

# 펄스드 SiH<sub>4</sub>-N<sub>2</sub> 플라즈마를 이용한 SiN 박막의 상온 증착과 굴절률에의 Duty ratio 영향

권상희, 김병환\*, 우형수\*\*, 이형구\*\*\*  
 세종대학교

## Room temperature deposition of SiN thin film using pulsed SiH<sub>4</sub>-N<sub>2</sub> plasma and the effect of duty ratio on refractive index

Sang-Hee Kwon, Byung-Whan Kim\*, Hyung-Su Woo\*\*, Hyung-Gu Lee\*\*\*  
 Sejong University

**Abstract :** Pulsed-PECVD를 이용하여 상온에서 실리콘 나이트라이드(SiN) 박막을 증착하였다. 본 연구에서는, 60-100%의 duty ratio 변화에 따른 굴절률을 살펴보고, 굴절률에 대한 이온에너지의 영향을 분석했다. RF 소스파워는 900W로 고정하였고 SiH<sub>4</sub>-N<sub>2</sub>를 이용하였다. 이온에너지에 대한 정보는 non-invasive 이온 분석기를 이용하여 수집하였다. 측정된 이온에너지 변수는 high ion energy, low ion energy, high ion energy flux, low ion energy flux이며, 이를 이용해 또 다른 변수인 ion energy flux ratio를 계산하였다. Duty ratio의 감소에 따라 굴절률은 일반적으로 감소하였다. 또한 duty ratio의 감소에 따라 high ion energy는 증가하였다. 한편, 60-80%에서 굴절률은 이온에너지 flux의 비에 강한 의존성을 보였으며, 60%를 제외한 모든 duty ratio 구간에서 굴절률은 NI에 강하게 영향을 받고 있는 것으로 유추되었다. 굴절률은 1.508와 1.714사이에서 변화하였다.

**Key Words :** PECVD, Duty ratio, Silicon nitride, Ion energy, Ion energy flux

### 1. 서 론

실리콘 나이트라이드(SiN) 박막은 뛰어난 유전성질과 화학적으로 높은 안정성으로 현재까지 많은 연구가 진행되고 있다[1-3]. 또한, Plasma Enhanced chemical vapor deposition (PECVD)은 높은 에너지의 이온과 radical의 생성으로 낮은 온도에서도 다양한 종류의 박막 제조가 가능하며, 실리콘 나이트라이드 박막뿐만 아니라 전자소자제조를 위한 다양한 박막의 제조에 사용되어지고 있다. 최근 pulsed-PECVD가 상온에서의 SiN 박막의 증착에 이용되어 특히 증착공정특성이 보고된 바 있다 [4-5]. 한편, 플라즈마의 sheath영역으로부터 충분한 에너지를 얻은 이온들에 의해 이온충돌이 발생하는데, 이는 화학적 또는 물리적 작용으로 박막의 특성에 매우 큰 영향을 미친다. PECVD 내부의 Duty ratio의 변화는 이온에너지의 상태를 변화시키며 이는 이온충격의 변화와 매우 밀접한 연관성을 가진다. 따라서, 본 연구에서는 P-PECVD를 이용하여 상온에서 박막을 증착하고, 이온에너지 분석기를 이용하여 Duty ratio에 따른 이온에너지 데이터를 수집하였으며, 수집된 이온에너지와 박막특성(굴절률)과의 상관관계를 분석한다.

고 Vacuum gauge에 의해 제어된다. RF전력(13.56MHz)은 900W으로 고정하였고, SiH<sub>4</sub>와 N<sub>2</sub>의 유량은 각각 8, 100sccm을 사용하였다. Non-invasive Ion Energy Analyzer를 이용하여 이온에너지 패턴을 수집하였고, Ellipsometer를 이용하여 굴절률을 분석하여 이온에너지와의 관계를 살펴보았다.

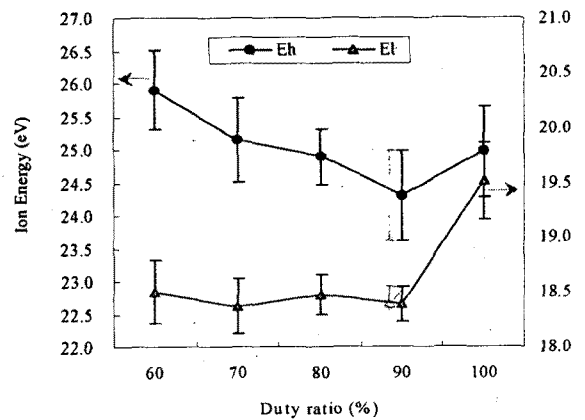


그림 1. Duty Ratio에 따른 E<sub>h</sub>와 E<sub>l</sub>의 변화

### 2. 실험

SiN 박막은 펄스드 PECVD(PLASMART™) 장비를 이용하여, p-type의 (100)결정 Si웨이퍼에 증착하였다. PECVD 챔버의 직경과 높이는 각각 0.27m, 0.2m 크기이며, 진공은 Turbo molecular pump, Rotary pump 그리

### 3. 결과 및 고찰

그림 1은 duty ratio에 따른 high ion energy (E<sub>h</sub>), low ion energy (E<sub>l</sub>)를 나타낸다. duty ratio 100%를 제외하고 duty ratio의 감소에 따라 E<sub>h</sub>가 증가한다. Duty ratio의 감소에 따른 이온에너지의 증가는, 박막 표면에서의 이온

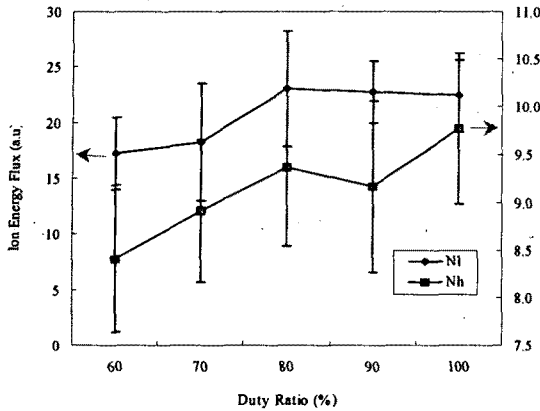


그림 2. Duty Ratio에 따른  $N_h$ 와  $N_l$ 의 변화

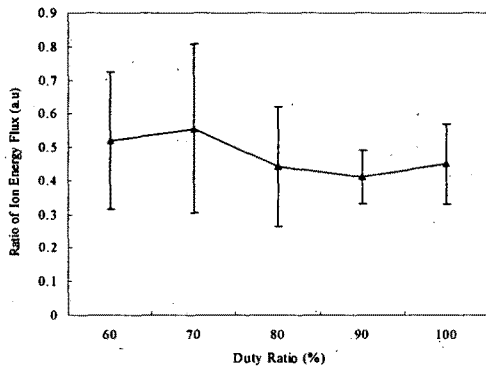


그림 3. Duty Ratio에 따른  $N_h/N_l$ 의 변화

충격을 증가시킨다.

그림 2는 duty ratio에 대한 high ion energy flux ( $N_h$ )와 low ion energy flux ( $N_l$ )를 나타낸다. 그림 2에서와 같이 60-80%의 범위에서 duty ratio가 감소할수록  $N_h$ 와  $N_l$ 은 감소한다. 80-100%의 범위에서  $N_h$ 와  $N_l$ 은 상반된 변화를 보인다. 그림 3은  $N_h$ 와  $N_l$ 의 비를 duty ratio의 함수로 도시하고 있다.

그림 4는 Duty ratio에 따른 굴절률의 변화를 보여준다. 그림 4에서와 같이 60-80%의 duty ratio 범위에서의 굴절률 변화는 복잡하다. 그림과 비교할 때, 굴절률의 변화는  $N_h/N_l$ 의 변화와 일치한다. 이는 굴절률이 이 범위에서  $N_h/N_l$ 에 크게 영향을 받는다는 것을 의미한다. 한편,  $N_h$ 와  $N_l$ 의 변화로부터  $N_h/N_l$ 이  $N_l$ 에 더 의존하고 있음을 알 수 있다. 한편, 80-100%에서 duty ratio의 증가에 따라 굴절률은 증가한다. 보고된 굴절률과  $[\text{Si-H}]/[\text{N-H}]$ 의 관계로부터 [6], 이는  $[\text{N-H}]$ 에 비해  $[\text{Si-H}]$ 의 상대적인 증가를 의미한다. 그림 3과 비교할 때  $N_h/N_l$ 와의 연관성은 작아 보인다. 그림 2와 비교할 때 특징은  $N_l$ 이  $N_h$ 에 비해서 상당히 크다는 점이며, 이는 가스 페이즈 (phase)에서 발생한 Si의 표면 편입 (incorporation)을 촉진시키게 되며, 결국 굴절률을 증진시키게 된다. 경향성 측면에서  $N_l$ 의 경향은 굴절률의 경향과 반대이다. 이로써  $N_l$ 이 작을수록 Si의 편입이 더 촉진된다는 것을 유추할 수 있다.

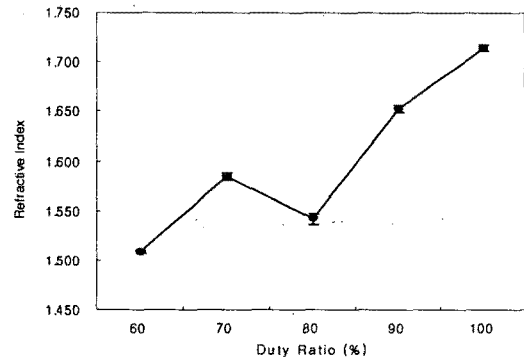


그림 4. Duty Ratio에 따른 굴절률 변화

이러한 유추를 이전에 해석하지 못한 그림 2의 60-80%에 적용해 본다. 70%에서 80%로 duty ratio가 증가할 때 그림 2의  $N_l$ 은 증가하며, 따라서 이전의 유추에 비추어 볼 때  $[\text{Si-H}]$ 의 감소가 예상되며 이는 그림 4의 경향성과 일치한다. 하지만 이는 60%에서 70%증가할 때에는 적용되지 않는다. 결국 70-100%에서의 굴절률 변화는  $N_l$ 에 의존하고 있음을 유추할 수 있었다.

#### 4. 결론

본 연구에서는 펄스 PECVD를 이용하여 실리콘 나이트라이드 박막을 증착하였다. Duty ratio변화에 따른 이온 에너지와 증착된 박막의 굴절률 사이의 연관성을 분석하였다. Duty ratio 감소에 따라  $E_h$ 는 증가하였다. 또한, 60-80%의 범위에서 굴절률은  $N_h/N_l$ 의 변화와 일치했으며, 70-100%에서의 굴절률 변화는  $N_l$ 에 의존하고 있음을 유추할 수 있었다.

#### 감사의 글

이 논문은 2008년 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국과학기술진흥재단의 지원을 받아 수행된 연구임 (KRF-2008-313-D00389)

#### 참고 문헌

- [1] T. P. Ma, IEEE Trans. Electron Devices, Vol. 45, No. 3, p. 680, 1998.
- [2] W. Soppe, H. Rieffe, A. Weeber, Progress in Photovoltaics: Research and Applications, p.551-569 2005.
- [3] K. J. Weber and H. Jin, Appl. Phys. Lett., Vol.94, 063509 (2009)
- [4] B. Kim, S. Kim, Y.-H. Seo, S. J. Kim, and S. C. Jung, J. Nanosci. Nanotechnol. 8, p5363, 2008.
- [5] B. Kim, Suyeon Kim, Thin Solid Films, 2009.
- [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.