

# 다층 회절격자의 구조색에 대한 수치 해석

임다정<sup>1</sup>, 이재령<sup>1,2</sup>, 전은채<sup>2</sup>, 유영은<sup>2</sup>, 최두선<sup>2</sup>, 김 휘<sup>1\*</sup>

Numerical study on the iridescence of multi-level diffraction gratings

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

고려대학교 전자및정보공학과<sup>1</sup>, 한국기계연구원 나노공정장비연구실<sup>2</sup>

Key Words : Polymer, Structural color, FMM, Tracing

## 1. 서론

특정 파장의 빛만을 반사시켜 색소 없이 색의 발현이 가능한 구조색의 구현에 대해서 다양한 연구가 진행되고 있다. 일반적으로 Sub-wavelength 구조에서의 구현이 논의되고 있다. 본 논문에서는 폴리머 회절격자 구조의 파라미터와 광학 공진 구조색의 관계에 대해서 Fourier modal method(FMM) [1]를 통해 수치적 해석을 하고자 한다.

## 2. PMMA 회절격자의 구조색 특성

Fig. 1.에서 현재까지 개발한 폴리머 이진 회절격자 구조에 백색광을 입사시킨 실험 결과를 보였다. 외부에서 빛이 입사할 때 거울 반사가 일어나는 부분을 제외한 회절 반사만을 구조색의 효율로 계산한다. 하지만 이러한 회절 반사가 일반적인 이진 회절격자에서는 Fig. 1.에서 보듯이 매우 낮아 선명한 구조색 구현에 어려움이 있다.

이를 해결하고자 본 논문에서는 Fig. 2.와 같이 이진 회절격자를 쌓아 올린 다층 구조를 제안하였다. Substrate는 고정하고 구조에서 변화 가능한 파라미터는 전체 주기 G, 각 층의 횡축 길이  $L_1, L_2, L_3$ , 높이 H이다.



Fig. 1. Structural color of binary PMMA diffraction grating

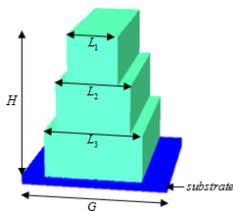
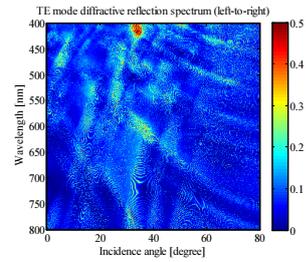


Fig. 2. Two-dimensional structure of multi-level diffraction grating

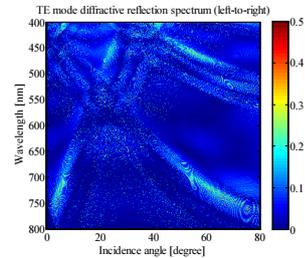
## 3. 시뮬레이션 결과 및 고찰

본 연구에서는 Fig. 2.의 다층 회절격자의 구조색을 FMM 모델링을 통해 분석하였다. Fig. 2.에서 보인 다층 회절격자 구조를 substrate는 5um, H는 1500nm로 고정시키고 G,  $L_1, L_2, L_3$ 와 같은 횡축 파라미터의 비율을 일정하게 유지하며 변화시켜 FMM으로 2차원 모델링하여 수치적으로 해석하였다. 이를 통해 다층 회절격자 구조의 횡축 방향 스케일링과 광학 공진 구조색 사이의 관계에 대해 논의하고자 하였다.

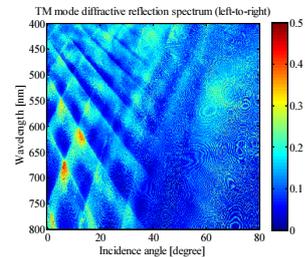
Fig. 3.에서는 횡축 방향 스케일이 다른 세 가지 다층 회절격자의 파장과 입사각에 따른 회절 반사 파워 스펙트럼을 보였다. Fig. 3. (b), Fig. 3. (c)는 Fig. 3. (a)의 구조를 기준으로 횡축 방향 파라미터가 각각 0.5배, 2배 스케일링이 된 구조에 대한 회절 반사 특성을 나타낸다. Fig. 3. (a)에서 보는 바와 같이 파장이 400nm, 입사각이 35도 부근에서 강한 광학 공진이 관측되었다.



(a)  $L_1=500\text{nm}, L_2=750\text{nm}, L_3=1000\text{nm}, G=1500\text{nm}$



(b)  $L_1=250\text{nm}, L_2=375\text{nm}, L_3=500\text{nm}, G=750\text{nm}$



(c)  $L_1=1000\text{nm}, L_2=1500\text{nm}, L_3=2000\text{nm}, G=3000\text{nm}$

Fig. 3. Diffractive reflection power spectrum of multi-level diffraction gratings

하지만 Fig. 3. (b)처럼 subwavelength 격자 구조의 경우 입사각 0도, 750~800nm 파장 근처에서는 대부분이 투과하여 회절 반사가 발생하지 않고, 전체적으로도 회절 반사 파워가 매우 낮음을 확인하였다. 반대로 2배 스케일링을 한 Fig. 3. (c)의 경우에는 그물 형태의 곡선을 그리며 그 중 교차하는 특정 부분에서는 또 다시 강한 광학 공진이 형성되었다.

그러나 이러한 광학 공진이 교차점마다 관측되는 것이 아니기 때문에 다층 회절격자의 회절 반사 파워 스펙트럼에 대해 다양하게 주기를 변화시키면서 관측하면 광학 공진이 발생하는 포인트의 트레이싱이 가능하여, 원하는 색상의 구조색 구현을 위한 다층 회절격자의 구조를 예측할 수 있을 것이다.

## 참고 문헌

(1) Kim, H, Park, J. H, Lee, B. H, 2012, *Fourier Modal Method and Its Applications in Computational Nanophotonics*