

**ОТЗЫВ официального оппонента
на диссертацию на соискание ученой степени
доктора физико-математических наук
Гончарского Антона Александровича**

**на тему: «Разработка методов синтеза нанооптических элементов для
формирования 2D и 3D изображений»
по специальности 1.3.6 - «оптика», 1.2.2 - «математическое
моделирование, численные методы и комплексы программ»**

В настоящее время разработка методов синтеза защитных оптических элементов является важной насущной задачей. Это обусловлено как широким диапазоном использования таких элементов (защита банкнот, ценных бумаг, паспортов, пластиковых карт, акцизных марок, брендов), так и развитием мошеннических способов их подделок. В этой связи тему диссертационной работы А.А. Гончарского, поставившего перед собой цель разработать новые физические и технологические методы синтеза плоских элементов для формирования 2D и 3D изображений с повышенной степенью защищенности следует признать весьма актуальной. Дополнительный ресурс защищенности создаваемых элементов связан с применением при их изготовлении прецизионной электронно-лучевой технологии формирования микрорельефа, которая в силу наукоемкости и высокой стоимости не может быть использована при полукустарном производстве подделок.

Диссертация состоит из введения, девяти глав, заключения и списка литературы. В нее вошел также небольшой раздел с рекомендациями по использованию результатов.

Введение содержит традиционные для диссертаций формулировки цели работы и положений, выносимых на защиту. В нем кратко изложены особенности постановки планируемых исследований и приведены веские аргументы в пользу их актуальности. В целом введение дает достаточно полное представление о предыстории проблематики диссертации, о выбранном направлении исследований, о практической и теоретической значимости работы.

В первой главе диссертации дано развернутое описание постановочной части работы, включая постановку решения обратной задачи синтеза плоских оптических элементов. Дано описание впервые предложенного метода расчёта фазовой функции компьютерно-синтезированного защитного элемента, формирующего 2D изображения с кинематическими эффектами движения. Данный метод весьма удачно использует возможности применения свойств киноформов и наклонных линз Френеля.

Вторая глава посвящена описанию многоградационных компьютерно-синтезированных защитных элементов с эффектом смены изображения при повороте на 180 градусов. В ней предложено два защитных признака, которые легко контролируются. В первом признаке наблюдатель видит разные 2D изображения при повороте на 180 градусов. Во втором признаке при повороте на 180 градусов меняется цветность изображения. Определенной новацией является использование асимметричного микрорельефа, создаваемого с помощью электронно-лучевой технологии.

Идея синтеза защитных элементов для формирования 2D изображений с полным параллаксом изложена в третьей главе. В ней описан новый плоский оптический элемент, реализующий оригинальное техническое решение. Его фазовая функция представляет собой сумму фазовой функции плоского оптического элемента—киноформа, формирующего в фокальной плоскости заданное изображение, и фазовой функцией внеосевой параболической линзы Френеля. При наклоне элемента происходит смещение изображения.

В главе 4 описан защитный элемент нового типа, формирующий 2D изображения с кинематическим эффектом движения фрагментов по одной из координат. Движение может быть разнонаправленным и сопровождаться изменением цвета. Элемент сориентирован на использование в денежных банкнотах.

Главы 5-7 посвящены разработке методов синтеза элементов для формирования различных типов 3D-изображений. Они основаны на подробно рассмотренном решении обратных задач синтеза плоских оптических элементов для формирования 3D-изображений. Среди разработанных элементов присутствуют элементы для формирования 3D изображений с полным параллаксом, элементы для формирования эффекта смены двух 3D-изображений, а также элементы для формирования 3D изображений на цилиндрической поверхности. Разработанные методы расчета фазовых функций защитных элементов для формирования 3D изображений могут быть использованы и в создаваемых в настоящее время 3D дисплеях и 3D проекторах.

В восьмой и девятой главах содержится ценный в практическом отношении материал, относящийся к разработке устройств и технологий для автоматизированного контроля подлинности изображений, создаваемых защитными элементами. Важно отметить, что проведенные климатические и тестовые испытания приборов автоматизированного контроля разработанных элементов продемонстрировали их высокую надежность и эффективность. Это еще раз указывает на обоснованность и достоверность используемых автором представлений.

Характеризуя в целом общенаучную и практическую ценность диссертации, следует прежде всего отметить высокую квалификацию автора, которую он продемонстрировал при выполнении большого объема теоретических и практических исследований. Ему удалось получить ряд новых результатов приоритетного характера, совокупность которых позволила решить важную и на данный момент весьма актуальную проблему создания нового физического и технологического базиса для широкого типоряда защитных элементов.

Особым образом хотелось бы выделить результат, относящийся к разработке и реализации метода синтеза плоских многоградационных

оптических элементов, фазовая функция которых равна сумме киноформа, и поверхности второго порядка, Синтезированные таким образом элементы продемонстрировали как эффект движения символов, так и эффект превращения одного символа в другой.

Аннотация соответствует тексту диссертационной работы.

К недостаткам работы можно отнести следующее:

1. Недостаточно четко дана оценка размеров и геометрии разрабатываемых элементов. Говорится, что точность формирования микрорельефа в разработанных в диссертации оптических элементах составляет 10 нм. и “в силу этого разработанные оптические защитные элементы получили название «нанооптических»”. Одновременно утверждается, что область оптического элемента разбивается на элементарные области, размер которых меньше разрешения глаза человека. Это очень неконкретно. Оптический элемент разбивается на элементарные области, размером около 50 микрон, что близко к линейному разрешению глаза (примерно 70 мкм). Поэтому, строго говоря, разработанные элементы нанооптическими не являются.
2. Отсутствует доказательство корректности применения приближения геометрической оптики и приближения Френеля для расчета характеристик защитных элементов с используемой геометрией. Взятые за основу работы [46,47] относятся к концу 60-х и началу 70-х годов и никак не сориентированы на учет особенностей киноформных структур. В параграфе 1.1 сделана попытка дать пояснение, насколько приближение Френеля адекватно действительности в задаче расчета плоских оптических элементов. Однако оно приведено в слишком общей и неконкретной форме. Ссылка на работу [84] в списке литературы, где этот вопрос

рассматривался ранее применительно к линзе Френеля, дана в некорректном виде.

3. Есть замечания к стилю изложения материала и оформлению диссертации. В тексте присутствуют повторы. Почти все значимые положения диссертации начинаются со слова “разработка”. Отдельные рисунки, например 1.13, трудно соотнести с относящимися к ним комментариями. Присутствует путаница в терминах “кинетический” и “кинематический”.
4. Не рассматривается возможность использования изображений специального типа, например фрактальных, для более эффективного их восприятия зрительным аппаратом.

Вместе с тем, указанные замечания не умаляют серьезным образом значимости диссертационного исследования. Диссертация "Разработка методов синтеза нанооптических элементов для формирования 2D и 3D изображений" соответствует паспортам специальностей 1.3.6. "Оптика" и 1.2.2 "Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ" (по физико-математическим наукам), а также критериям, определённым пп. 2.1–2.5 "Положения о присуждении учёных степеней в Московском государственном университете имени М.В. Ломоносова", предъявляемым к докторским диссертациям, и оформлена согласно приложениям № 8 и 9 "Положения о совете по защите диссертаций на соискание учёной степени кандидата наук, на соискание учёной степени доктора наук Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова", а её автор – Гончарский Антон Александрович – заслуживает присуждения учёной степени доктора физико-математических наук по специальностям 1.3.6. "Оптика" и 1.2.2. "Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ".

Официальный оппонент:

Ученая степень, ученое звание — д.ф.-м.н., профессор,

профессор кафедры оптики, спектроскопии и физики наносистем
физического факультета
ФГБОУ ВО «Московского государственного
университета имени М.В.Ломоносова»

Короленко Павел Васильевич

30.09.2024

Контактные данные:

тел.: +7 (495) 939-16-82, e-mail: info@physics.msu.ru

Специальность, по которой официальным оппонентом
защищена диссертация:

01.04.05 – Оптика

Адрес места работы:

119991, г. Москва, Ленинские горы, д.1, стр.2,
ФГБОУ ВО «Московский государственный университет имени
М.В.Ломоносова», физический факультет, кафедра оптики, спектроскопии и
физики наносистем
Тел.: +7 (495) 939-16-82; e-mail: info@physics.msu.ru

Подпись профессора ФГБОУ ВО «Московского государственного
университета имени М.В.Ломоносова» П.В. Короленко удостоверяю:

Ученый секретарь Ученого совета
физического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова,
доктор физико-математических наук, профессор

С.Ю. Стремоухов