

アプリケーション\_385.01 :

# 高NAパターン発生ディフューザーの 設計と評価

本書は高NA回折光学素子のパターン歪補正を含む、設計及び評価方法を紹介するものです。

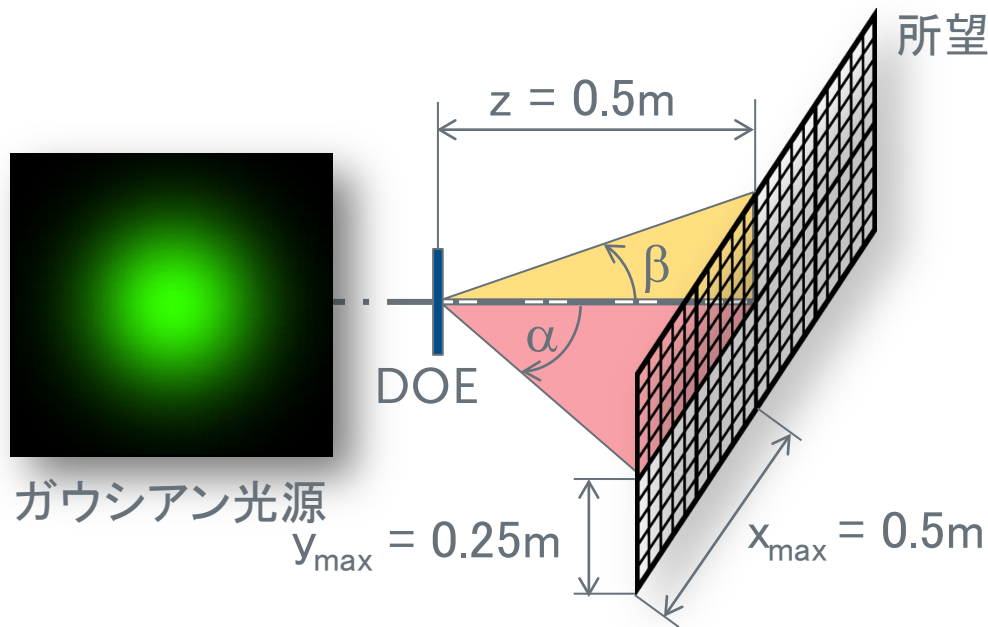
キーワード: high NA DOE、高NA回折光学素子、distortion compensation、パターン歪補正、geometrical distortion, pincushion, barrel、樽型歪、ピロー補正、intensity attenuation, power, drop-off, loss, preparation of signal field, light pattern

必須ツールボックス: Starter Toolbox, Diffractive Optics Toolbox

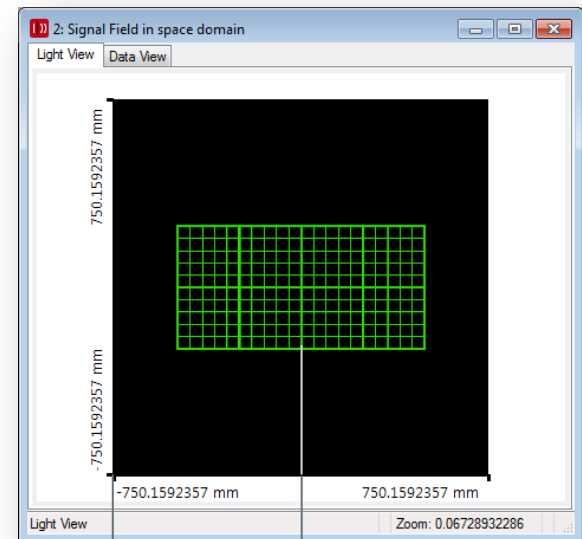
関連モジュール: Module\_14



# モデリング概要



所望のターゲットパターン



$x_{\max}$  SF

- 無限遠にターゲットパターンを発生する、高NA回折型ディフューザー

# モデリング概要

- 光源:
  - ガウシアン光源の波長: 532 nm
- 光学システムのパラメーター:
  - DOEからスクリーン間距離:  $z = 0.5 \text{ m}$
- ターゲットパターン:
  - ターゲットパターン: 1.0 m x 0.5 m グリッド
  - パターン分解能:  $\pm 0.5 \text{ mm}$   
(ターゲット面における回折オーダーの最少ピッチ:  $\Delta x_{TP} = 1 \text{ mm}$  (off-axis))
  - ターゲットパターンのサンプルファイル:  
“Desired\_Light\_Pattern . bmp”
- DOE パラメーター:
  - 位相レベル: 4

# 設計手順

- 無限遠アプリケーション: 所望の角度分布を発生する回折光学素子の最適化
- 波数領域( $k_x, k_y$ ) に所望の角度分布を発生する回折光学素子
- 設計手順:
  - 回折光学素子のピクセルサイズ、周期、ピクセル数などの算出(次頁参照)
  - 所望の角度分布を発生する回折光学素子の最適化ドキュメントの手動セットアップ
  - 波数領域における所望ターゲットパターン(シグナルフィールド)をターゲット面に発生させる演算



# 演算処理 1/2

1. 最少ピクセルサイズ=最少構造サイズを計算する上で、初期値としてシグナルフィールドの x extension (here  $x_{\max \text{ SF}}$  is only 0.75 m) :

$$\Delta x_{\text{DOE}} = \frac{\lambda_{\text{vac}} \sqrt{x_{\max \text{ SF}}^2 + z^2}}{2n_{\text{air}}(\lambda_{\text{vac}})x_{\max \text{ SF}}}$$

この数値を成形装置の加工制限(最少加工単位とステップ分解能)に併せ加工可能(加工分解能)なサイズ ( $\Delta x'_{\text{DOE}}$ ) にします。ここでは、加工分解能は  $\Delta x'_{\text{DOE}} = 320 \text{ nm}$  と算出されました。ここから、 $x'_{\max \text{ SF}}$  を導きました。

2. 回折光学素子の最大周期  $p_{\max}$  の算出:

$$\text{with } \Delta u = \frac{(x_{\max} + \Delta x_{\text{TP}})n_{\text{air}}(\lambda_{\text{vac}})}{\lambda_{\text{vac}} \sqrt{(x_{\max} + \Delta x_{\text{TP}})^2 + z^2}} - \frac{x_{\max}n_{\text{air}}(\lambda_{\text{vac}})}{\lambda_{\text{vac}} \sqrt{x_{\max}^2 + z^2}} \Rightarrow p_{\max} = \frac{1}{\Delta u}$$

3. 回折効率におけるピクセル数を計算し、ラウンディングする事によりサンプリングポイントを算出します。本件では  $\#s = 2355$

$$\#s = \left. \frac{p_{\max}}{\Delta x'_{\text{DOE}}} \right|_{\text{rounded to next odd integer}} \Rightarrow p'_{\max} = \#s \cdot \Delta x'_{\text{DOE}}$$

# 演算 2/2

5. 達成可能な最大回折角度の計算（‘マークの参照）

$$x'_{\max} = \frac{\lambda_{\text{vac}} z}{\sqrt{n_{\text{air}}^2(\lambda_{\text{vac}}) 4\Delta x'_{\text{DOE}}{}^2 - \lambda_{\text{vac}}^2}} \Rightarrow \alpha'_{\max} = \arctan\left(\frac{x'_{\max}}{z}\right)$$

6. 出カインテンシティーにおける光軸上にて達成する分解能:

$$\text{with } u'_{\min} := \Delta u' = \frac{1}{p'_{\max}} \Rightarrow \Delta x'_{\text{TP}} = \frac{u'_{\min} \lambda_{\text{vac}} z}{\sqrt{n_{\text{air}}^2(\lambda_{\text{vac}}) - u'_{\min}{}^2 \lambda_{\text{vac}}^2}}$$

# プログラム・モジュールの活用

- プログラム・モジュールにてターゲット面における所望インテンシティーから波数領域(シグナルフィールド)における角度分布の計算を行います
- モジュールのダイアログに波数値を入力し、最適化ドキュメントにおけるサンプリング・ディスタンスの計算を行います(オプション: "Use Angular Coordinates" のチェックを外します)。
- 後のシミュレーションではガウシアン光源が用いられますが、最適化に用いる入射フィールド(光源)は平面波として演算されます。

# 最適化ドキュメント

11: Iterative Fourier Transformation Algorithm Optimization

Specification Design Analysis

Input Field

Wavelength

Constant Input Field

Arbitrary Input Field

Transmission

Sampling Points  x

Sampling Distance  x

Type of Transmission

Number of Quantization Levels

Propagation

Type of Propagation

Propagation Distance

Embed Frame Width

Pixelation Factor

Simulate Pixelation Exactly

Output Plane Sampling

Sampling Points  x

Sampling Distance  x

Field Size  x

Use Angular Coordinates

Output Field Requirements

Signal Field

Signal Region

Signal Region = Signal Field

Allow Phase Freedom

Allow Scale Freedom

Limit Scale Factor According to Goal Efficiency

Limit Stray Light

Maximum Relative Intensity of Stray Light

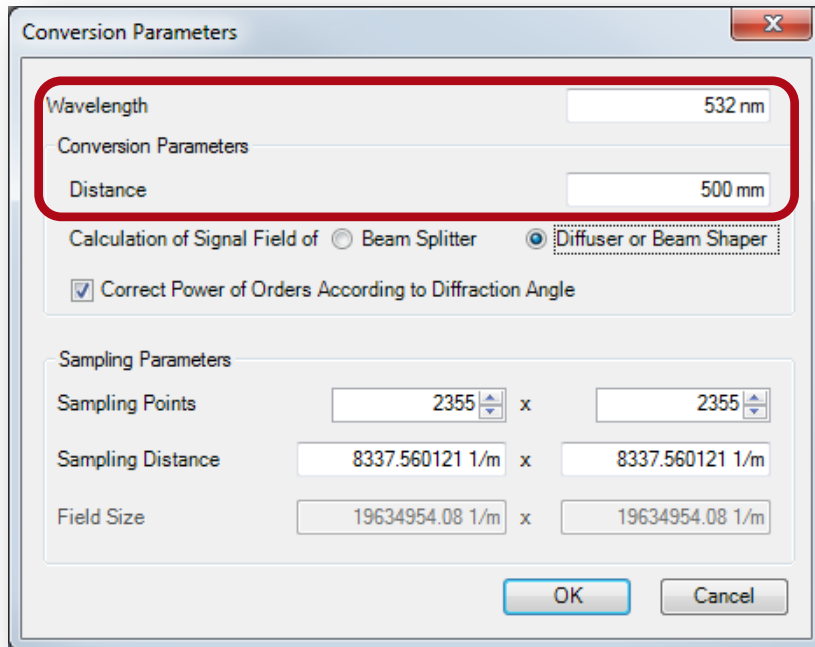
Limit Feature Size

Minimum Feature Size

Maximum Stray Light Intensity for Higher Frequencies

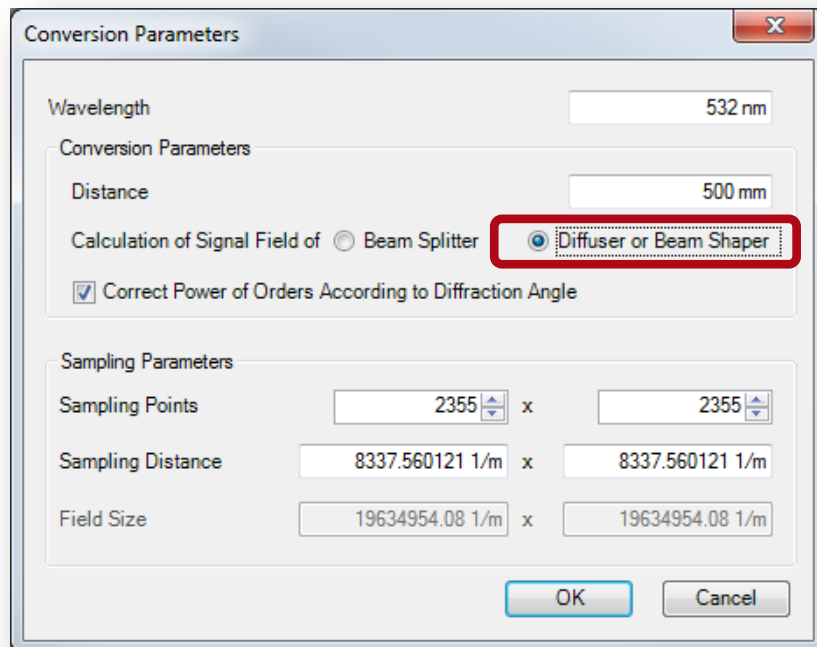
# モジュールの設定 1/3

- 設計波長
- 回折光学素子とターゲット面の距離

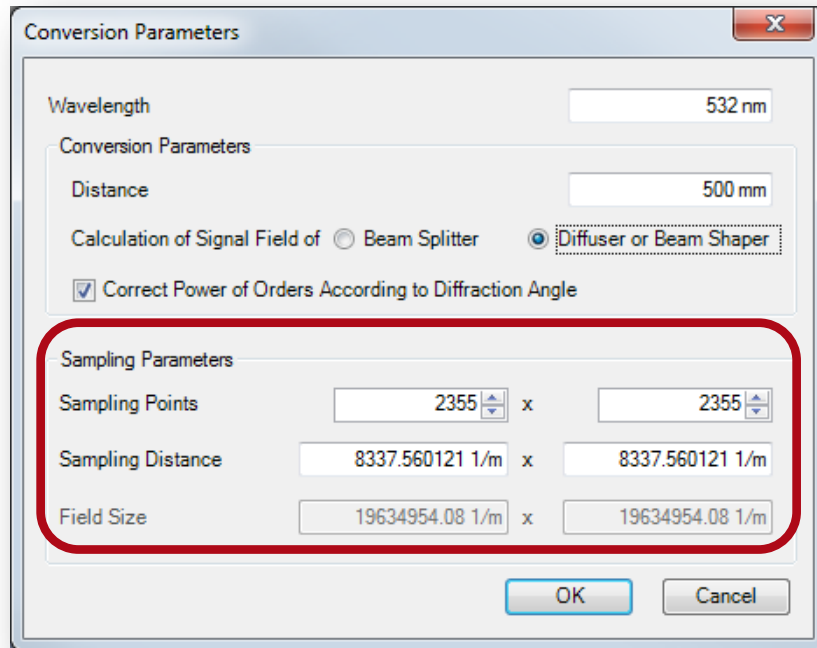


# モジュールの設定 2/3

- ディフューザー・モードの設定

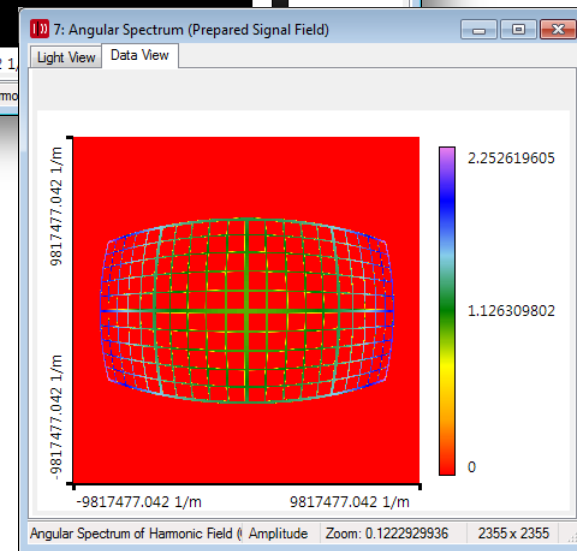
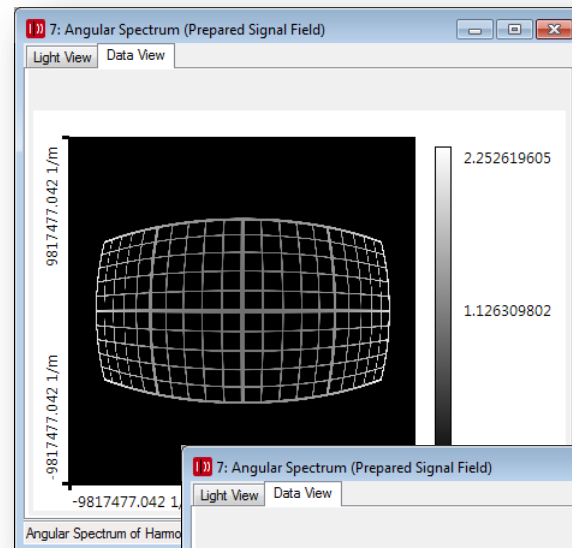
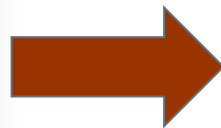
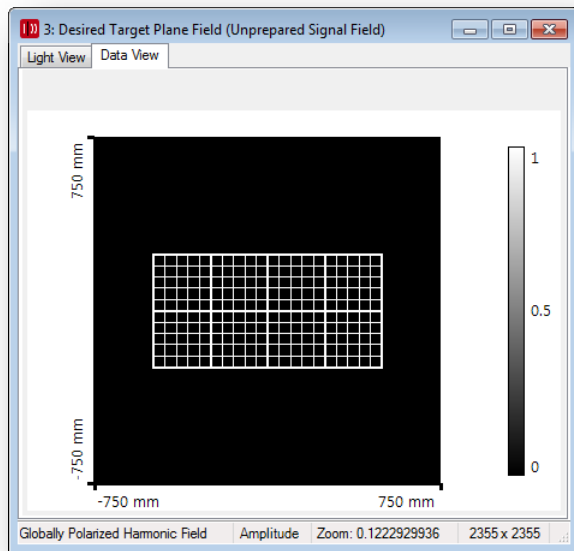


# モジュールの設定 3/3



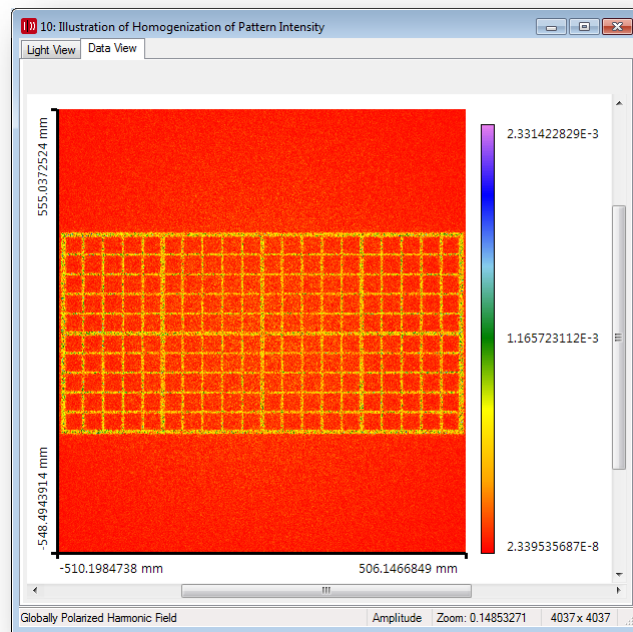
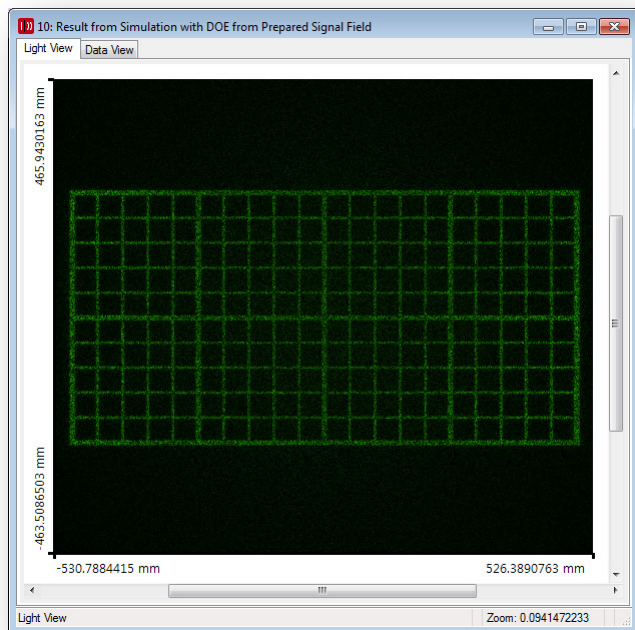
- サンプリング・ポイントは自動的に設定されます
- サンプリング・ディスタンスは最適化ドキュメントから採用します
- 角度フィールドは波数コーディネイトとなります  $k_x$ ,  $k_y$

# モジュールによるパターン歪補正





# 設計結果



# まとめ

- VirtualLab は大きなパターンを発生する、高NA回折光学素子の設計を簡易的に行えるツールです
  - 一般的に発生する、良くない現象
    - 幾何光学的歪、パターン歪
    - インテンシティのパターン周辺における減衰
- VirtualLabにて補正を掛ける事が可能です