

톨루엔-TEOS를 이용한 유기 복합 플라즈마 폴리머 박막의 저유전 박막으로서의 특성 연구

조상진, 배인섭, Nguyen Trieu, 부진효*
성균관대학교, 화학과

초 록: Ultralow-k 물질은 반도체 성능향상에 있어서 필요한 물질이다 [1]. 이를 위하여 본 실험은 톨루엔과 일반적인 SiO₂ 박막을 제조하는 데 사용되어 지는 TEOS (tetraethyl orthosilicate)를 co-depo.하여 유기 복합 박막을 PECVD (plasma enhanced chemical vapor deposition)법을 이용하여 증착하였다. 얻어진 박막은 IR과 nano-indentation과 capacitance의 측정을 통하여 측정되었다 이를 통하여 co-depo.를 통한 유기 복합 박막이 기존의 CVD법을 이용한 저유전 박막보다 우수한 기계적 특성을 가짐을 확인하였다

1. 서 론

ULSI의 성능의 진보는 Si칩 기술의 다층 interconnect 구조의 도입에 따라 지연되고 있다 Si 칩의 크기가 감소함에 따라 RC 지연이 ULSI의 성능을 좌우하는 factor로서 작용하게 된다. 특히 정전 용량(C)이 유전율에 의하여 결정되기 때문에 RC 지연을 감소시키기 위하여 유전율의 감소가 중요하다 따라서 많은 노력이 SiO₂ 유전체를 낮은 유전율을 가지고 있는 재료로 바꾸기 위해서 오랜 시간 투자되고 있다 [1-3].

따라서, 낮은 유전율(k<3.0)을 갖는 박막이 interlayer 유전체(ILD)로서 그들의 어플리케이션을 위해서 연구 중이다. 폴리머 박막이 이러한 low-k 값을 갖는 후보이다 [4].

게다가 최종적인 칩을 만드는 것에 관련한 기계적, 열적 처리와 패키징은 다층 interconnect 구조에 상당한 영향을 미칩니다 따라서 ILD 물질이 현재의 산업 공정에 적합하기 위한 필요조건이 많이 있으며 이 필요조건은 표 1에 나타나 있다 [5].

표 1. ILD를 위한 필요조건

전기적	화학적	기계적	열적
낮은 유전율 낮은 누설전류 낮은 차지트래핑 높은 전기장강도	높은 순도 에칭 선택성 낮은 용해도 낮은 흡습도 환경적 안정성	두께의 균일성 좋은 부착성 낮은 스트레스 높은 경도 높은 탄성계수	높은 열적안정성 낮은 열팽창계수 낮은 열적수축 높은 열전도도

2. 본 론

2.1 실험방법

본 연구에서는 자체 제작한 PECVD (RF 13.56 MHz) 장비를 이용하여 박막을 증착하였다 두 개의 다른 전구체를 사용하기 위하여 별도의 샤워헤드를 설치하였으며 별도의 MFC를 사용하여 버블링 가스의 양을 조절함으로써 전구체의 주입량을 조절할 수 있다. 사용한 플라즈마 장치의 개요도를 그림 1에 나타내었다. 또한 co-depo. 프리커서의 비율은

TEOS:톨루엔 = 1:10 으로 하였으며 프리커서의 기본 물성은 표 2에 나타내었다.

로터리 펌프를 통하여 공정압력을 일정하게 유지하였으며 공정온도는 wall heater 가열을 통하여 유지하였다. 증착 시간은 동일한 두께의 박막을 얻기 위하여 증착 시 사용한 RF power의 세기에 따라 달리 적용되었다. 증착을 위한 공정변수와 실험범위는 표 3에 나타나 있다

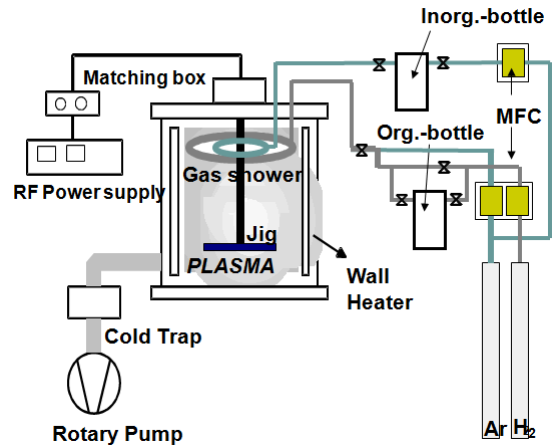


그림 1. PECVD 장치 개요도

표 2. 전구체의 기본 물성

Name	Formula	M.W.	B.P. (°C)	M.P. (°C)	d
Toluene	C ₆ H ₅ -CH ₃	92.14	111	-95	0.86
Tetraethyl orthosilicate	Si(OC ₂ H ₅) ₄	208.33	165~169	-86~-77	0.94

표 3. 공정변수와 실험범위

공정변수	실험범위
RF power	20 ~ 60 W
공정압력	4×10 ⁻¹ Torr
공정온도	150 °C
공정시간	30 ~ 60 분
전구체 비율	TEOS:톨루엔 = 1:10

2.2 적외선 분광기를 이용한 박막의 평가

박막의 작용기 분석은 Bruker Optik 사의 IFS66v/S를 사용하여 측정되었다 분석 범위는 4000~600 cm⁻¹까지의 범위를 측정하였다 그 결과를 그림 2에 나타내었다 [6]. 분석결과 CH_x의 스트레칭 진동 피크가 RF power의 증가에 따라 감소하며 이에 따라 C=C 진동 피크가 증가하는 것을 확인하였다.

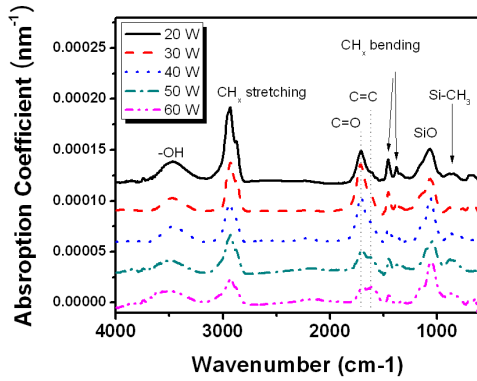


그림 2. 유기기 복합 폴리머 박막의 증착 RF power에 따른 변화

2.3 박막의 유전율 평가

박막의 정전 용량은 HP사의 LCR meter (HP 4284b)를 사용하여 MISIM 구조로 만든 커패시터를 이용하여 측정되었으며 측정 시 사용한 frequency는 1MHz로 고정하여 측정하였다 그 결과를 그림 3에 나타내었다. 그 결과 RF power가 증가함에 따라 유전상수도 증가함을 확인하였다

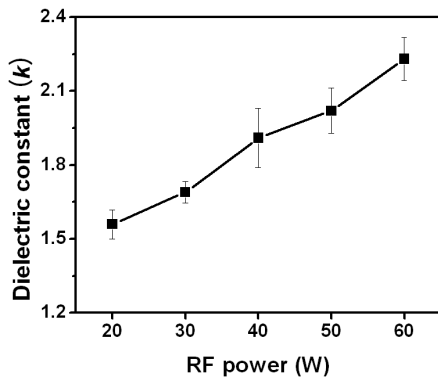


그림 3. RF power증가에 따른 유기기 복합 박막의 유전상수 변화

2.3 박막의 경도 및 탄성계수 평가

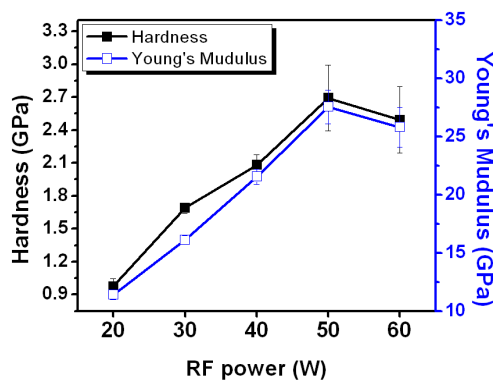


그림 4. 유기기 복합 폴리머 박막의 증착 RF power에 따른 박막의 경도 및 탄성계수 변화

박막의 경도는 MTS사의 MTS nano-indenter[®]를 사용하여 측정하였으며 전체 두께의 10%에 해당하는 결과를 박막의 경도로 결정하였다 [7, 8]. 박막의 경도 및 탄성은 RF power가 증가함에 따라 증가하였는데 그림 4에서 볼 수 있듯이 두 값의 에러범위가 매우 커 50과 60 W에서는 거의 동일한 값을 가졌다 할 수 있겠다.

3. 결 론

유기기 복합 폴리머 박막은 톨루엔과 TEOS의 동시 증착에 의해 실리쿰(100) 기판위에 증착되었다 결과 박막은 각각의 전구체와는 다른 지문영역을 가지는 박막으로 증착되었다. 이 지문영역의 상이함에 PECVD를 통해 얻어진 박막의 구조가 각각의 전구체와는 다르다는 것을 보여준다 또한 박막의 성막에 있어서 RF power라는 공정변수의 증가가 유전상수의 증가와 경도 및 탄성계수의 증가의 결과로 나타내어지는 것을 확인하였다

감 사 의 글

본 연구는 BK21 프로젝트의 일환으로 교육과학기술부의 지원으로 이루어졌습니다 또한 성균관대학교 플라즈마 응용 표면 기술 연구센터와 한국학술진흥재단 (MOEFRD, KRF-2005 -005-J11902)의 지원으로 이루어졌습니다.

참 고 문 헌

- [1] A. Grill and V. Patel, "Ultralow-k dielectrics prepared by plasma-enhanced chemical vapor deposition", Applied Physics Letters, 79(6), 803, 2001.
- [2] I.-S. Bae, S.-H. Cho, Z.T. Park, J.-G. Kim, and J.-H. Boo, "Organic polymer thin films deposited on silicon and copper by plasma-enhanced chemical vapor deposition method and characterization of their electrochemical and optical properties", J. Vac. Sci. Technol. A, 23(4), 875, 2005.
- [3] I.-S. Bae, C.-K. Jung, S.-H. Jeong, S.-J. Cho, Y.J. Yu, J.G. Kim, and J.-H. Boo, "Comparison of their electrical, optical, and electrochemical properties of as-grown plasma polymerized organic thin films by PECVD", Thin Solid Films, 515, 407, 2006.
- [4] Y.C. Quan, J. Joo, and D. Jung, "Polymer-like Organic Thin Films Deposited by Plasma Enhanced Chemical Vapor Deposition Using the Para-xylene Precursor as Low Dielectric Constant Interlayer Dielectrics for Multilevel Metallization", Jpn. J. Appl. Phys. 38, 1356, 1999.
- [5] B.D. Hatton, K. Landskron, W.J. Hunks, M.R. Bennett, D. Shukaris, D.D. Perovic, and G.A. Ozin, "Material chemistry for low-k materials", Materials Today. 9(3), 2006, 22.
- [6] Robert M. Silverstein and Francis X. Webster, "Spectrometric Identification of Organic Compounds", John Wiley & Sons, Inc., New York, USA, 136, 1998.
- [7] N. Chérault, G. Carlotti, N. Casanova, P. Geraud, C. Goldberg, O. Tomas, and M. Verdier, "Mechanical characterization of low-k and barrier dielectric thin films", Microelectronic Engineering, 82, 2005, 368.
- [8] A. Gouldstone, H.-J. Koh, K.-J. Zeng, A. E. Giannakopoulos, and S. Suresh, "Discrete and continuous deformation during nanoindentation of thin films", Acta Materialia, 48, 2277, 2000.