

메타물질 기반 광 복소 필드 합성

Metamaterial based Optical Complex Field Synthesis

김영재, 김수빈, 박성재, 박종하, 김휘*

고려대학교 세종캠퍼스 전자·정보공학과

*hwikim@korea.ac.kr

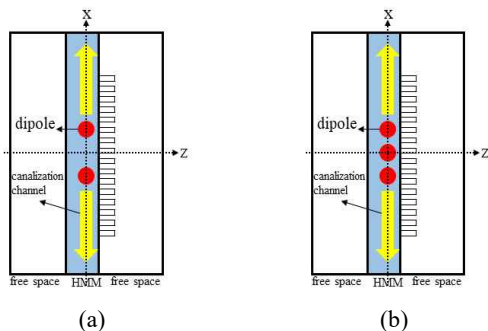
Abstract— 본 논문에서는 동적 홀로그래픽 디스플레이를 만들기 위해 쌍곡선 메타물질을 이용한 복소변조에 대한 연구를 진행하였다. 2개의 다이폴을 갖는 위상변조기와 3개의 다이폴을 갖는 진폭변조기에 대해 제안하고, 각각의 방법에 따른 특성을 분석한다.

I. 서론 및 배경

홀로그래픽 디스플레이는 차세대 영상 기술로 각광받고 있으며 연구 및 개발이 활발히 진행되고 있다. 일반적으로 홀로그래프를 재현하기 위해 진폭 혹은 위상의 단일 변조를 위한 SLM(Spatial Light Modulator)이 주로 이용되고 DC 노이즈나 conjugate 노이즈를 제거하기 위해 특정 광학계를 추가로 적용해야만 한다. 그래서 광학계 축소와 효과적인 홀로그래프 재현을 위해 복소변조 SLM의 기술이 활발히 연구되고 있다. 또한 복소변조를 위한 기술로 쌍곡선 메타물질(Hyperbolic Metamaterial, HMM)은 높은 운동량(high-k modes)의 전자기적 자극으로 인해 발생하는 광자 밀도의 광대역 변조에 대한 잠재력 때문에 주목을 받고 있다.⁽¹⁾ 이러한 특성으로 HMM은 광추출의 관점에서 보았을 때 큰 이점으로 작용할 것으로 보인다.

본 연구에서는 이러한 HMM의 특성을 이용하여 복소변조 SLM을 위해 2가지의 다이폴 결합구조를 제시하고 이에 대한 투과와 변조특성을 해석한다.

II. 연구 내용 및 결과

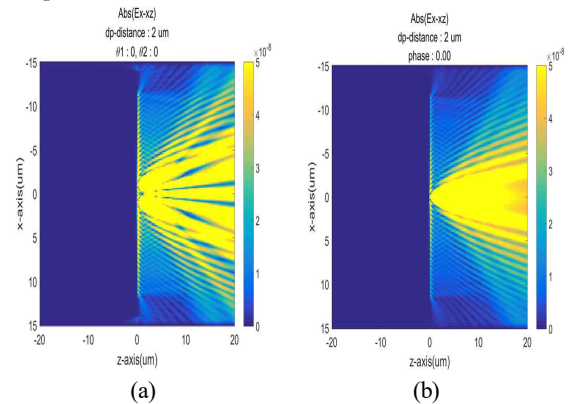


[그림1] (a) HMM의 ‘Two phase-modulated dipole pair’ 구조 개략도 (b) HMM의 ‘Three amplitude-modulated dipole pair’ 구조 개략도

각각의 다이폴 쌍들이 HMM에서 반응하면 구조를 따라 캐널리제이션(canalization) 현상이 발생하게 되며 이진 격자 구조를 통해 빛이 전파된다.

광파변조를 위한 다이폴의 결합 구조에 대한 개략도는 [그림1]과 같다. 먼저 [그림1](a)는 HMM 내부에 위상변조가 가능한 다이폴 2개를 배치한 구조를 나타낸다. 그리고 [그림1](b)는 HMM 내부에 버카드(Burckhardt) 인코딩을 이용하여 진폭변조가 가능한 다이폴 3개를 배치시킨 구조이다. 위상변조가 가능한 다이폴을 이용해 진폭변조를 나타낼 수 있고, 마찬가지로 진폭변조가 가능한 버카드 인코딩된 다이폴을 이용하면 위상변조를 나타낼 수 있다. 궁극적으로 상호 작용하는 다이폴들을 이용하면 복소변조를 가능하게 한다.

광파변조를 위한 구조를 FMM(Fourier modal method) 전자장 해석 시뮬레이션한 광분포 결과는 [그림2]와 같다.



[그림2] (a) ‘Two phase-modulated dipole pair’ 와 (b) ‘Three amplitude-modulated dipole pair’의 FMM 시뮬레이션 결과

각 시뮬레이션에서 나타나는 광분포 결과를 보면 광파의 변조가 됨을 확인할 수 있다.

본 연구에서는 2가지 타입의 다이폴 결합구조를 제시하고 시뮬레이션을 통해 변조 특성을 해석하였다. 최종 목표는 다이폴 결합구조들을 이용해 정확한 복소변조 SLM을 구현하는 것이다.

참고문헌

- [1] J. S. Gomez-Diaz and Andrea Alu, “Flatland Optics with Hyperbolic Metasurfaces,” ACS Photonics, 3 (13), pp 2211 - 2224, 2016.