

**АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО
"ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ОПТИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ ИМ С. И. ВАВИЛОВА"**

СБОРНИК ТРУДОВ

III конференции «Будущее оптики»

**для молодых специалистов, кандидатов наук, аспирантов и студентов оп-
тической отрасли и смежных дисциплин**

30 марта – 2 апреля 2015 года



**Санкт-Петербург
2015**

**Акционерное общество
«Государственный оптический институт им. С.И. Вавилова»**

**III конференция молодых ученых и специалистов
«Будущее оптики»
30 марта – 2 апреля 2015**

СБОРНИК ТРУДОВ КОНФЕРЕНЦИИ

**Санкт – Петербург
2015**

Программный комитет конференции

Председатель комитета – к.т.н. С.Е. Шевцов
д.ф.-м.н., действит. член РАН Александров Е.Б.
Архипова Л.Н.
д.ф.-м.н. Белоусова И.М.
к.т.н. Багдасаров А.А.
к.т.н. Гоголев Ю.А.
к.т.н. Забелина И.А.
д.ф.-м.н. Каманина Н.В.
Калинцева Н.А.
к.ф.-м.н. Крисько Т.К.
Малашин Р.О.
Тульев В.С.
д.ф.-м.н. Яшин В.Е.

Организационный комитет конференции

Председатель комитета – Лихоманова С.В.
Ответственный секретарь – Абдукаримов В.О.
Виденичев Д. А.
к.т.н. Кашеев С.В.
Панфутова А.С.
Пименов А.Ю.
Родыгин И. В.
Шмигельский И.Ю.

III КОНФЕРЕНЦИЯ «БУДУЩЕЕ ОПТИКИ» ДЛЯ МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ, СПЕЦИАЛИСТОВ, КАНДИДАТОВ НАУК, АСПИРАНТОВ И СТУДЕНТОВ. Сборник трудов конференции.

В сборник трудов вошли работы участников III конференции «Будущее оптики» для молодых ученых и специалистов оптической отрасли и смежных дисциплин, проводимой в АО «ГОИ им. С.И. Вавилова» с 30 марта по 2 апреля 2015 года. Работы представлены в следующих секциях:

1. Вычислительная оптика и объективостроение
2. Оптико-электронные приборы
3. Аэрокосмическая оптика
4. Обработка изображения, иконика
5. Оптические технологии и материалы
6. Оптика лазеров
7. Оптика в медицине.

**Санкт-Петербург
2015**

RTP). По достижении заданной температуры на электроды подавалось напряжение, которое регулировалось блоком стабилизации, позволяющим поддерживать постоянное значение тока, протекающего через образец, в процессе выдержки и последующего охлаждения. Плотность тока через образец зависела от его геометрических размеров и определялась экспериментальным путем. Было установлено, что оптимальная плотность тока для кристалла КТР и KRTP составляла 220 мкА/см^2 . Время выдержки под напряжением при температуре выше сегнетоэлектрического перехода составляло около 1 часа. Далее образец охлаждался со скоростью $50 \text{ }^\circ\text{C/ч}$. При температуре на $75 \text{ }^\circ\text{C}$ ниже температуры Кюри снималось напряжение с электродов.

По изложенной выше методике в образцах проводилось повторное выявление поли- и монокристаллических участков. На рисунке 3 приведена доменная структура образцов кристаллов до и после процесса монодоменизации.

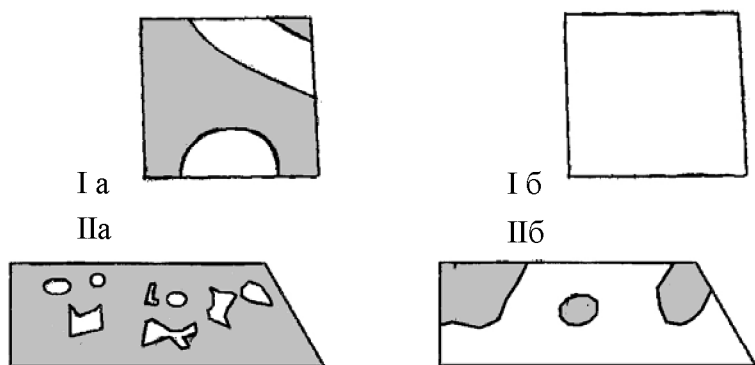


Рисунок 3 – доменная структура кристаллов
а – до, б – после монодоменизации,
полидоменные области выделены серым.
Ia, Ib – KRTP
 $20 \times 7 \times 20(z) \text{ мм}^3$
IIa, IIb – КТР
 $36(30) \times 7 \times 12(z) \text{ мм}^3$

Таким образом, в работе отработана методика процесса монодоменизации и контроля доменной структуры кристаллов КТР, RTP и KRTP, которая позволяет получать и однозначно контролировать кристаллический материал на пригодность его для изготовления нелинейно-оптических элементов, ЭО затворов и модуляторов.

Литература:

1. А.А. Блистанов. Кристаллы квантовой и нелинейной оптики. Москва, МИСИС 2000,
2. И.С. Желудев. Электрические кристаллы. Серия «наука и технический прогресс». Издание 2-е исправленное и дополненное. Издательство «Наука», Москва, 1979.
3. Ю.В. Кулешов, В.А. Краковский, Л.Я. Серебренников и др., Выращивание и монодоменизация кристаллов семейства КТР. Доклады ТУСУРа, № 2 (24), часть 2, декабрь 2011, с. 112.
4. В.Н. Войцеховский, И.В. Мочалов, В.Э. Якобсон. Исследование локальных неоднородностей тензора квадратичной нелинейной восприимчивости $\Delta\chi^{(2)}$ в кристаллах KTiOPO_4 . Оптический журнал, 76, 7, 2009, с. 84.

ИССЛЕДОВАНИЕ СПЕКТРА ЭЛЕКТРОННЫХ СОСТОЯНИЙ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ НАНОЧАСТИЦ

С.В. Боровых, Е.А. Викторов, Г.В. Жувикин

*Санкт-Петербургский государственный университет (СПбГУ),
г. Санкт-Петербург*

В настоящее время активно развиваются исследования в области новых оптических метаматериалов, создаваемых с применением наночастиц. Результаты таких работ находят широкое применение - в оптике фотонных кристаллов, квантовых точек, сенсibilизаторов люминесценции молекул, в биофотонике и др. Особый интерес представляет изучение резонансных оптических свойств металлических частиц [1, 2].

В данной работе изучаются резонансные свойства наночастиц, связанные с возбуждением электронных состояний в поле поляризационного потенциала, возникающего при взаимодействии электрона с веществом на границе раздела двух сред [3-6]. Такие состояния, называемые также состояниями изображения, в настоящее время интенсивно исследуются в связи с возможными разработками новых оптических метаматериалов [7].

Наиболее изученными сегодня являются состояния изображения вблизи плоской поверхности макроскопических тел. Энергия связи электрона в потенциале изображения достигает максимума для случая границы вакуум — металл. Методами лазерной спектроскопии энергии таких состояний для ряда металлов измерены от первого до пятого энергетических уровней. В то же время для частиц нанометрового масштаба экспериментальные данные сегодня отсутствуют. В данной работе исследуется возможность расчета состояний потенциала изображения для случая металлической наносферы с использованием известных экспериментальных данных для плоской поверхности.

В работе применяется метод квантовомеханического моделирования. Энергетические уровни находятся путем численного решения уравнения Шредингера с модельным потенциалом, учитывающим свойства вещества наночастицы. Для этого используется параметр экранировки заряда изображения.

Потенциальная энергия взаимодействия электрона с плоской поверхностью имеет вид (используются атомные единицы)

$$U(x) = -\frac{(\varepsilon - 1)}{(\varepsilon + 1)} \frac{1}{4x}, x > 0, \quad (1)$$

где x - расстояние до поверхности, ε - диэлектрическая проницаемость вещества.

Проникновением электрона в среду электрона пренебрегается. Граничные условия для волновой функции принимают следующий вид

$$\psi(0) = \psi(\infty) = 0$$

В уравнении Шредингера переменные, соответствующие движению ортогонально и параллельно поверхности, разделяются. Состояния потенциала изображения рассматриваются независимо от состояний движения параллельно поверхности. Энергетический спектр E_n связанных состояний для потенциальной ямы $U(x)$ является дискретным и имеет водородоподобный вид

$$E_n = -\frac{(Z_{eff})^2}{2n^2} \quad (2)$$

где

$$Z_{eff} = \frac{(\varepsilon - 1)}{4(\varepsilon + 1)} \quad (3)$$

-эффективный заряд ядра. В случае проводящей поверхности диэлектрическая проницаемость обращается в бесконечность, эффективный заряд равен $1/4$.

Так как вещество имеет атомистическую структуру, то для учёта поправок в (2) вводится квантовый дефект D :

$$E_n \approx B, \frac{0,85}{(n+D)^2} \quad (4)$$

Другим способом индивидуальные свойства вещества можно учесть с помощью потенциала изображения (1), введя параметр экранировки b :

$$U(x) = -\frac{(\varepsilon - 1)}{(\varepsilon + 1)} \frac{1}{4(x+b)}, \quad x > 0, \quad (5)$$

В настоящей работе путем численного решения уравнения Шредингера была найдена связь квантового дефекта D с параметром экранировки b , которая в диапазоне $0 < b < 4$ приближенно аппроксимировалась линейной зависимостью (рис.1.)

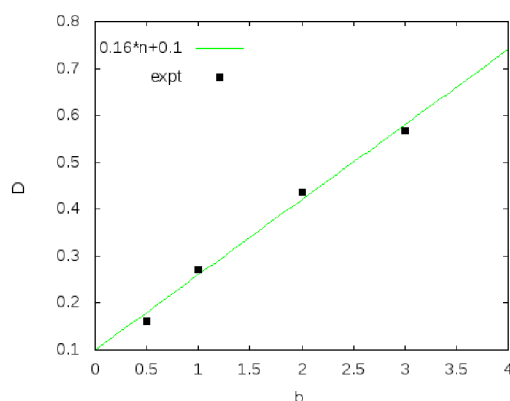


Рисунок 1 Зависимость квантового дефекта от параметра экранировки.

Потенциал изображения сферической поверхности зависит от условий контакта частицы с окружающими телами. В данной работе рассматривается потенциальная энергия взаимодействия электрона с заземленной проводящей сферой радиуса a с дополнительно введенным параметром экранировки b :

$$U(x) = -\frac{a}{2(x+b)(x+2a)}, \quad x > 0, \quad (6)$$

Для нахождения параметра экранировки мы использовали экспериментальные данные работы [8], приведенные в таблице 1. В цитируемой работе исследовался эффект гигантского комбинационного рассеяния (SEERS) на плоской поверхности кристаллов золота и серебра, покрытых алкантиолом $CH_3(CH_2)_9SH$, который широко применяется в фотохимии для создания самоорганизованных монослоев на поверхности металлов. В спектрах SEERS на таких наноструктурах обнаруживаются линии переходов между состояниями потенциала изображения. Метод обладает высокой разрешающей способностью - от 0.5 мэВ до 1.1 мэВ. Типичное разрешение другого известного метода измерения энергии потенциала изображения - двухфотонной фотоэлектронной эмиссии (2PPE) - составляет 50 мэВ.

Таблица 1

n	E_n , эВ, плоскость, алкантиол	E_n , эВ, наносфера чистая пов.	E_n , эВ, плоскость, чистая пов.
1	-0.121	-0.486	-0.85
2	-0.0366	-0.1091	-0.2125
3	-0.0175	-0.0338	-0.0944
4	-0.0105	-0.0116	-0.05331
5	-0.0063	-0.0042	-0.034
	[8], Au (100)	н.р., Au ($a=2.116$ нм)	ϕ . (2), $D=0$

В работе [8] был найден квантовый дефект $D=0.236$. Используя связь квантового дефекта с параметром экранировки (рис.1), находим значение $b=0.85$ а.е. Эту величину можно интерпретировать также как параметр смещения плоскости изображения. В данной работе мы полагаем, что смещение поверхности изображения определяется только составом вещества наночастицы и не зависит от радиуса. Подстановка параметра b в выражение (6) позволяет рассчитать энергетические уровни сферической наночастицы заданного размера, см. табл. 1, столбец 3. В последнем столбце для сравнения приведены энергии состояния потенциала изображения для чистой плоской поверхности.

Литература:

1. Бонч-Бруевич А.М., Вартамян Т.А., Пржибельский С.Г. Оптические резонансные свойства металлических наночастиц // В кн. Оптика наноструктур. Под ред. А.В.Федорова: СПб, Недра, 2005, с. 275-325.
2. Moskovits M. Surface-enhanced Raman spectroscopy: a brief perspective // In. Surface-enhanced Raman scattering. Physics and applications. Eds. Kneipp K., Moskovits M., Kneipp H. Springer. Berlin. 2006. p.1-18.
3. Echenique P.M., Pendry J. B. The existence and detection of Rydberg states at surfaces // J. Phys. (C). 1978. Vol. 11, P. 2065–2075.
4. Тулуб А.В. Ридберговский спектр в задаче о движении электрона вблизи сферических поверхностей // Оптика и спектроскопия, 1992, Т.73. Вып.1. с.48-54.
5. Жувикин Г.В., Викторов Е.А. Исследование критического параметра спектра состояний электрона в квантовой яме вблизи проводящей сферы // Лазеры. Измерения. Информатика. 2013 Том 1. - СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2013, с. 83-93.
6. Жувикин Г.В. Эффекты размера в спектре ридберговских состояний наночастиц // Вестник СПбГУ. Сер. 4. Т. 1 (59). 2014. Вып. 2, с. 203-213.
7. de Andres P.L., Echenique P.M., Newsner D., Fauster Th., Rivacoba A. One-dimensional potential for image-potential states on graphene. // New Journal of Physics, 16, 2014. p.023012.
8. Clark B.K., Gregory B.W., Standard J.M. Electrons in image states near roughened metal surfaces // Phys.Rev.B 62, N24, p.17084 (2000).

диапазона.....	
38. <u>Л.В. Смирнов</u> , <u>А.С. Гришканич</u> , <u>А.П. Жевлаков</u> , <u>С.В. Кащеев</u> , Рамановский лидар для экологического мониторинга объектов топливно-энергетического комплекса.....	102
39. <u>К.С. Тихомиров</u> , <u>А.И. Вангонен</u> , <u>Г.С. Мельников</u> , Применение тепловизора в технологическом контроле при разработке протяженной модели АЧТ.....	103
40. <u>Е.Г. Лебедько</u> , <u>К.В. Трифионов</u> , Моделирование отражательных импульсных характеристик самолета.....	106
41. <u>Н.Е. Трофимов</u> , <u>М.В. Колесников</u> , Одномерные статистические характеристики дифракционного распределения в дальней зоне от случайного фазового матричного транспаранта.....	108
42. <u>М.А. Шаврыгина</u> , <u>А.Н. Тимофеев</u> , Исследование и разработка оптико-электронной системы контроля положения железнодорожного пути с помощью реперных меток.....	112

Секция «ОПТИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ И МАТЕРИАЛЫ»

43. <u>А.Н. Бабкина</u> , <u>Т.С. Кипрушкина</u> , <u>Е.М. Сгибнев</u> , <u>П.С. Ширишев</u> , <u>Е.В. Колобкова</u> , <u>Н.В. Никоноров</u> , Влияние температуры на люминесценцию неорганических стекол, активированных ионами меди.....	114
44. <u>А.Н. Баранов</u> , Анализ методов компенсации ошибок при монохроматическом контроле различных типов оптических покрытий.....	117
45. <u>Т.В. Бизина</u> , <u>С.Б. Еронько</u> , <u>В.Э. Якобсон</u> , Доменная структура и методы ее контроля в сегнетоэлектрических кристаллах группы КТР.....	118
46. <u>С.В. Боровых</u> , <u>Е.А. Викторов</u> , <u>Г.В. Жувикин</u> , Исследование спектра электронных состояний металлических наночастиц.....	121
47. <u>Е.В. Гольева</u> , <u>Д.В. Толстикова</u> , Влияние условий синтеза и структуры нанокристаллических порошков на свойства оптической керамики алюмомагниевого шпинели.....	125
48. <u>Г.М. Грязнов</u> , <u>К.В. Жирнова</u> , Современные светопоглощающие покрытия...	127
49. <u>В.Л. Кошевой</u> , <u>В.С. Левицкий</u> , <u>В.П. Афанасьев</u> , <u>А.О. Белорус</u> , <u>В.А. Мошников</u> , <u>Ю.М. Стивак</u> , исследование фотолюминесценции пористого кремния полученного электрохимическим травлением с подсветкой.....	129