

ИССЛЕДОВАНИЕ ОПТИЧЕСКИХ СВОЙСТВ КАПЕЛЬНОЙ ЛИНЗЫ

В. В. Василевский Е. А. Павлов

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
г. Минск, Республика Беларусь*

Редьков В.М. – доктор физико-математических наук, профессор БГУИР

Проведено экспериментальное исследование линзы, образованной каплей воды на стеклянной поверхности. Определен коэффициент увеличения и разрешающей способности оптической системы, созданной с использованием капельной линзы.

В рамках настоящего исследования ставится задача всестороннего анализа оптических характеристик капельной линзы: от определения зависимости увеличения от объема капли до оценки разрешающей способности системы при использовании лазерного излучения. Для достижения поставленной цели были выполнены следующие этапы: теоретическое обоснование принципов работы капельной линзы; разработка экспериментальной установки с возможностью точного измерения коэффициента увеличения; проведение серии опытов по определению влияния геометрических параметров капли на оптические свойства; анализ экспериментальных данных с целью выявления корреляций между объемом капли и качеством получаемого изображения. Исследование опирается на принятые методики в области оптики, а также на результаты ранее опубликованных работ [1] [2].

Экспериментальная установка включала камеру, выступающую в роли экрана, и миллиметровую бумагу, на которой фиксировался тестовый объект. В процессе эксперимента капля воды размещалась на стеклянной подложке, где её форма и кривизна постепенно изменялись, что влияло на оптическую силу системы. Было установлено, что при уменьшении объема капли наблюдается увеличение оптического увеличения, так как изменяется радиус кривизны поверхности, отвечающий за фокусировку световых лучей. В то же время наблюдалась обратная зависимость между объемом капли и коэффициентом увеличения – малейшие изменения в объеме влекут за собой существенные колебания параметров изображения (см. рис. 1).



Рис. 1 – Схема экспериментальной установки для измерения увеличения капельной линзы.

Детальное сравнение экспериментальных результатов с теоретическими расчетами позволило оценить погрешности измерений, обусловленные динамическим изменением формы капли и влиянием аберраций оптической системы. Полученные данные демонстрируют высокую чувствительность капельной линзы к изменениям объема, что имеет решающее значение при проектировании устройств, где критична точность оптического увеличения.

Для определения разрешающей способности капельной линзы был проведен отдельный эксперимент, в котором использовался лазер с длиной волны (ед. исчисления - нм) $\lambda = 650$. Измерения проводились с целью определения минимального размера детали, которую система способна различить. При этом изображение тестового объекта фиксировалось с помощью камеры, что позволяло проанализировать степень детализации и оценить способность капельной линзы передавать тонкие структурные особенности.

Формула, определяющая разрешающую способность оптической системы, записывается следующим образом:

$$\alpha = \frac{1.22\lambda}{D},$$

где λ – длина волны излучения, а D – эффективный диаметр капельной линзы. Проведённый эксперимент показал, что разрешающая способность составляет порядка $2.6\ \mu\text{ м}$, что подтверждает высокую эффективность системы даже при использовании простых оптических элементов (см. рис. 2).

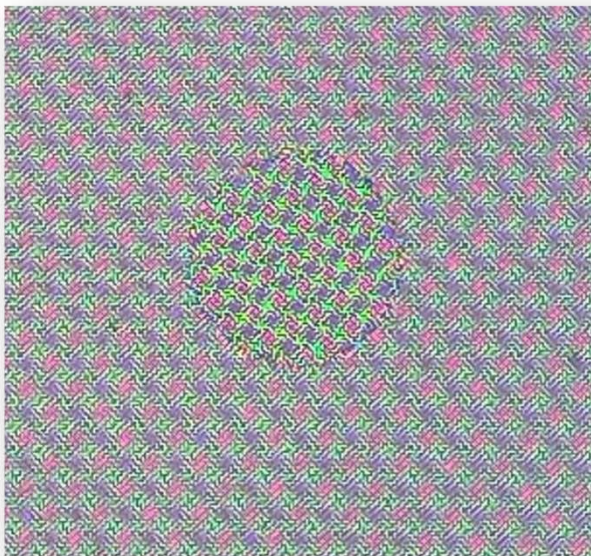


Рис. 2 – Изображение тестового объекта с использованием капельной линзы, демонстрирующее высокую разрешающую способность.

Анализ полученных данных позволяет заключить, что капельная линза демонстрирует не только значительное увеличение изображения, но и высокую способность различать мелкие детали. Эти свойства особенно ценны при разработке компактных оптических приборов, где традиционные линзы не всегда могут обеспечить требуемое качество изображения. В ходе проведённого исследования были получены следующие основные результаты:

- Экспериментальные данные подтвердили, что коэффициент увеличения капельной линзы обратно пропорционален её объёму. При уменьшении объёма капли наблюдается значительное увеличение изображения.

- Измеренная разрешающая способность системы составляет около $2.6\ \mu\text{ м}$, что свидетельствует о высокой эффективности капельной линзы при передаче деталей тестового объекта.

- Динамические изменения формы капли и оптические аберрации являются основными источниками погрешностей, однако их влияние можно минимизировать при правильном подборе экспериментальных условий.

- Полученные результаты открывают перспективы применения капельной линзы в разработке портативных микроскопов, оптических сенсоров и других устройств.

Таким образом, исследование подтверждает, что простая система, основанная на капле воды, способна обеспечить существенное увеличение и высокую разрешающую способность, что делает её привлекательной для использования в ряде практических приложений.

Список использованных источников:

1. Planinsic, G. Проектор на основе каплей воды // *Phys. Teach.* — 2001. — Т.39, с. 18–21.
2. Walker, J. Капля воды становится воротами в мир оптики катастроф // *Sci. Am.* — 1989. — Т.261, с. 120D–123.