

## 직접 인가된 DC 바이어스에 의한 Si의 건식 식각

안효준, 문성훈, 이정수, 심규환, 양전욱, 신희천\*, 이규홍\*, 이진호\*  
전북대학교, (주)RF-세미

### Dry etching of Si by direct DC biasing

H. J. Ahn, S. H. Moon, J. S. Lee, K. H. Shim, J. W. Yang, H. C. Shin\*, K. H. Lee\*, and J. H. Lee\*  
Chonbuk National University, RF-Semi Co. Ltd.\*

**Abstract** : The dry etching of Si was investigated using direct dc biasing to the Si substrate. The TCP type etching system with a feed-through for applying a dc bias was used in the etching. The applied dc bias and ICP power was varied to examine the effect on the etching at the fixed chamber pressure and SF<sub>6</sub> flow rate of 10 mTorr and 10 sccm during. When the plasma was generated at ICP power of 100 W, the etch rate of Si was increased with the bias for the biased samples. However, the etching of Si for the non-biased sample was enhanced for the increased ICP power.

**Key Words** : Dry etching, Bias, Si

### 1. 서론

반도체공정에 이용되는 식각은 주로 건식식각과 습식식각을 통해 이루어지며 특히 건식식각은 정확한 패턴의 전사가 가능하여 미세한 공정에 많이 이용된다.[1] 건식식각을 위한 플라즈마의 발생 방법은 여러 가지가 있으며 식각시 방향성을 갖도록 하고 효율을 개선하기 위해 보통 2개 또는 3개의 전원을 이용하는데, 최근에는 플라즈마의 생성 방법으로 유도결합 방법이 고밀도 플라즈마의 생성에 유리하여 많이 이용되고 있으며 기판에 가하기 위한 바이어스로는 chuck에 RF 전력을 인가하여 방전할 때 나타나는 자기 바이어스가 이용되고 있다.[2~4] RF의 자기 바이어스는 절연막, 또는 전도성 박막의 구분이 없이 모두 음으로 인가되므로 생성된 플라즈마의 반응기들이 기판의 전면에 작용하기 때문에 기판을 부분적으로 식각하기 위해서는 식각하지 않을 부분에 식각 방지막 패턴을 형성하여 식각하고 있다.

본 연구에서는 기판에 직접 음의 전압을 인가하여 식각이 이루어지도록 하여 실험하여 식각시 기판에 인가된 바이어스의 효과를 고찰하였으며 식각 마스크 없이 선택적인 식각이 가능함을 보였다.

### 2. 실험

본 연구의 실험은 (100)방향의 10Ω-cm의 비저항을 갖는 n-형 Si를 이용하였다. 먼저 n-형 Si 기판에 Al을 진공증착 방법으로 패턴이 형성되도록 증착하고 450℃의 온도에서 30초 동안 열처리 하여 저항성 접촉을 형성하였다. Al의 저항성 접촉이 형성된 Si 기판은 TCP(Transformer coupled plasma) 형의 유도결합 플라즈마 소스와 RF를 인가할 수 있도록 구성된 척을 갖는 건식식각 장비를 이용한 식각 실험에 이용하였다. 식각하는 동안 챔버의 진공은 10 mTorr를 유지하였으며 10 sccm 유량의 SF<sub>6</sub> 가스를 흐르도록 한 뒤 전원과 matching 된 안테나에 13.56 MHz의 고주파 전력을 가하여 플라즈마를 형성하여 식각실험에 수행하였다. Si

기판에는 그림 1과 같이 외부 전원에서부터 feed-through를 통해 dc 전압을 인가하였다. 실험을 통해 dc 바이어스와 TCP 전력이 식각에 미치는 효과를 관찰하기 위하여 이들을 변수로 설정하여 실험하였다. 식각 후 식각 차단막인 Al을 제거한 뒤 단차 측정기를 이용하여 식각된 깊이를 측정하여 dc 전압의 직접 인가에 따른 효과를 비교 관찰하였다.

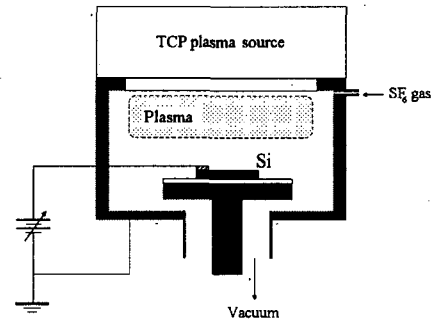


그림 1. Si에 직접 dc 바이어스가 인가되도록 구성한 식각장치

### 3. 결과 및 검토

그림 2는 동일한 챔버 내에서 dc 전압을 인가한 Si과 인가하지 않은 Si이 100 W의 ICP 전력에서 동시에 식각되도록 하여 측정된 식각율을 나타낸 것이다. 그림에 나타낸 바와 같이 dc 전압을 가하지 않은 Si 기판의 10 nm/min 이하의 매우 낮은 식각율로 식각되었지만 -50 V의 전압을 가했을 때 다소 증가한 식각율은 전압에 따라 증가하여 -350 V에서 90 nm/min로 매우 증가하였다. 이것은 Si에 가한 음의 전압으로 형성된 전계에 의해 플라즈마 내의 반응성 양이온들이 방향성을 갖고 움직임에 따른 것으로 볼 수 있다. 이러한 dc 바이어스에 의한 효과는 RF에 의한 자기 바이어스와 동일한 방향성 식각을 나타낼 수 있을 뿐 아니라 선택적 식각 특성을 나타낼 수도 있다. 식각율은 바이어스

에 따라서 증가하기도 하지만 플라즈마 밀도에 따라서도 변화한다. ICP 전력이 높아지면 챔버내의 플라즈마 밀도가 커지며 플라즈마의 반응성 이온 수도 많아져 TCP 전력에 따라 식각율도 증가한다.

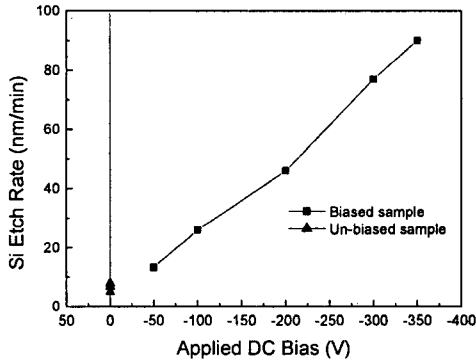


그림 2. 기판에 인가한 전압에 따른 Si의 식각율 변화

그림 3은 dc 전압을 인가할 때와 인가하지 않은 경우 ICP 전력에 따른 식각 결과를 나타낸 것이다. -100 V의 바이어스를 인가했을 때 ICP 전력에 따라 식각율이 크게 증가하지만 바이어스가 없는 경우 100 W 이하의 낮은 전력에서는 매우 낮은 식각 특성을 나타내고 전력이 높아짐에 따라 점차 식각율의 증가가 크게 됨을 볼 수 있다. 낮은 전력에서는 반응성 이온의 밀도가 낮아 식각반응이 매우 제한되지만 전력의 증가에 따라 플라즈마 밀도가 높아지며 따라서 반응성 이온이 많아져 식각 반응이 활발히 일어나 식각율의 증가를 나타낸다. 바이어스가 있을 경우 이러한 식각 반응은 이온들의 전계에 따른 충돌효과가 함께하여 식각율이 더욱 증가한다.

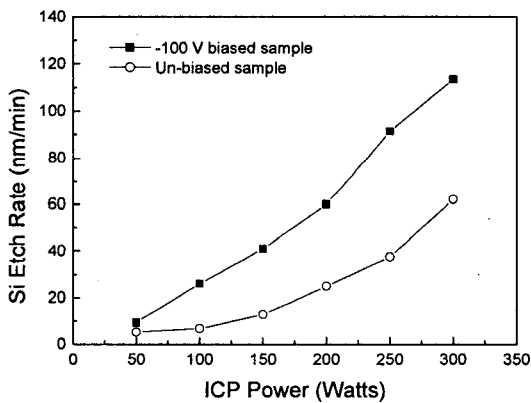


그림 3. -100 V로 전압을 인가한 Si과 전압을 가하지 않은 Si의 ICP 전력에 따른 식각율

#### 4. 결론

본 연구에서는 기판에 직접 dc 바이어스를 인가하여 Si 기판을 식각하고 특성을 관찰하였다. 10 sccm의 SF<sub>6</sub>가스와 10 mTorr의 압력에서 ICP 방법으로 생성된 플라즈마를 이용하여 식각한 결과 100 W 이하의 플라즈마 생성 전력에서는 0 ~ -350 V의 음의 전압을 인가할 때 전압에 따른 식각율의 증가를 보여 직접 인가한 음의 전압이 식각에 기여함을 확인할 수 있었다. 그러나 전압이 인가되지 않은 경우 매우 낮은 식각율을 나타낼 뿐 아니라 전압에 따른 효과를 보이지 않아 기판 내에서 바이어스의 유무에 따른 선택적인 식각이 가능함을 보였다.

#### 참고 문헌

- [1] M. Armacost, P. D. Hoh, R. Wise, et. al., "Plasma-etching processes for ULSI semiconductor circuits", IBM J. of Research and Development, Vol. 43, p. 39, 1999
- [2] Se-Geun Park, Beom-hoan O, Minyoung Sohn, and Jinwoo Kim, "Large area high density plasma source by helical resonator arrays", Surface Coatings Technologies, Vol. 133-134, p.598, 2001
- [3] A. Gangguli and R. D. Tarey, "Understanding plasma sources", Current Science, Vol. 83, No. 3, p. 279, 2002
- [4] N. C. M. Fuller, M. V. Malyshev, V. M. Donnelly, and Irving P. Herman, "Characterization of transformer coupled oxygen plasmas by trace rare gases-optical emission spectroscopy and Langmuir probe analysis", Plasma Sources Sci. Technol., 9, p.116, 2000