

# Nd:YAG레이저를 이용한 PDMS 표면의 친수성 표면 개질

신성권, 송현승, 이천\*  
 인하대학교, 전자전기공학부

## Modification of PDMS Surface into Hydrophile Property Using Nd:YAG Laser

Sung-Kwon Shin, Hyun-Seung Song, Cheon Lee\*  
 School of Electrical Engineering, Inha University

**Abstract :** 본 논문에서는 Nd:YAG( $\lambda=266$  nm, pulse) 레이저빔을 PDMS 표면에 조사하여, 소수성 물질인 PDMS를 친수성 물질로 개질하였다. 이미 산소 플라즈마를 이용한 것과 오존을 이용한 PDMS 표면 개질에 관한 논문이 발표되었는데, 레이저를 이용한 표면 개질은 간단한 레이저 빛의 조사만으로 표면을 개질할 수 있는 장점이 있다. 본 논문에서는 레이저를 이용하여 PDMS를 표면처리한 후에 접촉각 측정기를 이용해서 측정한 결과 접촉각 감소가 있었다. 표면에 산소 함유량이 증가한 것을 확인함으로써 친수성 물질로의 표면 개질됨을 확인할 수 있었다.

**Key Words :** PDMS, 표면개질, 친수성, Nd:YAG Laser, 접촉각

### 1. 서론

현재까지 다양한 폴리머들의 표면처리 하는 연구들이 많이 이루어져 오고 있다. 대부분의 폴리머 표면의 성질은 화학적인 반응이 없고, 소수성인 성질을 갖고 있기 때문에 응용하는데 어려움이 있다. 이런 폴리머의 표면을 개질하는 방법으로 화학적인 처리 방법과, 광화학적 반응에 의한 처리 방법이 있는데, 화학적인 처리 방법은 우리가 원하지 않는 표면 손상을 줄 수 있고, 정밀한 실험 환경이 필요하다는 단점이 있다. 이에 비해서 광화학적 반응을 이용한 레이저 표면 처리방법은 표면 손상이 적고, 대기중에서 간단한 레이저 빛의 조사만으로 표면을 개질할 수 있는 장점을 갖고 있다[1-3].

본 실험에서는 의약품, 절연재료, 유체소자 등으로 많이 응용되고 있는 PDMS(Polydimethylsiloxane)를 Nd:YAG( $\lambda=266$  nm, pulse) 레이저를 이용하여 표면처리를 시도하였다. 그림 1에 나와있는 PDMS 흡광도 스펙트라에 의하면 266 nm에서 낮은 흡수율을 보인다[4].

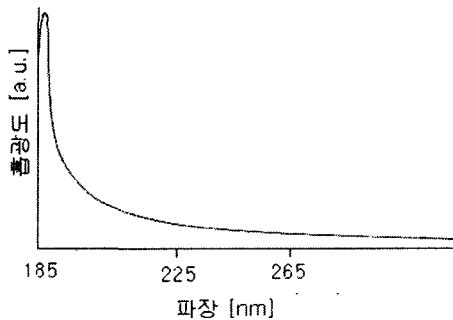


그림 1. 185-300 nm 범위에서 PDMS 흡광도 스펙트라

낮은 흡수율을 보임에도 표면 개질이 가능한 것은 잠복 현상(incubation)에 기인한 것으로 보고되어 있다[4].

동일한 PDMS 표면 지점에 에너지 양을 변화하면서 레이저 빔을 조사할 때, 에너지 변화에 따른 표면 입사 펄스 수와 식각률의 관계를 관찰하면 일정한 잠복 펄스 수 이후에 선형적으로 표면이 식각되는 것을 알 수 있다[4].

본 실험에서는 표면이 식각되지 않는 범위에서 PDMS 시료의 표면처리를 하였다. 레이저 출력과 스테이지의 이동속도를 변화시키면서 PDMS 표면에 레이저 빔을 조사하여, 표면 개질을 시도하였다.

### 2. 실험

본 실험은 4고조파 성분 Nd:YAG( $\lambda=266$  nm, pulse) 레이저를 이용하여 PDMS 표면처리를 시도하였다. 가로, 세로 1 cm 크기로 자른 PDMS 시료를 증류수 50 ml, 에탄올 50 ml 혼합용액에서 10분간 초음파 세척을 하였고, X-Y 축으로 0.1  $\mu$ m의 정밀도로 이동 가능한 스테이지 컨트롤러 위에 올려놓고 표면처리 하였다. 그림 2는 실험 장치의 개략도이다.

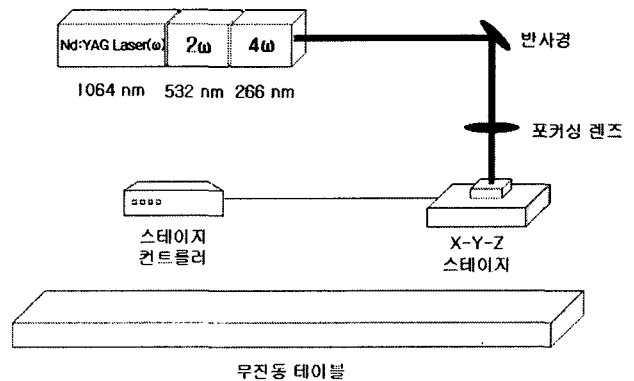


그림 2. 레이저 표면처리 장치의 개략도

레이저 빔을 반사경을 이용해서 빔 경로를 스테이지 쪽으로 바꾸어주고, 렌즈를 이용해서 defocusing 시킨 후, 스테이지를 수평방향으로 이동시키면서 PDMS 시료의 표면 처리를 시도하였다. 이때, 레이저의 출력과 스테이지의 이동속도를 변경하면서, PDMS 시료의 표면 접촉각 변화를 관찰하였다. 모든 실험 장치는 무진동 테이블 위에 구성하였다.

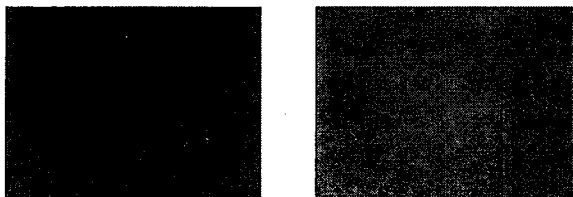
### 3. 결과 및 고찰

표 1은 표면처리 전과 후의 표면 접촉각 변화를 나타낸다. 표1에서와 같이 레이저 표면 처리 후에 접촉각이 감소하여 표면 개질되는 것을 확인하였다. 이때, 표면이 식각되지 않는 범위 안에서 최대의 접촉각 변화를 주기 위하여 레이저 출력과 스테이지 이동속도를 변화시켜 주면서 표면을 관찰하였는데, 레이저 출력 0.65 W, 스테이지 이동속도 400  $\mu\text{m/s}$ 에서 최적의 값을 찾을 수 있었다.

표1. Nd:YAG( $\lambda=266\text{ nm}$ , pulse) 레이저에 의한 PDMS 표면처리 전과 후의 접촉각(레이저 출력 0.65 W, 스테이지 이동속도 400  $\mu\text{m/s}$ )

	접촉각
표면처리 전	115-120° ( $\pm 1^\circ$ )
표면처리 후	96-105° ( $\pm 1^\circ$ )

그림 3은 레이저 표면처리 전과 후를 광학 현미경 ( $\times 50$ )으로 측정한 표면 형상이다. 그림 3의 (a)와 (b)를 비교해보면, 표면처리 후의 표면 형상에서 레이저 빔의 열에 의해서 부분적으로 약한 탄화가 발생된 것을 볼 수 있었다.



(a) 표면처리 전 (b) 표면처리 후

그림 3. Nd:YAG( $\lambda=266\text{ nm}$ , pulse) 레이저를 이용한 PDMS 시료 표면처리 전과 후의 표면관찰(레이저 출력 0.65 W, 스테이지 이동속도 400  $\mu\text{m/s}$ )

그림 4에서 보듯이 스테이지 이동속도를 350  $\mu\text{m/s}$ 로 낮추어서 표면에 조사되는 레이저 빔의 양을 증가시켰을 때, 표면이 식각되는 것을 관찰할 수 있었다. 표 2에서와 같이, 스테이지 이동속도가 350  $\mu\text{m/s}$ 일 때 표면 접촉각을 측정된 결과 스테이지 이동속도가 400  $\mu\text{m/s}$ 일 때와 비슷한 값이 나왔다. 이 결과로써 잠복현상(incubation)을 고려하여 표면의 손상을 최소화하는 문턱 에너지 값을 가지고 표면에 레이저 빔을 조사하여, 표면을 개질할 수 있는 것을 알 수 있었다.

표 2. Nd:YAG( $\lambda=266\text{ nm}$ , pulse) 레이저에 의한 PDMS 표면처리 전과 후의 접촉각(레이저 출력 0.65 W, 스테이지 이동속도 350  $\mu\text{m/s}$ )

	접촉각
표면처리 전	115-120° ( $\pm 1^\circ$ )
표면처리 후	95-104° ( $\pm 1^\circ$ )

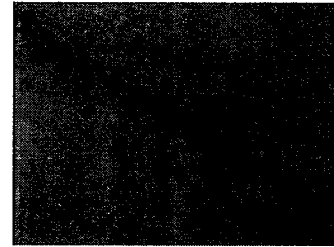


그림 4. Nd:YAG( $\lambda=266\text{ nm}$ , pulse) 레이저를 이용한 PDMS 시료 표면처리 전과 후의 표면관찰(레이저 출력 0.65 W, 스테이지 이동속도 350  $\mu\text{m/s}$ )

### 4. 결론

4고조파 성분 Nd:YAG( $\lambda=266\text{ nm}$ , pulse) 레이저를 이용하여 PDMS 표면처리를 시도하였다. PDMS 표면이 식각되지 않는 범위에서 표면 개질을 하기 위해서 레이저 출력과 스테이지 이동속도를 변화시키면서 표면처리를 시도하였다. 레이저 출력 0.65 W, 스테이지 이동속도 400  $\mu\text{m/s}$ 인 적정 조건을 구할 수 있었고, 표면처리 후에 접촉각 측정된 결과 8.7-20.0 %의 접촉각 감소가 일어나는 것을 확인할 수 있었다.

### 참고 문헌

- [1] Murat Ozdemir, Hasan Sadikoglu, "A new and emerging technology: Laser-induced surface modification of polymers", Trends in Food Science & Technology, Vol 9, pp. 159-167, 1998.
- [2] Dong-Young Kim, Cheon Lee, "Laser Surface Modification of Silicon for Improvement of Wettability", Inha University, 2004.
- [3] P. Laurens, M. Ould Bouali, F. Meducin, B. Sadras, "Characterization of polymer surfaces after excimer laser treatments below the ablation threshold, Applied Surface Science, Vol. 154-155, pp. 211-216, 2000.
- [4] Vera-Maria Graubver, Rainer Jordan, Oskar Nuyken, Thomas Lippert, Marc Hauer, Bernhard Schnyder, Alexander Wokaun, "Incubation and ablation behavior of poly(dimethylsiloxane) for 266 nm irradiation", Applied Surface Science Vol. 8110, pp. 1-5, 2002.