

Эта часть работы выложена в ознакомительных целях. Если вы хотите получить работу полностью, то приобретите ее воспользовавшись формой заказа на странице с готовой работой: <https://stuservis.ru/glava-diploma/33066>

Тип работы: Глава диплома

Предмет: Физика

Введение 3

Глава 1. Обзор литературы 5

1.1. Оптические свойства нанокристаллов серебра 5

1.2. Нанокompозиты 13

1.2.1. Структура нанокompозитов, их виды и применение 13

1.2.2. Синтез фотохромных пористых стекол с серебром 22

1.3. Применение нанопористых стекол с серебром 25

1.4. Воздействие лазерного излучения на стекла с наночастицами 28

Выводы к литературному обзору 30

Глава 2. Методика эксперимента 33

2.1. Описание процесса подготовки образцов и эксперимента 33

Глава 3. Экспериментальные результаты 35

Заключение 39

Список использованной литературы 40

Введение

Среди перспективных в «Программе развития nanoиндустрии в Российской Федерации», актуальной и в 2018 году [8], отмечены нанопористые материалы, которые в полной мере находят применение в химической, атомной, нефтеперерабатывающей, аэрокосмической, биохимической, пищевой, медицинской, электронной промышленности. К подобным материалам можно отнести молекулярные фильтры, реакторы и насосы, сорбенты, носители катализаторов, компоненты сенсоров, многофункциональные мембраны. Часть нанопористых материалов произведены, но не в полной мере раскрыто их функциональное применение. С данной точки зрения достаточно высокий интерес вызывают нанокompозитные материалы.

Мировой прирост производства лишь в области нанопористых материалов ежегодно составляет 10%. Данный факт подтверждает актуальность производства нанопористых стекол, изготовления на их основе нанокompозитов с уникальными свойствами и поиска их применения в различных сферах жизни человека. При этом нанопористое стекло выступает в качестве темплата, обеспечивающего образование наноструктур необходимых размеров и формы. В связи с вышесказанным самостоятельное значение приобретает процесс и результат модификации нанокompозита определенными способами, к примеру, с помощью лазерного излучения с целью получения ряда заданных свойств.

Таким образом, цель данной работы: изучение оптических свойств нанопористых стекол с серебром, модифицированных с помощью наносекундного лазерного излучения.

Объектом исследования считаем оптические свойства нанопористых стекол с серебром.

Предмет исследования: влияние воздействия импульсного лазерного излучения на оптические свойства нанопористых стекол с серебром.

Согласно цели, объекту и предмету исследования ставим перед собой ряд задач:

- 1) изучить оптические свойства нанокристаллов серебра;
- 2) изучить структуру, виды, применение и синтез нанокompозитных материалов;
- 3) изучить область применения нанопористых стекол с серебром;
- 4) описать результаты воздействия лазерного излучения на стекла с наночастицами;
- 5) описать процесс подготовки образцов и эксперимента;
- 6) описать полученные результаты исследования;
- 7) сделать выводы к литературному обзору.

Теоретическая значимость данного исследования заключается в систематизации и обобщении материала исследований нанокompозитных материалов, конкретно в описании свойств нанопористых стекол с серебром.

Практическая значимость: полученные эмпирическим путем данные, являются основой для описания оптических свойств нанопористых стекол с серебром, измененных с помощью импульсного лазерного излучения. Выявление реакции материала на воздействие лазерного излучения позволит расширить или доказать невозможность расширения области применения данного вида композита.

Научная новизна: в рамках исследования предпринята попытка описания оптических свойств нанопористых стекол с серебром, измененных под воздействием импульсного лазерного излучения. Полученные результаты являются вкладом в развитие нанофотоники.

Структура работы: работа состоит из введения, двух глав, заключения, списка использованной литературы. Глава 1. Обзор литературы

1.1. Оптические свойства нанокристаллов серебра

Переходя к изучению оптических свойств нанокристаллов серебра, следует уточнить терминологию.

Никоноров Н.В. определяет наночастицу как однородный нанообъект произвольной формы со средним размером 0,5-100 нм (рисунок 1 а) [7].

Наноструктура представляется в виде сложного объекта, сформированного группой наночастиц из одного материала или различных материалов, либо имеющего наноразмерные геометрические области с разными оптическими свойствами (рисунок 1 б).

Оптический композит – оптический материал, состоящий из прозрачной среды (матрицы) и наночастиц из иного материала. Примером оптического композита является стекло с нанокристаллами серебра (рисунок 1в).

Опишем влияние поверхности наночастицы на ее оптические свойства.

Оптические свойства зависят от количества свободных элеткронов и экситонов. Экситон представляет собой некую квазичастицу, электронное возбуждение в твердом веществе, перемещающееся по кристаллу без переноса заряда и массы. Физические свойства поверхности нанокристалла изучаются отдельно от его объемных свойств, поскольку имеют ряд особенностей:

- 1) поверхность нанокристалла характеризуется наличием уровней Тамма - оборванных связей, приводящих к образованию поверхностных уровней в запрещенной зоне;
- 2) вблизи поверхности концентрация кристаллических дефектов существенно выше, чем в объеме кристалла, что приводит к изменению его зонной структуры.

Если кристалл достаточно большой, то перечисленные поверхностные эффекты слабо влияют на его оптические свойства, и для их обнаружения необходимо проводить специальные экспериментальные исследования.

Это связано с тем, что объем приповерхностных слоев значительно меньше объема всего кристалла, поэтому вклад поверхностных эффектов оказывается незначительным. С уменьшением размера кристалла увеличивается отношение площади поверхности кристалла S к его объему V . Для сферической частицы с радиусом r [7]:

$$S/V = 3/r \quad (1.1)$$

Если радиус сферической частицы уменьшить до 1 нм, то:

$$S/V = 3 \quad (1.2)$$

Аналогично, уменьшая радиус до 1 нм можно достигнуть значения отношения S/V до 3000. Подобный результат вносит весомый вклад поверхностных эффектов в оптические свойства наночастицы.

Далее перечислены некоторые поверхностные эффекты, влияющие на оптические свойства частиц.

- 1) Рассеяние свободных электронов на поверхности кристалла. При рассеянии электрона происходит изменение фазы его волновой функции и изменение его энергии. Рассеяние свободных электронов изменяет энергетический спектр наночастицы, расширяя полосу поглощения и люминесценции. Особенно сильно начинает влиять рассеяние электронов на поверхности, когда его размер кристалла становится сравнимым со средней длиной свободного пробега электронов. Для металлов средняя длина свободного пробега электронов лежит в интервале от единиц до десятков нанометров:

$$l = v/f \quad (1.3)$$

где v – дрейфовая скорость электронов, f – средняя частота столкновений электронов.

- 2) Искажение кристаллической решетки вблизи поверхности приводит к изменению ширины запрещенной зоны кристалла.

- 3) Множество механических дефектов вблизи поверхности. Дефекты обуславливают появление дополнительных уровней внутри запрещенной зоны. На спектре поглощения это отражается в виде дополнительных полос поглощения. Дефекты могут создавать глубочайшие уровни в запрещенной зоне -

ловушки свободных электронов и экситонов. Таким образом, концентрация свободных электронов и экситонов может измениться.

4) Контакт с окружающей средой искривляет энергетические зоны нанокристалла вблизи поверхности, а так же химический состав материала. Причиной такого эффекта является высокая химическая активность наночастиц. Как результат контакта с окружающей средой - изменяется энергетический спектр нанокристалла.

Рассмотрим влияние квантово-размерных эффектов.

Длина волны де Бройля в кристалле имеет конечный размер и составляет единицы нанометров. Размеры экситона внутри кристалла также ограничены. Боровский радиус экситона можно определить помощью формулы:

(1.4)

где $n=1, 2, 3, \dots$; ϵ - диэлектрическая проницаемость; μ - масса экситона.

Изменяясь, длина волны электрона и радиуса экситона оказывают существенное влияние на зонную структуру кристалла в нескольких направлениях.

1) Увеличивается ширина запрещенной зоны (рисунок 2), что приводит к сдвигу фундаментальной и экситонной полос поглощения в коротковолновую область спектра (рисунок 3).

Выводы к литературному обзору

Для написания данной работы использовались несколько видов источников:

1) Диссертации:

1. Гирсова М.А. Синтез, структура и спектрально-оптические свойства композиционных материалов на основе силикатных пористых стекол, содержащих галогениды серебра или оксиды висмута.
2. Демичев И.А. Оптические свойства силикатных стекол с медью и серебром, полученных методом ионного обмена.

Из диссертационных работ брался материал для написания теоретической части данного исследования.

2) Авторефераты диссертаций:

1. Нарцев В.М. Нанопористые стеклообразные темплаты на основе микроликвирующих стекол – источник для написания параграфа о применении нанопористых стекол с серебром.
2. Чутко Е.А. Нелинейное взаимодействие фемтосекундного лазерного излучения с кварцевым и нанопористым стеклом, допированным европием.
3. Шахгильдян Г.Ю. Фосфатные стекла, активированные наночастицами металлов и ионами редкоземельных элементов.

Последние две работы являются источниками для написания параграфа о воздействии лазерного излучения на нанопористые стекла.

3) Статьи из научных периодических журналов.

Статьи, содержащие информацию для написания теоретической

1) Андреева О.В. Обыкновенная И.Е., Гаврилюк Е.Р., Парамонов А.А., Кушниренко А.П.

Галогенидосеребряные фотоматериалы на основе нанопористых стекол. – Оптический журнал, том 72. – Голография. – 2005. – С. 37-45. – [Электронный ресурс] / Режим доступа:

<file:///C:/Users/Comp/Downloads/porsteclo.pdf>

2) Гирсова М.А. Синтез, структура и спектрально-оптические свойства композиционных материалов на основе силикатных пористых стекол, содержащих галогениды серебра или оксиды висмута. – Дис. – Санкт-Петербург. – 2015. – 170 с.

3) Грибалев А.А. Исследование оптических и электрических свойств нанокompозитов на основе оксидов цинка и олова в нанопористом стекле. ВКР. – СПб. – 2017. – 119 с. – [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://lib.eltech.ru/files/vkr/2017/magistri/1293/2017%D0%92%D0%9A%D0%A0129303%D0%93%D0%A0%D0%98%D0%91>

4) Демичев И.А. Оптические свойства силикатных стекол с медью и серебром, полученных методом ионного обмена. – Диссерт. – Санкт-Петербург. – 2015. – 187 с. – [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://docplayer.ru/50310022-Dyomichev-ivan-alekseevich-optika.html>

5) Нарцев В.М. Нанопористые стеклообразные темплаты на основе микроликвирующих стекол. – Автореф. дис. – 2010. – Белгород. – [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://docplayer.ru/amp/30720750-Narcev-vladimir-mihaylovich-nanoporistye-stekloobraznye-templaty-na-osnove-mikrolikviruyushchih-stekol-v-sisteme-na-2-o-b-2-o-3-sio-2.html>

6) Нисан А. Микрофлюидные модули: области применения и технологии производства. – Электроника. –

2013. - №5. С. 182-196. - [Электронный ресурс] / Режим доступа:
http://www.electronics.ru/files/article_pdf/3/article_3789_593.pdf
- 7) Никоноров Н.В., Сидоров А.И. Нанопластика и наноплазматика. Учеб. Пособие. - СПб.: Изд-во университета ИТМО. - 2014. - 120 с. - [Электронный ресурс] / Режим доступа:
<file:///C:/Users/Comp/Downloads/Nanoplastika14-3.pdf>
- 8) Программа развития нанопластики в Российской Федерации до 2015 года (одобрено Правительством РФ 17.01.2008). - [Электронный ресурс] / Режим доступа:
http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_106174/
- 9) Степанов А.Л., Валеев В.Ф., Нуждин В.И., Базаров В.В., Файзрахманов И.А. Отжиг эксимерным лазером силикатного стекла с ионно-синтезированными наночастицами серебра. - 2008. - [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://journals.ioffe.ru/articles/viewPDF/9823>
- 10) Степанов А.Л., Валеев В.Ф., Нуждин В.И., Файзрахманов И.А. Лазерный отжиг кварцевого стекла с ионно-синтезированными наночастицами меди. - 2009. - [Электронный ресурс] / Режим доступа:
<http://journals.ioffe.ru/articles/viewPDF/2400>
- 11) Чвалун С.Н. Полимерные наноконструкты. - [Электронный ресурс] / Режим доступа:
http://www.csr.spbu.ru/pub/RFBR_publications/articles/chemistry/2000/polimernye_nanokompozity_00_chem.pdf
- 12) Чутко Е.А. Нелинейное взаимодействие фемтосекундного лазерного излучения с кварцевым и нанопористым стеклом, допированным европием. - Автореф. дис. кандидата физ.-мат. Наук. - 2008. - М. - 10 с. - [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://www.disserscat.com/content/nelineinoe-vzaimodeistvie-femtosekundnogo-lazernogo-izlucheniya-s-kvartsevym-i-nanoporistym->
- 13) Шахгильдян Г.Ю. Фосфатные стекла, активированные наночастицами металлов и ионами редкоземельных элементов. - Автореф. дис. на соискание степени канд. хим. наук. - М. - 2015. - 10 с. - [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://www.dslib.net/technology-tugoplavov/fosfatnye-stekla-aktivirovannye-nanochasticami-metallor-i-ionami-redkozemelnyh.html>
- 14) Шахгильдян Г.Ю., Савенков В.И., Мартюхова Д.А., Палеари А., Сигаев В.Н. Влияние лазерного излучения УФ диапазона на структурные перегруппировки в фосфатном стекле с наночастицами золота. - 2015. - [Электронный ресурс] / Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-lazernogo-izlucheniya-uf-diapazona-na-strukturnye-peregruppirovki-v-fosfatnom-stekle-s-nanochastitsami-zolota>
- 15) Brinker C. J., Scherer G. W. Solgel science: the physics and chemistry of solgel process ing. Boston: Academic Press, 1990.
- 16) Drozdova I. Structural Transformation of Secondary Silica inside the Porous Glasses according to Electron Microscopy and Small-Angle X-ray Scattering / I. Drozdova, T. Vasilevskaya, T. Antropova // Phys.Chem. Glasses: Eur. J. Glass Sci. Technol. B. - 2007. - Vol. 48. - N 3. - P. 142-146.
- 17) Elizaveta S. Bochkareva, Alexander I. Sidorov, Uliana V. Yurina, Oleg A. Podsvirov. Formation of metal nanoparticles in MgF₂, CaF₂ and BaF₂ crystals under the electron beam irradiation. - Nuclear Instruments and Methods in Physics Research B. - 2017. - No 403. - P. 1-6. - [Электронный ресурс] / Режим доступа:
<file:///C:/Users/Comp/Downloads/NIMB17.pdf>
- 18) Fleishmann M., Hendra P.J., McQuillan A.J. Raman spectra of pyridine adsorbed at a silver electrode // Chem. Phys. Lett. - 1974. V. 26. P. 163-166 с.
- 19) Heilmann A., Hamann C. Organic thinfilms - deposition structure properties electronic devices. - Progr. Colloid Polym. Sci. - 1991. - V.85. - P. 102-112.
- 20) Helmimiak T.E., Arnold F.E., Benner C.L. Potential approach to nonreinforced composites. - ACS Polym. Prepr. - 1975. - V.16. - P.659-662.
- 21) Ichinose N., Ozaki Yo., Kashu S. Superfine particle technology. London: Springer Verlag. - 1992. - 205 p.
- 22) Pshenova A.S., Klyukin D.A., Nashchekin A.V., Sidorov A.I. Migration of silver on the nanoporous glasses surface under the action of an electric field. - Optical Society of America. - No 10. - 2017. P. 2821-2825. - [Электронный ресурс] / Режим доступа: <file:///C:/Users/Comp/Downloads/ao-56-10-2821.pdf>
- 23) Veronika V. Gorbiak, Alexander I. Sidorov, Vladimir N. Vasilyev, Viktor D. Dubrovin, and Nikolay V. Nikonorov. Multilevel optical information recording in silver-containing photosensitive glasses by UV laser pulses.- ITMO University, Department of Optoinformational Technologies and Materials, St. Petersburg, Russia. - Optical Engineering 56(4), 047104 (April 2017). - [Электронный ресурс] / Режим доступа:
file:///C:/Users/Comp/Downloads/OE-17_1.pdf
- 24) Vinogradova O.P., Obyknovennaya I.E., Sidorov A.I., Klimov V.A., Shadrin E.B., Khanin S.D., Khrushcheva T.A. Synthesis and the Properties of Vanadium Dioxide Nanocrystals in Porous Silicate Glasses. - Physics of the Solid State. - 2008. - No 4. - P. 768-774. - [Электронный ресурс] / Режим доступа:

file:///C:/Users/Comp/Downloads/PHSS768.pdf

Эта часть работы выложена в ознакомительных целях. Если вы хотите получить работу полностью, то приобретите ее воспользовавшись формой заказа на странице с готовой работой: <https://stuservis.ru/glava-diploma/33066>