

**ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ОБЕСПЕЧЕНИЯ  
ВЫСОКИХ ЧИСЛОВЫХ АПЕРТУР ДВУХЗЕРКАЛЬНОГО МИКРООБЪЕКТИВА**

**Уварова А.В. (Университет ИТМО)**

**Научный руководитель – доцент, кандидат технических наук, Бахолдин А.В.  
(Университет ИТМО)**

**Введение.** Современная микроскопия требует расширения как оптических, так и спектральных характеристик существующих оптических систем, поскольку большая информационная ёмкость систем позволяет исследовать или большее количество объектов, или применять отдельные оптические узлы в установках для разных исследований [1]. Примером этого может служить система микрообъектива, применимая как для флуоресцентных методов исследований, так и для отдельных приложений эллипсометрии. В настоящий момент, согласно обзору каталогов фирм Edmund Optics [2] и Thorlabs, оптические характеристики являются прерогативой линзовых систем микрообъективов, в то время как достоинством в виде широкого спектрального диапазона обладают зеркальные системы. Говоря о спектральном диапазоне 0,2...2 мкм, линзовых систем, пропускающих такой интервал, не обнаружено. Таким образом, в рамках работы по расширению оптических характеристик микрообъективов необходимо обеспечивать числовые апертуры зеркальных микрообъективов, сравнимых с их линзовыми аналогами, работающими в видимом диапазоне.

**Основная часть.** Установлено, что возможно реализовать системы дифракционного качества всего на двух отражающих поверхностях [3]. В работе представлен процесс моделирования систем различных конфигураций: на двух асферических зеркалах, с заменой главного или вторичного зеркала базовой конфигурации сферическим элементом, на двух сферических поверхностях. Переход от асферических поверхностей второго порядка к сферическим желателен по причине обеспечения технологичности изготовления таких оптических деталей. В процессе работы обнаружено, что:

- Системы из сферического и асферического зеркал не уступают по качеству изображения системам из двух асферических зеркал, будучи более простыми в производстве.
- Использование главного сферического и вторичного асферического зеркал позволяют обеспечить числовую апертуру  $NA \leq 0,82$  с менее светосильными поверхностями, чем использование главного асферического и вторичного сферического зеркал, которые позволяют обеспечить числовую апертуру  $NA \geq 0,85$  с относительным числом  $k=0,2$ , что сверхсложно для производства.

**Выводы.** В настоящей работе представлены результаты исследования возможностей обеспечения высоких числовых апертур двухзеркального микрообъектива с применением в композиции поверхностей различного типа.

**Список использованных источников:**

1. Gaft M., Reisfeld R., Panczer G. Modern Luminescence Spectroscopy of Minerals and Materials. – Switzerland: Springer International Publishing, 2015. – 606 p.
2. ReflX™ Objectives. [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://www.edmundoptics.com/f/reflx-objectives/13142/>
3. Uvarova A., Bakholdin A. Analysis of image quality requirements for multispectral mirror systems // Proceedings of SPIE - 2022, Vol. 12315, pp. 123150F