

평판형 증강현실 광도파관 결합기의 파동광학 시뮬레이션

Wave Optic Modeling of Planar AR Waveguide Combiners

김세운, 정세현, 이우림, 이지현, 김휘*
 고려대학교 세종캠퍼스 전자·정보공학과
 *hwikim@korea.ac.kr

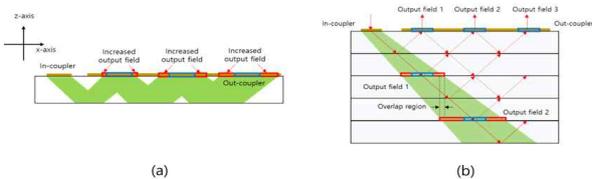
Abstract— 본 논문에서는 평판형 광도파관 구조의 엄밀한 해석을 위한 Structural unfolding 기반의 파동광학적 해석 방법을 제안한다. 제안된 방법으로 다양한 구조를 갖는 광도파관의 광 전파 현상을 효율적으로 분석할 수 있다.

I. 서론 및 배경

최근 광도파관 구조를 기반으로 한 증강현실 디스플레이로부터 다중 깊이 홀로그램 영상을 재생하기 위한 연구가 활발히 진행되고 있다. 원거리 평면에 가상 이미지를 재생하는 기존 방식은 전통적인 기하 광학적 해석으로도 설계할 수 있다⁽¹⁾. 하지만, 근거리에서 3차원 홀로그램을 구현하려면 도파관 내부의 복잡한 광파를 엄밀히 해석할 수 있는 파동 광학적 접근이 필요하다. 특히, 실제 대면적 광도파관 구조를 파동 광학적으로 해석하는 과정은 연산량이 매우 많고 고성능 연산 자원을 요구한다. 따라서, 본 논문에서는 대면적 광도파관 내부에서 진행되는 광파를 효율적으로 해석하기 위한 Structural unfolding 계산 접근 방법을 제안한다. 제안 방법은 각 스펙트럼 (Angular spectrum method, ASM) 방법을 기반으로 구조적 펼침 특성을 고려하여 광 전파 시뮬레이션을 수행하고 제안 방법의 타당성을 검증한다.

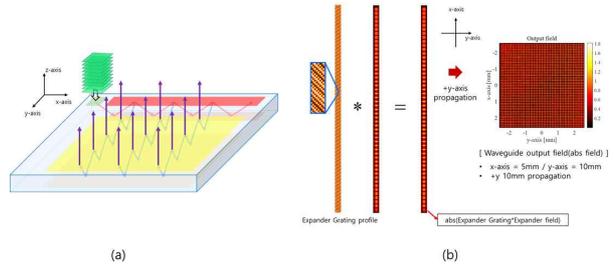
II. 연구 내용 및 결과

일반적인 광도파관 해석은 [그림1] (a)와 같이 도파관 내부의 굴절률을 고려한 빛의 전반사 경로와 출사 표면에서 격자구조의 특성을 고려하여 계산해야 한다. [그림1] (b)에서 보인 Structural unfolding 계산 접근 방법은 광도파관 내부에서 전 반사될 때의 반사광을 입사광과 동일한 방향으로 계속 진행하는 거울 대칭적 해석기법의 개념도를 보여준다. 제안된 방법은 기존의 파동 광학적 해석 방법의 복잡성과 계산 효율을 높이는 장점을 가진다.



[그림1] (a) 광도파관 구조의 기존 파동 광학적 해석 개념도 (b) Structural unfolding 계산 방법을 고려한 파동 광학적 해석 개념도

[그림2] (a)는 분리형 구조의 평판형 광도파관의 광 전파 현상의 개념도를 보여준다. [그림2] (b)는 Structural unfolding 계산 접근 방법으로 분리형 구조 광도파관의 expander 영역과 out-coupler 영역의 광 분포 시뮬레이션 결과를 보여준다. 입사광 필드가 +x 축으로 45° 방향을 갖고 z축으로 전파할 때, 광도파관의 두께만큼 전파를 반복하면 표면에서 반사하는 필드와 격자구조에 의해 out-coupler 방향으로 전달되는 필드를 순차적으로 계산할 수 있다. 또한, 전달된 필드로부터 out-coupler에서 출사 되는 2차원 필드를 계산할 수 있다.



[그림2] (a) 분리형 구조의 평판형 광도파관 개념도 (b) Structural unfolding 계산 접근 방식을 적용한 평판형 광도파관에서의 광 필드 전파 시뮬레이션 결과

본 논문에서는 Structural unfolding 계산 접근 방법을 통해 광도파관을 파동 광학적으로 해석하는 방법을 제안한다. 제안된 방법은 분리형, 혼합형, 적층형 등 다양한 광도파관 구조의 전파 필드를 분석할 때 연산량과 계산 시간적 측면에서 효율적일 것으로 기대된다.

사사

This work was supported by Alchemist Project grant funded by Korea Planning & Evaluation Institute of Industrial Technology (KEIT) & the Korea Government (MOTIE) (Project Number: 2410005254, 20019169).

참고문헌

- [1] T. Draper et al., "Holographic waveguide head-up display with 2-D pupil expansion," Applied Optics, vol. 58, no. 5, pp. A251 - A259, (2019).