

Индикатор на лобовом стекле с брэгговскими решетками вывода на фото-термо-рефрактивном стекле

С. А. Иванов, Е. С. Мусихина, Н. В. Никоноров, Д. Соболев

Университет ИТМО, Санкт-Петербург, Россия

В работе представлен вариант системы индикатора на лобовом стекле на основе световодной пластины и брэгговских решеток вывода. Ввод изображения в световод осуществляется за счет призмы, что позволяет обеспечить высокую яркость картинки. Вывод изображения реализуется за счет голограмм на фото-термо-рефрактивном стекле. Особенностью данной системы является то, что зона вывода существенно превышает размеры одиночной голограммы и набирается за счет плиточного мощения всей зоны отдельными элементами. В работе рассмотрены проблемы такого подхода при совмещении отдельных плиток для вывода общей картинки.

Ключевые слова: ИЛС, Дифракционные оптические элементы, Фото-термо-рефрактивное стекло, Брэгговские решетки.

Цитирование: **Иванов, С. А.** Индикатор на лобовом стекле с брэгговскими решетками вывода на фото-термо-рефрактивном стекле / С. А. Иванов, Е. С. Мусихина, Н. В. Никоноров, Д. Соболев // НОЛОЕХРО 2023: 20-я Международная конференция по голографии и прикладным оптическим технологиям : Тезисы докладов. — СПб.: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2023. — С. 175–178.

Введение

На сегодняшний день технологии дополненной реальности активно развиваются и уже несколько компаний имеют рабочую платформу на основе волноводных комбинеров с дифракционными элементами для ввода и вывода изображения. Использование таких элементов и волновода в целом позволяют существенно сократить вес такого устройства и габаритные размеры проекционной системы. Недавно, также был продемонстрирован прототип системы дополненной реальности носимого устройства на объемных брэгговских решетках на фото-термо-рефрактивном (ФТР) стекле [1,2]. Помимо очевидного преимущества стекла в том, что оно одновременно выполняет функции материала для записи дифракционных элементов и для волноводного распространения излучения, было показано, что системы ввода/вывода на основе объёмных брэгговских элементов за счет высокой спектрально-угловой селективности позволяют избежать таких проблем как посторонние блики в системе. А также было показано, что выходное поле, передаваемое одной решеткой существенно больше, чем ее контур селективности. Однако в случае систем индикации на лобовом стекле (ИЛС) встала другая проблема, а именно, размер таких индикаторов обычно составляет 200–300 мм, в то время как элементы из ФТР стекла на данный момент могут быть изготовлены лишь с размерами до 50 мм. В работе рассматривается вариант решения такой проблемы за счет мощения рабочей площади ИЛСа элементами из ФТР стекла меньшего размера.

1. Используемые методы и подходы

Для проведения эксперимента на базе научно-исследовательского центра оптического материаловедения университета ИТМО было синтезировано фото-термо-рефрактивное стекло [2]. Синтез стекла производился в высокотемпературной лабораторной печи Carbolite GERO при температуре 1440°C в платиновом тигле. Перемешивание расплава осуществлялось платиновой мешалкой. Отжиг стекла производился в муфельной печи в течение 10 ч при температуре 485°C.

Для записи элементов были изготовлены пластины 20x15x2мм. Поверхность образцов была предварительно отшлифована и отполирована.

Запись решеток в ФТР стекле осуществлялась путем облучения стекла излучением гелий-кадмиевого лазера Kimmon K Series IK3501R-G с длиной волны излучения 325 нм.

Проявление голограмм осуществлялось с помощью термообработки в муфельной печи Nabertherm N11/2 при температуре $\approx 500^\circ\text{C}$ в течение 6 часов. Нагрев печи производился со скоростью 5°C в минуту.

2. Результаты

Как и в предыдущей работе элементы вывода были основаны на пропускающих брэгговских решетка, так как такие решетки проще всего записать ультрафиолетовым излучением из воздуха. Решетки были рассчитаны на работу в зеленом цвете с центральной длиной волны 540 нм. Параметры всех решеток в системе были одинаковы. Макет ИЛСа с мощной зоной вывода представлен на рис.1. В качестве элемента ввода излучения в волновод была использована призма. Такой подход позволяет радикально повысить эффективность ввода. Призма и ФТР стекло были приклеены на оптический клей на поверхность волновода. Разница в толщине волновода в области без ФТР элементов была компенсирована дополнительной кварцевой пластиной. В случае отсутствия такой пластины в выводимом изображении появлялась существенная темная полоса, так как положительный перепад высот приводит к тому, что в зоне вывода появляются области без лучей.



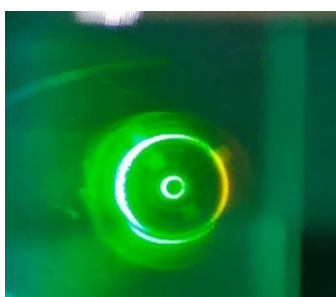
Рис. 1. Фотография макетного образца ИЛС с 4 сегментами из ФТР стекла в зоне вывода

На первой итерации была собрана система из 4 решеток сразу после термической обработки. Анализ изображения ан выходе системы показал, что несмотря на то, что все

решётки имели одинаковые параметры, само стекло в процессе термообработки деформируется. Эти деформации достаточны для того, чтобы повлиять на положение выводимого изображения на бесконечности. Таким образом, собрать полноценное изображение из 4 сегментов не удалось. Основной проблемой было горизонтальное и вертикальное смещение (рис. 2б) выводимых изображений отдельными элементами. Более того, было показано, что деформации также искажают ход лучей, что приводит к искажению изображения (рис. 2а). В связи с этим после термообработки сегментов ИЛС была проведена дополнительная полировка элементов с клиновидностью, не превышающей 10 угловых секунд. После дополнительной полировки проблема вертикального смещения изображения ушла полностью, однако, горизонтальное смещение все еще присутствовало в системе и было обусловлено переменной толщиной клеевого слоя под каждым отдельным элементом. Для исключения второй проблемы был собран специальный стенд, с помощью которого при размещении образцов на волноводе перед склейкой можно было отрегулировать положение каждой пластины так, чтобы изображение на бесконечности не двоилось. В результате отдельные сегменты удалось выставить с достаточной точностью чтобы изображение на бесконечности не раздваивалось (рис.2в). Дополнительные эксперименты показали, что изменение геометрии сегментов, приводит к радикальному ухудшению качества выводимого изображения, а именно к вертикальному расхождению картинок от разных сегментов.



а) изображение, выведенное необработанной решеткой



б) горизонтальный стык на краю изображения



в) вертикальный стык в центре изображения

Рис. 2. Фотография изображения, выводимого системой в различных частях ИЛСа

3. Заключение

В результате работы был создан макет ИЛС с мощеной зоной вывода. Зона вывода была собрана из четырех сегментов. Каждый сегмент представлял собой записанную на ФТР стекле объемную брэгговскую решетку вывода. Изображение заводилось в волновод за счет призмы. Было показано, что такая система отлично работает при несимметричном вводе. Изменение геометрии образцов после записи радикально влияет на качество выводимого изображения. Также установлено, что полировка образцов после термообработки обязательна.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

- [1] **Odinokov S. B.** Augmented reality display based on photo-thermo-refractive glass planar waveguide // *Odinokov, S. B., Shishova, M. V., Markin, V. V., Lushnikov, D. S., Zherdev, A. Y., Solomashenko, A. B., ... & Ivanov, S. A.* // *Optics Express*. – 2020. – Т. 28. – №. 12. – С. 17581-17594.
- [2] **Иванов, С. А.** Световодный оптический комбинер на фото-термо-рефрактивном стекле с брэгговскими решетками для нашиваемых дисплеев / С. А. Иванов, Е. С. Мусихина, Н. В. Никоноров // *HOLOEXPO 2022: XIX Международная конференция по голографии и прикладным оптическим технологиям : Тезисы докладов*. — Барнаул: ИП Колмогоров И. А., 2022. — С. 165–167.

Lightguiding head up display with tiled up Bragg out-coupler on photo-thermo-refractive glass

S. Ivanov, E. Musikhina, Nikolay Nikonorov, D. Sobolev

ITMO University, Saint Petersburg, Russia

In present paper head up display system based on combination of light-guiding slab and Bragg out-coupler is presented. Image in-coupling into light guiding slab is provided by prism, which in turn results in high brightness of an image. Image out-coupler is realised on Bragg gratings recorded in photo-thermo-refractive glass. In our concept out-coupling zone on the light-guiding slab is much bigger than single hologram, therefore this zone is tiled up with several elements. In the paper we consider some problems of such approach. Namely, the aligning of each hologram in order to maintain undisturbed image output.

Keywords: HUD, Bragg gratings, Photo-thermo-refractive glass.