

Tetramethyldisiloxane 플라즈마 중합막의 광학특성

The Optical Properties of Tetramethyldisiloxane Plasma Polymerization Thin Films

* 최 중 석
 ** 박 복 기
 ** 김 두 석
 *** 이 진
 * 이 덕 출

인하대학교 전기공학과
 전북산업대학교 전기공학과
 전북산업대학교 전기공학과
 목포대학교 전기공학과
 인하대학교 전기공학과

* Choi Chung-Seog
 ** Park Bok-Kee
 ** Kim Doo-Seog
 *** Lee Jin
 * Lee Duck-Chool

Dept. of Elec. Eng., Inha Univ.
 Dept. of Elec. Eng., Chonbuk Sanup Univ.
 Dept. of Elec. Eng., Chonbuk Sanup Univ.
 Dept. of Elec. Eng., Mokpo Univ.
 Dept. of Elec. Eng., Inha Univ.

Abstract

Polymerization rate, transmittance, refractive index, and extinction coefficient of plasma polymerized tetramethyldisiloxane (TMD) have been investigated. The rate of polymerization of TMD films increased nonlinearly with the discharge power. The refractive indices of thin films varied from 1.40 to 1.43 and they also increased with increasing discharge power. Also, the extinction coefficient was about 0.2 and is independent of photon energy.

1. 서 론

플라즈마 프로세스에 의한 실리콘화합물의 제작은 실란(SiH₄)가스를 원료로한 PE-MOCVD로 제작된 박막의 물성 등이 연구되고 있으나 광학재료의 표면보호막, 유전체의 계면막 등으로 응용을 위한 연구는 되지 못하고 있다. 플라즈마 중합법에 의해 제조된 박막은 비

정질이고 편광이 거의 없는 우수한 특성을 가지고 있다.[1-4]

따라서 본 연구에서는 플라즈마 중합법에 의해 제작된 유기실리콘 박막을 방전에너지가 중합률에 미치는 관계를 밝히고, 분광광도계와 분광타원해석기를 이용하여 투과율, 굴절률, 소멸계수를 결정하는데 있다.

2. 실 험

박막 제조에 이용된 반응장치는 반사파의 발생이 없이 안정한 방전상태를 유지할 수 있도록 방전부 양단 외부에 탄소전극이 부착된 내정전결합 유동가스형 중합장치[5]를 사용하였다. 방전부의 하단에는 알루미늄 노즐(그림 1)을 달아 캐리어가스의 유입을 용이하게 하여 낮은 방전전력에서도 단량체의 활성화가 증가되고 활성화된 단량체가 기판에 고르게 성장하도록 하였다. 반응관의 압력을 10⁻³[Torr]까지 배기한 상태에서 수 분간 유지한 후 아르곤 가스를 반응관에 유입시켜 진공도가 0.1[Torr]가 될때 전원을 인가하였다. 중합조건은 방전전력

30~90[W], 아르곤 가스의 유량을 10~30[cc/min]로 변화를 주었으며 단량체의 유입을 일정하게 유지하였다. 단량체로서는 플라즈마중합막 제조의 용이성과 광학특성이 우수한 TMD (Tetramethyldisiloxane)를 사용했다. 이렇게 제조된 플라즈마 중합막의 중합률을 측정했으며, 박막의 굴절률과 소멸계수는 분광타원해석기(Spectroscopic Ellipsometer ; SE)를 사용했고 투과율은 분광광도계(Shimadzu UV-260)를 이용하였다.

단 위 : [mm]

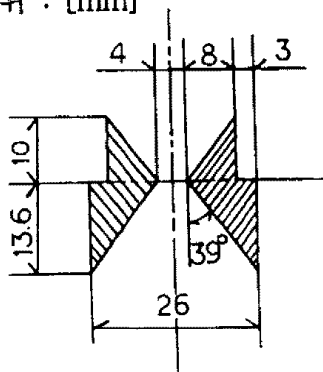


그림 1. 노즐의 개략도

Fig. 1. A schematic diagram of nozzle

3. 결과 및 고찰

중합막의 중합률은 α -STEP 200(AJU EXIM INC)를 이용하여 측정하였다. 방전전력의 증가에 따라 중합률을 살펴보면 그림 2와 같다. 그림에서 보는 바와 같이 방전에너지의 증가에 따라 중합률이 증가했다. 방전전력 70[W]를 기준했을 때 플라즈마 중합된 TMD 박막이 약 170[A/min]이다. 일반적인 중합법인 MBE, MOMBE, 광 CVD법의 중합률[6]이 30~130[A/min] 정도인 것을 감안하면 TMD 중합막이 우수한 중합률을 나타냈다. 이 그래프를 통해서 나타낼 수는 없었지만 방전전력이 90[W]일 경우 중합막의 표면에 약간의 손상이 관측되었다. 이것은 방전에너지의 증가에 따라 반응관 내의 에너지의 상승에 기인해 안정한 플라즈마를 유지하지 못하고 불안정한 과도상태 때문으로 생각된다.

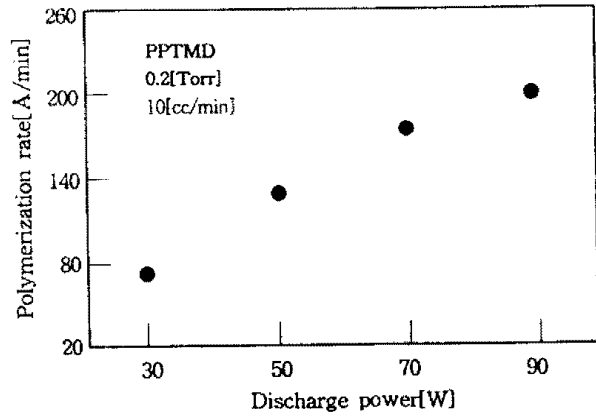


그림 2 방전전력에 따른 중합률

Fig. 2 Polymerization rate with discharge power

그림 3은 방전전력 70[W], 가스유량 10[cc/min]으로 하였을 때 가스압력에 따른 박막의 중합률을 나타낸 것이다. 반응관 내의 압력이 증가함에 따라 중합률은 현저하게 감소하고 있다. 이것은 압력이 높아지게 되면 플라즈마 내의 전자는 충분히 가속되지 못해 전자의 속도에너지는 밀도가 높은 기체에 흡수되기 때문에 중합률이 감소한다.

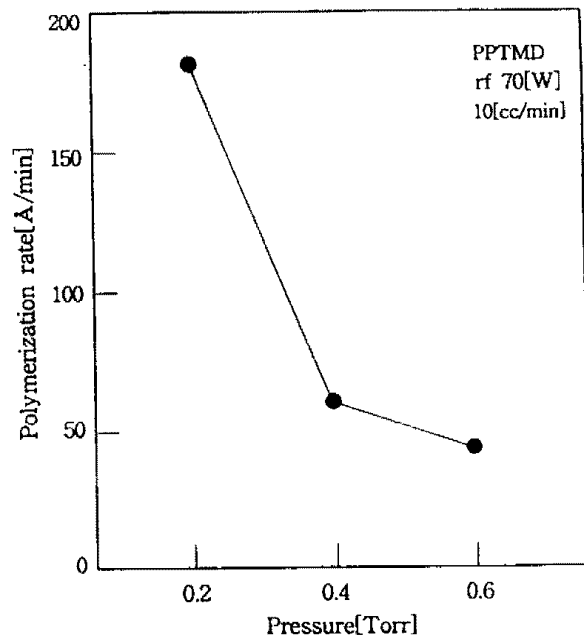


그림 3 가스압력에 따른 박막의 중합률

Fig. 3 Polymerization rate of thin films on gas pressure at discharge power of 70 [W]

그림 4는 반응관의 압력이 0.2[Torr]인 경우 캐리어가스인 아르곤의 유량에 대한 중합률의 변화를 나타내고 있다. 가스유량을 변화시켰을 때 두께 변화는 거의 일어나지 않고 일정하였다. 결국 플라즈마중합시 중합전력이나 압력에 의해 중합률이 변화하고 있음을 알 수 있고, 그림 2에서 볼 수 있는 바와 같이 방전전력의 변화를 통해서 중합막의 두께를 변화시킬 수 있음을 알 수 있다.

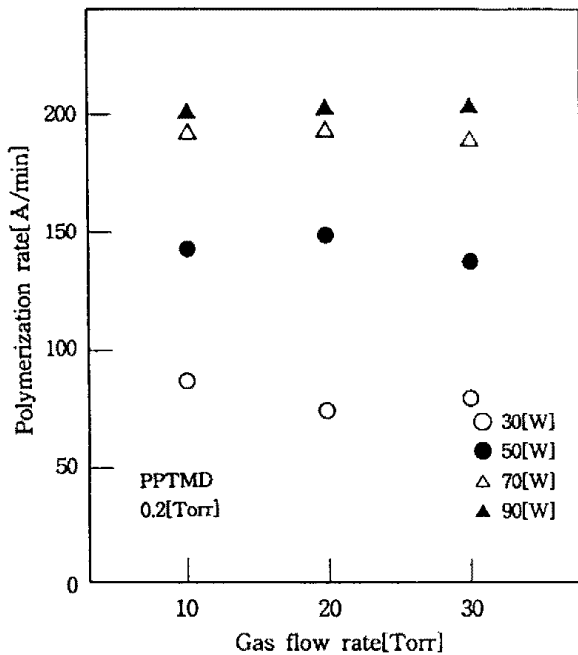


그림 4 중합시 캐리어가스 유량에 대한 중합률
Fig. 4 Polymerization rate vs. gas flow rate at plasma polymerization

그림 5는 파장의 변화에 따른 투과율의 변화를 나타낸 것이다. 이 그림에서 알 수 있듯이 bare인 상태의 투과율은 약 90[%]를 나타내고 있다. 일반적인 평판 소다 글라스의 이론적 투과율이 91[%]이므로 글라스의 상태는 양호한 것으로 생각되며, 제조된 박막의 투과율도 89[%] 정도를 나타내고 있는 것으로 보아 투과 손실이 매우 적음을 보여주고 있고 약 2[%] 이내의 투과율 손실을 보이고 있을 뿐이다. 즉, 파장 630[nm] 일때 광손실[db/cm]을 비교해보면 폴리우레탄 ; 0.8, 에폭시수지 ; 0.3, PMMA ; 0.42, PVA ; 0.5~1.25, PVP ; 0.2 정도를 가

지고 있으며 플라즈마중합된 유기실리콘계 박막의 광손실은 0.04[db/cm] 정도로 투과손실이 매우 적고 광범위한 파장에서 투과 특성이 우수함을 알 수 있다. 특히 방전전력의 증감(30~90[W])에 따라 투과율의 변화가 크지 않았다.

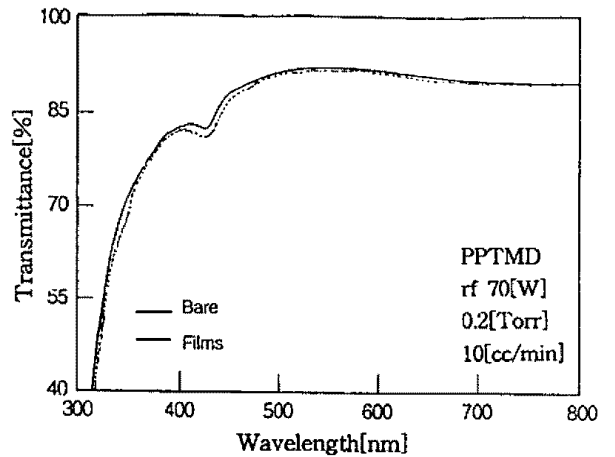


그림 5 파장에 따른 투과율 변화
Fig. 5 The variation of transmittance with wavelength

입사된 빛에 대한 반사광의 편광상태를 분석하여 박막의 굴절률을 결정하는 타원분석법은 등방성 매질을 전파하는 전자기파(또는 광파의 전자기장)의 직각좌표성분을 매질의 유전율(ϵ)과 투자율(μ)로 사용하여 $\Delta^2 u + \mu \epsilon (\omega/c)^2 u = 0$ 의 형태로 나타낸다. 실험에 사용된 유기실리콘의 굴절률이 1.36~1.41 정도인데 그림 6에 표시한 플라즈마 중합된 중박막의 굴절률은 1.40~1.43

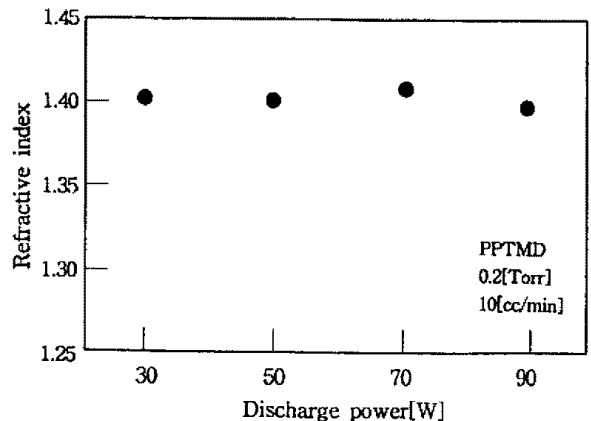


그림 6 방전전력에 따른 굴절률 변화
Fig. 6 The variation of refractive index with discharge power

정도로서 방전전력의 증가에 따라 굴절률이 약간 증가하고 있다. 이런 굴절률의 변화는 화학구조의 변화에 기인한 것으로 생각되며, 반도체 디바이스의 층간 유전체 박막으로 이용하면 좋을 것으로 생각된다.

분광타원분석법에 의해서 결정되는 박막의 소멸계수는 기관의 다중빔 반사에 의한 오차가 발생하므로 본 연구에서는 두께가 5 [mm]인 평판 소다 글라스를 사용하여 다중빔 반사에 의한 오차를 제거하였다. 그림 7은 rf 70[W], 0.2[Torr], 10[cc/min]에서 제조한 플라즈마 중합막을 방전전력의 변화에 따른 소멸계수의 값을 나타낸 것으로 방전전력의 증가에 따라 소멸계수가 증가하며 각각의 방전전력에서 비교적 일정한 소멸계수를 보이고 있다. 이것은 반응관 내의 에너지밀도가 증가함에 따라 박막의 성장이 조밀해졌으며, 플라즈마 중합막이 성장하는 과정에서 불순물 등에 기인한 불안정한 성장에도 영향을 있는 것으로 생각된다. 이런 불안정한 상태를 제거하기 위하여 단량체를 정제하여 플라즈마 중합막을 제조하는 것이 좋을 것으로 생각된다.

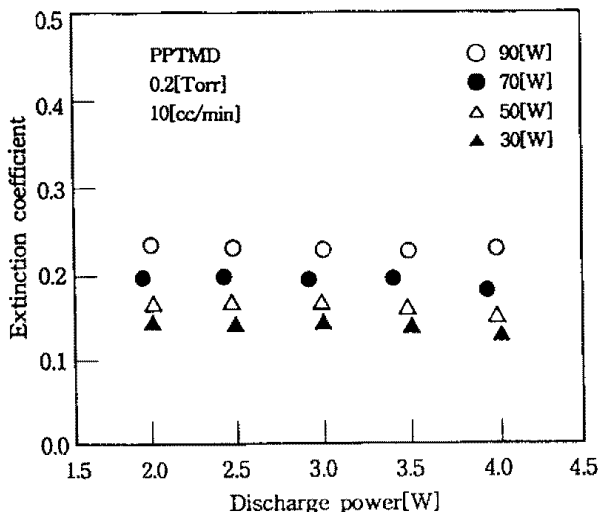


그림 7 광에너지에 따른 소멸계수의 변화
Fig. 7 The variation of extinction coefficient with photon energy

4. 결 론

플라즈마 중합된 유기실리콘 박막의 특성을 분석한 결과 다음과 같은 결과를 얻었다.

- (1) 플라즈마중합시 중합전력이나 압력에 의해 중합률이 변화하고 있음을 알 수 있고 방전전력의 변화를 통해서 중합막의 두께를 변화시킬 수 있음을 알 수 있다.
- (2) 일반적인 평판 소다 글라스의 이론적 투과율이 91[%]이므로 글라스의 상태는 양호한 것으로 생각되며, 제조된 박막의 투과율도 89[%] 정도로 투과 손실이 매우 적었다.
- (3) 중합막의 굴절률은 1.40~1.43 정도로서 방전전력의 증가에 따라 굴절률이 약간 증가하고 있고, 방전전력의 변화에 따른 소멸계수의 값을 나타낸 것으로 방전전력의 증가에 따라 소멸계수가 증가하며 각각의 방전전력에서 비교적 일정한 소멸계수를 보이고 있다.

참고문헌

- [1] G. Lucovsky, Y. Ma, T. Yasuda, C. Silvestre, and J. R. Hauser, *Jpn. J. Appl. Phys.*, vol. 31, pp. 4387~4395, 1992.
- [2] M. Tsuji, N. Itoh, M. Sakumoto, and Y. Nishimura, *Jpn. J. Appl. Phys.*, vol. 32, pp. 139~142, 1992.
- [3] P. Drude, *Ann. Phys. (Leipzig)*, vol. 32, pp. 584, 1887. ; vol. 36, pp. 532, 1889. ; vol. 39, pp. 481, 1933.
- [4] D. E. Aspnes, *J. Opt. Soc. Am.*, vol. 64, no. 6, pp. 812-819, June 1974.
- [5] 이덕출, 정해덕, 박복기, 최충석, *한국전기전자재료학회지*, vol. 6, no. 5, pp. 428-435, 1993.
- [6] H. A. Macleod, *Thin Film Optical filters*, 2nd, Adam Hilger Ltd., Bristol., 1986.