

푸리에 모달 방법에 기반한 나노 스케일 박막이 포함된 대면적 구조 분석

Analysis of large-scale structure including nano-scale thin film using Fourier modal method

최명규, 이종현, 김휘*

고려대학교 세종캠퍼스 전자및정보공학과

*hwikim@korea.ac.kr

Abstract— 본 연구에서는 나노 스케일 박막이 포함된 대면적 구조를 푸리에 모달 방법에 기반하여 광축으로의 샘플링에 관계없이 효율적으로 분석할 수 있는 방법을 제안하고, 기존 방법과 비교를 통해 정확성을 검증하고자 한다.

I. 서론 및 배경

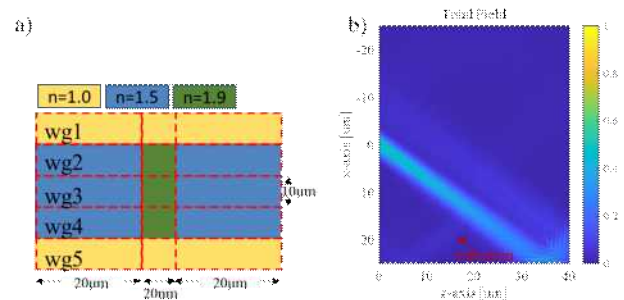
OLED 디스플레이는 자체 발광 소자를 활용했기 때문에 LCD보다 화질, 두께, 무게에서 장점을 가졌고, 계속해서 얇아지고 있는 추세다. 그 중에서 발광을 담당하는 발광트랜지스터는 300nm보다 작아지려 하는데, 가시광선 영역대의 모든 파장보다 작다. 발광트랜지스터를 구성하는 여러 물질들 중에 1nm두께도 있다. 동시에 픽셀 크기가 40~50 μm 로 작아지면서 대면적 전자장 해석 방법이 필요되고 있다. 전자장 해석 방법은 유한 차분 시간 영역법(Finite-difference time domain, FDTD)와 유한요소법(FEM)과 엄밀 결합과 해석법(Rigorous coupled wave analysis, RCWA)가 대표적이다. FDTD와 FEM과 RCWA 모두 해석면적이 넓어질수록 계산량이 증가하고, 광축으로 광 전파 길이가 늘어날수록, 광축으로 샘플링 간격이 줄어들수록 FDTD와 FEM은 계산량이 증가하지만 RCWA는 그렇지 않다. 본 연구에서는 박막구조를 해석하기 위해 광축으로 샘플링 간격을 좁게 하여 해석하지 않고 RCWA 기반인 푸리에 모달 방법(Fourier modal method, FMM)을 사용하여 나노 스케일 박막이 포함된 대면적 구조를 분석하고자 한다.

II. 연구 내용 및 결과

대면적 구조 분석은 푸리에 모달 방법과 결합 모드이론(Coupled-mode theory, CMT)^[1]이 결합된 방법(Fourier coupled mode theory, FCMM)을 사용한다. 기존의 FCMM에서는 결합모드이론의 고유 모드 결합 연산자를 사용하기 때문에 결합계수의 행렬 크기가 광축 샘플링에 비례한다. 또한 고유 모드 결합 연산자를 Runge-kutta 4차방법으로 계산하는데, 박막 구조 물성에 따라 광축 샘플링을 촘촘히 해야하는 단점이 있다. 효율적으로 계산하기

위해 박막구조에서는 광파가 인접한 영역과 커플링되지 못하고 투과하거나 반사할것이기 때문에 고유모드 결합연산자가 대각행렬과 유사할 것이라는 가정을 한다. 그럴시에 박막구조의 결합계수는 FMM으로 계산한다. 마지막으로 각 layer마다의 결합계수를 연결계산하여 광축으로의 박막구조가 고려된 구조 전체의 결합계수를 얻는다.

이 방법을 검증하기 위해 다양한 조건에서의 이차원 구조 시뮬레이션에서 광필드 분포를 분석하고자 한다. 첫 번째로는 앞뒤 layer와 동일한 물성의 박막을 중간에 설치하고, 두 번째로는 박막의 물성을 변화시키며 다른 해석 방법의 결과와 비교해본다. 그림1(a)는 50 μm x 40.002 μm 구조의 도식이다. 중간에 굴절률이 1.9, 두께가 20nm인 박막이 포함되어있다. 그림1(b)는 (a)구조의 시뮬레이션 결과이고, 박막에 의해 광의 일부가 반사되는 것을 보여준다. FMM은 주파수영역을 샘플링하기 때문에 구조의 고유값, 고유모드를 계산할 때는 광축 샘플링에 영향받지 않는다.



[그림1] (a) 나노스케일 박막이 포함된 대면적 구조 도식 (b) 광 분포 시뮬레이션 결과

사사

This work was supported by Alchemist Project grant funded by Korea Evaluation Institute of Industrial Technology (KEIT) & the Korea Government (MOTIE) (Project Number: 1415179744, 20019169).

참고문헌

- [1] W.-P. Huang, "Coupled-mode theory for optical waveguides: an overview", J. Opt. Soc. Am. A 11, 963-983(1994).