

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДА ГЕОМЕТРИЧЕСКОГО ОТОБРАЖЕНИЯ ЛУЧЕЙ ДЛЯ РАСЧЕТА ВЫСОКОЭФФЕКТИВНОЙ МНОГОЗЕРКАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ДОПОЛНЕННОЙ РЕАЛЬНОСТИ

Терло Я.В. (ИТМО)

Научный руководитель – кандидат технических наук, доцент Вознесенская А.О. (ИТМО)

Введение. Оптическая система прибора дополненной реальности (AR) имеет разнообразное техническое воплощение, в виде наборов линз, призм, оптических волокон, зеркал и даже дифракционных или голографических элементов [1]. Применение оптических поверхностей свободной формы на зеркальных элементах (ЗПСФ, [2]) позволяет сократить количество комплектующих оптической схемы AR, что позволяет сильно уменьшить вес прибора при сохранении больших габаритов передающей части и выходного зрачка.

Основная часть. Общий вид канала формирования дополненного изображения представляет собой объект-микродисплей и две ЗПСФ (силовое зеркало и комбинер). Используя метод геометрического отображения лучей (МГОЛ), можно управлять волновыми фронтами в системе, трассируя лучи от объекта до выходного зрачка согласно закону Снеллиуса, который следует из принципа Ферма. Модифицированный МГОЛ позволяет итерационно рассчитывать узловые точки оптических поверхностей в пространстве, реализуя трассировку лучей через систему с сохранением принципа минимизации остаточных aberrаций. Входными данными выступают габаритные характеристики и передняя апертура, а также величины объекта и зрачка в обоих сечениях. Далее поверхность предмета и зрачка разбиваются на точечные сетки, и из каждой точки трассируются лучи в прямом и обратном ходе. В пространстве зеркал происходит сопряжение лучей в прямом и обратном ходе за счет варьирования нормалей к ЗПСФ, и после обеспечения сопряжения лучей с заданной точностью (5 угловых минут) узловые точки ЗПСФ и нормали в двух сечениях фиксируются для дальнейшей аппроксимации. Расчет ЗПСФ осуществляется итерационно, начиная от центров зеркал и вплоть до их краев, что в конце приводит к формированию двух сеток опорных точек – для силового зеркала и для комбинера. Далее эти наборы аппроксимируются пространственным полиномом (по x и y) и кривыми Безье (CAD-моделирование), после чего поверхности интегрируются в Zemax и выполняется анализ aberrаций.

Выводы. Реализовано моделирование системы из двух зеркал с поверхностями свободной формы методом геометрического отображения лучей. Полученная оптическая система обладает малыми остаточными aberrациями на краю поля, что позволяет говорить о высокой степени эффективности использованного метода для синтеза изображающих оптических систем, не обладающих хроматическими aberrациями.

Список использованных источников:

1. Романова, Г. Э. Проектирование оптической системы дополненной реальности на базе световодного комбинера / Г. Э. Романова, В. Н. Васильев, Т. А. Конева // Оптический журнал. – 2019. – Т. 86, № 9. – С. 25-29
2. Bäuerle A., Bruneton A., Wester R., Stollenwerk J., Loosen P. Algorithm for irradiance tailoring using multiple freeform optical surfaces // Optics Express. 2012. V. 20. № 13. P. 14477-14485.
3. Terlo Y.V., Voznesenskaya A. Modeling a freeform mirror surface for AR system using geometric ray-mapping method, Proc. SPIE 13237, Optical Design and Testing XIV, 132370E (27 November 2024); <https://doi.org/10.1117/12.3035924>.