

PDMS Micro Capillary Electrophoresis chip의 제조

유정하, 김종성*
 경원대학교 화학공학과
 (jskim@kyungwon.ac.kr*)

Fabrication of PDMS-based Micro Capillary Electrophoresis chip

Jeong Ha Yoo, Jong Sung Kim*
 Department of Chemical and Biological Engineering, Kyungwon University
 (jskim@kyungwon.ac.kr*)

서론

미세 모세관 전기이동(Micro Capillary Electrophoresis) 장치는 1990년대에 들어 여러 연구 그룹들이 Lab on a chip을 실현하기 위해서 GC와 같은 기체상 분리방법보다 액체상의 분리방법이 유리하다는데 인식을 같이 하였고, 이러한 생각은 Manz 와 Harrison 등이 모세관 전기이동의 원리를 이용하여 개발하였다[1][2]. 이후 Bio-MEMS에 관한 연구가 활발히 진행되었고, PDMS, PMMA, PC 등의 폴리머가 실리콘 등의 다른 소재보다 제작이 용이하고, 비용이 저렴하며, 광 투과성이 좋아 검출이 용이할 뿐만 아니라 생체적합한 성질을 지니고 있어 플라스틱 마이크로머시닝에 대한 관심과 개발이 고조되었다. 이런 폴리머 소재를 이용하여 가공하는 기법에는 REM(REPLICA Molding), μ TM(Micro Transfer Molding), MIMIC(Micro Molding In Capillaries), Hot embossing, Casting 등의 방식이 있다 [3]. 본 연구에서는 음성 감광제를 사용하여 포토 공정을 통해 미세 채널 몰드를 제작하였고, PDMS를 casting한 후 열경화시켜 DNA의 전기 영동이 가능한 micro capillary electrophoresis 칩을 제작하였다.

실험

마스크 제작

상용 프로그램을 사용하여 그림 1과 같은 MCE 패턴을 설계하였다. 분리채널의 길이는 4cm, 폭은 800 μ m로 하였고, DNA의 주입 채널의 길이는 5mm, well의 지름은 1 mm로 설계하였다. 설계된 패턴을 투명 플라스틱 필름에 전사한 후, 이를 광학 유리에 부착하여 마스크로 사용하였다. 채널의 깊이는 감광제의 두께로 조절하였는데, 약 50 μ m 정도가 되도록 조절하였다. 주입채널과 분리채널이 십자로 교차한 구조로 5개의 동일한 칩을 한 장의 웨이퍼상에서 구현되도록 설계하였다.

몰드의 제작

실리콘 웨이퍼 상에 상기 마스크를 이용하여 감광제(SU-8) 몰드를 제작하였다[4]. Buffered Oxide Etch (BOE) 용액으로 실리콘 웨이퍼를 세척한 후 고점도용 피펫을 사용하여 4mL의 SU-8을 웨이퍼상에 도포한 뒤, 회전속도를 2 단계로 나누어 스핀코팅을 실시하여 두께가

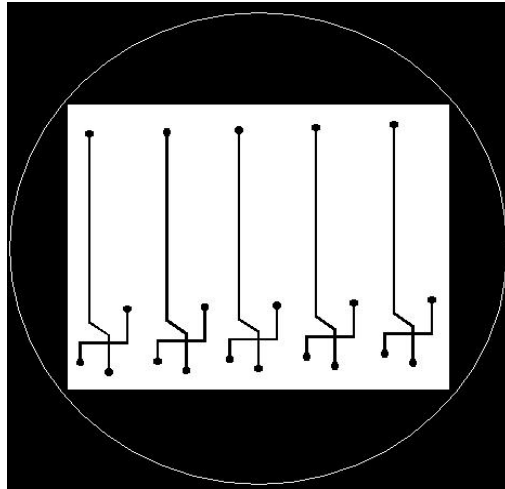


그림. 1 MCE chip의 마스크 패턴

uniform 한 SU-8 도막을 얻을 수 있었다. 소프트 베이크는 핫플레이트에서 65°C에서 5분간 유지한 뒤 천천히 올라가며 95°C에서 20분간 유지하였다. SU-8은 에폭시 계열의 네가티브 감광막으로서 열 변화에 의한 스트레스가 심한 물질이다. 따라서 급작스러운 열적 변화를 줄이기 위해 핫플레이트의 전원을 끄고 감광막이 도포된 기판과 함께 상온까지 서서히 냉각 시켰다. 제작된 마스크와 얼라이너(EV group)를 사용하여 노광공정을 실시하였다. 노광 공정 역시 열적 스트레스를 줄이기 위해 868 mJ/m²의 광량으로 14초씩 두 번으로 나누어 실시하였다. 이후 65°C에서 2분간 유지 후 천천히 온도를 높여 95°C에서 5분간 유지시켜 post exposure bake(PEB)를 실시한 후 상온으로 서서히 냉각시켰다. Propylene glycol methyl ether acetate로 5분간 감광막을 현상한 후 IPA와 DI water로 세척 후 150 °C에서 약 20분간 hard bake를 실시하여 SU-8 몰드를 제작하였다. 그림2는 제작된 SU-8의 몰드를 보여준다.



그림 2. SU-8 몰드

PDMS칩 제작

그림 3은 칩 제작 공정 플로우를 보여준다. PDMS oligomer 액상 혼합물을 진공 챔버에서 degas 시킨 후 이를 SU-8 몰드 위에 도포하여 스핀코팅하고 핫플레이트로 70°C에서 45분동안 열경화하여 고형화시키고 이를 몰드로부터 탈착시켜 1mm두께의 상판을 제작하였다. PDMS 하판도 같은 방법으로 제작하였고, 채널이 형성된 PDMS 면과 함께 RIE(Reactive Ion Etcher)를 사용하여 플라즈마로 표면 처리 한 후 접합시켰다[5][6]. 이때 Mworking pressure는 40 mtorr였고 50 W의 power와 40 sccm의 산소를 흘려주었다. 접합 후 상판의 well 부위에 구멍을 뚫고 커팅하여 PDMS CE 칩을 완성시켰다. 그림 4는 제작된 PDMS 칩 사진 및 단면 구조를 보여준다.

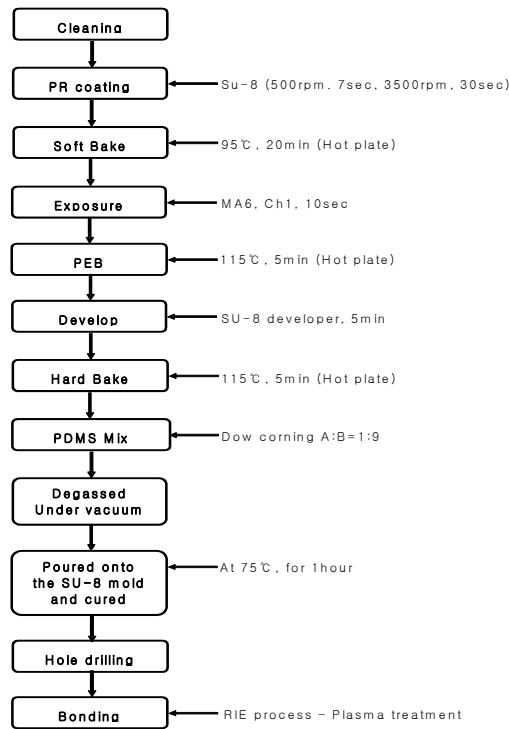


그림 3. PDMS 칩 제작 공정도

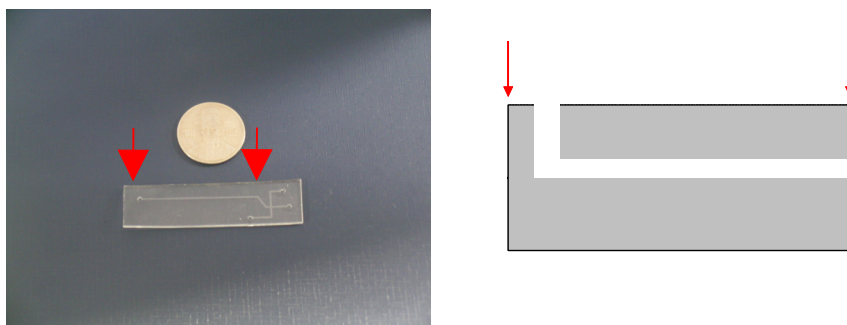


그림 4. 제작된 PDMS MCE 칩과 그 단면도

결론

포토공정을 통해 negative 감광제로 주형을 만들고, 이로부터 미세채널이 있는 PDMS 칩을 제작하였다. 제작된 칩은 주입부, 미세채널, 배출부 등으로 구성되어 있으며, Human genomic DNA(p53)의 MPCR product를 미세 채널을 통해 분리하여 이들을 확인 할 수 있었다. 이때 UV 빛을 광원으로 사용하였고, intercalating dye를 분리 채널에 주입하여 반사되는 형광의 intensity로 분리 정도를 확인할 수 있었다.

참고문헌

- [1] D.J.Harrison, A. Manx, Z.Fan, H. Lu and H.M. Widmer, Anal.Chem, 64, 1926(1992)
- [2] Kurt Seiler, D.J. Harrison and A. Manz, Anal. Chem, 65, 1481(1993)
- [3] Marc Madou, Fundamentals of MICROFABRICATION, CRC PRESS
- [4] J, Zhang, K. L. Tan, H. Q. Gong, Characterization on the Polymerization of SU-8 photoresist and its applications in micro-electro-mechanical systems(MEMS), Polymer Testing 20 (2001) 693-701
- [5] M.J. Owen and P. J. Smith, Plasma treatment of polydimethylsiloxane, Polymer Surface Modification : Relevance to Adhesion, 3-15, K. L. Mittal(Ed) (1995)
- [6] M. Morra, E. Occhiello, R. Marola, F. Garbassi, P. Humphrey and D. Johnson, On the aging of oxygen plasma-treated polydimethylsiloxane surfaces, J. of colloid and Interface Sci., vol. 137(1), 11-24 (1990)

감사의 글

이 논문은 경원대학교 신소재응용연구센터 (KRRC)의 지원을 받아 수행되었다.