

論文96-33A-7-22

리소그래피 모의실험을 위한 전자빔용 감광막의 현상 변수 측정과 프로파일 분석

(Development parameter measurement and profile analysis of electron beam resist for lithography simulation)

咸泳穆 *, 李昶範 *, 徐泰源 **, 全國鎮 *, 曹光燮 ***

(Young-Mog Ham, Changbuhm Lee, Tae-Weon Suh, Kukjin Chun, and Guang-Sub Cho)

요 약

전자빔 리소그래피는 극미세 패턴을 형성할 수 있는 중요한 기술중의 하나이다. 최근들어 반도체 소자제조에 있어서 공정의 일부분을 전자빔을 사용하여 패턴을 형성하려는 노력이 증가하고 있다. 본 연구에서는 전자빔 리소그래피 모의실험 프로그램을 구성하여, 감광막에 전자빔을 노광하였을때 감광막이 현상되는 프로파일을 구현하고, 실험적으로 양성과 음성감광막에 대한 현상 변수를 측정하여 그 값들을 모의실험의 입력값으로 활용하였다. 또한 실제 공정으로 얻어진 감광막 프로파일과 비교 분석하였다. 결론적으로 실험에서 측정한 전자빔용 감광막 PMMA 와 SAL 601의 공정변수값에 대한 모의실험에서의 경향성은 실제 공정 결과와 잘 일치하고 있었으며 모의실험 결과에 의하여 공정의 결과도 예측할 수 있었다.

Abstract

Electron beam lithography is one of the important technologies which can delineate deep submicron patterns. Recently, electron beam lithography is being applied in delineating the critical layers of semiconductor device fabrication. In this paper, we present a development simulation program for electron beam lithography and study the development profiles of resist when resist is exposed by the electron beam. Experimentally, the development parameter of positive and negative resists are measured and the data is applied to input parameter of the simulation program. Also simulation results are compared of the process results in the view of resist profiles. As a result, for PMMA and SAL 601 resist, the trend of simulation to the values of process parameters agree with real process results very well, so that the process results can be predicted by the simulation.

I. 서론

* 正會員, 서울대학교 電氣工學部
(School of E.E., Seoul National Univ.)

** 準會員, LG 전자
(LG Electronics)

*** 正會員, 光云大學校 物理學科
(Dept. of Physics, Kwangwoon Univ.)

接受日字:1995年11月24日, 수정완료일:1996年5月9日

전자빔 리소그래피는 deep submicron 패턴을 형성할 수 있기 때문에 0.1 μ m 소자를 개발하는데 있어서 매우 중요한 기술중 하나이다. 또한 전자빔의 사용은 광학적 해상한계를 갖고 있는 광 노광장치에 비하여 해상력 우수하여 256M DRAM 이상의 소자에 부분적으로 사용될 것으로 예상된다.^[1] 직접노광(Direct writing)방법의 전자빔 리소그래피의 실용해상력은 0.2

1 μ m정도로 근접효과와 throughput의 문제를 해결하면 고밀도 소자를 제조할 수 있는 기술이다.^[2] 일반적으로 전자빔 리소그라피는 양성인 PMMA와 음성인 SAL601 계열의 감광막을 사용하여 패턴형성하며 대부분의 리소그라피 모의 실험에서는 전자빔용 감광막의 특성을 측정하여 모의실험의 입력값으로 활용하고 있다. 지금까지 알려진 감광막은 Berkeley 대학에서 특성을 측정한 PMMA로서 모의실험의 입력조건들로 활용되고 있으나^[3] 실험조건과 전자빔장치가 다를 경우 현상물과 감광막 프로파일이 현재 사용되고 있는 조건과는 많은 차이가 있으며 실험에서 사용한 Leica사의 EBMF 10.5 전자빔 장치와 MIBK: IPA(1:3) 현상액에 대한 현상결과와는 매우 다른 특성과 프로파일을 갖고 있다. 더욱이 전자빔을 사용하여 0.2 μ m의 패턴을 형성하기 위하여 최적의 노광조건과 현상조건을 측정하여야 하며 모의실험을 위하여 정확한 현상을 측정이 필요하다.

본 연구에서는 전자빔 리소그라피 모의실험 프로그램을 제작하여 전자빔이 감광막에 노광되었을때 감광막이 현상되는 프로파일을 연구하였다. 실험에서 사용한 감광막은 가장 널리 사용되고 있는 PMMA와 SAL 601 이다. 이것은 양성과 음성감광막으로서 현상액속에서 전자빔에 노광되는 부분이 현상되는 것과 노광되지 않은 부분이 현상되는 성질의 차이를 갖고 있으며 전자빔 에너지에 대한 감도와 현상액 속에서 프로파일을 형성하는 현상율의 차이가 있다. 그러므로 이 과정을 모의 실험에 적용하기 위하여 양성과 음성을 구분하여야 하며 두 감광막의 에너지에 대한 감도와 현상율 등이 모의실험에서 정확한 프로파일을 구현하는데 매우 중요한 요소가 된다. 실험에서는 시간과 에너지 변화에 대한 현상율을 측정하여 모의실험에 적용하고 실제 공정에 의하여 얻어진 감광막 프로파일과 비교하여 분석하였다. 양성과 음성감광막에 대한 실험적인 측정으로 감광막의 특성을 표현할 수 있으며 다른 특성을 갖는 감광막의 경우에도 같은 방법으로 측정하면 모의실험에서 변수로 사용할 수 있으며 프로파일의 경향을 예측할 수 있다.

II. 현상 프로그램의 구성과 응용

전자빔 리소그라피의 모의실험 프로그램은 전자산란 프로그램과 전자빔 노광 프로그램 그리고 현상 프로그

램으로 구성 되어 있다. 전자산란 프로그램은 기관위의 감광막에 전자가 입사 되었을때 전자의 산란에 의한 에너지 분포를 계산하기 위한 것이다.^[4] 여기서 사용한 산란 모델은 2차전자의 생성을 고려한 산란 모델이며, PMMA의 경우 최외각 전자만을 고려하고 또한 입사에너지가 수십 keV로 클 경우에는 전자가 충돌 후에 작은 angular deflection을 한다는 것을 고려하여 2차전자의 생성효과가 비교적 적은 Moller의 식을 사용하여 입사전자와 비탄성충돌에 의한 전자의 산란과정을 계산한다.^{[5][6]} 이러한 전자산란의 과정을 통하여 감광막에 저장되는 전자의 산란 분포를 측정할 수 있으며 전자빔이 입사한 지점으로 부터 거리에 대한 에너지 분포를 계산할 수 있다. 이 값들은 전자빔 리소그라피의 전자 에너지로 응용되며 전자의 산란분포는 노광의 에너지 분포, 현상 프로파일 형태를 결정하기 때문에 결국 모의 실험의 신뢰도에 영향을 준다.

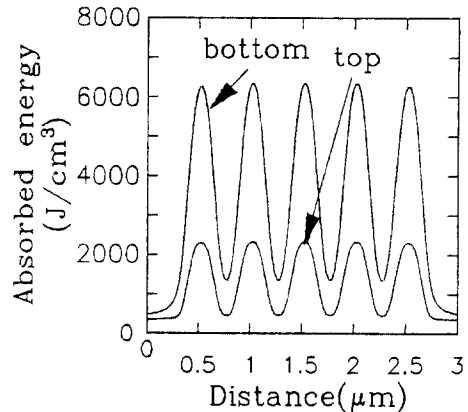


그림 1. 전자산란에 의한 패턴의 흡수 에너지 분포
Fig. 1. Absorbed energy intensity distribution of pattern by electron scattering.

노광프로그램은 전자 산란 모의실험을 이용하여 얻어진 전자의 에너지 분포를 이용하여 감광막에 저장되는 에너지를 계산한다.

노광에서 사용하는 전자빔은 가우시안 빔이며 저장 에너지는 전자산란 에너지 분포와 정규화된 가우시안 빔과의 convolution을 통하여 구한다. 가우시안 빔의 직경은 실제 EBMF10.5 전자빔 시스템에 맞추어 FWHM을 70nm, 편차를 4 σ 로하여 전자산란 분포 에너지와 convolution하였다. 또한 패턴형성은 가우시안 빔의 합으로 이루어지며 패턴에 대하여 가우시안 빔을 중첩하여 패턴에 대한 노광에너지를 계산하였다. 패턴

에 대한 에너지 분포는 그림 1과 같다. 그림의 경우는 주기성을 갖는 line and space 패턴에 대하여 가우시안 빔으로 노광하였다.

현상프로그램은 감광막에 있는 에너지 분포에 따라 현상율이 결정되며 스트링 방식에 의하여 현상이 결정된다. 현상율을 결정하는 식은 Neureuther가 사용한 식을 적용하였다. 이 식은 감광막의 에너지에 대한 현상율을 측정하여 변수들을 구하게 된다.^[31]

$$R(D) = Cm(RI + \frac{D}{Do})^\alpha \quad (\text{A/sec})$$

여기서 Cm은 노출전의 분자량과 역비례하는 상수이고, α 는 용해율과 흡수된 에너지간의 그래프에서 Dose가 큰경우의 점근선 기울기이며, RI, Cm은 기본 용해율이다. 또한 D는 감광막에 흡수된 전자빔의 dose 이고, Do는 임계 dose 즉 sensitivity를 의미한다. 모의 실험에서는 위의 관계식의 변수들을 실험을 통하여 측정하였고 그 측정값을 입력값으로 사용하였다. 그림 2의 결과는 측정된 현상율을 적용하여 얻어진 3차원 현상 프로파일이다. 이러한 프로파일의 형태는 측정된 현상율에 따라 contrast, slope, 전자빔의 dose에 대한 감도등이 다르며 근본적으로는 전자산란의 에너지 분포와 감광막의 특성에 따라 다른 프로파일의 경향을 갖게 된다.

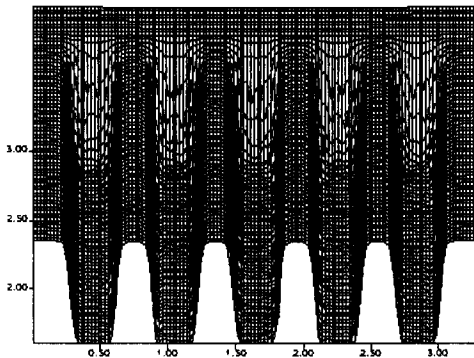


그림 2. 현상프로그램에 의한 3차원 프로파일
Fig. 2. Three dimensional resist profile by development simulation program.

III. 실험

양성 감광막과 음성 감광막의 경우에 모의실험에서 실제 감광막과 같은 경향성과 정확한 현상식을 얻기

위하여 현상변수들을 측정하였다. 또한 모의 실험과 실제 공정의 결과를 비교분석하기 위하여 전자빔의 dose와 현상시간에 의한 감광막의 프로파일의 변화를 분석하였다. 실험에서 사용한 감광막은 PMMA 양성 감광막과 SAL 601 음성 감광막이다. 전자빔의 노광은 EBMF10.5 전자빔 장치로서 가속전압 30keV 조건에서 노광하였다. 실험에서의 측정은 dose와 현상시간을 변화시켜 현상후 현상된 깊이를 nanospec으로 측정하였다. 현상된 깊이를 측정하므로써 에너지에 대한 감광막의 현상율을 계산할 수 있다. 실험에서 사용한 현상식을 모의실험에 응용하기 위하여 측정결과로 curve fitting하여 변수들을 구하였다. Fitting 오차는 1%이내로 하여 양성과 음성 감광막의 에너지에 대한 현상율의 관계를 구하여 보았다.

모의 실험에 적용한 가우시안 빔 노광, 스트링 방식의 현상 그리고 각각의 에너지에 대한 현상율이 실제 전자빔 리소그래피의 결과와 일치하는 가는 에너지와 현상시간에 대한 감광막 프로파일의 변화를 측정하므로써 분석할 수 있다. 실험에서 측정된 패턴은 미세패턴으로서 0.2 μ m, 0.3 μ m 크기의 line and space 패턴이며 실리콘 웨이퍼에 감광막을 4300Å 입히고 전자빔을 노광하였다. 모의 실험에 있어서 실리콘위에 감광막에 존재하는 전자빔의 에너지 분포를 Monte Carlo 방식으로 계산하여 실제 일어나는 에너지를 구하였고 이러한 값들은 감광막의 현상율과 감광막의 프로파일 형태를 결정한다. 따라서 전자빔의 에너지 분포를 정확하게 구하는 것과 감광막의 에너지에 대한 현상율을 정확하게 구하는 기법이 모의실험과 실제 프로파일을 일치시킬 수 있는 방법이다.

IV. 결과 및 고찰

1. 양성 및 음성 감광막의 현상율

실험에 있어서 양성 감광막과 음성 감광막의 현상율의 측정은 각각 MIBK와 IPA를 1:3로 희석시킨 현상액과 MF622 현상액에 대하여 실시되었다. 양성 감광막의 경우에는 현상시간 90초를 기준으로 측정하였고 음성 감광막의 경우에는 9분을 기준으로 측정하였다. 전자빔의 dose 범위는 양성인 경우 10~300 μ C/cm² 이고 음성인 경우는 1~20 μ C/cm² 이다.

그림 3과 4는 각각의 감광막에 대한 현상율을 측정된 결과이며 측정된 값은 표 1에 있다. 그림에서 보는

바와같이 현상을 측정값과 현상을 식을 fitting을 하였다. 에너지가 작은 부분과 에너지가 큰 부분이 불연속적인 결과로 측정되어 현상식을 정확하게 맞추기가 어려웠으나 그림 3과 4의 경우 fitting error는 양성인 경우는 0.79%, 음성인 경우는 0.19%이다.

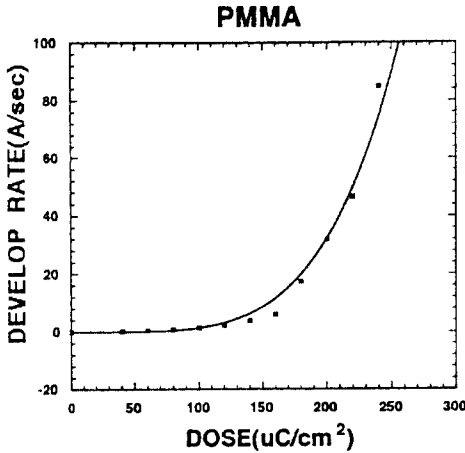


그림 3. 양성감광막의 현상을 측정결과
Fig. 3. The measured development rate of positive resist.

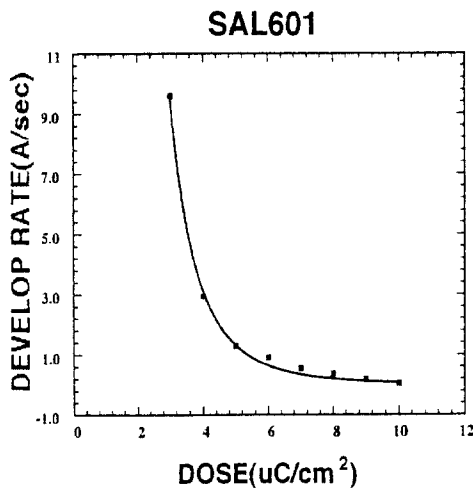


그림 4. 양성감광막의 현상을 측정결과
Fig. 4. The measured development rate of positive resist.

현상변수에 대한 측정결과는 표 1과 같이 양성과 음성의 특성차이는 노광되지 않는 부분의 현상률 값, 기준에너지 그리고 contrast 값을 알 수 있다. 각각의 특성을 살펴보면 기준에너지의 경우 PMMA는 101.6μC/cm²이며 SAL 601의 경우에는 2.36μC/cm² 이며

이 값은 감광막이 실리콘 표면까지 현상되는 에너지를 말하며 일반적으로 실제 노광하여 패턴을 형성하는 에너지는 이 에너지에 1.5~2배 되는 부분에서부터 공정 환경이 설정된다. 양성감광막의 공정 범위는 200~300 μC/cm² 정도가 되며 이 값은 패턴크기에 따라 약간 달라진다. 음성감광막의 공정 범위는 4~6 μC/cm² 가 된다. 이 결과로부터 음성감광막의 감도가 더 좋음을 알 수 있다. Contrast를 살펴보면 양성인 PMMA가 4.67이며 음성인 SAL 601이 4.17로서 비슷한 contrast를 갖고 있다.

표 1. 양성 및 음성 감광막의 현상변수 측정값

Table 1. The measured development parameter for negative and positive resist.

	측정 parameter				fitting error	비고
	Cm	R ₁	D ₀	α		
PMMA	1.224	0.044	101.6	4.67	0.79%	양성 감광막
SAL601	38.62	0.131	2.36	-4.17	0.19%	음성 감광막

현상율을 실험적으로 측정하여 모의실험의 입력값을 추출하는 방법은 노광장치의 특성, 감광막의 성질, 현상액의 성질등 여러가지 공정조건에 따라 달라지며 패턴의 크기에 많은 의존성을 갖고 있다.

실험에 있어서 사용한 방법으로는 현상율을 측정하기 위하여 노광면적을 200×200μm로 하여 현상이 되어가는 두께변화를 측정하는 방법으로 실제 미세패턴을 노광하였을때 발생하는 현상율과는 약간의 차이가 있음을 알 수 있었다. 이러한 결과는 패턴의 크기가 변함에 따라 달라지는 현상율의 정보를 얻기가 어려우며 모의 실험에 적용한 결과가 모든 크기의 패턴에 잘 적용되기는 매우 힘들다.

2. 모의실험에서의 프로파일의 경향

앞절에서 측정한 현상율을 입력값으로 모의실험을 실행하였다. 모의실험에 적용한 현상식은 에너지에 대한 현상율의 변화를 얻기 위한것으로 양성과 음성감광막의 차이는 비 노광지역의 현상율과 contrast값이다. 전자 빔으로 0.25μm의 line 패턴을형성하기 위하여 양성인 PMMA감광막은 에너지 330μC/cm² 에서 90초를 현상하여 프로파일을 확인 하였다. 또한 음성인 경우는 에너지 10μC/cm²에서 9분 현상을 하였다. 그림 5

와 6은 모의 실험의 결과이다. 그림에서 보는 바와 같이 양성과 음성의 특성을 볼 수 있으며 이 특성이 노광지역과 비노광지역이 현상율의 차이에 의하여 결정됨을 알 수 있다. 특히 이 결과는 실험에서 측정된 노광범위와 현상율이 잘 일치됨을 알 수 있다. 감광막의 프로파일에 있어서 경사를 비교하여 보면 양성과 음성이 비슷한 결과를 얻었으며 이것은 현상식에서 계산된 contrast 값과 일치 한다.

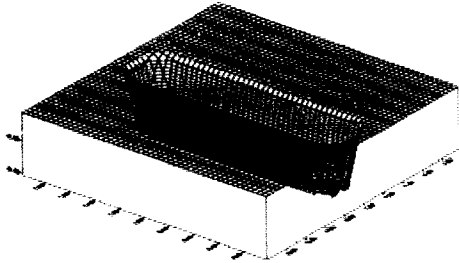


그림 5. 양성 감광막의 현상 프로파일
Fig. 5. The simulated resist profile of positive resist.

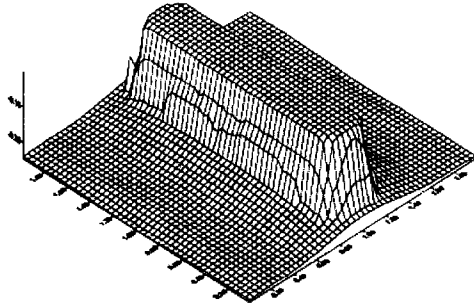


그림 6. 음성감광막의 현상 프로파일
Fig. 6. The simulated resist profile of negative resist.

전자빔 모의 실험의 경향성을 분석하기 위하여 노광 에너지와 현상시간의 변화에 대한 감광막 프로파일의 변화를 살펴보면 모의 실험의 적용가능성을 예측할 수 있을 뿐 아니라 감광막에 대한 공정조건과 경향을 예측할 수 있다. 그림 7은 양성 감광막에 대한 현상시간의 의존성을 확인한 결과이다.

모의 실험에서 사용한 패턴은 0.25 μ m의 elbow 패턴이다. 이 패턴을 330 μ C/cm² 에너지에서 노광하여 현상시간 60초, 90초, 120초 동안 현상한 결과 패턴의 크기와 현상 시간의 변화에 따라 감광막 프로파일이 변하고 있음을 알 수 있다. 실제 공정에 있어서 최적의 현상시간과 최적의 에너지를 찾기 위하여 모의 실험을

실행하여 보고 적정 조건을 측정할 수 있다. 실제 공정에 있어서 공정조건은 0.25 μ m 패턴을 노광하여 현상할 경우 330 μ C/cm²의 에너지와 약 90초 정도의 현상시간이 소요된다. 또한 패턴의 크기가 클 수록 낮은 에너지 조건이 소요됨을 모의 실험결과로부터 알 수 있다.

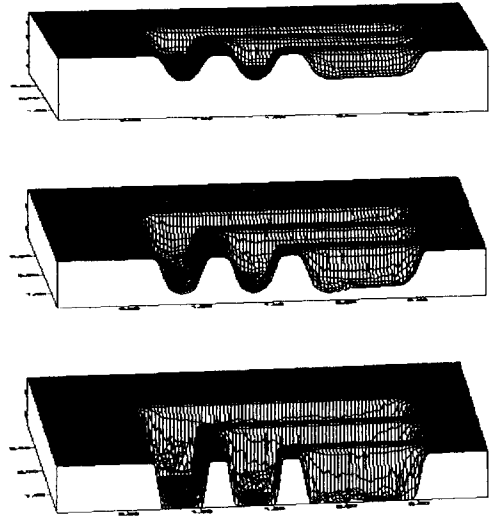


그림 7. 현상시간에 따른 양성 감광막의 프로파일(그림순 : 60초, 90초, 120초)
Fig. 7. The simulated resist profile of positive resist with the variance of development time.

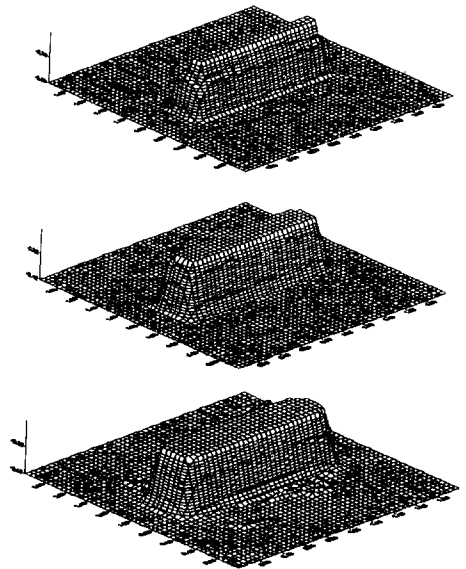


그림 8. 에너지에 따른 음성 감광막의 프로파일(그림 순 : 5 μ C/cm², 10 μ C/cm², 20 μ C/cm²)
Fig. 8. The simulated resist profile of negative resist with the variance of exposure energy.

음성감광막의 경우 에너지 의존성에 대하여 고찰하여 보면 그림 8에서 경향성을 예측할 수 있다. 그림 8의 결과는 에너지를 5, 10, 20 $\mu\text{C}/\text{cm}^2$ 로 증가하면서 음성감광막에 노광 하였을 때 감광막에는 에너지의 양만큼 저장이 된다. 모의실험에서 9분 현상하였을때 음성감광막은 에너지의 양에 따라 선폭이 결정된다. 모의 실험 결과에서 볼 수 있듯이 에너지가 증가할 수록 선 폭의 증가하는 경향을 갖는 음성감광막의 특징을 갖고 있다. 실제 음성 감광막의 공정경향을 그대로 볼 수 있다. 모의실험의 결과로 부터 공정조건은 9분의 현상시간에서 약 10 $\mu\text{C}/\text{cm}^2$ 이하의 dose가 필요함을 알 수 있다.

3. 감광막의 현상 프로파일 비교분석

일반적으로 모의실험의 타당성은 실제 감광막의 프로파일이 일치하고 있는가에 대하여 확인하므로써 평가하게 된다. 모의실험을 검증할 수 있는 요소로서 현상시간과 노광시간 변화에 따른 경향의 일치성을 실제 공정과 비교하여 분석하므로써 알 수 있다. 본 연구에서는 프로파일이 변화되는 것을 실제 공정조건을 가지고 비교하였다. 그림 9일치성을 실제공정과 비교하여 분석하므로써 알 수 있다. 본연구에서는 프로파일이 변화되는 것을 실는 0.3 μm 패턴의 경우 dose조건에 따른 프로파일의 비교이다. PMMA의 경우 260 $\mu\text{C}/\text{cm}^2$ 에서는 패턴이 현상되지 않는 것을 볼 수 있으며 330 $\mu\text{C}/\text{cm}^2$ 이상에서 최적의 조건이 있음을 알 수 있다. 그림 9의 결과는 모의 실험과 실제 공정과 같은 경향을 갖는 것을 보여주고 있으며 공정조건에 대한 신뢰를 높이는 결과이다.

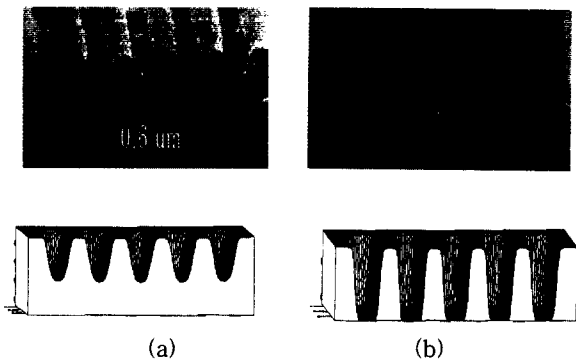


그림 9. 양성감광막의 에너지 변화에 대한 프로파일 비교 (a. 260 $\mu\text{C}/\text{cm}^2$ b. 330 $\mu\text{C}/\text{cm}^2$)

Fig. 9. The comparison of positive profile with the variance of energy.

그림 10은 0.2 μm 의 패턴에 대한 프로파일 비교이다. 360 $\mu\text{C}/\text{cm}^2$ 에서도 최적의 선폭을 얻기에 부족한 것을 모의실험과 비교하여 알 수 있으며 이 패턴크기에서는 최적의 선폭을 얻기 위하여 다른 공정조건이 필요하다. 음성 감광막의 경우 모의실험의 결과 10 $\mu\text{C}/\text{cm}^2$, 9분에서 0.25 μm 의 패턴을 얻었으며 실제 프로파일과도 유사하다. 따라서 전자빔에 의한 모의실험은 경향성과 프로파일의 형성에 있어서 실제 공정과 잘 일치하고 있음을 알 수 있으며 어떠한 패턴형태라도 모의실험으로 최적의 조건을 얻는 것이 가능하다.

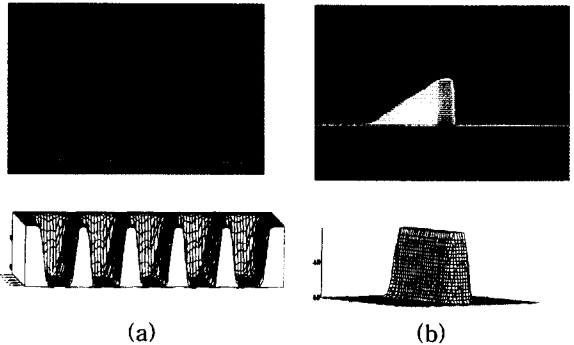


그림 10. 양성과 음성감광막의 최적공정조건 비교 (a. PMMA 0.2 μm pattern b. SAL 601 0.25 μm pattern)

Fig. 10. The comparison of optimum condition.

V. 결 론

전자빔 리소그래피의 모의실험은 먼저 기판에 전사되는 전자의 에너지 분포를 계산하고 그것을 이용하여 패턴노광과 현상을 하게 된다. 본 실험에서는 먼저 전자산란계산 프로그램과 현상 프로그램을 제작하여 전자빔 리소그래피 공정을 모의실험할 수 있게 하였다. 모의실험에서 사용한 전자빔용 감광막은 양성인 PMMA와 음성인 SAL601 으로서 각각의 현상액속에서 현상되는 현상율을 정확하게 측정하여 프로그램의 입력값으로 활용하였다. 이러한 실험적인 방법을 이용하여 전자빔 리소그래피를 모의실험하여 보고 공정의 경향성에 대하여 비교하여 보았다. 그 결과 감광막의 변화와 공정의 결과를 예측할 수 있다.

또한 모의실험 프로그램의 실용성을 검토하기 위하여 에너지, 현상시간과 같은 공정변수들의 변화에 의한 감광막의 현상 프로파일을 실제 공정결과와 비교하였다. 모의실험에 사용한 현상식을 실험적으로 측정하여

활용하므로써 양성과 음성의 특성과 경향에 잘 맞는 결과를 얻을 수 있었다. 특히 공정변수에 대한 감광막 프로파일의 변화가 공정과 모의실험의 결과와 잘 일치하므로써 모의실험을 통하여 최적의 공정과 문제점들을 알 수 있다.

감사의 글

※ 본 연구는 교육부 학술 연구 조성과 ETRI 차세대 반도체 기반 기술 사업의 연구 결과이며 이 연구에 많은 관심과 도움을 주시는 ETRI 연구원들에게 감사사를 드린다. 그리고 노광실험에 도움을 주신 서울대 반도체 공동 연구소 기사와 조교에게 감사를 드린다.

참 고 문 헌

[1] A. Moniwa and S. Okazaki: Jpn. J. Appl.

Phys. Series 5, Proc. of 1991 International MicroProcess Conference, pp. 128-132.

[2] J.C. Jacob et al., "Proximity effect in electron beam lithography," J.Vac. Sci. Tech., vol.12, no 6, pp 1271-1275, 1975.

[3] Neureuther, "Electron-beam resist profile simulation," IEEE Transactions on Electron Devices, vol. Ed-26 no.4, April 1979.

[4] K. Murata "Monte-Carlo simulation of electron scattering in resist film/substrate target," Electron Beam Interaction with Solid, pp 311-329.

[5] K. Murata et al., "Monte-Carlo simulation of fast secondary electron production in electron beam resists," J. Appl. Phys. 52(7), pp 4396-4405, July.

저 자 소 개

咸 泳 穆(正會員)

1959년 1월 19일생. 1983년 2월 한양대학교 물리학과 졸업(B.S). 1985년 9월 한양대학교 물리학과 대학원 졸업(M.S). 1986년 8월 ~ 현재 현대전자 반도체 연구소 책임연구원. 1993년 3월 ~ 현재 서울대학교 대학원 전기공학부 박사과정. 주관심분야는 lithography technology, simulation and modeling, 그리고 semiconductor process 등임

曹 光 燮(正會員)

현재 관동대학교 물리학과 조교수

徐 泰 源(準會員)

1969년 12월 1일생. 1993년 2월 고려대학교 전기공학과 졸업(B.S). 1995년 2월 서울대학교 전기공학과 대학원 졸업(M.S). 1995년 3월 ~ 현재 LG전자 중앙연구소 ASIC Center 연구원. 주관심분야는 E-beam lithography simulation, 반도체 설계 및 소자 등임

李 昶 範(正會員)

1973년 7월 7일생. 1994년 2월 서울대학교 전자공학과 졸업(B.S). 1995년 2월 ~ 현재 서울대학교 대학원 전기공학부 석사과정. 주관심분야는 E-beam lithography simulation and modeling, 반도체 공정 및 소자 등임

全 國 鎭(正會員)

현재 서울대학교 전기공학부 부교수