서 울 대 학 교 SEOUL NATIONAL UNIVERSITY **보 도 자 료** http://www.snu.ac.kr

2020. 12. 21.(월)

문의 : 담당자 연락처(02-880-6265)
연구단장/연구책임자 전헌수 교수(02-880-6265) / 교신저자
연구단/연구진 강민수 연구원(02-882-9260) / 제1저자

서울대 전헌수 교수 연구팀, 마스크가 필요 없는 디지털 노광기로 마이크로미터 이하의 미세 패턴 제작

- 연구성과는 국제학술지 Optica에 게재 -

□ 국내 연구진이 마스크가 필요 없는 디지털 노광기로 마이크로미터 이하의 미세 패턴 제작에 성공하여 차세대 저비용, 고효율 리소그래피 기술 구현의 기대를 모은다.

o 서울대 물리천문학부 전헌수 교수가 주도하고 강민수 박사과정 학생이 공동으로 수행한 이번 연구는 미국광학회가 발간하는 온라인 국제학술지 Optica에 12월 20일(일)자로 게재되었다. (논문명: Submicrometer-scale pattern generation via maskless digital photolithography)

□ DMD(Digital Micromirror Device) 기반의 마스크리스(maskless) 포토리소그래피(photolithography)는 저비용, 고효율의 차세대 리소그래피 기술로 평가되지만, 화소 이미지 크기의 한계로 인해 지금까지는 마이크로미터 이상의 패턴 제작에만 사용되어왔다.

o 연구팀은 화소 크기가 작은 DMD칩에 고배율 대물렌즈를 조합하여 마이크로미터 이하 크기의 다양한 패턴 제작이 가능한 노광 장비를 제작하였고, 이 장비를 이용하여 ~180 나노미터의 선폭까지 구현하였다. 또한 패턴 설계의 유연성을 추가적으로 높일 수 있는 방법인 '패턴 틸팅' 및 '그레이스케일 노광' 기술을 제안하였고, 다양한 구조와 주기를 갖는 광자결정

(photonic crystal) 패턴을 이용하여 띠가장자리(band-edge) 레이저 소자 시연을 통해 그 유효성을 검증하였다.

[붙임] 1. 연구결과 2. 용어설명 3. 그림설명

연 구 결 과

Submicrometer-scale pattern generation via maskless digital photolithography

Minsu Kang, Changhyun Han, and Heonsu Jeon
Optica **7** (12), 1788-1795 (2020)

DMD(Digital Micromirror Device) 기반의 마스크리스(maskless) 포토리소그래피(photolithography)는 저비용, 고효율의 차세대 리소그래피 기술로 평가되지만, 지금까지는 1 마이크로미터 이상의 패턴 제작에만 사용되어왔다. 본 연구팀은 화소 크기가 작은 DMD칩에 고배율 대물렌즈를 조합함으로써 마이크로미터 이하 크기의 구조물 제작이 가능한 노광 장비를 제작하였다. 또한 패턴 설계의 유연성을 추가적으로 높일 수 있는 방법인 '패턴 틸팅' 및 '그레이스케일 노광' 기술을 제안하였고, 다양한 구조와 주기를 갖는 광자결정(photonic crystal) 띠가장자리(band-edge) 레이저 소자를 시연함으로써 그 유효성을 검증하였다.

용 어 설 명

1. DMD(digital micromirror device)

○ DMD는 공간적 광변조기(spatial light modulator)의 일종으로, 마스크 역할을 대체하여 패턴을 기판에 노광할 수 있게 하는 장치이다. DMD는 수 마이크로미터 크기를 갖는 미세거울 수백만 개가 2차원 직각격자 구조로 배열된 소자로서, 각각의 개별 미세거울의 방향은 전기적으로 조절 가능하며 따라서 실시간으로 빛의 반사 방향을 제어할 수 있다. DMD상에 형성된 패턴은 광학계를 통해 리소그래피를 진행할 기판으로 전달된다.

2. 광자결정(photonic crystal) 띠가장자리(band-edge) 레이저 소자

○ 광자결정은 광자(photon)에 대한 에너지 띠구조(band structure)를 형성하도록 설계된 주기적인 유전체 구조이다. 광자결정의 주기적인 구조에 의해 브래그 회절(Bragg diffraction) 현상이 나타나고, 특정 주파수 대역의 빛이 구조 내부에 존재할 수 없는 광자띠틈(photonic band-gap)이 형성된다. 광자띠틈의 양 경계에 해당하는 상태를 띠가장자리 모드라고 한다. 띠가장자리 모드에서는 광자의 군속도(group velocity)가 0이 되어 구조 전체에 걸쳐 정상파(standing wave)를 형성할 수 있으며, 이러한 현상을 활용하여 레이저 소자를 제작할 수 있다.

3. 패턴 틸팅(pattern tilting)

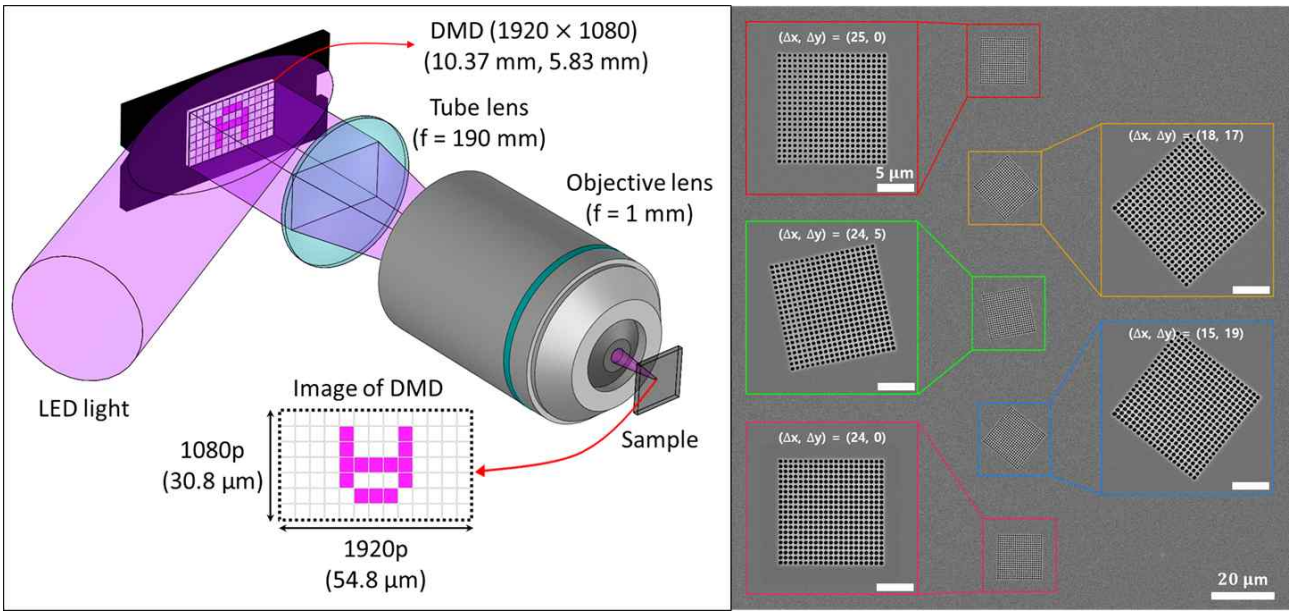
○ 노광 이미지의 패턴과 화소 격자 방향을 평행하지 않게 하여, 화소 이미지 크기의 정수배가 아닌 간격으로도 패턴을 제작할 수 있는 기술이다.

4. 그레이스케일 노광 (grayscale exposure)

○ 각 화소 이미지와 노광하고자 하는 이미지가 겹치는 면적에 비례하여 화소 이미지의 밝기를 더 밝게 설정하는 기술이다. 패턴 틸팅 기술과 함께 작용하여 화소 이미지 크기의 한계를 극복하고 패턴의 설계 유연성을 높일 수 있다.

그 림 설 명

마스크가 필요 없는 디지털 노광기(좌), 그리고 이를 이용하여 제작된 1 마이크로미터 이하의 미세 패턴을 갖는 광자결정 구조들(우)



화소 크기가 작은 DMD칩과 고배율의 대물렌즈를 조합하여, 마이크로미터 이하 크기의 다양한 패턴 제작이 가능한 노광 장비를 제작하였다. 이를 '패턴 틸팅' 혹은 '그레이스케일 노광' 기술과 조합하여 수백 나노미터 급의 미세 패턴은 물론 다양한 구조와 주기를 갖는 광자결정 띠가장자리 레이저 소자를 제작하였다.