

**Отзыв на автореферат диссертации Шойдина Сергея Александровича
«Голографические методы преобразования оптической информации в задачах
удалённого воспроизведения динамических объёмных изображений»
по специальности 1.3.6. Оптика
на соискание ученой степени доктора физико-математических наук**

Голографические методы преобразования оптической информации существуют давно и их актуальность растёт с постановкой современных задач связанных с развитием беспилотных аппаратов, проникновением в ранее недоступные среды, как космос, глубоководное пространство, при работе в агрессивной среде. Однако очень большая информационная ёмкость голограмм не давала до настоящего времени осуществлять передачу голографического видеоконтента по существующим радиоканалам, поскольку, как показано расчётами соискателя, да и оценками других авторов, приведёнными в автореферате, для одной такой голографической передачи потребуется занять весь доступный человечеству радиодиапазон. Попытки сжать такую информацию классическими математическими методами кодирования ведутся последние два десятка лет, однако они не приводят к сжатию более, чем на один-два порядка, а требуется сжимать на пять-шесть.

Поэтому работа Шойдина С. А., посвящённая изучению голографических методов преобразования оптической информации в задачах удалённого воспроизведения динамических объёмных изображений, **является, безусловно, актуальной.**

Изучив существующие методы представления 3D информации, методы сжатия голографической информации, Шойдин С. А. приходит к выводу, что надо искать решение этой задачи не в математических методах кодирования, а в физической структуре голографического сигнала. Этот подход оказался успешным. Соискателю удаётся показать, что структура голографической дифракционной решётки имеет двойственную природу. Во - первых, она содержит группу пространственных гармоник, несущих как бы служебную информацию, обеспечивающих разделение дифракционных порядков при восстановлении голограмм, один из которых восстанавливает зарегистрированное на голограмме 3D изображение. Во-вторых, вся информация о 3D объекте, в свою очередь, содержится в девиации пространственных гармоник этого порядка дифракции. Выделяя её, как показывает автор, можно передавать существенно меньшие объёмы голографической информации без потерь, синтезируя по ней компьютерные голограммы уже на приёмном конце канала связи. Этот магистральный путь не только был указан автором, но и практически осуществлён, хотя на пути преодолевалось множество не решённых задач и были обнаружены находки, которые можно расценить как новые направления в дальнейших исследованиях. К встретившимся проблемам, прежде всего, следует отнести наличие принципиально неустранимых типов искажения голографического сигнала, таких, как спекл-резонанс, алиасинг голографирования объёмных объектов и особенно интересный – формфактор. Последний нашёл своё применение не только в изучаемой автором области голографии, но и в близкой области исследований, как принципиально новый метод измерения кинетики дифракционной эффективности новых голографических материалов. Об этом свидетельствует и патент RU2734093C1, и Акт о практическом применении полученных результатов Ministry of Education and Research of Republic of Moldova, Institute of Applied Physics. Да и в основной области применения, исследуемой соискателем, в голографическом TV эффект формфактора помогает понять многие закономерности формирования восстановленного голографического 3D изображения. Автор, например, показывает, как переэкспозицией сделать ярче вынесенное перед экраном, в пространство нахождения наблюдателя, действительное изображение и объясняет ещё ряд эффектов, важных в практической голографии.

Предложенный автором метод передачи 3D голографического видеоряда (патент RU2707582C1) набором голографических кадров, представленных двумя основными модальностями 3D изображения (картой высот и текстурой поверхности 3D сцены) сразу превзошёл традиционные методы сжатия. Особенно интересен результат численного эксперимента, где автор показывает, что такое представление на порядок более эффективно сжимает голографическую информацию, чем осуществляемые группой Pleno методы спектрального сжатия. Известно, что спектральное сжатие эффективно используется в кодировании одномерных сигналов, двумерных (Pleno обладает правами на JPEG), а в трёхмерных крайне не эффективно, о чём говорится во многих обзорах, включая отчёты самой группы Pleno.

Однако автор идёт дальше, он показывает, что использованный им для получения информации об объёме структурированный свет, сам, после фиксации при определённых условиях, обладает свойством голограммы. Действительно, численные эксперименты, проделанные соискателем, подтверждают, что при дифракции на такой структуре опорного пучка образуются три порядка дифракции, один из которых восстанавливает 3D изображение объекта, аналогично голограмме. Это, безусловно, является новым в компьютерной голографии. Соискатель показывает, что синтезированная таким образом голограмма легко переводится из одного участка спектра электромагнитного излучения в другой простым медианным мультиплицированием полос структурированного света, изменяя пространственную несущую частоту без операций интегрирования. Таким образом, сделан новый шаг в мультиплицировании каналов при передаче голографической информации и в создании 3D гиперспектральных изображений. Сама возможность визуализировать 3D ИК карту воспалённого участка поверхности в хирургии является бесценной, не говоря уже о других открывающихся возможностях. Одно из них, на которое указывает соискатель – объединение ультразвуковой локации, создающей карту высот, с TV кадрами текстуры поверхности живого, движущегося изучаемого 3D объекта. Простота получения таких компьютерных мультиголограмм на приёмном конце канала связи, указанным автором методом, обнадёживает в ожидании их скорейшего воплощения в одной из задач гидроакустики.

В последней главе своей работы соискатель приводит основные экспериментальные результаты, подтверждающие основные выводы, сделанные теоретически или в компьютерных экспериментах. Это и серия опытов по передаче с телевизионной частотой смены голографических кадров 3D информации, позволяющей на приёмном конце канала связи синтезировать компьютерные голограммы, восстанавливающие 3D изображения с высоким пространственным разрешением, не хуже современного TV стандарта Full HD, где каждый кадр обладает непрерывным вертикальным и горизонтальным параллаксом. Это и запись по такой переданной по радиоканалу информации материальных, аналоговых голограмм восстанавливающих 3D изображения с вертикальным и горизонтальным непрерывным параллаксом, что в совокупности с полученными ранее результатами убедительно доказывает возможность создания голографического TV с высоким качеством восстановленного 3D видеосигнала.

Таким образом, все поставленные задачи в работе Шойдина С. А. успешно решены и даже сделан задел на будущее развитие поставленной темы уже за рамками представленного исследования.

Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации.

Обоснованность полученных автором теоретических результатов определяется непротиворечивостью полученных им теоретических и экспериментальных результатов, а также непротиворечивостью полученных результатов многим известным результатам других исследований. Проведённые модельные расчёты основаны на известном скалярном приближении теории дифракции и проведены с использованием известных

программных продуктов. Как следует из автореферата, апробация результатов диссертации Шойдина С. А. проводилась на 21-ой международной конференции и 4 национальных конференциях с международным участием, Результаты по теме диссертации опубликованы в 54 научных статьях, 18 из которых – в изданиях, входящих в международные базы цитирования WoS, 6 – в изданиях Scopus и одна – в журнале, рекомендованном ВАК для публикации материалов докторских диссертаций.

Научной новизной, обладают полученные автором результаты по ограничениям дифракционной эффективности и энтропии голограмм тремя неустранимыми физическими эффектами – спекл-резонанса, алиасинга в голограммах, записывающих изображения 3D объектов и формфактора голограмм, работающего как в режиме дифракции Брэгга, так и в режиме Рамана-Ната. Также автором глубоко исследованы методы сжатия голографической информации и предложен новый, оригинальный метод, позволяющий передавать голографическую информацию по радиоканалу и синтезировать на его приёмном конце как классические компьютерные голограммы, так и более простые по реализации, но полноценные дифракционные структуры, восстанавливающие 3D изображения с высоким пространственным разрешением, не хуже стандартов сегодняшнего телевидения при наличии горизонтального и вертикального непрерывного параллакса.

Все защищаемые положения сформулированы корректно и достаточно обоснованы не только теоретическими выкладками автора, но и проведёнными им численными и физическими экспериментами.

Замечанием к работе можно высказать слишком большую публикационную активность автора, что могло повлиять на сроки написания представленной Шойдиным С. А. диссертации, а также наличие некоторых несущественных опечаток, впрочем никак не повлиявших на понимание общей структуры работы и основных её положений.

Считаю, что представленная Шойдиным С. А. диссертационная работа. «Голографические методы преобразования оптической информации в задачах удалённого воспроизведения динамических объёмных изображений» вполне отвечает критериям, установленным в п.9-14 Положения о порядке присуждения учёных степеней, утверждённого постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 года № 842, а её автор, Шойдин Сергей Александрович, заслуживает присуждения ему учёной степени доктора физико-математических наук по специальности 1.3.6 Оптика.

Д.ф.-м.н., руководитель научно-исследовательской группы лазерной спектроскопии Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института лазерной физики Сибирского отделения Российской академии наук, адрес 630090, г. Новосибирск, просп.ак. Лаврентьева, 13/5, телефон (383)333-24-89 Даю согласие на обработку персональных данных.

10.05.2023  Скворцов Михаил Николаевич

Телефон: +7 913 463 3640, E-mail: skv@laser.nsc.ru,

Подпись Скворцова Михаила Николаевича удостоверяю

должность
печать





И. О. Фамилия