



- Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
«Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П. Королева
(национальный исследовательский университет)»
Институт электроники и приборостроения
Кафедра нанотехнологий

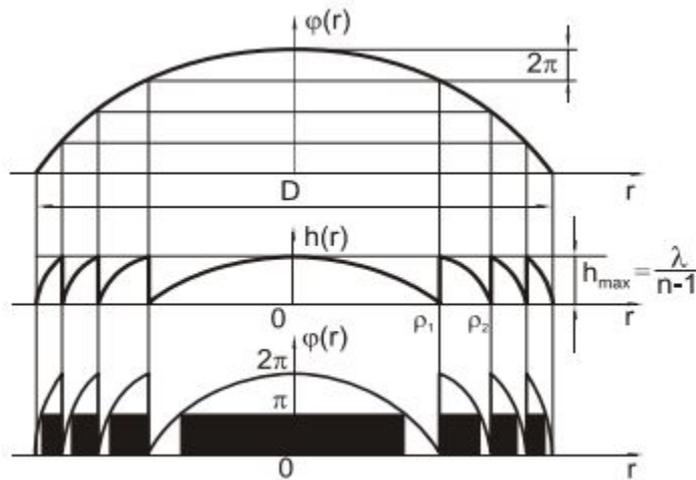
Изготовление и исследование амплитудной цилиндрической дифракционной линзы

Выпускная квалификационная работа бакалавра

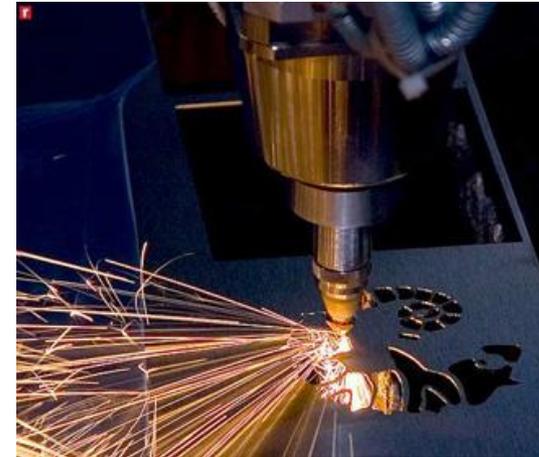
Выполнил:
Кузнецов М.В., группа 5407
Руководитель работы: к.т.н.
Козлова И.Н.

Самара 2015

ДОЭ и область применения



λ – рабочая длина волны
 n – показатель преломления



ДОЭ в лазерной резке
металлов



ДОЭ в объективах

Цели и задачи ВКР

Цели: Расчет, изготовление с помощью фотолитографии и жидкостного травления и исследование амплитудной цилиндрической дифракционной линзы.

Задачи:

- Расчет амплитудной цилиндрической дифракционной линзы
- Изготовление амплитудной цилиндрической дифракционной линзы
- Исследование свойств линз методами численного и оптического эксперимента

Расчет ДОЭ



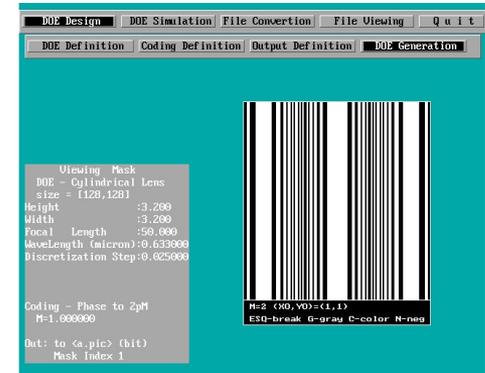
Линза №1.

- Длина: 3,2мм;
- Ширина: 3,2мм;
- Фокусное расстояние: 300мм;
- Длина волны: 633нм;
- Шаг дискретизации: 25мкм.



Линза №2.

- Длина: 3,2мм;
- Ширина: 3,2мм;
- Фокусное расстояние: 200мм;
- Длина волны: 633нм;
- Шаг дискретизации: 25мкм.



Линза №3.

- Длина: 3,2мм;
- Ширина: 3,2мм;
- Фокусное расстояние: 50мм;
- Длина волны: 633нм;
- Шаг дискретизации: 25мкм.

Этапы изготовления амплитудной цилиндрической дифракционной линзы

Этапы изготовления ДОЭ

- Очистка подложки от загрязнений
- Напыление защитной маски
- Формирование резистивной маски методом литографии
- Жидкостное травление металлического слоя

Нанесение защитной маски

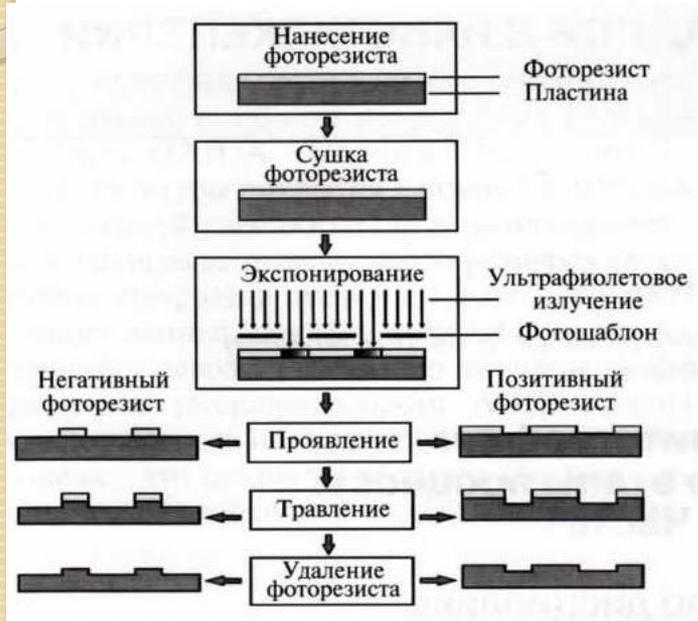


Установка магнетронного распыления ЭТНА100-МТ В
НОЦ НТ СГАУ(НТ-МДТ, г.
Зеленоград)



Процесс напыления
алюминия

Фотолитография



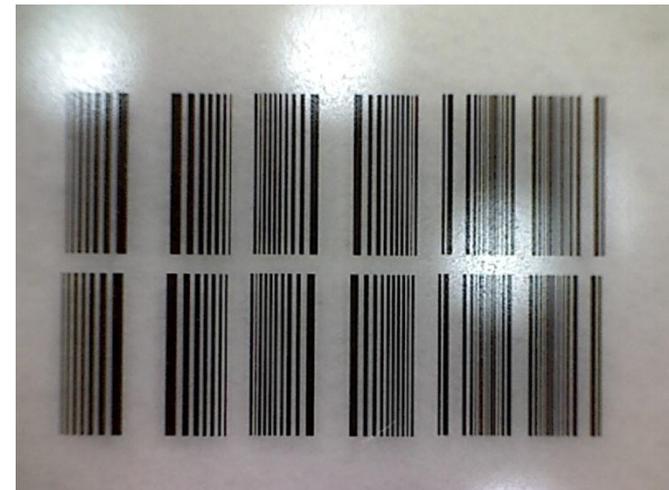
Основные этапы фотолитографии



Центрифуга Laurrell WS-400B-6NPP-LITE SPINNER



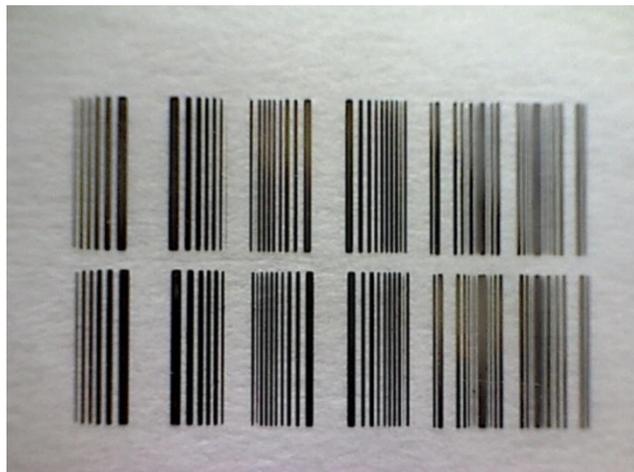
Сушка фоторезиста на плитке SD160 Stuart



Фотошаблоны цилиндрических дифракционных линз

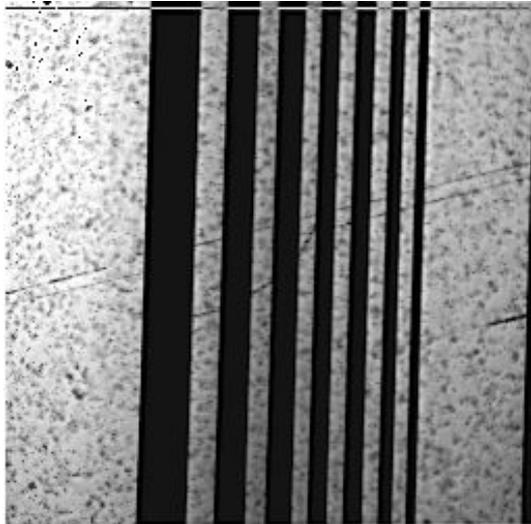
Жидкостное травление металлического слоя

- Погружение подложки в раствор NaOH и H₂O смешанный в пропорции 1/3.
- Промывка подложки в проточной деионизированной водой, для исключения подтравливания.
- Погружение в раствор ацетона для удаления непроявленного фоторезиста
- Промывка деионизированной водой методом вытеснения
- Сушка потоком очищенного воздуха.

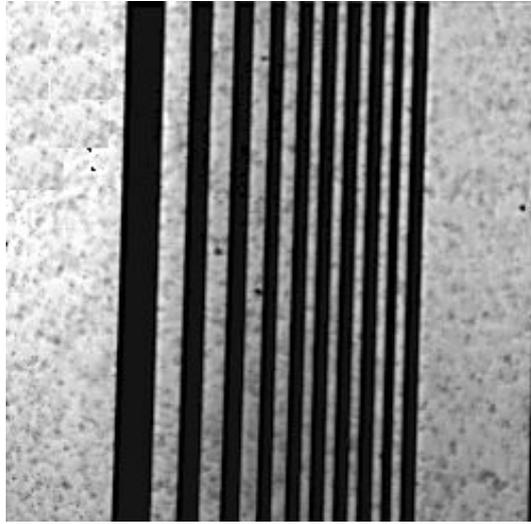


Изготовленные цилиндрические
дифракционные линзы

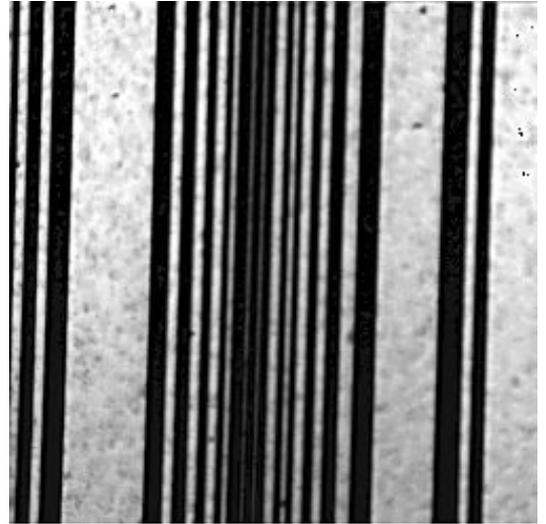
Результаты исследования фотошаблона методом оптической микроскопии



Поверхность
шаблона линзы с
фокусным
расстоянием 300мм

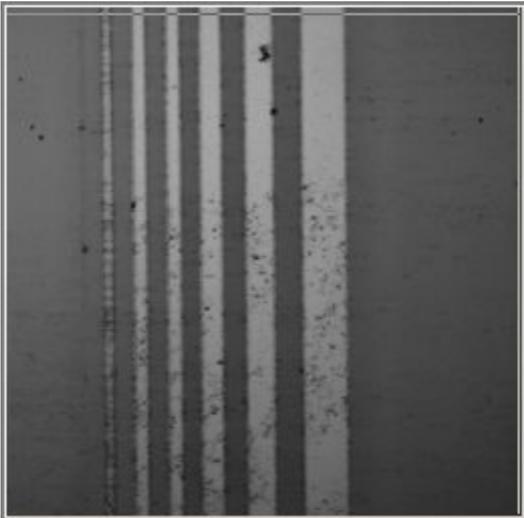


Поверхность
шаблона линзы с
фокусным
расстоянием 200мм

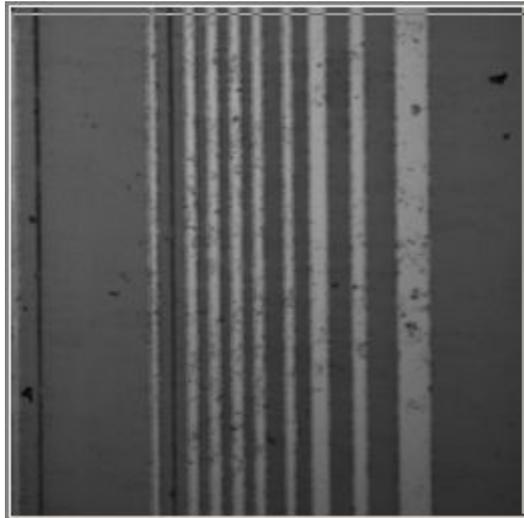


Поверхность
шаблона линзы с
фокусным
расстоянием 50мм

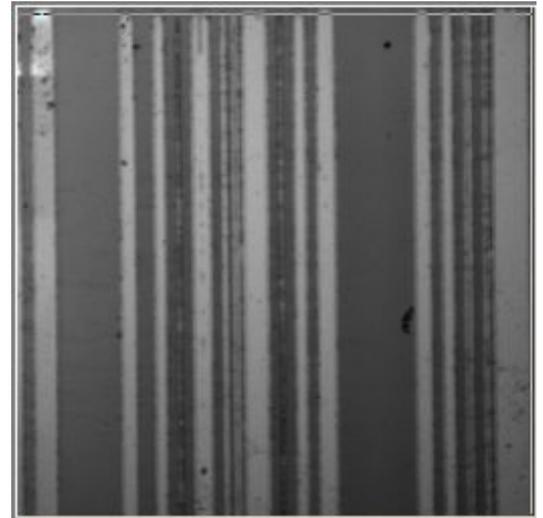
Результаты исследования амплитудной цилиндрической дифракционной линзы



Поверхность
амплитудной
цилиндрической
дифракционной
линзы с фокусным
расстоянием 300мм

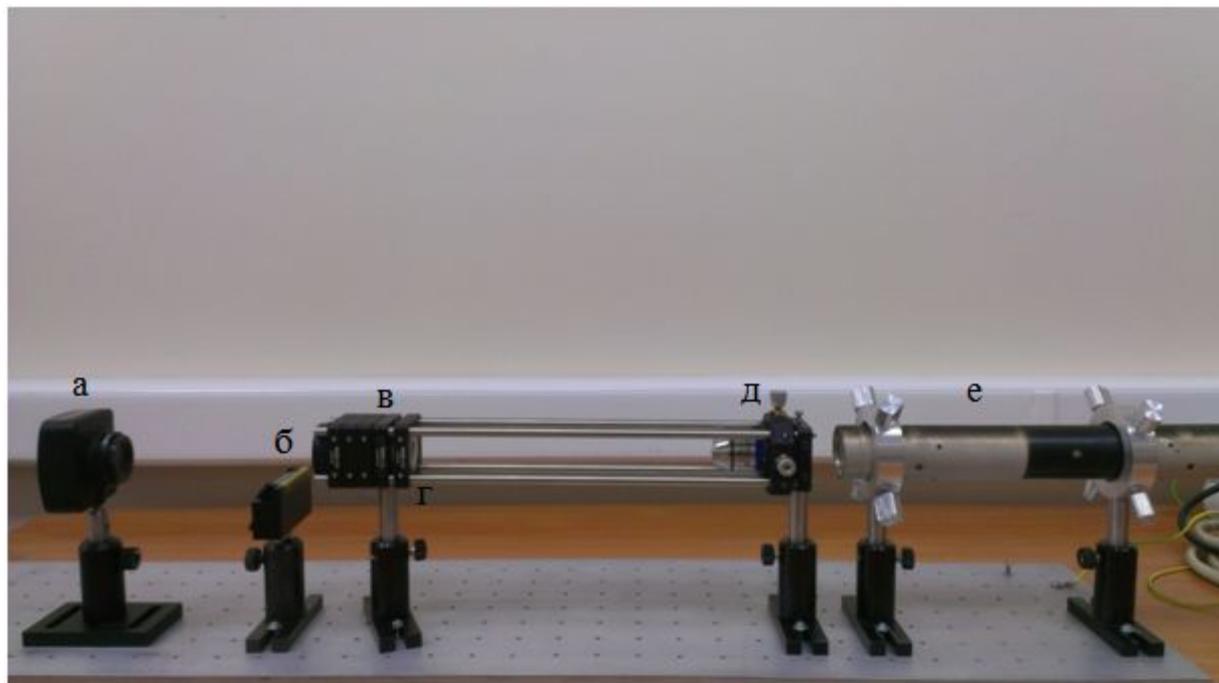


Поверхность
амплитудной
цилиндрической
дифракционной
линзы с фокусным
расстоянием 200мм



Поверхность
амплитудной
цилиндрической
дифракционной
линзы с фокусным
расстоянием 50мм

Экспериментальный стенд

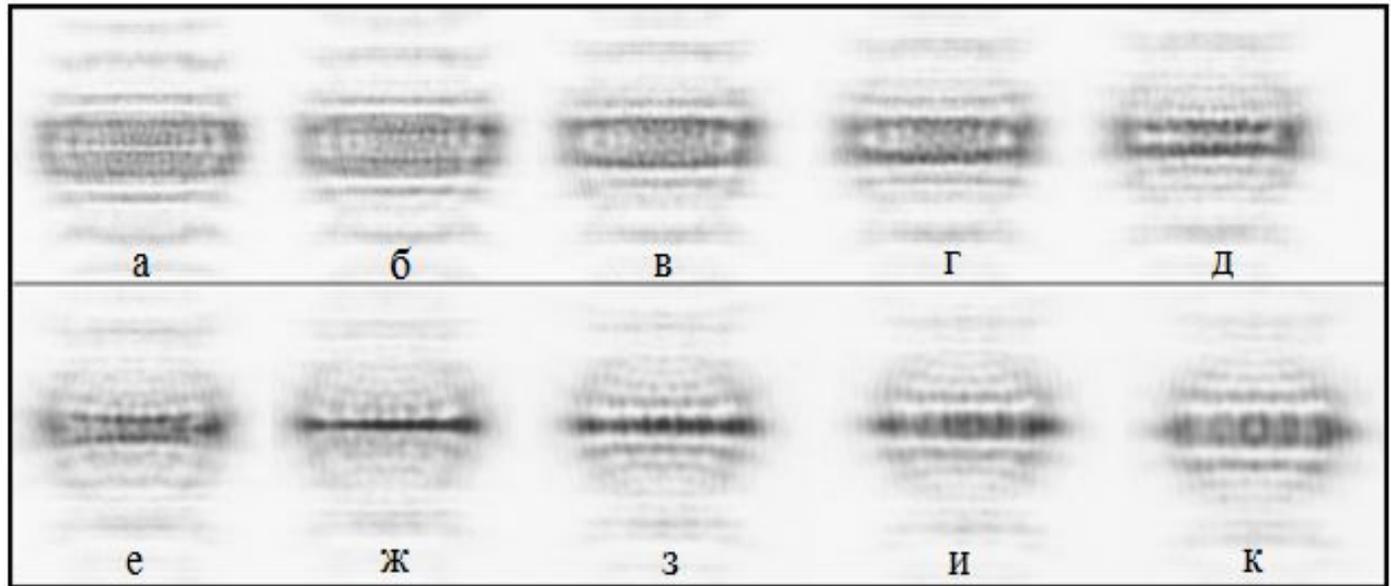


Параметры экспериментального
стенда:

- длина волны - 633 нм,
- диаметр освещающего пучка -
3-15мм,
- фокусное расстояние линзы (перед
видеокамерой) - от 40мм до 400мм
- размер ПЗС-матрицы видеокамеры -
4,8×6,4 мм.

а – видеокамера,
б - держатель образца,
в - ирисовая диафрагма,
г - нейтральный фильтр,
д - расширитель пучка,
е - красный лазер ($\lambda=633\text{нм}$).

Результаты эксперимента линзы с фокусным расстоянием 300мм



а - $f=150\text{мм}$,

б - $f=175\text{мм}$,

в - $f=200\text{мм}$,

г - $f=225\text{мм}$,

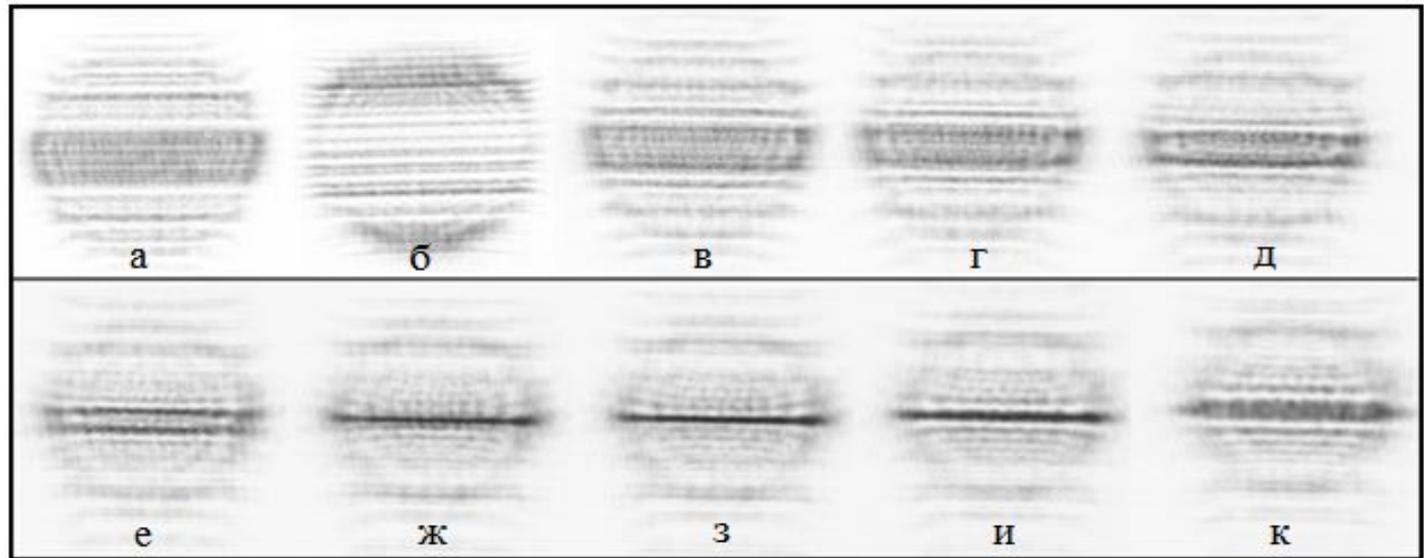
д - $f=250\text{мм}$,

е - $f=275\text{мм}$,

ж - $f=300\text{мм}$,

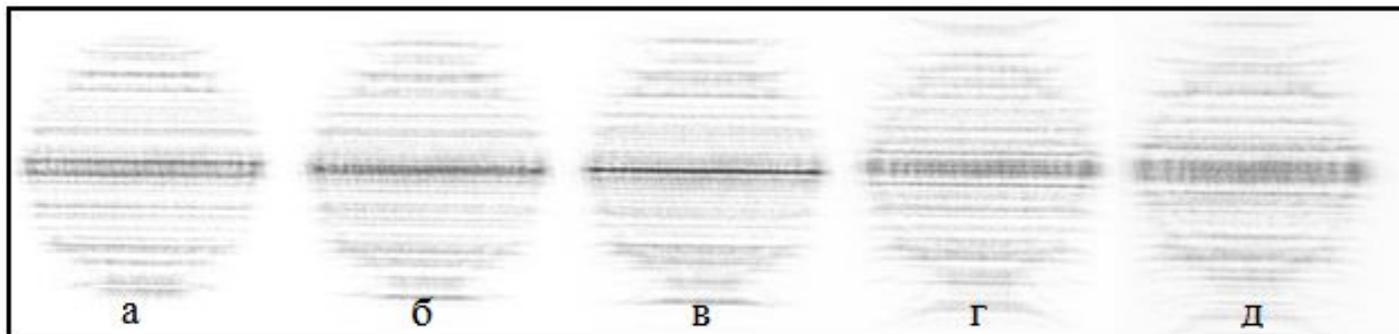
з - $f=325\text{мм}$

Результаты эксперимента линзы с фокусным расстоянием 200мм



а - $f=50\text{мм}$,
б - $f=75\text{мм}$,
в - $f=100\text{мм}$,
г - $f=125\text{мм}$,
д - $f=150\text{мм}$,
е - $f=175\text{мм}$,
ж - $f=200\text{мм}$,
з - $f=225\text{мм}$,

Результаты эксперимента линзы с фокусным расстоянием 50мм

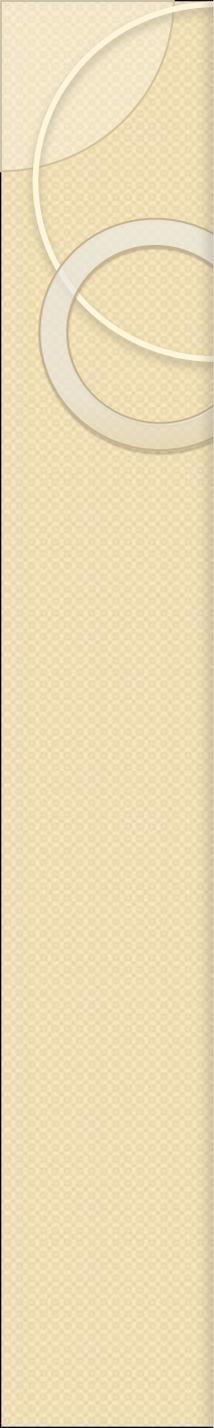


а - $f=40\text{мм}$,
б - $f=50\text{мм}$,
в - $f=75\text{мм}$,
г - $f=100\text{мм}$,
д - $f=125\text{мм}$.

Заключение

В ходе работы были изготовлены и исследованы три амплитудные цилиндрические дифракционные линзы с разными значениями фокусных расстояний с шагом дискретизации 25 мкм.

1. В программном обеспечении "QUICK-DOE" были рассчитаны и смоделированы распределения интенсивности трех амплитудных цилиндрических дифракционных линз с фокусными расстояниями $f=50$, 200, 300 мм.
2. Были изготовлены три амплитудные цилиндрические дифракционные линзы, с использованием технологий фотолитографии и жидкостного травления.
3. Проведены исследования изготовленных амплитудных цилиндрических дифракционных линз методом численного и оптического эксперимента. Можно отметить хорошее согласование численных и оптических экспериментов линзы с фокусным расстоянием $f=300$ мм и линзы с фокусным расстоянием $f=200$ мм и некорректную работу линзы с фокусным расстоянием $f=50$ мм. Экспериментальное исследование линзы с фокусным расстоянием $f=50$ мм выявило, что шаг дискретизации в 25 мкм, выбранный для изготовления этой амплитудной цилиндрической дифракционной линзы, недостаточен для реализации линз с фокусным расстоянием в 50 мм.



Благодарю за внимание!