

НАУЧНЫЙ СЕМИНАР ПО ТЕМЕ «КОРРЕКЦИЯ
ОПТИЧЕСКОЙ БЛИЗОСТИ В ЛИТОГРАФИИ»



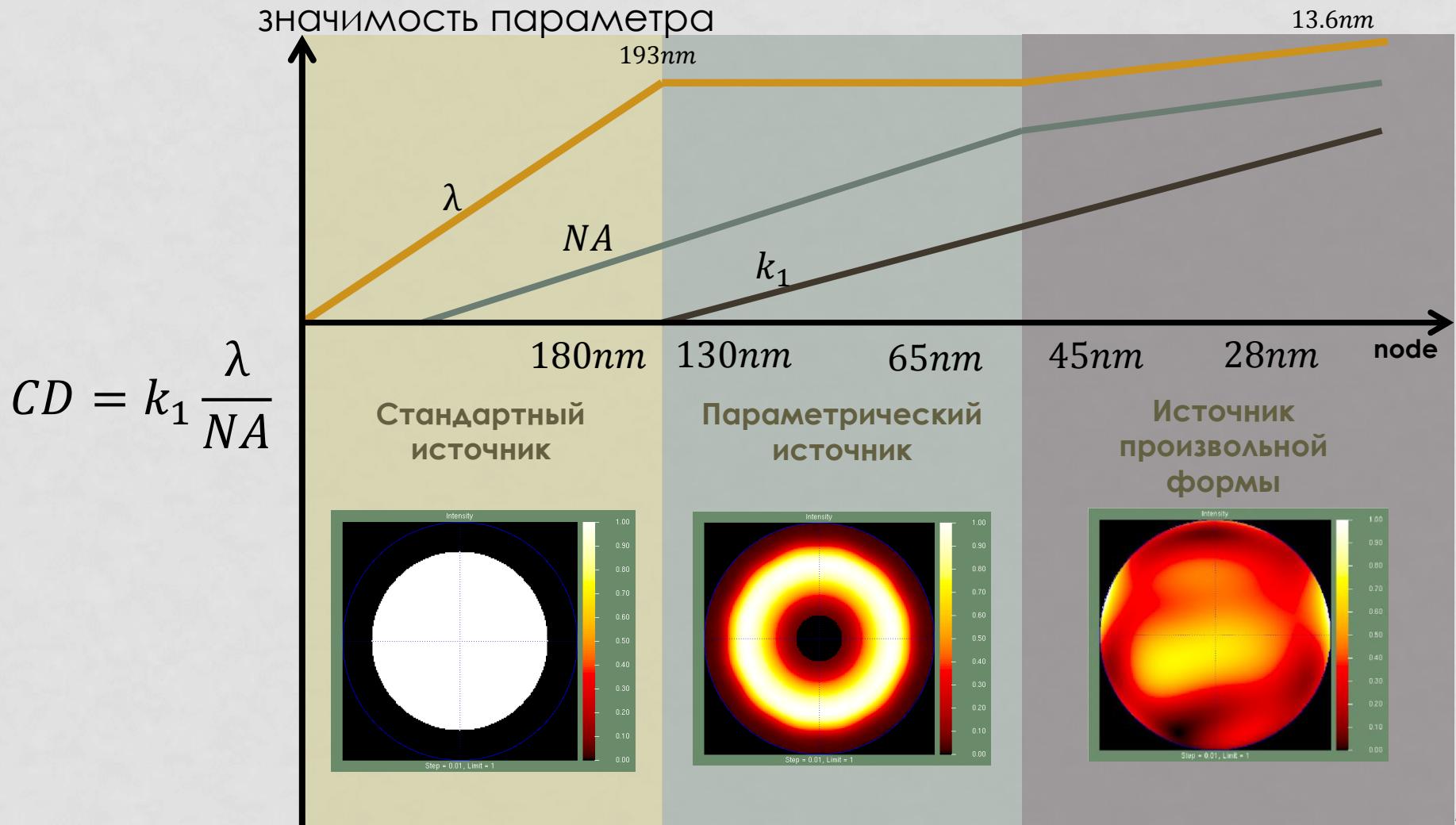
НИИ МОЛЕКУЛЯРНОЙ ЭЛЕКТРОНИКИ

МОДЕЛИРОВАНИЕ И
ОПТИМИЗАЦИЯ ИСТОЧНИКА
ОСВЕЩЕНИЯ ПРОИЗВОЛЬНОЙ
КОНФИГУРАЦИИ В
ФОТОЛИТОГРАФИИ

Е.Л. Харченко
АО «НИИМЭ»

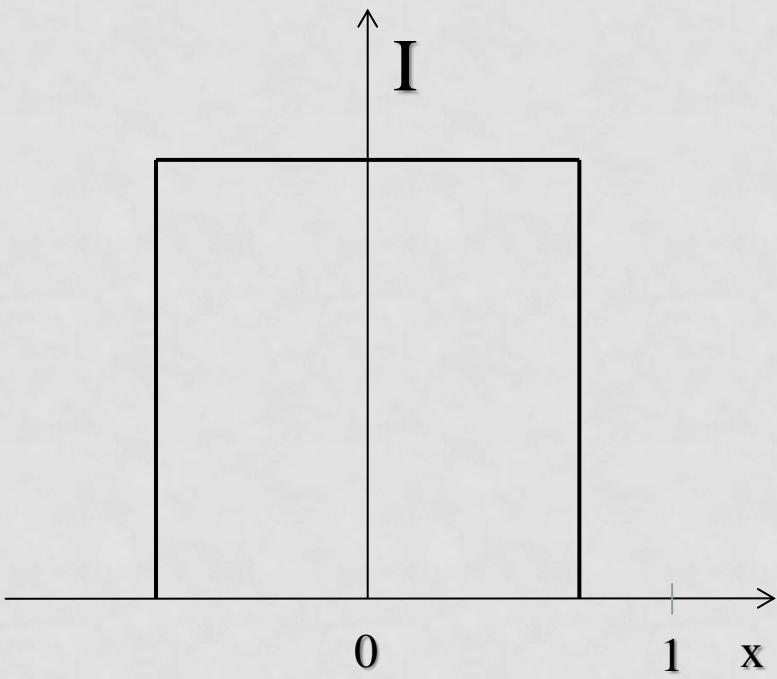
2019, Москва

РАЗРЕШАЮЩАЯ СПОСОБНОСТЬ В ФОТОЛИТОГРАФИИ

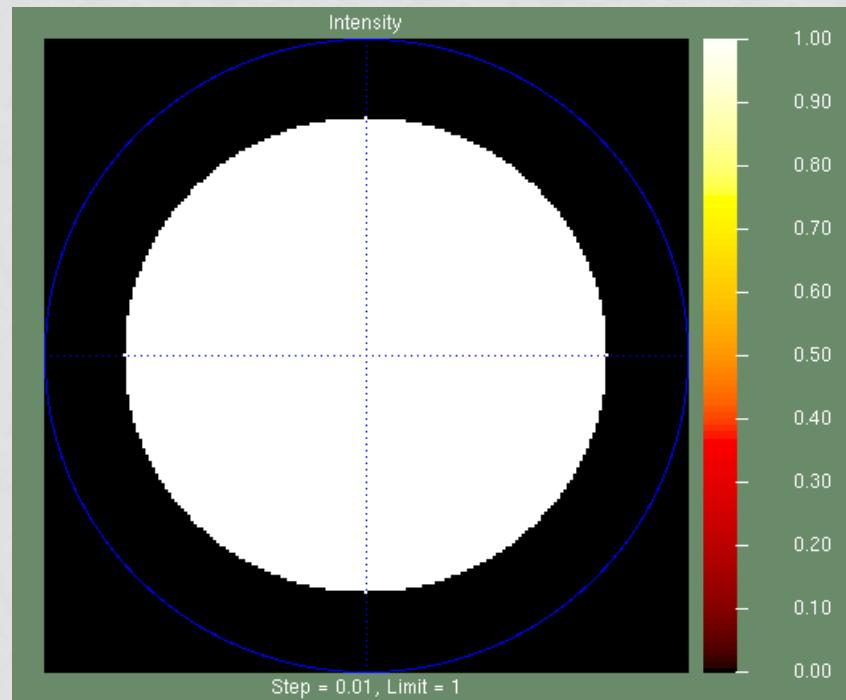


СТАНДАРТНЫЙ ИСТОЧНИК

Способ описания Sharp

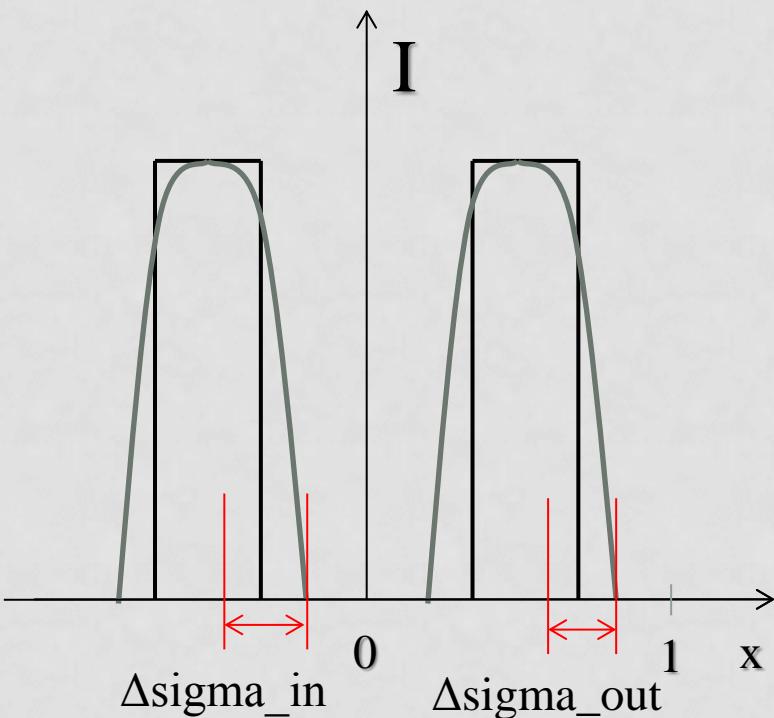


Параметры:
 I , σ

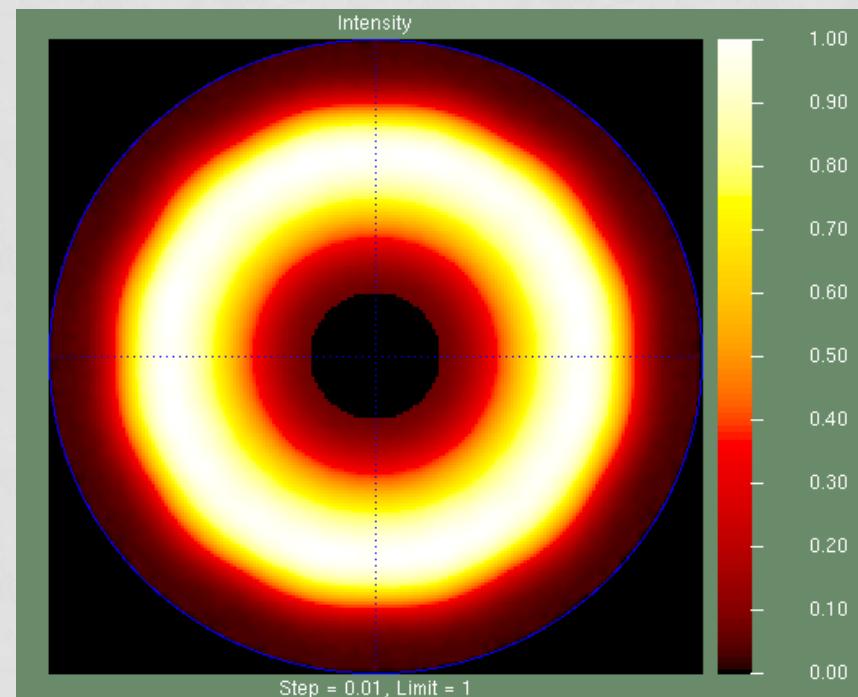


ПАРАМЕТРИЧЕСКИЙ ИСТОЧНИК

Способ описания ERF



Параметры:
 I , σ_{in} , σ_{out} ,
 $\Delta\sigma_{in}$, $\Delta\sigma_{out}$

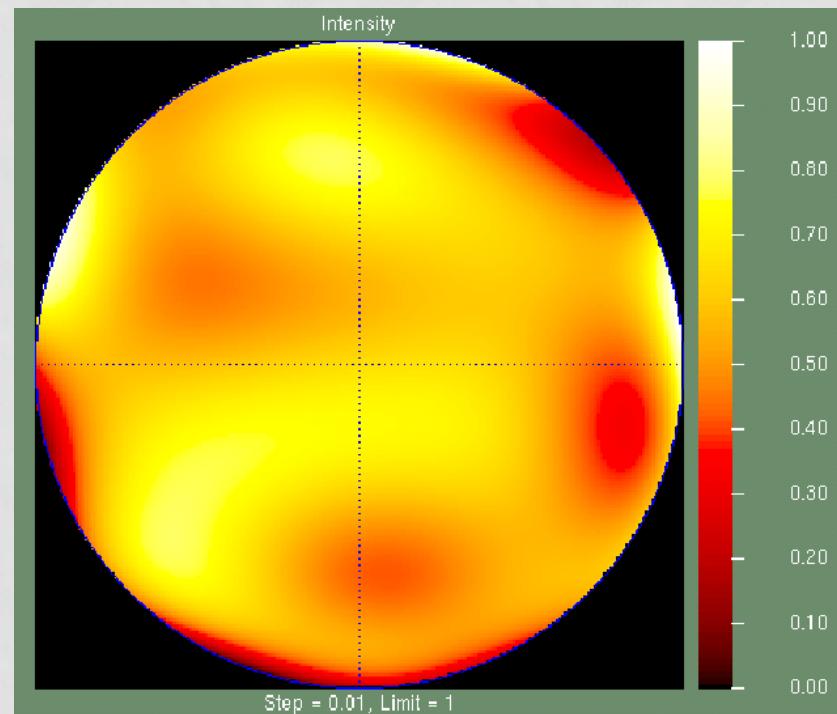


ИСТОЧНИК ПРОИЗВОЛЬНОЙ КОНФИГУРАЦИИ

Способ описания МАР

<i>x</i>	<i>y</i>	<i>Интенсивность</i>
----------	----------	----------------------

1 [Version]		
2 [Parameters]		
3 step 0.01		
4 [DATA]		
5 -0.14	-0.99	0.000317147112222
6 -0.13	-0.99	0.0110664433221
7 -0.12	-0.99	0.0209407085877
8 -0.11	-0.99	0.0299582217799
9 -0.1	-0.99	0.0381356702392
10 -0.09	-0.99	0.0454881832191
11 -0.08	-0.99	0.052029362266
12 -0.07	-0.99	0.0577713085751
13 -0.06	-0.99	0.0627246473629
14 -0.05	-0.99	0.0668985492867
15 -0.04	-0.99	0.0703007489442



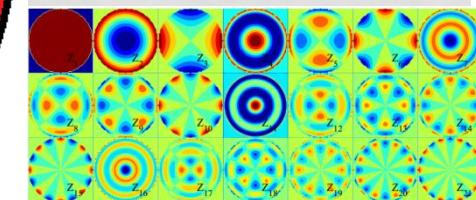
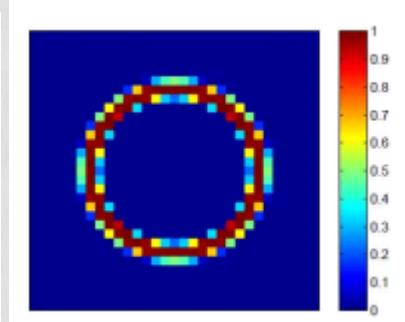
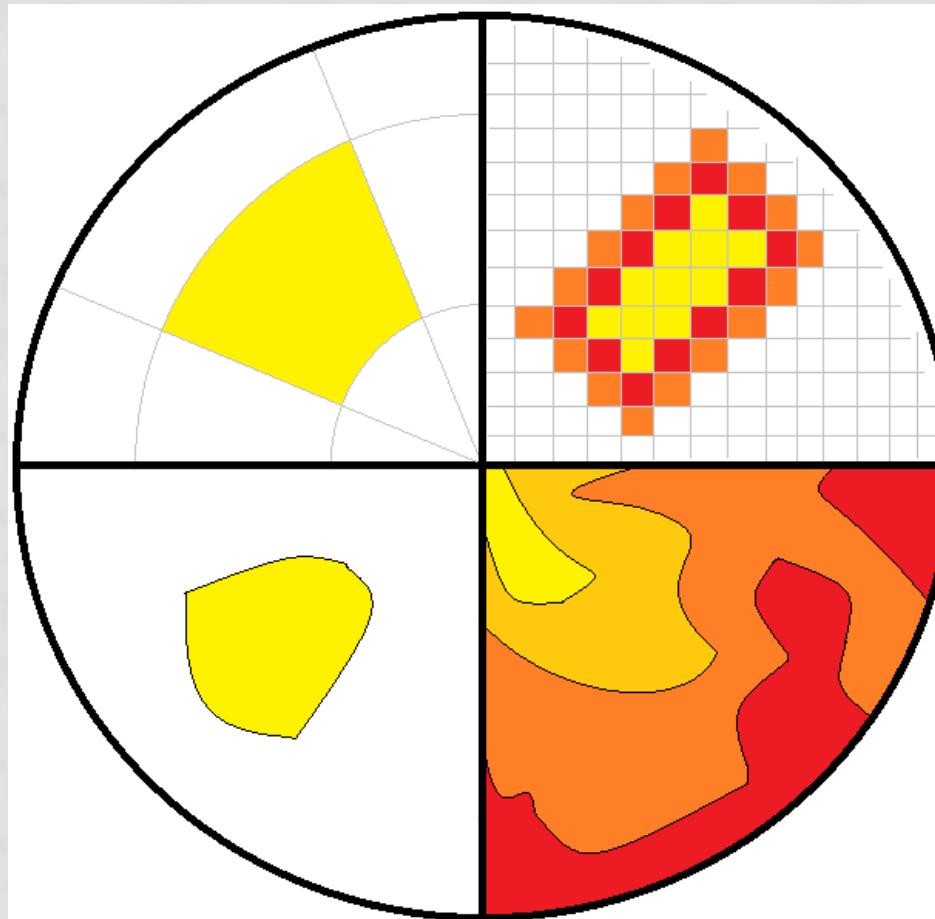
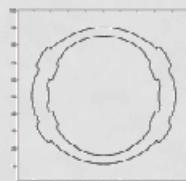
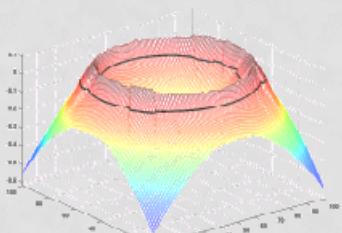
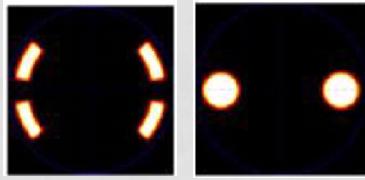
ЦЕЛЬ

Выработать методику оптимизации источника освещения произвольной конфигурации.

Задачи:

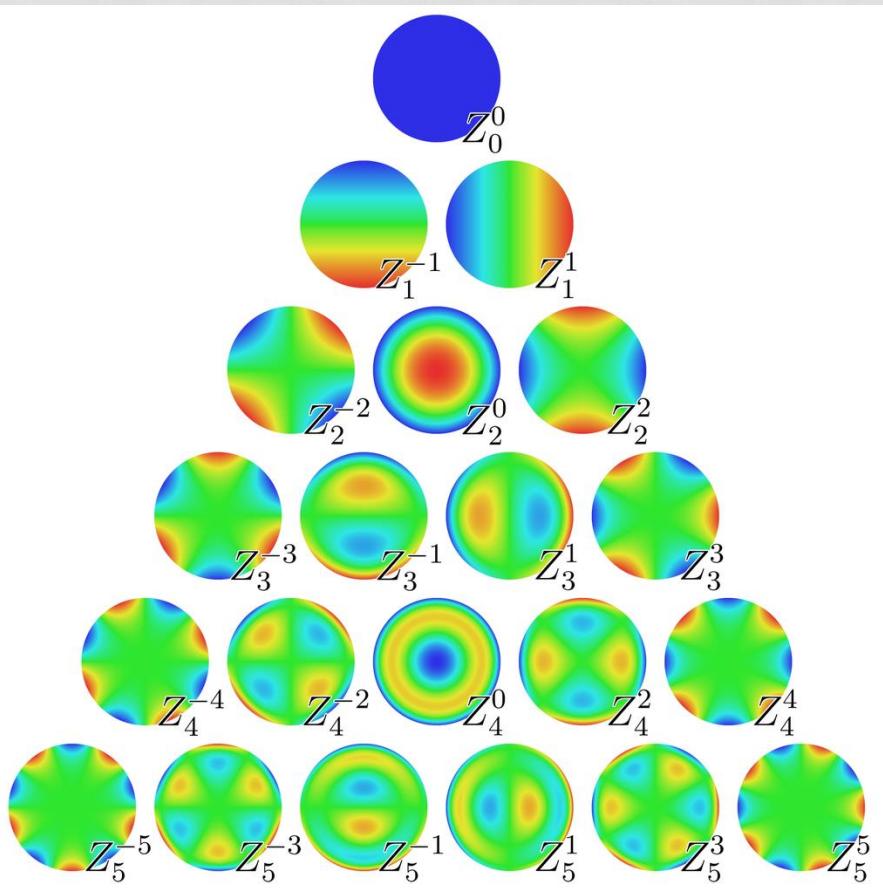
1. Анализ существующих методов оптимизации.
2. Разработка метода оптимизации:
 - Выбрать метод представления источника освещения;
 - Выработать критерий оптимизации;
 - Выбрать алгоритм оптимизации.
3. Тестирование метода.
4. Анализ результатов.

МЕТОДЫ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ИСТОЧНИКА ОСВЕЩЕНИЯ



На основе
базисных
функций

ПРЕДСТАВЛЕНИЕ ИСТОЧНИКА НА ОСНОВЕ БАЗИСНЫХ ФУНКЦИЙ



Четные полиномы Цернике:

$$Z_n^m(\rho, \varphi) = R_n^m(\rho)\cos(m\varphi)$$

Нечетные полиномы Цернике:

$$Z_n^{-m}(\rho, \varphi) = R_n^m(\rho)\sin(m\varphi)$$

Радиальные полиномы:

$$R_n^m = \sum_{k=0}^{(n-m)/2} \frac{(-1)^k (n-k)!}{k! \left(\frac{n+m}{2}-k\right)! \left(\frac{n-m}{2}-k\right)!} \rho^{n-2k}$$

ПРЕДСТАВЛЕНИЕ ИСТОЧНИКА НА ОСНОВЕ БАЗИСНЫХ ФУНКЦИЙ

$$I(x, y) \rightarrow I([c_0, c_1, \dots, c_n]) = T \left\{ \sum_{i=0}^n c_i \omega_i(x, y) \right\}$$

$\omega_i(x, y)$ – это базисная функция,

c_i – соответствующие коэффициенты при базисных функциях,

$T\{\cdot\}$ – оператор, нормирующий значение интенсивности.

$$\mathbf{c} = [c_0, c_1, \dots, c_n]$$

Задача – получить такой вектор коэффициентов, чтобы найти минимум критерия оптимизации:

$$\mathbf{c}^* = \arg \min_{\mathbf{c}} B(\mathbf{c})$$

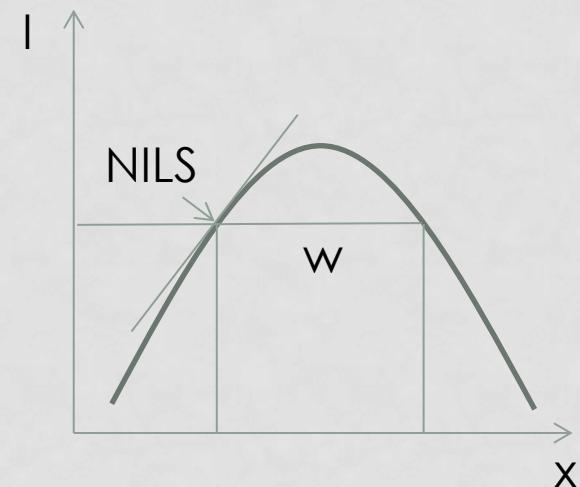
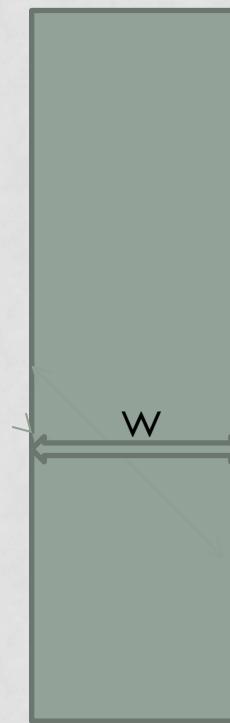
КРИТЕРИЙ ОПТИМИЗАЦИИ

$B(c)$ – критерий оптимизации.

$$B(c) = \frac{1}{O_{NILS}(F)}$$

O_{NILS} - производные на кривой интенсивности.

$O_{NILS}(F)$ зависимость NILS от значения фокуса.



АЛГОРИТМ ОПТИМИЗАЦИИ БЕЗ ВЫЧИСЛЕНИЯ ПРОИЗВОДНЫХ

$$c = [c_0, c_1, \dots, c_n]$$

1. c_i
2. $[c_i - \Delta, c_i + \Delta]$,
 Δ - интервал варьирования
3. $c' = \arg \min_{x_i \in [c_i - \Delta, c_i + \Delta]} B(\dots, x_i, \dots)$

$$c \rightarrow c^*$$

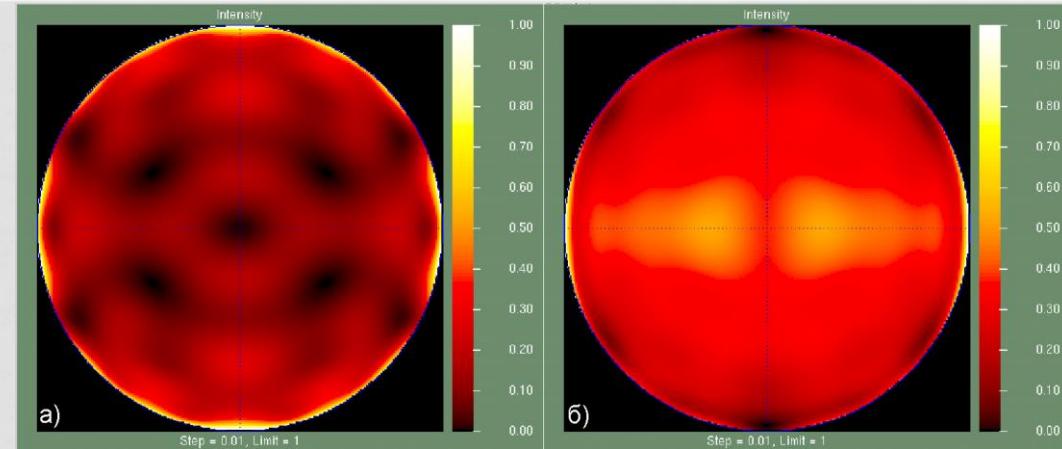
Необходимо проводить несколько итераций оптимизации вектора для достижения оптимального результата.



РЕЗУЛЬТАТЫ

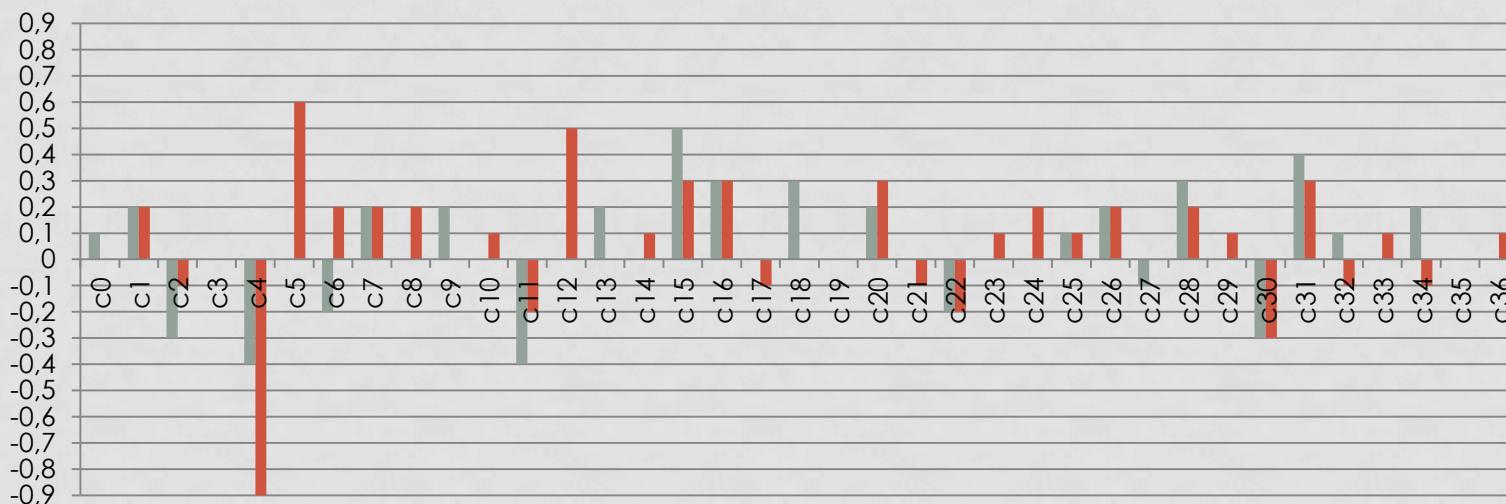
Параметры моделирования:

- Тестовая структура – единственная линия шириной 90 нм;
- Три значения фокуса 40, 70, 100 нм;
- 37 полиномов Цернике.



Исходный источник

Итог 4-й итерации



Серый цвет –
исходный источник

Красный цвет –
итог 4-й итерации

РЕЗУЛЬТАТЫ

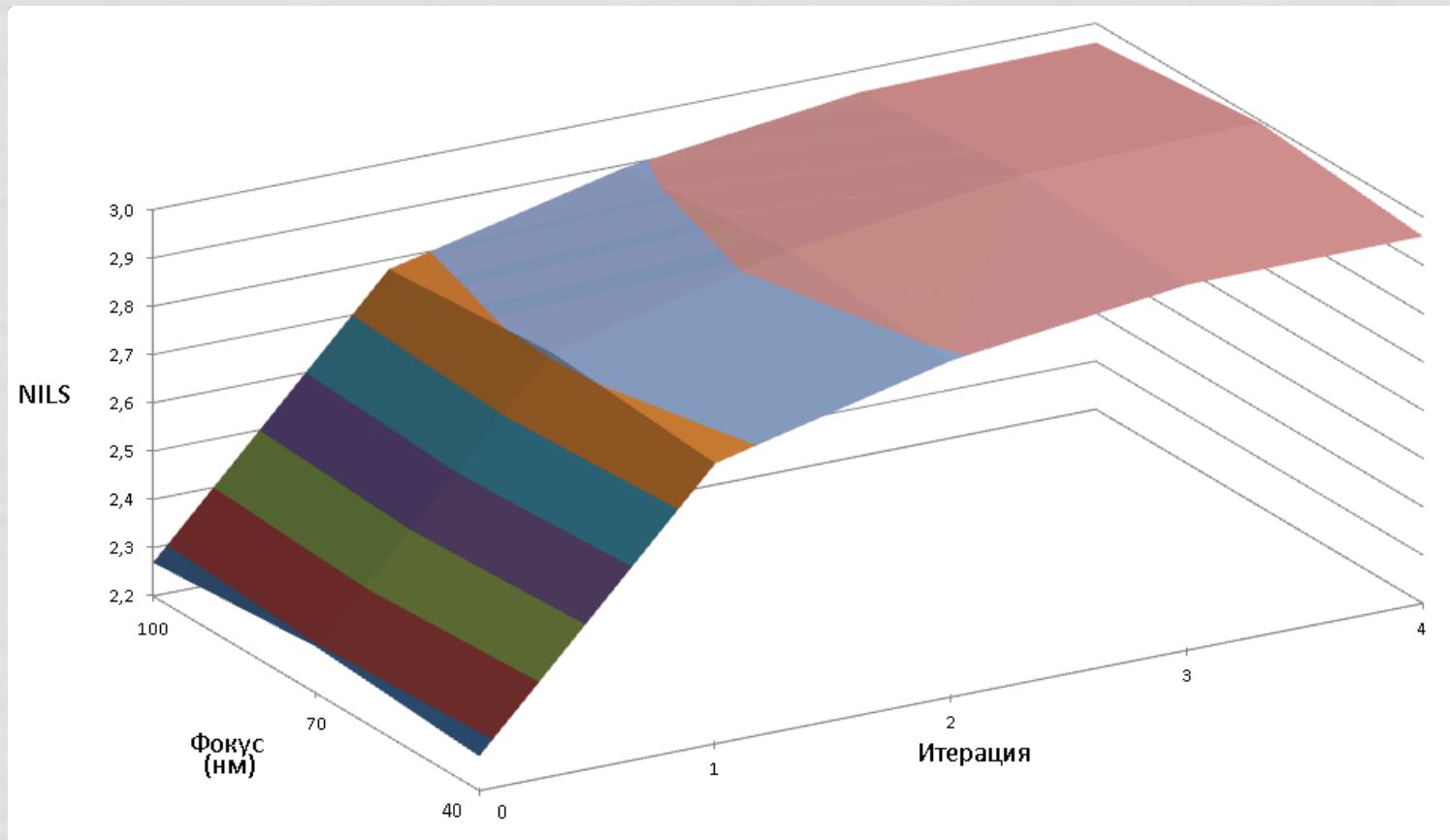


График зависимости NILS от фокуса для каждой итерации.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе данной работы был проведен анализ существующих методов представления и оптимизации источников освещения.

Выработана методика оптимизации освещения.

Дальнейшая задача – выработать критерий оптимизации, позволяющий использовать данный метод для оптимизации с реальной топологией.

Спасибо за внимание!