디스플레이 시스템 응용을 위한 PET 기판 위의 SiO_2 반사방지막

김준식, M. Gowtham, 이준신
성균관대학교

Silicon dioxide as antireflection coating prepared on PET for display system applications

Junsik Kim, M. Gowtham, Junsin Yi
Sungkyunkwan Univ.

Abstract : 실온에서 디스플레이 응용을 위하여 ICP CVD로 PET기판 위에 실리콘 산화 반사 방지막을 성장시키고, EDXA로 분석하였다. 분광 Ellipsometer, UV-V와 FTIR분광기를 이용하여 반사율을 3%이하까지 낮출 수 있다는 것을 확인하였고, SEM장비를 이용하여 표면 상태를 알아보았으며, Essential Macleod 광학디자인 프로그램을 이용한 시뮬레이션 결과와 일치함을 확인하였다. 본 연구결과를 이용하면 다층박막 대신 단층 반사방지막을 제작하여 경제적이고, 효과적인 반사방지막을 제작할 수 있다.

Key Words : SiO_2, ICP CVD, 반사방지막

1. 서 론

AR코팅(Anti-Reflection coating)은 평판 디스플레이 뿐만 아니라 CRTs(Cathode Ray Tubes)와 같은 디스플레이장치나 태양전지 등 많은 분야에 이용되고 있다[1-3]. 최근 평판 디스플레이 발전의 중요한 이슈는 휴대가 편리하도록 패널을 가볍고 얇게 만드는 것으로, PET(Poly Ethylene Terephthalate) 기판을 사용한 FPD 기술이 우선이다. 여러 물질을 시뮬레이션 하였고, 낮은 굴절률을 가진 물질을 선택하였으며, SiO_2는 디스플레이분야에 적합한 물질이라는 것을 알아냈다. 일반적으로 SiO_2층은 열적산화, 저압 화학기상 증착법, 강화플라즈마 화학기상 증착법 등으로 증착한다. 이처럼 열에 의해 성장된 산화물 층은 양질의 특성들을 갖지만 높은 공정온도(~1000℃)를 필요로 하며, PE CVD를 이용한 기술은 증착온도(>400℃)를 좀 더 낮출 수 있으나, 더 낮은 공정온도를 필요로 하는 디스플레이분야에 대한 적용은 어렵다. 때문에 낮은 온도에서 가능한 산화물 층에 대한 상당한 관심이 일어나고 있다. ECR(Electron Cyclotron Resonance) 마이크로웨이브(Microwave) CVD기술의 발전은 양질의 SiO_2층의 증착이 가능하도록 하였고[4], ICP CVD 기술 역시 낮은 온도의 증착이 가능하도록 발전되었다[5]. SiO_2층은 SiH_4와 N_2O를 이용하여 CVD장비로 증착하며, 광학적 특성은 Essential Macleod 광학 코팅 디자인 프로그램을 이용한 시뮬레이션 결과와 비교하였다.

2. 실 험

SiO_2는 ICP CVD시스템으로 증착하였으며, 플라즈마 방전을 위하여 불활성 가스인 헬륨을 사용하였고, 소스 가스로 SiH_4와 N_2O를 사용하였다. SiH_4의 유량 비율은 25 sccm으로 고정시켰고, Nitrous Oxide의 유량 비율은 75부터 150 sccm 사이에서 증착 된 박막의 굴절률 변화에 따라 다양하게 변화시켰다. PET기판의 손상을 최소화하기 위하여 전력을 100W로 고정하였다. 서로 다른 여러 증착 비율(~2.3Å/S) 측정을 위해 투과율과 반사율을 EDXA 스펙트럼 분석기를 사용하여 측정하였다. 광학적 특성 측정을 위해서는 분광 Ellipsometer와 UV-Visible Spectrophotometer 장비를 이용하였고, 박막의 표면조직 상태는 전자현미경 SEM장비를 통해 알아보았다.

3. 결과 및 고찰

본 연구에서는 PET 기판을 사용하여 SiO_2박막을 상온에서 ICP CVD시스템을 이용하여 증착하였다. 가시광선영역의 반사율 변화를 통해 굴절률을 알아보고 평균 반사율의 최소값은 이론상 알맞은 두께(98nm)에서 3%정도라는 것을 알 수 있었다.

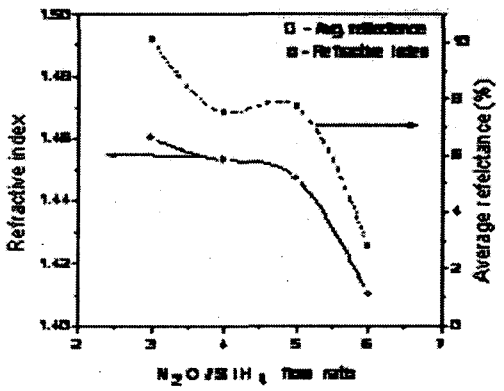

그림 1. N_2O/ SiH_4 공급비율에 따른 굴절률

굴절률과 평균 반사율에 대한 N_2O/SiH_4 공급비율은 그림 1에서 확인 할 수 있고, 굴절률 증가에 따른 가스공급비율 변화를 알 수 있다. 또한, 굴절률이 1.46에서 1.41로 감소함에 따라 평균 반사율도 10%에서 3%까지 감소함을 볼 수 있다.

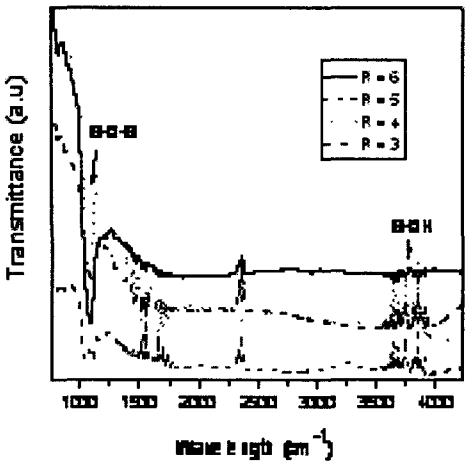

그림 2. N_2O/SiH_4 공급비율에 따른 SiO_2 FTIR Spectra

그림 2은 상온에서 증착 된 N_2O/SiH_4의 공급비율에 대한 FTIR Spectra 결과를 보여준다. 스펙트럼의 흡수대는 1070cm^{-1} 주변에서 존재하고, Si-O-Si 팽창특징과 흡수특징은 3000~ 3800cm^{-1}사이에서의 Si-OH 팽창특징과 거의 일치한다. SiO_2박막의 2260cm^{-1} 와 880cm^{-1} 사이에서는 Stretching Mode와 Bending Mode를 알 수 있고, Si-H 결합에 의한 흡수 피크의 결핍을 알 수 있다[6]. 이를 통해 PE CVD로 형성하는 박막보다 구조적으로 더 조밀하다는 것을 알 수 있었고, 수소결합의 양도 적다는 것을 알 수 있었다. 박막의 표면 상태는 그림 3에서와 같으며, 이처럼 원형의 작은 알갱이 구조들이 촘촘히 모여 조금의 불규칙성 없이 고밀도의 부드러운 표면상태를 가지는 것을 알 수 있다. 그러므로 거칠고 결정화된 표면에서 기인한 산란손실은 이 박막에서는 배제할 수 있는 것이다. 작은 구조의 알갱이는 가스 공급비율에 따라 변화하며, 특히 산소의 농도 변화로부터 많은 영향을 받는다. 고밀도의 구조를 갖고, SiO_2 박막의 산란손실(Scattering Loss)을 줄이기 위해서는 낮은 굴절률을 가져야 한다. 작은 알갱이 구조속의 빈 공간들은 확산경로의 역할을 하며, 이 구조를 통해 SiO_2박막의 굴절율은 대기 중으로 쉽게 변화되어 방출될 것으로 예상된다. 본 연구에서 사용한 고밀도의 유도결합 플라즈마를 이용한 실험은 낮은 이온 에너지를 사용하기 때문에 플라스틱 기판에서도 구부러짐이 일어나지 않고 기판의 손상도 줄일 수 있다.

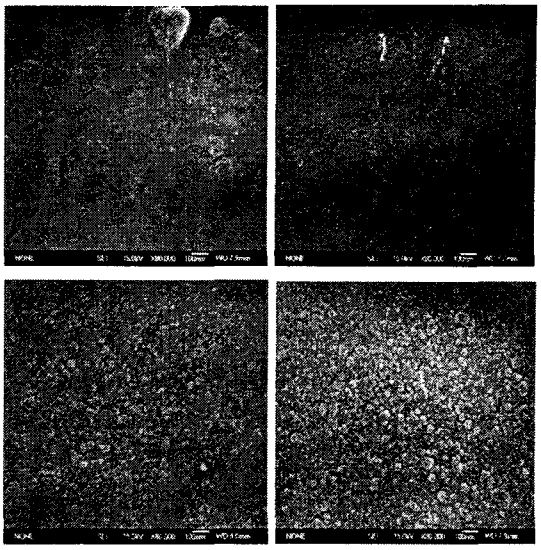

그림 3. N_2O/SiH_4 공급비율변화 후의 SEM Image

4. 결 론

SEM 전자현미경 사진으로부터 ICP CVD공정을 이용할 경우 양질의 SiO_2를 증착할 수 있다는 사실을 확인하였고, FTIR 분석을 통해 가스비 가변에 따른 실리콘 산화막내의 원자간의 결합을 살펴볼 수 있었으며, 플라즈마의 낮은 이온에너지는 플라스틱 기판의 손상을 감소시킨다는 사실을 확인하였다. N_2O/SiH_4가스의 비율 변화는 박막의 광학적 특성에 영향을 미치게 되는데, 굴절율은 이러한 가스비 변화를 통해 제어가 가능하다. 가스의 비율 변화를 통해 산화막의 반사율을 2%까지 감소시켰고, 이 단층 반사 방지막은 현재의 다층 박막 코팅을 대신할 수 있을 것이다. 또한, ICP CVD에 의해 증착된 SiO_2는 플라스틱 기판을 사용한 공정에 가장 적합한 방법이라는 것을 알 수 있었다.

참고 문헌

[1] T. Oyama, H. Ohsaki, Y. Tachibana, Y. Hayashi, Y. Ono, N. Horie, Thin Solid Films. 351, 235 (1999).

[2] J. Y. Kim, Y. K. Han, E. R. Kim, K. S. Suh, Current Applied Physics. 2, 123 (2002).

[3] C. N. Stem, C. Brunetti, A. F. B. Eloto, C. A. S. Ramos, Surface Coatings & Technology. 106, 117 (1998).

[4] S. Matsuo and M. Kiuchi, Jpn. J. Appl. Phys. 22, 210 (1983).

[5] J. W. Lee, K. D. Mackenzie, D. Johnson, J. N. Sasserath, S. J. Pearton and F. Ren, J. Electrochem. S 147, 1482 (2000).

[6] A. Ortiz, C. Falcony, M. Farias, L. Cota-Araiza and G. Soto, Thin solid films. 2006, 6 (1991).