

스칼라와 벡터 빔전파방법의 비교 연구

Comparison of Scalar and Vectorial Beam Propagation Methods

강봉준, 정재완, 이승걸, 오범환
인하대학교 전자재료공학과

Feit와 Fleck에 의해 제안된 빔전파방법(BPM : Beam Propagation Method)은 광도파 소자 연구에 광범위하게 이용되어 왔다. 스칼라 파동방정식에 의한 스칼라 빔전파방법은 비교적 간단한 수치 해석 계산을 통해 도파로의 특성을 알 수 있어, 지금까지 많이 사용되어 왔다. 그러나 스칼라 빔전파방법은 입사광이 진행방향에 수직인 방향으로 선평파되어 있어야 하고, 도파되는 빛의 편광 특성이 고려되지 못한다. 또한, 도파로의 내부와 외부의 굴절률 차이가 매우 작아서 전기장의 각 방향 성분들이 서로 결합하지 않는다는 가정 하에서만 적용 가능하다. 스칼라 빔전파방법을 비등방성 매질의 광도파로에까지 확장 적용하고 있으나, 편광 특성의 변화를 무시하기 때문에 실제의 상황과 맞지 않는 점이 나타난다.

일반적인 경우 빛은 각 방향의 전기장 성분을 가지고 있기 때문에 스칼라 빔전파방법은 오차를 가지게 되며, 특별한 구조를 갖는 광도파로의 경우나, 전기장 등 외부신호에 의해 매질의 특성이 변하는 소자를 분석할 경우는 전기장 성분들의 상호 결합 효과를 고려하여야만 할 것이다. 편광 효과는 광도파로의 구조적 특성과 매질의 비등방성과 같은 매질 특성으로 인해 발생하므로 이러한 효과를 고려하기 위해 유전율을 tensor로 취급해야 한다.

이러한 목적에서 근축광선 근사를 이용하여 빛의 진행방향의 전기장 성분과 그에 수직인 전기장 성분의 결합, 편광 방향에 따른 빛의 전파 등을 고려할 수 있는 벡터 빔전파방법을 수치해석적으로 구현하였으며, 소자분석을 위해 벡터 빔전파방법과 기존의 스칼라 빔전파방법을 비교 평가하였다. 벡터 빔전파방법을 이용하여 임의의 구조를 가지며, 비등방성 매질인 도파로를 수치 해석적으로 해석할 수 있었고, 그 편광특성 효과를 알 수 있었다. 이를 통해 도파로의 내 외부 굴절률 차이가 클수록 스칼라 빔전파방법보다 벡터 빔전파방법이 정확함을 알 수 있었다.

[참 고 문 헌]

1. M. D. Feit and J. A. Fleck, Jr., "Light propagation in graded-index optical fibers," *Appl. Opt.* 17, pp. 3990-3998 (1978).
2. J. M. Liu and L. Gomelsky, "Vectorial beam propagation method," *J. Opt. Soc. Am. A.* 9, pp. 1574-1585 (1992).