2D-FDTD Sパラメータ

実習8.カップラの設計 SOI技術によるSi細線導波路

回路の各端子(ポート)からの入出力をSマト リックスで表す回路網理論が電子回路では良 く使われる。このSマトリックス(散乱行列: scattering matrix)の要素がSパラメータと呼 ばれ、反射や透過を表す。 ここでは、回路解析(実習9)の準備としてのS パラメータ解析について記す。ラティスフィル タを構成する重要なデバイスとしてカップラを 取り上げる。



Noah Consulting Limited

順序は逆だが、図1に出来上がりの構造をまず、最初に示す。即ち、ギャップ 0.175μm、半径R=2.5μmである。

回路解析では、波長変化 に対するフィルタ特性を計 算する。回路解析で要求される波長変化の範囲を決 めて、下位の導波路解析 やデバイス解析でもその 領域を包含するような波長 範囲で解析しておかなけ ればならない。



図1. ラティス フィルタを構成するカップラ 2

図2は対称性を利用して半分だけ解析対象とした導波路構造である。後ほど 導波路プロジェクトは参照されるので、今、このプロジェクト名をW_LFilterと する(図2赤四角にプロジェクト名が現れている)。

今、このデバイスはTEモードのみ興味があるので、この例題での回路解析 はTEモードのみ行うこととする。従って、導波路解析やデバイス解析もTE モード(Y偏波)のみとした。



図2.デバイス定義で用いた導波路構造

導波路解析での解法設定画面を図3に記す。このように、波長範囲(1.35μm)~1.55μm)と計算点数(501点)をこのパネルで設定することができる。

Waveguide Solver Setting General Information FD Mod	: de Solver Settir	ig		-	
Simulation		O S	icanning		
	Va	riables			
Name	Default Value	Start Value	End Value	No. of Points	
▶ Wavelength	1.45	1.35	1.55	501	
			<u>S</u> tructu	ire Check	
-Waveguide Type			Numerica	Solver :	
Straight			FD Mode	e Solver 💌	
C Bending R: 1000)		<u>M</u> esł	n Setting	
	ļ	<u>R</u> un	<u>C</u> lose	<i>.</i> ♦	elp

図3.導波路解析の波長範囲と計算点数

以下、図1に示したラティスフィルタを構成するカップラのデバイスプロジェクトの作成について記す。APSS起動後、File New Project Deviceを選択すると図4のウイザードがスタートする。

図4ではデバイスプロジェクト 名の設定がD_LFileter(赤四 角)とされ、User defined(赤 丸)でデバイスプロジェクトが 作成されることを示している。 Window Sizeは後で修正でき るので、図4の段階ではデ フォルト値を用いることとする。 以上の設定が終わったら、 Next(青丸)を選択してウイ ザードを次の画面に進ませる。

🔫 Device - Crea	te Device Project
	Create Device Project
	Project
	D_LFilter
L	
	Description
200	
K S J	
6497	
AD	
	How to create
	C Pre-defined © User-defined
A	
E Sant	Computation Window Size
37	Z Width 200.0 Y Width 100.0
	🔹 Back Next 🕨 🛛 Finish 🥔 Help 🗡 Cancel
叉 4	1.デバイスプロジェクト作成ウイザード開始画面

図5はデバイスプロジェクトを作成するための導波路プロジェクト選択画面である。 ここでは図2であらかじめ計算された導波路プロジェクトと(W_LFilter)をマウスで 選択する。選択されると図5のように黒くなる。選択すると、その導波路の波長範 囲(1.35µm~1.55µm)と計算点数(501点)が赤四角のように表示される。設定が 終わるとFinish(青丸)をクリックしてウイザードを終了する。

-⊂ Device - Select	Waveguide Information			
	Select Waveguide Information			
	Waveguide Selection Cuoad waveguide information	C User Input	j Import	
	Waveguide Projects			
	Project Name	Created By	Waveguide Name	
	NM15-L00-170-Ali	Administrator	NM15-Whole-Ridge	
a a a a a a a a a a a a a a a a a a a	NM-ALLD4001-01	Administrator	NM15-Whole-Ridge	
*###	W_A Deep-Etched Ridge Waveguide	APSS	W_A Deep-Etched Ridge Waveguide	
TTT	W_ARROW Waveguide	APSS	Waveguide Ridge	
	W_Fiber SMF28	APSS	W_SMF28 Fiber	
	W_LFilter	Administrator	W_LFilter	
	W_MQW Ridge Waveguide	APSS	Waveguide Ridge	
	W_MS-W3-970	Administrator	W_MS-W3-970-Ridge Channel	
	W_MS-W3-980	Administrator	W_MS-W3-980-Ridge Channel	
L'annon	W_MS-W3-985	Administrator	W_MS-W3-985-Ridge Channel	
	Variable Default Minimum Maximi	um Point Count		
	Wavelength 1.450000 1.350000 1.55000	0 501	um	1
			Cladding	
	Back Next Finish	🤣 Help 🗙	Cancel	
5.デバイスプロジェ	◆ Back Next Finish クトを作成するため	≪ [№] ×	^{、Cancel} 路プロジェクト選邦	一万

6

ウイザードが終了すると図6の画面となる。ウイザードにより選択された導波路プロ ジェクトが設定されていることがわかる(赤四角)。ここで、User Definedタブ(赤丸) をクリックして、ユーザ定義の変数を入力する。

🚰 APSS (APSS 23) - TRIAL		JØ X
S File Edit View Task Result	Window System Help	@_×
0.8	🕸 *** 🗢 (許知圖) 월曰 🗉	
- Excisete	○ · · · · · · · · · · · · · · · · ·	
Aniectr	d. 0100000000000000000000000000000000000	
C - C - C - C - C - C - C - C - C - C -		200.00
	Becometry Materials ✓ Auto Refresh Name Expression Comment Y-Weidth 100.0000 = ✓ 0K	
D_LFifter	C tow & Uses Defined	

図6.デバイスプロジェクト作成プロセスで導波路プロジェクトの選択終了段階

図7はその部分の拡大である。半径Rやギャップをµm単位で入力する。遅 延部分の導波路長は図形定義にためにここではdelta=0.1µmとしてある。 図形を定義した後、遅延部分が不要であればその長さを0とすれば良い。



図7.ユーザ定義変数入力

図8はカップラを構成する導波路、直線導波路3本と半円の部品を置いた状態 である。

🚰 APSS (APSS 23) - TRIAL		_ 8 ×
S File Edit View Tosk Result	Window System Help	8 ×
0-88 1 16.48	令 수승수 승강 환경을 원리고	
2		
Projects	d. D.4 . O.A. O.A. O.A. O.A. O.A. O.A. O.A.	
E⊢∎ B D_LFRW	1. 10170850185400848	
B-C - D_LFRov	000 10000	200.00
- Circle		
- C 🚔 Out		
-0 🚔 0.07	* 3	
-• W_UFitter		
	5000 -	
	10000	
	V 1010 7 Ket Online Dilline	
	T 1919 2 (kb) Object D_Uniter	
	Geometry Materials M Auto Refresh	
	Name Expression Comment	
	Y 2/widh 4,713 V 0K	
Material Domain 4		
	Li Sze (4º Pomon) - Razion Shepe (Global)	

図8.カップラを構成する導波路

これらに図7で定義した変数を用いて、positionとsizeを入力する。その後、長い 直線導波路にはPort1(左)、Port2(右)、半円にはPort3(左)、Port4(右)を定義 する。このようにして形状定義が図9のように完成する。

次にシミュレーションの解法設定を行なうには、図9のRun Simulation(赤丸)を

クリックする。



図9.形状定義が完成したカップラデバイス

図10のGeneral Informationタブでは、既に述べたように今回はY偏波のみ解 析するので赤丸のように選択する。

🕰 Device Solver Setting			
General Information Solver Selection Variable Selection			
- Polarization	· ·		
ох (ФМ) Охи г	Polarization Coupling		
Port Information Based on Effective Index Values			
Port No. Existing Modes No. of Mod	es for Simulation		
Port 1 1 1	<u> </u>		
Port 2 1 1			
Port 3 1 1	~		
Single Mode Width(um): 0.5316529	⊻iew Mode Profile		
Bun Clos	e 🔗 Help		
<u>_</u>			

図10. 解法設定画面(General Information)

図11のVariable Selectionタブでは 導波路プロジェクトで選択した波長 範囲、計算点が受け継がれている。 ここでは特に修正がないのでこの値 を確認するだけとする。波長範囲を 狭めたり、計算点を修正する場合に はここで設定を変更することができ る。

🕰 Device Solver Se	etting			ſ	<u>- 🗆 ×</u>
General Information	Solver Selecti	ion Variabl	e Selection		
Simul	ation		C Scar	ining	
		Variables			
Name	Default Value	Start Value	End Value	No. of Points	
▶ Wavelength	1.45	1.350000	1.550000	501	
				<u>S</u> tructure Cheo	sk
		<u>R</u> un	<u>C</u> lose	۷.	<u>H</u> elp

図11. 解法設定画面(Variable Selection)

図12はSolver Selectionタブである。Sパラメータの計算であるので、S Parameter(赤丸)を選択する。

また、反射を考慮する計算であるので、 Reflectionにチェックを入れる(赤四 角)。このチェックによって、解法は FDTD法が選択される。

解法の次元に関して、今回は2次元を 選択する(青丸)。その後、Advanced Setting(青四角)を選択すると、図13と なる。

💯 Device Solver Setting		
General Information Solve	er Selection Variable Selection]
Butput Selection © S Parameter	C Field	
Input Selection		
Input Port : Port 1	Polarization Co	upling
Mode: Mode1	🔽 🔿 UserDefine	Wave Function
Name	Value	
Solver Dimension © 2D © 3D	Solver Type Analytical Numerical	Advanced Setting
Section Position Dynamic Showing Plane:	Position: 0.1 💌 Fi	eld: Ey
	<u>R</u> un <u>C</u> lose	e 🤣 <u>H</u> elp

図12. 解法設定画面(Solver Selection)

図13ではどの程度の伝搬長さの計算をするかの設定である。デバイスは約6µm 程度なので、デフォルトの100µmのままとする。十分な回数の反射を考慮しての 計算ができることがわかる。図形はZ軸方向に対称なのでこの選択にチェックを入 れる。PMLの境界条件はデフォルトのままで8層を選択する。その次に、Mesh Setting(赤丸)を選択する。

🕼 FDTD Solver Parameters Setting				
Propagation Parameters	PML Boundary Condition			
Propagation Distance(um) : 100	Number of Layers at			
View Steps (um): 0.1	X Minimum Boundary: 8			
	X Maximum Boundary: 8			
Field View Sample Rate	Y Minimum Boundary: 8			
X Direction:	Y Maximum Boundary: 8			
Y Direction:	Z Minimum Boundary: 8			
Z Direction:	Z Maximum Boundary: 8			
Structure				
☐ Vertical Symmetry (Y Axis) ✓ Horizontal Symmetry (Z Axis)				
Mesh Setting <u>C</u> lose 🧇 <u>H</u> elp				

図13. Advanced Settingで開いたFDTD法のパラメータ設定画面

図14ではZ方向のメッシュを設定する。メッシュ間隔はデバイス内波長(空気中の波 長をデバイスの屈折率で割った値)の1/10以下にしなければならない。

また、メッシュ間隔は FDTD法の安定条件から 時間ステップをプログラム 内で決めることに関係する。 同様にY方向については 図15で決める。APSSでは 不均等メッシュの設定も可 能である。多くのメッシュの ために図14に示すように 真っ黒になる。ズームアッ プ機能(赤丸)を用いれば メッシュと構造の関係を判 断することができる。



メッシュ設定が終わると、図15(または図14)でCloseを選択する(青丸)。図13に 戻るので、ここでもCloseを選択する。図12に戻るので、ここでRunを選択する。 図16の保存了承画面が現れるので、OK(赤丸)をクリックする。



図17に示すように計算の進捗状況が表示される。計算が終了すると終了の メッセージが現れ、その後、図18となる。

🖾 D_LFilter		
Target:	Y Pol. S Parameter (Simulation)	
Elapsed tim	e: 00:00:25	
		E Besume
Current iteratio	on progress:	Pause
Overall progre	255:	
		Cancel

図17.計算途中のプログレッシブバー表示

計算が正常に終了すると、図18に示すように、View Simulation Results(赤丸)がenableになっている。このシンボルを選択すると、図19および20のレスポンス特性が得られる。



図18.計算が終了した画面

