

Fountain pen nanolithography의 개발

류경주*, 홍상현, 허진희, 김덕수(성균관 대학교 대학원),
김훈모, 정일섭, 이석한(성균관 대학교)

주제어 : nano lithography(나노리소그래피), SPM, dip-pen lithography

차후 반도체 산업의 주류가 될 나노 스케일의 소자를 제작하기 위해서는 현재의 photo-lithography 보다 더욱 정밀하게 patterning할 수 있는 방법이 필수적이다. 아직 대량생산에는 사용되지 않고 있지만, electron beam을 이용한 e-beam lithography는 전자선의 노출 유무에 따라 결합이 이루어지거나 끊어지는 PMMA와 같은 감광물질을 사용하는 방법이 있다. 또한, 현재의 광학적 lithography방법을 변형하여 좀더 높은 분해능을 얻으려는 시도가 계속되고 있지만 보다 근본적인 새로운 방법으로서의 접근이 절실히 요구되고 있다. 그러한 노력중의 하나가 바로 sub-nanometer의 분해능으로 물질의 물리적 특성을 관찰 평가할 수 있는 Scanning Probe Microscope(SPM)을 이용한 lithography이다. 일반적으로 SPM은 시료의 손상 없이 시료의 표면을 형상화하는데 이용되어지나 시료의 표면이 손상되어지는 만큼의 힘을 가하여 탐침으로 시료 표면의 원자나 분자 배열을 조작하는 기술이 nanolithography이다.

인류는 약 400년 전부터 모세관 현상을 이용하여 잉크를 종이로 전달하기 위한 예리한 도구를 고안하여 사용해왔다. 깃털을 사용한 펜으로부터 만년필 그리고 볼펜으로 그 도구가 발전해왔다. Northwestern 대학의 Mirkin group은 1999년 과학 저널 Science에 dip-pen원리를 이용하여 SPM용 cantilever로 미세영역에 patterning이 가능함을 보였다. Dip-pen방식이란 cantilever를 용액에 담근 후 건조시켜 lithography를 원하는 표면에 tip을 위치시키고, tip에 남아있던 용액의 분자들을 시료 표면으로 전달시키는 방식이다. 이것은 contact mode AFM에서 실행되며, AFM probe tip은 펜촉역할을 하며, 시료 표면은 종이의 역할을 하게 되는 것이다. Tip에 남아있던 잉크 용액은 tip과 시료사이에 존재하는 자연 수막(Water Maniscus)에 의한 모세관 현상으로 전달된다.

DPN이 이루어지려면 두 가지의 중요한 조건이 필요하다. 그 하나는 tip으로부터 기관으로 분자가 전달되는 비율이 일정해야하며, 두 번째는 잉크 용액은 기관과 자가결합(self-assemble)할 수 있는 구조와 친화도를 지녀야 한다는 것이다.

dip pen 방식의 dipping과 drying 과정을 개선하기 위하여 잉크를 시스템에 탑재하는 방법을 개발하였다. cantilever에 reservoir를 탑재하여 reservoir의 잉크를 tip 끝까지 공급할 수 있는 메커니즘을 설계하여 패터닝 하는 방식이다.

