2006년도 대한전기학회 하계학술대회 논문집 2006. 7. 12 - 14

플라즈마 중합법으로 증착된 ppMMA 박막의 유전특성

임재성[1], 신백균[1], 남광우[2], 김진식[3], 황명환[4], 김종택[5], 이은학[6], 강대하[7]
[1]인하대학교, [2]유한대학, [3]국방품질관리소, [4]인천대학교, [5]특허청, [6]한라대학교, [7]부경대학교

Dielectric Properties of Plasma Polymerized ppMMA Thin Film

J.S. Lim[1], P.K. Shin[1], K.Y. Nam[2], J.S. Kim[3], M.H. Hwang[4], J.T. Kim[5], Y.H. Lee[6], D.H. Kang[7]
[1]InHa Univ., [2]Yuhan Coll., [3]DQAA Korea, [4]InCheon Univ., [5]KIPO, [6]Halla Univ., [7]PuKyong Univ.

Abstract - In this paper, poly methyl methacrylate thin films were deposited on a ITO glass substrate using a plasma polymerization technique. In order to investigate the influence of the plasma coupling method and plasma conditions on the plasma polymerized poly methyl methacrylate (ppMMA) thin film properties, inductively coupled (ICP) and capacitively coupled plasma (CCP) were used to generate the plasma and the plasma parameters were varied. Molecular structures of the ppMMAs were investigated using a Fourier Transform Infrared (FT-IR) spectroscopy. Dielectric constants of the ppMMA thin films were investigated using a impedance analyzer (HP4192A, LF Impedance Analyzer). Current-Voltage (I-V) characteristics of the ppMMA thin films were investigated using a source measurement unit (SMU: Keithley 2400). Relationship between the plasma coupling technique/process parameter and ppMMA thin films properties were investigated.

1. 서 론

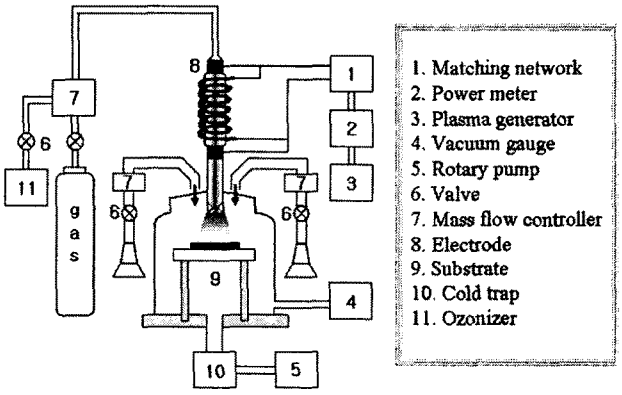
지금까지 잘 알려져 있는 실리콘(Si) 기판 위에 고온, 고진공의 공정을 통하여 제작되는 전계효과 트랜지스터 소자인 일반적으로 정의되는 박막 트랜지스터(TFT)는 능동구동방식 평판 디스플레이(Active Matrix Flat Panel Display)에 널리 쓰이고 있다. 최근에는 액정 디스플레이(Liquid Crystal Display) 및 유기 발광소자(Organic Light-emitting Device)의 화소 스위치 소자로 사용되고, 특히 고분자 필름과 같은 플라스틱을 기판으로 하는 유기 박막 트랜지스터(OTFT)는 기판 소재의 유연성(Flexibility)으로 인하여 차세대 플렉시블 디스플레이 소자에 응용 가능성을 높이고 있다. 또한, 기존의 TFT(Thin film transistor) 대비 OTFT(Organic Thin film transistor)의 경우 제작 공정이 비교적 간단하고, 제작비용이 저렴하며, 구부리거나 접을 수 있는 장점 때문에 차세대 디스플레이 소자의 연구에도 많은 관심이 집중되고 있다. 이에 따른 OTFT 소자의 시장에 파급효과가 커질 것으로 기대되고 있다. 유기 반도체인 펜타센(Pentacene)과 무기 절연막(Inorganic insulator)으로 만들어진 유기 박막트랜지스터의 경우 전계효과 이동도가 ~5cm^2/Vs, On/Off ratio가 10^7인 a-Si:H TFT에 근접하는 결과가 나왔으나, 무기 절연막이 아닌 유기 절연막을 사용한 OTFT의 성능은 이에 미치치 못하고 있는 실정이다[1]. 몇 십년 동안 SiO_2가 게이트 절연막으로 사용될 수 있었던 것은 실리콘과 우수한 계면특성, 낮은 누설전류, 열안정성 및 우수한 신뢰성 등의 우수한 특성들을 대체할 만한 재료를 만나지 못했기 때문이다. 유기물은 전하이동도가 낮아 빠른 이동도를 필요로 하는 processor에는 쓰일 수는 없으나, 디스플레이 구동소자로서의 역할을 기대하고 있다. TFT 소자의 Gate 절연층은 고유전율, 패터닝 여부, 저 누설전류 및 활성층과의 계면특성 제어 등이 필요조건으로 생각되며, 현재 폴리비닐페놀(PVP), 폴리이미드(PI) 및 PMMA 등 많은 유기 절연막들이 연구되고 있으나, 필요조건을 만족할 만한 재료적인 특성들이 저조하며 최근 이러한 특성들을 개선하기 위해 재료 개발연구를 활발히 진행 하고 있다. 이에 본 연구에서는 기존의 OTFT 게이트 절연층으로 사용되고 있는 SiO_2를 대신하여 ppMMA 유전체의 적용 가능성을 보기 위한 연구를 수행하였다. 유도결합형 플라즈마와 정전결합형 플라즈마 두 가지 방법을 이용하여 플라즈마 중합체 박막을 증착하였고 각각의 유전 및 절연 특성에 대해서 관찰하였다.

2. 본 론

2.1 실 험

2.1.1 ppMMA 박막의 제작

ppMMA 유전체 박막의 유전 및 절연 특성을 알아보기 위해서 십자형 전극 배열로 capacitor 소자를 제작하였다. 하부전극으로 사용된 ITO(유리기판)를 2.0 mm 간격으로 습식 식각하여 패터닝 하였다. 패터닝 된 ITO 표면을 acetone, ethanol, decorex, DI water 순서로 각각 10분씩 초음파 세척하였고, 세척한 ITO 기판은 진공 챔버로 이동되었다. 플라즈마 중합 장비의 전체적인 개략도를 그림 1에 나타내었다. ppMMA의 제작을 위한 플라즈마 발생 전원으로는 13.56 MHz의 RF 플라즈마 발생기(RF Plasma Generator(AUTO ELEC. ST-500, 600 W))를 사용하였고, 임피던스 매칭을 위해서 매칭 박스(Matching Box(Load Coupler LC-1000))를 설치하였으며, 방전부에 공급되는 전력을 측정하기 위해서 RF 방전전력계(RF Power Meter(Collins 30K-3))를 연결하였다. 진공의 검출은 진공게이지(Pirani Gauge(Model PG-1S 23593 Okano, $10\sim10^{-3}$ torr))를 사용하였다. 그리고 요구되는 진공도와 로터리 펌프의 오염을 방지하기 위해 액체질소를 사용하는 콜드트랩(Cold Trap)을 설치하였다. 가스의 유입은 방전관 내부로 캐리어 가스가 유입될 수 있도록 하고, 반응기 안으로 모노머 가스가 유입될 수 있도록 하기 위해 두 개의 가스공급원을 각각 설치하였으며, 유량조절장치(Mass Flow Controller, FC-280, Tylan)를 사용하여 아르곤 캐리어가스 유량을 조절하여 방전관으로 유입되도록 하였다. 플라즈마 방전 전력 70[W], 방전 주파수 13.56 MHz, 10 sccm의 유량으로 질소(N2)를 유입시켜 반응기 압력 0.1 torr로 유지시킨 조건하에서 mma 모노머를 주입시켜 중합하였다. ppMMA의 두께 측정은 표면 단차 측정기(a-step profilometer)를 사용하였고, 유전체의 두께를 300nm로 일정하게 성막시켰다. 상부전극으로는 Al을 사용하여 ITO 하부전극과 크로스 되는 형태로 열 증착 장비를 이용하여 측정 시료를 제작하였다. 본 연구에서는 유전체 박막의 광 투과 특성, 가교결합 등의 장점을 고려하여 ppMMA 유전체 박막을 제작하였다.



<그림 1> 플라즈마 중합 장비의 개략도

2.1.2 ppMMA 박막의 특성 측정

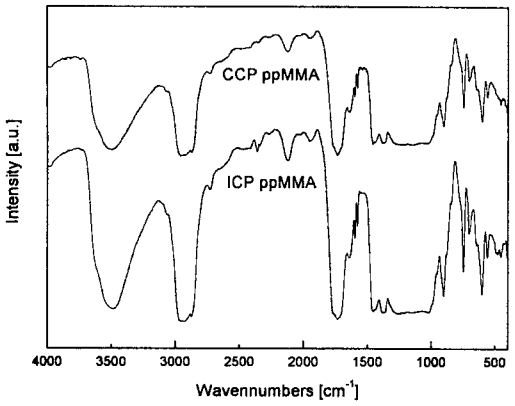
ppMMA 유전체의 분자 구조 변화를 분석하기 위해 KBr 단결정 기판 위에 성장시킨 후 적외선 흡수 분광기(FT-IR : Fourier Transform-Infrared Spectra)를 사용하여 측정하였다. 유전 특성을 측정하기 위해 Hewlett Packard사의 임피던스 분석기(Impedance analyzer, LF4192A)를 이용하여 측정 주파수 1 KHz에서 1 MHz까지 각각의 유도 결합형 플라즈마(ICP) 및 정전 결합형 플라즈마(CCP) 조건에서 제조된 ppMMA 유전체 박막을 측정하였다. 또한, 전압-전류(V-I) 측정 장비(Source Measurement Unit (SMU : Keithly. Model 2400))를 사용하여 샘플의 절연 특성도 관찰하였다.

2.2 결과 및 고찰

2.2.1 FT-IR

적외선 분광분석장치(FT-IR)를 이용하여 플라즈마 중합법으로 제조된 ppMMA 박막의 분자구조를 분석하였다. 스핀코팅(spin-coating)장비를 사용한 PMMA 스펙트럼의 피크를 분석한 결과 상이한 차이를 보이고 있다[2]. ppMMA는 PMMA와 비교해서 전반적으로 폭넓은 피크를 형성하는데 이는 플라즈마 중합 박막이 일반 PMMA보다 치밀하고, 가교도가 높은 망상구조를 갖고 있기 때문인 것으로 생각되고, 이는 유전체 박막으로서의 영향을 미칠 것으로 사료된다. 또한 CCP를 이용해서 제작한 샘플보다 ICP로 제작된 샘플이 각각의 피크에서 intensity 증가를 보이고 있다. 이것으로 ICP 플라즈마 중합방법으로 제작된 ppMMA 박막이 조밀도와 가교도가 높

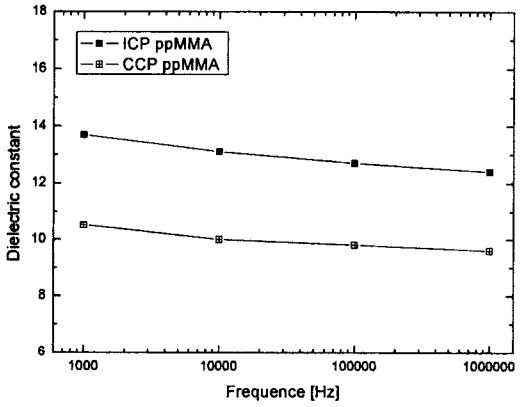
은 우수한 박막임을 알 수 있었다[3].



<그림 2> ppMMA 박막의 FT-IR 스펙트럼

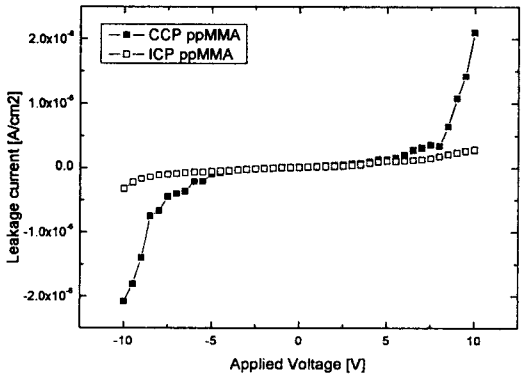
2.2.2 유전 및 절연 특성

ppMMA 박막에서의 Gate 절연층으로서 특성 발휘여부를 확인하기 위해서 제조된 박막의 유전특성을 조사하였다. 그림 3은 유도형 플라즈마 및 정전결합형 플라즈마를 이용하여 성막된 ppMMA 박막의 주파수에 따른 유전상수의 변화를 나타내었다.



<그림 3> 주파수 변화에 따른 ppMMA 박막의 비유전율 특성

I-V 측정을 통하여 ppMMA 박막의 누설전류를 그림 4에 나타내었다. 전압이 높아짐에 따라 CCP 방법으로 성막된 샘플 대비 ICP 방법으로 성막된 샘플이 안정화된 절연특성을 보여주고, ICP ppMMA 박막이 절연특성이 상실되는 경향은 보이지 않은 우수한 절연체 박막이라고 예측할 수 있다.



<그림 4> ppMMA 박막의 절연 특성

3. 결 론

플라즈마 중합 방법으로 구현한 ppMMA 박막을 유기 박막 트랜지스터의 게이트 절연(유전)층으로의 응용을 위한 연구를 수행하였다. 유기 유전체 박막은 유도형 플라즈마 및 정전결합형 플라즈마 중합 방법으로 제작하였고, 유전 및 절연 특성에 대하여 알아보았다. ICP ppMMA 박막의 유전 및 절연특성은 기존의 스핀코팅 방법으로 제작된 PMMA 유전체 박막 보다 크게 향상됨을 알 수 있었다. 또한, ICP ppMMA 대비 CCP ppMMA의 경우에도 박막의 치밀함과 가교도 차이로 인한 다른 결과를 나타냈다. 결과적으로 13.7의 고유전상수를 가진 ppMMA 박막을 얻을 수 있었고 우수한 절연특성을 나타냈다, 향후 추가적인 실험을 통하여 플라즈마 중합방법으로 제작된 유기 박막의 특성들을 분석하고, 요구되는 OTFT 소자에 적용 될 수 있는 우수한 유기 유전체 박막을 기대해 본다.

본 논문은 산업자원부에서 시행하는 대학전력연구센터 육성·지원 사업에 의해 작성되었습니다.

[참 고 문 헌]

[1] H.Y. Choi, S.H. Kim, J. Jang, "Self-Organized Organic Thin-Film Transistors on Plastic", Advanced materials, vol. 16, pp. 732, 2004

[2] Moonkyong Na, Shi-Woo Rhee, "Electronic characterization of Al/PMMA/p-Si and Al/CEP/p-Si structures", Organic Electronics, Vol. 7, pp. 205, 2006

[3] 이덕출, 박구범, "플라즈마 중합 MMA의 유전특성 개선에 관한 연구", 전기전자재료학회, Vol. 3, pp. 2, 1990