

半導体デバイスシミュレーター-APSYS

<概要>

APSYSは半導体デバイス用の汎用2D/3D有限要素解析・設計ソフトウェアです。半導体デバイスのための柔軟な設計・シミュレーション環境に加え、多様な物理モデルがAPSYSには組み込まれています。高度な機能は

- ホット・キャリア輸送
- ヘテロ界面と量子井戸モデル

の他、多数用意されています。

APSYSは、ユーザーが独自のモデルを開発できるように設計されています。

<優れた機能>

APSYSは2D/3Dのシミュレーターで、ポアソン方程式、電流の連続方程式、キャリアエネルギー輸送方程式、光導波路デバイス（導波路光検出器）のためのスカラー形式の波動方程式を自己無撞着的に解きます。APSYSは次のような物理モデルと優れた機能を含んでいます。

- 電場、又はエネルギーに依存した移動度を持つホット・キャリアの流体力学モデル
- 柔軟な設定が可能な熱境界条件と、温度依存性を含んだパラメータを用いた熱輸送方程式
- 傾斜、又は急峻な形状のヘテロ界面や量子井戸間のキャリア輸送のための熱電子放出モデル
- 電場、又はエネルギー依存性を持った衝突電離係数を用いた衝突電離モデル
- 深いレベルにトラップされた不純物とその動力学モデルは、半絶縁体と絶縁体の正確なモデルにも適用できるように設計されています
- 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。
- 電場に誘起された電離不純物の Frenkel-Poole モデルがいくつかの新素材のために組み込まれています
- 77 K以下の低温におけるシミュレーションも実行可能です
- 光ガイドモード（多重モードモデル）は任意の複素屈折率分布について計算が可能です
- 歪み入った量子井戸（バリア）の量子サブバンドは $k \cdot p$ 理論を用いて計算されます
- 多くの物質モデルが組み込まれています：
Silicon, AlGaAs, InGaAs, SiGe, InGaAsP, InGaN, AlGaP, ZnSe, InGaAlAs, InGaP, InGaAsN 等

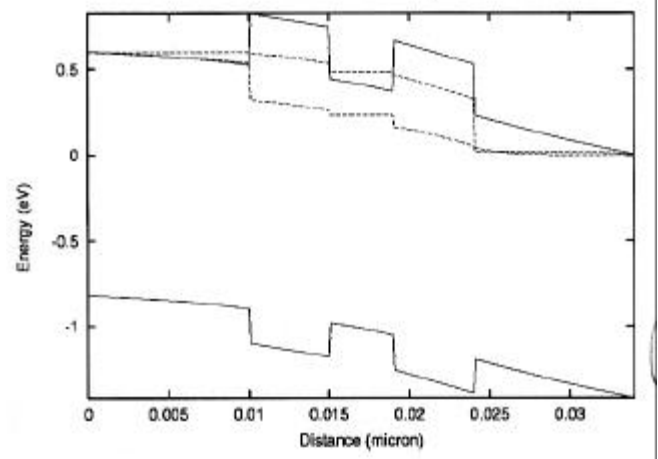
<オプション>

●熱(Thermal)オプション

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。

●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、量子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、これらのトンネル効果を考慮することが出来ます。



Band diagram of a simple double barrier resonant tunneling diode simulated by APSYS

●進行波光増幅器オプション (Travel Wave Optical Amplifiers Option)

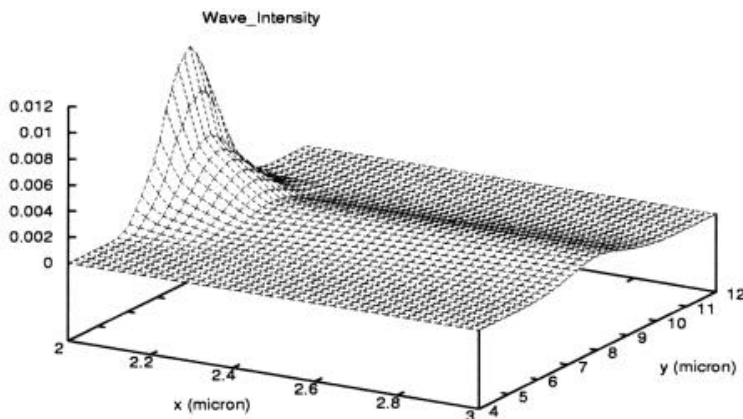
これは、半導体光増幅器用のオプションです。キャリア方向への進入波の伝播を解析します。このオプションによって高速な光パルスへの半導体のピコ秒スケールの高速な応答などの特性を計算することが出来ます。

●拡張型等価屈折率法オプション

PML (Perfectly Match Layer)/EEIM
(Enhanced Effective Index Method)

通常LASTIPやPICS3Dに於いては、100ミクロンオーダーの幅を持つデバイスでも、要素数を減らすため発振領域近傍しかモデリングを行いません。その場合光学場を解く際に、横方向の光を閉じ込む為の強制的な境界条件を設定しなくてはなりません。横方向の光の漏れをきちんと見積もる際にこのオプションを使用します。このオプションは右端の境界条件、つまりX方向の正の向きへの光の漏れに対してのみ機能します。(左右対称形のデバイスが多いため右半分しかモデリングを行いませんので、右方向への漏れだけを計算します。)

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できます。



Simulated substrate leakage wave
for a ridge waveguide laser where it has
its substrate near the confined mode.

The device is rotated 90° so that substrate is
placed at 2.2 microns in the +x direction

●ベクトル波オプション

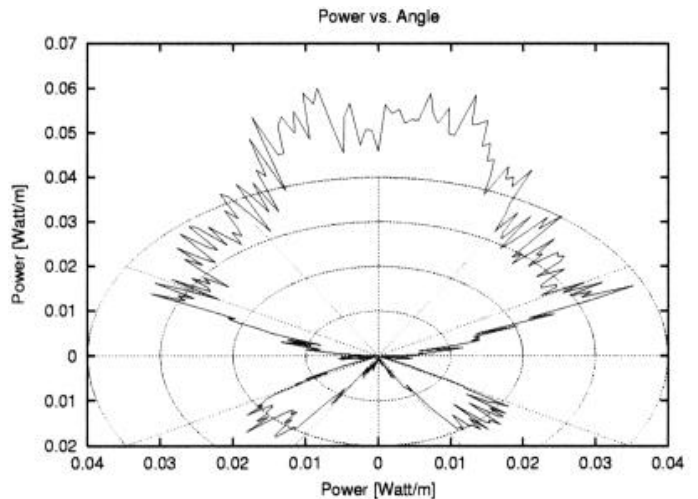
(Vectorial Wave Option)

LASTIPやPICS3Dでは光学場を解く際、マックスウェル方程式から導かれたスカラー波動方程式を解きます。多くの場合それで十分ですが、偏波方向に対する光の閉じ込めが大きいときは、このオプションを用いてセミベクトル波動方程式を解くことをお勧めします。

●LED光線追跡オプション

(LED Ray-Tracing Option)

このオプションでは、LED、太陽電池、PDの光線追跡が行えます。また、光線追跡の結果を可視化します。複雑な形状を持つLEDやエッジ効果が重要な場合にも有効なオプションです。

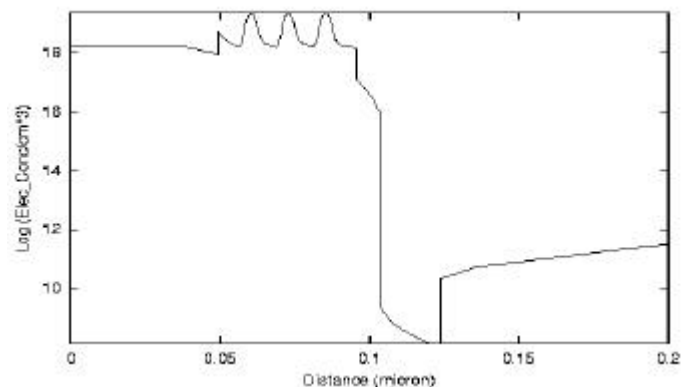


Simulated angular distribution of emission
power for a resonant cavity light emitting
diode (RCLED) with DBR stacks

●自己無撞着多重量子井戸オプション

(Self-Consistent MQW/Piezo Option)

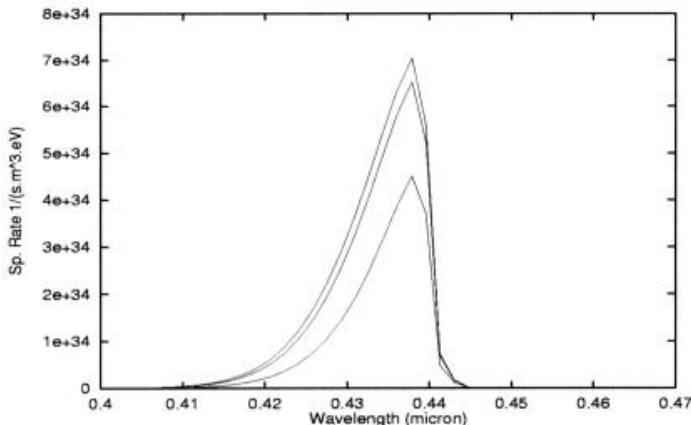
このオプションは、量子井戸層に強い電界がかかっている場合（ピエゾ効果等）、キャリアの波動関数（シュレーディンガーの波動方程式）を計算する際にその効果を考慮します。また、シュタルク効果も考慮されます。多重量子井戸の場合、ベースで解くと量子井戸1つ1つに対しての波動関数を解きます。各量子井戸層の間にあるバリアー層が量子効果をもつほど薄い場合、この多重量子井戸領域の全領域にわたって波動関数を解く必要がありますが、その際このオプションが必要になります。



Electron density distribution corresponding
to the tilted MQW system

●LED オプション (Light Emitting Diode Option)

このオプションは、LEDの解析を行います。異なる方向での発光スペクトル、内部及び外部発光効率、スイッチング(Turn on/off)特性などの量を計算することができます。また、これらの特性の温度依存性や、温度分布(熱オプションと組み合わせた場合)を得ることができます。



The emission spectrum of the LED

●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。

●3次元電流流れオプション (3D Current Flow Option)

このオプションは、3次元解析を行います。2次元断面を定義したプレーンをつなぎ合わせることで3次元形状モデルを定義します。

<適用例>

APSYSは半導体レーザー(当社製品LASTIPとPICS3Dでシミュレーションが可能です)を除くほとんど全てのデバイスの設計・解析に用いる事ができます。

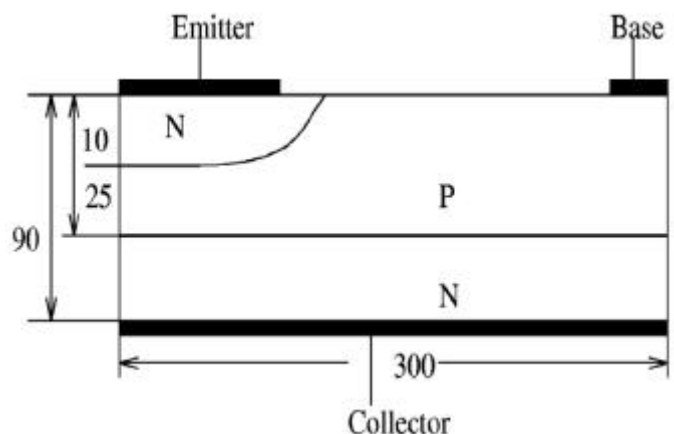
APSYSは次のようなシリコン、化合物から成るデバイスの設計に用いる事ができます。

- シリコンMOSFET、バイポーラー・トランジスター、CCD
- SiGe HBT, AlGaAsとInGaAs Pから成るHBT
- GaAs MESFETと全ての種類の光検出器
- 多重量子井戸を含んだデバイス

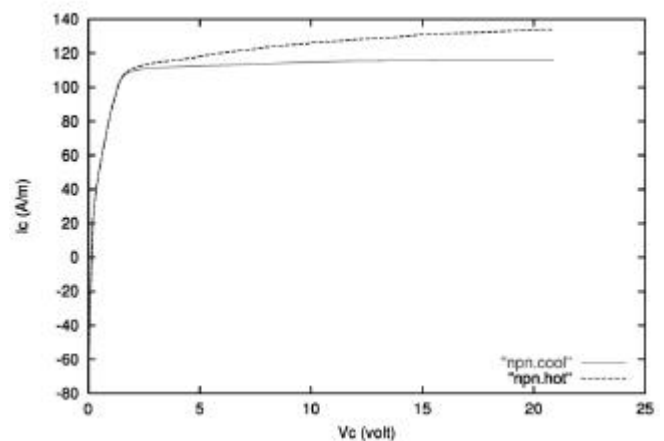
APSYSでは、一般的に用いられている輸送方程式と同様に、流体方程式と熱輸送方程式も自己無撞着的に解かれます。APSYSで出力されるデータは以下の通りです。

- 電流-電圧(I-V)特性
- ポテンシャル、電場、電流の2次元分布
- 流体力学モデルにおけるホット・キャリア温度の2次元分布
- 熱輸送モデルで用いられる格子温度の2次元分布
- 様々なバイアス条件のもとでのバンド図
- 任意の周波数帯における交流微小信号応答解析の結果
- 荷電子混合モデルを用いた量子井戸のサブバンド
- 半導体中の深いレベルにトラップされた不純物占有数と密度の2次元分布
- 光検出器などの光デバイスの2次元光学場分布
- LEDの自己放出スペクトルの電流依存性

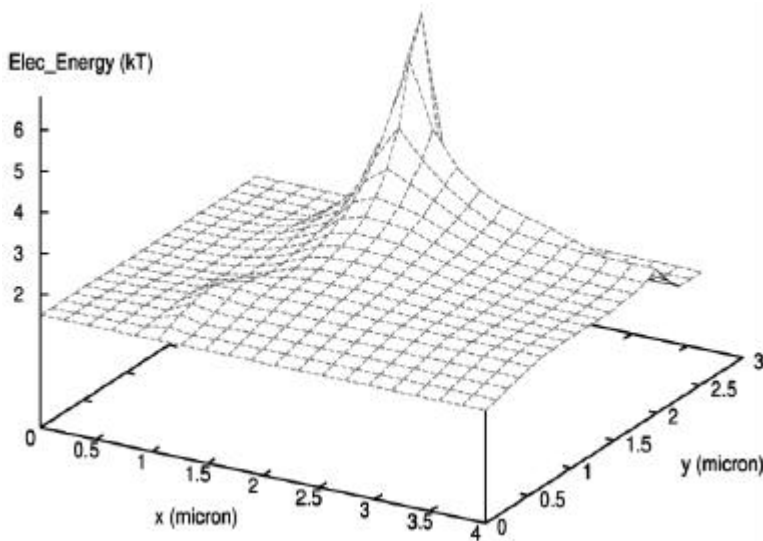
<計算例>



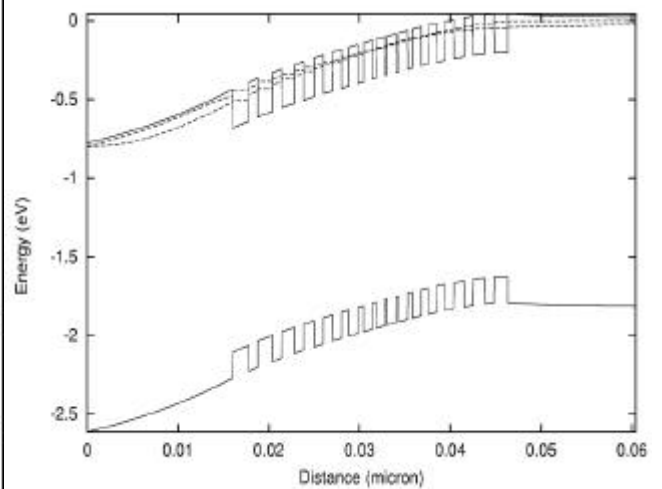
Schematic of an NPN transistor simulated



A comparison of drain characteristics of the bipolar transistor in the last figure with and without the nonisothermal model



The 2D distribution of electron energy in an N-MOSFET



Band diagram of GaAs/AlGaAs Superlattice with variable well widths

以上のスクリーンショットは半導体デバイスの設計におけるAPSYSの優れた機能を示すいくつかの例です。APSYS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。詳細は当社のホームページにアクセスしてください。APSYSの更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