

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

Диссертационная работа Шишканова Олега Николаевича посвящена фундаментальным исследованиям процессов миграции атомов серебра в его галогенных соединениях под действием электрического поля и формированию из атомов наночастиц и агломератов металла на границе раздела диэлектрических сред, выявлению оптической активности таких частиц по отношению к видимому диапазону электромагнитного спектра путем оценки их колориметрических свойств, а также разработке феноменологической физико-математической модели электрополевой коалесценции атомов серебра.

Актуальность выбранной автором темы исследования продиктована потребностью нанотехнологий в контролируемом получении наночастиц благородных металлов (в частности, серебра) с определенными размерами и формой непосредственно на границе раздела двух и более сред с кристаллической и/или аморфной структурой, что имеет место при изготовлении изделий фотоники, опто- и микроэлектроники. Это и обуславливает **практическую** значимость работы.

Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка цитированной литературы и приложения. Работа изложена на 165 страницах и содержит 41 рисунок и 20 таблиц.

Во **введении** обосновывается актуальность темы, формулируется цель и задачи диссертационного исследования, полученная в нем научная новизна, практическая значимость и четыре положения, выносимые на защиту.

В **первой главе** дается анализ литературы по теоретическим и экспериментальным исследованиям физических процессов формирования наночастиц серебра и их агломератов. В разделе 1.1 рассмотрены спектрально-оптические и колориметрические свойства таких частиц, которые определяются их формой, размерами и взаимным расстоянием. Кроме того, рассмотрены различные физические методы синтеза частиц серебра, в том числе, позволяющие формировать наночастицы на границе раздела конденсированных сред. Показаны основные преимущества и недостатки методов. Раздел 1.2 посвящен особенностям электрополевой коалесценции атомов серебра в микрокристаллах его галогенных солей, распределенных в оптически прозрачной среде (матрице) – желатине. Приводится перечень проблем, не

решенных в данной области исследования, которые, фактически и составляют основу диссертации, направленную на их решение.

Во **второй главе** приводится описание экспериментальных установок и методик, с помощью которых исследуются физические процессы электрополевой коалесценции атомов серебра в микрокристаллах его галогенных солей на примере галогенсеребряных фотоматериалов, предназначенных для рентгенографии. На основе полученных результатов и известных метрологических параметров в оптической фотографии, автором предлагаются к использованию в случае электрополевого воздействия на фотоматериалы аналогичные (раздел 2.1): «электрополевое изображение», «электрополевая экспозиция», «интегральная электрополевая чувствительность», «электрополевая широта» фотоматериала и его «электрополевой коэффициент контрастности». Для экспериментально исследованных рентгеновских фотоматериалов «Agfa» и «РТ-4ш» даны количественные величины этих параметров. Для указанных фотоматериалов определены пороговые величины напряженности электрического поля, при которых начинается достоверная агломерация частиц серебра, выявляемая с помощью формируемых из них видимых электрополевых изображений. В разделе 2.2 приведены результаты оценки влияния химических восстановителей серебра (проявителей) на эффективность электрополевой агломерации частиц металла. Выявлено, что действие проявителя «Ренмед» на фотоматериал «РТ-4ш» выражается контрастным выделением градиентов электрического поля на периферии электрополевых изображений полусферического электрода при его положительной полярности, а при отрицательной полярности – в центре изображения. Действие других проявителей на тот же фотоматериал не обнаруживает описанной закономерности при разнополярных импульсах. Существенные различия в действии восстановителей серебра выявлены для фотопленки «Agfa», но с меньшей выраженностью оптических градиентов, что автор объясняет особенностями микрокристаллов галогенидов металла, имеющих пластинчатую форму с ядерно-лучевой структурой. Раздел 2.3 посвящен экспериментальным результатам оценки влияния подвижности поверхностных ионов серебра на электрополевую коалесценцию частиц металла и исследование топографии их распределения в микрокристаллах. Для этих исследований автор применил широко известные и давно испытанные методы, разработанные в оптической фотографии. Благодаря такому подходу было показано, что кластеры серебра скрытого электрополевого изображения преимущественно формируются на поверхности только гомогенных по объему микрокристаллов его галогенных солей независимо от полярности прикладываемого напряжения, тогда как для гетерогенных кристалликов наблюдается противоположная ситуация. Показана перспективность привлечения полихромной методики преобразования частиц

серебра электрополевых изображений для выделения (и фактически, выявления) различной цветовой гаммой зарядов межфазной поляризации, как основных инициаторов коалесцентно - электрополевого процесса из атомов серебра (раздел 2.4). Установлено, что двойное преобразование электрополевых изображений является оптимальным при решении этой задачи.

В **третьей главе** на основе экспериментальных данных предлагается феноменологическая физико-математическая модель кинетики электрополевой коалесценции атомов серебра как в глубине, так и на поверхности фотоэмульсионных микрокристаллов его бромида и бромидида размерами от 10 нм до 1 мкм. Продемонстрирована возможность применимости уравнения В.И. Оделевского для оценки диэлектрической проницаемости микрокристаллов различного габитуса и формы. Это уравнение автор связал с уравнением П. Дебая, благодаря этому им определена зависимость диэлектрической проницаемости рассматриваемых кристалликов от температуры в диапазоне 77 – 140 К и 278 – 313 К (раздел 3.1). Аналогичная зависимость диэлектрической проницаемости получена им при вариациях концентрации микрокристаллов в фотоэмульсии и ее влагосодержания. В разделе 3.2 приведены результаты физико-математического моделирования. На их основе показано и экспериментально подтверждено, что при односекундном электрополевым воздействием эффективность коалесценции поверхностных атомов серебра в микрокристаллах его галогенидов может возрасти в очень узком диапазоне изменения температуры 6 К (298 – 292 К), либо замещением в микрокристаллах 5 % ионов брома ионами иода, а также вариацией влагосодержания фотоэмульсии в диапазоне от 3 до 8 % или концентрации содержащихся в ней микрокристаллов галоидного серебра от 5 до 30 %. Кроме того, выявлено повышение эффективности агломерации атомов серебра на переменном напряжении частотой 50 Гц. Раздел 3.3 посвящен экспериментальной проверке результатов физико-математического моделирования, показавших их корреляцию.

В **четвертой главе** приводятся прикладные аспекты использования процессов электрополевой коалесценции атомов серебра в микрокристаллах его галогенидов. Описана методика дистантной электрополевой визуализации изделий фотоники, микро- и оптоэлектроники, а также разработанное устройство для ее реализации – «Электрополевой сканер» (раздел 4.1). Раздел 4.2 посвящен методике полихромно-электрополевой визуализации на примере матриц оптических микролинз и результатам спектрально-оптического анализа их полихромных электрополевых изображений.

Каждая из перечисленных выше глав сопровождается выводами. В **заключении** диссертации приводятся основные результаты работы, на основе которых делаются обобщающие выводы. Эти результаты представляются надежно обоснованными и достоверными, поскольку они достигнуты путем

привлечения давно известных и широко используемых методов и средств в оптике, научной фотографии, физике кристаллов, наночастиц металлов и полимерных материалов, а также хорошо известных приемов их физико-математического описания, а результаты разработанной физико-математической модели кинетики электрополевой коалесценции атомов серебра в микрокристаллах его галогенидов имеют экспериментальное подтверждение, согласуясь с известными литературными данными первооткрывателей «электротопографического эффекта» (на котором основан рассматриваемый автором метод электрополевой коалесценции атомов серебра) и данных, посвященных исследованиям кристаллов галоидного серебра.

Все основные результаты работы, сделанные по ним выводы и рекомендации, а также выносимые на защиту научные положения, являются **новыми**. Среди наиболее значимых результатов, полученных в ходе проведенного О.Н. Шишкановым диссертационного исследования, представляется целесообразным отметить следующие:

- Для исследования процессов электрополевой коалесценции атомов серебра автор использовал известные и надежно проверенные более чем за 180 лет методики и технологии, разработанные в оптической фотографии для фотоматериалов на основе микрокристаллов галоидного серебра. Таким подходом автор существенно повысил доказательную базу и достоверность полученных в диссертации результатов.

- Впервые разработана физико-математическая модель кинетики электрополевого процесса агломерации атомов серебра на границе раздела микрокристаллов его галогенных солей (бромидов и иодидбромидов) и биополимерного связующего – желатины. Для экспериментальной проверки результатов моделирования автор использовал не только стандартные галогенсеребряные фотоматериалы, но и специально изготовленные с варьируемым соотношением ионов брома и иода.

- В основу доказательной базы реализации «электротопографического эффекта» именно за счет зарядов межфазной поляризации автор впервые привлек методику полихромного преобразования частиц серебра электрополевых изображений.

- Полученным результатам фундаментальных исследований автор придал прикладной аспект, что в итоге позволило ему впервые разработать методику дистантной диагностики (дефектоскопии) материалов и изделий фотоники, опто- и микроэлектроники – пластин монокристаллического кремния, фотоэлектрических преобразователей и защитных стекол для них, а также матриц оптических микролинз. Кроме того, на основе представленных в диссертации экспериментальных результатов дается прогноз перспективам применения разработанной методики в технико-криминалистической экспертизе на примере денежных купюр.

Все перечисленные результаты диссертации О.Н. Шишканова вносят существенный вклад в нанотехнологию получения оптических систем и изготовления сред для записи информации не связанных с оптическими свойствами материалов. В этом, в частности, заключена **оригинальность** работы, а так же и ее **практическая значимость**.

Обоснованность научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации О.Н. Шишканова, базируется на адекватном использовании результатов предшественников, большом объеме корректных экспериментальных исследований, а также физико-математическом моделировании в рамках принятых приближений и стандартных математических приемов.

Достоверность результатов диссертационной работы не вызывает сомнений, поскольку они в полном объеме опубликованы в **шести** рецензируемых изданиях, рекомендованных ВАК РФ при защите кандидатских диссертаций (две статьи входят в Международные реферативные базы данных и систем цитирования (СА и Scopus)), а остальные **двадцать три** работы (среди которых одно учебно-методическое пособие – лабораторный практикум для аспирантов) докладывались и обсуждались на конференциях регионального, Всероссийского и Международного уровней. Кроме того, на результаты экспериментальной апробации разработанной методики диагностики материалов и изделий фотоники, выпускаемых ПАО «Сатурн» (г. Краснодар), соискателю дан положительный отзыв от этого учреждения (отзыв представлен в рукописи диссертации).

На фоне перечисленных достоинств диссертационной работы О.Н. Шишканова отметим некоторые **недостатки**:

1. Для исследований электрополевой коалесценции атомов серебра – «электротопографического эффекта» автор использовал галогенсеребряные фотоматериалы только для рентгенографии, как и полимерную подложку от этих материалов при изготовлении оригинальных образцов. Поскольку в диссертации отсутствуют какие-либо разъяснения о возможности (или невозможности) использования фотоматериалов другого назначения, например, для художественной фотографии или голографии, то возникает вопрос о возможности наблюдения исследованного эффекта и на этих фотоматериалах.

2. Одним из результатов физико-математического моделирования является эффективное увеличение процесса электрополевой коалесценции атомов серебра в переменном электрическом поле частотой 50 Гц. Однако разработанная методика визуализации и устройство для ее осуществления не используют этот результат.

3. Несмотря на емкую апробацию результатов в двадцати девяти публикациях и испытание макета прибора «Электрополевой сканер», отсутствует их патентная защита.

Однако эти замечания, не влияют на общую положительную оценку работы, которая является законченным исследованием, выполненным на высоком научном уровне, вносящим существенный вклад в физику обсуждаемых в диссертации явлений и процессов. Она написана доходчиво и аккуратно оформлена. В ней последовательно излагаются основные результаты, что позволило автору обосновать выводы по работе и положения, выносимые на защиту. Диссертация характеризуется внутренним единством структуры, основанном на последовательном и поэтапном решении поставленных задач, а полученные в ней результаты свидетельствуют об их соответствии поставленной цели.

Автореферат соответствует всем требованиям ВАК Минобрнауки РФ, правильно и полно отражая основное содержание диссертации.

На основании изложенного выше считаю, что рассматриваемая диссертационная работа «Электрополевая коалесценция атомов серебра, спектрально-оптические и колориметрические свойства образованных ими наночастиц металла» является завершенным научно-исследовательским трудом, достойным претендовать на получение степени кандидата физико-математических наук, удовлетворяет критериям, предъявляемым к кандидатским диссертациям «Положением о присуждении ученых степеней», утвержденном постановлением Правительством Российской Федерации № 842 от 24.09.2013 г., а ее автор **Шижканов Олег Николаевич** заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.05 – оптика.

Официальный оппонент, доцент,
профессор кафедры инженерных дисциплин и управления,
Новороссийский политехнический институт (филиал)
ФГБОУ ВО «Кубанский государственный технологический университет»,
доктор физико-математических наук
(01.04.05 – оптика)

Шеманин Валерий Геннадьевич

Новороссийский политехнический институт (филиал)
ФГБОУ ВО Кубанский государственный технологический университет,
профессор кафедры инженерных дисциплин и управления
353900, Новороссийск, ул. Карла Маркса, 20
Тел. 8(8617)641814
vshemanin@mail.ru
<http://www.npi.edu.ru>

ПОДПИСЬ
ЗАВЕРЯЮ
СПЕЦИАЛИСТ

Шижканов Олег Николаевич
«12» 01

ОК НПИ КУБГУ
ТАРАБАСОВ
20.11

