

다중 도파관 구조에서 푸리에 결합모드 이론을 위한 해석적 중첩 적분 계산

Analytic Overlap Integral Computation for Enhanced Multi-waveguide using Fourier Coupled-mode Theory

정세현, 이종현, 최명규, 김휘*
고려대학교 세종캠퍼스 전자정보공학과
*hwikim@korea.ac.kr

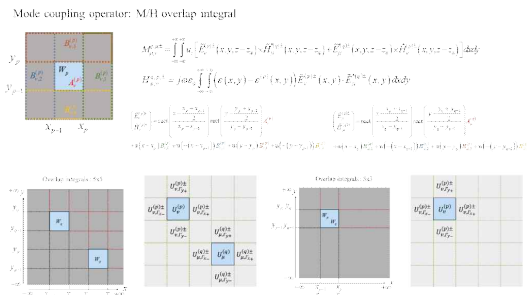
Abstract— 본 논문에서는 결합 모드 이론에서 국소 영역에 대한 모드 결합 연산자를 계산하는 과정을 푸리에 계수에 대해 계산하는 방식을 제시한다. 제안한 방법을 통해 다중 도파관 구조에서 전자장 해석 기반 광 필드 분포 시뮬레이션의 정확도를 향상시킬 수 있을 것이다.

I. 서론 및 배경

다중 도파관에 대한 광 분포 해석에 있어서 핵심적인 결합모드이론(Couple-mode theory, CMT)은 각 도파관의 고유 모드 간의 상호 작용을 해석한다⁽¹⁾. 결합모드 이론에서 모드 결합 연산자를 공간 도메인에서 수치적 중첩 적분 방법으로 계산할 때, 정확한 모드 결합 연산자의 계산 결과를 얻기 위해서 샘플링 간격을 매우 작게 설정하면 모드 결합 연산자의 행렬에 대한 계산량이 기하급수적으로 증가하게 되는 문제점이 있다.

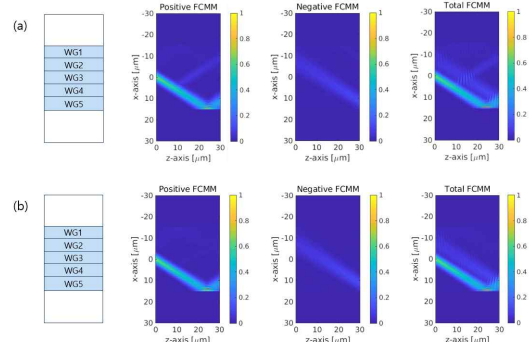
본 논문에서는 모드 결합 연산자를 얻기 위해 중첩 적분하는 과정을 해석적으로 풀어 계산함으로써 샘플링 간격과 무관하게 대면적 광학구조에 대한 전자장 해석 시뮬레이션의 정확도를 향상시키는 방법을 제안한다.

II. 연구 내용 및 결과



[그림1] 3차원 구조에서 모드 프로파일의 필드 도식
우선 고유 모드의 푸리에 계수를 주파수 영역에서 해석적으로 계산하기 위해 전기 및 자기 필드의 고유 모드를 푸리에 모달 분석을 사용한다⁽²⁾. 3D 구조 분석에서는 단일 국소 구조에 대한 모드 프로파일을 [그림 1]과 같이 해석 영역에 따라 표현할 수 있으며 내부 필드는 푸리에 모달 방법으로, 4개의 외부 필드는 자유 공간 전파 모

델로 나타낼 수 있다. 각 성분 계산에 고려되는 두 개의 국소 구조에 대한 모드가 동일한 위치에 있는 경우와 다른 위치에 있는 경우로 나누어 적분식으로 표현이 가능하고 이를 통해 중첩 적분 과정을 해석적으로 풀 수 있다.



[그림2] (a) 수치적 적분 방식과 (b) 해석적 적분 방식을 적용한 광 필드 분포 시뮬레이션 결과

[그림2]는 다중 도파관으로 이루어진 2D 광도파로 구조에서 모드 결합 연산자의 계산결과, 기존 수치적 적분 방법과 본 연구에서 제안하는 해석적 적분 방법을 각각 적용한 광 필드 분포 시뮬레이션 결과를 비교하여 나타내고 있다. 해석적 적분 방법을 적용한 결과에서 국소 구조 경계의 반사 현상이 감소된 것을 확인할 수 있다.

결론적으로, 본 연구에서는 다중 도파관 구조를 해석하기 위한 결합모드 이론에서 모드 결합 연산자를 해석적 중첩 방식을 통해 계산하는 방법을 제안하고 시뮬레이션 결과 비교를 통해 해석 정확도 향상을 검증한다.

사사

This work was supported by Samsung Display Ltd.

참고문헌

- [1] W.-P. Huang, "Coupled-mode theory for optical waveguides: an overview," J. Opt. Soc. Am. A 11, 963-983 (1994).
- [2] H.Kim, et al. "Fourier modal method and its applications in computational nanophotonics". CRC Press, 2012.