

DC sputtering법을 이용한 Al/AlN/Si MIS capacitor 제작 및 수소첨가가 전기적 특성에 미치는 영향

김민석* , 권정열* , 김지균* , 이헌용* , 이환철**

*영지대학교 전기공학과

**대진대학교 재료공학과

Effect of hydrogen addition to use DC sputtering method on the electrical properties of Al/AlN/Si MIS capacitor fabrication

Min-Suk Kim* , Jung-Yul Kwon* , Jee-Gyun Kim* , Heon-Yong Lee* , Hwan-Chul Lee**

*MyongJi University

**Daejin University

Abstract- AlN thin films were fabricated by sputter for the application of MIS device with Al/AlN/Si structure. We controled that sub-temperature room-temperature. Sputtering pressure 5 mTorr, flow ratio Ar:N₂=1:1(4sccm:4sccm), and appended hydrogen gas 0~5%. AlN thin films thickness fabricated to maintain 2700Å time control. Before the experiment remove to the contaminated material use the Ultrasonic every 10 minute use the acetone and ethanol, then use the HF remove oxide-substance at 10 second. To analyze characteristic of the H₂ gas addition period, C-V and I-V characteristic make and experiment H₂ gas at addition period progressive capability of I-V and C-V characteristic.

1. 서 론

Si반도체에서는 절연체로써 SiO₂가 우수한 전기적 특성 즉, 우수한 절연특성과 안정한 C-V특성을 지니는 절연박막이 있어 주로 MOS (Metal - Oxide - Semi conductor) 구조의 소자로 사용되고 있다. 그러나 GaAs반도체는 고온에 둔감하며, 6배나 빠른 전하이동 속도, 넓은 에너지밴드갭(E_g=1.43eV)을 가지는 우수한 반도체 특성에도 불구하고 GaAs화합물 MIS 소자에서는 이를 대체할 만한 절연체가 없는 실정이다. MIS소자에서 절연체로서의 성질은 기판과의 열팽창계수의 유사성, 격자상수의 일치와 높은 저항을 값이 필요하다.

AlN은 적당한 열팽창계수와 높은 저항값(10¹³~10¹⁶ Ω·cm), 높은 열전도도, 에너지금지대폭(energy band gap, E_g=6.2eV)등의 특성으로 GaAs반도체에 응용가능성이 높은 물질이다.

AlN절연박막의 제조방법은 이온빔 스퍼터링, MOCVD(metal organic chemical vapor deposition), CVD(chemical vapor deposition), MBE(molecular beam epitaxy)등이 있으나, 높은 온도와 공정의 복잡성 등에 의해서 일반적으로 스퍼터링법이 많이 쓰이고 있다.

AlN 박막의 제조시 수소효과를 보면 우선 방향성 및 표면의 급격한 변화, 증착 속도 감소, 표면 거칠기 감소, saw 전파 속도 상승 등이 있다. ZnO 박막 제조시 수소첨가 효과는 표면형상의 변화와 투과율의 향상, 전도성의 증가특성이 보인다고 알려져 있다.[1] 그러나 수소첨가에 따른 전기적특성에 대한 연구는 미미한 실정이다.

따라서 본 연구에서는 반응성 DC sputtering법을 사용하여 AlN 박막을 제조하였고, 또한 수소가스를 첨

가함으로써 수소 첨가에 따른 소자 계면에서의 불순물 감소효과와 전기적특성의 향상에 대한 고찰을 하고자 한다.

2. 실험방법

기판의 저항율은 8~12Ω의 p-type (100) Si 기판을 사용하였다.

기판세척은 시편을 아세톤과 에탄올 용액으로 초음파 세척기(Ultrasonic)로 각각 10분간 세척 한 후 기판에 존재하는 native산화막을 제거하기 위해서 HF용액 속에 약 10초간 세척을 했다. 마지막으로 DI-water와 초음파 세척기로 세척하여 불순물로 인한 오염을 최대한 줄였다.

AlN 박막 증착 과정에서 기판의 온도는 실온으로 고정시켰고, 초기 진공도는 3×10⁻⁶ Torr 이하로 도달한 후 실험을 실시하였다. 증착시 진공도는 5mTorr를 유지하였으며, 증착에 쓰이는 타겟은 고순도(5N)의 Al을 사용하였다. 타겟과 substrate사이의 거리는 8.5cm로 하였고 가스농도는 Ar:N₂를 1:1비율로 각각4sccm을 혼합하여 흘려주고 각각 수소의 혼합비를 0~5% 넣어 주었다. 증착시간은 수소 첨가시와 첨가 안할때 각각 구분하여 막 두께는 2500 ~ 2700 Å이 되도록 하였다. 전기적 특성 측정을 위한 전극증착은 증착기(evaporator)를 사용했으며 이때의 진공도는 1×10⁻⁵ 이하이고 전극 마스크(mask)는 직경 270μm를 사용하였다. 또한 전극의 ohmic contact을 위한 열처리과정은 RTA(Rapid Thermal Annealing)를 사용하여 400℃, N₂ 분위기에서 기판온도 400℃로 도달된 후 10분간 처리를 하였다.

전기적 특성을 측정하기 위해서 I-V측정은 HP 4145 pico-amperemeter를 사용하였고 C-V측정은 HP 4192A LF impedance analyzer를 사용하여 1MHz에서 측정을 하였다. 박막 두께 측정은 Long profiler(Tencor p-1)Ellipsometry로 측정하였다

3. 실험 결과 및 고찰

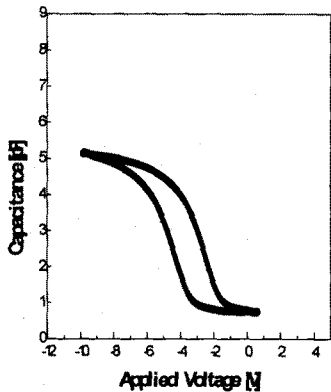
소자제작에 있어서 C-V 특성의 히스테리시스는 소자 전기적특성의 불안전 요인의 하나이다. 히스테리시스가 발생하는 주요한 원인으로는 박막 내에 존재하는 이동 이온이나 트랩전하 등에 의해서 생기는데 이때 널리 알려진 양의 알칼리 이온인 Na⁺ 나 K⁺ 등은 100℃이상의 온도에서 비로소 전기장을 따라 움직이며, 수소 이온인 H⁺나 H₃O⁺ 등은 상온에서도 움직인다고 알려져 있다.

그림1은 기판온도 실온, DC power 150W, 스퍼터링 압력 5mTorr Ar:N₂ 가스비가 1:1에서 수소를 0~5% 변화를 준 AlN 박막의 C-V 곡선 그래프로써 그

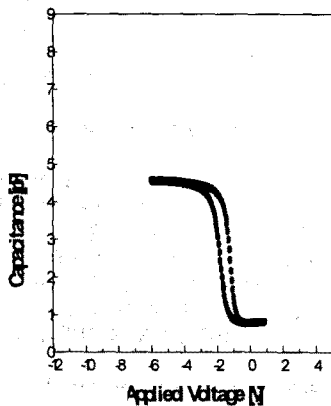
림1의 (a) 수소 첨가 안함, (b) 수소 5% 전시간 첨가, (c) 수소 5% 후기첨가, (d) 수소 5% 초기 첨가에 따른 히스테리시스를 보여준다. 이 결과는 수소를 첨가함에 따라 계면(interface)에서 불순물의 줄어 계면에 축적된 양의 전하가 감소된 것으로 보인다. 또한 계면에서 수소의 영향을 받지 않는 그림 1의 (a)와 (c)의 경우는 히스테리시스가 크게 나타나는데 비해 (b)와 (d)의 경우는 히스테리시스의 크기가 상당히 작게 나타남을 알 수 있다.

큰 음의 플랫폼전압은 절연 박막 내에 매우 많은 양의 양전하가 상당히 많이 축적되었다는 것을 의미하며, AlN 박막 증착시 수소를 첨가 해주면 이러한 양의 전하를 크게 감소시켜 플랫폼전압을 매우 작게 만드는 것으로 관찰된다. 그림1의 수소가스를 첨가하지 않은 경우(a)와 수소가스를 첨가한 경우(b),(c),(d)를 비교하면 플랫폼전압은 수소를 첨가한 경우가 현저하게 줄어드는 것이 관찰되었고, 특히 초기에 수소가스를 첨가한 경우가 가장 작은 플랫폼전압을 나타내었다.

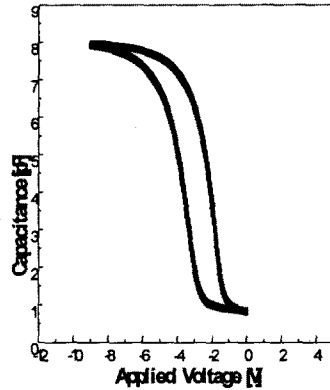
축적(accumulation)과 반전(inversion) 캐패시턴스 값을 보면 수소 후기 첨가한 경우 두께측정 결과는 그림1의 (a)2710A, (b)2693A, (c)2505A, (d)2705A로 측정되었다. 수소 후기 측정값과는 차이가 있으나 첨가 안한 것과 전시간 첨가, 초기 첨가한 것 모두다 약간의 두께의 차이를 고려한다면 비슷한 값을 나타내었다.



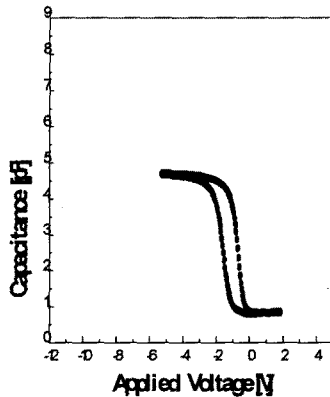
(a) 수소 첨가 안함



(b) 수소 5% 전시간 첨가



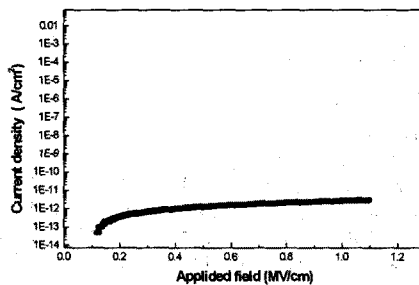
(c) 수소 5% 후기 첨가



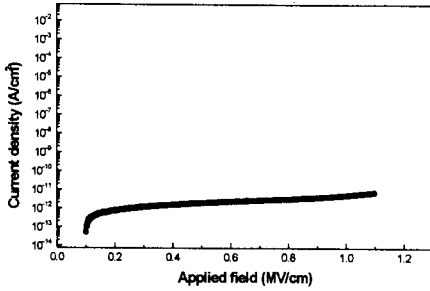
(d) 수소 5% 초기 첨가

그림1. 수소 첨가량에 따른 AlN 박막의 C-V 특성곡선의 변화

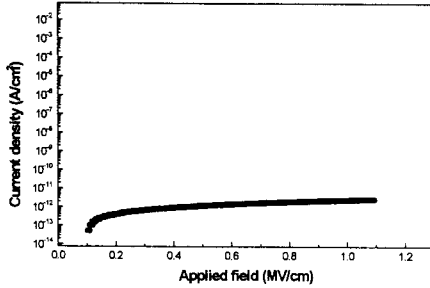
그림2.에서 보면 수소를 첨가하지 않은 것과 비교해보면 초기 첨가한 것을 제외한 수소를 첨가한 그림에서 절연강도가 비슷함을 볼 수가 있다. 이는 수소첨가가 절연강도에는 큰 영향을 미치지 않은 것으로 볼 수 있다. 오히려 수소 초기 첨가한 경우는 불안정한 특성을 보였다.



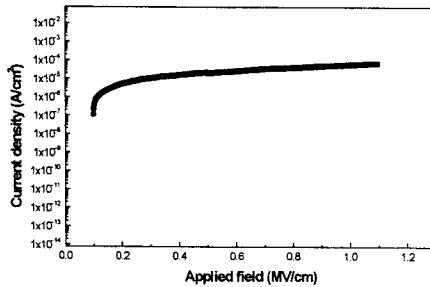
(a) 수소첨가 안함



(b) 수소 5% 전시간 첨가



(c) 수소 후기 5% 첨가



(d) 수소 초기 5% 첨가

그림 2. 수소첨가에 따른 AlN 박막의 I-V 특성곡선

4. 결 론

본 연구에서는 반응성 DC 스퍼터링법으로 Al/AlN/Si 박막구조 MIS 소자를 제작시, 수소를 첨가하여 수소가 박막의 전기적 특성에 미치는 영향에 대해 연구함으로써 AlN 박막의 응용 가능성에 대해 연구하였고, 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

[1] 박막 평균 증착시간은 약 90Å/min 정도이며, 수소 첨가경우와 첨가하지 않을 경우 약간의 차이를 보이는데 수소를 첨가하면 증착속도가 약간 감소하는 경향이 있다.

[2] 수소가 첨가됨에 따라 C-V 특성의 경우 히스테리시스 감소 현상을 보였다. 특히 계면에 관계되는 전시간 첨가와 초기 첨가의 경우 히스테리시스 감소 효과가 뚜렷이 나타났다. 플랫폼드전압의 경우 수소가스를 첨가한 경우보다 수소가스를 첨가한 경우가 향상된 결과를 보여주고 있다.

[3] I-V 특성은 수소를 첨가 한 경우와 첨가 안한 경우와 비교했을 때 절연과피강도가 비슷하게 나타났다. 그러나 초기 첨가한 경우는 인가 전압에 대해서 전류 밀도가 높게 나타나 있다. 이것은 수소가 불안전하게 작용하여 나타난 부작용으로 생각된다.

AlN 박막 증착시 수소가스첨가가 전기적 특성에 미치는 영향에 대한 메카니즘은 아직 규명되지는 않았으며, 이에 대한 연구는 앞으로 진행되어야 한다고 사료된다.

[참 고 문 헌]

- [1] 강운성, "수소첨가에 의한 ZnO 박막의 전기전도성과 광 투과율 향상에 관한 연구" 한국과학기술원 석사학위 논문, 1998
- [2] Jung-Yul Kwon, Hwan-Chul Lee, Heon-Yong Lee Effect of hydrogen addition during sputtering on the electrical properties of AlN insulating films for MIS device application J. of the Korean hydrogen Energy Society Vol. 10, No. 1 (1999)
- [3] B.E Deal, J. Electrochem. Soc. 121 (1974) 198C
- [4] A. Fathimulla and A.A. Lakhani, J.Appl. Phys. 54(8) (1983) 4586
- [5] J. H. Eager, Z.J. Yu and B.S Sywe, Thin Solid
- [6] Yong-Jong Yong, Jai-Young Lee, J. Vac Sci. technol. A 15(2) (1997) 1489
- [7] Jaques I. Pankove, Noble M. Johnson Hydrogen in semiconductor, Academic press, inc
- [8] Hwan-Chul Lee, Ki-Young Lee, Yoon-Jong Yong, Jai-Young Lee, and geun-Hong Kim, thin Solid Films, 271 (1995) 50.