

플라즈마 약액 활성화 방법을 이용한 Photoresist strip 가속화 연구

김수인 · 이창우

국민대학교 나노전자물리학과, 서울 136-702

(2008년 2월 18일 받음)

반도체 소자 집적도의 비약적인 발전으로 인하여 반도체 공정은 더욱 다층화 되어가고 있다. 이러한 다층화 공정에서는 필수적으로 여러 단계의 패턴을 형성하기 위하여 Photoresist(PR)를 이용한 식각 공정을 사용하게 된다. 이러한 식각 공정에서 다단계 식각 공정으로 인한 공정시간 증가와 식각 후 남은 잔여 PR residue는 초고집적화된 현 반도체 산업에서는 소자에 치명적인 문제를 발생시킨다. 따라서 본 연구에서는 기존 PR strip 용액을 플라즈마에 의하여 액체 상태로 활성화하여 기존의 건식세정법과 습식세정법을 동시에 사용하여 PR을 효과적으로 제거하기 위한 방법을 연구하였다. 플라즈마에 의하여 약액을 활성화하기 위하여 먼저 플라즈마 약액활성을 위한 장치를 simulation하여 실험 장치에서 균일한 gas흐름을 확인하였다. 이후 플라즈마의 세기를 0V에서 100V까지 증가시켜 약액을 활성화한 후 PR을 strip하여 각 플라즈마 세기에서의 식각률을 조사하였으며 80V에서 가장 빠른 식각률을 나타냈다. 또한 0V와 80V의 Dilution에 대한 영향을 확인하였으며 약액을 Dilution 후에도 식각률은 더욱 향상됨을 확인할 수 있었다. 이러한 세정 시간의 단축은 여러 단계의 식각 공정 시간을 단축하여 반도체 공정에서 소자 생산을 위한 시간을 단축하게 된다. 또한 각 세정공정마다 증가한 세정 공정으로 인하여 세정액의 사용이 많아져 세정액 폐수로 인한 환경문제가 심각해지고 있다. 세정 약액 활성화 방법을 사용함으로써 세정액의 절감효과가 나타난다.

주제어: Photoresist(PR) strip, PR residue, 약액 활성화

I. 서 론

반도체 집적회로의 발달로 소자는 더욱 다층화 되었다. 다층화된 소자를 생산하기 위하여 반도체 공정에서는 여러 단계의 패턴 공정을 가지게 된다. 이러한 패턴 공정은 주로 Photoresist(PR)을 사용하여 이를 현상하는 방식을 사용한다. 하지만 이러한 PR패턴 공정이 반복되면서 패턴 공정 시간 지연이 발생하고 또한 사용된 후 제거되어야할 PR residue가 남아있게 된다. 반도체, 디스플레이의 생산 공정 중 세정공정은 30 ~ 40%를 차지하는 중요한 공정이다. 반도체 기술로드맵에 따르면 2010년에 45nm 기술이 구현되기 위해서는 입자오염물 22.5nm까지 제어해야 하고, 2015년에 25nm 기술이 구현되기 위해서는 입자오염물 12.5nm까지 제어해야 하며, 패턴의 형상도 갈수록 high aspect ratio화 해가고 있다. 일반적으로 입자오염물의 크기가 미세해질수록 부착력이 커지기 때문에 세정력이 더 우수해야 하며, high aspect ratio의 구조물에서는 그만큼 골이 깊게 되어 세정이 더 어려워지기 때문에, 현존기술로

는 한계가 있다. 이렇듯 세정 기술은 차세대 반도체 공정에서 중요한 자리를 차지하는 공정되었다[1-9].

본 연구에서는 기존에 사용되는 PR strip 용액을 액체 상태로 플라즈마에 의하여 활성화시키는 방법에 대하여 연구하였다. 이러한 약액 활성화 방법은 기존의 건식세정법과 습식세정법을 혼합한 방법으로 기존의 PR strip 용액의 strip 속도를 배가시켜 기존 반도체 공정에서 패턴 공정으로 인한 시간 지연을 줄일 수 있는 방법이다. 또한 PR strip 용액을 dilution한 실험을 실시하여 더 세정 약액 사용을 줄여 약액 사용으로 인한 환경문제와 그 비용을 절감할 수 있다.

II. 실험

플라즈마 활성 액을 만들기 위해 앞서 positive 감광제인 AZ1512를 1.2μm 증착한 Si 웨이퍼를 hot-plate에 3분간 baking을 하여 열 경화 시킨다.

본 실험에서는 세정약액을 액체상태로 진공챔버에 넣은 후 진공중에서 플라즈마를 인가하여 플라즈마의 영향에 의하여 약액을 활성화시켜 기존 세정 약액의 능력을 향상시키기 위한 실험으로 세정액인 Stripper 용액을 0%에서 50%로 희석한 후 각각의 용액을 플라즈마 약액 활성화 장치에 넣고 초기 진공을 유지한 후 Ar gas를 흘려 장치내의 압력을 일정한 압력으로 유지 시킨 후 실험에 임하였다. 또한 실험에 사용된 약액 활성화 장치의 균일한 플라즈마 상태를 유지하기 위하여 실험 조건을 simulation 프로그램을 이용하여 gas의 흐름을 확인하여 실험 전 최적의 균일한 상태를 찾아 실험에 임하였다. 이러한 실험 조건에서 플라즈마의 전압을 아날로그 슬라이더를 이용하여 0V에서 100V까지 증가시켜 가해준 후, 열 경화된 감광제가 증착된 Si 웨이퍼를 담근다. 30초간 strip을 한 후 30초간 rinse를 하고 질소가스로 건조 시켰다. strip 전·후의 PR 두께는 광학계를 기반으로한 Spectra-Thick을 이용하여 측정하였다.

이렇게 측정된 결과값을 이용하여 플라즈마에 의하여 PR strip 용액의 활성화 정도를 확인하여 그 상관관계를 확인하였으며, PR strip 용액을 dilution한 상태로 실험을 실시하여 약액을 줄이는 방법에 대하여 연구하였다.

III. 결과 및 고찰

Fig. 1은 플라즈마에 의한 약액 활성화 장치를 일정한 Ar gas 유량을 사용하여 진공을 안정화 시킨 상태의 gas 흐름을 simulation 프로그램을 이용하여 확인한 그림이다. 실험에 사용된 장치는 자체 제작된 것으로 실험 중 플라즈마를 생성하기 위한 Ar gas의 흐름을 균일한 상태로 유지하기 위하여 CFD를 이용하여 진공챔버 내부 크기와 약액

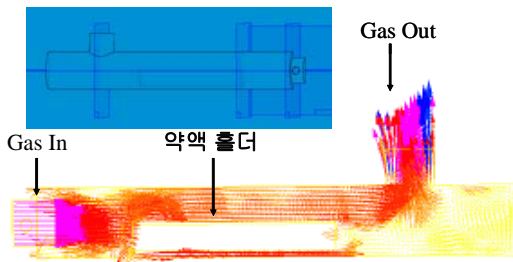


Fig. 1. Gas flow Simulation of plasma liquid - vapor activated chamber

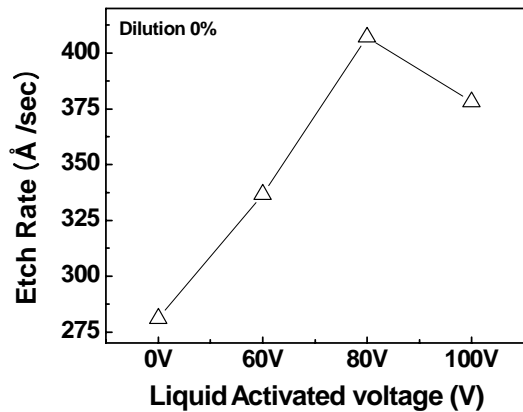


Fig. 2. The etching rate of photoresist as a function of Plasma power (V).

홀더를 넣을 위치 그리고 약액 홀더의 크기를 결정하였으며 Ar gas의 유량도 결정하였다. 따라서 simulation 프로그램을 이용하여 일정한 압력 조건에서 여러 조건의 Ar gas 유량을 설정하여 장치 내에 일정한 gas 흐름을 가지는 조건을 찾았으며, 또한 장치 내부에 설치된 약액 홀더의 위치와 크기를 결정하는 기초 자료로 사용하였다. 모의실험 결과 가장 균일한 gas 흐름을 가지는 조건을 확립하였다.

Fig. 2는 PR strip 용액을 아날로그 슬라이더를 이용하여 플라즈마를 0V에서 100V까지 조절하여 약액을 활성화한 상태에서 PR을 strip한 후의 식각률을 나타낸 그림이다. 식각률은 0V에서 281.1Å/s를 시작으로 80V에서 407.1Å/s로 급격한 증가를 보여준 후 100 V에서 378.1Å/s로 약간 감소한다. 결과에 의하면 80V에서 0V와 비교할 때 126Å/s 더 빠른 식각률을 나타냄을 확인하였다. 따라서 플라즈마에 의하여 약액을 활성화 시켰을 때 더 빠른 PR 식각률을 효과적으로 증가 시켰다. 이러한 결과는 액체 상태인 약액이 플라즈마에 의한 영향으로 일시적으로 약액의 상태가 변화(활성화)되어 식각률을 더 빠르게 증가시킨 결과이다. 또한 이 결과에서 80V에서 식각률이 가장 큰 변화값을 나타내었다. PR strip 용액을 dilution하여 사용하면 약액을 더 적은 양으로 사용하는 효과가 생긴다. 따라서 0V와 80V 이 두 조건에서 PR strip 용액을 dilution한 상태에서 플라즈마의 영향을 비교 확인하였다.

Fig. 3과 4는 아날로그 슬라이더의 power를 각각 0V와 80V로 고정한 후 dilution에 따른 식각률을 나타낸 그림이다. Fig. 3은 0V에서 dilution이 0%의 경우 34.61Å/s의 식각률을 보이고 25%의 경우에는 35.79Å/s로 소폭 증가한 식각률을 보였다. 50%는 27.47Å/s로 다소 감소한

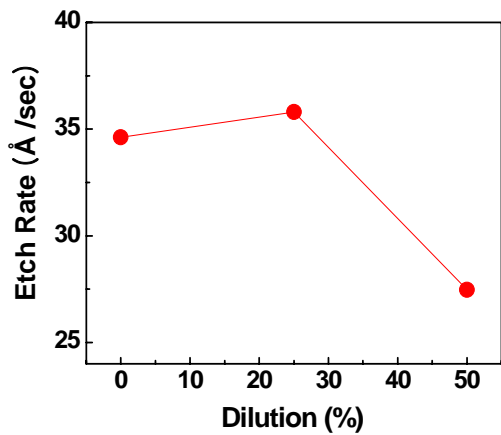


Fig. 3. The etch rate of photoresist as a function of dilution ratio under no plasma power (0V).

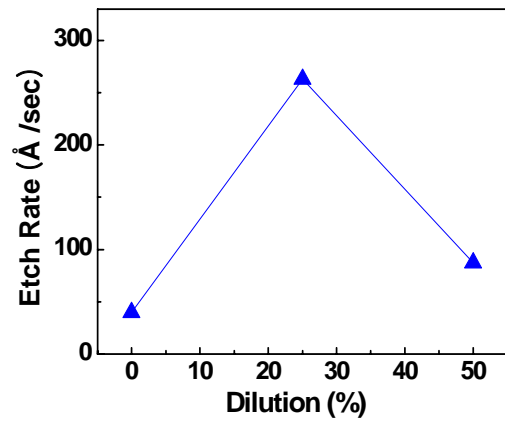


Fig. 4. The etch rate of photoresist as a function of dilution ratio under plasma power (80V).

식각률을 보였다. 그러나 Fig. 4는 80V에서 dilution이 0%의 용액에서는 39.75Å/s의 식각률을 보이며 25%에서는 263.01Å/s로 약 7배가량의 증가된 식각률을 보였다.

50%에서는 87.16Å/s로 원액에 비하여 2배 이상의 증가된 식각률을 보였다. 그림 3과 4를 비교한 결과 각 dilution 비율에서 PR strip용액을 플라즈마 상태로 약액을 활성화된 경우 더 높은 식각률을 나타냄을 확인할 수 있었고, 특히 dilution이 25%인 경우 플라즈마 상태에 활성화된 PR strip 용액이 약 8배 더 빠른 식각률을 나타냄을 확인하였다. 이 결과에 의하여 dilution된 strip용액 역시 플라즈마에 의하여 활성화된 경우 원액을 사용할 때 보다 더 높은 식각률을 나타냄을 확인하였다. 따라서 더 적은양의 약액을 사용하여 세정이 가능한 가능성을 제시하였다.

IV. 결 론

본 연구에서는 기존 PR strip 용액을 플라즈마에 의하여 액체 상태로 활성화하여 기존의 건식세정법과 습식세정법을 동시에 사용하여 PR을 효과적으로 제거하기 위한 방법을 연구하였다. 그 결과 플라즈마에 의하여 활성화된 PR strip 용액은 플라즈마를 인가하지 않은 용액과 비교하여 더 우수한 식각률을 나타냄을 확인하였고, dilution이 25%인 경우 약 8배 더 우수한 식각률을 가지는 것을 확인하였다. 이는 더욱 증가된 반도체 패터닝공정에서 공정 시간을 단축시켜 더 효과적인 생산성을 나타내고, dilution이 가능함은 약액 사용 양을 줄여 세정액 절감효과를 가져 비용 및 환경문제에 더 효과적으로 대처할 수 있다.

감사의 글

본 논문은 산업자원부 "중기거점기술개발사업"으로 지원된 연구임.

참고문헌

- [1] N. Miki, M. Maeno, K. Maruhashi, and T. Ohmi, *J. Electro. Soc.* **137**(3), 787 (1990).
- [2] T. Ohmi, T. Imaoka, I. Sugiyama, and T. Kezuka, *J. Electrochem. Soc.* **139**(11), 3317 (1992).
- [3] K. Hirose, H. Shimada, S. Shimomura, M. Onodera, and T. Ohmi, *J. Electro. Soc.* **141**(1), 192 (1994).
- [4] C.C. Cheng and Oncay "A down stream plasma process for post-etch residue cleaning." *Semiconductor International* pp.185-188 (1995).
- [5] C.W. Lee, *J. Korean. Phys. Soc.* **37**, 324 (2000).
- [6] Geun-Min Choi and Tadahiro Ohmi, *J. Electrochemical Soc.* **148**(5), G241 (2001).
- [7] L. Sirghi, N. Nakagiri, H. Sugimura, and O. Takai, *Jpn. J. Appl. Phys.* **40**, 1420 (2001).
- [8] N. Satio, Y. Kadoya, K. Hayshi, H. Sugimura and O. Takai, *Jpn. J. Appl. Phys.* **42**, 2534 (2003).
- [9] C. W. Lee, Y. T. Kim, *J. Vac. Soc. Technol. B*, **24**(6), 1432 (2006).

The study about accelerating Photoresist strip under plasma

Soo In Kim, and Chang Woo Lee

Department of Nano & Electronic Physics, Kookmin University, Seoul, 136-702

(Received February 18 2008)

As the integration in semiconductor display develops, semiconductor process becomes multilayer. In order to form several layer patterns, etching process which uses photoresistor (PR) must be performed in multilayer process. Repeated etching processes which take long time and PR residue cause mortal problems in semiconductor. To overcome such problems, we studied about the solution which eliminates PR effectively by using normal dry and wet etching method using plasma activated PR strip solvent in liquid condition. At first, we simulate the device which activates the plasma and make sure whether gas flow in device is uniform or not. Under activated plasma, etching effect is elevated. This improvement reduces etching time as well as display production time of semiconductor process. Generally, increasing etching process increases environmental hazards. Reducing etching process can save the etchant and protect environment as well.

KeyWords : Photoresist(PR) strip, PR residue, liquid-vapor activation

* [E-mail] cwlee@kookmin.ac.kr