

## MEMS actuator를 이용한 나노 레벨 웨이퍼 형상 측정

배정목, 실리콘엔시스템즈 Chief Technical Officer

본 기술은 기존의 반도체 공정에서 웨이퍼 표면의 0.5-300mm 정도 길이의 형상을 측정하는데 쓰이는 SPM Profilometry 기술과 MEMS 기술로 제작된 probe 기술을 접목하여 나노 레벨에서의 고속의 초정밀 측정을 가능하게 한다. 실리콘팁이 달려있는 캔틸레버와 압전 구동기로 구성된 프로브를 MEMS기술을 응용하여 제작하며 sub-nanometer 제어를 통해 표면 측정을 한다. 기존의 측정기에 사용되는 10gram의 벌크 타입의 액츄에이터를  $10^{-6}$  gram 정도의 얇은 필름으로 대체함으로써 100배 이상의 응답속도를 갖게 된다. 이는 기존의 측정의 경우 보다 22배 정도의 빠른 측정을 가능하게 한다.

초기 SPM용 프로브는 얇고 긴 캔틸레버를 Si-bulk 마이크로머시닝 기술을 이용하여 제작하였다. 이때 탐침부(tip)는 Si의 이방성 식각 방식을 이용하여 피라미드 형태의 탐침을 캔틸레버 끝에 제작하는 방식을 채용하였다. 이렇게 제작된 프로브는 탐침과 시편 사이에 작용하는 여러 가지 상호작용력(원자력 간 힘 전기적인 힘, 자기적인 힘 등)에 의해 휘어짐이 발생하고 이 휘어지는 정도를 광학적인 방법으로 측정하여 힘의 세기를 측정하였다. 이 때 캔틸레버의 휘어짐의 정도를 일정하게 유지하기 위하여 벌크 피에조 액츄에이터를 이용하여 수직 방향으로 움직일 수 있도록 되먹임회로를 설계하고, 이 때 발생하는 오차신호(error signal)로부터 시편의 표면에 대한 정보를 얻게 되는 방식으로 전체적인 시스템이 이루어졌다. 그러나 벌크 피에조 액츄에이터를 사용하는 경우 벌크 액츄에이터가 갖는 저속 응답성 때문에 수평방향으로 빠른 속도로 프로브를 움직일 때 표면의 정보가 왜곡되는 현상이 발생하고 이로부터 SPM 기술은 고해상도로 표면의 정보를 얻을 수 있지만, 정보를 얻는데 걸리는 시간이 너무 길어 이를 이용한 분석 시스템은 생산성 면에서 문제가 있다고 지적 받아왔다. 이러한 문제들을 해결하기 위해 박막형 피에조 액츄에이터를 프로브 내부에 집적시키려는 시도들이 이루어져 왔다. 이는 벌크 피에조 액츄에이터의 수백~수십 배 큰 것으로 고속 SPM의 장을 열었다고 할 수 있다.

일반적으로 SPM을 특정한 용도로 응용할 때 단점으로 지적되는 저속 구동 문제를 해결하기 위하여, 앞에서 제시한 것처럼 프로브 자체를 고속화 하는 시도가 진행될 뿐 만 아니라, 프로브 자체를 다중화하여 병렬처리를 통해 측정속도를 고속화 하려는 시도가 진행되고 있다. 이러한 시도는 SPM 리쏘그래피 장비를 개발하려는 그룹과 SPM 기술을 응용한 정보저장장치를 개발하려는 그룹에 의해 집중적으로 진행되고 있다. 어레이 구조로 가는 경우 각각의 프로브에서 탐침과

기판 사이의 상호작용력을 감지할 수 있어야 하므로 감지부가 각각의 프로브에 집적화 되어야 하고, 각각의 프로브를 구동할 수 있는 구동기 역시 개개의 프로브에 집적되어 있어야 하며, 프로브가 균일하게 제작되어야 한다는 여러 가지 기술적으로 해결해야 할 일들이 존재한다.

SPM 기술을 반도체 CD 분석장비로 응용하고자 하는 시도는 유일하게 IBM에서 시도되었는데, 이 경우 탐침부의 모양은 일반적인 SPM의 탐침부와는 다른 모양을 갖는다.

그 이유는 CD 분석을 위해서는 깊은 홈(Deep Trench)의 옆면을 분석할 수 있어야 하는데, 기존의 SPM용 탐침들은 기판의 표면은 분석하기 용이하나, 구조물의 옆면을 분석하기에는 적당하지 않기 때문이다. IBM의 경우는 옆면을 분석할 수 있는 탐침 구조를 갖기는 하지만, 액튜에이터를 실장 할 수 있는 기술이 바탕이 되지 않음으로 인해 고속 분석이 어려운 단점을 가지고 있다.

기타 AFM 원리를 이용한 nano 레벨의 웨이퍼 측정 분야로써 다음과 같은 응용분야를 들 수 있다. 우선 CMP 공정에는 Cu, Al, SiO<sub>2</sub>/SiN Dishing/Erosion, Global Planarity, Surface Finish 측정등의 application들이 있다. Etch 공정의 경우에는 STI, Deep Trench Depth등의 측정에 사용되며, BPSG Reflow angle, Poly Si & Silicide smoothness 등의 Diffusion 공정의 측정 application이 있다. Thin Film 공정에서는 Step height, seed layer coverage, film roughness 측정등에 응용이 된다.