

가 이루어졌으나 아직까지 리소그래피 공정은

## 플라즈마 공정을 이용한 전자빔 리소그래피

### E-beam Lithography using Plasma Processes

김성오\*, 이진\*\*, 이경섭\*\*\*, 이덕출\*

Sung-O Kim\*, Jin Lee\*\*, Kyung-Sup Lee\*\*\*, Duck-Chool Lee\*

\*인하대학교 전기공학과

\*\*목포대학교 전기공학과

\*\*\*동신대학교 전기공학과

\*Dept. of Electrical Eng., Inha University

\*\*Dept. of Electrical Eng., Mok-po National University

\*\*\*Dept. of Electrical Eng., Dongshin University

#### Abstract

In this study, the PPPI(Plasma Polymerized Phenyl Isothiocyanate) resist thin film was manufactured in accordance with the plasma polymerization method and after exposing it to an electron beam, a pattern was formed by plasma etching. With the FT-IR(Fourier transform-infrared spectrometry) analysis, it was confirmed that the PI(Phenyl Isothiocyanate) monomer was successfully produced into a thin film by the plasma. The polymerization rate of the thin film was 450~1012[Å/min] to 100~200[W] discharge power and 120~12[Å/min] to 0.1~0.4[torr] system pressure.

#### 1. 서 론

최근에, DRAM(Dynamic Random Access Memory)이 선도하는 실리콘 반도체의 공정 및 소자기술은 Giga 시대의 요구에 의해서 서브미크론(Submicron) 기술에서 현재는 나노미터(Nanometer)단위의 기술시대를 맞고 있다. 이러한 프로세스를 실현시키기 위해서는 nano 공정에 적합한 레지스트의 개발과 리소그래피 공정의 완전한 건식화를 이루어야 한다.

현재의 리소그래피 공정에 있어서는 레지스트 박막의 형성과 현상(Development) 및 제거(strip)를 제외한 나머지 공정들은 거의 건식화

일반적으로 용매를 사용하는 습식 공정에 의해서 수행되고 있다. 그러나 습식공정에서 접촉불량(Adhesion), 감광막의 산화, 감광막의 부풀림(Swelling) 보트(Boat)등의 여러 가지 문제점들로 인하여 단일진공 챔버내에서 기판세척, 레지스트의 형성 및 현상등의 공정들을 수행하고, 노광의 소스로는 광 대신에 전자빔을 채택하는 진공리소그래피(Vacuum Lithography) 공정의 필요성이 대두되었다.[1-9]

본 연구는 진공리소그래피 공정에 의해 나노미터 단위의 패턴을 구현하기 위해서 내정전 결합형 플라즈마 중합장치를 이용하여 Phenyl

Isothiocyanate 레지스트 박막을 제작하고, 전자

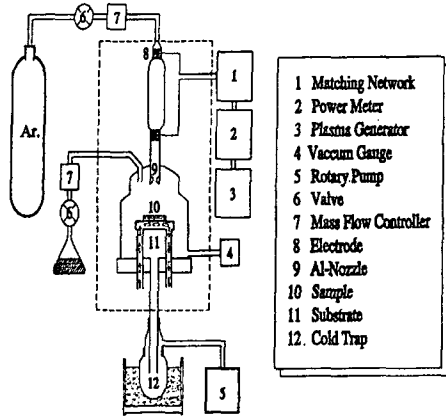


그림 1. 플라즈마 중합장치의 개략도  
Fig. 1. Schematic diagram of plasma polymerization apparatus.

빔을 조사한 후 플라즈마 에칭을 통하여 패턴을 형성하였다.

## 2. 실험

레지스트 박막을 제조하기 위한 단량체(monomer)는 광에 대한 민감성을 가지고 있는 Phenyl Isothiocyanate(PI)를 모노머로 채택하여 박막을 제조하였고, 실험장치는 13.56[MHz]를 사용하여 플라즈마를 유지시켰고 전극은 내정 전타입을 채택하였다. 배기는 로타리펌프를 사용하여 진공배기하였고 안정한 방전을 위해서 반응부를 분리시켰다. 본 실험에 사용된 플라즈마 중합장치의 개략도를 그림 1에 나타냈다.

플라즈마 중합박막(Plasma Polymerized Phenyl Isothiocyanate - PPPI)은 실리콘 웨이퍼(Recticon Enterprises, Inc., Polished Prime Silicon Wafers)에 열확산법에 의해 제조된 SiO<sub>2</sub> 막 위에 제조하였으며, 중합조건으로는 100~200[W], 반응관 압력을 0.1~0.4[Torr], 아르곤 가스 유량을 30[mL/min]의 실험조건들에서 중합시켰다. PPPI 박막의 분자구조분석은 적외선 분광(Fourier Transform Infrared Spectra, Bio Rad Co., FTS-165) 분석으로 조사하였으며, 박막의 두께측정을 위해서 SEM(Scanning Electron Microscopy, JSM-840A, JEOL)를 사

용하였다. 나노미터 패턴 형성을 위해 벡터스캔 방식의 전자선 조사장치(LEICA, EBML300)를 사용하였으며 가속 전압(Accelerating Voltage)은 30[kV]로 유지하고 조사량(은 1[ $\mu\text{C}/\text{cm}^2$ ])에서 300[ $\mu\text{C}/\text{cm}^2$ ]의 범위로 라인 패턴을 형성시켰다. 전자빔에 의해 묘사한 후 self development를 알아보기 위해 SEM으로 관찰하였다. 패턴현상은 플라즈마 중합장치에서 플라즈마 에칭을 이용하여 수행하였다.

## 3. 결과 및 고찰

그림 2는 PI 단량체와 KBr 기판에 제조된 플라즈마 중합막(PPPI)의 적외선 흡수 스펙트라 특성을 나타낸다. PI 단량체의 경우에서 3100[ $\text{cm}^{-1}$ ] 피크는 CH 신축진동이며, 2000~1700[ $\text{cm}^{-1}$ ]에서의 4개의 약한 피크는 페닐(C<sub>6</sub>H<sub>5</sub>)기, 2160[ $\text{cm}^{-1}$ ] 피크는 C≡N 신축진동, 2050[ $\text{cm}^{-1}$ ] 피크는 -N-C-S기, 650[ $\text{cm}^{-1}$ ] 피크는 S-CN 신축진동을 나타낸다. 그런데 PPPI의 스펙트럼에서는 PI에서 볼 수 없는 C-H 지방족 결합을 나타내는 새로운 피크가 2900[ $\text{cm}^{-1}$ ]에서 나타나고 있다. 또한 PI에서 -N-C-S기를 나타내는 2050[ $\text{cm}^{-1}$ ]의 흡수피크가 PPPI에서는 2200[ $\text{cm}^{-1}$ ] 피크로 변위하여 나타났다. 이는 아이소티오시아네이트기가 플라즈마로 인하여 변환하였음을 나타내며, 또한 C-H 지방족 피크의 출현(2900[ $\text{cm}^{-1}$ ])과 1600[ $\text{cm}^{-1}$ ], 1400[ $\text{cm}^{-1}$ ], 그리고 1000[ $\text{cm}^{-1}$ ]에서 나타난 넓은 방향족 피크들도 플라즈마에 의해 변환하였다는 좋은 증거이다.

사진 1은 진공리소그래피 공정에 의해 선풍을 35[nm]까지 형성 시킨 SEM 사진이다.

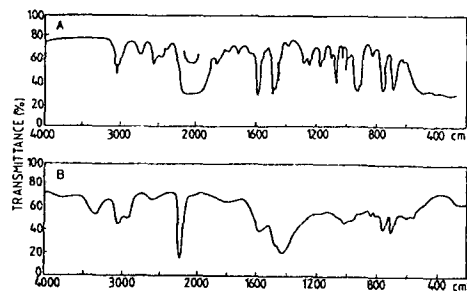


그림 2. PI모노머(A)와 PPPI막(B)의 IR 스펙트라  
Figure 3. IR spectra for PI-monomer(A) and PPPI

film(B).

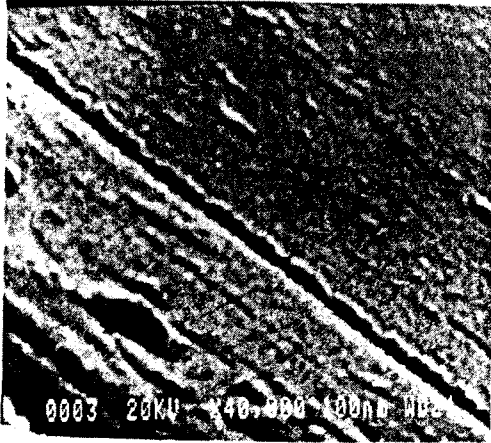


사진 1. PPPI패턴(35nm)의 SEM 사진

Photo. 1. SEM micrograph of PPPI pattern(35[nm]).

35[nm]의 패턴이 선명하게 형성된 것을 볼 수 있다. PPPI 박막의 감도(sensitivity)와 대조도(contrast)는 각각  $5[\mu C/cm^2]$ 과 4.5이었다.

#### 4. 결 론

플라즈마 중합법에 의해 PPPI(Plasma Polymerized Phenyl Isothiocyanate)레지스트 박막을 제작하고 진공리소그래피 공정으로 나노패턴을 형성하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

(1) FT-IR 분석에 의해서 PI 모노머의 구성성분들이 플라즈마에 의해 변화하여 PPPI 박막으로 성장하였다.

(2) 박막의 중합률은 방전전력 100~200[W]에 따라서는 450~1012[A/min]이었고, 시스템 압력 0.1~0.4[torr]에 따라서는 120~15[A/min]이었다.

(3) PPPI 레지스트 박막의 감도와 대조도는  $5[\mu C/cm^2]$ 과 4.5이었다. 패턴은 최소 35[nm]까지 형성하였다.

#### Reference

[1] S. Morita, J. Tmano, S. Hattori, M. Ieda, J. of Appl. Phys., 51, 3938 (1980).

[2] A. Von Angel, Ionized Gases, Oxford University Press, (1965).

[3] K. C. Choi, Ph.D. Thesis, Seoul National University, Korea, (1993).

[4] A. M. Voshchenkov, J. Vac. Sci. Technol., A11(4), 1211, (1993).

[5] W. Kratschmer et al., Nature, 170, 167, (1990)

[6] D. L. Smith, Thin-film Deposition Principles & Practice (McGraw-Hill, 1995).

[7] E. L. Neauss, IEEE Trans. on Plasma Science, 22(1), 2, (1994).

[8] S. O. Kim and D. C. Lee, First Asia-Pacific International Symposium on the Basic and Application of Plasma Technology, Toulieu, Taiwan, 149~152, (1997).

[9] W. Glendinning and John N. Helbert, Handbook of VLSI Microthography(Noyes Publications, 1991), Chap.1.