2D-BPM+2DFDTD法

実習5.斜め端面処理の解析 反射戻りの結合防止





Noah Consulting Limited

デバイス端面(facet)に反射が戻り結合して悪影響を及ぼすことを抑制するために、 図2に示すように斜めに端面をカットし、無反射コーティングをする。図2の領域1 ~3は図1と対応する。

図2のような伝搬解析をするた めには、前提となる導波路(領域 1の断面)が必要である。本実習 では、簡単のために、InP系を前 提として、リッジ幅2μm、リッジ 深さ2μmで、ガイド層が

=1.3µmからなるInGaAsP層
 0.5µmのハイメサ導波路(図3)
 を用いる。なお、導波路のモード
 解析については「InGaN/GaN
 レーザのモード計算」は昨日の
 復習である。



図1.反射を含む領域のシミュレーション



図2.導波路端面

図3を用いて導波路プロジェクトを作成する要領は「伝搬解析」で記した要領と基本的には同じである。デバイスプロジェクト名D_TiltedFacetなどと定義して、図3の導波路を選択する。



図3. InP/InGaAsPリッジ導波路

図4に示すように、あらかじめ定義されたデバイス選択では "Facet"を選択し、 Next(赤丸)をクリックしてウイザードを進める。



図4.あらかじめ定義されたデバイスの選択画面

図5では、多層膜の層数を入力する(赤四角)。この例では、2層とする。入力後、Next(赤丸)をクリックする。図6のデバイスエディタ画面がオープンする。

| 🗝 Device - Se | elect Device Type |
|---------------|---|
| | Select Device Type |
| | Select Device Type Facet Selection Facet with multi-layer coating Number of coating layer |
| | ▲ Back Next ► Finish Help × Cancel |
| | 図5.ファセット情報選択画面 |

図6ではGeometryタブ(赤丸)が選択されている状態なので、この状態で各 寸法を入力する(赤四角領域)。この段階で変数の定義が良くわからないと きには、青丸をクリックすると図7となる。



図7で再度、青丸をクリックすると図6に戻る。この寸法入力の段階で、F1とF2の 長さが、図2の領域2として記す反射領域を定義する。この反射領域は計算結果 として領域の左右で滑らかなフィールド分布になることが好ましい。

安全サイドで十分に広い 反射領域を定義してしま うと、計算精度は保証さ れるが計算時間が犠牲 になる。反対に、余りに 狭い反射領域では計算 精度が犠牲になってしま う。寸法の定義が終了す ると、図6のMaterialsタ ブ(青四角)に切り替え、 領域の屈折率を定義す る。全ての入力が終了す ると、図6または7で Finish(茶色丸)をクリッ クしてウイザードを終了 する(図8)。なお、寸法 や屈折率の値の修正は ウイザードが終わった後 でも可能である。



図7.デバイス変数定義画面

図8では、Run Simulation(赤丸)をクリックする。図9が開く。



図8.ウイザードが終了したときの画面

図9のデバイス解析設定画面は General Information (一般設定)タ ブ[赤四角]である。ここでは、偏波と してXとYをセミベクトル解析するの で、X/Y(赤丸)を選択する。また、こ の導波路には7つのモードが存在す ることが表示されている。今回はそ の全てを含めるとして、計算する モード数を7と設定する(青四角)。設 定が終わったら、Solver Selection (解法選択)タブ(青丸)を選択すると 図10となる。

| 画は | 🖉 Device Solver Setting |
|--------|---|
| 8定)タ | General Information Solver Selection Variable Selection |
| 偏波と | Polarization |
| するの | C X C Y C X/Y Polarization Coupling |
| また、こ | |
| 存在す | Port Information Based on Effective Index Values |
| 回はそ | Port No. Existing Modes No. of Modes for Simulation |
| する | |
|]角)。設 | |
| ection | |
| 尺すると | |
| | |
| | |
| | |
| | |
| | Single Mode Width(um): 0.2794394 View Mode Profile |
| | |
| | <u>R</u> un <u>C</u> lose 🧇 <u>H</u> elp |
| 図9.デハ | (イス解析設定画面(一般設定) |

図10では出力としてはSパラメータと フィールドがある。このうち、今回は フィールド計算を行なう(赤丸)。計算 する波長はプルダウンメニューから 1.55µmに設定する。その結果、図11 となる。

| 堡 Device Solver Sel | tting | | |
|---------------------------|--|-----------------|--------------|
| General Information Solve | er Selection Variable | Selection | |
| Output Selection | Field | | Reflection |
| Input Selection | ▼ F Polari | zation Coupling | |
| Mode: Mode1 | C UserE | efine 📈 | ave Function |
| Name Ø Wavelength | Value 1.55 1.5 1.5 | | - |
| Solver Dimension | 1.52 1.53 Solver Typ 1.54 1.55 | | |
| © 2D © 3D | C And 1.56 1.57 C Nur 1.58 1.59 | | |
| Section Position | Position: | Field F | - |
| | rosidon. jo | | ° • |
| | <u>B</u> un | <u>C</u> lose | <u> </u> |

図10.デバイス解析設定画面(解法選択その1)

10

図11でAdvanced Setting(赤丸)を選択すると、図12が開く。

| 堡 Device Solver Se | tting | |
|---|--|---------------------|
| General Information Solve | er Selection Variable Selec | tion |
| Output Selection C S Parameter | Field | Reflection |
| Input Selection | Polarization | Coupling |
| Mode: Mode1 | UserDefine | Wave Function |
| Name /Wavelength | Value 1.55 | |
| Solver Dimension © 2D © 3D | Solver Type C Analytical Numerical | Advanced Setting |
| Section Position Dynamic Showing Plane: Y-Z | Position: 0 | Field: Ex |
| | <u>R</u> un <u>C</u> l | lose 🤣 <u>H</u> elp |

図11.デバイス解析設定画面(解法選択その1)

図12で左上は通常のBPMで、これらのパラメータに関する説明が必要であれば、 「伝搬解析」、「広角BPM」を参照されたい。

Bi-Directional Propagation Parameters ではBPMを最大で何往復 させ、相対的な値をどこま で反映させるかを指示す る。 FDTDでは、 往復回数 (伝搬距離で示す場合も ある)と表示ステップ、収 束判定を入力する。また、 解析領域の上下(Y軸)で はPML境界条件を設定 する。全ての設定が終わ れば、Mesh Setting(赤 丸)をクリックする。

| BPM Parameters PML Boundary Condition Algorithm Parameters Number of Layers at Scheme Factor: 0.5 Wide Angle Pade Order: 4 |
|--|
| Scheme Factor: 0.5 X Minimum Boundary: 8 Wide Angle Pade Order: 4 4 4 |
| Wide Angle Pade Order |
| Maximum Boundary: |
| -3D Solver Parameter |
| C Iterative C ADI |
| Relative Tolerance: 0.000001 Maximum Iteration: 251 |
| Ri Directional Propagation Parameters |
| Max Number of Trips: 2 - XDirection: |
| Relative Tolerance(dB): 50 Y Direction: Z Direction: 1 |
| FDTD Iteration Parameters Number of Trips: 5 Convergence Tolerance: 0.01 |
| Number of View Steps: 10 |
| Mesh Setting Close I telp |

図12.BPMとFDTD法の両者を設定する画面⁴

図13はメッシュ設定の一例である。

FDTD領域ではデバイス 内部での波長の1/10以下 のメッシュが要求され、こ の条件を満足しないときに は計算を続けていいかの 承認が求められる。 Y方向もタブを切り替えて 同様にメッシュを配置する。 メッシュ操作が終われば、 図13でCloseを選択し、図 12に戻り、ここでもClose を選択すると図11に戻る。 この画面で、Runをクリック して計算を行なう。



図13.Z方向メッシュ設定画面

計算が終了すると図14に 示したように、View Simulation Results(赤 丸)が有効になっているの で、このアイコンをクリック する。すると、図15および 16の結果を得る。これらの 結果から、BPMで計算し た領域とFDTD法で計算し た領域が十分に滑らかに 繋がっていることがわかる。

このように、解析手法 BPMとFDTD法を使い分 けることで精度を保ち効 率よくシミュレーションする ことができる。



図14.計算が終了したときの画面 14



図15.X偏波でのフィールド分布

