

Elementwise Patterned Stamp와 부가압력을 이용한 UV 나노임프린트 리소그래피 공정

손현기*(KIMM 첨단산업기술연구부), 정준호, 심영석,
이응숙(KIMM 지능형정밀기계연구부)

주제어: single-step UV-NIL, 자외선 경화 레지스트(UV-curable resist), 잔여층 두께(residual layer thickness), 레지스트 액적 도포(resist droplet dispensing), 수정 스탬프(quartz stamp)

1996년 Chou 등이 개발한 가열방식의 나노임프린트 리소그래피(nanoimprint lithography, NIL)은 선폭 100 nm 이하의 나노구조물을 경제적으로 제작할 수 있는 대표적인 나노패터닝(nano-patterning) 공정으로 많은 기대가 모아지고 있으나, 열변형에 의해 다층정렬이 어렵다는 점과, 점도가 큰 레지스트(resist)를 임프린트하기 위해서는 고압(~30 bar)이 필요하다는 점 등의 문제점이 있다. 이를 해결할 수 있는 방법으로 UV 나노임프린트 리소그래피(ultraviolet nanoimprint lithography, UV-NIL)를 들 수 있다. UV-NIL은 1996년 Haisma 등에 의해 발표된 바가 있으나, 반도체공정에 적용하기 위한 체계적인 연구는 Sreenivasan 등에 의해 이루어 졌다고 할 수 있다. 이 공정기술은 UV 경화소재를 사용하여 상온-저압으로 나노구조물을 제작할 수 있는 기법으로, UV 투과성 재질인 수정(quartz), 유리(glass) 등으로 제작된 스탬프가 사용된다는 점이 특징이다. 본 연구에서 제안한 새로운 UV-NIL 공정은 여러 개의 요소 스탬프로 이루어진 Elementwise Patterned Stamp (EPS) 위에 저점성(~7 cps)의 레지스트 액적을 도포하고, 이를 웨이퍼 위에 가압한 상태에서 웨이퍼 뒷면으로부터 부가압력(공기, 질소 등)을 가하는 방식으로 이루어 진다(Fig. 1). 제안된 공정에서 부가압력은 임프린트된 레지스트 잔여층 두께(residual layer thickness)의 불균일도(non-uniformity)를 개선하는 역할을 하게 된다. 실험에서 사용된 스탬프는 5 in 수정판재를 사용하여 제작하였으며, 각 요소 스탬프에 가공된 나노 구조물의 최소 선폭은 377 nm, 최소 선 간격은 100 nm, 깊이는 200 nm이다. 또한, 각 요소 스탬프의 높이는 1 μm이다. 다수의 레지스트 액적을 정밀 dispenser를 사용하여 각 요소 스탬프 위에 도포하고, 이를 4 in Si 웨이퍼 위에 가압하여 single-step으로 임프린트하였다(Fig. 2). 임프린트 실험에서 스탬프의 나노 구조물은 성공적으로 레지스트에 전사되었으며, 임프린트된 레지스트 잔여층 두께는 100 nm 이하였다. 잔여층 두께의 분포는 60-100 nm이고, 요소 스탬프의 모서리 부분에서 잔여층 두께가 가장 얇아지는 것을 관찰할 수 있었다. 전사된 나노 구조물의 깊이가 200 nm이고, 레지스트의 최대 잔여층 두께가 100 nm이므로, 에칭공정(RIE 등)에서 전사된 나노 구조물이 웨이퍼에 성공적으로 전사될 수 있을 것으로 예상된다.

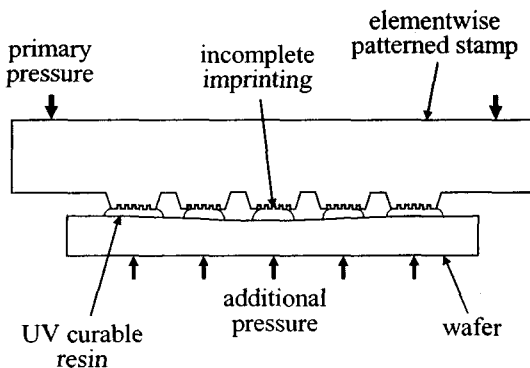


Fig. 1 Schematic of UV nanoimprinting using the elementwise patterned stamp and the additional pressure.

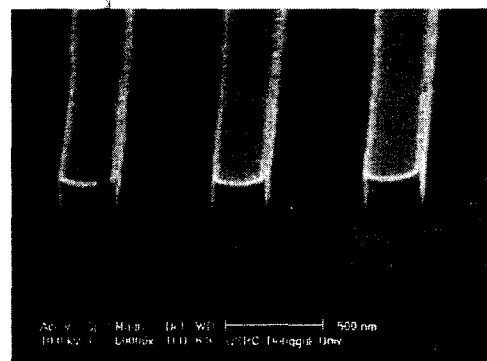


Fig. 2 A layer of UV curable resin layer on a 4" Si wafer imprinted by one element stamp.