

광각 투과형 구조색 필터의 수치 해석 연구

임다정1, 이재령1,2, 전은채2, 유영은2, 최두선2, 김휘1*

Incidence angle insensitive transmission-type structural color filters

D. Im, J.R. Lee, E.C. Jeon, Y.E. Yoo, D.S. Choi, H. Kim*

고려대학교 전자및정보공학과1, 한국기계연구원 나노공정장비연구실2

Key Words : Transmission-type color filter, Angle insensitive

1. 구조색 컬러 필터

컬러 필터는 liquid crystal displays (LCDs), light emitting diodes (LEDs) 등의 디스플레이에서 필수적인 요소로써 다양하게 연구되어 왔다. [1] 컬러 필터에서 투과 또는 반사율, 입사각 또는 편광 의존성 그리고 색 순도 등이 쟁점화되고 있다. 본 논문에서는 Subwavelength 회절격자 구조를 쌓아올린 다층 구조를 이용하여 색 순도를 높이고 입사각에 대한 의존성을 낮춘 투과형 구조색 컬러 필터에 대해 논하고자 한다.

2. Subwavelength 다층 회절격자 구조의 특성

Fig. 1.에는 주기가 3000nm인 다층 폴리머 회절격자 구조의 투과 스펙트럼을 보였다. 일반적으로 구조의 주기가 파장보다 클 경우, Fig. 1.에 보인 바와 같이 투과/반사율의 입사각 의존성이 높은 특징을 보인다.

이러한 의존성을 낮추고자 본 논문에서는 Subwavelength 구조로 설계하였다. 또한 색의 색 순도를 높이기 위해서 단순한 이진 회절격자 구조가 아닌, Fig. 2.에 보인 바와 같이 적층하여 색 순도를 높이고자 하였다.

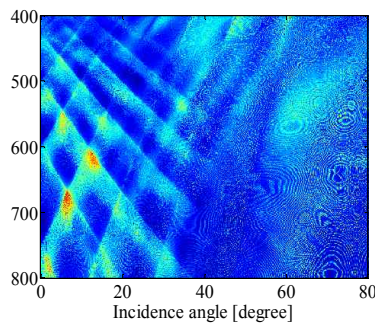


Fig. 1. Transmission spectrum of multi-level polymer diffraction grating

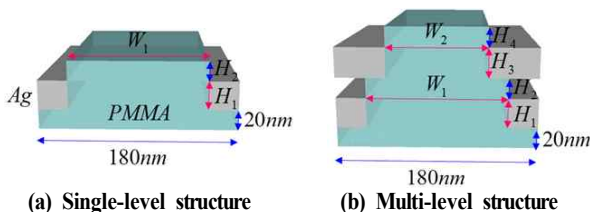
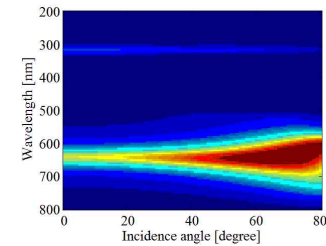


Fig. 2. Two-dimensional structure of diffraction gratings

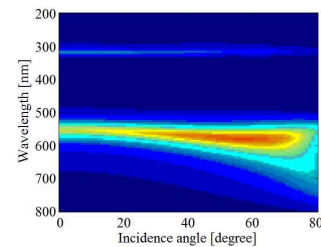
3. 시뮬레이션 결과 및 고찰

본 연구에서는 Fig. 2.에 나타난 회절격자의 투과 스펙트럼을 2차원 Fourier modal method (FMM) [2]를 통해 해석하였다. 먼저 단일층 구조에서는 주기를 180nm, 폴리머 substrate 높이를 20nm로 고정시키고, 폴리머 층의 폭 W_1 과 높이 H_1 을 변화시키며 투과/반사율을 관측하였다. 상대적으로 투과/반사율에 영향을 적게 미치는 파라미터로 생각된 H_2 는 10nm로 고정시켰다.

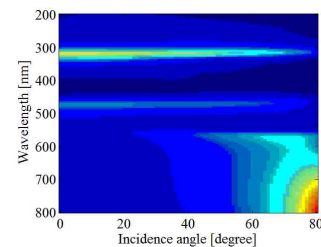
W_1 은 10~170nm를 10nm 간격으로, H_1 은 W_1 에 따라 5nm부터 중



(a) Red color filter



(b) Green color filter



(c) Blue color filter

Fig. 3. Transmission power spectrum of multi-level diffraction gratings

색 순도를 높이기 위해 고안된 다층 구조는 Fig. 2(a)에 나타난 단일층 구조를 쌓아올린 Fig. 2(b)와 같다. 이러한 다층 구조의 해석에서는 앞서 계산한 126가지 단일층 구조의 S-matrix들을 조합하여, 총 15750(126×125)가지 다층 회절격자 구조들의 투과/반사 스펙트럼을 효율적으로 계산할 수 있다. 또한 최적의 컬러 필터는 적절한 비용 함수 디자인을 통하여 선별된 것으로, Fig. 3.에 RGB 파장 별로 선별한 컬러 필터의 투과 파워 스펙트럼을 보였다.

Fig. 3.에서 관측할 수 있듯이 300nm 파장에서도 투과가 있으며, Blue 파장 대역에 최적화된 구조의 경우 이 파장 대역에서의 투과율이 더 높다는 문제점을 안고 있다. 이는 고정시켰던 주기 파라미터를 변화시키며 다양한 구조에 대한 탐색이 요구되는 이유이며, 마찬가지로 S-matrix method (SMM과 비용 함수를 이용해, 보다 많은 구조를 탐색하여 효율적인 컬러 필터 구조 설계가 가능할 것으로 기대된다.

This work was supported by the Industrial Strategic technology development program (No.10042797, Development of master machining system and 10% energy saving molding system for 100nm~100μm nano hybrid structures) funded by the Ministry of Knowledge Economy(MKE, Korea)

참 고 문 헌

- (1) Ram, S, 1999, *Color filter technology for liquid crystal displays*, Displays, 20(3), 119~129.
- (2) Kim, H, Park, J. H, Lee, B. H, 2012, *Fourier Modal Method and Its Applications in Computational Nanophotonics*