

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

на диссертационную работу **Шишканова Олега Николаевича** «Электрополевая коалесценция атомов серебра, спектрально-оптические и колориметрические свойства образованных ими наночастиц металла», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.05 – оптика

Актуальность темы диссертационной работы

Наночастицы серебра благодаря особенностям своих физико-химических свойств нашли широкое применение в фундаментальной и прикладной физике. Их дисперсная форма в среде оптически прозрачного материала (или тонкопленочная на границе раздела нескольких материалов) в конечном итоге придает такой композиции определенные оптические, электро- и магнитооптические свойства, что нашло применение в создании многих устройств фотоники, микро- и оптоэлектроники. Получение наноструктур из серебра и их соединений в оптически прозрачной матрице (например, на основе полимеров) осуществляется методами ионной имплантации, электронного облучения и различными фотолитографическими методами. Последние преимущественно реализуются в УФ-области электромагнитного спектра и благодаря широкому диапазону возможных форм и размеров формируемых наночастиц получили наибольшее распространение. Однако формирование наночастиц этого металла непосредственно на границе раздела двух и более конденсированных сред с кристаллической и/или аморфной структурой имеет ряд ограничений, в том числе, связанных с требованиями к оптическим свойствам основного материала (матрицы) и содержащихся в нем исходных соединений серебра. Так, например, первый должен обладать прозрачностью к ультрафиолетовому излучению, а прекурсоры серебра, наоборот, сильно поглощать его, что не всегда реализуемо на практике. Таким образом, актуальным остается вопрос поиска альтернативных методов формирования наноразмерных структур серебра в оптически прозрачной матрице независимо от ее оптических и структурных свойств. Представленная диссертационная работа Шишканова О.Н. и направленная на решение этой актуальной проблемы.

Научная новизна результатов, положений и выводов

К основным новым научным результатам диссертации Шишканова О.Н. следует отнести:

1. Установлены условия эффективной коалесценции атомов серебра в микрокристаллах его галогенидов под действием внешнего неоднородного электрического поля, заключающиеся в определенной сбалансированности

удельной электропроводности и диэлектрической проницаемости фото- и электрочувствительной композиции, содержащей оптически прозрачную подложку, один или два эмульсионных слоя, содержащих упомянутые микрокристаллы, дисперсно распределенные в диэлектрической матрице (на примере желатины). Определены факторы и условия, влияющие на характер электрополевой коалесценции атомов серебра непосредственно на граница раздела микрокристалл–диэлектрическая матрица–полимерная (диэлектрическая) подложка.

2. Впервые предложены основные сенситометрические характеристики электрополевого воздействия на регистрирующие среды (в частности, галогенсеребряные), позволяющие количественно оценивать результат электрополевого воздействия и электрополевою чувствительность регистрирующих систем записи информации.

3. Впервые разработана феноменологическая физико-математическая модель кинетики электрополевого коалесценции атомов серебра в микрокристаллах его галогенидов, распределенных в полимерном связующем на примере желатины. Модель включает многие микро- и макроскопические параметры, вариацией которых можно предсказать эффективность формирования наночастиц серебра и агломератов на их основе под действием внешнего электрического поля. Практически значимые результаты моделирования имеют экспериментальное подтверждение.

4. Впервые продемонстрирована возможность выделения различной цветовой гаммой градиентного распределения зарядов межфазной поляризации, создаваемых внешним неоднородным электрическим полем. Показана связь между степенью воздействия поляризационных зарядов на микрокристаллы галогенида серебра и спектрально-колориметрическими свойствами формирующихся из таких кристаллов наночастиц и агломератов металла.

5. Предложена методика бесконтактной визуализации материалов и изделий микроэлектроники и фотоники во внешнем неоднородном электрическом поле. Разработано специальное устройство – «Электрополевой сканер» для ее реализации.

Практическая значимость полученных результатов

1. Установлено повышение эффективности электрополевого коалесценции атомов серебра в микрокристаллах его галогенидов под действием переменного электрического поля напряженностью $\sim 1,7 \cdot 10^5$ V/m и частотой 50 Hz, что открывает возможность управления процессами поатомной сборки наночастиц металла при переменном напряжении бытовой сети.

2. Показанная связь спектрально-колориметрических свойств наночастиц серебра, сформированных электрическим полем поляризационных зарядов, позволяет применить эту технологию в

визуализации распределения таких зарядов на межфазных границах различной цветовой гаммой.

3. Разработанная методика бесконтактной электрополевой визуализации на галогенсеребряных фотоматериалах позволяет применить ее для неразрушающей дефектоскопии изделий и материалов фотоники и микроэлектроники.

Степень обоснованности и достоверности научных положений, выводов и рекомендаций

Достоверность и обоснованность результатов диссертационного исследования не вызывает сомнений, поскольку ее материалы прошли апробацию в двадцати девяти публикациях, большая часть которых – на конференциях Всероссийского и Международного уровней. Надежность результатов определена путем проведения большого комплекса грамотно поставленных экспериментов, корректным применением широко используемых методов и средств в оптике, научной фотографии, физике кристаллов, наночастиц металлов и полимерных материалов, а также приемов их физико-математического описания. Теоретическим результатам сопоставлены экспериментальные, между которыми имеется корреляция.

Оценка содержания диссертации и ее завершенности

Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, приложения и списка цитированной литературы. Объем диссертации составляет 165 страниц, включая 41 рисунок, 20 таблиц и список цитированной литературы из 175 наименований, включающего собственные публикации автора. Диссертация отражает значительный объем проделанной теоретической и экспериментальной работы, выполненной на высоком научно-техническом уровне. Поставленные в работе задачи исследования процесса электрополевой коалесценции атомов серебра в микрокристаллах его галогенидов были решены с использованием комплексного подхода, включающего в себя применение широкого спектра современных методов исследования, адаптацию существующих, а также привлечение методов физико-математического моделирования.

Диссертация Шишканова О.Н. является самостоятельной законченной научно-исследовательской работой, в которой решена научная задача формирования наночастиц серебра на границах раздела конденсированных сред кристаллической и аморфной структуры независимо от их оптических свойств, что имеет существенное значение для развития нанотехнологий оптических материалов и изделий на их основе.

На разработанные в рамках диссертационного исследования методику и устройство бесконтактной электрополевой визуализации изделий микроэлектроники и фотоники на примере фотоэлектрических преобразователей солнечного излучения получен положительный отзыв профильной организации – ПАО «Сатурн» (г. Краснодар).

Публикации основных результатов

Полученные в диссертационной работе результаты отражены в 29 опубликованных работах, в том числе 4 статьях в рецензируемых научных журналах из перечня ВАК, 2 статьях – в журналах, входящих в Международные реферативные базы данных и систем цитирования (CA и Scopus), а также 1 учебно-методическое пособие.

Автореферат содержит краткое изложение всех основных результатов диссертационной работы и в полной мере соответствует содержанию диссертации. Диссертация и автореферат оформлены в соответствии с действующими ГОСТами и требованиям ВАК РФ.

Замечания по диссертационной работе

При общей положительной оценке диссертационной работы на некоторые полученные в ней результаты следует сделать ряд замечаний:

1. Для исследований электрополевой коалесценции атомов серебра (электротопографического эффекта) в фотоэмульсионных микрокристаллах его галогенидов использовался полусферический электрод с радиусом скругления 5 мкм, но в диссертации и ее автореферате отсутствует обоснование выбора электрода с величиной названного геометрического параметра.

2. Оценка диэлектрической проницаемости слоев используемых фотоматериалов осуществлялась на фиксированной частоте переменного электрического поля 1 кГц, тогда как эксперименты и физико-математическое моделирование проводились на импульсах длительностью от 0,1 до 5 секунд, что соответствует частотам от 0,2 до 10 Нз. В связи с чем возникает вопрос о соответствии измеренных величин диэлектрической проницаемости слоев на высокой частоте и в указанном низкочастотном диапазоне, ответ на который в диссертации отсутствует.

3. Для описания изменения плотности микрокристаллика при физико-математическом моделировании было принято допущение о линейной зависимости от температуры оптического показателя преломления и угла между ионами в кристаллической решетке. Однако экспериментальные данные такой зависимости в настоящее время отсутствуют.

4. Для оценки влияния на электротопографический эффект электропроводности полимерного связующего (матрицы), автор рассмотрел только желатин, тогда как аналогичными гелеобразующими и электрическими свойствами обладают синтетические, например, поливиниловый спирт или поливинилпирролидон. Поэтому было бы целесообразно проверить такое влияние на эффект перечисленных полимеров и/или их композиций, сопоставив результаты с полученными на желатине.

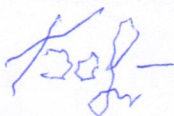
Однако отмеченные недостатки и сделанные замечания носят дискуссионный характер и не ставят под сомнение полученные в

диссертации результаты, не снижают научной новизны и практической ценности работы, как и не влияют на ее высокую оценку в целом.

Заключение

Диссертационная работа «Электрополевая коалесценция атомов серебра, спектрально-оптические и колориметрические свойства образованных ими наночастиц металла» по форме, содержанию, актуальности и полноте решенных задач, совокупности новых и практически значимых научных результатов соответствует всем требованиям, предъявляемым Положением о порядке присуждения ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. №842, а ее автор, Шишканов Олег Николаевич, заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.05 – оптика.

Официальный оппонент, профессор,
профессор кафедры общей физики
Южного федерального университета,
доктор физико-математических наук



Богатин Александр Соломонович

Южный федеральный университет,
Профессор кафедры общей физики,
344090, г. Ростов-на-Дону, ул. Зорге, 5
Тел.: 8(903) 4707045; 8(863) 218-40-00
asbbogatin@sfnedu.ru
<http://www.sfnedu.ru>

Подпись А.С. Богатина заверяю.
Декан физического факультета
Южного федерального университета
доктор физ.-мат. наук
профессор



Мануилов Михаил Борисович

25.12.2020