

# Отечественная дифракционная оптика в зеркале конференций HOLOEXPO 2018–2022

*Г. И. Грейсух, А. И. Антонов, Е. Г. Ежов, О. А. Захаров*

Пензенский государственный университет архитектуры и строительства, Пенза, Россия

Показано, что дифракционная оптика была широко представлена в каждой из пяти прошедших конференций специальной секцией, а наиболее значимые доклады, представлявшие интерес для широкого круга участников, выносились на пленарные заседания. При этом тематики докладов охватывали практически все наиболее перспективные, направления развития дифракционной оптики. Были представлены принципиальные подходы к решению актуальных научно-технических проблем с помощью голограммных и дифракционных (включая мета-) элементов, а особое внимание уделялось технологическим вопросам.

*Ключевые слова:* Международная конференция HOLOEXPO, Дифракционная оптика, Голограммные и дифракционные оптические элементы.

*Цитирование:* Грейсух, Г. И. Отечественная дифракционная оптика в зеркале конференций HOLOEXPO 2018–2022 / Г. И. Грейсух, А. И. Антонов, Е. Г. Ежов, О. А. Захаров // HOLOEXPO 2023: 20-я Международная конференция по голографии и прикладным оптическим технологиям : Тезисы докладов. — СПб.: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2023. — С. 487–492.

## Введение

Напомним, что на предыдущей юбилейной конференции HOLOEXPO 2018 был представлен доклад «Отечественная дифракционная оптика в зеркале конференций HOLOEXPO 2004–2017» [1]. Авторы настоящего доклада сочли целесообразным продолжить юбилейное обобщение результатов по этой тематике, которая на ряду с другими важнейшими тематиками и обуславливает название нашей конференции «...по голографии и прикладным оптическим технологиям».

## Обзор программ ГОЛОЭКСПО 2018-2022

Анализируя и сопоставляя программы пяти прошедших конференций легко видеть, что дифракционная оптика была широко представлена в каждой из них специальной секцией, а наиболее значимые доклады, представлявшие интерес для широкого круга участников, выносились на пленарные заседания.

## ГОЛОЭКСПО 2018

1. С. Б. Одинокоев и др. Перспективы применения голограммных и дифракционных элементов в оптических системах приборов визуального наблюдения, прицеливания и дополненной реальности;

2. А. В. Лукин и др. Современные и перспективные возможности получения и применения плёночных крупноформатных синтезированных голограммных компенсаторов (нуль-корректоров) в телескопостроении;

3. В. П. Корольков и др. Современные методы повышения разрешения термохимической лазерной записи дифракционных структур;
4. А. Л. Толстик и др. Импульсная запись коротко- и долгоживущих голографических решеток в кристаллах семейства силленитов;
5. В. П. Бессмельцев и др. Многоканальный конфокальный микроскоп на основе дифракционного мультипликатора;
6. В. А. Бланк и др. Гармоническая линза с дифракционной решеткой для формирования гиперспектральных изображений;
7. Г. И. Грейсух и др. Гармонические киноформные микроструктуры в дифракционной оптике и голографии;
8. В. П. Корольков и др. Лазерные методы формирования металлооксидных решеток и их характеристика;
9. А. Н. Мельников и др. Возможности изготовления эффективной цилиндрической голограммной оптики при помощи делительных машин маятникового типа;
10. Э. Муслимов и др. Моделирование астрономического спектрографа с голограммной дифракционной решеткой на поверхности свободной формы;
11. Д. Ю. Молодцов и др. Применение микрозеркальных модуляторов для вывода голографических и дифракционных оптических элементов в задачах оптического кодирования и распознавания;
12. В. В. Краснов и др. Уменьшение ошибки синтеза фазовых дифракционных оптических элементов методом прямого поиска со случайной траекторией с локализацией шума.

### **ГОЛОЭКСПО 2019**

1. Г. И. Грейсух и др. Метаповерхности в оптике и голографии: физические принципы и достигнутые результаты;
2. С. Н. Корешев Принципы построения и ключевые технологии устройств дополненной реальности световодного типа с голограммными и дифракционными оптическими элементами;
3. А. В. Лукин и др. Светосильные дифракционные оптические элементы: особенности технологий изготовления, аттестация, перспективные области применения;
4. В. С. Васильев и др. Изображающие системы на основе неизображающих обобщенных линз;
5. А. В. Лукин и др. Лазерно-голографический контроль параметров объективов, их компонентов и элементов в инфракрасном и видимом диапазонах спектра на основе использования гиперспектрального регистрирующего модуля;
6. Г. И. Грейсух и др. Дифракционные элементы в оптических системах ИК-диапазона;
7. Р. К. Насыров и др. Влияние ошибок изготовления ДОЭ на распределение интенсивности света в задачах мультипликации и гомогенизации пучков;

8. А. В. Лукин Волновой фронт: возможности его восстановления и формообразования в голографии и дифракционной оптике.

### **ГОЛОЭКСПО 2020**

1. Г. И. Грейсух и др. Дифракционные микроструктуры: перспективы развития и ограничения;

2. А. В. Лукин и др. Объединенные метрологические возможности осевых синтезированных голограмм и эталонных пробных стекол для поверки и калибровки средств измерений;

3. В. М. Петров и др. Голографические отражательные решетки Брэгга и их роль в работе мощных импульсных лазеров с обращением волнового фронта;

4. А. Н. Путилин и др. Волноводные голографические оптические элементы для дисплеев дополненной реальности;

5. Р. В. Скиданов и др. Экспериментальное исследование изображающего объектива на основе кольцевой гармонической линзы;

6. В. П. Корольков и др. Новые возможности в области создания микро-наноструктурированных оптических и голографических компонентов и лазерных технологий микрообработки;

7. С. В. Ганчевская и др. Экспериментальное исследование изображающего объектива на основе асферических гармонических линз;

8. Н. К. Павлычева и др. Концепция композитных голограммных оптических элементов;

9. В. В. Краснов и др. Амплитудные ДОЭ без несущей пространственной частоты для работы в расходящихся пучках;

10. М. В. Шишова и др. Мультиплексные брэгговские дифракционные решетки для световодов системы дополненной реальности;

11. В. М. Петров и др. Отражательные голографические решетки Брэгга в оптическом волокне для датчиков вибраций и малых перемещений.

### **ГОЛОЭКСПО 2021**

1. А. В. Лукин и др. Новые возможности лазерно-голографического контроля крупноформатных зеркал ELT-телескопов на основе использования конических синтезированных голограмм;

2. Г. И. Грейсух и др. Высокоэффективные технологичные дифракционные микроструктуры видимого диапазона;

3. Е. Ю. Злоказов Когерентные дифракционные оптические системы с синтезированным комплексным импульсным откликом;

4. В. Ю. Венедиктов и др. Многоканальный голографический датчик волнового фронта;

5. В. В. Подлипнов и др. Формирование мод Эрмита — Гаусса и их распознавание в условиях турбулентной оптической среды;

6. Р. В. Скиданов и др. Системы обобщенных гармонических линз для формирования изображений;

7. И. А. Гуськов и др. Оптимизация и экспериментальное исследование коэффициента пропускания голограммного дисплея волноводного типа;

8. В. М. Петров и др. LiSrAlF<sub>6</sub>:Cr лазер с решеткой Брэгга: перестройка и генерация двух длин волн;

9. В. И. Курт и др. Методика измерений радиусов кривизны и формы сферических поверхностей линз и зеркал, в том числе пробных стекол, на основе использования аттестованных отражательных амплитудных синтезированных голограмм в качестве оптических образцов;

10. С. В. Ганчевская и др. ДОЭ для формирования вихревого пучка с ультравысоким топологическим зарядом;

11. Н. А. Ивлев и др. Оптическая запись дифракционных микроструктур на поверхности халькогенидного стеклообразного полупроводника для формирования вихревых лазерных пучков;

12. Н. К. Павлычева Дифракционные решетки для спектральных приборов;

13. Г. И. Грейсух и др. Гармоническая дифракционная линза для RGB-светодиодного излучения;

14. В. П. Корольков и др. О методе измерения распределения энергии света по фокусам для матрицы дифракционного компонента бифокальной интраокулярной линзы.

## ГОЛОЭКСПО 2022

1. Г. И. Грейсух и др. Сопоставительный анализ хроматизма склеенного нанокompозитного компонента и дифракционной линзы;

2. Р. С. Стариков Интеллектуальный голографический синтез и нейроподобные оптико-цифровые дифракционные системы;

3. А. А. Кутанов и др. Прямая запись субволновых микроструктур на пленках аморфного кремния излучением полупроводникового лазера с  $\lambda=405$  nm;

4. Н. А. Ивлиев и др. Прямая запись микроструктур в пленках карбазолсодержащего азополимера структурированными лазерными пучками;

5. В.П. Корольков и др. Анализ допусков при формировании двумерных скрещенных решеток методом лазерной литографии и программная коррекция режимов записи;

6. С. С. Стафеев и др. Металинзы для острой фокусировки света и формирования обратных потоков энергии;

7. Д. А. Быков и др. Резонансы в дифракционных решётках с изменяющимся периодом;

8. С. М. Шандаров и др. Динамические отражательные решетки в кристаллах силленитов;

9. Г. И. Грейсух и др. Дифракционная эффективность пилообразных двухрельефных микроструктур в рамках электромагнитной теории дифракции;

10. Д. А. Белоусов и др. Анализ встраиваемых 2D дифракционных сенсорных элементов для контроля долговременной нестабильности систем лазерной записи ДОЭ;
11. С. Н. Корешев и др. Аберрации голограмм, обусловленные нарушением закона Брэгга и вариациями глубины и формы профиля их поверхностной решетки;
12. Л. Л. Досколович Гибридный метод расчета дифракционных оптических элементов, формирующих заданные распределения освещенности;
13. Д. М. Ахметов и др. Сравнительный анализ алгоритмов расчета оптических систем с использованием композитных голограммных оптических элементов;
14. Н. М. Ганжерли и др. Рельефно-фазовые высокочастотные голографические решетки на содержащих желатин светочувствительных средах;
15. Е. Н. Рагозин и др. Создание плоских и вогнутых VLS-решеток для вакуумной области спектра методом интерференционной литографии и их применение;
16. Е. С. Мусихина и др. Осевое мультиплексирование объемных брэгговских решеток с общим углом Брэгга в фото-термо-рефрактивном стекле;
17. П. П. Соколов и др. Особенности формирования и свойства объемных и рельефных решеток в фотополимерных материалах;
18. А. Н. Мельников и др. Возможности лазерно-голографического контроля процессов восстановления расчетной формы и заданного позиционирования компонентов крупноформатной оптической системы в условиях космического базирования на примере телескопа «Миллиметр»;
19. Р. А. Окунь и др. Применение фотополимера Bayfol NX для сжатия импульсов в ИК диапазоне;
20. А. Н. Мельников и др. Делительные машины маятникового типа — новые перспективные средства прецизионного формирования с наноразмерной точностью периодических штриховых структур на поверхностях с большой стрелкой прогиба;
21. Ю. Л. Корзинин и др. Отражательные брэгговские решетки на ФТР стекле: влияние геометрии элемента на его брэгговские параметры.

### **Выводы**

Представленный обзор программ, прошедших пяти конференций позволяет сделать следующие выводы.

Спектр пленарных и секционных докладов охватывал практически все наиболее перспективные, направления развития дифракционной оптики. Были представлены принципиальные подходы к решению актуальных научно-технических проблем с помощью голограммных и дифракционных (включая мета-) элементов, и при этом особое внимание уделялось технологическим вопросам.

Количественное соотношение докладов, сгруппированных по отдельным тематикам, наглядно демонстрирует вышеизложенное:

1. Изображающая голограммная и дифракционная оптика (включая высоко порядковые гармонические элементы) 18 докладов.

2. Элементная база оптических трактов устройств дополненной реальности 5 докладов + семинар «Актуальные вопросы и перспективы развития систем дополненной реальности».
3. Корректоры, компенсаторы, формирователи волнового фронта и специализированных пучков 10 докладов.
4. Технологии синтеза и контроля параметров дифракционных структур - 21 доклад.
5. Голографическая запись дифракционных структур - 7 докладов.
6. Использование голограммных и дифракционных оптических элементов в приборах различного назначения, включая спектральные приборы - 9 докладов.
7. Метаповерхности и резонансные дифракционные решетки - 3 доклада.

Неравномерность распределения количества докладов по тематикам обусловлена комплексом объективных и субъективных факторов, включающих и значимость тематики на сегодня и на перспективу, и научные интересы членов голографического сообщества, и, конечно, современные технологические возможности.

Но самый главный вывод заключается в том, что каждая наша конференция, включая её устные и стендовые доклады, вопросы и ответы на них, а также дискуссии в кулуарах, стимулировали дальнейшие исследования, порождали новые доклады и даже новые тематики, и научные направления.

### Список источников

- [1] Архив тезисов докладов и программ конференций HOLOEXPO Science & Practice за 2004–2022 гг. [Электронный ресурс]. URL: <https://holoexpo.ru/proceedings/?ysclid=lfte7n7e7h618963506>

## Native diffractive optics in the mirror of the HOLOEXPO 2018-2022

*G. I. Greisukh, A. I. Antonov, E. G. Ezhov, O. A. Zakharov*

Penza State University of Architecture and Civil Engineering, Penza, Russia

It is shown that diffractive optics was widely represented in each of the five past conferences by a special section, and the most significant reports of interest to a wide range of participants were submitted to the plenary sessions. At the same time, the topics of the reports covered almost all the most promising areas of development of diffraction optics. Principal approaches to solving current scientific and technical problems using hologram and diffraction (including meta-) elements were presented, and special attention was paid to technological issues.

*Keywords:* HOLOEXPO international conference, Diffractive optics, Hologram and diffractive optical elements.