

펨토초 레이저를 이용한 박막 재료 및 기판 변화에 따른 가공 특성에 관한 연구

김병희*, 신흥규(강원대학교 기계·메카트로닉스공학과), 이종길(한국산업기술대 기계공학과),
정세채(한국표준과학연구원)

Characteristic of FS-laser ablation of metal thin film with respect to the variation of material
and substrate

B. H. Kim, H. G. Shin(Mechanical and Mechatronics. Eng. Dept. KNU), J. G. Lee(Mechanical Eng. Dept., KPU)
S. C. Jeong(KRISS)

ABSTRACT

We have investigated the behavior of the ultrafast laser ablation of chromium films (200nm) on the silicon and pyrex-glass(corning 7740) substrate with respect to the laser fluence and the number of laser pulses. In addition, several experiments about ITO thin film were carried out with femto-second Ti:Sapphire laser (150fs). Finally, we introduce the ablation characteristic in accordance with materials of thin film and substrate.

Key Words : Femtosecond laser (펨토초레이저), Nano thin film (나노박막), Laser ablation (레이저 어블레이션),

1. 서론

레이저에 의한 미세 가공분야는 고부가가치 산업으로 시급한 기술개발을 필요로 하며 기술개발이 될 경우 지적재산권 확보 및 국가 기술력 경쟁에서 우위를 차지할 수 있는 좋은 분야이다. 특히, 극 초단 펄스 레이저에 의한 재료가공은 최근 들어 상대적으로 긴 펄스 레이저에 비해 가공 측면에서 우수한 장점이 있어 마이크로 머시닝 가공기술 및 나노 머시닝 가공 기술에 대한 연구가 빡 특성과 가공현상을 고려하여 활발히 진행되고 있다^[1,2]. 다양한 금속 재료뿐만 아니라 투명성과 투과성이 우수하여 디스플레이 시장에 주로 사용되는 ITO(indium oxide) 박막의 가공에도 레이저를 이용한 미세 패터닝 연구가 진행되고 있다^[3].

본 연구에서 극 초단 펄스의 펨토초 레이저를 이용하여 200nm 급 크롬 박막의 레이저 어블레이션 (laser ablation) 시 발생하는 가공 특성 및 발생 현상에 대한 이해와 더불어 경제면 안정화를 위한 정량적인 최적 가공 데이터의 확보에 있다. 특히, 기판의 변화 및 박막 재료에 따른 레이저 파워, 반복 펄스의 수, 펄스 간격 등에 따라 발생하는 나노 박막 상의 가공 특성과 펨토초 레이저의 가공 메커니즘에 대하여 연구하였다. 또한 FEM 코드를 이용하여 실제 실험과 비교·분석을 통하여 최종의 가공 메커니즘을 도출하였다.

2. 실험 구성

본 연구에 사용된 레이저의 구성은 Fig. 1 과 같다^[4]. 레이저 소스는 Quantronix사의 Ti-Sapphire CW 레이저로, 810nm의 파장을 가지며, 펄스폭은 150fs, 반복율은 1kHz, 그리고 증폭기를 통하여 출력되는 에너지는 최대 1mJ/pulse이다. 레이저 출력조절은 가변형 NDF(neutral density filter)를 이용하였으며, PC와 연결된 셔터 조절기에 의해 펄스를 조절하며, 최종적인 형상은 갈바노 스캐너를 통하여 직접 박막 시편에 가공하였다. 그리고 본 연구에 사용된 박막은 PVD 스퍼터에 의하여 200nm로 제작되었으

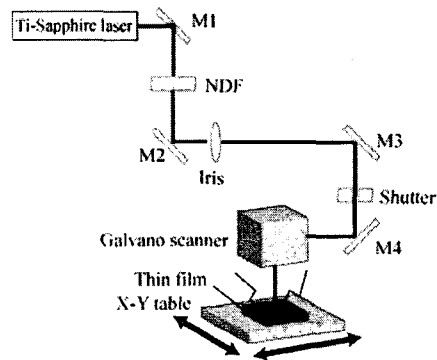


Fig. 1 Experimental setup for thin film ablation using the femto-second laser

며, 사용된 박막은 크롬과 ITO 이다. 또한, 기판의 변화에 대한 영향 평가를 위하여 실리콘과 pyrex-glass 웨이퍼를 사용하였다.

3. 결과

본 연구에서는 레이저 플루언스(laser fluence), 레이저 펄스 수(number of pulse)에 따라 나노 박막의 가공특성을 분석하였다. 크롬 박막의 경우, 문턱에너지(threshold value)는 4mW 였으며, ITO 의 경우 8mW 에서 어블레이션이 일어나기 시작하였다. Cr 박막에서 기판 변화에 따른 레이저 파워별 가공 깊이 및 문턱에너지 값은 Fig. 2 와 같다. 어블레이션 깊이가 변화가 있는 40~80mW 플루언스 영역은 크롬의 문턱에너지와 기판의 문턱에너지 사이의 천이영역이다. 또한, 그림에서 알 수 있듯이, 열적 확산이 적은 pyrex-glass 기판이 실리콘 기판에 비해 안정된 경계면을 보였다.

Fig. 3 은 크롬 박막이 안정적인 10mW 에서의 반복 펄스 가공시험 결과로, 4 회 이상의 반복 펄스 시험도 안정된 경계면을 유지하였다.

Fig. 4 는 pyrex-glass 기판에서의 단일 펄스와 멀티 펄스 시 가공된 결과이다. Fig. 5 는 FEM 결과를 나타내며, 실제 실험과 유사한 결과를 나타내고 있다.

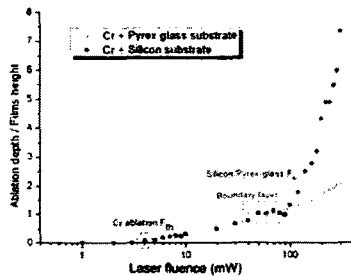


Fig. 2 The graph of ablation ratio with Cr thin film on silicon / pyrex-glass substrates in accordance with the laser fluence

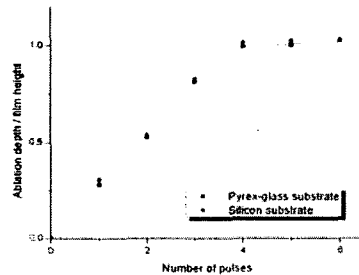
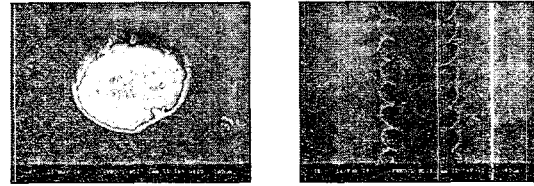


Fig. 3 The graph of ablation ratio with respect to the number of laser pulses at 10mW laser intensity



(a) single pulse(10mW) (b) multi-pulses(10mW)

Fig. 4 SEM images of Cr thin film on pyrex-glass substrate

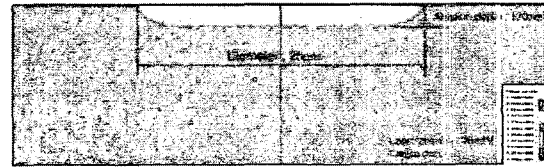


Fig. 5 FEM analysis result at the laser intensity of 35mW

4. 결론

본 연구에서는 펨토초 레이저 가공 시 재료 및 기판변화에 따른 가공 특성에 관하여 연구하였다. 실리콘 기판에 비해 pyrex-glass 기판에서 안정된 경계면을 도출하였으며, 극 초단 펄스에 의한 나이핑 효과를 확인할 수 있었다.

후 기

본 연구는 산업자원부의 첨단레이저 응용 미세 가공기술개발 중 한국표준과학연구원이 주관하고 있는 펨토초 레이저 초미세공정 원천기술개발의 위탁과제인 “펨토초 레이저가공 시 나노박막-기판 경계면의 안정화 기술개발”의 위탁과제 수행결과의 일부로 세부과제 주관기관인 표준과학연구원의 도움에 감사 드립니다.

참고문헌

1. D. Kawamura, A. Takita, Y. Hayasaki, and N. Nishida, “Method for Reducing Debris and Thermal Destruction in Femtosecond Laser Processing by Applying Transparent Coating,” Applied Physics A 82, pp. 523-527, 2006.
2. A. Y. Vorobyev, V. M. Kuzmichev, and Chunlei Guo, “Residual Thermal Effects in Al following Single NS and FS-Laser Pulse Ablation,” Applied Physics A 82, pp. 357362, 2006.
3. Y. H. Son, et al, “Excimer Laser Crystallization of a ITO Thin Film Deposited on Plastics, JKPS, Vol. 42, pp. 14-816, 2003.
4. M. R. Park, S. C. Jeoung, et al, “Ultrafast Laser Ablation of ITO Thin Films for Organic Light Emitting Diode application,” Optics and Laser in Engineering, pp. 1-9, 2003.