающимся накачке внешним электромагнитным полем. Найдены параметры системы, при которых скорость спонтанного распада гипотетической молекулы, находящейся между плазмонными шарами, увеличивается на несколько порядков.

В четвертой главе изучается взаимодействие диполя с линейной цепочкой металлических частиц. При анализе электромагнитных мод в такой цепочке обнаружены новые моды, возникающие в уменьшении расстояния между металлическими сферами. Этот результат является следствием того, что пространство между двумя близко расположенными сферами представляет из себя открытый плазмонный резонатор, в котором могут возбуждаться различные моды. Такие электромагнитные колебания докторант называет «M» модами. «M» моды могут возбуждаться неоднородным полем дипольного источника, помещенного вблизи наносфер.

В пятой главе изучается изменение поляризации электромагнитных волн, падающих на метаповерхность, состоящую из киральных отверстий в металлической пластине конечной толщины. Найдена структура метаповерхности, которая позволяет преобразовать левую поляризацию в правую и наоборот. Этот результат может быть важен при конструировании перспективного фотонного компьютера.

По диссертационной работе И.В. Забкова можно сделать следующие замечания:

1. Во всех главах диссертации рассматривается возможное усиление скорости спонтанного излучения атомов или молекул, помещенных вблизи различных наноструктур. При этом излучающие молекулы аппроксимируются точечными диполями. Эта аппроксимация, возможно, верна для простейших молекул. Однако, органические молекулы, например, молекулы красителей могут иметь размер, сопоставимый с размером наночастиц. Следовало бы хотя бы качественно обсудить, как влияет конечный размер и структура исследуемых молекул на процессы взаимодействия с плазмонными системами.
2. При изучении плазмонных систем, включающих активные элементы, диссертант вводит в рассмотрение наночастицы, имеющие отрицательную диэлектрическую проницаемость и генерирующие электромагнитное излучение. Мне кажется важным подробно обсудить, как такие плазмонные системы могут быть реализованы в реальном эксперименте. Как будут накачиваться изолированные плазмонные системы? К каким последствиям приведет неизбежная дисперсия диэлектрической проницаемости и люминесценция в таком активном метаматериале?

В целом диссертация И. В. Забкова производит хорошее впечатление. Это очень актуальная и важная работа, которая даёт старт многим будущим

исследованиям. Считаю, что диссертационная работа «Оптические свойства одномерных и двумерных плазмонных наноструктур» отвечает требованиям Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного Постановлением Правительства РФ № 842 от 23 сентября 2013 г, а сам Забков Илья Васильевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.21 – лазерная физика.

Официальный оппонент

Главный научный сотрудник

Лаборатории №1 – Теоретической

электродинамики конденсированного состояния

Института теоретической и прикладной электродинамики

Российской академии наук,

доктор физико-математических наук

Сарычев Андрей Карлович

А. К. Сарычев

20 сентября 2017 года

Адрес: ул. Ижорская, д. 13, г. Москва, 125412

Телефон: +7 (495) 484-17-22

email: sarychev_andrey@yahoo.com

Подпись Сарычева Андрея Карловича заверяю

Ученый секретарь

Института теоретической и прикладной электродинамики

Российской академии наук,

кандидат физико-математических наук

Кунавин Анатолий Тимофеевич

А. Т. Кунавин



Список основных работ доктора физико-математических наук Сарычева Андрея Карловича по теме защищаемой диссертации в рецензируемых научных изданиях за последние 5 лет:

- 1 A. Lagarkov, I. Boginskaya, I. Bykov, I. Budashov, A. Ivanov, I. Kurochkin, I. Ryzhikov, I. Rodionov, M. Sedova, A. Zverev, A. K. Sarychev, **Light localization and SERS in tip-shaped silicon metasurface** // Opt. Express. – 2017 – Vol. 24, № 15. – P. 17021.
- 2 Vergeles S.S., Sarychev A.K., Tartakovsky G., **All-dielectric light concentrator to subwavelength volume** // Phys. Rev. B – 2017. – Vol. 95, № 8. – P. 085401-1.
- 3 Lagarkov A., Budashov I., Chistyaev V., Ezhov A., Fedyanin A., Ivanov A., Kurochkin I., Kosolobov S., Latyshev A., Nasimov D., Ryzhikov I., Shcherbakov M., Vaskin A., Sarychev A.K., **SERS-active dielectric metamaterials based on periodic nanostructures** // Opt. Express. – 2016. – Vol. 24, № 7. – P. 7133.
- 4 Fedorov I.A., Parfenyev V.M., Vergeles S.S., Tartakovsky G.T., Sarychev A.K., **Allowable number of plasmons in nanoparticle** // JETP Lett. – 2014. – Vol. 100, № 8. – P. 530–534.
- 5 Markel V.A., Sarychev A.K., **Comment on “Green’s function theory for infinite and semi-infinite particle chains”** // Phys. Rev. B. – 2012. – Vol. 86, № 3. – P. 37401.
- 6 Snarskii A.A., Sarychev A.K., Bezsdudnov I. V., Lagarkov A.N. **Thermoelectric figure of merit for bulk nanostructured composites with distributed parameters** // Semiconductors. – 2012. – Vol. 46, № 5. – P. 659–665.
- 7 Ivanov A., Shalygin A., Lebedev V., Vorobev P., Vergeles S., Sarychev A.K., **Plasmonic extraordinary transmittance in array of metal nanorods** // Appl. Phys. A. – 2012. – Vol. 107, № 1. – P. 17–21.
- 8 Fyodorov I., Sarychev A.K., Tartakovsky G., **Quantum plasmonics** / ed. Boardman A.D., Engheta N., Noginov M.A., Zheludev N.I. – 2013. – P. 88061D.
- 9 Kurochkin I.N., Sarychev A.K., Ryzhikov I., Budashov I., Maklakov S., Boyarintsev S., Lagarkov A.N., **Surface-Enhanced Raman Scattering-Based Biosensors** // Portable biosensing of food toxicants and environmental pollutants / ed. Nokolelis D., Varzakas T., Erdem A., Nikoleli G. – 2014. – P. 771.