

SiLENSe Version.5.10 新機能のご案内

SiLENSe は、発光ダイオード (LED) のヘテロ構造について 1D バンド計算を行い、バンド構造や I-V 特性 (電流-電圧特性)、発光スペクトル等の LED ヘテロ構造の重要な特性を計算するシミュレーションソフトウェアです。

また、Laser Edition では、レーザダイオードの導波路モードやレーザ特性の計算も行う事ができます。

主な新機能、及び改善点

1) 誘導放出によるキャリア再結合を考慮したレーザ特性の計算

(* Laser Edition のみに対応)

SiLENSe laser edition Version 5.10 より誘導放出によるキャリアの再結合を考慮したレーザダイオード特性の計算を行う事が出来ます。

光学損失と光学利得が同じになる様 (定常状態) に計算されます。この時、誘導放出レートと自然放出レートの間で以下の関係式 (1) が成り立ちます。ここで、両サイドのミラー部分での光学損失は式 (2) で表されます。

この時、自然放出レートは SiLENSe の計算において求められます。また、自由キャリアによる吸収 (光学損失)、及びモード利得は、レーザ構造内の導波路モードと電子とホールの濃度分布に依存した電流密度の計算の後に計算されます。計算された誘導放出レートは、従来のキャリア輸送計算に組み込まれる形で計算されます。詳細は、次ページの計算の流れ図をご確認下さい。

$$R_p^{\text{st}} = 2\gamma \frac{\alpha_p^{\text{int}}(\varepsilon_{\text{st}}) + \alpha_p^R}{\alpha_p^{\text{int}}(\varepsilon_{\text{st}}) + \alpha_p^R - g_p(\varepsilon_{\text{st}})} \cdot R_p^{\text{rad}} \quad (1)$$

R_p^{rad} : 自然放出レート R_p^{st} : 誘導放出レート ε_{st} : レーザ発振波長

$\alpha_p^{\text{int}}(\varepsilon_{\text{st}})$: 自由キャリアによる吸収 (光学損失) α_p^R : ミラーにおける光学損失

$$\alpha_p^R = \frac{1}{2L} \ln \left(\frac{1}{R_p^{\text{HR}} R_p^{\text{LR}}} \right) \quad (2)$$

L : キャビティ一長 $R_p^{\text{HR}}, R_p^{\text{LR}}$: 背面、出力側のミラー反射率

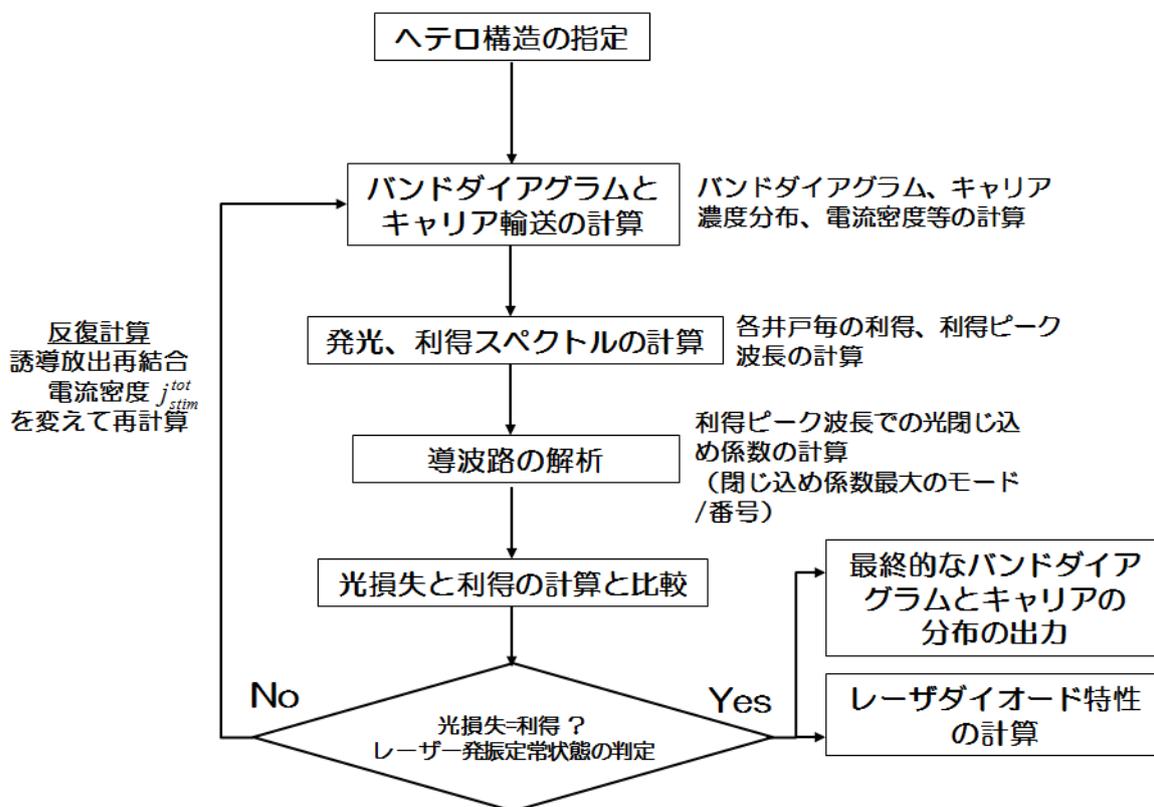


図 1. 誘導放出によるキャリア再結合を考慮したレーザーダイオード特性の計算の流れ

2) 最大利得-電流密度、及び最大利得時の波長-電流密度の関数の利用

(* Laser Edition のみに対応)

SiLENSe Version5.10 より、ユーザー指定の最大光学利得(モード or 材料利得)-電流密度の関係、及び最大利得時の波長-電流密度の関数を計算に考慮する事が出来ます。このモードを利用する事によって、実験によって得られた利得データなどを計算に反映する事が出来ます。

Laser parameters	Values
Cavity length (micron)	500
Stripe width (micron)	15
Back mirror reflectivity	0.18
Output mirror reflectivity	0.18
Additional loss (1/cm)	1
Polarization	TE
Mode index	2
Initial Step (in units of jrad)	0.05
Gain Fitting Accuracy (1/cm)	0.1
Use Imported Gain Data	Import material gain
Peak Gain vs Current Density Function	gain
Peak Gain Wavelength vs Current Density Function	wavelength
Use Absorption From Material Data	No

図 3. 利得データ(最大利得-電流、最大利得時波長-電流)ユーザー指定画面

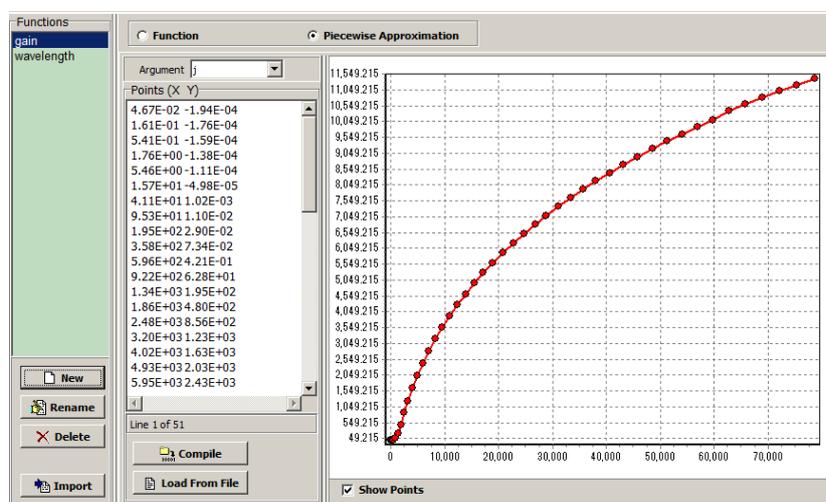


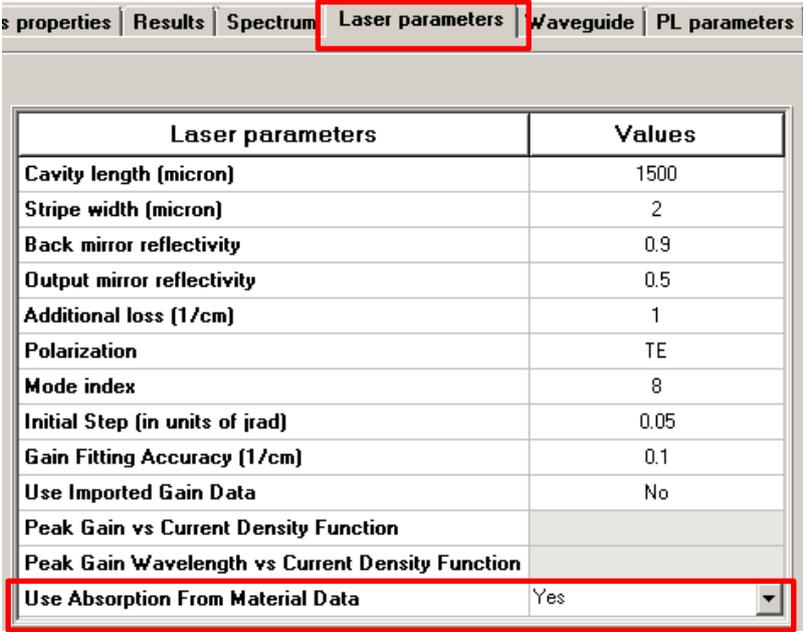
図 4. 最大利得-電流密度データ作成画面 (Edit Gain Import Function)

3) 量子井戸外の材料における光吸収による光損失を考慮したレーザ特性計算 (* Laser Edition のみに対応)

SiLENSe Version5.10 より材料物性の吸収係数を使用して量子井戸外での材料における光吸収を光学損失としてレーザ特性の計算において考慮します。

また、このオプションは従来のレーザ計算のモデルと誘導放出を考慮したモデルの両方で有効となります。

*従来の SiLENSe のレーザの計算では、量子井戸外での材料における光吸収による光学損失は無視されていました。



Laser parameters	Values
Cavity length (micron)	1500
Stripe width (micron)	2
Back mirror reflectivity	0.9
Output mirror reflectivity	0.5
Additional loss (1/cm)	1
Polarization	TE
Mode index	8
Initial Step (in units of jrad)	0.05
Gain Fitting Accuracy (1/cm)	0.1
Use Imported Gain Data	No
Peak Gain vs Current Density Function	
Peak Gain Wavelength vs Current Density Function	
Use Absorption From Material Data	Yes

図5. 量子井戸以外での材料における光吸収のモデル選択画面

4) 基板の反りによるヘテロ構造内の反り歪を考慮した計算

(* LED edition, Laser Edition 共通)

SiLENSe Version 5.10 より基板の反りによるヘテロ構造内の反り歪を考慮して計算する事が出来ます。基板の反りに関する設定は、直接モデルファイルをテキストエディターで修正して行う事が出来ます。

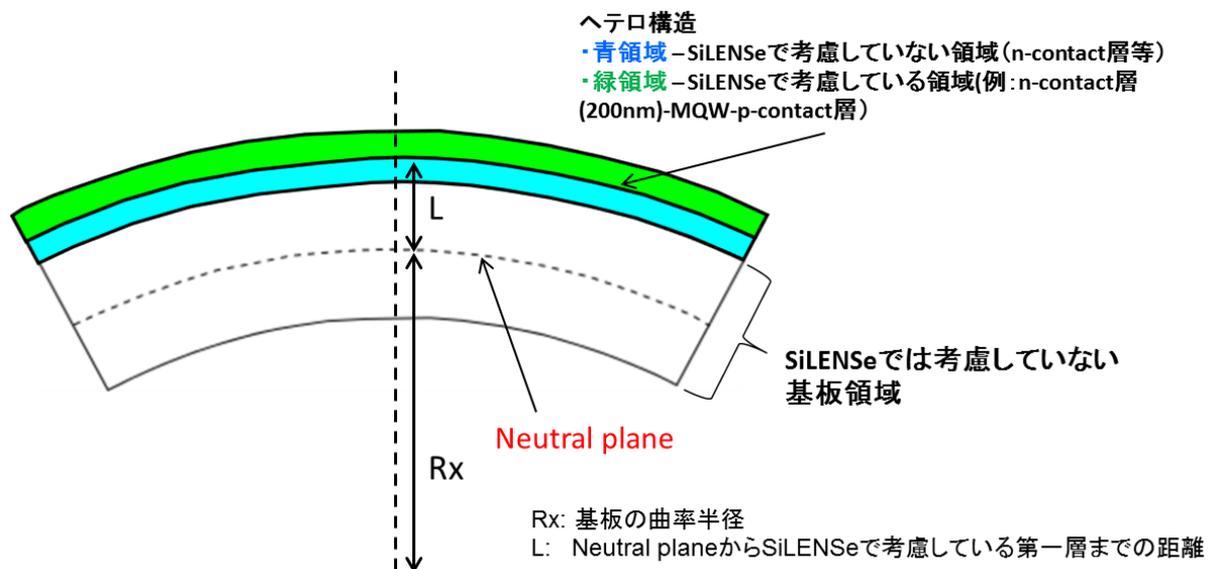


図 6. Curvature パラメータの定義

テキストエディターにて*.sls ファイルを開いていただき以下の箇所に必要なパラメータを直接入力します。最後に保存して下さい。

Substrate_Curvature_Use=0 モデルの使用フラグ (1:使用、0:不使用)

Substrate_Curvature_Rx=10 曲率半径 x 成分 (単位: メートル (m))

Substrate_Curvature_Ry=10 曲率半径 y 成分 (単位: メートル (m))

Substrate_Curvature_L=100 距離 L (単位: マイクロメートル (μ m))

注: 各パラメータの単位にご注意下さい。

5) その他改良点

・ PL 計算の収束性の改善

(* LED edition, Laser Edition 共通)

SiLENSe Version5.10 より、PL (フォトルミネッセンス) 計算の収束性が改善されました。

・ ユーザー定義関数に関する不具合の修正

(* LED edition, Laser Edition 共通)

SiLENSe Version5.10 より、ユーザー定義関数 (Function) に関する不具合が修正されています。以前のバージョンでは、場合によってユーザー定義関数 (Function) 作成の際に定義した "Global-User-defined constant" が勝手にゼロになってしまう不具合がありました。この不具合が修正されています。

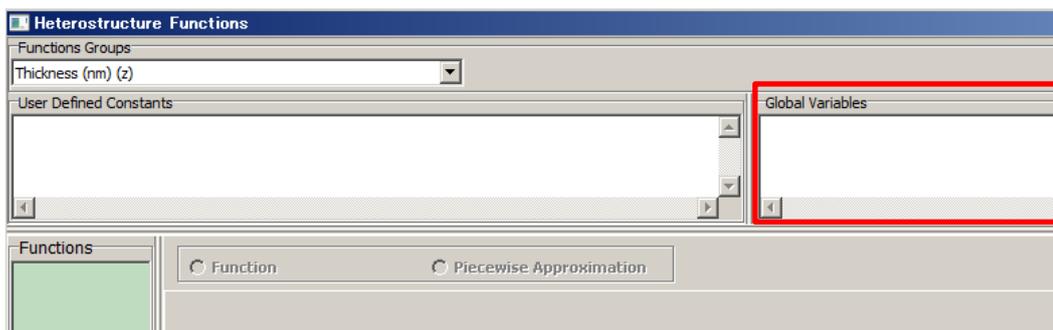


図 7. Function/Global user defined constant 設定画面