زاهدان- دانشگاه سیستان و بلوچستان- دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر-گروه مهندسی الکترونیک- دکتر محمدعلی منصوری بیرجندی

> mansouri@hamoon.usb.ac.ir mamansouri@yahoo.com

مقدمه:

معرفی بسته نرم افزاری RSOFT CAD:

Full WAVE - F Grating MOD - T Beam PROP-T Band SOLVE - 1

- BandSOLVE، نرم افزار جامع و موتور شبیه سازی برای تولید و آنالیز ساختارهای باند فوتونیک است. هدف BandSOLVE تولید ساختارهای باند برای ساختارهای شکاف باند فوتونیک نظیر موجبرهای کریستال فوتونیک 3D,2D است. علاوه بر آن برای ساختارهای فیبر، مثل فیبرهای کریستال فوتونیک و فیبرهای شکاف باند فوتونیک بکار میرود.
- Beam PROP موتور شبیه سازی برای طراحی قطعات موجبر نوری و مدارات مجتمع (محاسبه انتشار امواج نور در هندسه موجبر دلخواه) است. از تکنیکهای پیشرفته تفاضل محدود انتشار موج برای شبیهسازی استفاده میکند. هم برای تحقیقات در دانشگاهها و هم برای محیط صنعتی مناسب است. اطلاعات اصلی و کلیدی آن عبارت است از: ۱- توزیع ضریب شکست ۲- میدان موج ورودی.
- نرم افزار Grating MOD به آنالیز و مدل سازی قطعاتی کمک میکند که گریتینگ در آن بکار رفته و در نتیجه برای انواع مختلف فیلترها بکار میرود. به آسانی با ابزارهای دیگر شبیه سازی RSOFT کار خواهد کرد.
- Full WAVE موتور شبیه سازی ایده آل، برای طراحی قطعات پیچیده فوتونیک است. از روش FDTD برای شبیه سازی استفاده میکند. در این قسمت، به صورت گام به گام، کار با این نرم-افزار تشریح می شود.

معرفی نرم افزار Full Wave

این نرم افزار بر اساس روش FDTD تمام محاسبات خود را انجام میدهد و قادر به شبیه سازی در حوزه زمان و فرکانس، پویش پارامتر، محاسبهی ضریب شکست و محاسبهی مد اصلی میباشد.

ابتدا قسمتهای مختلف برنامه توضیح داده شده است:



شکل ۱- صفحه اصلی برنامه

نوار ابزار شامل







冒

اللہ اللہ اللہ اللہ میں منعیرہای عمومی، سمبولہا، لایہہا، منابع میدان، راھہای عبور موج و مانیتورہای میدان.



جهت بهتر آشنا شدن با این نرم افزار قسمت بعدی را شروع می کنیم، یعنی بررسی یک مثال درخود این نرم افزار.



شکل ۲- مثال رینگ در RSOFT

مطابق شکل فوق دو عدد موجبر داریم و یک عدد رینگ. دو نمایشگر سبز رنگ که به صورت دو بلاک مستطیل شکل دیده میشود معرف مانیتور میدان است که جهت نمایش میدانی که از آن نقطه عبور میکند، میباشد.

این مثال از قبل آماده بوده است. لذا ما به رسم آن کاری نداریم و مستقیم سراغ قسمت تغییر پارامترهای ادواتی و شبیه سازی می رویم.

در قسمت 🔟 Global Setting مطابق شکل زیر می توان پارامترهای زیر را تغییر داد:

| 🗖 Global Settings Window 🛛 🔀 | | | | | | |
|--|----------------|---------------------------------|-------------------|--|--|--|
| GLOBAL SETTINGS | | | | | | |
| Waveguide Model Dimens | ion: @ 2D (3D | EPM Options: | | | | |
| Radial Calculation | | Vector Mode: 🖲 None 🔿 Seni 🔿 Fu | | | | |
| Effective Index Calculation | 1: F | Bidirectional Calcu | lation: | | | |
| Polerization: | I TE O IM | FDTD Options: | | | | |
| Simulation Tool Dispersion/Nonlinearity. | | | | | | |
| C BeamPROP/EPM C FulfWAVE/FDTD | | | | | | |
| C GratingMCD (| BandSOLVE | | | | | |
| C DiffractM0D | | | | | | |
| Free Space Wavelength | 1.983 | 3D Structure Type: | Fiber | | | |
| Background Index | 1 | Cayer Index: | 1 | | | |
| Index Difference: | 2 | Stab Index: | background_index+ | | | |
| Waveguide Wicth: | 0.2 | Slab Height: | 0 | | | |
| Wayeguide Height | D | | Edit Layers | | | |
| Profile Type: | Step Index 💌 | Anisotropic: 🥅 | Edit Tensors | | | |
| | ок | Cancel | | | | |

شکل ۳- پنجره مربوط به Global Setting

| - 1 | i |
|-----|-------|
| - 1 | |
| - 1 | |
| - 1 | |
| - 1 | |

در قسمت **السلسل** Edit Symboles ما سمبولهایی که در قسمت طراحی (که متعاقبا خواهد آمد) تغییر خواهیم داد. در واقع برای اینکه طراحی وابسته به پارامتر باشد و وابستگی کمی به این اعداد داشته باشد تا طراحی انعطاف پذیر و باشد، به جای استفاده از عدد از پارامتر استفاده می کنیم، لذا می توانیم در هر مرحله از طراحی با تغییر یک پارامتر، کل طراحی را عوض کنیم. با استفاده از 🚺 که همان Edit Pathways است، مکان عبور نور منبع یا همان Launch Field است، مکان عبور نور منبع یا همان مان محرف محل در سیستم تعریف می شود. مطابق شکل زیر همان طور که دیده می شود خط سبز رنگ معرف محل عبور فعلی میدان تحریک ورودی است.



شکل ۴- خط سبز رنگ معرف محل عبور میدان تحریک است

می توان در این جا یک مسیر دیگر یا در حقیقت یک میدان تحریک دیگر برای سیستم در نظر گرفت. به عنوان مثال مسیر سمت راست را به عنوان مسیر تحریک دیگر در نظر می گیریم:



در این قسمت منو دکمهی NEW را میزنیم تا مسیر شماره دو ایجاد شود (مثل فوق). سپس روی مسیر سمت راست کلیک میکنیم تا سبز رنگ شود :



شکل ۵–

می بینیم که مسیر سمت راست سبز رنگ شده است، یعنی به عنوان مسیر شماره دو لحاظ شده است. حال باید میدان تحریک این مسیر را هم تعریف کنیم :

| Í | 🗖 Launch Param | eters | | | × |
|---|-----------------------|---------------|---------------|----------------------------|---------------------------|
| | Launch Field: 2 | New Delete | Powe Phas | er: 1 e: 0 Polarizer | |
| | Launch Field Option | 21 | | | FDTD Options |
| I | Type: | Slab Mode 💌 | Pathway: | 2 << >> | Temporal Excitation: |
| | Tilt | No 💌 | Background N: | default | Type: Default 💌 |
| | Mode | D | Delta N: | default | Wavelength: default |
| | Mode Riadiał | 1 | Phic | default | Romp/Pulse Time: default |
| | Bandom Set: | | Theta: | default | Delay Time: default |
| | Input File (E-Major): | | Width: | default | Shutoff Time: default |
| | Input File (E-Minor): | | Height: | default | Chirp Coefficient default |
| | Align File: | No | Length: | default | Spatial Excitation: |
| | Normalization: | None | Position X: | default | Type: Field 💌 |
| | | | Position Y: | default | Current Direction: 🖂 Auto |
| | | | Position Z: | default | Direction Vector: 0 1 0 |
| | | | Neff: | default | |
| | | | ок | Cancel | Symbols |

شکل ۶- پنجره اصلاح یا ایجاد میدان تحریک جدید

در شکل فوق در سمت چپ بالا دکمهی NEW را میزنیم تا میدا ن تحریک جدید ایجاد شود، سپس در قسمت وسط روی آیکون << کلیک میکنیم تا این میدان تحریک جدید به مسیر شمارهی دو اختصاص داده شود.

توصیه : در برخی موارد، برخی از المانهای سیستم دیده نمی شود. لذا از دکمهی Redraw ابزار جهت رسم دوبارهی سیستم استفاده می کنیم.

| 🗖 Launch Param | neters | | | | × |
|-----------------------|-------------|---------------|-----------------------------|----------------------|-----------|
| Launch Field: 1 | >> Delete | Pow Phas | er: 1 se: 0 Polarizer | | |
| Launch Field Option | ns | | | FDTD Dptions | |
| Туре: | Slab Mode 💌 | Pathway: | 1 << >> | Temporal Excitation: | |
| Tilt: | No 💌 | Background N: | default | Туре: | Default 💌 |
| Mode: | 0 | Delta N: | default | Wavelength: | default |
| Mode Radial: | 1 | Phi: | default | Ramp/Pulse Time: | default |
| Random Set: | 0 | Theta: | default | Delay Time: | default |
| Input File (E-Major): | | Width: | default | Shutolf Time: | default |
| Input File (E-Minor): | | Height: | default | Chirp Coefficient: | default |
| Align File: | No 💌 | Length: | default | Spatial Excitation: | |
| Normalization: | None 💌 | PositionX: | default | Туре: | Field 💌 |
| | | Position Y: | default | Current Direction: | 🖂 Auto |
| | | PositionZ: | default | Direction Vector: | |
| | | Neff: | default | | |
| OK Cancel Symbols | | | | | |

شکل ۷- پنجرهی تغییر میدان تحریک سیستم

همان طور که در شکل فوق مشاهده می شود، قسمت سمت چپ این پنجره شامل پارامترهای تنظیم میدان تحریک سیستم می باشد. پارامترهایی نظیر نوع میدان، مد و مکان شروع آن.

حال جهت تست سیستم فوق شبیه سازی را آغاز می کنیم و برای این کار 📕 جهت انجام شبیه سازی کلیک می کنیم، پنجره زیر ظاهر می شود:

| 📅 FullWAVE Simulation Parameters 🛛 🔀 | | | | | | |
|---|---|---------------------------|--|------------------------|----------------------|---|
| | X | | | Y | | Z |
| | Current De Value Va | fault U≋e lue Defs | Current Value | Default Us Value De | e Curren Is Value | nt Default-Use e Value-Defs |
| Domain Min: | -bounda 5.1 | | 0 | | -2.25 | -2.25 🗹 |
| Domain Max: | 2.7 5.1 | | 0 | | 2.25 | 2.25 🔽 |
| Grid Size: | 0.05 0.0 | 1 | 0.01 | 0.01 | 0.05 | 0.01 |
| PML Width: | 0.5 | | 0.5 | | 0.5 | |
| PML Refl.: | 1e-008 | | 1e-008 | | 1e-00 | 8 |
| Time Grid Time Step: Stability Limit: Stop Time: | 0.0125*lambda 0.0353553390 1*16384*fdtd_t | De Exc Ra im Sou | efault Launci otation: mp/Pulse Ti urce Offset: | h CW Nex lambda | - | Estimated Time: 1.450 min Estimated Mem 8.6 MB |
| Slice Time: Undete Time: | fdtd_stop_time | - 1 | Launch | Output f | Prefix: | |
| Monitor Time: | 8°fdtd_time_ste | | Symbols | | | Save Settings |
| | | A | wanced | Out | put | OK |
| (All times are c | in units of um) | Clu | sier Setting: | Disp | lay | Cancel |

شکل ۸- پنجرهی تنظیمات اجرای برنامه

این پنجره تنظیمات مختلفی دارد اما آنچه حائز اهمیت است، دو قسمت Output Prefix و Stop Time و Stop Time میباشد. متغیر میباشد؛ در واقع این میباشد. متغیر نتایج حاصل از شبیه سازی میباشد؛ در واقع این متغیر نتایج حاصل از شبیه سازی متغیرهایی که در قسمت Output در همین پنجره تنظیم شده است را با همین نام ذخیره میکند تا بتوان بعدا از آن استفاده کرد. در قسمت Out put put یک پنجرهی دیگر وجود دارد به صورت زیر:

| 🗖 FDTD Output | Options | | × |
|-------------------|---------|---------------------|--------|
| Sice Output: | No | Time Montor: | Yes 💌 |
| Field Dutput: | No | Frequency Monitor: | No 💌 |
| BPM Field Output: | No | Wavelength Monitor: | No |
| BPM Field Offset: | delault | FFT MaxPow2 Factor: | delauk |
| Far Field Output | None 💌 | FFT MinPow2Factor | delaut |
| | | | |
| | OK | Cancel | |

شکل ۹- تنظیمات خروجیهای شبیه سازی

در این قسمت میتوان مشخص کرد که چه نوع عملیاتی در هنگام شبیه سازی در فایل خروجی ذخیره شود.

در پنجره تنظیمات اجرای برنامه میتوان میدان تحریک و سمبولها را تغییر داد. در نهایت دکمهی OK را جهت انجام شبیه سازی میزنیم در این قسمت پنجرهی خروجی تغذیه می شود:



شکل ۱۰- خروجی شبیه سازی نمونه

شکل شبیه سازی خروجی شامل دو قسمت است، یکی ساختار خروجی، و دیگری مقدار مانیتورهایی که در سیستم قرار داده شده است. محور افقی با مقدار ثابت c یعنی سرعت نور ، نرمالیزه شده است و بر حسب میکرو متر سنجیده می شود.

بعد از شبیه سازی نتایج در یک فایل ذخیره شده است و میتوان با زدن دکمهی ایک کنور View Graphs



شکل ۱۱- محیط نمایش نتایج عددی شبیه سازی

با استفاده از طرح فوق پروفایل ضریب شکست مطابق شکل زیر است :



شکل۱۲- پروفایل برای طرح فوق

منوی استفاده از ترسیم شکل پروفایل، مطابق شکل زیر است. نکتهی قابل توجه در این قسمت مد نمایش است که یک منوی کشویی دارد و شکل فوق مطابق Height Coded ترسیم شده است.

| 💐 Simulation Parameters - Compute Index Profile 🛛 🛛 🗙 | | | | | | | | | |
|---|------------------|------------------|-------------|------------------|------------------|-------------------------|------------------|------------------|-------------|
| | | Х | | | Y | | | Z | |
| | Current Value | Default Value | Use Defs | Current Value | Default Value | Use Defs | Current Value | Default Value | Use Defs |
| Domain Min: | -bound | -5.1 | | 0 | 0 | \mathbb{M} | -2.25 | -2.25 | |
| Domain Max | 27 | 5.1 | | 0 | 0 | | 2.25 | 2.25 | |
| Compute Step: | 0.05 | 0.01 | | 1 | 1 | $\overline{\mathbb{Z}}$ | 0.05 | 0.02 | Γ |
| Slice Step: | 0.05 | 0.05 | | 1 | 1 | | 0.05 | 0.05 | |
| Monitor Step: | | | | | | | 0.05 | 0.05 | |
| | | | | | | | | Estimated | Time: |
| Display Mode: Output Fle Prefix: 0.000 min | | | | | | | | | |
| Symbols | Heigh | tCoded | • | • | | | | Save Set | tings |
| | Dia | play | | | Output | | | OK | |
| | | | | | | | | Cance | el |

شكل ١٣- پنجرهى تنظيمات پروفايل ضريب شكست

یکی دیگر از امکانات این نرمافزار پویش متغیری است. بدین صورت که با تعریف یک متغیر در Perform Parameter Scan میتوان شبیه سازی خود را به ازای آن تعدادی که در این قسمت تعریف شده است تکرار کرده و نتایج را با هم مقایسه کرد.

| 🗖 Scan Variable | | × |
|---------------------|-----------------|------------------------|
| | INNER ITERATION | OUTER ITERATION |
| Variable Name: | | |
| Starting Value: | 0 | 0 |
| Ending Value: | 0 | 0 |
| Increment: | 0 | 0 |
| Scan Output Prefix: | | |
| Meta Output Prefix: | | |
| Pre-Process Cmd: | | |
| Post-Process Cmd: | | |
| Run Option: | Default 💌 | Plot Dynamically: 🗌 |
| Mode Set: | 0 | Minimize Simulation: 🔲 |
| Script Made: | Default 💌 | Run Script 🔽 |
| [| OK Can | cel |

شکل ۱۴- پنجره تنظیمات پویش متغییر

| Increment Ending Value Starting Value Variab | تنظیمات عبارتند از: ole Name |
|--|------------------------------|
|--|------------------------------|

Scan Output Prefix

لازم به ذکر است که نام متغیرها حساس به حروف کوچک و بزرگ است. متغیر Scan Output Prefix در واقع اسم فایل خروجی است که به نام آن ذخیره می شود. برای نمونه متغیر Gap که در طراحی ساختار رینگ حائز اهمیت است را مورد بررسی قرار می دهیم :

| 🗖 Scan Variable | | × |
|---------------------|-----------------|------------------------|
| | INNER ITERATION | OUTER ITERATION |
| Variable Name: | Gap | |
| Starting Value: | 0.2 | D |
| Ending Value: | 0.4 | 0 |
| Increment: | 0.1 | D |
| Sean Output Prefix: | gappo | |
| Meta Output Prefix: | | |
| Pre-Process Cmd: | | |
| Post-Process Cmd | | |
| Run Option: | Default 💌 | Plot Dynamically: 🗌 |
| Mode Set: | 0 | Minimize Simulation: 🔽 |
| Script Mode: | Default 💌 | Run Script: 🔽 |
| | OK Can | cel |

شکل ۱۵- متغیرهای تنظیم شده برای پویش متغیر Gap



شکل۱۶- منحنی مقدار مونیتورها به ازای سه مقدار Gap چون زمان شبیه سازی کم شده است، میدان به مونیتور دوم نمیرسد.

همان طور که انتظار میرود هر چه gap بیشتر شود، مقدار کمتری کوپلاژ داریم، لذا مقدار بیشتری از میدان به مونیتور موجبر ورودی میرسد.

ساخت یک ساختار مشابه

جهت ایجاد یک فایل جدید دکمهی 🔟 را میزنیم تا پنجرهی زیر باز شود :

| Startup Window | | | | | |
|---|--|--|--|--|--|
| GLOBAL SETTINGS | | | | | |
| Waveguide Model Dimension: © 2D © 30 Radial Calculation: □ Effective Index Calculation: □ Polarization: ● TE C TI | BPM Options: Vector Mede: ● None ○ Semi ○ Full Bidirectional Calculation: □ M EDTD Options: | | | | |
| Simulation Tool: | Dispersion/Nonlinearity: | | | | |
| C BeamPROP/BPM C FullWAVE/FDTD C GratingMOD C BandSOLVE C DiffractMOD | | | | | |
| Free Space Wavelength: 2 | 3D Structure Type: Fiber | | | | |
| Background Index: 1 | Cover Index: 1 | | | | |
| Index Difference: 5 | Slab Index: background_index+c | | | | |
| Waveguide Width: 0.2 | Slab Height 0 | | | | |
| Waveguide Height: 0 Profile Type: Step Index - | Edit Layers Anisotropie: Edit Tensors | | | | |
| INITIAL VIEWIN | IG DIMENSIONS | | | | |
| X Min: -3 | Z Min: -3 | | | | |
| X Max: 3 | ZMax: 3 | | | | |
| Save New Start | up Sattings: 🔽 | | | | |
| σκ | Cancel | | | | |

شکل ۱۷ - تنظیمات ایجاد فایل جدید

در این قسمت میتوان پارامترهای شبیه سازی مثل FullWave/FDTD , TE , 3D , 2D , تعریف کرد. جهت انجام شبیه سازی زمانی گزینهی FullWave/FDTD را انتخاب کنید. پارامترهای زیر در این قسمت مهم میباشند : (قابل ذکر است تمام ابعاد برحسب میکرو متر میباشند.) مهم میباشند : (قابل ذکر است تمام ابعاد برحسب میکرو متر میباشند.) Free Space Wavelength طول موج در فضای آزاد. Background Index : ضریب شکست فضای آزاد index Difference : اختلاف ضریب شکست بین ماده و فضای آزاد. این مقدار برای هر ماده در شبیه سازی قابل تنظیم است و این عدد صرفا به عنوان یک عدد ابتدایی فرض می شود. این عدد به مقدار Background Index افزاره خواهد شد و مقدار ضریب شکست ماده را تشکیل میدهد. Waveguide Width: عرض موجبر یا در واقع ضخامت موجبر است.

نکتهی حائز اهمیت، قسمت انتهایی این پنجره است که در آن میتوان ابعاد ناحیهی شبیهسازی را معین کرد. برای این مثال ابعاد در شکل مشاهده میشود. جهت ذخیره دادهها جهت تکرار در مثالهای بعدی گزینهی Save New Startup Settings را انتخاب میکنیم.

هدف، شبیه سازی یک ساختار متشکل از دو حلقه و سه موجبر است. با استفاده از منوی Options و زیر منوی Insert یک لنز در صفحه قرار میدهیم :

|) Lay | out | - Fu | III | WAV | /E - | [C:\ | \RSoft\examples\FullWAVE\u |
|-------|-----|-------------|------|--------|------|------|----------------------------|
| View | q | otions | | Run | Gra | aph | Utility Window Help |
| | | Preferences | | | | | |
| | Ľ | Glob | al S | 5ettir | 10s | | |
| · • | | Spec | ial | Effe | ts., | | |
| • | | Impo | ort | Symt | ols. | | |
| | | Inse | rt | | | • | Segment |
| | | | | | | | Polygon Lens |
| | | | | | | | Mark |
| | | | | | | | Time Monitor |
| | | | | | | | Simulation Region |
| | | | | | | | Circuit Reference |
| · · | | | | | | | |

شکل ۱۸ – قراردادن یک لنز در صفحه

پنجره زیر در صفحه ظاهر خواهد شد :

| 🗖 Properties for Le | ns #1 | | × |
|--|--|---|--|
| Vertex Information | | Additional Information | n |
| Naterial Properties: Index Difference: Index (imag part): Waveguide Width: Waveguide Height: Y Position: X: 0 | Locally Defined deta alpha width height 0 2: 0 | Lens Shape: Front Radius: Back Radius: Center Thickness: Angle: | Cylindical inf ini 0 0 |
| Reference Type None Offset Angle Parameter Value: Reference To: Component: Vertex: | Reference Type: Reference Type: Colfsel Confisel Parameter Value: Reference To: Component: Vertex: O | Common Informatio Structure Type: Profile Type: Combine Mode: Symbols | Default Default Default Default OK Cancel |

شکل ۱۹- پنجرهی تنظیمات لنز

در این پنجره چهار پارامتر مهم بوده و باید تنظیم شوند :

- Front Radius N
- Back Radius -۲
- Index Difference -۳
- Waveguide Width -۴

مقدار X, Z هم مشخصات مركز اين المان را معيين ميكنند.

این ابزار یعنی Lens با شکلهای بسیار متفاوتی قابل شکل گیری است که ما برای نیاز خود یعنی ساختار حلقه باید Front Radius رابرابر مقدار شعاع دلخواه و مقدار Back Radius را به مقدار منفی شعاع دلخواه قرار دهیم. از همین ابتدا طراحی را بر اساس پارامترها پیش میبریم تا طراحی انعطاف پذیر باشد. لذا شعاع را در این جا 11 در نظر می گیریم. برای این کار باید روی گزینهی Symbols کلیک کنیم تا پنجرهی تعریف سمبولها باز شود. این گزینه تقریبا در تمام پنجرهها وجود دارد تا بتوان طراحی مبتنی بر پارامترها را به راحتی انجام دهد و این یکی از بارزترین مزایای این نرم افزار است.

| Symbol Table Editor | | |
|---|--|--------------------------------|
| Nane: r1 | Expression: 1.5 | Current Value: |
| alpha background_index cad_aspectratio delta fdtd | - 0 = 1 = 1 - 3 = 1 - 2 | Accept Symbol Reject Symbol |
| height k0 profile_type | - 2 = 0 = (2*pi)/free_space_wav - PROF_STEPINDEX = 1 5 | New Symbol Delete Symbol |
| sim_tool width | = ST_FULLWAVE = 0.2 | OK |
| <] | | Cancel |

شکل۲۰- پنجرهی تعریف سمبول

| Properties for Le | ens #1 | | × |
|--|--|---|--|
| Vertex Information | | - Additional Informati | on |
| Naterial Properties. Index Difference: Index jimag part): Waveguide Width: Waveguide Height: Y Position: X: 0 | Locally Defined delia alpha 2'r1 height 0 Z: 0 | Lens Shape: Front Radius: Back Radius: Center Thickness: Angle: | Cylinctrical r1 r1 0 0 |
| Reference Type: None Offset Angle Parameter Value Reference To: Component Vertex: O | Reference Type: None Offset Angle Parameter Value: Reference To: Component: Vertex O | Common Informatio Structure Type Profie Type: Combine Mode: Symbols More | n Default Default Default OK Cancel |

شكل ٢١- تنظيمات نمونه جهت تعريف لنز اول

به مقدار Waveguide Width دقت کنید که دو برابر شعاع لنز است. مقدار Index Difference دقت کنید که دو برابر شعاع لنز است. مقدار پیش فرض گرفته شده است که ما به آن دست نمی دیم.

حال به سراغ لنز دوم میرویم. در واقع ما برای تشکیل حلقه باید دو لنز به کار ببریم، که لنز درونی مقدار Background صفر خواهد داشت. گو اینکه چیزی در آن نیست و همان Index Index Index Index برای آن لحاظ خواهد شد.

ابتدا یک المان لنز دیگر قرار میدهیم. این لنز همان لنز درونی است که باید ضریب شکست داخل را حذف کند. شعاع این لنز به اندازه ضخانت موجبر، کمتر از شعاع لنز قبلی در نظر میگیریم و همان طور که گفته شد اختلاف ضریب شکست را صفر قرار میدهیم تا ضریب شکست آن همان ضریب شکست پایه باشد.

| Symbol Table Editor | | × |
|---|---|--------------------------------|
| Name: r2 | Expression: r1-width | Current Value: |
| \$id alpha background_index cad_aspectratio delta | = 0 = 0 = 1 = 1 = 3 | Accept Symbol Reject Symbol |
| fdtd free_space_wavelength height | = 1 = 2 = 0 = (2*pi)/(free epoce ver | New Symbol |
| profile_type r1 r2 | = PROF_STEPINDEX = 1.5 = rl-width | Delete Symbol |
| sin_tool width | = ST_FULLVAVE - 0.2 | OK |
| < | > | |

شکل ۲۲- تعریف مقدار t2. به مقدارآن دقت کنید

| Properties for Letter for Lett | ens #3 | | × |
|---|---|---|---|
| Vettex Information Material Properties: Index Difference: Index (imag part): Waveguide Width: Waveguide Height: Y Position: X: | Locally Defined | Additional Informati Lens Shape: Front Radius: Back Radius: Center Thickness: Angle: | Cylindrical r2 -r2 0 0 0 |
| 0 Reference Type: Image: None Image: Offset Image: Offs | 0 Reference Type: None Offset Angle Parameter Value: 0 Reference Tα Component: 0 Vertex: 0 | Common Informatio Structure Type: Profile Type: Combine Mode: Symbols | Default |

شكل ٢٣- پنجره تنظيمات لنز دوم

در شکل فوق به مقدار Index Difference و Waveguide Width دقت کنید که مطابق توضیحات فوق تنظیم شده است. در این قسمت ما باید نسبت به تعریف لنز قبلی یک کار دیگر نیز انجام دهیم و آن تعریف رنگ برای این لنز و تغییر الویت آن برای قرار گیری در روی لنز اول است. برای این کار دکمهی More را می-زنیم و وارد پنجهی زیر می شویم :

| 🗖 Additional Compo | onent Properties | | × |
|------------------------|------------------|---------------------------|---------|
| | | | |
| Display Color: | Yellow 👤 | Sidewall Angle: | 0 |
| Mask Layer. | 0 | Nonlinear N2 coef (real): | 0 |
| Priority Level: | 1 | Nonlinear N2 coef (imag) | 0 |
| Ref Background Index: | default | Nonlinear N2 sat coef: | 0 |
| Ref Bkgd Index (imag) | default | Dispersion Rel (rad/um): | default |
| Simulated Bend: | No 🝷 | Dispersion Res (a.u.): | default |
| Simulated Bend Radius: | 0 | Delia Tensor: | -1 |
| Electrode/Heater Type: | None 💌 | | |
| E/H Control Parameter: | 0 | | |
| | | | |
| | OK | Cancel | |
| | | | |

شکل ۲۴- پنجرهی اختصاص رنگ و اولویت برای المان

در این پنجره همان طور که مشاهده می کنید Priority Level, Display Color تغییر داده شده است. سطح اولویت در واقع جهت نمایش المان بر اساس ترتیب شمارهها است هر المان که عدد اولویت آن بزرگتر باشد هنگام نمایش روی المانی قرار می گیرد که عدد اولویت کمتری دارد. لازم به ذکر است اگر گزینه Option > Preferences در قسمت < Option > Preferences در حالت NXOR قرار گیرد (مطابق شکل زیر) نمایش به گونهای خواهد بود که نیازی به تعریف اولویت نخواهد بود.

| Preferences | × | | |
|-------------------------------|------------------------------|--|--|
| Waveguide Display: | Colors: | | |
| C Center/Outer Lines | Waveguide: 🛛 Light Red 💌 | | |
| C Solid | Center Line: Black 💌 | | |
| Both Drawing Mode: | Edge: Dark Red 👻 | | |
| C NXOR | Inactive: Light Gray 💌 | | |
| 🖲 Сору | Pathway: Light Greet | | |
| 🔽 Attach On Edit | Rubberband 🛛 Light Blue 💌 | | |
| Attach Tolerance: 10 | | | |
| Select Tolerance: 5 | Simulation Program Filename: | | |
| Paste Offset: 0 | BeamPRDP: bsimw32 | | |
| Import/Export Resolution: 0.1 | FulWAVE: fullwave | | |
| Export Layer Number: 0 | BandSOLVE: bandsolve | | |
| Export Polygon Mode: | GratingMOD: grmod | | |
| Raster | | | |
| C Raw | | | |
| Export Draw Mode: | | | |
| Polygons | OK Cancel | | |
| C Polylines | | | |

شکل ۲۵- پنجرهی تغییر نوع نمایش



شکل ۲۶- ساختار با نمایش در حالت Copy



شکل ۲۷- ساختار در نمایش NXOR

اکنون به ادامه رسم ساختار میپردازیم.

نکته : جهت Zooming از Zooming از Zooming از Right Click از Right Click از Right Click استفاده کنید.

جهت رسم موجبر از 🗹 Segment Mode استفاده می کنیم. بعد از رسم یک موجبر در قسمت سمت راست حلقه روی آن کلیک راست می کنیم تا پنجره تنظیمات آن باز شود:

| Properties for | Segment #3 | | | × |
|---|---|---|---|--|
| Structure Type: Defa Profile Type: Defa Combine Mode: Defa Width Measure: Defa | ult - Position Tap ult - Index Tap ult - Width Tap | er: Nanc 💌 er: Nane 💌 er: Nane 💌 | Symbols Layers Tapers | OK Cancel Arc Data |
| Seg Orientation Z Ax | is 🔻 YPosTap | er: None 💌 | Profiles | More |
| Starting Vertex Material Properties: Index Difference: Index (imag part): Waveguide Wicth: Waveguide Height: Y Position: X: 2 | Locally Defined delta alpha width height 0 2: 2.9 | Ending Vettex Material Propertie Index Difference Index (imag part) Waveguide Wid Waveguide Heig Y Position: X: 2 | es: Locally : delta : alpha th: width ght height 0 Z: -2.1 | Defined 💌 |
| Reference Type: None Offset Angle Parameter Value: Reference To: Component: Vertex: 0 | Reference Type: None Offset Angle Parameter Value: Reference To: Component: Vertex: O | Reference Type: None Offset Angle Parameter Value: Reference To: Component: 3 Vertex 0 | Referen C Nor C Offi C Any Parame I-5 Referen Compo | nce Type: ne set gle eterValue: nce To: nent: 3 0 |

شکل ۲۸- پنجرهی تنظیما تSegment

تنظیم مهم این المان، مختصات ابتدا و نوع مرجع انتها و مقدار آن است. این تنظیمات جهت مرتب بودن و تنظیم فاصله Gap که از پارامترهای اساسی ساختار حلقه است، میباشد. در این جا سمبل Gap را جهت ادامه ککار تعریف میکنیم. مقدار X یعنی مقدار مختصات افقی ابتدای سگمنت برابر X rap + width/2 میشود. مقدار r1 میشود. مقدار r1 میشود. مقدار X از وسط سگمنت لحاظ میشود مقدار نصف عرض موجبر هم به آن اضافه میشود. مقدار Z یعنی مقدار مختصات عمودی ابتدای سگمنت هم برای سرراستی کار ۳ فرض میشود. مقدار نهایی X , Z و بر اساس نوع مرجع تعیین می گردد. سه حالت برای مرجع وجود دارد :

None -۱ در این حالت متغیرها به صورت مطلق داده می شوند.

۲- Offset در این حالت مقدار داده شده با مقدار اولیه جمع می شود.

۸ngle -۳ در این حالت عدد داده شده به عنوان زاویه محسوب می شود.

گزینهی پیش فرض Offfset است لذا مقدار ۶ را در اینجا وارد میکنیم. و چون ساختار عمودی است مقدار X آفست ندارد.

| Properties for | Segment #3 | | | × | |
|----------------------|---|------------------|---------------------------|------------------|--|
| Structure Type: Def | ault 💌 Position Tap | er: None | Symbols | DK | |
| Ptofile Type: Defi | ault 👻 Index Tap | er: None 💌 | Layers | Cancel | |
| Combine Mode: Def | ault 🚽 Width Tap | er: None 📃 🗖 | Tapers | árc Data | |
| Width Measure: Def | ault 💌 Height Tap | er: None 💻 . | rapers | AIC 2003 | |
| Seg Orientation Z Ax | is 🔽 Y Pos Tap | er: None 🗾 | Profiles | More | |
| - Starting Vertex- | | -Ending Vertex- | | | |
| Material Properties: | Locally Defined 💌 | Material Propert | ies Locally | Defined 💌 | |
| Index Difference: | delta | Index Difference | e: delta | delta | |
| Index (imag part): | alpha | Index (imag part | :): alpha | alpha | |
| Waveguide Width: | width | Waveguide Wit | lth: width | width | |
| Waveguide Height: | height | Waveguide Hei | <mark>ghi: heigh</mark> t | height | |
| Y Position: | 0 | Y Position: | 0 | | |
| X: | Z: | X: | Z: | | |
| r1+gap+width/2 | 3 | 2.1 | -3 | | |
| Reference Type: | Reference Type: | Reference Type: | Refere | nce Type: | |
| None Office | None C Different | O None | O No | None Offect | |
| C Angle | C Angle | C Angle | C An | C Ande | |
| Parameter Value: | Parameter Value: | Parameter Value | Param | Parameter Value: | |
| 0 | 0 | 0 | -6 | -6 | |
| Reference To: | Reference To: | Reference To: | Relere | nce Ta: | |
| Component: 0 | Component: | Component: 3 | Compo | nent: 3 | |
| Vertex: 0 | Vertex: | Vertex: 0 | Vertex | 0 | |

شكل ۲۹- تنظيمات موجبر اول

تا اینجا ساختار بدین صورت است :



شکل۳۰- ساختار حلقه و یک موجبر

اکنون رسم موجبر سمت چپ. مانند قبل از ابزار سگمنت استفاده می کنیم. به طور تقریبی در سمت چپ رینگ، یک موجبر عمودی می کشیم. بعد روی آن کلیک راست کرده تا پنجره تنظیمات آن بیاید. سپس مقدار ابتدای X را برابر T1 – Gap – Width/2 قرار می دهیم مقدار Z را برابر ۳ قرار می دهیم (جهت سرراستی) بعد مقدار افست Z (را برابر ۶- قرار می دهیم تا مثل موجبر قبل شود. پنجرهی تنظیمات مثل شکل زیر است :

| Properties for Segment #4 | | | | | |
|---------------------------|--------------------|-------------------------|--------------|------------|--|
| Structure Type: Defa | ult 🖵 Position Tap | er: Nonc 💌 | Symbols | ОК | |
| Profile Type: Defa | ault 💌 Index Tap | er: None 💌 | Layers | Cancel | |
| Combine Mode: Defa | ault 💌 Width Tap | er: None 💌 – | Tapers | Arc Data | |
| Seg Orientation: ZAX | is ▼ YPosTap | er: None 💌 – | Profiles | More | |
| Starting Vertex | | Ending Vertex | | | |
| Material Properties: | Localy Defined 💌 | Material Properti | es: Localy | Defined 💌 | |
| Index Difference: | delta | Index Difference | delta | | |
| Index (imag part): | alpha | Index (imag part) | i: alpha | alpha | |
| Waveguide Width: | width | Waveguide Wid | th: width | width | |
| Waveguide Height: | height | Waveguide Height: heigh | | | |
| Y Position | 0 | Y Position: | 0 | | |
| X: | Z: | × | Z: | | |
| -1-gap-width/2 | 3 | -2.1 | -3 | | |
| Reference Type: | Reference Type: | Reference Type: | Referen | псе Туре: | |
| None Offerst | None Offeet | None Offeet | Nor Offer | ne v | |
| C ángle | C Angle | C ángle | C And | C Angle | |
| Parameter Value: | Parameter Value: | Parameter Value: | Parame | ter Value: | |
| 0 | 0 | D | -6 | | |
| Reference To: | Reference To: | Reference To: | Referen | nce To: | |
| Component 0 | Component: | Component: 4 | Compor | nent: 4 | |
| Vertex: 0 | Vertex: 0 | Vertex: 0 | Vertex: | 0 | |

شكل ۳۱- پنجره تنظيمات موجبر دوم

ساختار اكنون بدين گونه است :



شکل ۳۲- ساختار مرحلهی بعد

حال رینگ دوم را مانند قبل طراحی میکنیم :

مقدار شعاع مانند قبل است. مقدار مرکز لنز برابر r1-2*gap-width * 2- در نظر میگیریم تا به صورت متقارن در سمت چپ موجبر قرار گیرد. تنظیمات مطابق شکل زیر است:

| Properties for Letter for Lett | ens#5 | | × |
|---|---|--|----------------------------|
| Veitex Information | | Additional Information | |
| Material Properties: Index Difference: Index (imag part): Waveguide Width: Waveguide Height Y Position: X: -2*1-2*gep-width | Locally Defined delta aloha 2°r1 neight D 2: 0 | Lens Shape: Cylindrica Front Radius: r1 Back Radius: -r1 Center Thickness: 0 Angle: 0 | |
| Reference Type: None Offset Angle Parameter Value: Reference To: Component: | Reference Type: None Offset Angle Parameter Value: Reference Τα Component: Vertex: | Common Information Structure Type: Default Profile Type: Default Combine Mode: Default Symbols | ■ ■ ■ ■ Cancel |

شكل٣٣- تنظيمات لنز اول رينگ دوم

لنز وسط را مانند قبل قرار میدهیم. با همان مرکز لنز قبلی و شعاع 12 ولی همان طور که قبلا گفته شد رنگ و الویت این لنز باید از لنز قبلی بیشتر باشد. پنجرهی تنظیمات مطابق شکل زیر است:

| Properties for L | ens #6 | | X |
|--|--|---|---|
| Vertex Information | | Additional Information | on |
| Material Properties: Index Difference: Index (imag part): Waveguide Widt : Waveguide Heig # Y Position: X: | Locally Defined | Lens Shape: Front Radius: Back Radius: Center Thickness: Angle: | Cylindrical r2 -r2 U U U |
| -2*1-2*gap-width Reference Type: | 0 Reference Type: None Oifset Angle Parameter Value: 0 | Common Information Structure Type: Profile Type: Combine Mode: | Default Default Default |
| Reference To: Component: 0 Vertex: 0 | Reference To: Camponent: 0 Verteix: 0 | Symbols More | 0K Cancel |

شکل ۳۵- تنظیمات لنز دوم از رینگ دوم

حال موجبر سمت چپ ساختار را رسم میکنیم. مقدار X این سگمنت بدین صورت می شود : 3*r1-3*gap-3/2*width-

| Properties for S | egment #7 | | | × | |
|----------------------|---------------------|--------------------|-------------------------|-----------|--|
| Structure Type: Defa | ult 🚽 Position Tape | s: Nane 💽 | Symbols | ОК | |
| Profile Type: Defa | ult 👻 Index Tape | er: Nane 💌 | Layers | Cancel | |
| Combine Mode: Defa | ult 🚽 Width Tape | er: Nane 💽 – | Tapers | Arc Data | |
| Seg Orientation: ZAX | s VPosTap | er: Nane 🔹 - | Profiles | More | |
| - Starting Vertex | · · | Ending Vertex | | | |
| Material Properties: | Locally Defined 💌 | Material Propertie | es: Locally | Defined 💌 | |
| Index Difference: | delta | Index Difference | delta | | |
| Index (imag part) | alpha | Index (imag part) | : alpha | alpha | |
| Waveguide Width: | width | Waveguide Wid | th: width | width | |
| Waveguide Height: | height | Waveguide Heig | <mark>aht height</mark> | | |
| Y Position: | 0 | Y Position: | 0 | | |
| X | Z: | X: | Z: | | |
| -3*r1-3*gap-3/2*wi | 3 | -6.3 | -3 | | |
| Deferring Trans | Deferre Trees | Deference Turner | Determ | | |
| None | Nore | | | ice Type: | |
| C Offset | C Offset | Offset | Offs | et | |
| C Angle | C Angle | C Angle | C Ang | le | |
| Parameter Value: | Parameter Value: | Paiametei Value: | Parame | tervalue: | |
| 0 | 0 | 0 | -6 | | |
| Reference To: | Reference To: | Reference To: | Referen | nce Ta: | |
| Component: | Component 0 | Component: 7 | Compar | nent: 7 | |
| Vertex: | Vertex: 0 | Vertex 0 | Vertex | 0 | |

شکل ۳۶- پنچرهی تنظیمات سگمنت سمت چپ



شکل۳۸- پروفایل ضریب شکست ساختار

حال مسیر عبور میدان تحریک را تعیین میکنیم. برای این کار **اکما** را کلیک میکنیم تا پنجرهی زیر نمایش داده شود سپس دکمهی NEW را میزنیم تا مسیر شماره یک ایجاد شود. سپس بر

روی مسیر دلخواه کلیک می کنیم تا سبز رنگ شود حال OK را میزنیم تا از این محیط خارج شویم.



شکل ۳۹- پنجرهی تعریف مسیر عبور میدان تحریک

حال چند مانیتور در سیستم قرار میدهیم. برای این کار وارد Options > Insert می شویم :

| D | ut - | Fü | | A۷ | <u>t</u> - | [C: | K. | 0110 | \ex | an | ıpı | es | ŀU | un | ٧A | V. |
|---|------|-------|--------|-----|------------|-----|----|--------|------|------|------|------|------|----|-----|-----|
| | Opti | ons | Ru | IN | Gra | aph | U | tility | W | 'ind | ow | H | lelp | | | |
| Ī | P | refe | renc | es. | | | | 3 | > | | ζ | 2 | £ | | II) | * |
| ľ | G | loba | l Set | tin | gs | | ł | | | • | | • | • | | • | ÷ |
| | 5 | pecia | al Efi | fec | ts | | | · · | | : | • | : | : | • | : | : |
| | Ir | npor | t Sy | mb | ols. | | | · · | • | • | • | • | | • | • | • |
| | Ir | nsert | : | | | J | | Se | gme | nt. | | | | | | Ŀ. |
| - | | • • | | | • | | ٩. | Po | lyge | n | | | | | | Ŀ |
| • | • | • | • • | · | • | | 1 | Le | ns | | | | | | | Ŀ |
| | | | | | | | 1 | Ma | ırk | | | | | | | · · |
| | | | | | | | | Tin | ne M | loni | itor | | | | | · · |
| | | • • | ••• | • | • | | 1 | Sin | nula | tior | n Re | egio | n | | | · . |
| | | | | | | |] | Cir | cuit | Re | fen | enc | e | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | _ | |

شکل ۴۰- قرار دادن Time Monitor

شما برای مانیتور کردن می توانید متغیر خاصی را انتخاب کنید که به صورت پیش فرض E_y است. مقدار مرکز آن را می توانید به صورت پارامتری بدهید، یعنی همان مقدار X سگمنت سمت چپ. مقدار Z هم دلخواه است :

| Properties for Time Monitor #8 | | × | | |
|--|--|--|--|--|
| Position/Size/Orientation Information CAD Display: Width: width Height: height Length: 0 Phi 0 Theta: 0 Y Position: 0 X Z: -3m11-3ngap-3/2nw [2.2] | Ime Montor Lype: • Default Field (Ey) • Ex. C. Hat • E. C. Hat • D. Verlap Time Average: • No • Monitor Format: • Default • Spatial Output: | Frequency Analysis: None FFT Enable for Power/Density monitors DFT Starting Frequency: default Ending Frequency: default Frequency Spacing: default (Frequencies are f/c in units of 1/um) | | |
| Reference Type: Reference Type: Image: None Image: None Image: Offset Offset Image: Offset Angle Parameter Value: Image: Offset Image: Offset Image: Offset | Default Field Power Ex Hx E Density Ey Hy H Density Ez Hz Poynting Vector Spatial Formal: Default | Storage Grid: DX: detault DY: detault DZ: detault | | |
| Reference To: Reference To Component: Ο Vertex: Ο | Symbols More | OK Cancel | | |

شکل۴۱- پنجرهی تنظیمات مانیتور زمانی

ساختار نهایی بعد از قرار دادن مانیتور زمانی :



شکل ۷-۴۲ نهایی بعد قرار دادن مانیتورهای زمانی



| 😤 FullWAVE Simulation Parameters 🛛 🔀 | | | | | | |
|--|------------------------------|-----------------------------|---|---------------------------|-----------------|---|
| | × | | | Y | | Z |
| | Current Defau Value Value | ilt Use e Defs | Current Value | Default Use Value Defs | Curren Value | t Default-Use Value Dels |
| Domain Mir: | -7.8 -7.8 | • | 0 | | -3 | -3 🔽 |
| Domain Max: | 3.6 | | 0 | | 3 | 3 🔽 |
| Grid Size: | 0.05 0.01 | | 0.01 | 0.01 🗵 | 0.05 | 0.01 |
| FML Width: | 0.5 | | 0.5 | - | 0.5 | |
| FML Refl.: | 1e-008 | | 1e-008 | | 1e-008 | F |
| Time Grid Time Step: Stability Limit: Stop Time: Slice Time: | 0.035 0.03535533906 10 | Def Excil Ram Sour | ault Launc tation: ip/Pulse Ti rce Offset: | h ICW Iambda D | • | Estimated Time: 0.045 min Estimated Mem: 10.0 MB |
| Undate Time: | I dtd_stop_time | L | aunch | Output Pre | elix: | |
| Monitor Time: | fdtd_time_step | S | ymbols | | | Save Settings |
| | | Ac | lvanced | Outpu | t | OK |
| (All times are ci | T in units of um) | Clust | er Settings | : Displa | у | Cancel |

شکل ۴۲- پنجرهی تنظیمات شبیه سازی

در این قسمت پنج پارامتر قابل تنظیم است :

نکته : در شکل فوق زمان لازم و حافظهی لازم در قسمتی که با بلاک سبز رنگ مشخص کردیم نمایش داده میشود.

Grid Size: اگر این مقدار را افزایش دهیم مقدار حافظهی لازم کاهش مییابد.

Time Step: گام زمانی است که اگر افزایش دهیم مقدار زمان لازم کاهش مییابد.

Stop Time: مقدار زمان پایان شبیه سازی که اگر زیاد کنیم زمان شبیه سازی زیاد میشود.

Output Prefix: نام فایل خروجی که اطلاعات شبیه سازی به آن نام ذخیره خواهد شد.

اگر با دادن مقادیر شبیه سازی را اجرا کنیم (با زدن دکمهی OK) فقط میدان را میبینیم :



شکل ۴۳- نمایش شبیه سازی بدون خطوط مرزی

جهت دیدن خطوط مرزی ساختار باید دکمهی Display را در پنجرهی تنظیمات اجرا بزنیم تا وارد پنجرهی زیر شویم در این قسمت رنگی را برای خطوط مرزی انتخاب میکنیم :

| Perform Simulation را زده و وارد پنجرهی زیر می شویم : | | برای این کار دکمهی |
|---|--|--------------------|
|---|--|--------------------|

| 🔡 FullWAVE | 😰 FullWAVE Simulation Parameters 🛛 🔀 | | | | | | | |
|---|--------------------------------------|--------------------------|---|-------------------|-------------------------|-----------------|---|--|
| | Х | | Y | | | Z | | |
| | Current D Value V | efault U≋e 'alue Defs | Current Value | Default Value | Use Defs | Curren Value | it Default-Use Value Defa | |
| Domain Min: | -7.8 7 | .8 🔽 | 0 | 0 | \square | -3 | -3 🔽 | |
| Domain Max: | 4.4 4. | 4 | 0 | 0 | $\overline{\mathbb{M}}$ | 3 | 3 🔽 | |
| Grid Size: | 0.05 0. | 01 | 0.01 | 0.01 | $\overline{\mathbb{M}}$ | 0.05 | 0.01 | |
| PML Width: | 0.5 | | 0.5 | | | 0.5 | | |
| PML Refl.: | 1e-008 | | 1e-008 | | | 1e-008 | 3 | |
| Time Grid Time Step: Stability Limit: | 0.035 | De Exc De So | efault Launci ottation: mp/Pulse Ti urce Offset: | h Cw me lam | , bda | | Estimated Time: 0.264 min Estimated Merry | |
| Cline Time: | 40 | _ _ | | 1 | | | 10.2 MB | |
| Silce Lime: | [fdtd_stop_time | <u> </u> | Launch | Outp | out Pre | fix: | | |
| Update Time: Monitor Time: | 10*fdtd_time_ fdtd_time_step | ster | Symbols | | | | Save Settings | |
| | | A | Advanced | | Outpu | t | OK | |
| (All times are c | T in units of um) | Clu | sier Setting: | | Display | / | Cancel | |

شکل ۴۴– دکمهی Display

| 🔲 FDTD Display | Options | | × |
|---|--|---------------------------------------|---|
| Field Component: | C Ex C Hx Ey C Hy C Ez C Hz | Outline Color: Color Shades: | None 💌 None Default |
| Cross Section: Slice Position X: | Y Cut 🚽 | Color Scale: | Black Dark Blue Dark Green Dark Cyan |
| Slice Position Y: Slice Position Z: | default default | Show Color Scale Plot Aspect Ratio | E Dark Red Dark Magenta Brown Light Grav |
| MPI Display Option Display Whole Don Display Grid Factor Display Height: | is nain on Master No 2 defauk | ode: | Light Gray Light Blue Light Green Light Cyan Light Red Light Magenta Yellow |

حال در پنجرهی Display می توان Outline Color و Color scale را تغییر داد.

شکل ۴۵- انتخاب رنگ Outline

حال قادر به دیدن مرزهای ساختار نیز خواهیم بود :



شکل ۴۶- نمایش خروجی با در نظر گرفتن Outline

در این قسمت می بینیم که کوپلینگ درست انجام نمی شود، لذا باید مقدار gap را کاهش دهیم. لذا وارد تنظیمات سمبولها أنسا می شویم در این قسمت مقدار gap را به 0.2 کاهش می دهیم.

| Symbol Table Editor | | X |
|--|-------------------------------------|----------------|
| Name: | Expression: | Current Value: |
| gap | 0.2 | 0.5 |
| alpha background_index | = 0 | Accept Symbol |
| cad_aspectratio color_outline | = 1 = -1 | Reject Symbol |
| fdtd fdtd monitor time | - 2 - 1 = fdtd time step | New Symbol |
| fdtd_ramp_time fdtd_slice_time | = lambda = fdtd_stop_time | Delete Symbol |
| fdtd_stop_time fdtd_time_step | = 40 = 0.035 | Delete Symbol |
| foto_update_time free_space_wavelength gap | = 10*fata_time_step = 2 = 0.5 | OK |
| arid size | = 0.05 | Cancel |

شکل ۴۷- تغییر مقدار gap به مقدار 0.2

این مقدار هم کوپلینگ خوبی نمیدهد لذا مقدار gap را به 0.1 کاهش میدهیم به نتیجهی زیر می-رسیم :



سایر پارامترهای لازم را تغییر داد مثلا برای توان باید Power را افزایش دهیم :

| 🗖 Launch Param | neters | | | | × |
|-----------------------|------------------|---------------|-------------------|----------------------|-----------|
| Launch Field: 1 | New >> Delete | Powe Files | e: 0 Polarizer |] | |
| -Launch Field Option | 18 | | | FDTD Options | |
| Туре: | Rectangle 🔹 | Pathway: | 1 << >> | Temporal Excitation: | |
| Tilt: | No 💌 | Background N: | default | Type: | Delault 💌 |
| Mode: | 0 | Delta N: | default | Wavelength: | default |
| Mode Radial: | 1 | Phi: | default | Ramp/Pulse Time: | default |
| Random Set: | 0 | Theta: | default | Delay Time: | default |
| Input File (E-Major): | | Width: | default | Shutoff Time: | default |
| Input File (E-Minoi): | | Height: | default | Chirp Coelficient: | default |
| Align File: | No 💌 | Length: | default | Spatial Excitation: | |
| Normalization: | None | Position X: | default | Туре: | Field 💌 |
| | | Position Y: | default | Current Direction | 🖂 Auto |
| | | Position Z: | default | Direction Vector: | |
| | | Neff: | default | | |
| | [| ОК | Cancel | | Symbols |

شکل ۴۹- تغییر توان سیگنال تابشی به ۶



نکتهی باقی معرفی نحوهی جاروب یک متغیر در سیستم است برای مثال اگر متغیر gap را بخواهیم از ۰/۱ تا ۰/۴ با گام ۰/۱۵ جاروب کنیم دکمهی آت Perform Parameter Scan را میزنیم وارد پنجرهی زیر میشویم:

| 🔲 Scan Variabl | | × |
|---------------------|-----------------|------------------------|
| | INNER ITERATION | OUTER ITERATION |
| Variable Name: | gap | |
| Starting Value: | 0.1 | 0 |
| Ending Value: | 0.4 | 0 |
| Increment: | 0.05 | 0 |
| Scan Output Prefix: | gapping | |
| Meta Oulput Prefix: | | |
| Pre-Process Cmd: | | |
| Post-Process Cind: | | |
| Run Option: | Default 💌 | Plot Dynamically: 🗌 |
| Mode Set: | 0 | Minimize Simulation: 🔲 |
| Script Mode: | Default 💌 | Run Script: 🔽 🔽 |
| | OK Can | icel |

شکل۵۱- نحوهی تنظیم متغیرها جهت پویش gap



بعد از کلیک روی OK شبیه سازی انجام می شود و نتیجه به صورت نمایش داده می شود :

شکل۵۲- نتیجهی مانیتورها بر اساس تغییر gap

همانطور که دیده می شود با افزایش gap مقدار توان متوسط مانیتور آبی که برای موجبر سمت چپ است رو به افزایش است و نشانگر این موضوع است که با افزایش gap مقدار کمتری از میدان کوپل می شود و مقدار بیشتری به مانیتور انتهای موجبر ورودی می رسد.

زاهدان- دانشگاه سیستان و بلوچستان- دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر-گروه مهندسی الکترونیک- دکتر محمدعلی منصوری بیرجندی mansouri@hamoon.usb.ac.ir mamansouri@yahoo.com