

Cyclic Olefin Copolymer 를 이용한 공진반사광 바이오 칩의 사출 성형에 관한 연구

Injection molding of Guided Mode Resonance Bio chip using Cyclic Olefin Copolymer

*진종철¹, 조익현¹, 최성우¹, #강신일²

*J. C. Jin¹, I. H. Cho¹, S. W. Choi¹, #S. Kang(snlkang@yonsei.ac.kr)²

¹연세대학교 대학원 기계공학과, ²연세대학교 기계공학부

Key words : Bio chip, Nano grating structure, Injection molding, Metallic nano stamp

1. 서론

바이오 칩 (Bio chip)은 환자의 질병을 신속하게 진단할 수 있는 검지 시스템으로써 바이오 칩이 의료 분야에서 차지하는 비중이 점차 증가하고 있다. 최근에는 바이오 마커 (Bio marker)에 대한 연구가 상당부분 진행됨에 따라 당뇨병 이외의 다양한 질병에 대해서도 그 이용 범위가 확대되면서, 미세 생체물질에 대해서도 검지가 가능한 높은 감도를 지닌 바이오 칩 제작이 요구되고 있다. 공진 반사광 (Guided mode resonance) 바이오 칩은 비표지식 바이오 칩으로서 나노 그레이팅 영역에서의 공진 현상에 의해 생성되는 샤프한 피크 값을 이용하여 생체물질 반응 여부를 판단하므로 높은 감도를 지닌 바이오센서로서 그 활용도가 급증할 것으로 기대된다. 일반적인 바이오 칩과 마찬가지로 공진 반사광 바이오 칩 역시 측정의 용이성, 진단의 신뢰성 확보 및 감염에 대한 문제 등을 고려하여 일회용 칩 형태로 제작된다. 따라서 바이오 칩의 상용화를 위해서는 바이오 칩의 저가 양산 기술의 개발이 필수적이다.[1,2] 그리하여 우수한 플라스틱 부품 양산 공정인 사출 성형을 이용한 바이오 칩 제작에 대한 연구가 진행되고 있다.[3]

본 연구에서는 이러한 사출 성형 공정을 이용하여 COC (Cyclic Olefin Copolymer) 물질을 사용하여 나노 그레이팅 구조를 가지는 바이오 칩을 제작하였다. COC 사출 성형을 위해 금속 스탬프를 제작하였고, 제작된 스탬프를 이용하여 사출 성형을 진행하였다. 사출 성형으로 제작된 COC 바이오 칩 성능을 평가하기 위하여 피크 파장 발생 실험을 진행하였다.

2. 금속 스탬프 제작

나노 그레이팅 구조를 가지는 공진 반사광 바이오 칩을 사출 성형으로 복제하기 위해서는 금속 스탬프의 제작이 요구된다. 금속 스탬프 제작을 위해 전주 공정을 진행하였고, 사출 성형 공정 시 요구되는 내구성을 확보하기 위하여 34 × 34 mm의 크기와 1 mm 두께를 가지는 금속 스탬프 (Metallic nano stamp)를 제작하였다. Fig. 1에서 보는 바와 같이 금속 스탬프를 제작 하기 위해 전자빔 리소그래피 (E-beam lithography)공정을 통하여 나노 그레이팅 구조를 가지는 석영 (Quartz) 마스터를 제작 하였다. 제작된 석영 마스터 위에 포토폴리머를 스핀 코팅하였고, 자외선 나노임프린팅 (UV nano imprinting)공정을 통하여 폴리머 마스터 (Polymeric nano master)를 제작하였다. 이후 전주공정을 진행하기 위하여 전도층을 폴리머 마스터에 증착하였고, 이때 전도층은 기계적 내구성 및 열적 안정성이 우수한 Nickel을 사용하였다. Sputter를 이용하여 실리콘 마스터 위에 금속 전도층을 도포한 후 전주 공정을 진행하였다. 전주 공정을 통하여 제작된 금속 스탬프는 Fig. 2에서 보는 바와 같이 SEM (Scanning electron microscope) 과 AFM (Atomic force microscope)을 통하여 Pitch 538nm, Height 168nm임을 측정하였다

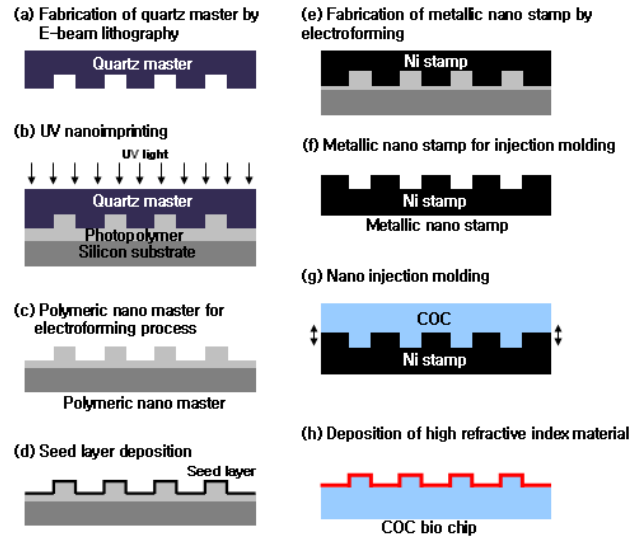


Fig. 1 Fabrication process of COC GMR bio chip

3. 사출 성형 공정

제작된 금속 스탬프와 사출 성형 장비 (HMW025S-10T, Korea Hydraulic Machinery)를 이용하여 나노 그레이팅 구조를 가지는 COC 물질의 공진 반사광 바이오 칩을 사출 성형하였다. COC의 분자 구조는 Fig. 3과 같으며 사이클릭 올레핀 및 선형 올레핀에 기초한 비결정성 투명수지이다. COC는 독성이 거의 없는 에틸렌과 환형 올레핀을 원료를 사용하여 제조되기 때문에 환경 문제를 차단할 수 있다. 또한 고투명성과 성형 후 낮은 복굴절 등의 우수한 광학적 특성과 무독성 및 혈액친화성 등의 생체 적합한 특성을 가지고 있어 바이오 칩의 제작에 많이 적용되고 있다.[4]

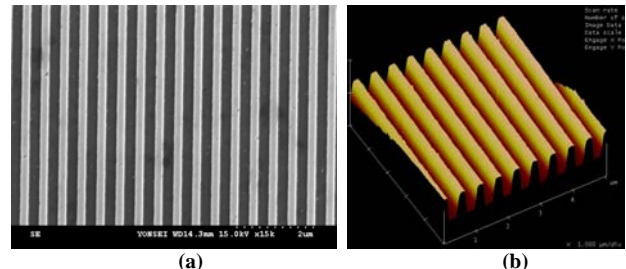


Fig. 2 (a) SEM image of the metallic stamp and (b) 3-D image of the metallic stamp by AFM.

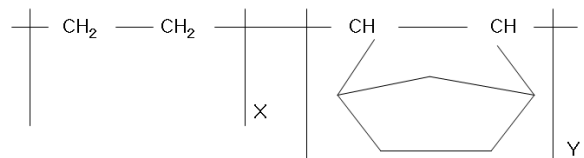


Fig. 3 The cyclic olefin copolymer molecular structure

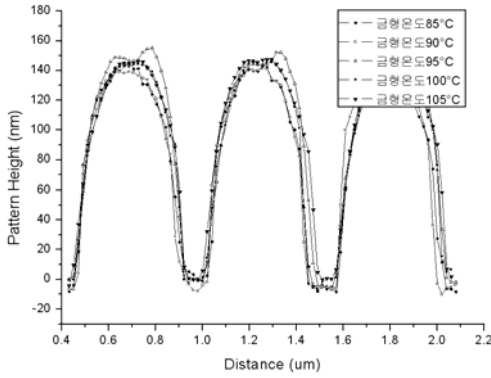


Fig. 4 Comparison of surface profiles of injection molded nano-grating fabricated at different temperatures measured by AFM

Table. 1 Property of COC and PMMA

	COC	PMMA
Total light transmittivity(%)	91	93
Refractive index	1.53	1.49
glass transition temperature(°C)	138	100
Heat distortion temperature(°C)	130	90

Table. 1 은 COC 와 PMMA 의 특성을 보여주고 있다. 기존의 바이오 칩 제작에 사용되었던 물질인 PMMA 와 비교하여 COC 는 유사한 광학적 특성을 가지면서 높은 유리전이 온도 (glass transition temperature) 와 열 변형 온도 (heat distortion temperature) 및 내화학성의 특성을 가지고 있기 때문에 바이오 칩 제작에서 더 강점을 가지고 있다.

사출 성형 공정은 금형 온도를 변화 시키면서 진행 하였다. 금형 온도를 높이면 수지의 유동성이 좋아지기 때문에 패턴의 전사성이 증가한다. 하지만 금형 온도가 너무 높으면 그에 따른 냉각 시간이 증가 하게 되어 수율이 떨어지는 문제점이 발생한다. 따라서 적절한 금형 온도의 선정이 중요하다. 본 실험에서는 금형 온도를 95 °C 에서부터 105 °C 까지 5 °C 단위로 변화시키면서 실험을 진행하였다.

Fig. 4 는 사출 압력 1080 kgf/cm² 에서 금형 온도를 변화 시킨 후 사출 성형한 COC 바이오 칩을 AFM 으로 측정 한 결과이다. 금형 온도 95 °C 이상에서부터는 온도에 따른 패턴의 전사성에 큰 차이가 없었고 때문에 냉각 시간이 가장 짧은 금형 온도 95 °C 를 공정 조건으로 사출 성형을 진행 하였다. 사출 압력 1080 kgf/cm² 및 금형 온도 95 °C 의 공정 조건에서 사출 성형한 바이오 칩을 Fig. 5 에서 확인 할 수 있었고, 제작된 나노 그레이팅 구조의 평균적인 피치와 높이는 각각 558 nm, 152 nm 이었다.

4. 신호 측정 결과

사출 성형으로 복제된 나노 그레이팅 구조를 가지는 바이오 칩의 성능 평가를 위해서 피크 파장 생성을 측정하였다. 공진 반사 현상에 의한 투과율과 반사율의 좁은 피크를 생성하여 발생된 피크의 파장을 측정하였다. 피크 파장의 측정을 위해서는 고굴절 물질이 복제된 나노 그레이팅 구조 위에 증착 되어야 한다. PECVD (Plasma enhanced chemical vapor deposition, Plasma Therm 790 series) 공정을 이용하여 고굴절 물질인 SiN_x 를 80 °C 온도, 900 mTorr 압력과 증착 속도 11 nm/min 로 증착하였다. 고굴절 층의 증착 두께는 시뮬레이션 결과를 토대로 115 nm 로 증착 하였으며, 피크 파장 측정은 TM (Transverse Magnetic) 편광에 대해 측정하였다. Fig. 6 는 피크 파장 발생 측정 결과이다. 피크 파장은 797.6 nm 에서 발생하였고, FWHM (the full-width at half maximum)가 6.9 nm 임을 확인 할 수 있었다. 이를 토대로

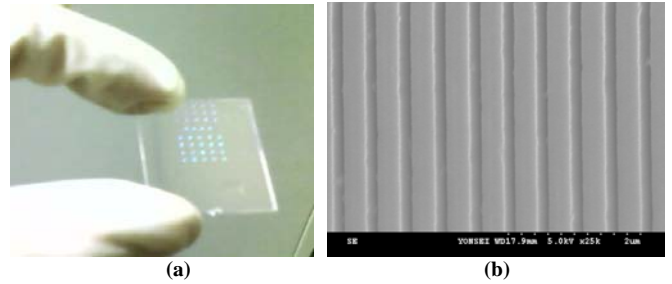


Fig. 5 (a) Picture of COC Bio chip fabricated by injection molding (b) SEM image of injection molded COC bio chip

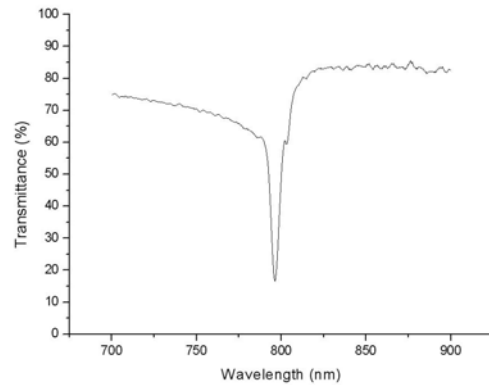


Fig. 6 PWV measurement of the injection molded COC bio chip by white light and spectrometer system

COC 사출 성형된 공진 반사광 바이오 칩의 성능을 평가 할 수 있었다.

5. 결론

본 연구에서는 나노 그레이팅 구조를 가지는 공진 반사광 바이오 칩을 사출 성형에 관한 연구를 진행하였다. 기존의 PMMA 물질과 유사한 광학적 특성을 지니면서 보다 생체 적합한 특성을 가지고 있는 COC 물질을 사용하여 사출 성형을 진행하였다. 사출 성형 품을 실제로 측정하여 나노 그레이팅 구조가 사출 성형을 통해 전사 되었음을 확인하였고, 이후 고굴절 층을 증착 시켜 피크 파장 측정 실험을 진행하여 실제 바이오 칩으로서의 역할을 확인하였다.

후기

본 연구는 과학기술부가 주관하는 21 세기 프론티어연구 개발사업의 일환인 나노메카트로닉스기술 개발사업단의 연구비 지원(M102KN010005-08K1401-00510)에 의해 수행되었습니다.

참고문헌

1. Cunningham B, Li P, Lin B, Pepper J, "Colorimetric resonant reflection as a direct biochemical assay technique," Sensors and Actuators B: Chemical, Volume 81, Number 2, 316-328, 2002
2. J. Hong, K.H. Kim, J.H. Shin, C. Huh, G.Y. Sung, "Prediction of the limit of detection of an optical resonant reflection biosensor," Opt. Express, vol. 5, 8972-8978, 2007
3. E. Cho, B. Kim, S. Choi, J. Han, J. Jin, J. Han, J. Lim, Y. Heo, S. Kim, G. Y. Sung, and S. Kang, "Design and Fabrication of Label-free Biochip using a Guided Mode Resonance Filter with Nano Grating Structures by Injection Molding Process," NANO KOREA, PNB060, 2009.
4. Y.W. Loke, S.B. Tor, J.H. Chun, N.H. Loh, D.E. Hardt, "Micro Injection-Molding of Cyclic Olefin Copolymer Using Metallic Glass Insert," Manufacturing Systems and Technology, 2007