

## 전자빔 네가티브 레지스트의 건식현상에 관한 연구

박종관\*, 박상근\*, 조성욱\*\*, 우호환\*\*, 김영봉\*\*, 이덕출\*

\* 인하대학교 \*\* 인하전문대학

### A study on the dry development of Electron beam negative resist

J.K. Park\*, S.G. Park\*, S.U. Cho\*\*, H.W. Woo\*\*, Y.B. Kim\*\*, D.C. Lee\*

\* Inha Univ. \*\* Inha Junior Col.

#### ABSTRACT

The purpose of this paper is to describe an application of plasma polymerized thin film as an electron beam resist. Plasma polymerized thin film was prepared using an interelectrod inductively coupled gas-flow-type reactor. Styrene was chosen as the monomer to be used. This thin films were also delineated by the electron-beam apparatus and the pattern in the resist was developed with RIE and plasma polymerized apparatus.

The effect of charge of pressure on growth rate and etching rate of the thin films were studied. The molecular structure of thin film was investigated by FT-IR and then was discussed in relation to its quality as a resist.

#### 1. 서론

ULSI 시대로 접어들어 반도체 소자의 고집적도를 위하여 새로운 리소그래피 기술이 제안되어지고 있다. 반도체 소자를 위한 미세가공은 현재 photo lithography<sup>1)</sup>에 의해 행해지고 있지만 이는 광의 회절 현상으로 인하여 정밀도의 한계가 있기 때문에 초고집적화를 위해서는 가공의 미세도나 정도의 향상이 우수한 electron beam, ion beam 또는 X-ray lithography가 주목받고 있다.<sup>2)</sup> 이중 electron beam lithography<sup>3)</sup>는 자외선 대신에 전자선을 사용하는 가공법으로 sub-micron 의 패턴형성이 가능하지만 그에 알맞는 레지스트와 가공기술의 개발이 이루어져야 한다.<sup>4)</sup> 집적회로의 가공수법 및 가공속도는 레지스트의 특성에 의해 결정되어질 만큼 리소그래피에 있어서 레지스트의 역할은 대단히 중요하다.

따라서 기존의 폴리머 계통의 유기 레지스트 기술이 많이 연구되고 있다. 즉, 거의 모든 소자의 제조에 masking layer 공정이 요구되고 있고 직접패턴 형성의 기술의 부족과 경제적인 이유로 간접 패턴 형성이 요구되어지고 있다. 레지스트층은 얇은 실리콘 결정 웨이퍼 위에 수직으로 층층이 제조되는 전자소자를 가능케 하는 공정중의 하나이다. 이러한 층들은 절연, 반도체 소자 또는 금속접촉등에 이용되어질 수 있다. 부가적으로 회로 요소로부터 소자 제조능력을 제공함으로써 레지스트 공정은 소자의 수행능력에 영향을 미친다. 한 예로 레지스트의 해상도나 최소선폭(CD)의 조절은 소자의 회로집적도나 threshold 등에 영향을 미친다.

기존에 사용되는 레지스트에 있어서 가장 큰 문제점은 건식에칭시의 내에칭성이 약하다는 점과 공정상 습식방법을 채택하고 있다는 것이다. 이로 인하여 레지스트 현상(develop)시에 선택성이 없어지고 negative형인 경우 부풀림(swelling)현상으로 인하여 패턴의 정확도가 떨어진다.

따라서 새로운 E-beam레지스트로서 플라즈마중합막이 많이 연구되고 있다. 플라즈마중합막은 종래의 화학적 중합법에 의한 박막보다 복잡한 가교결합으로 구성되어 있어 내열성, 내마모성 및 내약품성이 우수하다. 따라서 본 연구에서는 플라즈마를 이용하여 레지스트의 도포와 현상에 대한 새로운 공정방식의 제시와 레지스트의 내에칭성 향상을 위한 새로운 전자빔 레지스트의 개발에 그 목표를 두고 styrene 모노머를 여러 조건하에서 제작하여 FT-IR을 이용한 구조분석을 행하였으며 E-beam 조사후 에칭특성에 대하여 조사하였다. 또한 lithography 공정의 마지막 단계인 Asher특성을 조사함으로써 레지스트의 응용가능성을 살펴보았다.

## 2. 실험

플라즈마중합막은 전극사이에 캐리어 가스를 흘려서 그 하류에 유입되는 모노머 가스를 기판상에 중합시키는 내정전 유동가스형 플라즈마 중합장치를 사용하였다.

캐리어 가스로는 아르곤을 사용하였으며, 방전조건은 캐리어 가스유량 10ml/min, 모노머 주입량 수ml/min, 가스압력 0.2~0.6torr, 방전주파수 13.56 MHz, 방전전력 20~70W로 행하였다.

박막의 분자구조 특성은 FT-IR spectrum을 통해 조사하였다. FT-IR은 측정시 단결정 KBr을 기판으로 사용하였으며, 520P model을 사용하였다. 이 장치의 resolution은  $4.0\text{cm}^{-1}$ , scans는 32로 하여 측정하였다.

pattern형성은 Si wafer위에 플라즈마중합막을 형성시킨 후 Vector Scan방식의 전자빔 장치(LEICA, EBML300)를 사용하여 pattern을 형성하였다. 이때 가속전압은 30kV로 유지하고 조사량은  $300\mu\text{C}/\text{cm}^2 \sim 900\mu\text{C}/\text{cm}^2$ 의 범위에서 수행하였다.

표화된 패턴을 현상하기 위해 플라즈마중합 반응관을 사용하여 에칭특성을 조사하였다. 또한  $\text{O}_2$  gas변화에 따른 Asher특성을 조사하였다.

## 3. 결과 및 고찰

네가티브 레지스트의 가장 큰 문제점은 부풀음 (swelling)현상<sup>5)</sup>이다. 즉 레지스트가 광에 조사된 후 용매에서 현상될 때 용매가 레지스트에 스며들어 원래의 패턴보다 더 부풀어 올라 해상도가 떨어진 다. 또한 액상의 용매 대신에 plasma 가속 이온을 사용하는 건식 에칭에 많은 문제점을 갖고 있다.<sup>6,7)</sup> 따라서 본 연구에서는 가교도가 높은 플라즈마중합 막을 제작하여 분자구조와 레지스트 특성을 조사하였다. PPS(plasma polymerized styrene)의 압력변화에 따른 IR spectrum을 그림 1에 나타내었다. 1530, 1470,  $1450\text{cm}^{-1}$ 의 피이크는 C=C 이중결합을 나타내는데, 이 피이크가 크게 줄어드는 것으로 나타나고 있다. 이는 박막이 중합할 때 이중결합이 끊어져 중합이 되어 가교 되어 피이크가 줄어든 것으로 볼 수 있다. 또한 PPS의 spectrum이 압력이 높아질수록 피이크의 수가 줄고 broad한 것은 압력이 높을수록 가교도가 높은 구조를 가진 플라즈마중합막이 형성된 것이라 생각할 수 있다.

레지스트는 열에 대한 안정성과 특히 에칭시에 내에칭성이 요구되어지며 이를 위해서는 고분자는 주쇄에 열에 안정한 방향족기나 C=C 결합을 갖는기를 포함하여야 하는데 플라즈마중합막의 경우 거의 벤젠고리와 C=C 결합으로 구성되어 내에칭성이 우수하리라고 추정된다.

그림 2는 압력변화에 따른 두께변화를 나타내고 있다. 압력이 증가함에 따라 두께가 현저하게 줄어드는 것을 볼 수 있다. 유기화합물은 증기중에서 방전을 행하면 고분자물질이 생성되고 열분해하지 않아야 한다. 그런데 압력이 높아지면 전자는 충분히 가속되지 않고 전자의 속도가 느려지는 밀도가 높은 기체에 흡수되어 고온 플라즈마로 되기 때문에 열분해 하여 중합율이 감소한다고 사료된다. 따라서 방전조건에 따라 박막의 두께를 조절할 수 있다고 생각된다.

그림 3은 플라즈마중합 반응관에서의 내에칭성을 나타내고 있다. 여기서 볼 수 있듯이 중합시의 방전전력이 높을수록 에칭율이 낮아진 것을 볼 수 있는데, 이는 방전전력이 높아질수록 박막의 가교도가 높아 에칭율이 감소한 것이라 생각할 수 있다.

리소그라피 공정에 있어서 에칭후에 남은 잔여 레지스트 없애는 strip과정은 매우 중요하다. 습식방법과 건식방법이 쓰이고 있는데 본 연구에서는 레지스트를 화합물 가스로 바꾸어 배출시키는 건식방법인 Asher장비를 이용하였다. SV온도  $130^\circ\text{C}$ , 압력 100mtorr, Power 200W에서  $\text{O}_2$  가스를 변화시키면서 Asher특성을 조사하였다. 그림 4에서 볼 수 있듯이 기존의 PR은 50sccm에서  $2500\text{A}/\text{min}$ 을 나타내는데 PPS는 더 좋은 특성을 나타내었으며 30sccm에서 가장 우수한 에칭율을 나타내었다.

## 4. 결론

스티렌을 내정전 유동가스형 플라즈마중합장치로 레지스트막을 작성하여 구조분석과 레지스트 특성을 살펴보았다.

FT-IR로부터 압력의 증가에 따라 더욱 가교된 구조를 보이므로 내에칭성이 향상될 것으로 보인다. 또한 압력에 따른 중합율의 변화로부터 방전 파라메타에 따라 박막의 구조와 두께를 제어할 수 있다고 생각된다. 플라즈마중합 반응관에서의 에칭특성과 Ashing특성은 기존의 레지스트에 비하여 더 좋은 특성을 나타내었다.

## 참고 문헌

1. W.B. Glendinning and J.N. Helbert, "Handbook of VLSI Micro Lithography", Noyes Pub., New Jersey (1991)
2. 배성태, 이영준, 이동환, "IC 공정중의 리소그라피와 에칭공정", 전자과학, 10 (1992)
3. D.P. Kern, P.J. Coane, and T.H.P. Chang, "Practical aspect of microfabrication in the 100nm region", Solid State Technol., 27, 2, 127 (1984)
4. 穂積啓一郎, 超LSI時代のプラズ마化學, 日本工業調査會, pp. 53~64 (1983)
5. L.F. Thompson, L.E. Stillwagon & E.M. Doerries, J. Vac. Sci. Technol., 15, 3 (1978)
6. 土田英俊, 草川英昭, 記録用材料と感光性樹脂, 日本學術振興會, pp 269~282 (1979)
7. 今村三郎, 半導體・集積回路技術 第15回 シンポジウム講演論文集, 24 (1978)

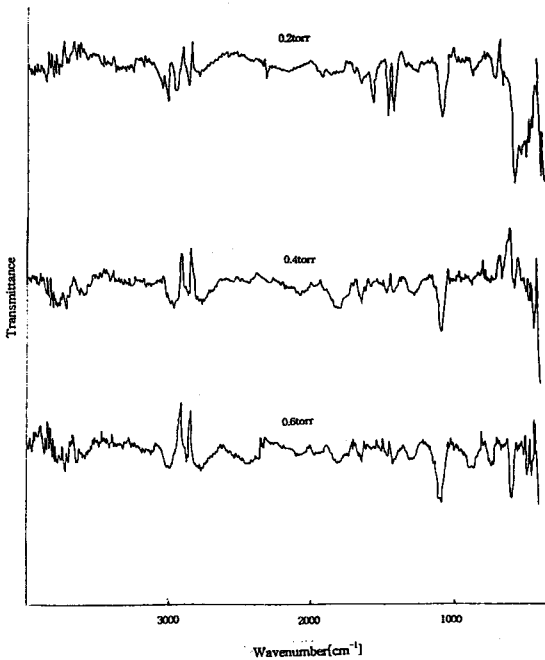


그림 1. PPS의 압력에 따른 FT-IR 스펙트럼

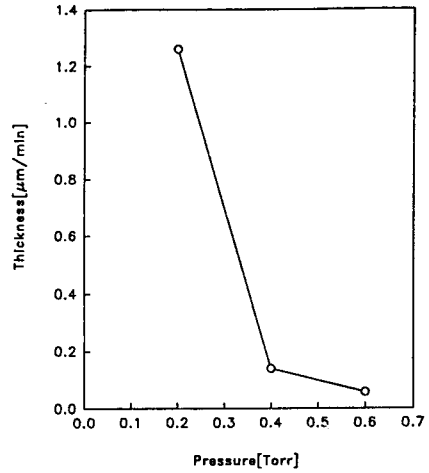


그림 2. 압력에 따른 두께변화

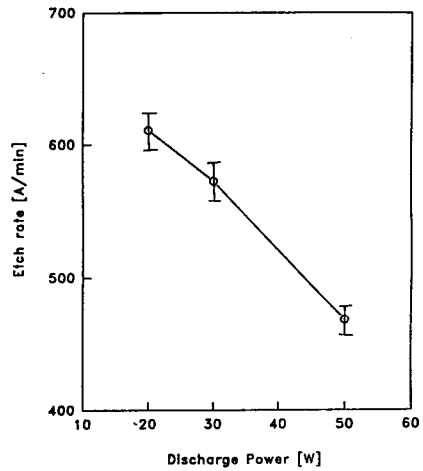


그림 3. 플라즈마 에칭시 중합방전전력에 대한 에칭율 (100[W], Ar 30[sccm], 0.2[torr])

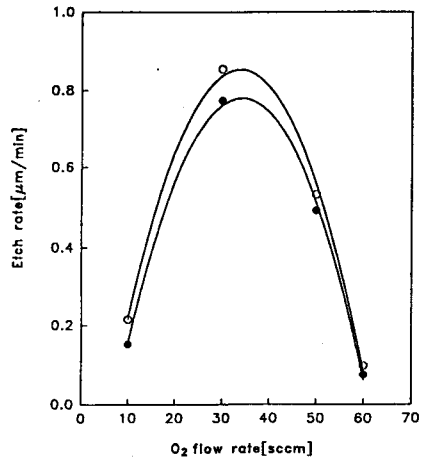


그림 4. 산소 변화에 따른 Asher특성 (○; polymerization at 20[W], ●; 30[W])