

PECVD 를 이용한 고굴절률차 SiON 평면 광도파로 박막 제작

Fabrication of high-refractive index difference SiON planar optical waveguide film using PECVD

이노도, 구영진, 김영철, 서화일*

한국기술교육대학교 신소재공학과, *정보기술공학부

초록

평면 광도파로 코어로 사용되는 SiON (Silicon oxynitride)과 클래딩으로 사용되는 SiO₂ (Silicon oxide)의 굴절률 차이가 2.5 %인 고굴절률차 평면 광도파로용 SiON 박막을 PECVD (plasma enhanced chemical vapor deposition)로 제작하였다. PECVD에 사용된 가스는 SiH₄, NH₃, N₂O이고, Si 기판의 SiO₂ 막은 100 nm이다. 가스의 비율에 따라 SiON 막의 굴절률은 633 nm의 파장에서 1.476에서 1.777까지 변화하였다. 코어로 사용되는 SiON의 두께는 2.5 μm이고 클래딩과의 굴절률 차이는 2.5 %였다.

1. 서론

최근 인터넷의 사용이 폭발적으로 늘어나면서 서비스 제공자 백본 망에서 처리해야 할 데이터 처리량이 급격히 증가하고 있다 [1]. 이런 상황을 개선하여 좀 더 초고속 정보통신 사회를 이룩하여 삶을 향상시키기 위해 신소재의 개발이 필요한 실정이다. 여러 가지 광도파로 기술 중에 다양한 기능의 광소자 요구에 가장 적절하게 대응할 수 있고 저손실의 제조가 가능한 기술은 실리카 유리 도파로이다 [2].

광통신에 사용되는 광섬유는 빛을 전송하는 내부의 코어와 코어에서 빛이 전반사가 이루어지도록 굴절률을 달리한 클래딩으로 구성되고, 장거리에 사용되므로 굴절률 차이는 매우 작다. 빛의 전반사와 관련하여 클래딩의 굴절률은 코어의 굴절률에 비하여 1 % 이하로 낮다 [3]. 하지만 단거리에 용이한 평면 광도파로 기술은 좁은 공간에서 분리되므로 전반사 각도가 커야 한다. 그러기 위해선 굴절률 차이가 커야 하는데 빛의 손실이 적고 전반사가 적절하게 되는 코어와 클래딩의 굴절률 차는 2.5 % 정도이다.

각 조건별 박막의 증착률은 질소의 함유량이 많을 수록 느리게 나타나며, Si_xN_x 와 SiO_2 간의 증착률은 약 10 배 정도의 차이를 보인다. 그리고 박막의 산소 함유량이 클 수록 SiO_2 의 굴절률 ($n=1.45$)에 가까워진다 [4].

본 연구에서는 실리카 광도파로의 코어로 사용되는 SiON 층을 NH_3 , N_2O 가스 비율을 조절하여 다양한 두께의 막을 PECVD 법으로 제작하였으며, 코어와 클래딩의 굴절률 차이가 2.5 %인 고 굴절률을 가지는 광도파로 박막 제작조건을 확립하였다.

2. 실험 방법

SiO_2 와 SiON 막은 PECVD 법으로 증착하였으며, PECVD 의 개략도는 Fig. 1 에 나타내었다. SiH_4 (99.99%), NH_3 , 그리고 N_2O 가스를 사용하였고, B-doped p-type silicon (100) 4inch wafer 를 기판으로 사용하였다. 증착하기 전에 Wafer 의 표면에 존재하는 자연 산화막 (native oxide)을 제거하기 위해 CF_4 로 2 분간 건식 식각하였다. CF_4 식각 조건으로 공정온도와 압력, 그리고 RF Power 를 각각 $300\text{ }^\circ\text{C}$, 150 mTorr, 70 W 로 유지하였으며, SiON 박막의 증착 조건은 $300\text{ }^\circ\text{C}$, 120 mtorr, 70 W 로 하였다. 이 조건을 이용하여 가스의 유량비를 바꾸어 가면서 SiO_2 와의 굴절률 차이가 2.5 %인 SiON 막의 증착 조건을 알아냈다. 이 때 전체 유량은 100 sccm 으로 고정하였고, 가스의 유량비는 Table 1 에 나타내었다.

Ellipsometer 를 이용하여 SiON 의 굴절률과 두께를 측정하였다. 이후에 이 광도파로 제작되었을 때 계면에서 빛의 전반사가 제대로 일어날 수 있는지 판단하기 위해 SiO_2 와 SiON 박막의 거칠기 (roughness)를 SPM (scanning probe microscope)으로 측정하였다.

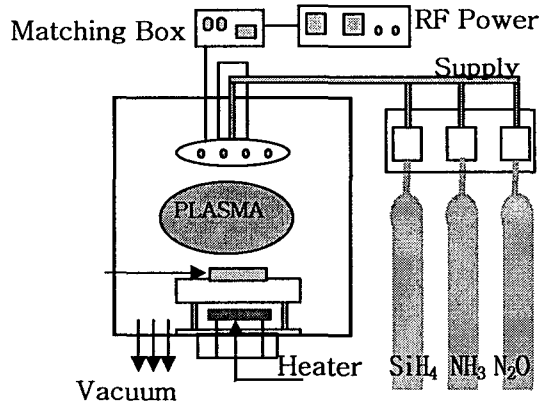


Fig. 1. A schematic diagram of PECVD equipment.

Table 1. The process conditions used for the deposition of the SiON thin films

NO.	Composition	SiH ₄ :NH ₃ :N ₂ O
1	Si _x N _x	1:9:0
2	SiON	1:6:3
3	SiON	1:4.5:4.5
4	SiON	1:3:6
5	SiON	1:2:7
6	SiO ₂	1:0:9

3. 실험결과 및 고찰

각각의 가스 유량에 따른 박막의 굴절률과 두께를 Ellipsometer 로 측정하였다. 먼저 조성변화에 따른 박막의 두께를 측정하여, 조성의 변화에 따른 박막의 증착률을 얻을 수 있었다. 조성의 변화에 따른 각 박막의 증착률은 Fig. 2 에 나타내었다. 증착률은 질소의 비율이 클수록 느리게 나타나며, Si_xN_x와 SiO₂ 간의 증착률은 약 10 배 정도의 차이를 보였다.

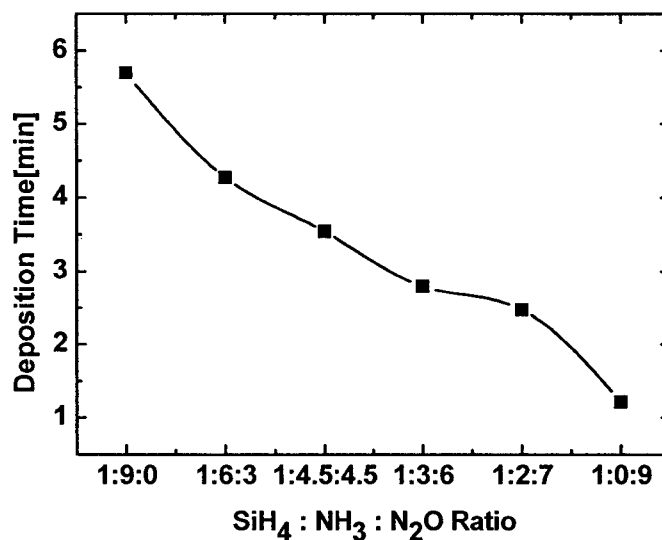


Fig. 2. The variation of deposition time of SiON films (thickness: 100 nm) as a function of the ratio of SiH₄, NH₃, and N₂O.

굴절률의 측정 결과를 Fig. 3 에 나타내었다. Fig. 3 에 나타낸 바와 같이 가스 유량변화에 따라 박막의 조성이 쉽게 변하여, 박막의 조성조절이 용이함을 알 수 있었다. Fig. 3 에 나타낸

굴절률의 결과를 보면 Si_xN_x 의 굴절률(n)은 1.78, SiON 의 굴절률은 SiH_4 , NH_3 , N_2O 의 함유량이 1:2:7일 때 1.475로써 SiO_2 의 굴절률(1.450)과 2.5%의 차이가 나는 것을 알 수 있었다.

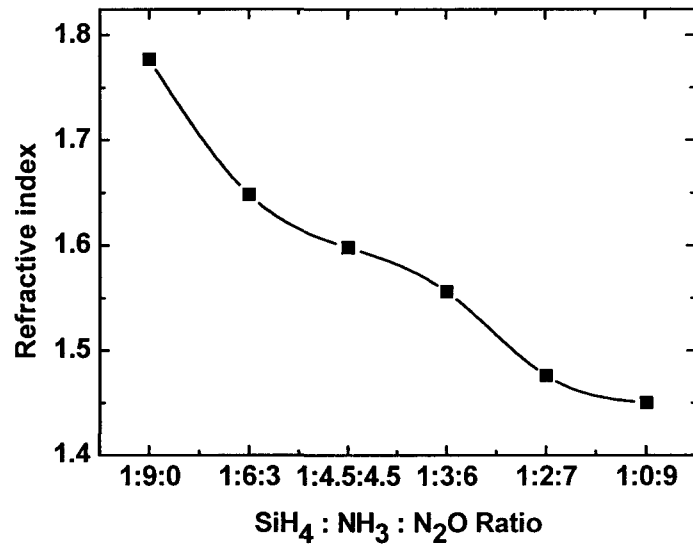
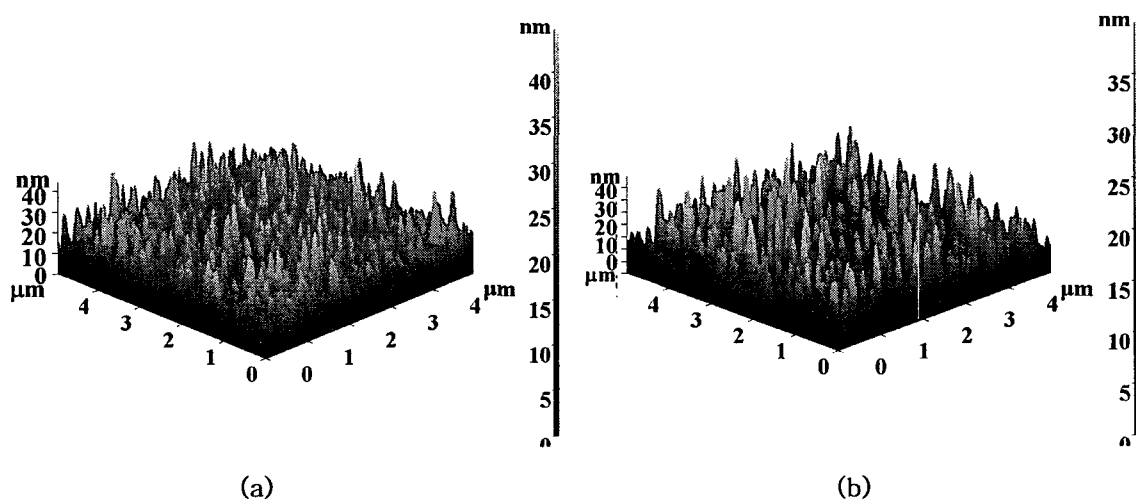


Fig. 3. The variation of refractive index of SiON films as a function of the ratio of SiH_4 , NH_3 , and N_2O .

SiO_2 의 거칠기는 3.3 nm로 양호하였고, SiO_2 의 표면 사진은 Fig. 4(a)에 나타났다. SiON 의 거칠기는 3.8 nm로 SiO_2 와 유사한 결과를 얻었다. SiH_4 , NH_3 , N_2O 의 함유량이 1:2:7인 SiON 의 표면 사진은 Fig. 4(b)에 나타났다. Fig. 5는 SPM으로 측정된 표면 거칠기에 관한 것으로 모두 5 nm 이하의 값을 나타냈다. 거칠기를 측정하는 부분에 따라 오차가 발생할 수 있어 5회 측정 후 평균값을 나타내었다.



(a) (b)
Fig. 4. SPM images of (a) SiO_2 and (b) SiON film.

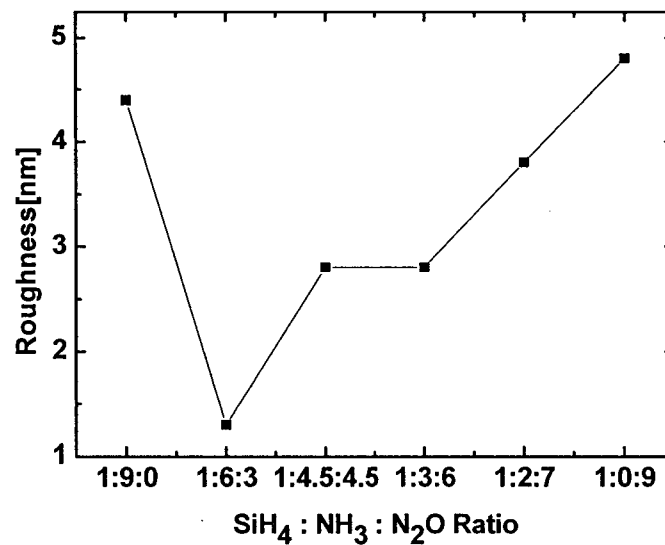


Fig. 5 The variation of roughness of SiON films as a function of the ratio of SiH₄, NH₃ and N₂O

4. 결론

SiO₂ 박막과 SiON 박막의 굴절률 차이가 2.5 %인 고굴절률차 평면 광도파로를 제작하기 위해 PECVD 를 이용하여 SiON 의 박막을 증착하였다. SiH₄, NH₃, N₂O 의 함유량이 1:2:7 일 때 굴절률이 1.475 인 SiON 박막을 얻었다. SiO₂ 와 SiON 의 거칠기를 측정 한 결과 4 nm 이내로 실제 광도파에 적용이 가능하다.

참고문헌

- [1] 조성선, “광교환 장치(OXC)기술 및 시장 동향”, IITA 기술정책정보단, 2003년
- [2] 김용탁, 윤석규, 윤대호, “PECVD 법에 의해 제작된 저굴절률 차이 평판 SiON 광도파로,” Journal of the Korean Ceramic Society, Vol. 42, No.3, pp. 178-181, 2005.
- [3] 문용구, 박기식, 윤성현, 조순계 공저, “실무중심 광통신 공학”, 도서출판 삼보, 2003년.
- [4] 조유정, 한길진, 김영철, 서화일, “조성변화에 따른 PECVD SiON 박막의 물성 특징,” 반도체및디스플레이 장학회지 제4권 제3호, pp. 1-4, 2005.
- [5] 안일선 지음, “엘립소메트리”, 한양대학교 출판부, 2000년.