

42. Применение микрозеркальных модуляторов для вывода голографических и дифракционных оптических элементов в задачах оптического кодирования и распознавания

Д. Ю. Молодцов, В. В. Краснов, П. А. Черёмхин, В. Г. Родин

Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ», Москва, Россия

Представлены экспериментальные результаты по использованию микрозеркальных модуляторов в качестве устройств отображения голографических и дифракционных оптических элементов. Описаны возможности применения микрозеркальных модуляторов при решении задач оптического кодирования и распознавания.

Ключевые слова: микрозеркальный модулятор, синтезированная голограмма, корреляционный анализ, оптическое кодирование.

Цитирование: Молодцов, Д. Ю. Применение микрозеркальных модуляторов для вывода голографических и дифракционных оптических элементов в задачах оптического кодирования и распознавания / Д. Ю. Молодцов, В. В. Краснов, П. А. Черёмхин, В. Г. Родин // HOLOEXPO 2018 : XV международная конференция по голографии и прикладным оптическим технологиям : Тезисы докладов. — М. : МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2018. — С. 180–182.

В последнее время широко развилась технология создания микрозеркальных модуляторов, которые осуществляют амплитудную модуляцию с помощью отражения светового потока от матрицы микрозеркал, поэтому излучение не претерпевает паразитную фазовую модуляцию. Быстродействие таких модуляторов на два-три порядка превышает быстродействие жидкокристаллических пространственно-временных модуляторов света, поэтому они могут быть успешно использованы в качестве устройств оперативного вывода голографических и дифракционных оптических элементов в задачах оптического кодирования и распознавания.

Однако при использовании микрозеркальных модуляторов в качестве устройства вывода голограмм существует ряд жестких требований к характеристикам оптического качества устройства (однородность структуры, плоскостность и др.), которые не играют большой роли, когда модулятор используется, например, для проецирования изображения. Однако при использовании модулятора в качестве устройства вывода голограмм, происходит ощутимое ухудшение восстанавливаемого импульсного отклика [1] из-за имеющихся технологических погрешностей: погрешности угла наклона микрозеркал, погрешности ориентации оси

наклона микрозеркал, плоскостности поверхности модулятора.

На основании проведенных ранее экспериментов [2, 3] было установлено, что для качественного восстановления голограмм на модуляторе, необходимо осуществлять вывод голограмм на определенном ограниченном участке его матрицы, размеры которого определяются экспериментально для каждого образца модулятора. В частности, для чипа sl076 7402 производства Texas Instruments 0.7 XGA 12° DDR (серия DLP7000) с разрешением 1024×768 пикселей при шаге матрицы 13,68 мкм размер условно плоского участка составляет 1,4 мм, что позволяет с допустимым качеством выводить голограммы размером не более 400×400 пикселей. В качестве примера на рис. 1 приведена карта качества поверхности исследованного чипа: светлые области имеют удовлетворительную плоскостность, темные области имеют наибольшую искривленность, качество восстановления голограмм с данных областей плохое. На рис. 2 представлено изображение импульсного отклика голограммы размером 384×384 пикселей, содержащей решетки с периодом в 2, 3 и 7 и 8 пикселей (голограмма выводилась на участок поверхности с наилучшей плоскостностью). Качество восстанавливаемого изображения можно считать

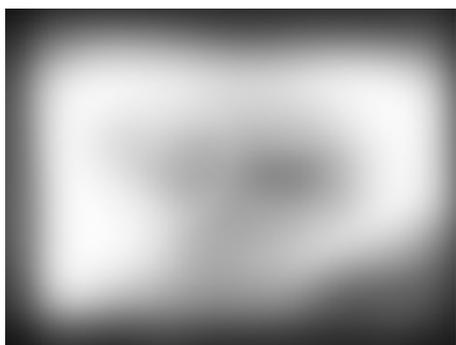


Рис. 1. Карта качества поверхности исследованного модулятора

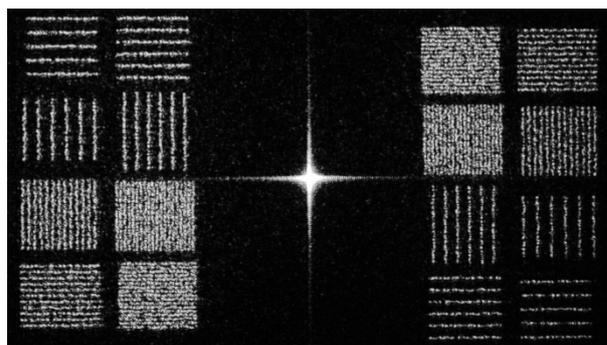


Рис. 2. Импульсный отклик голограммы размером 384×384 пикселей (голограмма выводилась на участок поверхности с наилучшей плоскостностью)

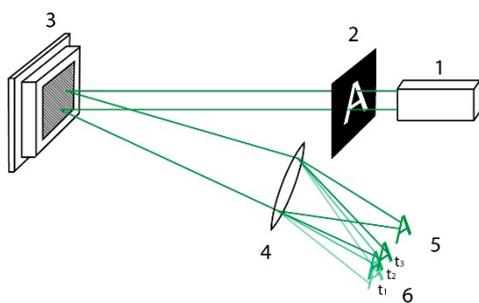


Рис. 3. Принципиальная схема устройства при работе в режиме оптического кодирования

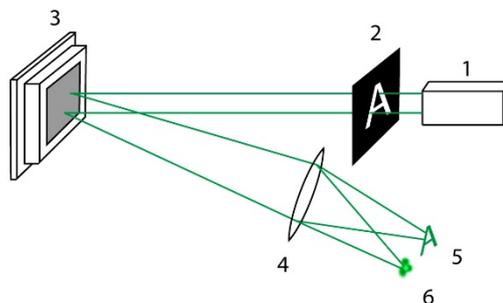


Рис. 4. Принципиальная схема устройства при работе в режиме оптического распознавания

приемлемым, что позволяет использовать такой модулятор в задачах оптического кодирования и распознавания.

Была разработана схема оптического процессора, позволяющего в зависимости от назначения осуществлять операции кодирования или распознавания, принципиально не меняя всей схемы процессора.

Принципиальная схема процессора при работе в режиме оптического кодирования представлена на рис. 3. Она включает источник излучения 1, входной объект 2, микрозеркальный модулятор 3 и Фурье-объектив 4. Отраженное излучение можно наблюдать в нулевом порядке дифракции 5, первый порядок дифракции 6 в разные моменты времени содержит в себе кодируемые изображения входного объекта, суммируемые с помощью регистрирующего устройства в течение времени экспозиции. В режиме оптического кодирования применяется метод временного интегрирования [4], при котором на регистрирующую камеру за время экспозиции нужно подать несколько изображений входного объекта, подвергшихся линейному переносу в разные моменты времени. С этой целью на микрозеркальный модулятор необходимо выводить в эти моменты Фурье-голограммы с записанными на них импульсными откликами точки в различных координатах. Таким образом, модулятор будет играть роль движущегося зеркала, которое будет перемещать изображение в первом порядке дифракции (область 6 на рис. 3)

В [5] была теоретически обоснована возможность использования микрозеркальных модуляторов для вывода голографических фильтров в дисперсионных корреляторах. Это во-многом объясняется тем фактом, что распознавание в таких корреляторах происходит в некогерентном свете, а микрозеркальный модулятор формирует изображение путём последовательного переключения микрозеркал, т. е. в нём осуществляется только амплитудная модуляция излучения.

Принципиальная схема устройства, работающего в режиме оптического распознавания, представлена на рис. 4. Также как в режиме кодирования схема включает источник излучения 1, входной объект 2, микрозеркальный модулятор 3 и Фурье-объектив 4. В нулевом порядке дифракции 5 формируется отраженное излучение, а первый порядок дифракции 6 содержит в себе сигнал корреляции между входным объектом и

объектом, записанном на выводимом на модулятор голографическом фильтре. В режиме оптического распознавания регистрирующая камера следит за появлением в корреляционном сигнале пика, который будет говорить о факте совпадения распознаваемого и опорного объектов. При этом модулятор будет поочередно сменять специальным образом синтезированные голографические фильтры под различные опорные объекты.

Как видно из рис. 3 и 4, с помощью одной и той же оптической схемы возможно осуществлять как оптическое кодирование входных изображений в одном режиме работы, так и оптическое распознавание — в другом. В зависимости от цели использования устройства будет необходимо лишь изменить режим работы регистрирующей камеры и Фурье-фильтры, выводимые на модулятор.

Использование микрозеркального модулятора в данном случае даёт возможность крайне быстрой смены выводимых голографических фильтров (при использовании специального контроллера для микрозеркального модулятора — до 32 кГц). Таким образом, можно осуществлять кодирование за меньшее время, чем при использовании ЖК-ПВМС [6]. В том числе это даёт возможность кодировать видеоряд (так как за время одного кадра будет возможным вывести достаточно голографических фильтров, чтобы сформировать в регистрирующей плоскости криптоустойчивое закодированное изображение). Для распознавания это также даёт ощутимые преимущества: можно распознать объект за меньшее время, что всегда критично в задачах распознавания. Кроме того, сам тип модулятора теоретически позволяет работать с некогерентным излучением, а это значит, что подобное устройство сможет функционировать непосредственно в излучении, отраженном или испущенном непосредственно от объекта наблюдения, без необходимости преобразования его в монохроматическое излучение.

Таким образом, использование микрозеркального модулятора представляется интересным и перспективным решением не только в схемах оптического распознавания, но и оптического кодирования, благодаря существенно более высокому быстродействию таких модуляторов по сравнению с ЖК-ПВМС. При этом принцип работы таких модуляторов теоретически позволяет сильно упростить схему устройства, объединив

в нём возможности и распознавания, и кодирования без использования внутреннего лазерного канала освещения.

Благодарность

Работа была выполнена при частичной поддержке гранта «УМНИК» (заявка № 34647 договор № 12705ГУ/2017 от 24.04.2018).

Список источников

- [1] **Chao T.-H.** High-speed optical processing using digital micromirror device / T.-H. Chao, T. T. Lu, B. Walker, G. Reyes // Proceedings of SPIE. — 2013. — Vol. 9094. — P. 909402.
- [2] **Molodtsov D. Yu.** Object recognition in non-coherent optical correlator based on DMD-modulator illumination / D. Yu. Molodtsov, V. G. Rodin // Proceedings of SPIE. — 2016. — Vol. 10176. — P. 101761A.
- [3] **Molodtsov D. Yu.** Impact of DMD-SLMs errors on reconstructed Fourier holograms quality / D. Yu. Molodtsov, P. A. Cheremkhin, V. V. Krasnov, V. G. Rodin // Journal of Physics: Conference Series. — 2016. — Vol. 737. — P. 012074.
- [4] **Evtikhiev N. N.** Method of optical image coding by time integration / N. N. Evtikhiev, S. N. Starikov, P. A. Cheryomkhin, V. V. Krasnov, V. G. Rodin // Proceedings of SPIE. — 2012 — Vol. 8429 — P. 84291P.
- [5] **Molodtsov D. Yu.** The Possibility of using DMD SLM for hologram filters displaying in dispersive correlator / D. Yu. Molodtsov, V. G. Rodin, S. N. Starikov // Physics Procedia. — 2015. — Vol. 73. — P. 338–342.
- [6] **Park M.-C.** Properties of DMDs for holographic displays / M.-C. Park, B. R. Lee, J.-Y. Son, O. Chernyshov. // Journal of Modern Optics. — 2015. — Vol. 62:19. — P. 1600–1607.

The use of micromirror modulators for holographic and diffractive optical elements displaying in optical coding and optical recognition

D. Y. Molodtsov, V. V. Krasnov, P. A. Cheremkhin, V. G. Rodin
National Research Nuclear University “MEPhI”, Moscow, Russia

Experimental results of using of micro-mirror modulators as display devices for holographic and diffractive optical elements are presented. The possibility of utilizing of micromirror modulator in of problems of optical coding and optical recognition are described.

Keywords: Micromirror modulator, Synthesized hologram, Correlation analysis, Optical coding.