

Nano Imprinting Lithography

이응숙*(한국기계연구원), 정준호(한국기계연구원)

주제어 : 나노임프린팅 리소그래피, 외국의 연구동향, step and flash process,

나노임프린트관련 되어 전세계적으로 지금까지 4개 회사가 장비 및 공정기술 개발을 하고 있으나 대부분 수년 전에 창업한 회사이며, 4개의 나노임프린트장비관련 회사는 미국의 Nanonex, 오스트리아의 EVG사, 미국의 Molecular Imprint Inc. (MII), 스웨덴이 Obducat이다. 개발된 장비의 대부분은 수작업이 필요한 연구용 장비로 현재 공정기술개발을 위해 활용되고 있으며, MI사 장비가 최초로 양산 적용을 목표로 개발하여 국내에도 도입되어 있다. 일본에서는 아직 장비개발이 시도된 바 없으며 현재 관련 공정기술개발을 하고 있다. 미국의 경우, 프린스턴 대학의 Chou 교수팀이 1995년 PMMA resist를 사용한 나노임프린트공정기술을 처음으로 개발하여 지금까지 이 분야를 선두에서 이끌고 있으며, Nanonex라는 나노임프린트 벤처를 창업하여 장비 및 공정기술개발에 주력하고 있고, MOSFETs, T-Gates, molecular transistors, single electron transistors 등 다양한 분야에 적용하고자 노력하고 있는 실정이다. 최근 100nm to 30nm 폭에 100nm 높이, 1m에서 100nm 직경의 링을 임프린트하여 Vertical-magneto-resistive random access memories (VRAMs)에 적용한 사례가 있다. 또한, 308nm 파장을 갖는 Single 20ns excimer laser를 사용하여 Silicon wafer 또는 Resist를 녹여 임프린트하는 방법인 Laser-Assisted NanoImprint Lithography (LA-NIL)를 개발하였다. Sreenivasan's group (Univ. of Texas at Austin)은 1999년 UV 나노임프린트공정기술중에 하나인 Step & Flash Process 개발했으며 현재 MI사를 창업하여 양산용 나노임프린트 장비개발하였다. 이 방법은 Resist를 Wafer위에 Spin-coating하는 것이 아니라 액체의 일정액을 dispensing한 후 압착/UV조사하여 경화시키는 방법을 사용하여 생산성을 향상시키는 방법을 사용하고 있으며⁶ 이 이상의 대면적 작업을 위해 Step & repeat 방식을 채택하고 있다. 유럽의 경우는 Step and repeat UV-Nanoimprint Lithography(Otto et al. Aachen University)를 위주로 Material Issues에 대한 연구를 수행하며 Resist의 점착을 방지하기 위한 방안으로 Resist의 표면장력을 줄이는 방안과 Anti-adhesion층을 Stamp에 도포하여 사용하는 방안을 제안하고 있고 37 차례의 Step & repeat 방식을 통해 제작하여 4" silicon wafer 제작하였다. 현재 20-30nm 선폭 구현도 가능하다고 발표했으나 공정의 반복성과 신뢰성 면에서 양산에 적용될 수준에는 미치지 못한 것으로 알려져 있다. Step & stamp imprint lithography (Thermal Nanoimprint)의 한방법으로 Haatainen group(VTT Centre for Micro electronics, Finland)는 스텞프와 스텞프 근처의 Resist만 가열하여 Step & stamp 과정을 수행하여 20nm 선폭이하의 나노 구조물을 제작을 하였음을 보고하였다. 일본의 Matsui Group(Himeji Institute of Technology)은 Room Temperature Nanoimprint Technology의 한방법으로 HSQ(Hydrogen Silsequioxane) -> Spin coating -> Prebaking at 60°C 과정을 거쳐 4.0Mpa의 압력으로 1분을 가압하여 성형하여 90nm 선폭의 나노구조물을 제작하였다. 현재 세계적으로 나노임프린트기술에 대한 큰 기대감에 많은 연구개발 투자가 이루어지고 있으나 아직 개발 단계로 향후 5-10년이 성공 여부를 결정 짓는 매우 중요한 시기로 판단되고 국내에서의 시작은 비록 3-4년 늦었지만 정확한 방향 설정과 역량의 집중을 통하여 이를 반드시 극복해야만, 현 반도체 장비 분야에서의 국내 기술 인프라 구축 실패가 재현되지 않을 것으로 사료된다.

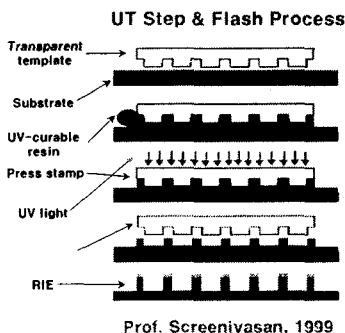


Fig. 1. Nano-imprinting process

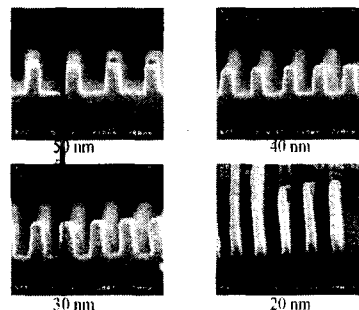


Fig. 2. Nano-imprinting structure