

펨토초 레이저를 이용한 금속 나노패턴 형성 연구

Formation of nano-pattern on metal using femtosecond laser pulses

최성철, 이영락, 노영철, 고도경, 이종민, 이정훈*, 김강윤*, 김창중*, 이웅상*, 허명구*
 광주과학기술원 고등광기술연구소, *(주)LG전자 RMC사업부
scchoi@gist.ac.kr

1. 서 론

레이저에서 유도된 주기적 표면 구조인 LIPSS (Laser-induced-periodic-surface-structures)는 1965년 Birnbaum에 의해 처음 관측되었다[1]. Birnbaum은 ruby 레이저를 몇 종류의 반도체에 조사하여 반도체 표면에서 나노패턴이 생성됨을 확인하였고, 그 이후 많은 연구자들에 의해 유전체, 금속과 같은 다양한 물질에서 LIPSS 형성이 관측되고 있다.[2-5]. LIPSS에 의한 나노패턴은 마이크로머신과 같은 작은 부품 작동 시에 두 물체간의 표면장력으로 발생하는 응착력을 크게 줄일 수 있을 뿐만 아니라, 마모를 줄여 주고, 윤활제를 보관하는 작용 등, 부품의 수명을 증가시키는 기능을 수행하는 것으로 알려져 있다. 이러한 요인으로 현재 재료 표면에 나노 스케일의 미세 구조를 형성시키는 레이저 가공법에 대한 많은 연구가 진행 중에 있다. 특히, 펨토초 레이저는 열적 효과가 전달되기 전에 나노패턴을 생성함으로써 다양한 물질에서 미세한 나노 패턴을 생성하는데 많이 이용되고 있다. 나노패턴 형성에 영향을 미치는 중요한 광학적 요소로는 레이저 파장, 편광도, 조사빔의 각도 등이 있다. 최근에는 파장보다 훨씬 작은 나노패턴의 공간적 주기를 갖는 결과들이 발표되고 있으며, 여러 물질들에 대한 조사가 병행되고 있다. 본 논문에서는 알루미늄 박막 표면에 펨토초 레이저를 조사하여 생성되는 나노패턴을 실험적으로 관측하였고, 레이저 출력과 펄스 수를 미세하게 조절하여 생성된 나노패턴의 특성을 확인하였다.

2. 연구 방법

본 연구에서 사용된 샘플의 구조는 slide glass 위에 Al을 50 nm 두께로 코팅된 샘플과 Al 위에 균일한 알루미늄 산화막이 형성된 샘플이다. 사용된 펨토초 레이저는 Chirped pulsed amplification 기술을 이용한 regenerative amplifier 시스템(IFRIT, Cyber Laser Inc)으로써 전체적인 사양은 표 1 과 같다. 레이저 빔의 펄스폭은 781 nm 파장에서 130 fs 였다. 펄스 반복률은 1 kHz 이고 regeneration amplifier에서 방출된 레이저 빔 profile은 거의 Gaussian 형태를 가진다. 평균 출력 에너지는 500 mW 정도이고, 선형 편광된 레이저 빔은 초점거리 100 mm 인 cylindrical lens를 통해 샘플에 조사 되었다. 샘플 표면에서의 레이저 강도를 조절하기 위해 Neutral Density filter를 사용하였으며, 샘플에 조사되는 레이저 펄스 수는 X-Y Linear stage 속도를 변화시키면서 조절하였다. 빔 크기는 21 μm x 4.7 mm였고, 최대 레이저 출력에서 peak power는 3.8 GW, peak intensity는 7.7 TW 였다. 레이저 조사 후 샘플 표면의 결정성을 확인하기 위해 AFM (Atomic Force Microscope)을 사용하여 분석하였다. 전체 가공시스템의 개략도는 그림 1 에 나타내었다.

Parameter	
Wavelength (nm)	781
Pulse width (fs)	130
Average power (mW)	500
Repetition rate (Hz)	1000
Beam diameter (mm)	4.7
Focal length of lens (mm)	100

표 3 펨토초 레이저 시스템 사양

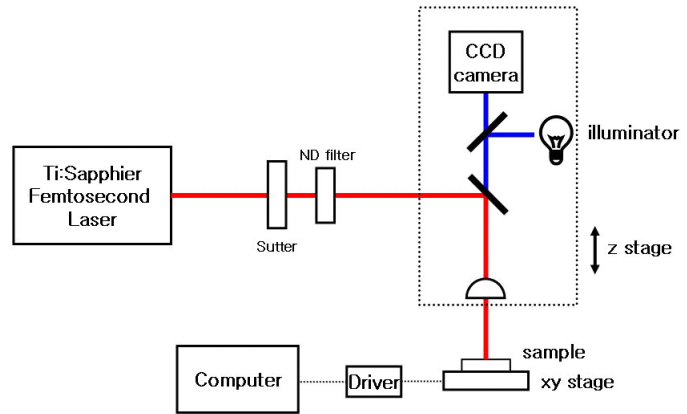


그림 1 펨토초 레이저를 이용한 실험 개략도

3. 결 론

펨토초 레이저를 조사하여 AI 박막 표면 나노패턴의 공간적 구조를 분석하였다. 나노패턴의 공간적 주기는 입사빔의 강도와 펄스 수에 의존함을 확인하였고, 이를 조절함으로써 보다 짧은 주기의 나노패턴을 생성할 수 있다. 또한, 생성 깊이는 레이저 펄스 수가 증가할수록 증가함을 확인하였다. AI 박막 위에 균일한 산화막이 형성된 샘플은 짧은 주기의 나노패턴을 형성하는데 중요한 역할을 수행하는 것을 확인하였다.

감사의 글

본 연구는 LG 전자 주식회사 지원으로 수행되었으며 이에 감사드립니다.

참고문헌

[1] M. Birnbaum, J. Appl. Phys. 36, 3688-3689, 1965
 [2] M. Bolle and S. Lazare, J. Appl. Phys. 73, 3516-3524, 1993
 [3] N. Yasumaru, K. Miyazaki, J. Kiuchi, Appl. Phys. A 79, 425-427, 2004
 [4] N. Yasumaru, K. Miyazaki, J. Kiuchi, Appl. Phys. A 76, 983-985, 2003
 [5] F. Costache, M. Henyk, J. Reif, Appl. Surf. Sci. 208-209, 486-491, 2003