

# Pulsed SiH<sub>4</sub>-N<sub>2</sub> 플라즈마를 이용하여 증착한 SiN 박막 굴절률에의 Duty ratio의 영향

권민지, 김병환\*  
세종대학교

## Effect of duty ratio on refractive index silicon nitride films deposited by using a pulsed SiH<sub>4</sub>-N<sub>2</sub> plasma

Minji Kwon, Byungwhan Kim\*  
Sejong Univ.

**Abstract :** 펄스-플라즈마를 이용하여 상온에서 실리콘ไน트라이드 박막을 제조하였다. 증착 중에 이온에너지 분석기를 이용하여 이온에너지와 이온에너지 flux를 측정하였다. Duty ratio는 30-90%까지 변화시키면서, 이온에너지와 굴절률의 관계를 연구하였다. Duty ratio의 감소에 따라 이온에너지는 증가하였다. 낮은 Duty ratio의 범위에서 이온에너지 flux의 변화가 현저하였다. 굴절률은 Duty ratio의 변화에 따라 복잡하게 변화하였지만 N<sub>h</sub>과의 강한 상관성을 보였다. 전체 Duty ratio의 변화에 대해 굴절률은 1.819에서 1.846으로 미미하게 변화하였다.

**Key Words :** Pulsed-PECVD, 상온, SiN, 이온에너지, 이온에너지 flux, 굴절률

### 1. 서론

SiN 박막은 반도체 제조공정 중 패시베이션과 태양전지제조용 반사방지막으로 널리 이용되고 있다. SiN 박막은 300℃이상의 기판온도에서 주로 증착이 되며, 최근 100℃이하의 저온에서 증착특성이 보고되고 있다 [1-3]. 이는 생산성을 높이고, 고온에서 박막 생성에 따른 온도차에서 오는 스트레스를 줄일 수 있다는 이점이 있다.[4] 기판 온도가 350~400℃이하일 때, 수소 결합이 작고, 고밀도의 박막생성이 가능함이 밝혀진 바 있다 [5]. 저온 공정, 특히 상온에서 제조된 SiN 박막특성에 대한 공정변수의 영향이 최근에 보고된 바 있다 [2-3]. SiN 박막의 상온공정특성을 이해하기 위해서는 다양한 플라즈마조건과 공정변수의 영향에 대한 실험과 분석이 요구된다.

본 연구에서는 SiN박막을 Pulsed-PECVD (플라즈마트)를 이용하여 SiH<sub>4</sub>와 N<sub>2</sub> 방전가스에서 증착하였다. 바이어스 파워의 duty ratio의 변화에 따라 박막 굴절률의 영향에 대해 연구하였다. 이온에너지 분석기 (플라즈마트)를 사용하여 이온에너지를 수집하여, 이온에너지와 굴절률과의 연관성을 연구하였다.

### 2. 실험

SiN 박막은 p-type의 (100) 실리콘 웨이퍼 위에 증착되었다. 웨이퍼의 두께는 525±25μm이고, 저항은 1~30 Ω·cm이다. 박막 증착에는 Pulsed-PECVD 장비를 사용하였다. 장비의 소스 파워와 바이어스 파워는 각각 500 W와 90 W로 고정하였고, 압력은 제어하지 않았다. SiH<sub>4</sub>와 N<sub>2</sub> 가스 유량은 각각 8sccm과 100sccm에 고정하였다. duty ratio의 범위를 30-90%로 변화시켜가며 증착공정을 수행하였다. 그리고 증착 중에 non-invasive ion energy analyzer를

이용하여 이온에너지 E<sub>b</sub>, E<sub>i</sub>와 이온에너지 flux N<sub>b</sub>, N<sub>i</sub>를 측정하였다. 또한 측정된 N<sub>b</sub>와 N<sub>i</sub>를 나누어 RIEF를 계산했다. 각 진단변수는 이미 설명된 바가 있다 [3]. 증착공정은 5분간 수행되었다.

### 3. 결과 및 검토

그림 1은 duty ratio에 따른 이온에너지 변화에 대한 그림이다. duty ratio가 증가할 때, E<sub>b</sub>와 E<sub>i</sub>가 함께 증가하다 duty ratio 60-100% 구간에서는 거의 변화가 없다. 높은 duty ratio에서의 상대적으로 큰 이온에너지는 플라즈마 sheath에서의 높은 전위를 의미한다.

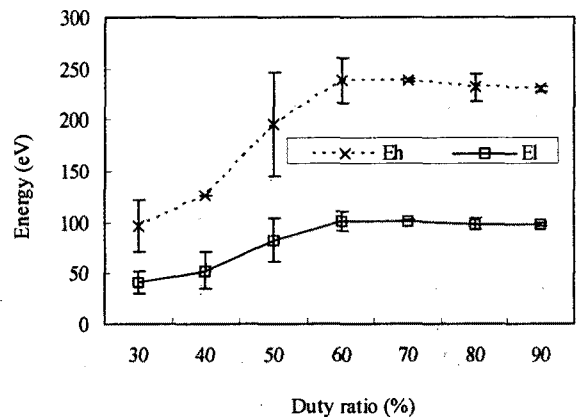


그림 1. Duty ratio에 따른 이온에너지 변화.

그림 2와 3은 duty ratio에 따른 이온에너지 flux의 변화에 대한 그림이다. 그림 2에서 N<sub>b</sub>는 duty ratio가 30에서 50%로 증가할 때 증가하다가 감소한다. 60%이상에서 duty ratio를 증가시킬 때 N<sub>b</sub>의 변화는 미미하다. N<sub>i</sub>의 경우

30-60%에서 duty ratio가 증가할 때 감소하다가, 70%이상의 범위에서 증가할 때는 미미하게 증가한다. 그림 3의  $N_b/N_i$ 의 경우 30-60%에서 duty ratio의 증가에 따라 증가하다가 그 이상의 duty ratio의 변화에 대해서는 그 변화가 미미하다. 그림 2와 3의 공통점은 작은 duty ratio (< 60%)에서 이온에너지 flux의 변화가 현저하다는 사실이다.

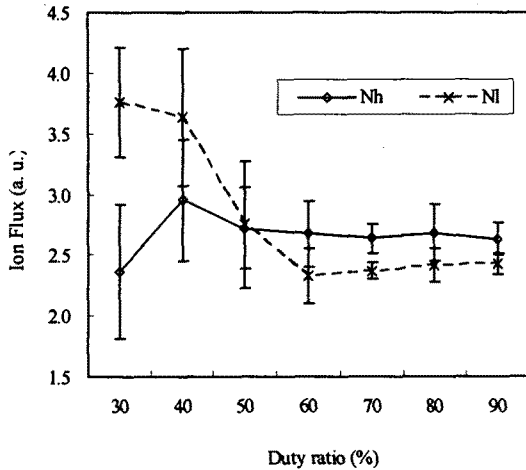


그림 2. Duty ratio에 따른  $N_h$ 와  $N_i$ 의 변화

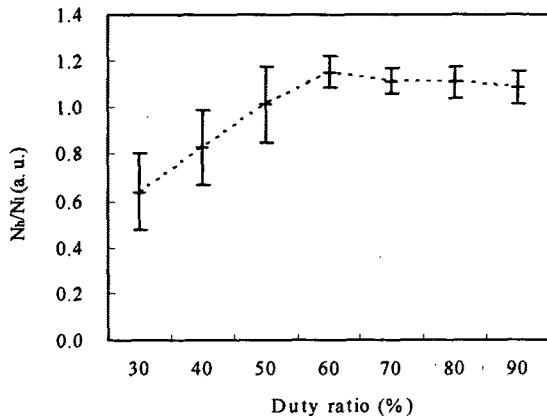


그림 3. Duty ratio에 따른  $N_b/N_i$ 의 변화

그림 4은 굴절률에 대한 duty ratio의 영향을 보여준다. 그림 4에서와 같이 굴절률은 duty ratio 구간에 따라 다르다. 먼저 30에서 40%로 duty ratio가 증가할 때, 굴절률은 급격히 증가를 한다. 이 경우 굴절률과 [Si-H]/[N-H]간의 규칙 [6]에 비추어볼 때, [Si-H]의 급격한 증가를 기대할 수 있다. 그림 1과 2로부터, 이는 증대된 이온에너지와 증가하는  $N_b$ 에 관련이 있으며, 이 둘 에너지의 영향은 다시 Si의 박막표면으로의 편입(incorporation)을 촉진시켜 [Si-H]를 증가시키는 것으로 해석된다. 그림 4에서 40-70%에서 duty ratio를 증가시킬 때에 굴절률이 감소한다. 이는 모든 이온에너지 변수 중에서도 그림 2의  $N_b$ 의 변화와 일치한다. 결국 굴절률 감소에 수반되는 [Si-H]의 감소는  $N_b$ 의 감소에 기인하는 것으로 해석할 수 있다. 한편, 70에서 90%로 duty ratio가 증가할 때, 굴절률은 증가하다가 감소

하는데, 이는 그림 2의  $N_b$ 의 경향과 일치한다. 이 구간에서의 이온에너지의 변화는 미미하며, 이는 이온에너지의 변화가 굴절률의 변화에 미미한 영향을 주는 것을 의미한다. 따라서 30-40%의 duty ratio의 변화도  $N_b$ 에 의해 지배될 것으로 추정된다. 결국 이상의 분석으로부터 굴절률과  $N_b$ 간의 강한 연관성을 확인할 수 있으며,  $N_b$ 의 제어로 굴절률을 제어하는 것이 가능할 것으로 사료된다.

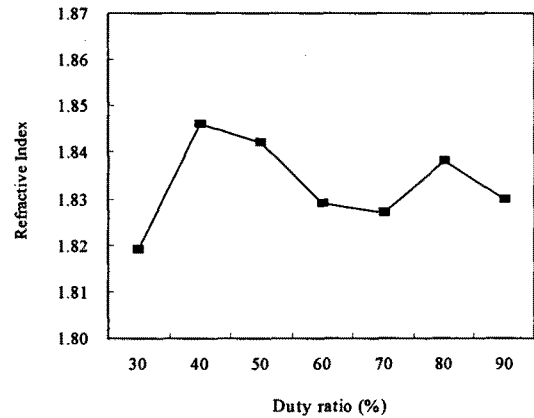


그림 4. Duty ratio에 따른 굴절률

#### 4. 결론

본 연구에서는 Pulsed-PECVD를 이용하여 상온에서 SiN 박막을 증착하였다. 그리고 바이어스 파워의 duty ratio에 따른 박막과 이온에너지 특성을 연구하였다. duty ratio의 감소에 따라 이온에너지는 증가하였고, 이온에너지 flux 변화는 현저하였다. 이온에너지 변수 중  $N_b$ 은 굴절률에 강한 의존성을 보였으며, 굴절률을 제어 변수로 확인되었다.

#### 감사의 글

본 연구는 서울시 산학연 협력사업의 지원으로 수행되었음 (과제번호 10583).

#### 참고 문헌

- [1] C. Doughty, D. C. Knick, J. B. Bailey, and J. E. Spencer, *J. Vac. Sci. Technol. A* 17(5), p2612, 1999
- [2] Byungwhan Kim and Suyeon Kim, *Thin Solid Films*, Vol. 517, Issue 14, p. 4090, 2009
- [3] Byungwhan Kim and Suyeon Kim, *Metals and Materials International*, Vol. 14, No. 5, p637, 2008
- [4] Joseph Ya-min Lee, K. Sooriakumar and Mandar. Kange, *Thin Solid Films*, 203, p275, 1991
- [5] S. K. Ghandhi, *VLSI Fabrication Principles* (wiley, New york), p.510, 1994
- [6] W. A. P. Claassen, W. G. J. N. Vakenburg, F. H. P. M. Habraken, and Y. Tammingn, *J. Electrochem. Soc.* 130, p.8171, 1983.