

## [VI-12]

# Profile Evolution in Plasma Process: A Level Set Approach to Simulation for Etching and Deposition

허재석, 신재광, 오재준, 김성구, 이규상, 이형인  
삼성종합기술원 CSE Lab.

ULSI의 고집적화에 따른 feature size의 감소는 소자 및 공정의 설계 시 정확한 profile의 예측과 공정조건이 profile에 미치는 영향에 대한 체계적인 이해를 요구하게 되었다. 이와 같은 요구를 만족시키는 경제적인 방법으로 computer를 통한 simulation을 응용할 수 있으며 그 결과로 얻을 수 있는 공정 조건에 따른 profile 변화의 특성에 대한 체계화된 지식은 공정 조건의 설계 시 유용하게 이용될 수 있다. 본 논문은 반도체 공정에서 사용되는 plasma 공정 장비 해석을 위한 계산환경의 한 부분으로 개발된 2차원 profile simulation code를 설명하고 이를 trench etching에 응용한 결과를 해석한다.

Osher(1)와 Sethian(2)에 의해 제안된 Level Set Method는 경계 추적 문제에 대한 정확하고도 안정된 해법을 제공하여 반도체 공정의 topography simulation에 적합한 수치해법으로 응용 및 연구가 활발히 진행 중에 있다. 기존의 string-type algorithm이 초기 설정에 따라 해가 불안정해 지거나 entropy condition을 만족하는 해를 구하기 위한 처리루틴 등이 복잡하고 이로 인해 3차원 문제의 적용에 어려움이 많았던 것에 비해 level set method는 그 수학적 배경이 견고하고, 3차원으로의 확장이 자연스러우며, topology의 변화가 이미 고려되어 있고, 잘 정립된 기존의 수치해석 기법들을 응용할 수 있다. 이러한 장점들로 인해 level set method를 topography simulation의 수치적 방법으로 채택하였다.

반도체 공정에서 형상의 변화를 기술하는 속도함수는 등방성 항과 ion flux에 의해 방향성을 가지는 항의 두 가지 parameter로 modeling하였다. Etching 공정의 경우 이들 각각은 chemical etching과 ion-assisted etching의 의미를 가지게 된다. Flux는 표면의 각 점에서 source에 대한 view angle 을 계산하는 방식으로 구하여 졌으며 이 과정에서 요구되는 수치 적분이 전체 계산시간의 거의 대부분을 차지하였다. Level 함수의 초기화를 위해 Sethian 등이 제안한 Fast Marching Algorithm을 구현하였고 flux 적분이 포함된 경우에 대한 적용을 용이하게 하기 위해 속도함수를 모든 node에서 계산하지 않고 표면에서 구한 후 이를 계산 node로 확장하는 Extension Velocity Field를 구현하였다. Level 함수의 시간에 따른 변화는 1st order space non-convex scheme인 Lax-Friedrichs scheme과 1st order space convex scheme인 Enquist-Osher scheme을 이용하여 계산하였다.

여러 aspect ratio를 가지는 trench etching에 대해 계산을 수행하였다. Profile의 특성은 ion-angle 분포에 의해서 가장 많은 영향을 받으며 ion temperature, bias frequency 등의 공정 조건으로 ion-angle 분포를 제어하였다. 계산 결과로 주어지는 profile은 ion의 angle 분포가 좁은 영역에 집중되어 있을수록, ion-assisted etching의 영향이 chemical etching의 영향보다 클수록 벽면이 직선에 가까운 형태를 보였고, 벽면이 휘어지는 barreling은 chemical etching의 영향뿐 아니라 etching의 깊이에 따른 view angle과 노출시간의 변화에 의해서도 발생함을 알 수 있었다

### [참고문헌]

1. Osher, S., and Sethian, J.A., Front Propagating with Curvature-Dependant Speed: Algorithms Based on Hamilton-Jacobi Equations, Journal of Computational Physics, 79, pp. 12-49, 1988.
2. Sethian, J.A., Level Set Methods, Cambridge University Press, New York, 1996.