

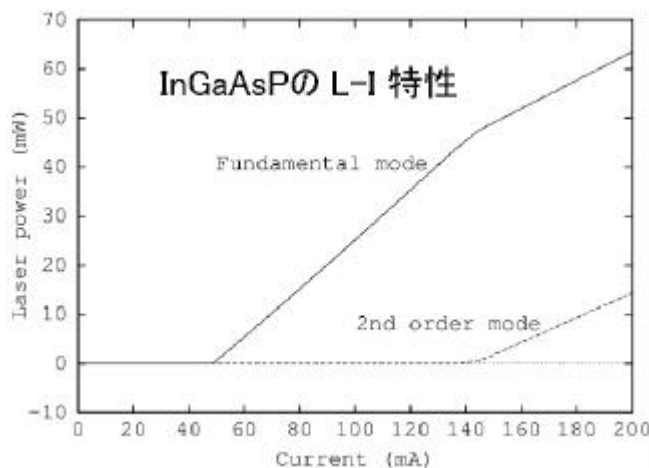
2次元半導体レーザーシミュレーター-LASTIP

< 概要 >

L A S T I P (LASeR Technology Integrated Program) は、デバイスの断面構造(寸法や材料、ドーピング等)と解析条件(バイアス条件等)を定義し、解析を行うソフトウェアです。ポアソン方程式、電流・正孔の連続の方程式、レート方程式、光学場の波動方程式を解き、電流-電圧特性や、バンド図、電流分布図、光強度分布、 $L-I$ 特性等を得ることが出来ます。物性値はマクロ化され、選択するだけで材料を定義出来ます。マクロ(マテリアルライブラリファイル)はユーザーが再定義することも容易です。水平横モードの多モード解析や過渡解析も行えます。

< 基本機能 >

● 光出力-電流 ($L-I$) 特性



- 電流-電圧 ($I-V$) 特性
- 2次元ポテンシャル、電場、電流分布
- 電子とホール密度の2次元分布
- 様々なバイアス条件下でのバンド図
- 2次元多重横モードの光学場分布
- 2次元局所光学利得分布
- 半導体中の深いレベルのトラップの占有数と密度の2次元分布
- バイアス電流に対するモード別屈折率依存性
- バイアス電流に対するモード別利得と屈折率変化の依存性
- 電流に対する自発放出スペクトルの依存性
- Far-field分布
- 上記すべての量の時間発展(過渡的モデル)と温度依存性(一様温度)

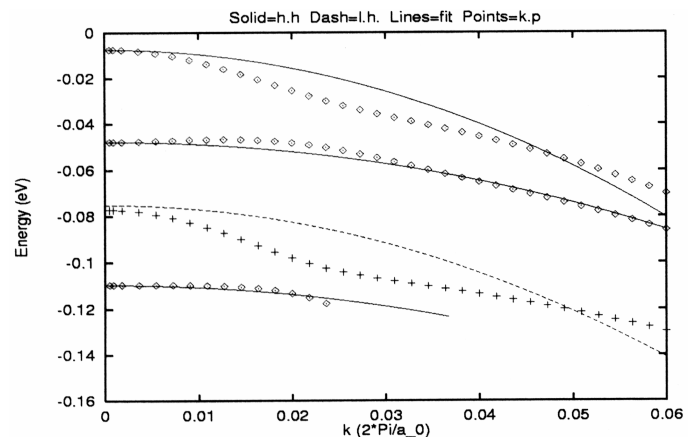
< オプション >

● 量子トンネル効果オプション (Quantum Tunneling Option)

高レベルにドーピングされたヘテロ接合部や、ショットキー接点における電流の量子トンネル効果は非常に重要な電流輸送メカニズムです。また、トンネル効果は共鳴型トンネルダイオード(RTD)においても無視できません。このオプションでは、これらの量子トンネル効果を考慮することが出来ます。

● 複合多重量子井戸オプション (Complex MQW Option)

このオプションは、量子井戸層を定義する際、量子井戸層に接する2つの層(バリアー層)の物質が異なる場合に必要です。



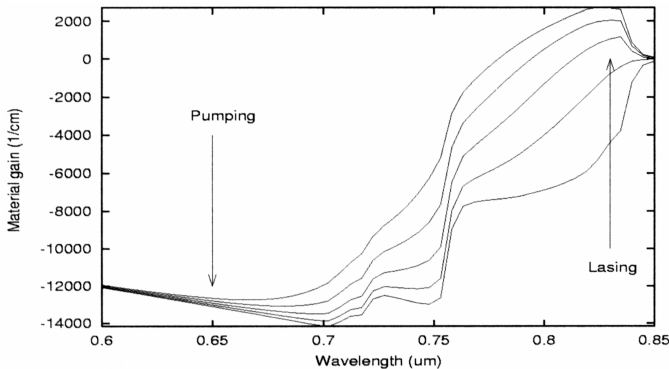
● ベクトル波オプション (Vectorial Wave Option)

当社の半導体レーザーシミュレーターでは通常、スカラー形式の波動方程式を用いて縦・横の光学モードを解きますが、これはデバイス長が波長に比べて大きく、屈折率の閉じ込めがそれほど強くない場合に正確な結果を与えます。ベクトル波オプションは、このような条件が成り立たないようなケース(偏光方向の屈折率閉じ込めが強い場合)に有用なオプションです。

● 光ポンプレーザーオプション

(Optically Pumped Laser Option)

入射光により半導体デバイス内に生成されたキャリアが反転分布を取ることでレーザー発振を起こします。本オプションでは、正確な光学利得モデルを用いることで、このような光ポンプ作用によるレーザー発振に関する特性を計算することが出来ます。

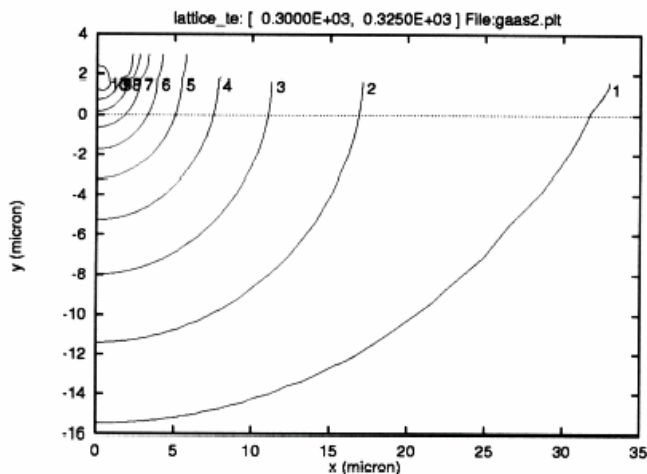


Optical gain spectrum and indication
of pumping and lasing wavelength

● 熱オプション

(Thermal Option)

このオプションでは、熱を考慮して計算します。電極に境界条件（温度や、電極からデバイスの外へ出る熱量等）を設定します。熱源としては、電流・バンド間吸収・損失によるジュール熱、再結合・トムソン・ペルチエ効果による熱を考慮します。あらかじめ温度依存性のある物性値を持つ物質を設定し、デバイス内の温度勾配に準じた計算を行います。



Contour plot of the temperature
distribution in a ridge waveguide laser.
The numbered labels are used to denote
the uniform temperature increment
within the temperature range shown

● 自己無撞着多重量子井戸オプション

(Self-Consistent MQW/Piezo Option)

このオプションは、量子井戸層に強い電界がかかっている場合（ピエゾ効果等）キャリアの波動関数（シュレーディンガーの波動方程式）を計算する際にその効果を考慮します。また、シュタルク効果も考慮されます。多重量子井戸の場合、ベースで解くと量子井戸 1 つ 1 つに対しての波動関数を解きます。各量子井戸層の間にあるバリアー層が量子効果をもつほど薄い場合、この多重量子井戸領域の全領域にわたって波動関数を解く必要がありますが、その際このオプションが必要になります。

● 拡張型等価屈折率法オプション

PML (Perfectly Matched Layer)/EEIM (Enhanced Effective Index Method) Option

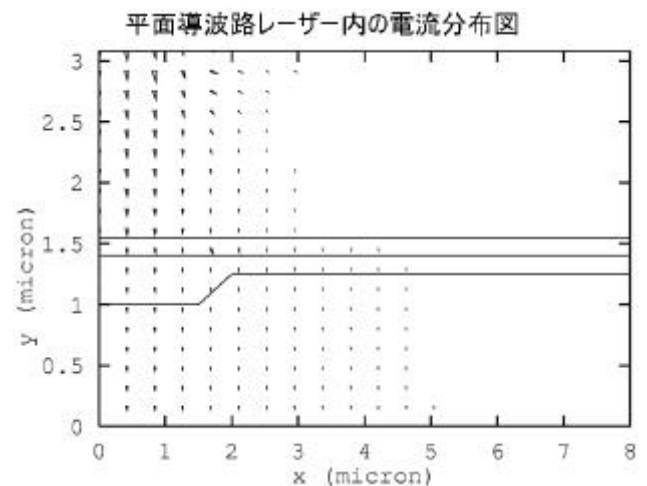
標準的な等価屈折率法では、すべての境界におけるモードは 0、又は指数関数的に減衰するものと仮定されるため、放射モードを取り扱うことができません。EEIM オプションを使うと、放射モードを閉じ込めモードと同様に取り扱うことが出来ます。

< 物理モデル >

- 量子井戸におけるサブバンドは正確なキャリア密度と光学利得を計算できるように解かれます。
- 歪みのある量子井戸は $k \cdot p$ 理論で取り扱われます。LASTIP は荷電子バンド混合効果を 2 次元シミュレーションに取り入れることができます。
- 量子井戸やバルク物質の光学利得は、有効質量やバンドギャップ等の物質パラメータから計算されます。
- キャリア間散乱機構を含む利得のぼけは、Lorentz 型、Landsberg 型、Asada 型などの精巧なモデルによって計算されます。
- キャリア再結合モデルには、SRH(Shockley-Read-Hall) 再結合モデル、Auger 再結合モデル、誘導・自発的放出による再結合モデルが用いられています。
- 深いレベルのトラップと動力学モデルは半絶縁体的な半導体の正確な設計のために導入されています。

- 青色レーザーに用いられている II-VI 族化合物の正確なモデリングのために、電場に誘起された電離不純物のための Poole-Frenkel モデルが導入されています。
- 境界面での状態は、表面フェルミ準位のピン止め、境界面での再結合、固定された電荷を考慮して精密に計算されます。
- バルクと量子井戸中のキャリア濃度はフェルミ分布によって正確に計算されます。
- ドープされた不純物の荷電状態を精密に記述するために、不完全イオン化モデルが用いられています。
- その他の高度な機能：電場に依存した移動度、非線形利得抑制、Far-Field 放射パターンの計算、低温におけるシミュレーション、基本方程式は完全に連立な形でニュートン法によって自己無撞着的に解かれます。
- **LASTIP**ですでに定義されている物質：
GaAs/AlGaAs, InGaAs/AlGaAs, InGaAsP, InGaAlAs, InGaAlP, InGaAsP/InGaAlAs-InP, GaSb/AlAsSb, ZnSe ベースの II-VI 化合物と、GaN ベースの化合物。
- また、高度な数値解析技術により多重横モードを計算する事もできます。
- 時間依存性が入った光子の確率方程式により、光出力とモード利得、再結合の関係が得られます。
- 有限要素法 (FEM) により微分方程式は離散化されます。FEM は任意のレーザー形状を取り扱うのに理想的な手法です。

< 計算例 >



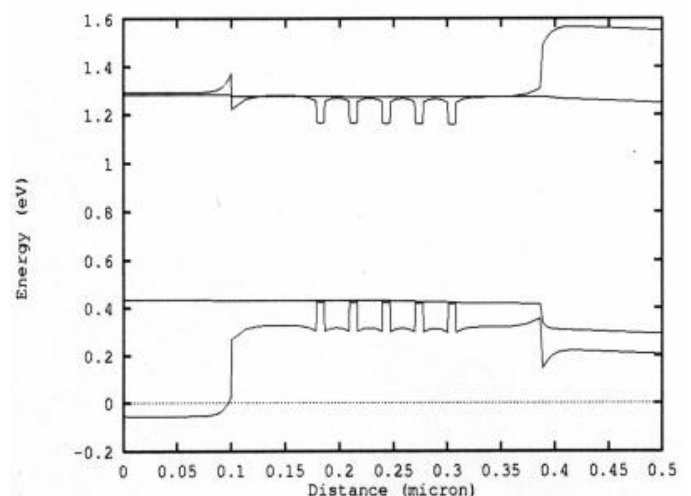
< 基本方程式 >

半導体レーザーの任意の 2 次元断面において、LASTIP は以下のような基本的な方程式を連続発振、又は過渡的条件で解いています。

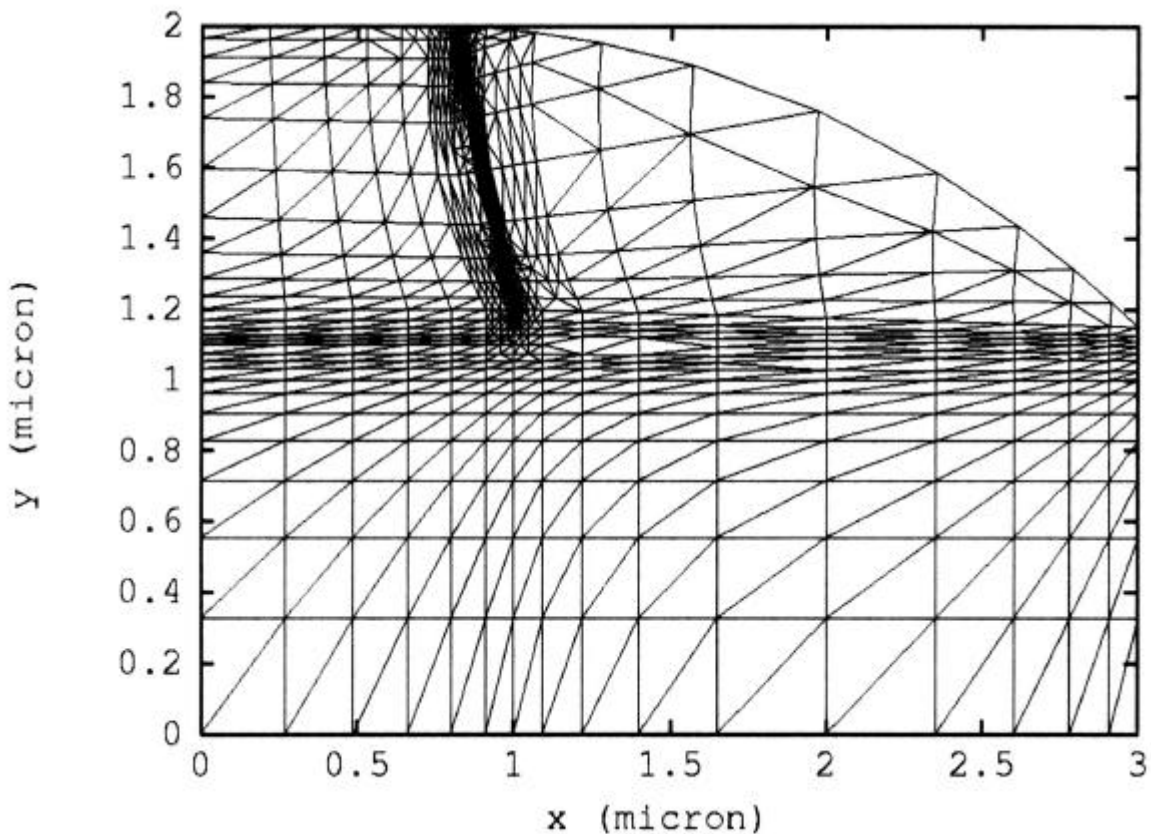
- ポアソン方程式は、ヘテロ界面を含む半導体レーザーのポテンシャルと電荷の関係を記述します。
- 電子とホールの流れに関する時間依存の連続方程式はキャリアの再結合関係を支配します。
- 熱電子放出モデルは量子井戸、傾斜、又は急峻なヘテロ界面間のキャリア輸送を記述します。
- 複雑な波動方程式により、光学場の縦、横方向の分布が複素屈折率に基づいて計算されます。

多重量子井戸を持つ InGaAsP

レーザーの高電流注入時のバンド図



複雑なメッシュ構造の生成例



以上のスクリーンショットは半導体レーザーの設計におけるLASTIPの優れた機能を示すいくつかの例です。LASTIPの全ての機能をお試し頂ける無料の試用版が当社のホームページからダウンロードできます。詳細は当社ホームページにアクセスしてください。LASTIPのさらに詳しい内容につきましては、PDF形式のパンフレットをご覧ください。

< 動作環境 >

Windows XP/2000/NT/Me/9x

* 本カタログの内容は予告なく変更される場合があります。予めご了承ください。

< お問い合わせ >

当社製品に関する詳細につきましては、下記まで、お気軽にお問い合わせ下さい。

千葉市中央区新田町 33-1

ベルファースト4F

TEL : 043 - 241 - 2381

FAX : 043 - 241 - 2382

ホームページ : www.crosslight.jp

Eメール : info@crosslight.jp

世界で認められたプロフェッショナル
半導体光デバイスシミュレーター

CROSSLIGHT

Software Inc. Japan Branch
クロスライトソフトウェアインク日本支社