

Laboratorio Sirius HPC

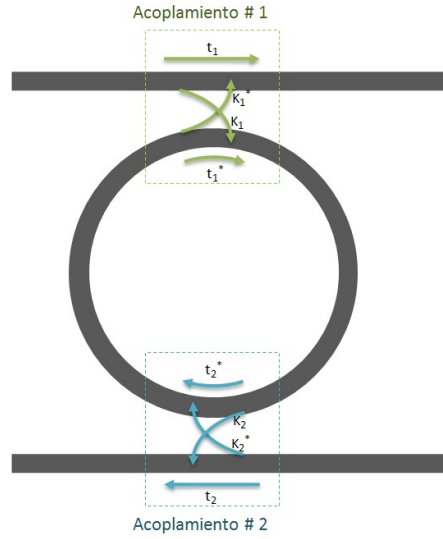
Tatiana López Guevara

March 5, 2013

0.1 Teoría de Acoplamiento

En la figura 1 se muestra el esquema del caso genérico de un anillo resonador con 2 regiones de acoplamiento representadas por las líneas punteadas. Dentro de los parámetros del sistema se encuentran $\kappa_1, \kappa_1^*, \kappa_2, \kappa_2^*$ que representan los coeficientes de acoplo y t_1, t_1^*, t_2, t_2^* que representan los coeficientes de transmisión.

Figure 1: Modelo de un Anillo Resonador



La potencia de la onda que se ve en el puerto 2 está dada por la porción de la onda incidente que atravieza la guía más las $N \rightarrow \infty$ contribuciones que se dan por la otra parte de la onda que se acopló en el anillo (ec. 1).

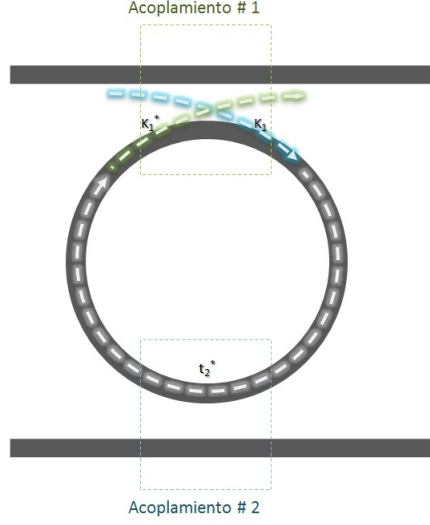
$$A_s = A_i t_1 + Contrib_{N=1} + Contrib_{N=2} + \dots + Contrib_{N=\infty} \quad (1)$$

Cada una de las contribuciones depende del número de viajes completos que realice la onda acoplada antes de volver a salir a la guía superior. Se explicarán las 2 primeras contribuciones y de allí se procederá a generalizar y resolver la ecuación:

En la figura 2 se muestra el viaje que realiza la onda acoplada al dar una sola vuelta y salir. Como se aprecia, la onda inicial A_i que no continúa su trayectoria recta es acoplada dentro del anillo por un factor κ_1 . La transmisión alrededor del anillo está atenuada por $e^{-j\beta L}$. Una vez la onda llega al acoplamiento No 2 (guía inferior), sólo una porción dada por el factor t_2^* sigue su recorrido dentro del anillo. Finalmente, la onda completa una vuelta y se acopla, por un factor κ_1^* , a la guía original (ec .2).

$$Contrib_{N=1} = A_i \kappa_1 \kappa_1^* t_2^* e^{-j\beta L} \quad (2)$$

Figure 2: Contribución Onda 1 Vuelta



Sin embargo, existe una porción de esta onda que no vuelve a la guía 1, sino que atraviesa la región de acoplamiento No 1 por un factor t_1^* (ver Figura 3). Nuevamente pasa por la región de acoplamiento No 2 y sigue su trayectoria dentro del anillo multiplicada por otro factor t_2^* y por otra atenuación $e^{-j\beta L}$. Finalmente, completa 2 vueltas y se acopla por un factor κ_1^* a la guía original (ec. 3).

$$Contrib_{N=2} = A_i \kappa_1 \kappa_1^* t_2^* e^{-j\beta L} t_1^* t_2^* e^{-j\beta L} \quad (3)$$

Y así, cada vez que la onda que completa otra vuelta completa llega al acoplamiento No 1, existe una porción que no se acopla y da una vuelta más. Esta vuelta adicional incluye volver a atravesar los acoplamientos No 1 y 2 más el término de atenuación $e^{-j\beta L}$. Por lo tanto, generalizando, se llega a la ecuación 4 [2].

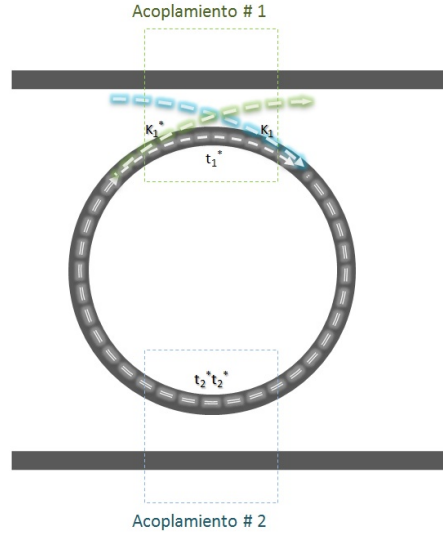
$$A_s = A_i \{t_1 + \kappa_1 \kappa_1^* t_2^* e^{-j\beta L} (1 + t_1^* t_2^* e^{-j\beta L} + (t_1^* t_2^* e^{-j\beta L})^2 + \dots)\} \quad (4)$$

Al analizar estas contribuciones cuando $N \rightarrow \infty$ se llega a la ecuación 4. Al ser una serie geométrica infinita, su solución está dada por la ecuación 5:

$$\sum_{k=0}^{\infty} ar^k = \frac{a}{1-r} \quad (5)$$

Donde,

Figure 3: Contribución Onda 2 Vueltas



$$a = \kappa_1 \kappa_1^* t_2^* e^{-j\beta L} \quad (6)$$

$$r = t_1^* t_2^* e^{-j\beta L} \quad (7)$$

Por lo tanto:

$$A_s = A_i \left\{ t_1 + \frac{\kappa_1 \kappa_1^* t_2^* e^{-j\beta L}}{1 - t_1^* t_2^* e^{-j\beta L}} \right\} \quad (8)$$

0.2 Código MEEP

El código está dividido en X secciones en cada una de las cuales se define:

1. Parámetros de la simulación.
2. Materiales y geometría a simular.
3. Fuente de onda electromagnética.
4. Puntos de medición de flujo de energía.
5. Tiempos y salidas de la simulación.

0.2.1 Parámetros

Parámetro	Descripción	Valor x Defecto
w	Ancho de la guía de onda	4 nm
r	Radio interno del anillo resonador	$2.9 \mu\text{m}$
gap	Espacio entre la guía de onda y el anillo	1 nm
$dpml$	Ancho de la capa PML	$2 \mu\text{m}$
$wavecen$	Ancho de banda central de la fuente	1550 nm
$waveid$	Ancho del pulso de la fuente	50 nm
$freqcen$	Frecuencia central de la fuente	$\frac{1}{wavecen}$
$freqwidth$	Ancho del pulso de la fuente (en frecuencia)	$\frac{1}{wavecen-waveid} - \frac{1}{wavecen+waveid}$

Table 1: Parámetros

Listing 1: Parámetros Filtro Notch.

```

;Units are measured in microns [a=luc]
(define-param odir          )
(define-param w 0.4) ; width of waveguide
(define-param r 2.9) ; inner radius of ring
(define-param gap 0.1) ; gap between ring and wg
(define-param pad 4) ; padding between wg and edge of PML
(define-param dpml 2) ; thickness of PML
(define-param wavecen 1.550)
(define-param wavewid 0.050)
(define-param freqcen (/ 1 wavecen))
(define-param freq_width (-
  (/ 1 (- wavecen wavewid))
  (/ 1 (+ wavecen wavewid))))
(define-param flux_points 100)

(define sxy (* 2 (+ r w pad dpml))) ; cell size
(define si_mat (make dielectric (index 3.476558)))

```

En esta sección de código (Ver Listing 1) se especifican los parámetros necesarios para la ejecución de los programas. Se usaron 2 tipos diferentes de instrucciones: *define* y *define-param*. La primera instrucción, de la forma (*define* < variable > < expresion >), es nativa de Scheme y permite ejecutar una expresión dada por medio de una variable.

Por el contrario, *define-param*, está definida en una librería de extensión llamada LibCtl y permite que la asociación de la variable a la expresión sea modificada desde la línea de comandos desde la que se invoca el programa permitiendo tener un control flexible para las simulaciones.

Los parámetros usados en la simulación del filtro son:(Ver Tabla 1)

0.2.2 Materiales y Geometría

Como se aconseja en [?] el tamaño del látice a simular se calcula de forma dinámica a partir de los parámetros del radio, ancho de la guía de onda, espacio de holgura y el borde PML (Ver Listing 2).

Listing 2: Geometría y Materiales Filtro Notch.

```
(define si_mat (make dielectric (index 3.476558)))
(set! default-material air)

(set! geometry-lattice (make lattice (size sxy sxy no-size)))
(set! geometry (list
  (make cylinder
    (center 0 0) (height infinity) (radius (+ r w))
    (material si_mat))
  (make cylinder
    (center 0 0) (height infinity) (radius r)
    (material air))
  (make block
    (center 0 (+ r w gap (/ w 2))) (size sxy w infinity)
    (material si_mat)))

(set-param! resolution 35)
```

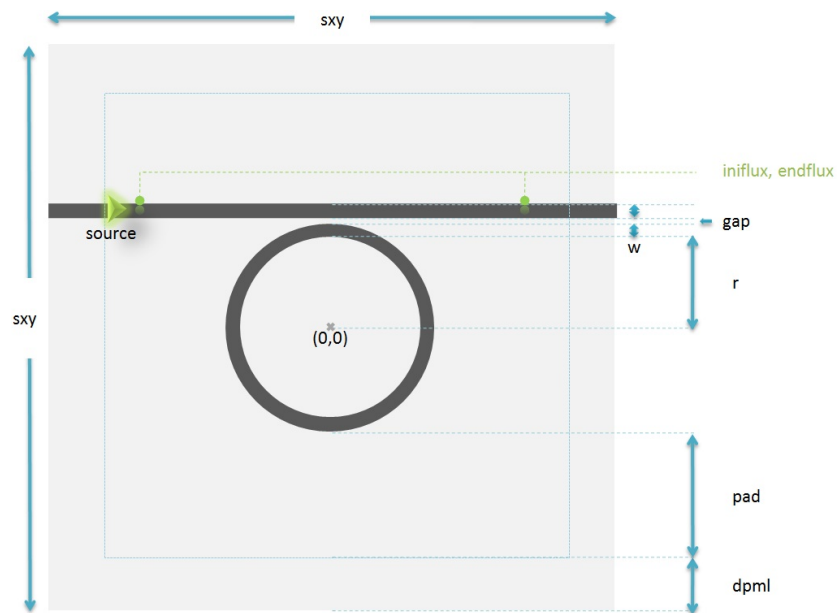
Silicon Photonics utiliza, como su nombre lo indica, silicio como medio para la propagación de ondas electromagnéticas en el espectro C-Band . Por lo tanto, para la longitud de onda de 1500 nm, el índice de refracción del silicio corresponde a 3.4765 ([1]). Adicionalmente, al ser una simulación en 2D, el material que rodea la guía recta y circular es el aire cuyo índice de refracción es 1. La base de dióxido de silicio SiO₂ sobre la cual está montada la guía, sólo se tomó en cuenta para la simulación 3D (??).

La guía de onda se especifica como un rectángulo de Si, mientras que la estructura del anillo se construye a partir de la superposición de un cilindro externo de silicio y un cilindro interno de aire. Las dos estructuras están separadas en su punto más cercano por una distancia de 100nm como se muestra en la Figura 4.

Finalmente, se indicó una resolución de

0.2.3 Fuente de Onda Electromagnética

Figure 4: Geometría Filtro Notch.



Bibliography

- [1] M. Bass, C. DeCusatis, J. Enoch, V. Lakshminarayanan, G. Li, C. MacDonald, V. Mahajan, and E. Van Stryland. *Handbook of Optics, Third Edition Volume IV: Optical Properties of Materials, Nonlinear Optics, Quantum Optics (set)*. Handbook of Optics. McGraw-Hill Education, 2009.
- [2] Amnon Yariv and Pochi Yeh. *Photonics: Optical Electronics in Modern Communications (The Oxford Series in Electrical and Computer Engineering)*. Oxford University Press, Inc., 2006.