

## Photo lithography을 이용한 플라즈마 에칭 가공특성에 관한 연구

백승엽<sup>†</sup>

인덕대학교 기계설계과<sup>†</sup>

### A study on processing characteristics of plasma etching using photo lithography

Seung-Yub Back<sup>†</sup>

Department of Mechanical Design, Induk University<sup>1,†</sup>

(Received February 28, 2018 / Revised March 20, 2018 / Accepted April 01, 2018)

**Abstract:** As the IT industry rapidly progresses, the functions of electronic devices and display devices are integrated with high density, and the model is changed in a short period of time. To implement the integration technology, a uniform micro-pattern implementation technique to drive and control the product is required. The most important technology for the micro pattern generation is the exposure processing technology. Failure to implement the basic pattern in this process cannot satisfy the demands in the manufacturing field. In addition, the conventional exposure method of the mask method cannot cope with the small-scale production of various types of products, and it is not possible to implement a micro-pattern, so an alternative technology must be secured. In this study, the technology to implement the required micro-pattern in semiconductor processing is presented through the photolithography process and plasma etching.

**Key Words:** Develop, Micro-pattern, Photolithography, Photoresist, Plasma etching

#### 1. 서 론

포토리소그래피 공정은 어떤 특정한 화학약품(Photo resist)이 빛을 받으면 화학반응을 일으켜서 성질이 변화하는 원리를 이용하여, 얻고자 하는 pattern의 mask를 사용하여 빛을 선택적으로 PR에 조사함으로써 mask의 pattern과 동일한 pattern을 형성시키는 공정이다<sup>1)</sup>. 빛에 의한 효율적인 화상형성 기술을 이용하는 광미세가공기술(photolithography)은 지난 20세기 말경에 크게 발전하여 대용량 반도체(VLSI)의 미세회로가공에 적용되는 중요한 핵심 기술로 발전하였다. 미세회로 가공에 이용되는 포토레지스트(photoresist)는 현재의 고도로 발전한 인쇄와 반도체 및 전자-정보 산업의 중요한 소재이다<sup>2)</sup>. 또한 광경화 표면 코팅 재료로 널리 사용되고 있으

며, 광미세가공(optical lithography)과 광가공(photofabrication) 기술을 이용하는 고집적 반도체와 인쇄회로기판 가공용 포토레지스트 재료, 인쇄체판용 감광재료 및 전자 표시 장치인 브라운관과 LCD의 칼러 화면 가공용 포토레지스트 재료로서 화상형성작업에 중요하게 사용된다. 빛에 민감한 포토레지스트 또는 레지스트로 기판 표면에 적용되는 폴리머 용액을 사용하며, 일반사진의 film에 해당하는 포토레지스트를 도포하는 PR 도포공정, mask를 이용하여 선택적으로 빛을 조사하는 노광공정, 다음에 현상액을 이용하여 빛을 받은 부분의 PR을 제거하여 pattern을 형성시키는 현상공정으로 구성된다<sup>3,4)</sup>.

기존의 포토레지스트에서는 노광된 부분에서 직접적으로 감광 물질이 분해되거나 가교반응이 일어나 이를 현상하면 포지티브 또는 네가티브 형태의 포토레지스트 화상(image pattern)이 얻어진다. 그러나 화학중폭성 포토레지스트에서는 노광에 의하여

<sup>†</sup> 교신저자: 인덕대학교 기계설계과  
E-mail: sybaek@induk.ac.kr

산 반응성 고분자 또는 화학물이 직접적으로 반응하지 않고 노광된 부분의 PAG에서 산이 발생되어 잠상(latent image)만이 생긴다. 발생한 산은 다음 단계인 노광후 가열 (post-exposure bake: PEB) 과정에서 산 반응성 물질에 촉매로서 작용하여 화학반응이 증폭되고 용해도에 현저한 차이를 가져오게 된다<sup>5)</sup>. 즉 노광에 의해 포토레지스트 층에 산 촉매가 삼차원적으로 분포되어 잠상이 형성되고, 100℃ 정도의 PEB 과정에서 열에 의한 산 촉매반응이 일어나 노광부분과 비노광부분의 포토레지스트 영역에 큰 용해도 변화를 가져와 감광도의 대폭적 향상이 이루어진다. 이와 같은 공정은 빛이 레지스트에 패턴을 전달하는 것이 중요하고 광학을 통해서 제어되기 때문에, 포토리소그래피는 경우에 따라서는 리소그래피로 언급된다<sup>6)</sup>.

본 논문에서는 포토리소그래피 공정을 이용하여 플라즈마 에칭 가공을 진행하고, 가공성과 수십 μm 패턴가공에 대한 연구를 진행하였다.

## 2. 포토리소그래피

### 2.1. Baking

포토리소그래피를 진행하기 위한 동판 시편 및 PR Film을 Fig. 1에서 보여주고 있다. 일반적으로 DFP의 경우 접착력이 있으나 보다 좋은 접착성을 얻고자 Baking machine을 이용해 동판 시편(100 100 0.5)과 PR과의 접착력을 향상시켰다.



Fig. 1 Baking process

### 2.2. Raminating

PR Coating을 진행하기 위해 Laminating machine과 PR Coating 단계를 Fig. 2에서 확인 할 수 있다. Laminating machine 롤러 상하부의 온도는 110℃, 롤러 압력은 0.4MPa, 롤링 속도 2m/min로 고정하고 PR-Type은 Negative로 선정하였다.

### 2.3. Contact exposure

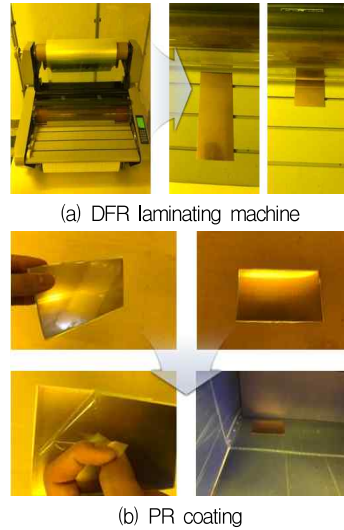
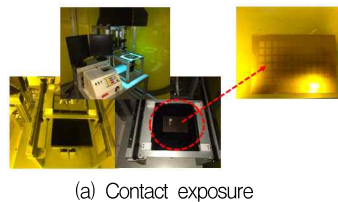


Fig. 2 Laminating process

60μm~25μm까지 다양한 마이크로 패턴제조를 원활하게 진행하기 위해 접촉식 노광을 적용하였다. 접촉식 노광은 Mask와 Panel을 밀착하여 노광하는 방식으로 강제적인 진공으로 밀착한 다음 노광을 진행한다. 이는 주로 패턴의 선 폭이 수십 μm내외인 제조 공정에 많이 사용되며 Panel과 Mask가 밀착되어 비교적 고 분해능 구현이 가능하고 UV 및 Energy 전달율이 양호하다. 또한, 빛의 회절을 줄이게 되어 가우시안 현상을 최소화 할 수 있다는 장점이 있다. 접촉식 노광에 필요한 UV Laser machine과 Alignment를 Fig. 3에서 소개하고 있다.



(a) Contact exposure

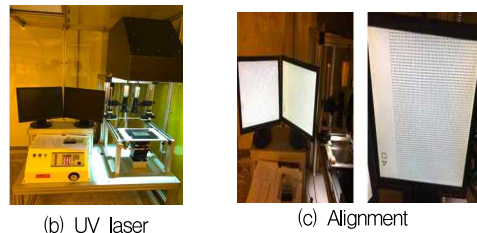


Fig. 3 UV laser machine and contact exposure process

### 2.4. Develop & Wet station

Develop 용액 온도에 따라서 PR 또는 제조 공정에 많은 영향을 준다. 이는 Develop 작업시간뿐만 아니라 용액 비율, 온도, 시간 등 여러 인자를 고려해야 일정한 박리를 통해 균일한 패턴을 얻을 수 있다. Fig. 4는 DI water, Sodium carbonate에 대한 적절한 비율과 작업시간을 통해서 박리가 이뤄지고 균일한 패턴을 확보하는 과정이다.

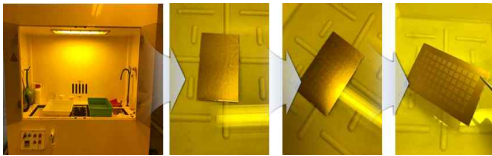


Fig. 4 Negative PR of the development process

### 2.5. Dry

Develop공정을 마치면 DI water로 세정을 진행한다. 이는 PR에 남아있는 Develop용액이 미세패턴 형상에 많은 영향을 줌으로써 언더컷, 가우시안 현상을 촉진시키기 때문이다. 또한, 세정 후 자연건조를 하는 이유는 동판과 PR사이에 발생하는 유격을 최소화하기 위한 방법으로, Fig. 5에서 세정 후 자연건조가 진행되는 것을 보여주고 있다.



Fig. 5 The natural drying

### 2.6. Measurement

플라즈마 에칭을 진행하기 전 포토리소그래피 공정을 통해서 제조된 마이크로 패턴 형상을 공구현미경을 이용하여 분석하였다. 가로 $48.48\mu\text{m}$ , 세로 $60\mu\text{m}$ 에 형상을 가지고 있는 수 백개의 패턴이 균일하게 생성된 것을 Fig. 6을 통해 확인할 수 있다. 측정 단계는 반도체 회로 패턴을 PR로 제조하기 때문에 이에 대한 패턴 구조가 균일하고 일정하게 생성되어야 플라즈마 에칭 시 원활하게 진행됩니다.

## 3. 실험결과 및 분석

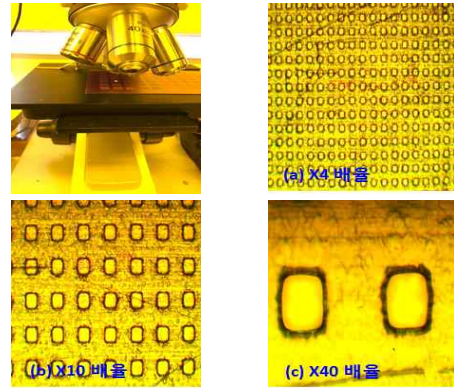


Fig. 6 Micrographics of Photolithography micro pattern

### 3.1. Plasma etching

Fig. 7은 플라즈마 에칭 시스템이다. 하전된 입자와 중성입자로 구성되어 있으며 집단적 운동을 하는 준중성 가스로 가공이 진행되며, 공기중의 미량의 자유전자, 강전계등에 의한 방출 연전자가 SEED가 되어 공급에너지에 의해 가속되어 충돌 및 이온화하여 플라즈마가 생성된다. 플라즈마 에칭은 미세 패턴 가능, 오염방지, PR 마스크 이용, Uniformity가 좋음, 에칭시간단축으로 본 연구에서 플라즈마 에칭을 이용하여 마이크로 패턴 가공을 진행하였다.



Fig. 7 Plasma etching machine

본 연구에 이용된 플라즈마 에칭 장비는 DC 및 RF 전압을 같이 사용할 수 있다. Fig. 8에서와 같이 DC 같은 경우 음극부분을 Cathode라고 부르며 양극부분을 Anode라고 부르고 각 전극과 플라즈마 사이를 Sheath라고 부른다. Chamber내부의 전위분포는 그림 6과 같이 분포하는 데 플라즈마 내부의 전위가 양전위를 나타내는 이유는 다음과 같다.

원래 플라즈마 내부의 이온과 자유전자의 수는 동수이나, Cathode와 Anode 사이에서 걸리는 전계로 인하여 이온과 자유전자가 운동에너지를 받게 된다.

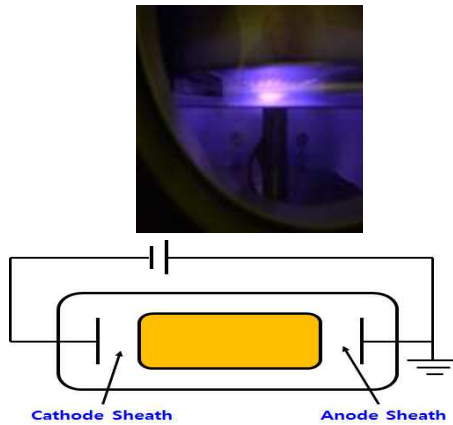


Fig. 8 DC voltage mechanism

Fig. 9에서와 같이 RF인 경우 이온을 두방향으로 운동시키려 할 때, 부도체를 Sputtering, Etching, PECVD 하려 할 때, 부도체에 Voltage Biasing 할 때 사용하며, DC의 경우 한쪽방향으로만 전계에너지를 받으나 RF의 경우에는 그 방향이 계속해서 바뀌지게 되므로 DC 보다 10배에서 100배까지 빠르게 이온화시킬 수 있다. 또 혼합 가스등을 사용할 경우 DC보다 훨씬 쉽게 원자분해를 할 수 있다.

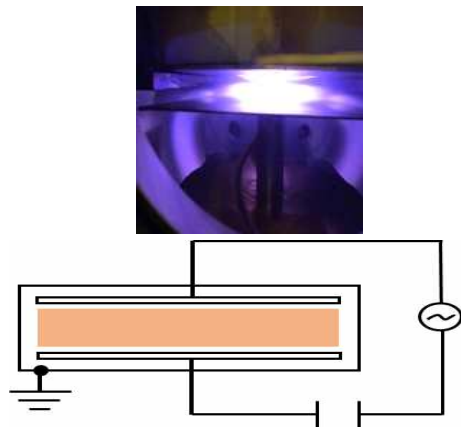


Fig. 9 RF voltage mechanism

### 3.2. Ashing 및 measurement

플라즈마 에칭 후 시료에 증착되어 있는 PR을 제거하기 위해 아세톤을 이용하여 박리작업을 진행하였으며, 최종적으로 측정용 통째 플라즈마 에칭 후 생성된 미세 패턴을 분석하고 가공성을 확인하였다.

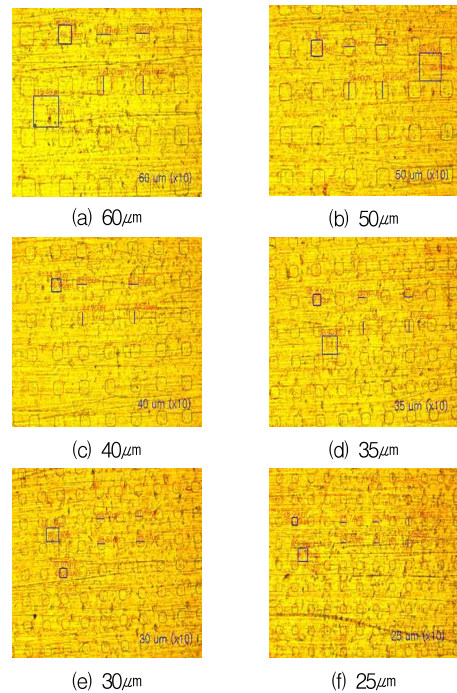


Fig. 10 The shape of micro patten in copper workpiece

Fig. 10은 포토리소그래피 공정 후 플라즈마 에칭을 통해서 제조된 마이크로 패턴 형상을 보여주고 있으며, 60µm에서25µm까지 패턴 크기에 대한 제한이 없이 가공이 되는 것을 확인하였다.

## 4. 결론 및 토의

본 연구에서는 플라즈마 에칭을 진행하기 포토리소그래피 공정을 적용해 Cu 시료에 마이크로 패턴 형상을 생성하고 가공까지 진행하여 적절한 공정과 가공기술을 제시하고 다음과 같은 결과를 얻었다.

- 1) 플라즈마 에칭을 하기 위한 포토리소그래피 공정에 대한 적용성을 확인하였다.
- 2) Develop용액이 마이크로 패턴 형상에 미치는 영향을 확인하고 적절한 비율과 시간을 통해 균일한 패턴이 생성되었다.
- 3) 자연건조를 통해 시료(동판)과 PR사이에 발생하는 유격을 최소화하였다.
- 4) 플라즈마 에칭 가공으로 60µm~25µm에 다양한 마이크로 패턴을 얻을 수 있었다.

위의 결과들을 토대로 볼 때, 본 연구에서 플라즈마에칭에 적절한 포토리소그래피 공정을 선정하여 균일하고 정밀한 마이크로 패턴을 얻을 수 있다. 또한, 플라즈마 에칭 여러 인자를 고려한다면 수 마이크로 패턴과 균일한 속도로 식각이 진행될 수 있게 가능하다. 즉, 형성된 마이크로 패턴 또는 회로의 모양에 대한 불량률을 최소화 할 수 있을 것이다.

### 참고문헌

- 1) W. K. Choi, S. H. Kim, S. G. Choi, D. S. Jin, G. C. Moon, E. S. Lee, "Study on Adhesion Improvement between Invar and Dry Film Photoresist.", Proceedings of the KSMPE Conference, 33-33, 2016.
- 2) Park, S. I., Quan, Y. J., Kim, S. H., Kim, H., Kim, S., Chun, D. M., & Ahn, S. H., "A review on fabrication processes for electrochromic devices.", International Journal of Precision Engineering and Manufacturing-Green Technology, 3(4), pp. 397-421, 2016.
- 3) Hyungjun Lim, Jaejong Lee, Kee-Bong Choi, Geehong Kim, Sunghwi Lee, "Technology for Roll-based Nanoimprint Lithography Systems.", Journal of the Korean Society of Manufacturing Process Engineers, 12(5), pp. 1-8, 2013.
- 4) Young Jae Shin, Jeong Dae Cho, Eung Suk Lee, "Trends of Soft Lithography Technology.", Journal of the Korean Society for Precision Engineering, 20(4), pp. 5-11, 2003.
- 5) Nastaushev, Y. V., et al., "20-nm Resolution of electron lithography for the nano-devices on ultrathin SOI film.", Materials Science and Engineering: C 19.1, pp. 189-192, 2002.
- 6) Gerardino, A., et al., "Electron-beam lithography patterning of magnetic nickel films.", Micro-electronic engineering 57, pp. 931-937, 2001.