

Оценка влияния погрешностей оптического материала на качество изображения AR-устройства на основе волновода

О. Л. Афанасьева, А. Б. Соломашенко

Московский государственный технический университет им. Н. Э. Баумана, Москва, Россия

Важным фактором, влияющим на качество изображения, которое формирует устройство дополненной реальности на основе волновода, является характеристика оптического материала. Выбор требований к оптической однородности, бессвильности, пузырности, общим и местным ошибкам при разработке документации на волновод и изготовлении подложки должен быть обоснован. В данном докладе приводится описание различных математических моделей для оценки влияния погрешностей оптического материала на качество изображения.

Ключевые слова: Волновод, Дополненная реальность, Оптическое стекло, Пузырь, Включение, Качество изображения.

Цитирование: **Афанасьева, О. Л.** Оценка влияния погрешностей оптического материала на качество изображения AR-устройства на основе волновода / О. Л. Афанасьева, А. Б. Соломашенко // HOLOEXPO 2023: 20-я Международная конференция по голографии и прикладным оптическим технологиям : Тезисы докладов. — СПб.: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2023. — С. 183–185.

В последнее время технология голографических волноводов набирает особую популярность в области систем отображения информации [1]. В некоторых работах был проведён анализ и расчёт основных параметров таких волноводов [2]. Однако влияние качества материала стекла подложки на сформированное волноводом изображение в настоящее время исследовано не в полной мере. Погрешности изготовления оптической поверхности приводят к искажению проходящего через неё волнового фронта, что в свою очередь, вызывает изменение структуры изображения и ухудшение его качества. В связи с тем, что излучение вводится в волновод и распространяется внутри него под углом полного внутреннего отражения (ПВО), ошибки будут накапливаться по мере распространения излучения в пластине [3].

В работе проведён анализ влияния отклонения формы поверхности, а также наличия местных дефектов на качество изображения, осуществлён выбор требований к оптической однородности, бессвильности, пузырности, общим и местным ошибкам подложки волновода. Для оценки влияния различных ошибок и погрешностей изготовления подложки в работе было проведено моделирование голографического волновода в системе автоматизированного проектирования Zemax (рисунок 1).

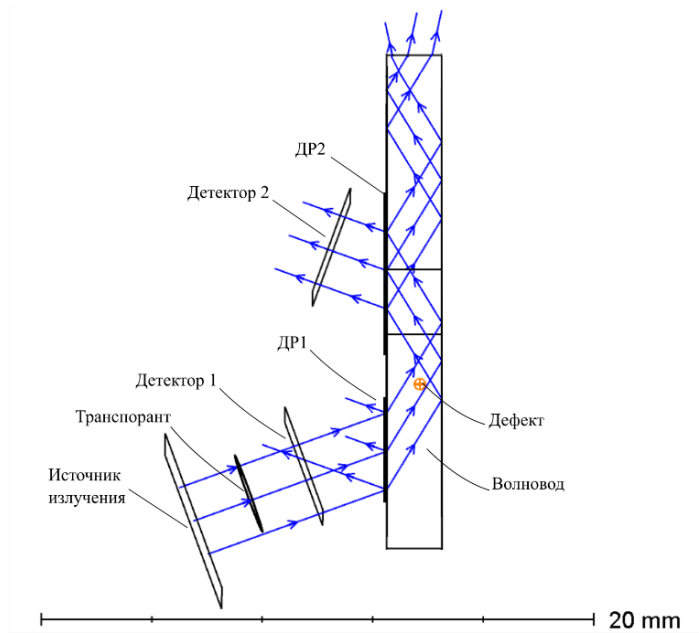


Рис. 1. Схема распространения излучения в волноводе

Система была задана в непоследовательном режиме. Излучение от источника проходит транспарант, после чего регистрируется детектором 1 (рисунок 2а) и попадает на входную область волновода, который, в свою очередь, представляет собой плоскопараллельную стеклянную пластинку с двумя голографическими дифракционными решётками: для ввода (ДР1) и вывода (ДР2) изображения, ориентированными перпендикулярно. Параметры волновода подобраны таким образом, чтобы при попадании на решётку, первый рабочий порядок излучения отклонялся под углом большим или равным углу ПВО. Далее излучение выводится через выводную ДР2, после чего регистрируется детектором 2 (рисунок 2б). Длина подложки волновода составляет – 20 мм, толщина 2 мм.

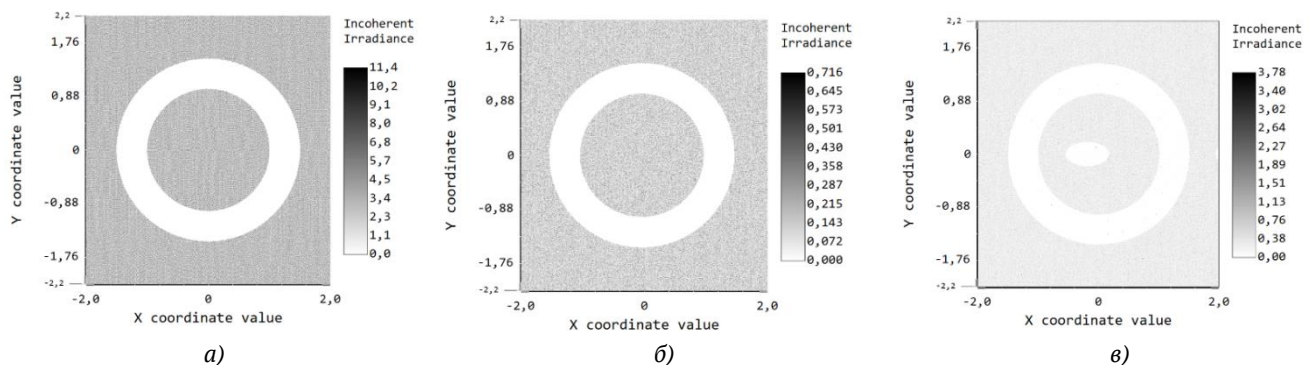


Рис. 2. Изображения, зарегистрированные детектором: (а) – детектор 1; (б) – детектор 2 при отсутствии дефекта; (3) – детектор 2 при наличии дефекта

В результате проведён анализ изменения распределения освещенности при прохождении дефектов (свилей, пузырей), при различных значениях ошибок поверхности N , ΔN подложки. В случае наличия местного дефекта в материале, наблюдалось рассеяние в области его локализации, а также общее падение интенсивности освещенности и локальные паразитные вкрапления высокой интенсивности (рисунок 2в).

При проведении исследований согласно предложенной методике определено, что оптимальными параметрами подложки с точки зрения падения интенсивности, появления шумов, aberrаций и т.п. являются следующие: значения общей и местной ошибок поверхности должны составлять [4] не более 4 и 0,5 колец соответственно, категория и класс пузырьности – 5А (что соответствует максимальному размеру пузыря не более 0,5 мм и количеству пузырей диаметром свыше 0,03 мм в 1 кг не более 3 шт.), категория бессвильности – 3 (не допускаются видимые в проходящем свете потоки свилей; допускаются одиночные и узловы свили).

Благодарность

Исследование проведено в МГТУ им. Баумана в рамках реализации НИР по программе «Приоритет 2030».

Список источников

- [1] Xiong J. et al. Augmented reality and virtual reality displays: emerging technologies and future perspectives //Light: Science & Applications. – 2021. – Т. 10. – №. 1. – С. 216.
- [2] Solomashenko A. et al. Image Quality for Near-Eye Display Based on Holographic Waveguides //Applied Sciences. – 2022. – Т. 12. – №. 21. – С. 11136.
- [3] Äyräs P., Saarikko P., Levola T. Exit pupil expander with a large field of view based on diffractive optics //Journal of the Society for Information Display. – 2009. – Т. 17. – №. 8. – С. 659-664.
- [4] Сокольский М. Н. Допуски и качество оптического изображения //Л.: Машиностроение. – 1989. – Т. 234.

Evaluation of the influence of optical material errors on the image quality of an AR device based on a waveguide

O. Afanaseva, A. Solomashenko

Bauman Moscow State Technical University, Moscow, Russia

An important factor that affects the quality of the image displayed by a waveguide-based augmented reality device is the characteristic of the optical material. Determining the requirements for optical uniformity, inclusions, bubbles, general and local errors in the process of developing documentation for a waveguide and manufacturing a substrate must be justified. A description of various mathematical models for assessing the impact of optical material errors on image quality is described in this report.

Keywords: Waveguide, Augmented reality, Optical glass, Bubble, Inclusion, Image Quality.