

УДК 535.34

А. Л. Толстик

ДИНАМИЧЕСКАЯ ГОЛОГРАФИЯ И ЕЕ ПРИМЕНЕНИЯ

*Белорусский государственный университет, пр. Независимости, 4, 220030 Минск,
Беларусь
tolstik@bsu.by*

Работы в области голографии в нашей республике были инициированы Б.И.Степановым в середине 60-х годов, когда в Институте физики АН БССР была создана научная группа по оптической голографии, которую возглавил А.С.Рубанов. Первые шаги были сделаны за счет переноса идей и методов традиционной (статической) голографии на процессы динамической записи и обработки световых полей в нелинейных средах. Основное внимание было обращено на подбор фоточувствительных сред. В 1970 году были выполнены первые работы по записи голограмм в растворах красителей, что привело к открытию нового физического явления – обращения волнового фронта (фазового сопряжения) световых волн при четырехволновом взаимодействии [1]. В последующем были развиты физические основы динамической голографии, установлена ее тесная связь с нелинейной оптикой и разработаны новые методы использования динамических голограмм для управления пространственной структурой световых пучков, оптической обработки и записи информации.

В представленном докладе проанализирована история возникновения и развития динамической голографии, выявлены новые направления практического использования результатов в науке и технике. Рассмотрение проведено как с позиции классической голографии, так и с использованием нелинейно-оптического подхода на основе схем многоволнового взаимодействия, реализуемого в условиях проявления нелинейностей третьего, пятого и более высоких порядков. Показана взаимосвязь брэгговской дифракции на отдельных компонентах динамической решетки с нелинейной оптической восприимчивостью соответствующего порядка [2].

Новое направление в области динамической голографии возникло при использовании для записи голограмм сингулярных световых пучков (оптических вихрей). Проведенные теоретические и экспериментальные исследования многоволновых взаимодействий в резонансных средах с участием сингулярных пучков продемонстрировали возможности использования сингулярных голограмм в системах управления пространственной и фазовой структурой лазерного излучения. При этом возможна реализация мультиплицирования топологического заряда при использовании различных порядков дифракции, а также частотного преобразования изображений, что перспективно для визуализации 3D изображений и пучков со сложной топологической структурой. Не менее перспективно использование таких пучков для кодирования информации при рассмотрении поляризации и топологического заряда светового пучка в качестве информационных параметров [3].

Дополнительные возможности открывает поляризационная запись динамических голограмм, при которой опорная и сигнальная волны поляризованы ортогонально. В

этом случае суммарная интенсивность остается постоянной, но имеет место пространственная модуляция поляризации света в соответствии с разностью фаз записывающих голограмму волн. Показана возможность записи поляризационных голограмм как за счет эффекта светоиндуцированной анизотропии поглощения, так и за счет зависимости интенсивности насыщения поглощения раствора красителя от поляризации лазерного излучения. Выявленные закономерности представляют интерес для реализации схем динамического фазово-поляризационного преобразования лазерных импульсов.

Особое внимание в настоящее время уделяется практическому использованию динамических голограмм для управления лазерными пучками и преобразования волнового фронта световых пучков в реальном времени, адаптивной интерферометрии и диагностики сред методом динамических решеток. Метод динамических решеток имеет важные особенности, использование которых дает ряд преимуществ по сравнению с другими оптическими методами диагностики. Показана возможность выделения различных механизмов нелинейности за счет изменения длины волны лазерного излучения и периода динамических решеток, а также измерения светоиндуцированного показателя преломления и нелинейной оптической восприимчивости. Продемонстрированы методики измерения параметров объемных и тонкопленочных полупроводников и активированных кристаллов (термооптический коэффициент, коэффициент температуропроводности, время жизни носителей заряда, время жизни возбужденного состояния и др.). При этом для люминесцирующих сред решается проблема вторичного поглощения спонтанно испущенных фотонов. Анализ теплового и термоупругого механизмов изменения показателя преломления позволяет выбрать атермальные направления, обеспечивающие компенсацию наведенной анизотропии в активированных кристаллах.

В заключение следует отметить, что за 50 лет своего развития динамическая голография прошла путь от первых экспериментов по записи динамических голограмм в растворах красителей к созданию устройств управления лазерными пучками и преобразования 3 D изображений в реальном времени. Широкое практическое использование получили методы бесконтактной диагностики светочувствительных сред на основе анализа процессов записи и релаксации динамических решеток (методы пространственно модуляционной спектроскопии), которые позволили измерить нелинейно-оптические, термооптические и кинетические параметры материалов, используемые в современной фотонике.

- [1] Степанов Б. И. О регистрации плоских и объемных динамических голограмм в просветляющихся веществах / Б.И. Степанов, Е.В. Ивакин, А.С. Рубанов // ДАН СССР – 1971. – Т. 196. – С. 567.
- [2] Rubanov A. S. Nonlinear formation of dynamic holograms and multiwave mixing in resonant media / A. S. Rubanov, A. L. Tolstik, S. M. Karpuk, O. Ormachea // Optics Communications – 2000. – Vol. 181. – P. 183.
- [3] Tolstik A. L. Singular dynamic holography // Russian Physics Journal. – 2016. – V. 58. – P. 1431.