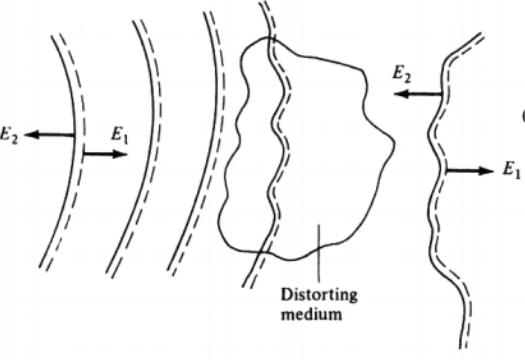


1. 강의자료 # 20의 슬라이드 p. 3의 의미를 설명하시오.



$$E_1 = \psi_1(\mathbf{r})e^{i(\omega t - kz)}$$

$$\nabla^2 E_1 + \omega^2 \mu \epsilon(\mathbf{r}) E_1 = 0$$

$$z \nabla^2 \psi_1 + [\omega^2 \mu \epsilon(\mathbf{r}) - k^2] \psi_1 - 2ik \frac{\partial \psi_1}{\partial z} = 0$$

$$\nabla^2 \psi_1^* + [\omega^2 \mu \epsilon^*(\mathbf{r}) - k^2] \psi_1^* + 2ik \frac{\partial \psi_1^*}{\partial z} = 0$$

$$E_2 = \psi_2(\mathbf{r})e^{i(\omega t + kz)}$$

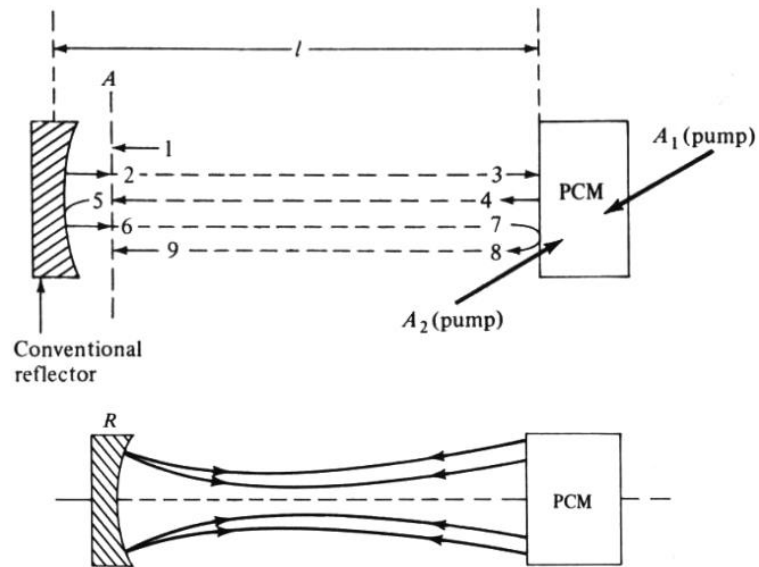
$$\nabla^2 \psi_2 + [\omega^2 \mu \epsilon(\mathbf{r}) - k^2] \psi_2 + 2ik \frac{\partial \psi_2}{\partial z} = 0$$

p. 3 slide

- Distortion correction theorem

E_1 이 +z 방향으로 진행하는 wave 일 때, distorting medium에 의해 distortion 이 되어도 손실이 없는 물질이라면, E_1 의 phase conjugate 에 해당하는 파 E_2 는 time-reverse propagation 을 의미한다. 이를 이용하여 E_2 를 진행시켜 distorting medium을 지나 E_1 과 동일한 파면을 가지는 wave를 복원할 수 있다.

2. 강의자료 # 20의 슬라이드 p. 9를 설명하시오.



p. 9 slide

- Optical resonator with Phase Conjugate Reflector (I)

Mirror를 이용하여 resonator를 제작하는 과정이 견고하며 까다롭기 때문에, phase conjugate reflector를 사용하여 resonator를 제작하는 방법이 제안되었다.

$$\phi_2 = \phi_1 + \phi_R$$

$$\phi_3 = \phi_2 + \phi_I(m, n) = \phi_1 + \phi_R + \phi_I(m, n)$$

$$\phi_4 = -\phi_3 + \alpha = -(\phi_1 + \phi_R + \phi_I(m, n)) + \alpha$$

$$\phi_5 = \phi_4 + \phi_I(m, n) = -\phi_1 - \phi_R + \alpha$$

$$\phi_6 = \phi_5 + \phi_R = -\phi_1 + \alpha$$

$$\phi_7 = \phi_6 + \phi_I(m, n) = -\phi_1 + \alpha + \phi_I(m, n)$$

$$\phi_8 = -\phi_7 + \alpha = \phi_1 - \phi_I(m, n)$$

$$\phi_9 = \phi_8 + \phi_I(m, n) = \phi_1$$

위 식과 같이, ϕ_R 은 반사에 의해 생기는 term 이며 ϕ_I 은 propagation 때문에 생기는 term 이다
Phase conjugate reflector 에 의해 ϕ_4 와 같이 phase 가 역전이 되게 되고 이를 두번 왕복할 경우
 ϕ_9 와 같이 다시 원 phase 로 복귀가 되어 resonator 로 동작 할 수 있다.

3. Photorefractive effect 를 설명하시오.

특정 crystal과 같은 물질에 입사한 빛의 intensity에 따라 굴절률이 변화하는 비선형 광학 현상을 말한다. Impurity-doped electrooptic crystal 상에서 두 간섭광의 간섭무늬에 의한 intensity pattern이 형성되면, 이 세기에 따라 donor state의 전자가 conduction band로 여기한다. 이로 인해 electron hole recombination 이 일어나기 전까지 계속되고 최종적으로 공간 전하분포가 형성되게 된다. 이때 electrooptic effect에 의하여 공간 전기장에 비례하는 굴절률의 변화가 유도된다. 이러한 현상을 이용하여 빛의 간섭무늬를 기록하여 phase modulation 을 시켜 hologram을 재생하는데 사용된다.

4. FDTD와 RCWA가 무엇인지 설명하시오.

FDTD

전자기파를 공간과 시간영역에서 분석

특정 공간, 시간 내의 영역을 계산하는데 적합

Maxwell 방정식을 discretize 하여 time step별로 계산

Pros.

펄스 계산이 용이함

직관적이며 다양한 성질의 물질들을 비교적 쉽게 적용 가능

Cons.

Steady state까지 도달하는데 시간이 많이 소요

특정 모드의 분리, 모드 간 커플링 계수 분석 등이 어려움

RCWA

전자기파를 공간 주파수 영역에서 분석하는 방법

기본적으로 주기적 문제를 분석하는데 적합

각 구조층에서 존재할 수 있는 eigenmode들 간의 결합 계수를 계산함

Pros.

주기적 문제 분석에 탁월함

특정 eigenmode로 전파되는 광파의 양을 분리하여 계산 가능

Cons.

펄스 분석과 같은 time domain 분석이 어려움

구조의 복잡도가 올라갈수록 eigenmode 계산 시간이 급격히 증가

Type	RCWA	FDTD
Calculation domain	Spatial frequency	Time & space
Major calculation process	Eigenmode & coupling coefficient calculation	Time-step discretized differential equation
Tools	Not yet available	CST, MEEP, lumerical
Pros.	Good for periodic problem Modal analysis is easy	Good for pulse analysis Various materials and geometry can be adapted
Cons.	Single frequency for one calculation Eigenmode calculation takes long time for 3D simulation	Modal analysis is difficult Time needs for reaching steady state condition