

アプリケーション 315.01:

グレーティング偏光素子のパラメトリック最適化

本書では可視光源を偏光するサブ波長グレーティングのパラメトリック最適化手順を解説します

キーワード: parametric optimization、パラメトリック最適化、sub-wavelength grating、サブ波長グレーティング、polarizer、偏光版

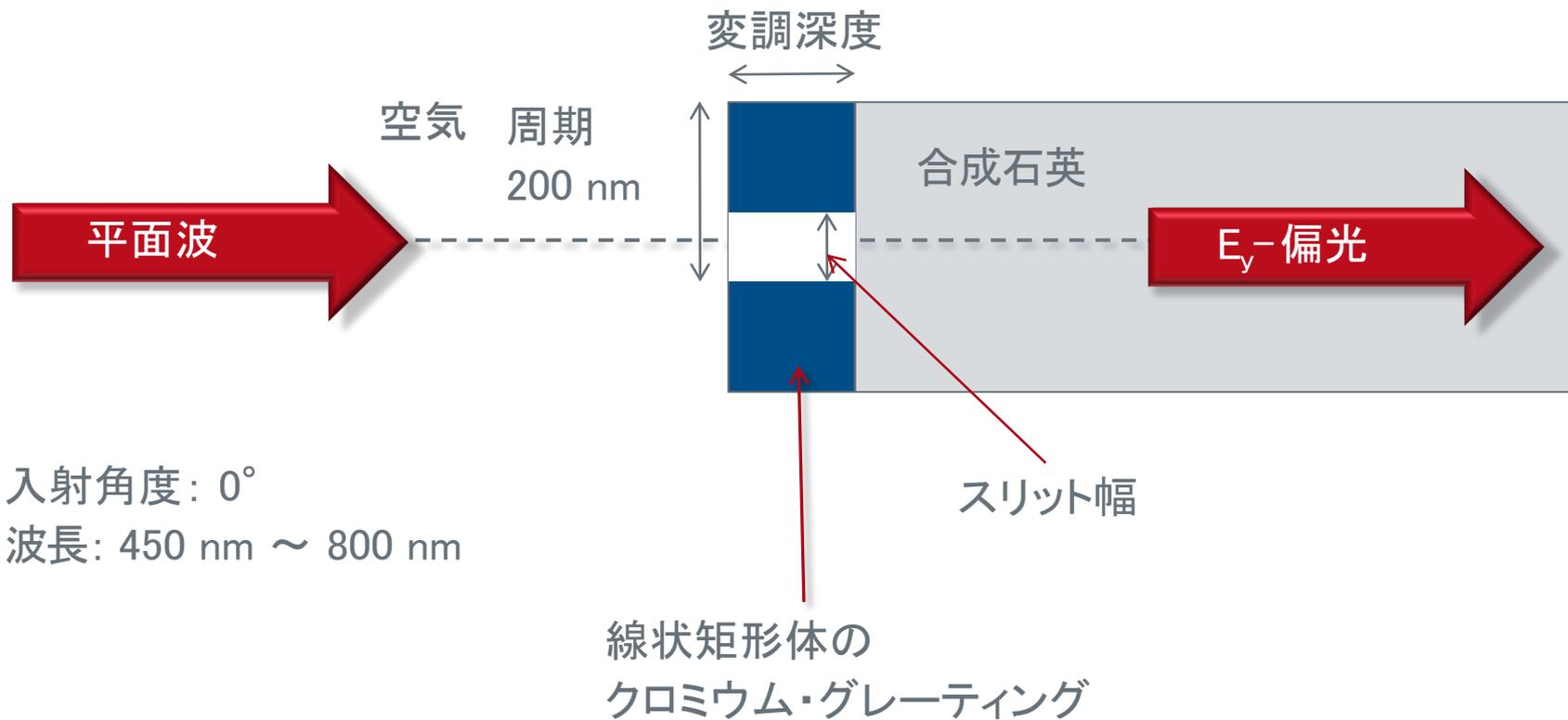
必須ツールボックス: Grating Toolbox Advanced (64bit)

関連アプリケーション: 100.01, 101.01

関連チュートリアル/技術文献: Tutorial 101.01, TN.021



モデリング概要



モデリング概要

- 最適化のゴール：
 - E_x 偏光の透過率を最大にする
 - E_y 偏光の透過率を最少にする
- メリットファンクション：
 - ミニマム（波長において） E_x 透過率 η_x （最大化される）
 - ミニマム（波長において）偏光コントラスト（値 $>50:1$ が必須）

$$C = \frac{\eta_y}{\eta_x}$$

- 均一度誤差（波長において） E_x 透過率（低優先順位にて最小化される）

$$U = \frac{\eta_{x,\max} - \eta_{x,\min}}{\eta_{x,\max} + \eta_{x,\min}}$$

モデリング概要

- ・ 最適化の自由パラメーター：
 - スリット幅: 10~190 nm
 - グレーティング深度: 20~200nm
- ・ 最適化アルゴリズム：
 - VirtualLabのParameter Runと言う機能を用いて、波長域において E_x 透過率を最大に、偏光コントラストを最大になる値を、グローバルにサーチします。グローバルなサーチは必須ではありませんが、複数パターンの最大値と最小値を得られる場合に、パラメトリック最適化の初期値を決定するのに役立ちます。
 - 更なる最適化のために、Downhill Simplex (ローカル最適化)を用いたパラメトリック最適化または、Simulated Annealing(グローバル最適化)アルゴリズムにて可能です。パラメトリック最適化は偏光コントラストと E_x 透過率の、最適な妥協点を見つけるのに適しております。

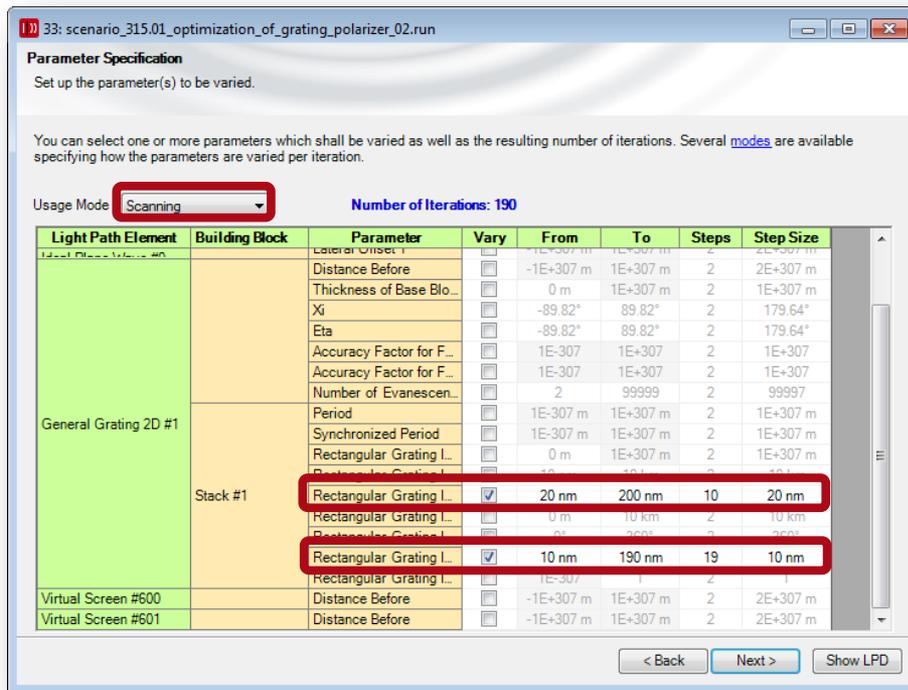
Light Path Diagramと偏光アナライザー

- 偏光グレーティングのLight Path Diagramはサンプルファイルに“Scenario_315.01_Optimization_of_Grating_Polarizer_01.lpd”として保存されております。
- 与えられた波長域において、Polarization Analyzer（偏光アナライザー）にて、偏光の最小値、最大値を演算します。このmin/max 値は E_x と E_y 偏光の全域における反射と透過を計算します。さらに偏光コントラストなどのメリットファンクションを計算する事が可能です。

Parameter Runによるグローバルサーチ

- Parameter Runはサンプルファイルの“Scenario_315.01_Optimization_of_Grating_Polarizer_02.run”として保存されています。
- Parameter Runの値：
 - スリット幅: 10～190 nmを19ステップにて
 - 変調深度: 20～200nmを10ステップにて
- 全パラメーターのコンビネーションをスキャンモードにてサーチされます。

Parameter Runによるグローバルサーチ



- Modulation Depth (変調深度) とスリット幅を自由パラメーターとして選択します

- 全てのパラメーターのコンビネーションをサーチするために、スキャンングモードを活用します。これにより190通りのシステムが解析されます。

Parameter Runによるグローバルサーチ

35: scenario_315.01_optimization_of_grating_polarizer_02.run

Results
Start the parameter run and analyze its results

Start ▶

Iteration Step	183	184	185	186	187	188	189	190
Data Array	Data Array 1D							
Maximum Efficiency Ex-Direction	42.418 %	36.365 %	29.807 %	23.131 %	16.586 %	10.862 %	5.4896 %	1.2292 %
Maximum Efficiency Ey-Direction	0.0017388 %	0.00042088 %	8.3612E-05 %	2.4212E-05 %	3.638E-05 %	4.7512E-05 %	4.9507E-05 %	4.2187E-05 %
Maximum Polarization Contrast	90988	2.6626E+05	9.4891E+05	4.3899E+06	1.6402E+07	6.4718E+07	4.7247E+07	1.8134E+07
Minimum Efficiency Ex-Direction	21.327 %	15.709 %	11.239 %	7.7564 %	5.1061 %	3.124 %	1.6364 %	0.36567 %
Minimum Efficiency Ey-Direction	0.00044958 %	0.00013023 %	3.0346E-05 %	5.1568E-06 %	6.4346E-07 %	8.1217E-08 %	4.321E-08 %	2.4382E-08 %
Minimum Polarization Contrast	12266	37324	1.3442E+05	5.8916E+05	4.5429E+05	2.2861E+05	1.1089E+05	29136
Uniformity Error of Efficiency Ex-Direction	33.086 %	39.667 %	45.236 %	49.777 %	52.921 %	55.326 %	54.072 %	54.143 %
Uniformity Error of Efficiency Ey-Direction	58.912 %	52.739 %	46.742 %	64.883 %	96.524 %	99.659 %	99.826 %	99.884 %
Uniformity Error of Polarization Contrast	76.241 %	75.411 %	75.183 %	76.335 %	94.61 %	99.296 %	99.532 %	99.679 %

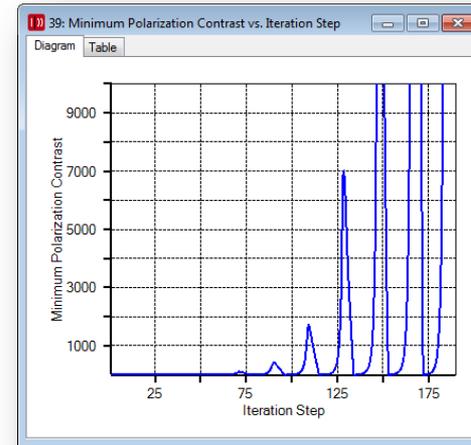
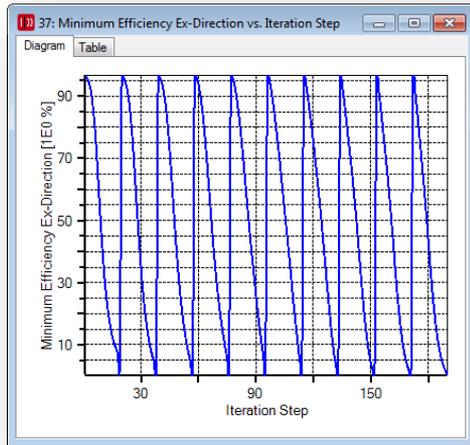
Output from Selection Combined Output as Harmonic Fields Sets

Settings for Sequence of ...
1D Fields 2D Fields

< Back Next > Show LPD

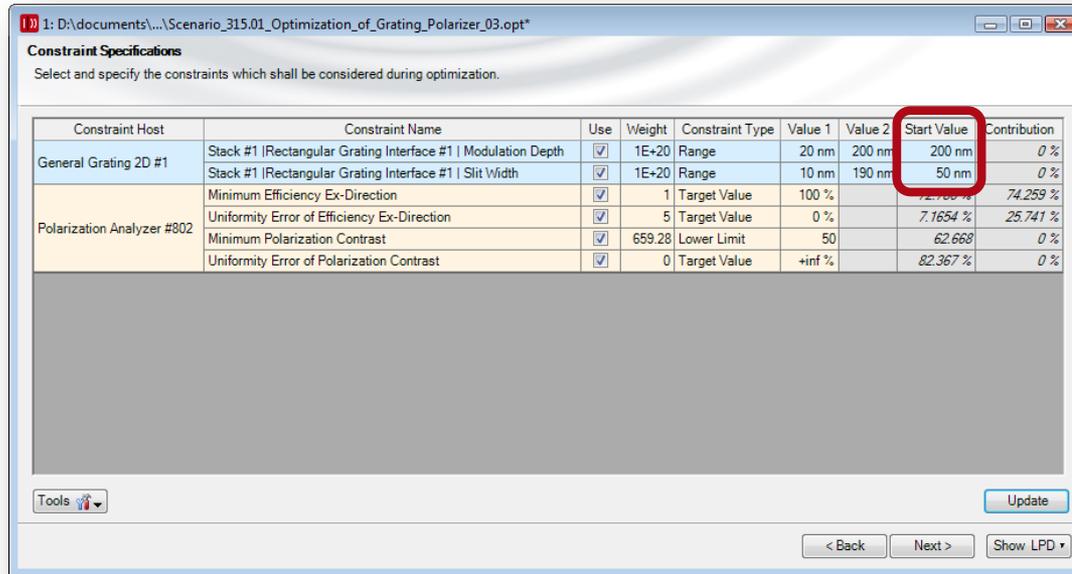
ステップ数毎に選択されたメリットファンクションが表示されます

Parameter Runによるグローバルサーチ



- 左図は最少 E_x 透過率と、右図は最少偏光コントラストです
- E_x 透過率と偏光コントラストは、異なるパラメータセットに対して最大値が存在します
- パラメータの妥協点：
 - スリット幅 50 nm、変調深度 200 nm
 - 最少 E_x 透過率: 72.7%
 - 最少偏光コントラスト: 62
 - 均一度誤差 E_x 透過率: 7%

ローカル・パラメトリック最適化



1: D:\documents\...\Scenario_315.01_Optimization_of_Grating_Polarizer_03.opt*

Constraint Specifications
Select and specify the constraints which shall be considered during optimization.

Constraint Host	Constraint Name	Use	Weight	Constraint Type	Value 1	Value 2	Start Value	Contribution
General Grating 2D #1	Stack #1 Rectangular Grating Interface #1 Modulation Depth	<input checked="" type="checkbox"/>	1E+20	Range	20 nm	200 nm	200 nm	0 %
	Stack #1 Rectangular Grating Interface #1 Slit Width	<input checked="" type="checkbox"/>	1E+20	Range	10 nm	190 nm	50 nm	0 %
Polarization Analyzer #802	Minimum Efficiency Ex-Direction	<input checked="" type="checkbox"/>	1	Target Value	100 %		72.768 %	74.259 %
	Uniformity Error of Efficiency Ex-Direction	<input checked="" type="checkbox"/>	5	Target Value	0 %		7.1654 %	25.741 %
	Minimum Polarization Contrast	<input checked="" type="checkbox"/>	659.28	Lower Limit	50		62.668	0 %
	Uniformity Error of Polarization Contrast	<input checked="" type="checkbox"/>	0	Target Value	+inf %		82.367 %	0 %

Tools  Update

< Back Next > Show LPD ▾

- パラメトリック最適化ドキュメントを、グレーティングのローカル最適化に活用します。 サンプルファイルに“Scenario_315.01_Optimization_of_Grating_Polarizer_03.opt”として、保存されております。
- 初期値：
 - スリット幅 50 nm
 - 変調深度 200 nm

ローカル・パラメトリック最適化

Constraint Specifications

Select and specify the constraints which shall be considered during optimization.

Constraint Host	Constraint Name	Use	Weight	Constraint Type	Value 1	Value 2	Start Value	Contribution
General Grating 2D #1	Stack #1 Rectangular Grating Interface #1 Modulation Depth	<input checked="" type="checkbox"/>	1E+20	Range	20 nm	200 nm	200 nm	0 %
	Stack #1 Rectangular Grating Interface #1 Slit Width	<input checked="" type="checkbox"/>	1E+20	Range	10 nm	190 nm	50 nm	0 %
Polarization Analyzer #802	Minimum Efficiency Ex-Direction	<input checked="" type="checkbox"/>	1	Target Value	100 %		72.786 %	74.259 %
	Uniformity Error of Efficiency Ex-Direction	<input checked="" type="checkbox"/>	5	Target Value	0 %		7.1654 %	25.741 %
	Minimum Polarization Contrast	<input checked="" type="checkbox"/>	659.28	Lower Limit	50			0 %
	Uniformity Error of Polarization Contrast	<input checked="" type="checkbox"/>	0	Target Value	+inf %			0 %

Tools Update

< Back Next > Show LPD ▾

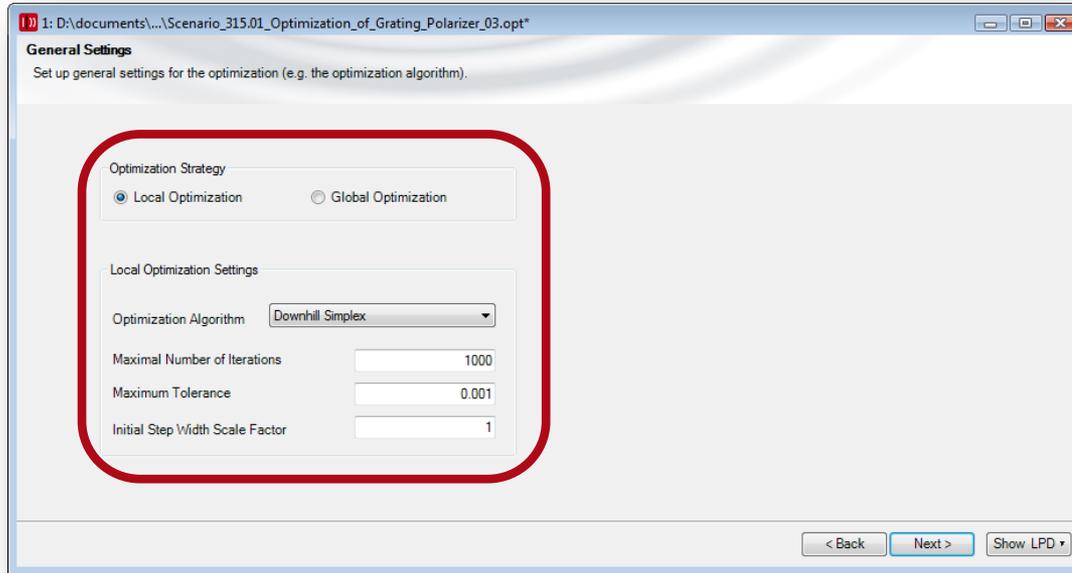
パラメーターとメリットファンクションは E_x 透過率、偏光コントラストそして E_x 透過率の均一度誤差の妥協点を見つけ出す必要があります

ローカル・パラメトリック最適化

Constraint Host	Constraint Name	Use	Weight	Constraint Type	Value 1	Value 2	Start Value	Contribution
General Grating 2D #1	Stack #1 Rectangular Grating Interface #1 Modulation Depth	<input checked="" type="checkbox"/>	1E+20	Range	20 nm	200 nm	200 nm	0 %
	Stack #1 Rectangular Grating Interface #1 Slit Width	<input checked="" type="checkbox"/>	1E+20	Range	10 nm	190 nm	50 nm	0 %
Polarization Analyzer #802	Minimum Efficiency Ex-Direction	<input checked="" type="checkbox"/>	1	Target Value	100 %		72.786 %	74.289 %
	Uniformity Error of Efficiency Ex-Direction	<input checked="" type="checkbox"/>	5	Target Value	0 %		7.1654 %	25.741 %
	Minimum Polarization Contrast	<input checked="" type="checkbox"/>	659.28	Lower Limit	50		62.668	0 %
	Uniformity Error of Polarization Contrast	<input checked="" type="checkbox"/>	0	Target Value	+inf %			82.367 %

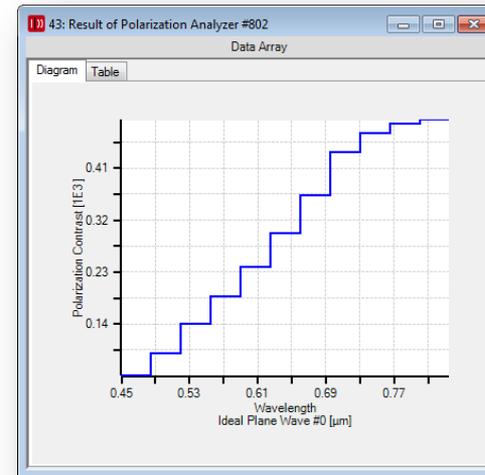
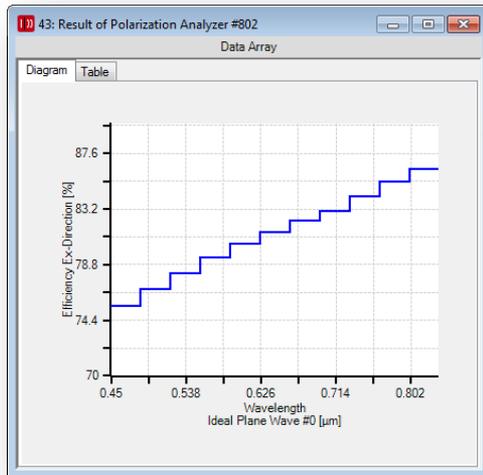
- パラメーターの制約事項：
 - 変調深度：20～200 nm にウエイト 1e20
 - スリット幅：10～190 nm にウエイト 1e20
- メリット関クションの制約事項：
 - 最小値(波長域に対し) E_x の効率を最大にする必要あり
 - 最小値(波長域に対し) 偏光コントラストは50以上である必要あり
 - 均一度誤差は最少である必要がありますが、メリット関クションには大きな影響はありません

ローカル・パラメトリック最適化



Downhill-Simplexアルゴリズムがローカル最適化に活用されます

最適化の結果



- 左図は E_x 透過率、右図は偏光コントラスト vs 波長を示しております
- 最適化されたLight Path Diagramはサンプルファイルに“Scenario_315.01_Optimization_of_Grating_Polarizer_04.lpd”として保存されております
- 最適化後のパラメーター：
 - スリット幅: 46 nm
 - 変調深度: 200 nm
 - 最少 E_x 透過率: 75.5%
 - 最少偏光コントラスト: 50
 - E_x 透過率の均一度誤差: 7%

まとめ

- Polarization Analyzer (偏光アナライザー)により、偏光グレーティングに対する、波長と角度の影響を評価する事が可能です。
- Parameter Runにより、ローカルの最大値、最小値のパラメーターをある範囲においてグローバルにサーチする機能です。これによりローカル・パラメトリック最適化の初期値を決定するために用いる事が可能です。
- 偏光グレーティングのローカル・パラメトリック最適化はDownhill-Simplexアルゴリズムを用いております。