



ГОЛОГРАФИЯ И ПРИКЛАДНЫЕ ОПТИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ



11–13 сентября 2018 года в Нижнем Новгороде прошла XV Международная конференция HOLOEXPO 2018 "Голография и прикладные оптические технологии". Конференция состоялась как событие, органично сочетающее в себе производственный потенциал, инженерные и научные идеи, предпринимательские интересы.

Развитие микро-нано-фотоники и оптоэлектроники – это одна из приоритетных задач научно-технического прогресса, частью которых является оптическая голография. В последние годы много внимания в России и за рубежом уделяется активному внедрению голографических технологий и методов в самые различные отрасли оптической и оптико-электронной науки и техники. Примером этого может служить развитие защитной голографии с получением цветных 3D-изображений, применение голограммных и дифракционных оптических элементов (ГОЭ-ДОЭ) в 3D-дисплеях и системах отображения изображений, применение компьютерных методов синтеза голограмм для отображения информации и в изобразительной голографии и многое другое.

В связи с этим проведение ежегодных Международных конференций HOLOEXPO является очень своевременным и актуальным научно-техническим мероприятием. Встречи позволяют оценить состояние рынка голографической продукции, новейших научно-технических разработок в области голографии и определить основные направления ее развития.

Организаторами XV Международной конференции HOLOEXPO 2018 выступили Московский государственный технический университет им.

Н. Э. Баумана (МГТУ им. Н. Э. Баумана, Москва, Россия), АО "НПО "Криптен" (Дубна, Россия), ЗАО "Голографическая Индустрия" (Минск, Республика Беларусь), ООО "ХолоГрэйт", (Санкт-Петербург, Россия), ФГУП "НТЦ "Атлас" (Москва, Россия), АО "НПО Государственный институт прикладной оптики" (Казань, Россия), ООО "Джеймс Ривер Бранч" (Москва, Россия), Самарский государственный аэрокосмический университет им. С. П. Королева (Самара, Россия), ООО "Микро и наноголографические системы" (Москва, Россия)

Генеральным спонсором конференции выступило АО "Научно-производственное объединение "Криптен"" (г. Дубна, Россия). Спонсорами конференции являлись:

- ЗАО "Голографическая индустрия", Минск, Беларусь;
- ООО "ХолоГрэйт", Санкт-Петербург, Россия;
- ФГУП "Научно-технический центр "Атлас", Москва, Россия;
- ООО "Джеймс Ривер Бранч", Москва, Россия;
- ООО "Микро- и наноголографические системы", Москва, Россия;
- АО "НПО "Государственный институт прикладной оптики", Казань, Россия;
- Общественная Научно-техническая Академия "КОНТЕНАНТ", Красногорск, Россия.





Устроителем конференции выступил ООО "Микро и наноголографические системы" (г. Москва, Россия).

Информационная и рекламная поддержка была оказана журналами "Фотоника" (г. Москва, Россия), "КОНТЕНАНТ" (г. Красногорск, Россия), "Мир техники кино" (г. Москва, Россия), Holography News (г. Лондон, Англия). В работе конференции приняли участие почти 120 человек. Страны, которые представили своих участников: Россия, Беларусь, Литва, Англия, Киргизия, Греция, Франция, Индия, Китай, США.

Авторский коллектив из МГТУ им Н.Э.Баумана (С.Б.Одинокоев и др.) предложил взглянуть на перспективы применения голограммных и дифракционных элементов с точки зрения их использования в оптических системах приборов визуального наблюдения, прицеливания и дополненной реальности. И в подтверждении докладчик представил разработанные системы дополненной реальности на основе световодных пластин с дифракционными решетками.

Совместный доклад группы авторов (Г.И.Грейсух и др., "Гармонические киноформные микроструктуры в дифракционной оптике и голографии") о гармонических киноформных микроструктурах на поверхности оптических элементов был посвящен использованию оптических элементов с фокусирующими свойствами, обусловленными пилообразным рельефом. Киноформные микроструктуры придают линзам дисперсионные свойства, и это позволяет применять их для коррекции хроматических аберраций в широком спектральном диапазоне. А высокая дифракционная эффективность, сохраняющаяся при значительных углах падения излучения

на микроструктуру, позволяет использовать их в методах защитной голографии.

НПО "Криптен" разработало серию изделий с применением скрытых поляризованных изображений. В докладе А.В.Смирнова рассмотрены случаи использования скрытых поляризованных изображений в качестве прототипов оконных элементов. Полутоновые, цветные, цветопеременные, муаровые поляризованные изображения рассмотрены в качестве самостоятельных и комбинированных защитных элементов для изделий, содержащих окна. Смартфон, как источник поляризованного света, идеально подходит для их визуализации. Интерактивность процесса верификации защитного элемента достигается с помощью простого приложения для смартфона. Достаточно запустить приложение и наложить на экран защитный элемент, чтобы воспроизвести скрытый образ, невидимый в обычном свете. Простота верификации и возможность комбинирования с классическими радужными или объемными голограммами делает защитный элемент весьма привлекательным и перспективным.

Принципы нового пленоптического метода видео-, кино- и фотосъемки, предложенные в докладе Ю.Н.Овечкиса (Московский политехнический университет, Москва), имеют некоторое сходство с голографией, хотя сам метод принципиально отличается от нее. Представлены схемы пленоптических систем для приложений в области изобразительной голографии.

В презентации, сопровождавшей доклад из Республики Беларусь (Л.В.Танин и др.), были показаны результаты многолетних экспериментов по записи художественных голограмм редких объектов культуры и искусства, а также





уникальных православных святынь, выполненные с 1976 по 2018 год. Также авторы подчеркнули многолетний опыт использования голографического метода Ю.Н.Денисюка для просвещения населения.

Взаимной связи между принципами записи числовых гиперспектральных голограмм, полученных на 2D-Фурье-спектрометрах, и голограмм, полученных во встречных пучках по схеме Денисюка, было посвящено выступление "Гиперспектральная голография. Техника и принципы" (С.Г.Каленков и др., НТЦ "Оптоэлектроника" МПУ, ООО "Микрололо", МГТУ "Станкин", Москва).

В докладе "Исследование твердых прозрачных объектов методом оптической томографии" (Г.Г.Левин и др., ФГУП "ВНИИОФИ", Москва) был описан микроинтерферометр, реализующий метод оптической томографии для исследования твердых прозрачных объектов. Выступающий привел результаты экспериментальных исследований распределения показателя преломления и его количественных значений для оптических диэлектрических микрорезонаторов с модами типа "шепчущей галереи".

Порой при записи голограмм в объемных средах возникают проблемы. В докладе "Формфактор и требования к голографическим материалам" С.А.Шойдин (Сибирский государственный университет геосистем и технологий, Новосибирск) сформулировал рекомендации для устранения этих проблем, опираясь на анализ основных закономерностей формирования фотоотклика, включая пространственный резонанс и формфактор.

Результаты трехмерной лазерной записи изображений на пленках аморфного кремния интер-

ференционного фильтра сфокусированным излучением одномодового полупроводникового лазера с $\lambda=405$ нм были представлены в докладе авторского коллектива из Кыргызстана "Трехмерная лазерная запись на пленках аморфного кремния" (А.А.Кутанов и др.). Имея отлаженную технологию нанесения толстых пленок аморфного кремния толщиной 1-2 мкм методом магнетронного нанесения, авторы проводили прямую лазерную запись на пленки аморфного кремния, изменяя глубину фокуса записи в объеме регистрирующей среды. Отмечалось, что при локальном воздействии сфокусированным излучением на слой аморфного кремния наносекундными импульсами происходит его переход в кристаллическое состояние. За счет рассеяния света на оптических неоднородностях среды после лазерной записи и различной фазы рассеянных волн визуально можно наблюдать трехмерные сцены. Предложенный способ трехмерной лазерной записи на слое аморфного кремния a-Si привлекателен для создания 3D системы лазерной записи изображений и дот матрикс голограмм.

Анализ механизма восстановления волнового фронта был рассмотрен в материале "Ахроматический механизм восстановления волнового фронта" (А.М.Смолович, Институт радиотехники и электроники имени В.А.Котельникова РАН). В его основе лежит геометрооптическое отражение восстанавливающей волны от поверхностей, для которых выполняется условие постоянства разности фаз между объектной волной и опорной. В рассматриваемом случае форма восстановленного волнового фронта не зависит от длины волны восстанавливающего излучения. Поэтому при использовании ультракоротких лазерных





импульсов для регистрации в объемной среде и в планарном волноводе реализуется ахроматическое восстановление волнового фронта. Были приведены варианты ахроматических оптических элементов и рассмотрена возможность восстановления временной структуры световых импульсов.

Для определенных задач требуется изготовление крупноформатных дифракционных решеток. Для их создания используют синтезированные пленочные голограммы. Возможности получения и применения пленочных крупноформатных пропускающих синтезированных голограммных компенсаторов (нуль-корректоров) в телескопостроении представили авторы из АО "НПО Государственный институт прикладной оптики" (В. Лукин, А. Н. Мельников, А. Ф. Скочилев). На примере контроля составного параболического главного зеркала (диаметром 10 м) для космического телескопа "Миллиметрон" показано, как можно контролировать его форму с помощью пленочного пропускающего нуль-корректора на длине волны $\lambda=10,6$ мкм. В частности, доказывается целесообразность реализации интерферометра радиального сдвига. В докладе были приведены результаты расчетов и экспериментальной проверки предложенного технического решения.

Интересное техническое решение, основанное на брэгговской дифракции света на периодических доменных структурах (ПДС) в кристаллах с группами симметрии $3m$ во внешнем электрическом поле. Совместная работа "Электрически управляемая дифракция света на периодических доменных структурах в сегнетоэлектрических кристаллах" была представлена группой авто-

ров из Томского государственного университета систем управления и радиоэлектроники и Уральского федерального университета (С. М. Шандаров, В. Я. Шур и др.). В докладе проанализированы возможности использования эффекта и представлены результаты экспериментальных исследований временных зависимостей эффективности дифракции лазерного пучка ($\lambda=655$ нм) в кристалле $MgO: LiNbO_3$ в синусоидальном поле при выполнении условий Брэгга для первой и второй пространственных гармоник возмущений необыкновенного показателя преломления, создаваемых ПДС ($d=8,79$ мкм). Рассмотрена теоретическая модель дифракции, учитывающая наведенные в кристалле возмущения, создаваемые как приложенным электрическим полем, так и упругими и электрическими полями доменных стенок.

Методам повышения разрешения термохимической лазерной записи дифракционных структур был посвящен совместный доклад группы авторов из ИАиЭ СО РАН, ИТМО и ИФТФИМ АНК (В. П. Корольков, А. Г. Седухин, В. П. Вейко, А. А. Кутанов). В эту работу внес большой вклад А. Г. Полещук, к сожалению, недавно ушедший от нас. В докладе рассмотрены различные методы, эффекты и факторы повышения пространственного разрешения безрезистивной лазерной записи дифракционных структур на пленках металлов и полупроводников, основанной на тепловом воздействии сфокусированного лазерного излучения.

Фото-термо-рефрактивные стекла для новых приложений в голографии, их физико-химические свойства и применения были рассмотрены



группой специалистов их ИТМО (Н. В. Никоноров, С. А. Иванов, И. С. Пичугин).

Метод увеличения глубины резкости изображений плоских транспарантов, восстановленных с помощью синтезированных голограмм, предложен коллективом из ИТМО (С. Н. Корешев, Д. С. Смородинов, М. А. Фролова). Метод основан на представлении объектной волны при синтезе голограммы в виде суперпозиции объектных волн, исходящих от двух одинаковых объектов, расположенных на различных расстояниях от плоскости синтеза голограммы. Работа явилась результатом математического моделирования процессов синтеза и восстановления голограммы применительно к случаю синтеза голограмм-проекторов двумерных бинарных объектов для фотолитографии.

В докладе "Импульсная запись коротко- и долгоживущих голографических решеток в кристаллах семейства силленитов" (А. Л. Толстик и др., совместная работа сотрудников Белорусского государственного университета и Белорусского государственного педагогического университета) были проанализированы схемы импульсной записи динамических голограмм в фоторефрактивных кристаллах силиката и титаната висмута. Установлены два механизма записи динамических решеток, один из которых определяется локальным изменением характеристик среды при переходе электронов в зону проводимости и последующим заселением ловушечных уровней. Показано, что времена жизни таких динамических решеток могут меняться от миллисекунд до секунд, что существенно зависит от типа кристаллов, их допирования, интенсивности записываемого излучения, предыстории засветки. Второй механизм записи основан на диффузионном распределении носителей заряда

под действием света с временами релаксации на уровне сотен секунд.

За время работы конференции состоялось 40 пленарных и секционных докладов, которые были разделены по тематическим направлениям:

- 16 пленарных докладов по наиболее важным темам в области голографии;
- по технологии в области защитных голограмм – 6 докладов;
- по формированию изображений и отображению информации с помощью голограммной оптики – 4 доклада;
- голограммные и дифракционные оптические элементы: методы компьютерного синтеза, метаматериалы, плазмонные структуры и технологии изготовления – 5 докладов;
- объемная голография и фоточувствительные материалы для голографии – 4 докладов;
- голографическая интерферометрия, голографическая память, оптико-голографическая обработка информации – 5 докладов.

В стендовой секции было представлено 37 стендовых докладов.

На конференции прошла торжественная церемония награждения медалями Оптического общества им. Д. С. Рождественского. В соответствии с совместным решением президиума Оптического общества им. Д. С. Рождественского и Программным комитетом международной конференции HOLOEXPO 2018 медаль им. С. И. Вавилова была вручена д. т. н., профессору, зам. директора НИИ Радиоэлектроники и лазерной техники МГТУ им. Н. Э. Баумана Одинокovu Сергею Борисовичу, медалью им. Ю. Н. Денисюка были награждены: технический директор АО "НПО "Криптен" Акимов Борис Владимирович; начальник лаборатории АО "НПО "Криптен" Смирнов Андрей Валентинович; директор компании Geola Digital UAB Станиславас Захаровас; д. т. н., профессор, заместитель директора Института автоматизации и электрометрии СО РАН Корольков Виктор Павлович; д. т. н., профессор, академик НАН, зам. директора Института физико-технических проблем и материаловедения НАН Кыргызской Республики Кутанов Аскар Асанбекович. Ряд ученых были отмечены Почетными дипломами им. Ю. Н. Денисюка.

Во время работы конференции в выставочном зале демонстрировались образцы оборудования от представителей ООО "Специальные системы. Фотоника" (г. Санкт-Петербург, Россия) и ООО "Компания "Азимут Фотоникс" (г. Москва, Россия), продукции компании ООО "Альянс Оптических Систем" (г. Москва, Россия), также были представ-





лены выпуски научно-технических журналов "Фотоника" и "Мир техники кино".

Что важно для пользователей и разработчиков голографической аппаратуры, так то, что по итогам прошедшей конференции были сформулированы наиболее актуальные направления в современной оптической голографии:

1. в области защитной голографии – разработка новых защитных признаков, в том числе связанных с формированием цветных голографических изображений с элементами движения и динамики, цветных скрытых изображений, комбинирование цветных 3D аналоговых изображений с цифровыми изображениями, а также внедрение в практику новых фоточувствительных материалов для защитной голографии (фотополимеры, метаматериалы и др.);
2. в области изобразительной голографии – широкое внедрение компьютерных методов синтеза цветных 3D- цифровых голограмм, а также создание мобильных лазерных установок для записи цветных голограмм уникальных объектов истории и искусства по методу Ю.Н.Денисюка, представлены выставочные образцы изобразительных голо-

грамм с объектами из Гохрана (докладчик Алкис Лембессис – Греция);

3. в области создания дифракционных и голограммных оптических элементов, голографической интерферометрии и микроскопии, корреляционных систем распознавания изображений и голографической памяти – широкое внедрение компьютерных методов моделирования и цифрового синтеза голограмм, голографических фильтров и др.
4. в области голографической интерферометрии, голографической микроскопии и оптико-голографической обработки изображений – активное внедрение компьютерно-синтезированных голограмм, записи цифровых с помощью современных матричных фотоприемников и др.

Оргкомитет принял решение провести следующую XV Международную конференцию по голографии и прикладным оптическим технологиям HOLOEXPO 2019 в период 10-12 сентября 2019 года. Подробности о проведении конференции будут дополнительно сообщены и представлены на сайте www.holoexpo.ru.

С.Б.Одинокоев, Председатель Оргкомитета XV Международной конференции HOLOEXPO 2018