

200 nm급 원기둥 어레이 패턴이 형성된 도광판의 광 특성 해석

정재훈, 홍진수, 임명훈, 김대경, 이병욱, 이종하, 이근우, 이태성, 김창교
순천향대학교

Optical Characteristics of LGP with Periodic 200 nm Nano-sized Patterned Array

Jae-Hoon Jong, Chinsoo Hong, Myung-Hoon Lim, Tae-Kyung Kim, B. W. Lee, J. H. Lee, K. W. Lee, T. S. Lee and C. K. Kim
Physics, Electro-Robot*, Soonchunhyang Univ.

Abstract : The PMMA plates with periodic ~200 nm nanosized patterned array were fabricated through the nanoimprint technique with their proper Ni stamper. The computer coding was also made with the Mathematica language software via RCWA (Rigorous Continuous Wave Analysis) and it is confirmed that simulation results are in good agreement with the experimental ones.

Key Words : Photonic Crystal, RCWA, LED, Mathematica, simulation

1. 서론

파장보다 크기가 작은 구멍을 뚫은 금속판을 통한 전자기파의 급격한 투과율 향상[1]은 20여년 전에 발표된 이후 활발한 연구가 진행되고 있다. 이런 구조체를 광결정(PC; Photonic Crystal)이라 하며 공간에서 굴절률의 변화가 여러 방향으로 빛이 진행하는 원인이다. 이 현상은 보통 광학으로는 설명할 수 없는 현상이다.

이때 금속 이외에 고굴절률을 가진 산화물이 사용되며 회절효율은 떨어지지만 고분자 물질이 사용되기도 한다.

본 논문에서는 점광원이나 선광원에서 복사되는 빛을 나노패턴된 PMMA 플레이트를 통하여 면광원으로 변환시키는 설계를 하기 위한 전산모사에 대하여 다루기로 한다.

2. 전산모사

실리콘 웨이퍼 위에 새겨진 ~ 200 nm 원기둥 어레이 패턴은 그림1에서 보여지며 nanoimprint로 이 패턴을 PMMA에 전사하였다[2].

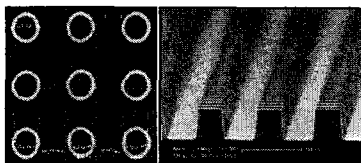


그림 1. 실리콘 위에 식각된 원기둥 어레이. 식각 후 원기둥 상면의 지름은 210 nm, 하면의 지름은 280 nm, 높이는 250 nm, 공간주기는 500 nm.

그림1과 같은 나노미터급 패턴은 기존의 도광판 설계에서 사용되고 있는 소프트웨어로 전산모사가 불가능하다. 기존의 도광판은 그림2 (a)와 같이 입사광선은 한 개의 투과

광선과 반사광선이 생성된다. 반면에 그림 (b)와 같은 나노미터급 패턴에서는 한 개의 입사 광선에 대응하여 여러 개의 반사광선과 투과광선이 생겨난다.

나노미터급 패턴의 반사와 투과를 연구하기 위하여 RCWA (Rigorous Continuous Wave Analysis)[3, 4] 알고리즘을 사용하였으며 매스매티카(Mathematica)[5]로 코딩하였다.

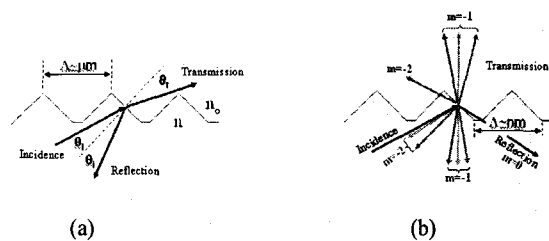


그림 2. (a) 마이크로미터급 패턴, (b) 나노미터급 패턴에 입사한 광선의 반사와 투과

나노패턴이 새겨진 PMMA 플레이트 측면에 그림3과 같이 LED를 배치하였다. 이때 LED의 개수는 3개 혹은 4개로 놓았다.

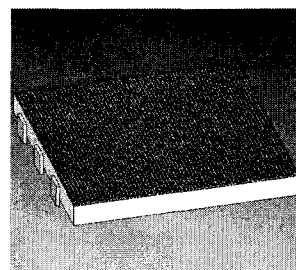


그림 3. 그림 1의 패턴이 어레이로 식각된 PMMA 플레이트. 측면에 3개의 LED가 설치되었다.

LED가 장착된 측면의 길이는 40 mm, 다른 측면의 길이

는 30 mm이며 두께는 1 mm이다.

매쓰메티카 코딩은 나노미터급 패턴의 형태에 따라 디베이스를 생성하였으며 해당되는 패턴 형태의 데이터를 불러들여 그림 4와 같은 과정으로 수행하였다.

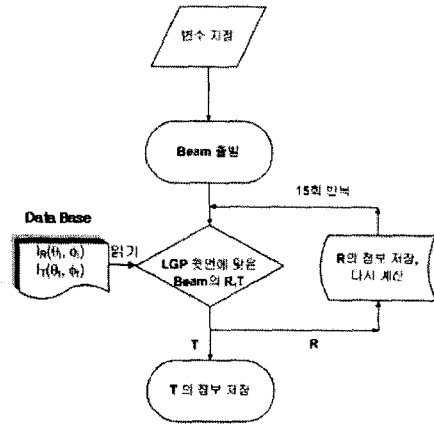


그림 4. 나노미터급 어레이 패턴 전산모사 구조도.

전산모사는 R, G, B 색깔과 편광방향 TE, TM를 고려하였다.

3. 결과 및 검토

그림 5는 PMMA를 통한 빛의 흡수를 무시하였으며 나노패턴이 식각된 윗면을 제외한 모든 면은 금속코팅되어 있다고 가정하였다.

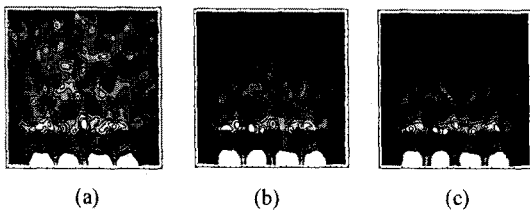


그림 5. 윗면을 통하여 투과한 빛의 세기 분포 (a) Red, (b) Green, (c) Blue.

그림 5는 특정 위치에서 모든 방향으로 복사하는 빛을 할하였으며 그림에서 분명하게 나타나는 LED 광원 부근을 제외하면 R는 G와 B에 대하여 세기 분포가 균일하다. G와 B의 특성 때문에 LED를 양쪽에 배열함으로 균일한 면광원을 얻을 수 있다.

그림 6은 복사하는 빛의 세기가 최대가 되는 각도에서 PMMA를 바라 본 세기 분포이다. 그림 6(a) 경우 $\theta_t = 35^\circ$, $\phi_t = 227^\circ$, (b) 경우 $\theta_t = 24^\circ$, $\phi_t = 21^\circ$, (c) 경우 $\theta_t = 38^\circ$, $\phi_t = 3^\circ$ 이다.

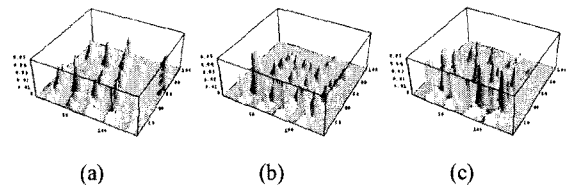


그림 6. PMMA 플레이트에서 최대 투과 방향으로 진행하는 빛의 세기 분포 (a) Red, (b) Green, (c) Blue.

그림 7은 PMMA 플레이트를 통하여 복사되는 Blue를 찍은 사진이다. 보이는 위치에 따라 선 모양의 Blue는 그 각도가 변화된다.

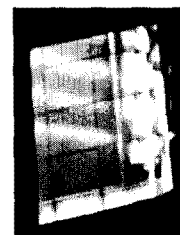


그림 7. 도펀트 첨가량에 따른 시편의 XRD 모양.

실험에서 얻은 그림 7의 복사 패턴과 그림 6의 전산모사 결과는 일치한다.

4. 결론

나노미터급 패턴 어레이를 설계할 수 있는 프로그램을 코딩하여 면광원 전산모사에 사용하였다. 실험에서 얻은 결과를 전산모사 결과에서 동일하게 나타남을 확인하여 코딩이 정확하다는 것을 확인하였다. 본 논문에는 데이터를 실지 못했지만 면광원의 위치에 따른 복사 광선의 방향은 육안으로 관측한 결과와 일치하였다.

감사의 글

본 연구는 산업자원부 지원 지역혁신인력양성사업의 지원에 의한 것입니다.

참고 문헌

- [1] T. W. Ebbesen, H. J. Lezec, H. F. Ghaemi, T. Thio, and P. A. Wolff, Nature (London) Vol. 391, p. 667 (1998).
- [2] C. K. Kim and C. Hong (To be published).
- [3] M. G. Moharam, E. B. Grann, and D. A. Pommet, J. Opt. Soc. Am. A Vol. 12, No. 5, p. 1068, 1995.
- [4] B. Momeni and B. Rashidian, IEEE Trans. Anten. Propagation Vol. 52, No. 1, p. 165, 2004.
- [5] Mathematica homepage <http://www.wolfram.com/>