

ЛАЗЕРНО-ГОЛОГРАФИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ОПЕРАТИВНОЙ ЗАПИСИ И ГОЛОГРАММ НА ФОТОТЕРМОПЛАСТИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛАХ ИЗЛУЧЕНИЕМ ДВУХКАНАЛЬНОГО YAG: Nd-ЛАЗЕРА

Для расширения функциональных возможностей лазерно-голографических систем, осуществляющих регистрацию голограмм на фототермопластических (ФТП) материалах, предложено использовать двухканальный YAG: Nd-лазер [1]. Ранее реализация метода записи и проявления голограмм с помощью излучения двух длин волн ($\lambda_1 = 1,064$ мкм и $\lambda_2 = 0,532$ мкм) осуществлялась с помощью YAG: Nd-лазера с составным резонатором. В нем при генерации излучения как для экспонирования (λ_2) так и для проявления (λ_1) использовалось излучение только одной поляризации. В этой схеме введение в основной резонатор диафрагмы для селекции поперечных мод и сужения спектра генерации излучения для экспонирования приводило к уменьшению энергетического выхода ИК излучения из составного резонатора в канал проявления. Разработанное на базе этого лазера устройство регистрации [2] предназначено для локальной записи Фурье-голограмм плоских транспарантов или тонких прозрачных сред.

Задача разработки высокоскоростных систем регистрации для контроля технологических процессов и исследования динамики быстротекущих процессов по-прежнему актуальна. Описываемая лазерно-голографическая система предназначена для записи голограмм Френеля широкого класса диффузно-отражающих объектов, объемных сцен, изделий электронной техники. Длина волны излучения экспонирования (λ_2) двухканального лазера соответствует области спектральной чувствительности подавляющего большинства разработанных типов ФТП-материалов [3].

При записи голограмм Френеля размер поля голографирования и область проявления на поверхности ФТП-материала больше. Учитывая различные требования к спектральным и энергетическим параметрам излучения с λ_1 и λ_2 , трудность состоит в том, чтобы обеспечить когерентные свойства излучения экспонирования (λ_2) без снижения энергетического выхода ИК излучения с λ_1 в канал проявления. Кроме того, профиль лазерного пучка, используемого для проявления записи, должен быть однородным. Как известно, временная и пространственная структура лазерного пучка определяются модовым составом излу-

чения. В двух случаях она не имеет мелкомасштабных неоднородностей при работе на одной нижней поперечной моде и при работе при большом числе поперечных мод В [2] при формировании излучения для каналов экспонирования и проявления применялся первый вариант. Использование двухканального лазера позволяет применить второй вариант без ухудшения когерентных свойств излучения с λ_2 . При этом удается обеспечить однородность профиля лазерного пучка с λ_1 в канале проявления

Создание различных каналов генерации лазера осуществлялось путем построения автономных, поляризационно независимых резонаторов для p - и s -компонент излучения активного элемента. Для внутрирезонаторного выделения p - и s -компонент излучения использовался тонкопленочный диэлектрический поляризатор ($T_p^{1,064} > 0,95$, $R_s^{1,064} \geq 0,99$). Для пространственного разделения излучения с длинами волн λ_1 и λ_2 предложена схема развязки на основе двухчастотного поляризатора. Он помещался в резонатор с селективным выходным зеркалом ($T^{1,53} \approx 0,9$; $R^{1,064} \approx 0,99$).

Лазерно-голографическая система построена таким образом, чтобы генерация моноимпульса для канала экспонирования осуществлялась на p -компоненте излучения, а импульса свободной генерации для канала проявления - на s -компоненте излучения. Этот выбор обусловлен свойствами двухчастотного поляризатора узла развязки. Он обладает высоким ($\sim 0,99$) коэффициентом отражения s -компоненты излучения и свойствами селектора для проходящей p -компоненты излучения. Это приводит к сужению спектра излучения, генерируемого в основном резонаторе для канала экспонирования. При этом в автономном резонаторе для s -компоненты излучения потери минимальны.

Применялся внутрирезонаторный метод удвоения частоты излучения. При этом использовался удвоитель частоты с 00-е типом преобразования, обеспечивающим взаимно-ортогональные ориентации вектора поляризации излучения основной и удвоенной частот.

При регистрации голограмм Френеля важно обеспечить однородную пространственную и временную структуры лазерного импульса с длиной волны λ_1 , который используется для проявления записи. При этом его длительность должна находиться в миллисекундном диапазоне, характерном для данного процесса. Была рассчитана длинная разрядная линия блока накачки. Она обеспечивала получение импульсов накачки длительностью 4-4,5 мс

Оптическая схема лазерно-голографической системы для оперативной записи и проявления голограмм Френеля на фототермопластических материалах с помощью излучения двух длин волн. λ_1 и λ_2 двухканального YAG: Nd-лазера показана на рис. 1.

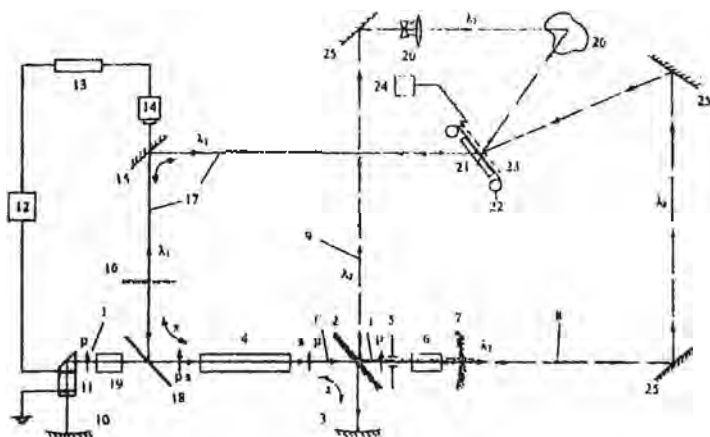


Рис. 1 Лазерно-голографическая система оперативной записи и проявления голограмм Френеля на фототермопластических материалах излучением двух длин волн. (1,064 мкм и 0,532 мкм) двухканального YAG: Nd-лазера:

1 – основной резонатор 2 – двухчастотный диэлектрический поляризатор. 3 – “глухое” зеркало автономного резонатора для λ -компоненты излучения с λ_1 ; 4 – активный элемент из YAG: Nd размерами 6,3x6,5 мм; 5 – дифракция; 6 – удвоитель частоты излучения с (К)-с типом преобразования; 7 – селективное зеркало с коэффициентом отражения $\sim 0,99$ на λ_1 и коэффициентом пропускания $\sim 0,8$ на λ_2 ; 8, 9 – опорный и предметный каналы голографической схемы экзонирования 10 – “глухое” зеркало основного резонатора с коэффициентом отражения $\sim 0,99$ на λ_1 ; 11 – электрооптический модулятор из кристалла ДКДП; 12 – блок управления модулятора; 13, 14 – линии задержки и фотоэлемент цепи управления; 15 – поворотное зеркало с коэффициентом отражения $\sim 0,99$ на λ_1 ; 16 – полупрозрачное ($\sim 0,5$) зеркало автономного резонатора для λ -компоненты излучения с λ_1 ; 17 – оптический канал для ИК излучения проявления с λ_1 ; 18 – поляризационное зеркало с коэффициентом отражения $\sim 0,99$ для λ -компоненты излучения с λ_1 ; 19 – селектор продольных типов колебаний из плавнистого кварца с битой – 11 мм; 20 – кондензатор (x5); 21 – лямбда-держатель; 22 – ФТП-материал; 23 – средство электростатической зарядки поверхности ФТП-материала; 24 – блок управления устройством записи. 25 – поворотные шкала. 26 – объект

Разделение компонент с p - и v -ориентацией плоскости поляризации осуществлялось при падении излучения активного элемента 4 на диэлектрический двухчастотный поляризатор 2 в направлении l' , а также на поляризатор 18 в обратном направлении. В результате в ос-

новом резонаторе 1, образованном диэлектрическими зеркалами 7-10, оставалось только p -поляризованное излучение. Для него был открыт путь через диафрагму 5 к удвоителю частоты излучения 6.

Из узла поляризационной развязки 1, 3, 5, 7 излучение удвоенной частоты с λ_2 выходило через селективное зеркало 7 в канал 8 голографической схемы экспонирования. Отраженное зеркалом 7 p -поляризованное излучение основной длины волны λ_1 вновь проходило удвоитель 6. Излучение второй гармоники с λ_2 отражалось двухчастотным поляризатором 2 в другой канал 9 голографической схемы экспонирования.

Поляризатор 2 одновременно выполнял функции выделения p - и s -компонент ИК излучения основной частоты с λ_1 и отражения s -поляризованного излучения второй гармоники с λ_2 из основного резонатора 1 в голографическую схему экспонирования 8, 9.

Применение удвоителя частоты излучения с 00-е гипом преобразования 6 совместно с двухчастотным поляризатором 2 обеспечило внутррезонаторную, поляризационную развязку p - и s -компонент излучения с λ_1 и пространственное разделение излучения основной и удвоенной частот соответственно с λ_1 и λ_2 .

Другой путь открыт для s -компоненты излучения с λ_1 , отраженной поляризатором 18 в направлении зеркала 3. Для нее создан автономный резонатор 3, 16, оптически связанный с каналом проявления 17.

Дополнительное введение диафрагмы 5 и селектора продольных типов колебаний 19 в основной резонатор обеспечило сужение спектра излучения для экспонирования до $0,03-0,04 \text{ см}^{-1}$.

Переключение каналов генерации лазера в процессе записи и проявления голограмм на ФТП-материалах осуществлялось с помощью электрооптического затвора 11 с блоком управления 12 и цепью управления с линией задержки 13 и фотозлементом 14.

Для получения однородного распределения энергии в поперечном сечении лазерного пучка необходимо обеспечить многомодовый режим генерации. Он реализуется в резонаторах полусферической конфигурации с большим вырождением. Каждой моде соответствует определенная пространственная картина стоячей волны и своё распределение интенсивности. Наложение большого количества мод дает практически однородную интегральную картину распределения по пятну генерации. Каустика автономного резонатора для s -компоненты излучения, заполнение активного элемента полем излучения и его положение в резонаторе регулировались изменением положения зеркала

3. Это не влияет на режим генерации в резонаторе ≈ 10 для p -компоненты излучения. Результаты фотометрирования показали, что в выделенной основной части пятна генерации пространственная неоднородность излучения не превышает 3%. В зоне проявления голограмм плотность энергии излучения регулировалась в интервале 0,5–1,2 Дж/см².

Как известно, ФТП материалы имеют резонансный вид частотной передаточной характеристики. Поэтому оптические голограммы регистрируют только определенный спектр пространственных частот

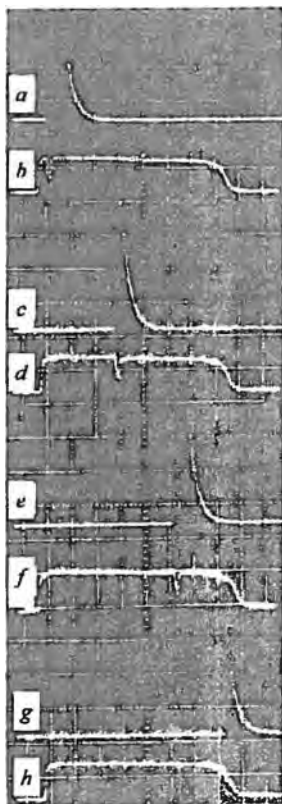


Рис 2 Осциллограммы импульсов излучения экспонирования (*a, c, g*) и проявления (*b, d, f, h*) при различных задержках включения канала экспонирования [0,2 (*a*), 1,5 (*c*), 2,8 (*e*), 3,8 (*d*) мс]. Регистрация осуществлялась с помощью запоминающего осциллографа СЯ-11. На развертках представлены осциллограммы импульсов излучения моноимпульсной генерации с λ_0 (30 нс), полученные в независимом канале для p -компоненты излучения. Их амплитуда превышает диапазон регистрации. Разрыв в линии развертки соответствует моменту генерации моноимпульса в основном резонаторе с p -компонентой излучения. На развертках (*b, d, f, h*) представлены осциллограммы импульсов излучения квазициклонотрон свободной генерации (4 нс), полученные в независимом канале для s -компоненты излучения

Однако процесс записи на ФТП-материалах обладает уникальной особенностью. На полосу регистрируемых пространственных частот

можно влиять в процессе записи. Это осуществляется путем изменения скорости теплового воздействия и прерывания проявления при достижении заданных значений длительности экспозиции голограммы. Трудно изменять скорость теплового нагрева за малые (миллисекундный диапазон) времена воздействия при использовании обычных резистивных нагревательных элементов. Как показали наши эксперименты, это легко сделать с помощью ИК лазерного излучения.

На рис. 2 представлены осциллограммы импульсов излучения экспонирования (*a, c, e, g*) и проявления (*b, d, f, h*) в независимых каналах генерации двухканального YAG: Nd-лазера. Импульсы проявления имеют форму близкую к прямоугольной. Можно получать импульсы проявления различной формы с максимумом интенсивности в начале, середине и далее. Это позволяет изменять скорость нагрева ФТП-материала в процессе формирования голограммы. Данный режим проявления служит для проявления широкой полосы пространственных частот. Ранее нами было установлено расширение полосы эффективно регистрируемых пространственных частот на 200 мм^{-1} .

Применение двухканального YAG: Nd-лазера в лазерно-голографических системах регистрации оптической информации на ФТП-материалах позволяет обеспечить оперативную запись и раздельное управление спектральными и энергетическими параметрами излучения экспонирования и проявления. Тем самым повышается способность системы адаптироваться к различным условиям практических применений.

Литература

1. Ковалев А.А., Жиднович С.Н. Импульсный двухканальный Nd YAG-лазер с поляризационной внутрирезонаторной развязкой для голографических систем записи на фототермопластических средах // Квантовая электроника. Материалы II междунар. науч.-техн. конф. Мн.: БГУ 1998. С. 61.
2. Ковалев А.А., Жиднович С.Н. Устройство на основе импульсного YAG: Nd-лазера с составным резонатором и удвоением частоты излучения для записи и проявления голограмм на фототермопластических средах // Лазерная и оптико-электронная техника: Сб. науч. статей. Вып. 5. Мн.: БГУ 2000. С. 80–86.
3. Александрова Е.И., Черкасов Ю.А. Полиимиды: новые свойства электрофотографических и фототермопластических структур для оптических информационных технологий // Оптический журнал. 2000. Т. 67, № 3. С. 41–49.