

## EUV Lithography Blank Mask Repair using a FIB

채교석, 김석구, 김신득, 안정훈, 박재근

한양대학교, 나노 SOI 공정 연구소

### 초록

극자외선 리소그래피(EUV lithography) 기술은 50nm 이하의 선폭을 가지는 차세대 소자 제작에 있어서 선도적인 기술 중 하나이다. EUVL 에서 필수적인 요소중의 하나가 mirror 로 사용되는 blank mask 이다. Blank mask 에 있어서 가장 중요한 요소는 반사도이다. 이 blank mask 는 Si substrate 위에 반사를 위한 Mo/Si pair 가 40pair 이상 적층되어있다. Blank mask 는 매우 청결해야한다. 만약 결함이 있다면 blank mask 에는 치명적이다. 결함은 blank mask 에 있어서 반사도를 떨어뜨리는 주 요소이기 때문이다. 그 결함에는 amplitude defect 과 phase defect 이 있다.<sup>1</sup> FIB 에서는 amplitude defect 을 수정하는 것이 가능하다.<sup>2</sup> 우리는 FIB 를 이용하여 image mode, spot mode, bar rotation mode 를 사용하여 amplitude defect 을 수정하였다. 그리고, 그 결과 효과적으로 amplitude defect 을 수정하였다.

### 1. 서론

극 자외선(EUV : Extreme Ultraviolet) 리소그래피(lithography) 기술은 기존의 Optical lithography 를 한계를 넘는 50nm 이하의 선폭을 가지는 소자 제작을 위한 대안 중 하나로 연구되고 있다. EUVL 에서 blank mask 는 mirror 로서 사용된다. 그리고, 일정수준 이상의 반사도가 요구된다. 하지만, 결함은 blank mask 의 반사도에 있어서 매우 큰 변화를 가져올 수 있다. 물론, 이상적인 것은 결함이 없는 blank mask 를 만드는 것이지만, 실질적으로 그것은 매우 어렵다. 그래서 효과적으로 결함을 수정하는 것이 필요하다. Blank mask 에서 결함은 phase defect 과 amplitude defect 이 있다. Phase defect 을 수정하는 방법에는 E-beam 을 이용한 방법이 연구되고 있다.<sup>3</sup> 그리고, amplitude defect 을 수정하는 방법에는 FIB(Focused Ion Beam)가 이용되고 있다. 본 연구에서는 FIB 를 이용한 amplitude defect 을 수정하기 위한 효과적인 방법을 제시하고자 한다.

### 2. 실험 방법

우리는 FIB 를 사용하여 blank mask 의 amplitude defect 을 제거하였다. Blank mask 는 Si Substrate 위에 Mo/Si pair 를 deposition 방법에 의해 40 pair 적층하였다. 실험에 사용된 FIB는 SMI-8300 (SEIKO)이다. liquid Ga<sup>+</sup> ion source 를 사용하였고, 30keV 의 가속전압과, 30pA 의 beam current 에서 실험하였다. 우리는 그림 1 과 같은 3 가지 방법으로 amplitude defect 을 제거하였고, 그 결과에 대하여 반사도를 simulation 을 하였다. 또한 20 개의 amplitude defect 에 대하여 3 가지 방법에 의하여 제거율에 대한 실험을 하였다.

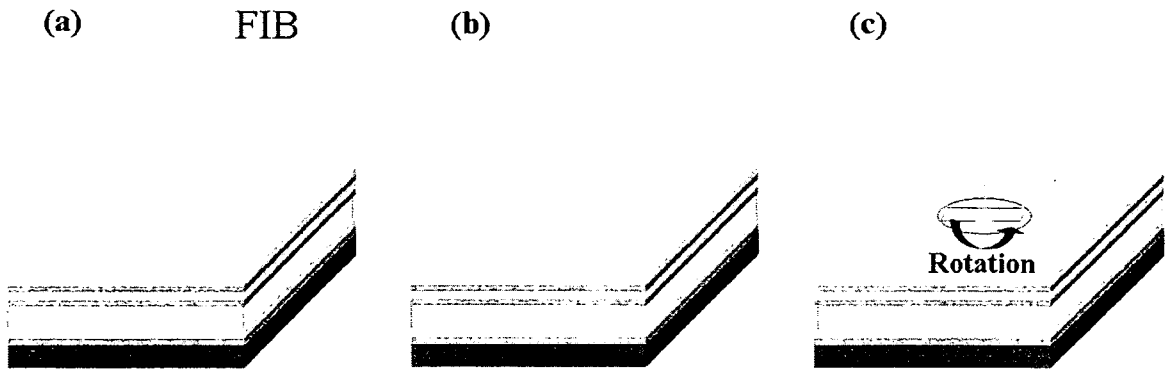


그림 1 FIB를 이용한 amplitude defect repair (a) image mode (b) spot mode (c) bar rotation mode

### 3. 실험결과 및 고찰

그림 1의 3가지 방법으로 amplitude defect 을 제거하였다. 그리고 그림 2와 같이 particle 이 제거되는 것을 알 수 있다. 그리고, 각각에 대하여 multilayer 의 손상 깊이와 simulation 하였을 때의 반사도 변화, 그리고 제거율에 대한 결과는 표 1과 같이 나타났다.

표 1의 반사도(reflectivity)는 손상이 없는 마스크의 경우 반사도가 75%로 가정 하였을 때, 실험에서 나온 손상 깊이에 의한 반사도 simulation 결과를 나타낸다. 그 결과 만족할만한 결과를 보여준다.

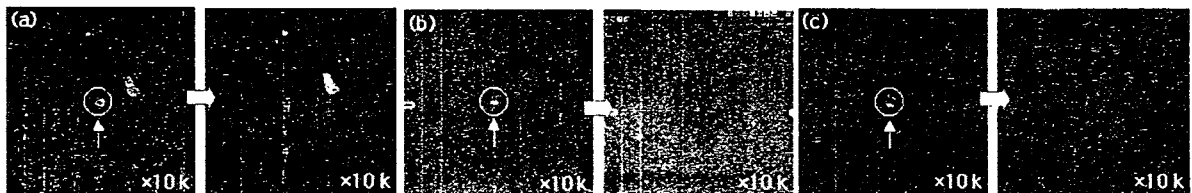


그림 2 Amplitude defect의 제거 전, 후의 SIM image (a)image mode (b)spot mode (c)bar rotation mode

Mode	Particle size	Milling time	Multilayer 손상면적	손상깊이 (Max)	제거율(%)	Reflectivity(%)
Image mode	0.30 um	60sec	9.35 um <sup>2</sup>	37.00 nm	85	71.688
	0.40 um	150sec	9.60 um <sup>2</sup>	72.00 nm	90	68.389
Spot mode	0.20 um	0.1sec	0.04 um <sup>2</sup>	13.15 nm	60	72.828
Bar rotaion mode	0.25 um	30sec	1.54 um <sup>2</sup>	51.00 nm	80	70.621

표 1 실험 결과

#### 4. 결론

우리는 EUVL 용 blank mask 의 amplitude defect 을 FIB 를 사용하여 수정하였다. Image mode, spot mode, bar rotation mode 로 결함을 수정하였다. 그리고, Simulation 하였을 때 만족할 만한 결과를 보여주었다.

#### 후기

본 과제는 산업자원부의 “ 나노급 반도체용 EUV Lithography 핵심기술 개발 사업 ” 의 지원아래 이루어 졌다.

#### 참고문헌

- [1] E. M. Gullikson, C. Cerjan, D. G. Stearns, P. B. Mirkami and D. W. Sweeney. “Practical approach for modeling extreme ultraviolet lithography mask defects”, J.Vac.Sci.Technol.B. 20, 81, 2002.
- [2] T. Liang, A. Stivers, R. Livengood, P. Yan and G. Zhang. “Progress in EUV mask repair using a focused ion beam”, J.Vac.Sci.Technol.B. 18(6), 3216, 2000.
- [3] P. B. Mirkarmi, D. G. Stearns, S. L. Baker, J. W. Elmer, D. W. Sweeney, and E. M. Gullikson. “Method for repairing Mo/Si multilayer thin film phase defects in reticles for extreme ultraviolet lithography”, J.Appl.Phys. 91(1), 81, 2002.