

펄초 레이저를 이용한 세포 포집 소자 제작 Micromachining of Cell Trapping Device using Femto-second Laser

*박현애¹, *김광열¹, 구형석¹, 이준기¹, 최병덕¹, 최해운², 조성학³
*H. A. Park¹, *K. R. Kim(drkkim@skku.edu)¹, H. S. Kuh¹, J. K. Lee¹, B. D. Choi¹, H.W. Choi², S.H. Cho³
¹성균관대학교 정보통신공학부, ²계명대학교 기계자동차공학부, ³한국 기계연구원

Key words : Cell Trapping Device, Embryonic Stem Cells, Femto-second laser

1. 서론

세포 포집 장치(Cell Trapping Device)는 다양한 종류의 세포 조작을 위한 도구로서 연구되고 있고, 고정밀화, 소형화 추세가 가속되면서 정확하고 미세한 세포 포집 기술 개발이 중요한 현안으로 떠오르고 있다. 하지만 아직까지 연구되고 있는 기술은 포집 가능한 세포의 종류와 수가 한정적이다.¹⁾²⁾ 효율성을 높이기 위해서 신뢰할만한 데이터가 요구된다. 다양한 세포의 종류와 크기를 고려하여 정확하게 포집하기 위한 기술로서 펄초 레이저를 사용한 연구가 계획되고 있고, 이는 쉽게 수백, 수천 개의 세포를 다룰 수 있어 안정적이고 신뢰도 높은 세포 포집 장치를 실현시킬 수 있다. 본 논문에서는 CNC공작기계를 사용하여 Polycarbonate기판에 유로를 제작하고 펄초 레이저를 이용한 멤브레인 가공을 통하여 마이크로 세포 포집 장치를 제작하여 레이저의 가공 조건을 정리함으로써 드릴링 방법을 고안하였다.

2. 세포 포집 소자 제작

CNC 공작기계(CNC Engraving Machine)를 사용하여 Polycarbonate 기판에 진공 포획 부분을 제작하였다. CNC 공작기계의 레이저를 사용하여 가공하면 공구와 Polycarbonate 표면의 비접촉으로 인해서 공구 마모에 의한 정밀도 저하를 줄이고 진동과 열에 의한 손상을 줄일 수 있다는 장점이 있다.¹⁾

이동속도 300mm/min, 15000rpm의 조건으로 제작한 기판의 일부 유로 모습은 Fig.1과 같다. SEM 사진 중 외각에 위치한 원은 현미경의 최대 범위를 나타내었고 원 안에 부분은 유로를 제작한 Polycarbonate기판의 SEM사진이다.

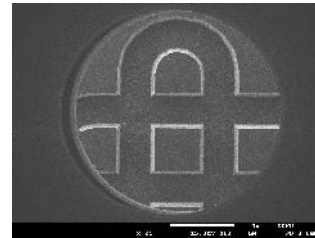


Fig.1 Processed fluidic channel model on the Polycarbonate surface using CNC Engraving Machine

이러한 구조는 진공을 줄 때 가해지는 불필요한 압력을 최소화하기 위해 고안되었다. 질삭 부분의 폭은 약50 μ m이고 중심과 중심 사이의 거리는 약130 μ m이다. 진공의 최적 조건을 만들기 위해 유로 주변에 원형의 유로를 따로 제작하고 멤브레인이 녹지 않는 미국의 Permatex 사의 Perma oxy 에폭시 접착제를 사용하여 본딩하였다. 주체와 경화제를 사용 전에 잘 섞어서 사용하는데 일단 두 물질이 섞이면 빨리 굳기 때문에 폭이 좁은 유로 사이로 접착제를 도포하기 위해서 묽은 상태일 때 사용해야 한다. 레이저 드릴링을 하기 위한 재료로 직경 13mm의 멤브레인을 사용하는데, 그 두께는 젤라틴 코팅을 한 부분의 2 μ m를 포함하여 총 12 μ m의 Polycarbonate 소재의 물질로서 매우 얇기 때문에 필터로 사용되기도 한다.¹⁾ 멤브레인 드릴링을 위한 레이저는 Spectra-Physics 사의 Solstice 모델로서, 같은 회사의 Field-proven Mai Tai femtosecond oscillator와 Empower diode-pumped solid state pulsed green laser로 구성되어 있으며, Pulse 폭이 10^{-15} 초 범위 내로 매우 짧은 펄초 레이저를 사용하였고 사용된 사양은 Table 1에서 확인할 수 있다. 펄스의 폭이 짧을수록 열 영향이 작아져서 깨끗한 가공면을 얻을 수 있고 구조 변형을 일으키지 않는다.⁴⁾ Fig.2는 멤브레인에 드릴링을 하기 위해 사용한 펄초 레이저의 광학계 Block Diagram이다.³⁾

Table 1 Femtosecond laser specification

Laser source	Ti:sapphire
Wavelength(nm)	795
Pulse energy(mJ/kHz)	0.7
Pulse duration(fs)	100
Beam diameter(um)	3
Beam quality	<1.25
Beam mode	TEM ₀₀ ($M^2 < 1.3$)

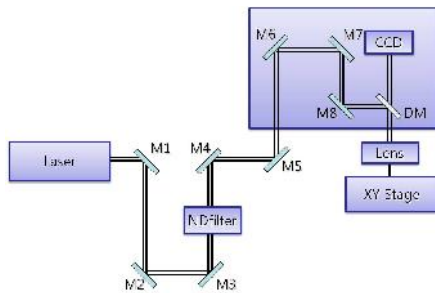


Fig.2 Femto-second Laser Optical set-up block diagram

홀의 직경을 $3\mu\text{m}$ 가 되도록 초점 거리 설치 후 파워를 조절하면서 홀의 모양과 손상 정도, 표면 직경을 관찰하여 가장 일정한 모양의 홀을 제작하였다. 표면에 초점을 맞추고 제작한 홀의 조건으로 가장 깨끗한 표면 모양을 만들 수 있었고 그 후 Polycarbonate 기판에 본딩 된 멤브레인에 5×5 행렬 사이즈로 홀 가공한 모습을 Fig.3 (a)에서 확인할 수 있다. 멤브레인 코팅 부분 홀 직경은 약 $3\mu\text{m}$ 이고 멤브레인 하판의 홀 직경은 약 $1.5\mu\text{m}$ 정도로 위 아래 약간의 차이가 발생하였다. 홀 중심 간의 거리는 약 $50\mu\text{m}$ 이다. Fig.3 (b)는 홀 조건을 갖추기 위해 가공한 샘플 중에서 결과 모양이 좋은 사진을 나타내었다. Fig.4는 가장 적합한 모양의 결과 값이 나온 조건으로 기판위에 멤브레인을 부착한 채 10×10 사이즈의 홀을 제작한 샘플의 SEM 사진이다. 유로 교차지점에 세포 포집 구간을 가공하였다.

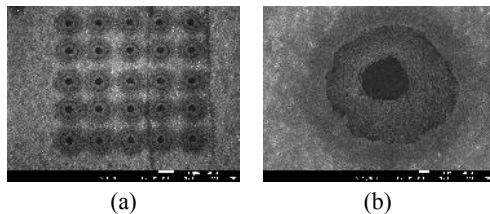


Fig.3 (a)Laser drilling hole sized 5×5 , (b)SEM photo of processed sample

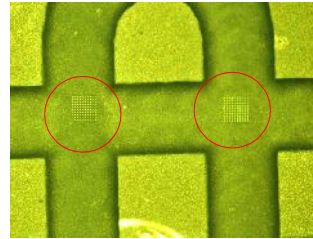


Fig.4 Membrane processing photos of cell trapping devices

3. 결론

홀 표면 손상을 최소화하기 위해 Solstice 펄초 레이저의 펄스폭을 100fs으로 하고 반복률 5kHz, 펄스 에너지 0.7mJ/1kHz 조건에서 실험하였다. 가공조건은 output power가 6mW, 펄스 에너지 1.2uJ의 조건에서 objective lens 50배를 사용하여 레이저 빔의 duration time을 1초로 하여 가공하였다. 그 결과 비교적 열변형이 적고 미세하고 정확한 가공이 적합하다는 것을 알게 되었고 홀 표면이 매끈하게 가공된 것을 볼 수 있었다. 하지만 세포의 크기를 고려한 가공에 있어서 홀 크기의 차이를 줄이는 해결책을 찾는 연구가 필요하다. 펄초 레이저 기술 연구가 세포 포집 기술의 해결책을 찾는 데 가치 있는 도움을 줄 것이라고 생각한다.

후기

본 연구는 지식경제부 지원, 산업원천기술개발 사업에 의하여 수행된 과제임(100133701).

참고문헌

1. 유종기, 이춘우, 최해운, "하이브리드 방식 (CNC+Laser)을 이용한 폴리머용접공정", Journal of KWJS, Vol.28, June, 2010.
2. Robert M. Johann, "Cell trapping in microfluidic chips", Anal Bioanal Chem, 385: 408-412, 2006.
3. Kwang-Ryul Kim, Jae-Hoon Kim, Dave F. Farson, Hae-Woon Choi, Kwing-Ho Kim, "Hybrid Laser Cutting for Flat Panel Display Glass", Japanese Journal of Applied Physics, Vol.47, 2008.
4. 김광열, "펄초 레이저를 이용한 평판 디스플레이 유리기판 절단 연구", Kor. J. Mater.Res, Vol. 18, No.5, 2008