

ABS 플라스틱 표면에서의 시간 분해 반사도 측정 Measurement of time resolved reflectivity on ABS plastics

조선대학교 신용진, 양경승, 김영선
한국광기술원 박영식, 김태훈

I. 서론

광학 기록매체로서 플라스틱의 이용은 대부분의 전통적인 기술보다 고밀도의 정보저장을 제공하므로 지대한 관심을 가지고 있다. 특히 레이저를 이용해 대용량 광학적 데이터 저장 수단으로서의 마킹은 기존의 데이터 저장 수단을 확실히 자리 매김하고 있지만 그 메커니즘은 수 년 동안 진행되어 오고 있음에도 불구하고 아직도 명확한 해석을 내리기는 어렵고 단지 몇몇 과학자들에 의한 가설만이 존재하고 있다.

데이터 저장을 위한 레이저 마킹 모델은 Wrobel 등에 의하여 임계온도 진행에 따른 물질의 재구성 및 용융점성 흐름에 기인한 흠 형성을 연구하였고, Suh 등에 의하여 표면장력 구배에 의한 흠 형성, Chung's Medeling의 마킹 물질의 표면장력, 용융점성, 물질의 두께 및 광학적 특성에 기인한 흠 형성, Wissbrum의 레이저 빔의 흡수에 기인한 용융 및 체적팽창으로 용융 bulge 형성으로 표면장력이 작용하여 냉각 수축으로 인한 외륜 및 흠형성에 관하여 연구가 진행중에 있다.

본 연구에서 ABS 플라스틱 표면에서 레이저 마킹시 시간 분해 반사도 측정은 물질의 용융 및 흐름에 관한 메커니즘을 이해하는데 많은 기초자료를 제공해 주고 있다. 특히 ablation에 의해 발생하는 반충 압력 구배가 용융 물질 흐름의 원동력이 된다는 기본 전제하에 이를 증명해 보고자 한다.

II. 실험

본 실험에 사용된 레이저 소스는 평균 출력 13W, 최대출력 17W의 PWM(Pulse Width Modulation) 방식의 CO₂ 레이저 발생기(HC-20, Synrad)를 사용하였으며 시료는 가장 널리 사용되고 있는 사출성 ABS 플라스틱(LG AF-302)에 적용하였다. 레이저 발생기로부터 조사된 레이저 빔은 초점거리 15.24cm인 ZnSe 코팅의 f-θ렌즈를 사용하여 spot size를 120 μ m의 크기로 시료 위에 집속하였다. 시료는 반복된 측정을 가능하게 하기 위하여 X-Y Moving stage에 고정시켜 그 위치를 변화시켰다. 측정용 레이저로는 2mW의 CW He-Ne 레이저(Melles-Griot)를 사용하였다. 조사된 He-Ne 레이저 빔은 미러를 사용하여 마킹위치에 조사시킨 후 반사된 빔을 nanosecond photo-detector (1621, New Focus)와 digital phosphor oscilloscope(TDS7425, Tektronix)를 통해 분석하였다. 마킹된 흠을 관측하기 위해 마킹된 시료를 액화 질소로 급속 냉동시켜 마킹을 중심으로 절단하여 쌍안 실체 현미경(OSM-1, 동원정밀)과 영상분석 프로그램(Compuscope Standard 1.1)을 사용하여 관찰하였다.

CO₂ 레이저는 200 μ m의 펄스 반복 시간을 가지고 있으며 초기 1 μ m의 tickle 펄스를 가지고 있다. 마킹을 형성시키는 최소의 레이저 펄스는 2 μ m의 펄스폭을 가지고 있으며 18 μ m의 펄스폭을 가질 때까지 실험을 진행시켰다. 각각의 pulse 신호를 external trigger 신호로 입력시키고 각 펄스에서 마킹 영역에서의 반사도를 측정하였다.

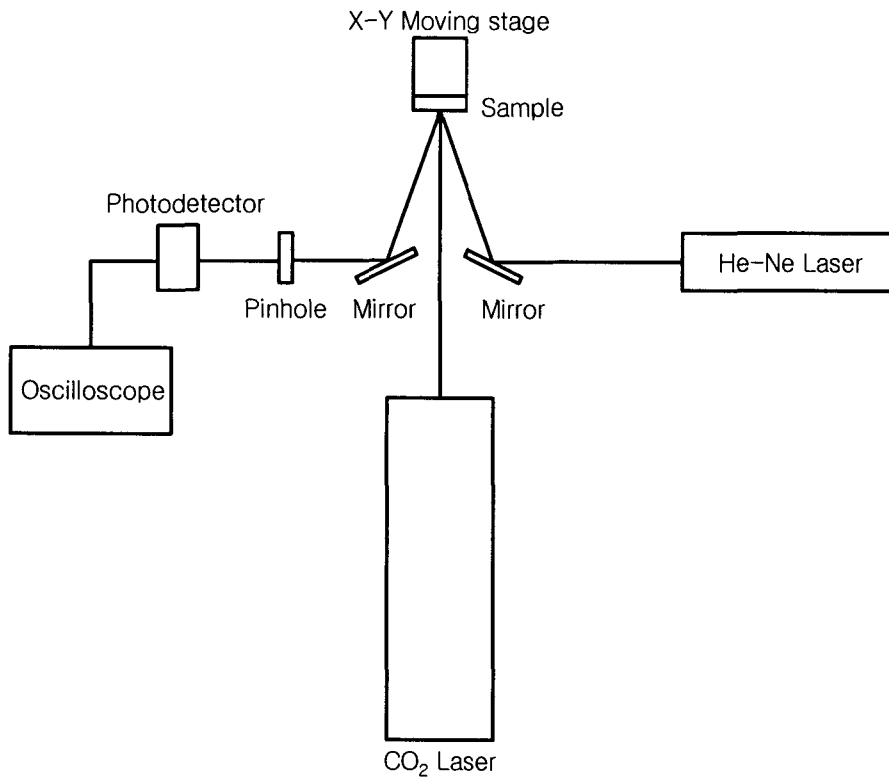


그림 1. 레이저 마킹 흠의 반사도 측정을 위한 개략도

III. 결과 및 고찰

CO₂ 레이저에 의해 형성된 흠의 전형적인 형태는 그림 2와 같으며 흠 주변의 열적 작용에 의한 영향층을 볼 수 있었다. 그림 3에서 보는 바와 같이 흠의 깊이와 폭은 조사에너지에 비례함을 볼 수 있었으나 흠의 외륜에 관한 정보는 시료가 사출성 플라스틱임을 고려한다면 그 형태가 비대칭적인 요소를 내포하고 있음을 알 수 있다. 따라서 본 실험에서는 그 정보를 배제시켰다. 그림 4에서와 같이 초기 tickle 펄스 신호를 볼 수 있었으며 최소 레이저 출력의 펄스 신호와 최종 레이저 출력의 펄스를 그림 5, 6에서 각각 보여주고 있다. 그림 4-6은 external trigger 신호로 입력시킨 값이다.

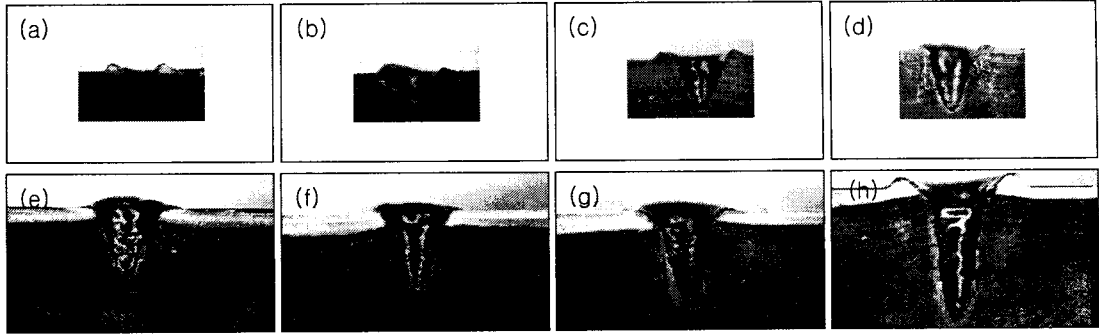


그림 2. CO₂ 레이저빔에 의해 ABS 표면에 형성된 홈의 조사에너지에 따른 형태; 120배율 (a) 50mJ, (b) 100mJ, (c) 200mJ, (d) 300mJ, (e) 450mJ, (f) 500mJ, (g) 750mJ, (h) 1000mJ

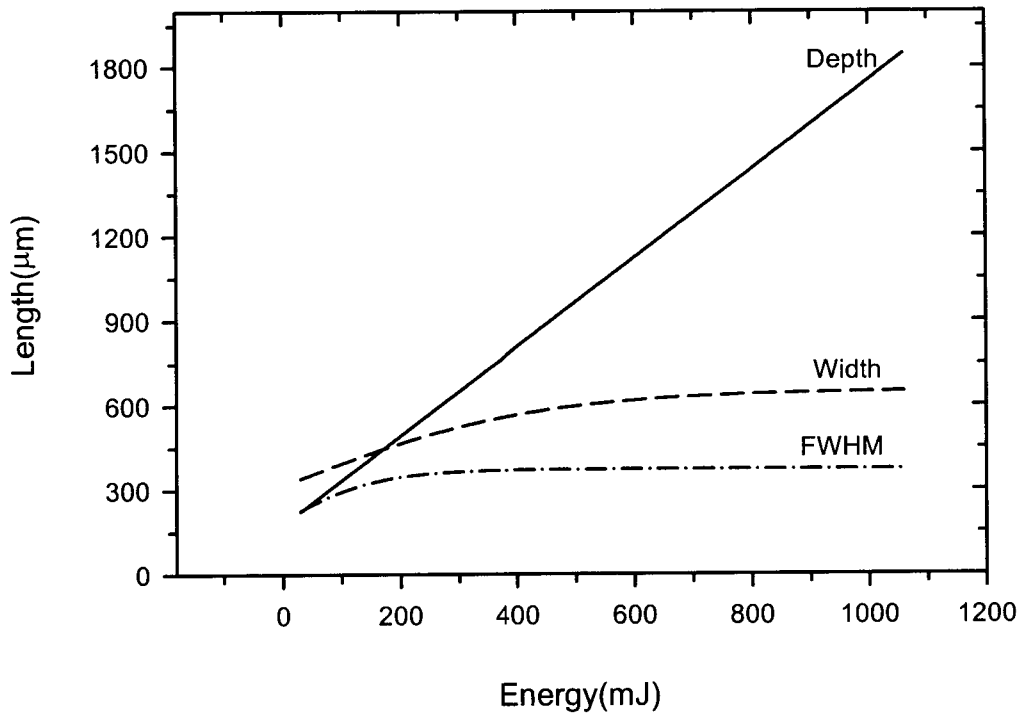


그림 3. CO₂ 레이저 조사량에 따른 홈 형태

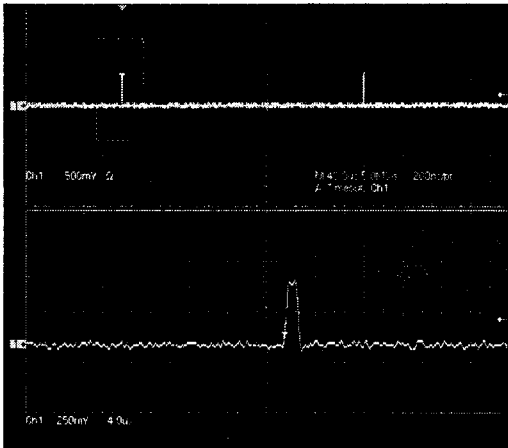


그림 4. 초기 1 μ m의 tickle pulse

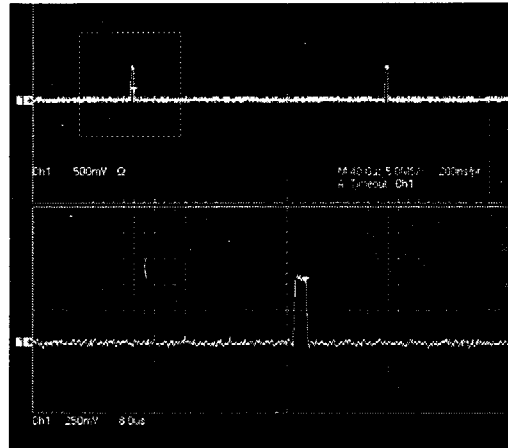


그림 5. 최초 마킹의 2 μ m 레이저 pulse 폭

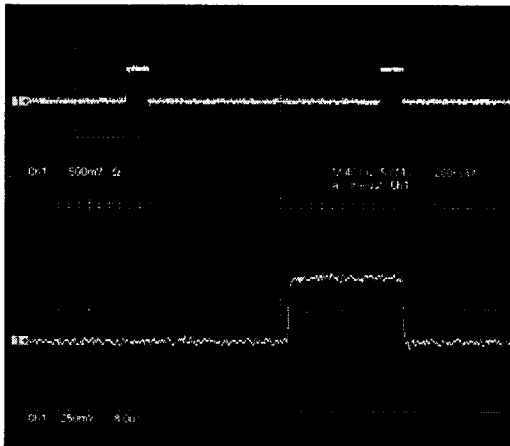


그림 6. 최종 마킹의 18 μ m의 레이저 pulse 폭



그림 7. 시스템 set-up

IV. 결론

레이저 마킹시 흠의 형성은 레이저 빔 조사후 10ns 이내에 형성될 것으로 예상되어지며 레이저 조사가 끝나면 반전 현상이 일어날 것으로 예상되어진다. 또한 시간 분해 반사도는 정지해 있는 시료나 움직이는 시료에서 비슷할 것으로 예상되어진다. 레이저에 의해 시료에 발생되어지는 온도는 마킹을 형성시키는 출력의 문턱값이 존재하고 시간에 독립적으로 일정한 두께를 남기며 마킹되는 현상으로 설명되어 질 것이다. 이러한 온도의 계산으로 열 및 화학적 작용에 관한 마킹 메카니즘의 해석이 가능해질 것이다.

V. 참고문헌

1. Mool C. Gupta, *Journal of Materials Research*, 3(6). Nov./Dec. 1988, pp 1187-9.
2. Mool C. Gupta, *Japanese Journal of Applied Physics*, Vol. 26, 1987, supplement 26-4, pp 41-2.
3. K J Jeon, K H Lee, U Kim, and S H Park, *Journal of the Korean Physical Society*, Vol. 32, No. 6, 1998, pp 923-7.
4. P. Kivits, R. De. Bont, B. Jacobs, and P. Zalm, *Thin Solid Films*, 87, 1982, pp 215-29.
5. M. Toulemonde, S. Unamuno, R. Heddache, M. O. Lampert, M. Hage-Ali, and P. Siffert, *Applied Physics*, A36, 1985, pp 31-6.
6. Shaochen Chen and Costas P, *Applied Physics Letter*, 71(22), 1997, pp 1391-3.
7. 정성호, *月刊 레이저기술*, 통권 96호, 2002, pp 50-9.