

나노임프린트용 스탬프의 SAM 수명주기 향상 연구

A Study on SAM Lifetime Improvement of Stamp for Nanoimprint

*이문재¹, #정명영¹, 오지인¹, 조천수²

*M. J. Lee¹, #M. Y. Jeong(myjeong@pusan.ac.kr)¹, J.I.Oh¹, C.S.Cho²
¹부산대학교 인지메카트로닉스공학과, ²부산대학교 지능기계시스템공학과

Key words : Demolding, SAM(Self Assembled Monolayers), Nanoimprint

1. 서론

나노임프린트 기법은 나노/마이크로 크기의 패턴이 각인된 금형을 이용하여 고분자에 금형의 구조를 복제하는 기법으로, 금형과 고분자가 직접 물리적인 접촉을 하기 때문에 이형(demolding) 시 금형과 고분자의 패턴에 손상 및 결함이 생기는 문제가 발생한다. 이를 해결하기 위한 기술 중 금형의 표면처리를 통한 이형특성 향상법으로 플라즈마 반응법, diamond like carbon(DLC) 코팅법, 자기조립단분자막(Self Assembled Monolayers, SAM) 코팅법 등이 있으며, 그 중 증기타입의 SAM 코팅법은 나노 크기의 패턴 코팅에 효과적이다. 하지만 SAM 코팅은 뛰어난 효과에 비해 지속성이 매우 낮은 문제점을 가지고 있으며, 이에 대한 연구가 진행되고 있으나 정량적인 분석 연구는 아직 초기 단계이다.^{1, 2, 3}

본 연구는 자기조립단분자막의 수명 향상을 목적으로 현재 기술 수준에서 SAM 코팅된 나노임프린트 스탬프의 정량적 수명 분석 및 최적 코팅 조건을 도출하기 위한 실험을 수행하였다.

2. 스탬프 SAM 코팅

실험은 Aldrich사의 Trichloro(1H, 1H, 2H, 2H-perfluorooctyl)silane, 97% SAM 용액을 사용하여 수행하였으며, 금형의 표면처리는 자체제작한 장치를 이용하였다. 사진 실험 결과를 통해 자기조립단분자막 형성을 위한 공정 변수로 진공 챔버의 온도와 진공 챔버 내로 투입되는 SAM의 양으로 선정하였으며, 챔버의 온도는 장치의 제어판을 통해서 조절하였고 SAM의 양은 챔버 내부와 외부의 압력 차를 이용하여 제어하였다.

진공 챔버의 초기 압력 10⁻³Torr, SAM 코팅 압력 0.1Torr와 1.0Torr, 챔버 온도 50℃와 100℃의 조건에 따른 SAM 코팅된 스탬프 ①, ②, ③, ④를

제작하였으며, table 1에 공정 조건을 표로 나타내었다.

Table 1 The fabrication condition of stamp

Chamber Initial Pressure: 10 ⁻³ Torr		Chamber Pressure	
		0.1 Torr	1.0 Torr
Chamber Temperature	50℃	①	②
	100℃	③	④

3. 실험 및 결과

제작한 시료들을 이용하여 PMMA 시트에 thermal 임프린트를 수행하였으며 각 스탬프에 대하여 5회의 임프린트마다 표면접촉각(surface contact angle)을 측정하였다. 먼저 기준이 되는 접촉각의 크기는 90°로 설정하였는데, 그 이유는 금형이 이형 특성을 가지기 위해서는 그 표면이 소수성이 되어 표면에너지가 낮아져야 하는데 친수성과 소수성을 나누는 기준이 되는 각도가 90°이기 때문이다.⁴ 각 시료가 기준접촉각인 90°에 도달하기까지 필요한 임프린트 횟수가 SAM 코팅의 수명이라 할 수 있으며, Fig. 1에 각 스탬프에 대한 임프린트 횟수에 따른 접촉각의 크기 변화를 그래프로 나타내었다.

Fig. 1(a)는 스탬프 ①의 그래프로 접촉각이 기준점에 도달하기까지의 임프린트 횟수는 18회였고, Fig. 1(b)는 스탬프 ②의 그래프로 임프린트 횟수 24회일 때 기준점에 도달하였다. Fig. 1(c)는 스탬프 ③의 그래프이며 임프린트 횟수 31회일 때, Fig. 1(d)는 스탬프 ④의 그래프로 임프린트 횟수 35회일 때 각각 기준점에 도달하였다. 각 스탬프의 수명에 차이가 나는 이유는 챔버의 온도가 높을수록 증기화 된 SAM 용액이 응축되지 않고 균일하게 스탬프에 증착되고, 초기 압력과 코팅 압력의 차이

가 클수록 투입되는 SAM의 양이 많아져 고밀도로 코팅이 되기 때문이다.

실험 결과 값을 6σ 기법에 적용하여 주효과 분석 및 교호작용 분석, 반응 표면 분석을 실시하여 초기 압력 10⁻³Torr일 때 SAM 코팅 압력 0.3Torr, 챔버 온도 80℃의 최적 조건을 찾을 수 있었다. Fig. 2에 주효과 분석 그래프를 나타내었으며, 이를 통해 챔버의 온도보다는 압력 차이(투입되는 SAM의 양)가 더 주된 영향을 준다는 사실을 알 수 있다.

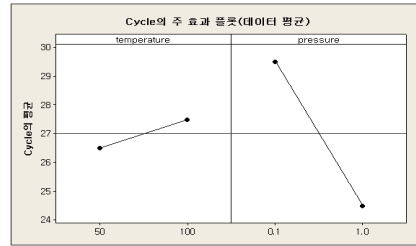


Fig. 2 Main effect analysis

4. 결론

본 논문에서는 나노임프린트용 스탬프의 자기 조립단분자막 수명 향상을 목적으로 SAM 코팅의 정량적 수명 분석 연구를 수행하였으며, 그 결과 임프린트 횟수 18회 ~ 35회의 수명을 가짐을 알 수 있었다. 각 공정 조건에 따른 결과 값을 통해 챔버의 압력이 주된 변수임을 확인할 수 있었고, 진공 챔버의 초기 압력 10⁻³Torr일 때 SAM 코팅 압력 0.3Torr, 챔버 온도 80℃의 최적 코팅 조건을 도출하였다.

후기

본 연구는 중소기업기술개발지원사업의 일환으로 수행하였음. [S1065242]

참고문헌

1. Oh, S. H., Choi, D. S., Kim, C. S. and Jeong, M. Y., "PDMS Stamp Fabrication for Photonic Crystal Waveguide," Journal of KSPE, 27, 153-158, 2007.
2. Chou, S. Y., Keimel, C. and Gu, J., "Ultrafast and direct imprint of nanostructures in silicon," Nature, 417, 835-837, 2002.
3. Kim, K. S., Kim, J. H., Lee, H. J. and Lee, S. R., "Tribology issues in nanoimprint lithography," Journal of Mechanical Science and Technology, 24, 1-12, 2010.
4. 나종주, 이구현, 남기석, "마이크로 디바이스용 표면 개질 기술," State of the Art Report, 58, 90-102, 2003.

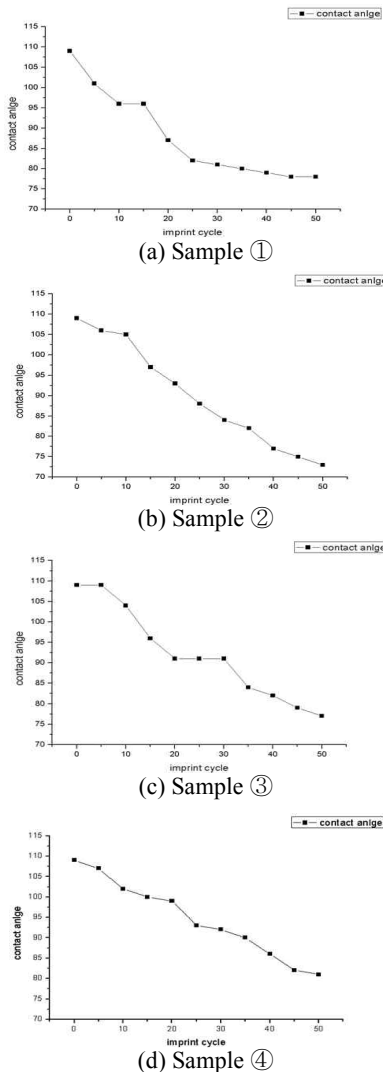


Fig. 1 Change of contact angle according to NIL cycles