

УДК 535.015

МОДЕЛИРОВАНИЕ ЗЕРКАЛЬНОЙ ПОВЕРХНОСТИ СВОБОДНОЙ ФОРМЫ МЕТОДОМ ГЕОМЕТРИЧЕСКОГО ОТОБРАЖЕНИЯ ЛУЧЕЙ

Терло Я.В. (Университет ИТМО)

Научный руководитель – к.т.н., доцент Вознесенская А.О.
(Университет ИТМО)

В работе рассматривается модифицированный метод геометрического отображения лучей, использующийся для расчета преобразования волновых фронтов в зеркальной передающей системе. В качестве исходных параметров для расчета зеркального элемента выступают наборы лучей, проходящие в системе согласно заданным исходным характеристикам системы. Результаты расчета проверяются с помощью моделирования системы в системе автоматического проектирования оптических систем *Zemax*.

Введение. Применение оптических поверхностей свободной формы (ОПСФ) при разработке оптического прибора позволяет управлять волновыми фронтами (ВФ) за счет меньшего количества компонентов, сохраняя при этом высокое качество изображения [1]. Путь каждого луча определяется законом Снеллиуса, который следует непосредственно из принципа Ферма [2]. Среди методов синтеза ОПСФ стоит отметить метод геометрического отображения лучей (МГОЛ) [3]. Он базируется на итерационном расчете узловых точек поверхности для формирования заданного выходного ВФ при известном входном ВФ. Модификация данного алгоритма для расчета различного типа оптических систем (ОС) позволит быстро и точно находить стартовую точку, позволяя ускорить процесс синтеза ОС.

Основная часть. Входными данными для моделирования ОС выступают геометрические размеры системы (размер объекта, положение объекта относительно зеркальной поверхности (ЗП) и от ЗП до выходного зрачка, а также угол наклона источника относительно плоскости выходного зрачка) и апертурный угол в пространстве объекта. Используемый алгоритм итерационен: для каждого луча из входного пучка рассчитывается ход луча в прямом и обратном ходе к ЗП. При отражении от ЗП ищется нормаль к поверхности, обеспечивающая меньшее отклонение выходного луча от требуемого, доводя точность определения узловой точки ОПСФ до установленного критерия. На основе этих значений, модифицированный алгоритм МГОЛ итерационно рассчитывает профиль ЗП с учетом необходимого угла отражения падающего пучка. Полученные в результате работы алгоритма наборы стрелок прогиба и световых высот аппроксимируются с помощью кривых Безье (САД-моделирование) или с помощью аппроксимации степенным полиномом (стандартная четная асферика) и задаются в программу по расчету ОС *Zemax*. В исследовании приводится анализ моделирования трех типов систем с помощью обоих методов аппроксимации: 1) точечный объект, выходной зрачок расположен в плоскости объекта, 2) точечный объект, выходной зрачок расположен под наклоном к плоскости объекта, 3) протяженный объект, выходной зрачок расположен под наклоном к плоскости объекта.

Выводы. Результатом применения модифицированного алгоритма расчета зеркальной поверхности свободной формы методом геометрического отображения лучей является коллимирующая система, обладающая минимально возможными остаточными aberrациями и работающая для ненулевого размера линейного поля. Дальнейшая работа будет направлена на расширение МГОЛ для широкого круга зеркальных изображающих систем, не обладающих осевой симметрией и апобацию алгоритма для задач изображающей оптики свободной формы с сохранением принципа минимизации остаточных aberrаций.

Список использованных источников:

1. Daniel K. Nikolov, Aaron Bauer, Fie Cheng, Hitoshi Kato, A. Nick Vamivakas and Jannick P. Rolland, “Metaform optics: Bridging nanophotonics and freeform optics”;; Science Advances, 30 Apr 2021, Vol 7, Issue 18; DOI: 10.1126/sciadv.abe5112.
2. Voznesenskaya A., Mazur I., Krizskiy P. Synthesis of freeform refractive surfaces forming various radiation patterns using interpolation // Proceedings of SPIE. Nonimaging Optics: Efficient Design for Illumination and Solar Concentration XIV, 103790C. 7 September 2017. <https://doi.org/10.1117/12.2273196>.
3. Yan V. Terlo and Anna O. Voznesenskaya, “Modeling of a focal pi-Shaper using the ray-mapping method”; J. Opt. Technol. 90, 242-248 (2023). <https://doi.org/10.1364/JOT.90.000242>