

HD-PECVD법으로 제작한 SiN 박막의 특성

임영택¹, 신백균¹, 박구범², 육재호², 박종관²
 인하대학교¹, 유한대학교²

Characteristics of SiN Thin Film prepared by HD-PECVD

Y-T Lim¹, P-K Shin¹, K-B Park², J-H Yuk², J-K Park²
 INHA UNIVERSITY¹, YUHAN UNIVERSITY²

Abstract - 박막트랜지스터(Thin Film Transistor: TFT)의 게이트 절연층에서는 박막의 전계강도, 고유전율 및 우수한 표면 특성이 요구된다. HD-PECVD(High Density - Plasma Enhanced Chemical Vapor Deposition)를 이용하여 NH₃ 유량 및 기판 온도를 변화시키면서 SiN 박막을 제작하고, 표면특성을 AFM 으로, CONTACT ANGLE로 접촉각을 측정하여 Young's Equation 으로 Surface Energy를 계산하였고 전기적 특성은 MIM 구조를 제작하고 C-V 측정을 하여 조사하였다.

1. 서 론

현대사회에서 박막은 디스플레이 산업뿐만 아니라 박막형 태양전지, RFID, 각종 센서, 플라스틱 집적회로 등의 핵심소재로 파급효과가 매우 크며, 자체 산업 규모도 크지만 관련 후방산업의 소재로도 산업, 경제적, 사회적 파급 효과가 매우 큰 핵심소재이다. 박막 공정은 CVD, PVD 등 이밖에도 여러 가지 공정이 있는데 본 실험에서는 CVD중에서 PECVD를 이용한 SiN 막을 제작 하였다.

PECVD에 의한 SiN 박막은 N₂/SiH₄, NH₃/SiH₄ 또는 N₂/NH₃/SiH₄혼합가스를 이용한다. 공정변수인 입력 파워를 증가시키면 전자와 라디칼의 밀도가 증가하여 증착 속도는 빨라지고, 압력을 줄이면 라디칼의 확산속도와 전자에너지를 활성종에 전달하는 효율 증가로 웨이퍼간 균일도 향상과 표면에서의 반응이 좋아진다.[1] 또한 Si-H/N-H 결합 비율은 NH₃/SiH₄ 가스 조성비에 의해 결정되고, 이것은 박막의 굴절률을 결정하는 중요 변수가 된다.[2] 기판에 적정 온도를 가하면 박막의 특성이 향상된다고 보고되고 있다.[2] 본 연구에서는 HD-PECVD 공정을 이용하여 공정변수를 변화시키면서 SiN 박막을 제작하고, 박막트랜지스터(TFT) 소자의 절연층 응용을 목적으로 그 물성을 평가하였다. SiN 박막의 제작공정 중, N₂, NH₃, SiH₄ 가스 중 NH₃의 조성비 및 기판온도를 변화시켰으며, 제작한 박막의 표면 특성, 물리적 특성 및 전기적 특성을 평가하였다.

2. 본 론

2.1 실험

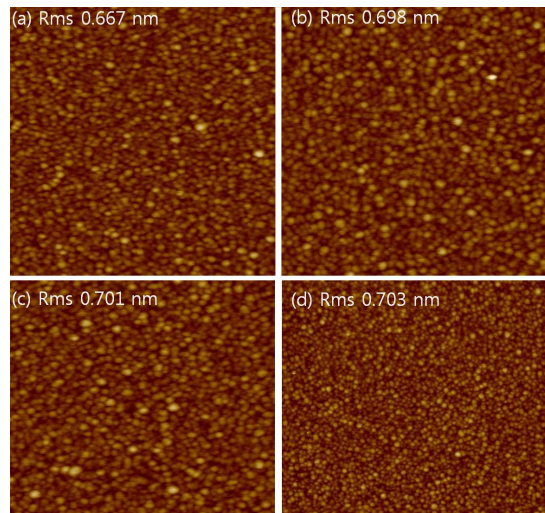
2.1.1 SiN 막의 제작

본 연구에서는 HD(High Density)-PECVD를 이용하여 TFT의 유전체 박막으로 사용되는 SiN 박막을 제작 하였다. 물리적 평가로는 원자현미경(AFM : Nanoscope Multimode IVa / Digital Instrument), 접촉각 측정(CONTACT ANGLE METER)를 사용하여 Young's Equation 으로 Surface Energy를 계산하였다. 전기적 특성평가로는 SiN 유전체 박막의 정전용량 값을 알아보기 위해 MIM(Al/SiN/ITO)구조의 Capacitor 소자를 제작 하였으며 하부전극으로는 ITO(8-10 μ m²)코팅된 유리기판을 사용하였다. ITO표면을 acetone, ethanol, decorex, DI water 순으로 각각 5분씩 조음과 세척을 하였고, 세척한 ITO 기판은 진공 챔버로 이동시켰다. 기본 조건으로 Power(300W), Working Pressure(30m torr), Gas 유량(SiH₄ : 5sccm, N₂ : 100sccm), 공정시간(180sec)으로 하였다. 변수조건으로는 Gas 유량(NH₃ : 40, 60, 80, 100 sccm), 기판온도를 25 $^{\circ}$ C, 150 $^{\circ}$ C로 하였다. MIM 구조를 만들기 위해 ITO 위에 SiN 박막을 증착하였으며 그 위에 진공 열증착법(Thermal evaporation)을 사용하여 100nm의 Al 박막을 증착 하였다.

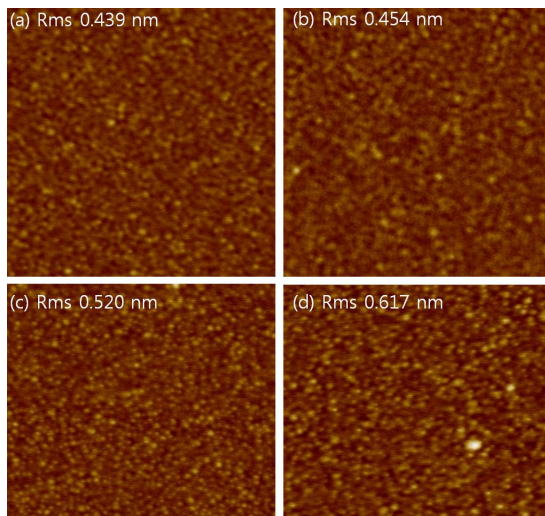
2.2 결과 및 고찰

2.2.1 AFM

공정조건 변화에 따라 제작된 SiN 박막의 표면특성 변화를 조사하기 위해 AFM을 이용하여 NH₃의 유량변화, 기판의 온도에 따른 표면 분석을 실시하였으며, 그림 1과 2에 도시하였다. 그림 1과 그림 2를 비교해 보면 기판의 온도를 150 $^{\circ}$ C로 하였을 때 박막의 표면 거칠기가 감소함을 확인 할 수 있으며, 각각의 표면거칠기(RMS)는 각각 그림 1.과 그림 2.에 나타 내었다. 절연층 위에 반도체층이 올라가는 bottom-gate 방식의 박막트랜지스터를 제작할 경우, 절연층의 표면의 거칠기가 매우 작을 것이 요구된다.



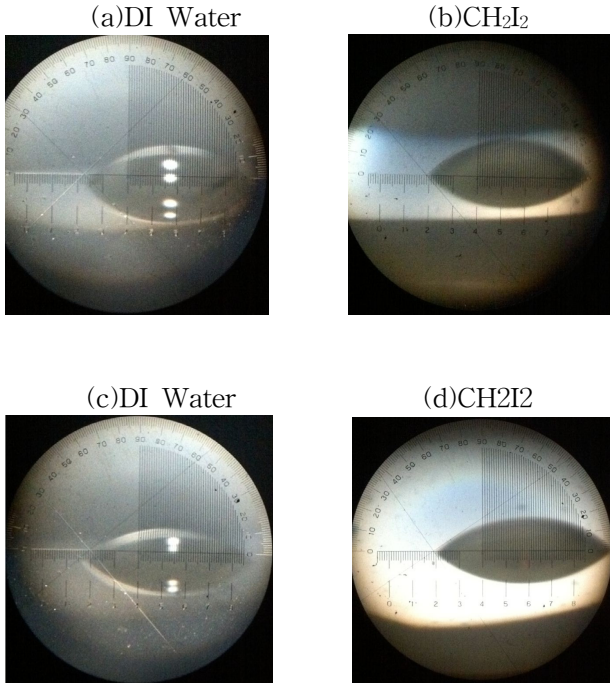
<그림 1> 기판온도 25 $^{\circ}$ C에서 증착된 SiN의 AFM 사진



<그림 2> 기판온도 150 $^{\circ}$ C에서 증착된 SiN의 AFM 사진

2.2.2 Contact Angle 및 Surface Energy

Contact Angle로 DI Water, Methyleneiodide(CH₂I₂)를 각각 이용하여 접촉각 측정을 하였으며, Young's Equation 을 이용하여 Surface Energy를 계산하였다. 절연층 위에 반도체층을 올리는 박막트랜지스터의 구조에서 Surface Energy는 매우 중요한 요인이며, 반도체층의 안정화를 위해 Surface Energy가 작거나 또는 반도체층의 활성화 에너지와 유사할 것이 요구된다.



〈그림 3〉 기판온도 25°C(a,b) 및 150°C(c,d)에서 제작된 SiN 박막 표면의 DI Water 및 CH₂I₂의 접촉각

Young's Equation

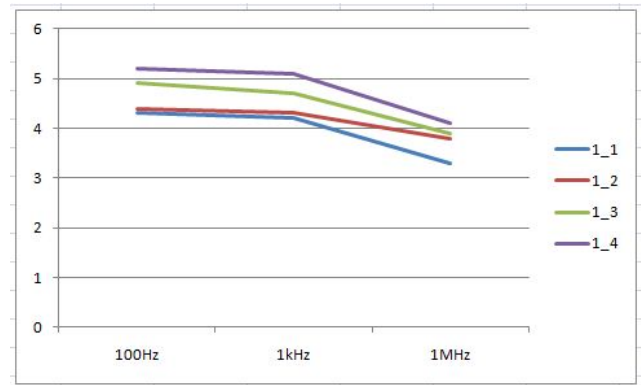
$$1 + \cos\theta = 2 \left[\frac{(\gamma_S^d)^{0.5} (\gamma_L^d)^{0.5}}{\gamma_L} + \frac{(\gamma_S^a)^{0.5} (\gamma_L^a)^{0.5}}{\gamma_L} \right]$$

〈표 1〉 접촉각 측정후 계산된 SiN박막의 표면에너지

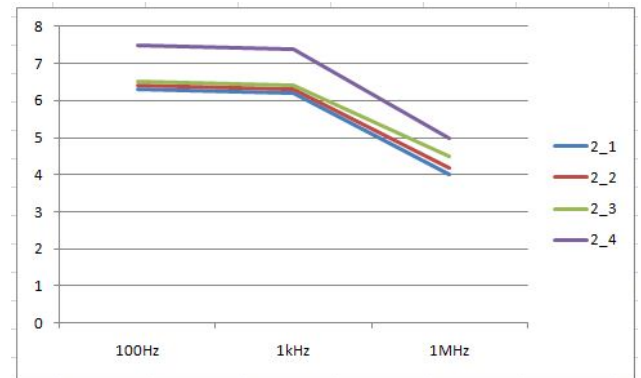
NH ₃	40	60	80	100
25°C	44.72	44.81	44.69	44.57
150°C	53.5	54.1	52.8	52.1

2.2.3 SiN 박막의 C-V 특성

HD-CVD 법으로 제작된 SiN 박막의 박막트랜지스터 절연층으로의 응용 가능성 여부를 판단하기 위해, HP 4129 LF IMPEDANCE ANALYZER를 사용하여 MIM 구조의 Capacitance를 각각 100Hz, 1kHz, 1MHz 로 주파수를 변화시키면서 측정하였으며, 그림 4에 그 C-V 특성을 나타냈다.



(a) 기판온도 25°C에서 증착된 SiN 박막



(b) 기판온도 150°C에서 증착된 SiN 박막

〈그림 4〉 SiN 박막의 주파수 변화에 따른 C-V 특성

3. 결 론

본 연구에서는 HD-PECVD법으로 제작한 SiN막의 TFT의 게이트 절연 막으로의 응용을 위한 연구를 수행하였다. 사용되는 NH₃가스의 유량과 기판의 온도에 따른 물성 측정으로 AFM으로 조사한 표면특성과 접촉각을 측정에 따른 Surface Energy를 평가하였다. AFM의 측정결과 기판의 온도가 25°C보다 150°C 일 때 표면거칠기(RMS) 값이 작아지는 것을 확인 할 수 있으며, 접촉각측정결과를 이용하여 계산된 Surface Energy는 25°C보다 150°C일 때 더 큼을 알 수 있다. 또한 전기적 특성 조사를 위해 C-V 특성을 100Hz, 1 kHz, 1MHz 세 가지 주파수 영역에서 각각 측정하였으며, 주파수가 증가 할수록 단위면적당 정전용량값이 감소함을 알 수 있었다.

이 논문은 2011년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임 (No. 2011-0011513)

[참고 문헌]

- [1] W. Kern and G. L. Schnable, "Electron Devices", IEEE Trans. ED-26, 647 (1979).
- [2] Yue Kuo, "PECVD Silicon Nitride as a Gate Dielectric for Amorphous Silicon Thin Film Transistor", J. Electrochem. Soc., Vol. 142, No. 1, January (1995).
- [3] G. M. Samuelson and K. M. Mar, J. "Electrochem." Soc. 129, 1773 (1982).