

HCD법 이온플레이팅에 의한 TiN 박막제작

서용운, 조상부, 김명제, 황기웅
 서울대학교 전기공학과

TiN films by the HCD Ion plating

Y.W. Seo, S.M. Cho, M.J. Kim, K.W. Whang
 Seoul National University

Abstract

The Characteristics of the HCD ion plating system for TiN coating was investigated. I-V curves of the HCD (hollow cathode discharge), radiation temperatures of the Ta tube and the Ti pool and the electron density and the temperature of the generated plasma are shown. The preferred orientation and the micro-hardness of coatings performed by HCD process are studied.

1. 서론

TiN박막은 우수한 내마모성과 고유의 황금색상으로 인해 기계적 응용 또는 장식적 목적으로 각광을 받고 있다. HCD (Hollow Cathode Discharge)는 TiN을 증착하기 위한 이온플레이팅의 한가지 방법이며, 저전압 대전류 특성을 갖는 HCD 전자빔은 증발금속의 높은 이온화율과 넓은 동작압력 범위로 인해, 높은 막 생성 속도와 우수한 막의 밀착성 및 치밀한 양질의 막을 얻을 수 있다. (1) 본 논문은 Refractory Metal인 Ta를 사용한 HCD gun의 특성을 조사하고, 생성된 플라즈마의 진단과 여러 공정변수에 대해 제작된 TiN박막의 특성을 조사하였다.

2. 실험장치

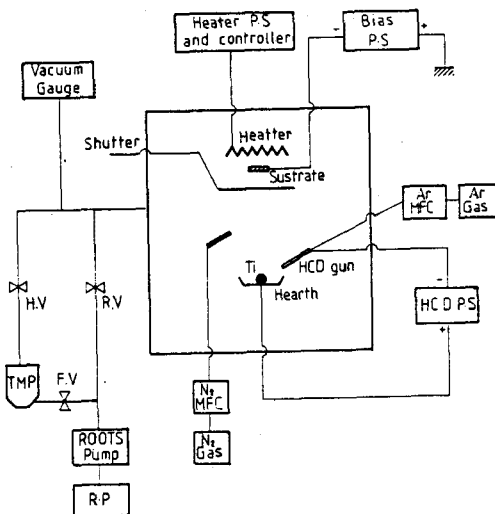


그림1. HCD법 이온플레이팅 장치의 구성도

본 실험을 위해 제작된 HCD법 이온플레이팅 장치의 구성도는 그림1과 같다. 터보 분자 펌프와 Roots 펌프 시스템에 의해 초기 진공도는 10 Torr 이하로 유지되며, 수냉되는 동 Hearth상의 Ti pallet은 HCD전자빔에 의해 증발 및 이온화가 된다. 가열된 기관상에 TiN을 형성시키기 위해 상부에 Heater가 부착되어 있고 반응기체 N₂가 MFC에 의해 도입되고, 기관은 반응물질들을 더욱 활성화시키기 위해 음으로 Bias되어있다. HCD gun을 동작시키기 위해 Ar이 gun내부로 유입되며, HCD 전원으로부터, 동작에 필요한 전력 (20KVA) 이 제어 공급된다.

3. HCD의 I-V 특성

HCD gun과 Hearth와의 거리를 1cm로 유지하고, Ti 금속을 증발 및 이온화 시키면서 HCD gun내의 분위기압력에 따른 I-V특성을 조사하여 그림2에 나타내었다. 최대의 이온화효율을 나타내는 특징전류는 Ar Flow 와는 관계없이 단지 분위기 압력이 1x10⁻⁶ mb에서 1x 10⁻⁵ mb로 증가해감에 따라 저전류대역 (100 A 근처) 에서 대전류대역 (200 A 근처) 으로 옮겨가면서, 수 V 정도의 전압강하가 나타난다.

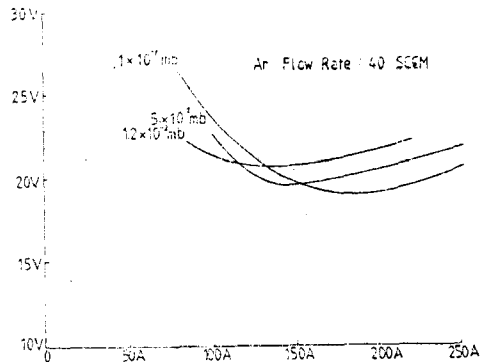


그림2. 압력변화에 대한 HCD gun의 I-V특성

4. HCD gun과 Ti pool의 방사온도

그림3은 일정한 Ar Flow 70 sccm에서 HCD gun 전류에 대해 Ta 튜브와 Ti pool의 온도를 방사온도계로 측정 한 값이다. HCD 전류를 50A에서 250A (인가전력 1.3kw에서 5.3 kw)로 증가시키에 따라 Ta 튜브는 1450 °C에서 1650 °C로, Ti pool을 1100 °C에서 1450 °C로 증가했다. 이때 Ti의 포화증기압은 10^{-6} mb에서 9×10^{-6} mb 정도 이다. 250A 경우 Ti pool에 대한 Ta 튜브의 포화증기압은 10^{-6} mb 정도로 거의 무시할 수 있을 정도로 작다.

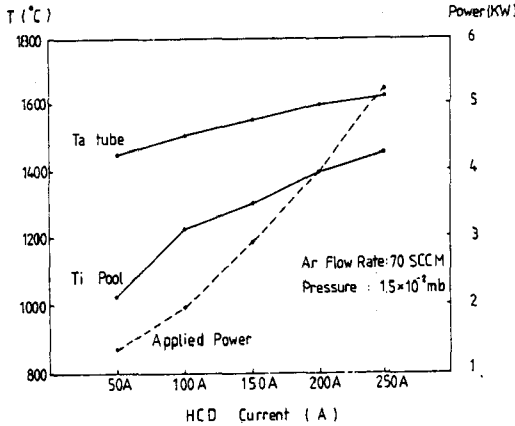


그림3. HCD 전류에 대한 Ta 튜브와 Ti pool의 방사온도

5. 플라즈마 진단

TiN을 반응성 증착하는 경우 Ti 및 N₂의 이온화 정도나 기판에 입사하는 이온의 에너지는 박막형성에 중요한 역할을 한다. 일반적으로 증착물질의 이온화률 향상시킴으로써 증착막의 밀착성이 우수해지고, 내부응력이 감소 하며, 치밀한 조직을 얻을 수 있다. 본 실험에서는 HCD 전류(전력)에 대해 실제 증착막이 형성되는 기판위치에서 이온화된 정도와 플라즈마 전위, Floating 전위 및 전자온도 등을 알아보기 위해 Probe로써 이를 측정하였다. (2) 그림4는 이들을 측정 한 값이며, 230A HCD 전류인 경우 전자밀도가 약 $8 \times 10^{16} / \text{cm}^3$ 로 높으나, Vp는 약 2V 정도이며, HCD 전류의 증가와 더불어 전자밀도는 증가하는 반면 온도와 Vp는 감소한다. 증착시 박막형성에 중요한 역할을 하는 이온의 에너지는 Vp-Vf가 작으므로 기판에 (-)Bias 전압을 인가하여 입사하는 이온의 에너지를 높여줄 필요가 있다.

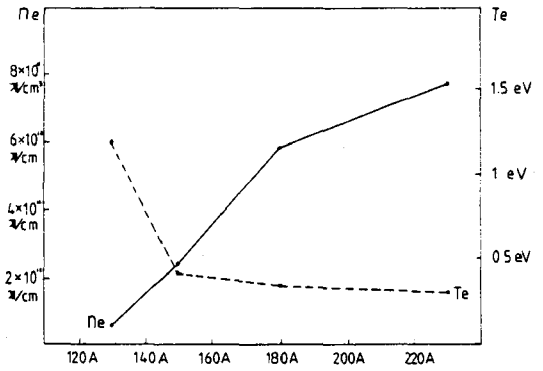
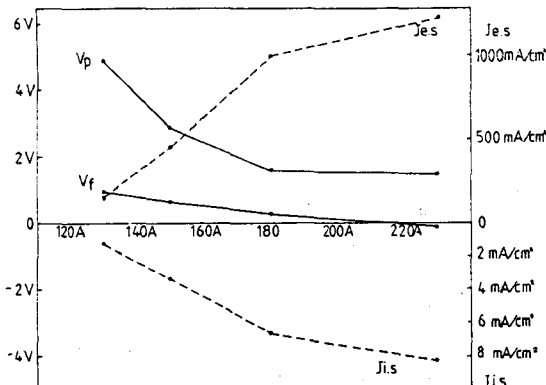


그림4. HCD 전류에 대한 Vp, Vf, Ne, Te

6. TiN 박막의 우선방위

TiN 박막의 우선방위를 알아보기 위해 X선 회절기를 사용하였으며, 회절peak의 적분강도를 통하여 특정 방위를 갖는 결정립들의 상대적인 비율을 구했다. 제작된 TiN 박막은 부질서한 방위를 갖는 분말시편과 적분강도를 비교하여 Texture Coefficient를 계산함으로써 증착막의 우선방위를 조사하였다. (3)

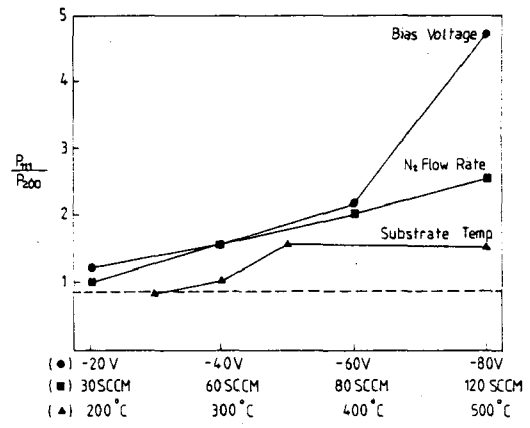


그림5. 증착조건에 대한 P111 per P200 변화

그림5는 (200)면의 발달에 대한 (111)면의 발달 정도를 증착변수에 대해 나타낸 것이다. 낮은 기판온도, 낮은 N₂ Flow Rate, 낮은 Bias 전압에 대해서는 부질서한 분말시편과 유사하지만 각각이 증가함에 따라 (111)면의 우선방위가 증가하며, 특히 Bias 전압의 증가에 민감하게 증가함을 보여주고 있다.

7. TiN 박막의 미소경도

내마모성이 요구되는 공구등에서 초경피막의 경도는 매우 중요하며, 모재의 경도보다 조금만 커도 큰 효과를 가져온다. 경도의 측정은 마이크로 비커스 하드니스로써 측정하였고, 모재인 WC-Co의 경도가 약 1700 kg/mm²을 나타내었고, 제작된 TiN 박막의 경우는 조건에 따라 1900에서 2400 kg/mm²의 값을 나타내었다. Bias 전압의 증가와 더불어 경도도 증가하는 경향을 나타내는 반면 500 °C 정도의 높은 온도에서는 약 2000kg/mm²으로 다소 낮아지는 경향을 나타내었다.

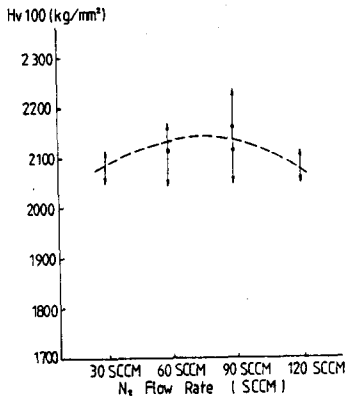
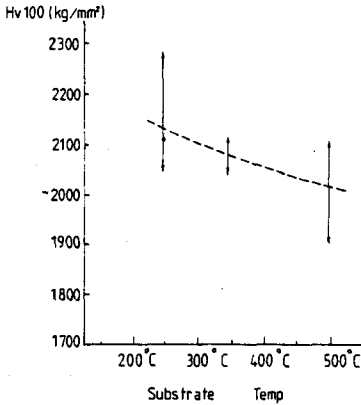
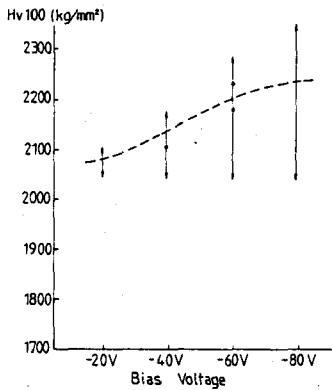


그림6. Bias - 온도, 정도

8. 결론

본 연구에서는 TiN 초경피막은 코팅할 수 있는 장치의 제작과 아울러 장치 특성 및 공정 변수에 대한 TiN 증착 실험을 하였다. HCD gun에 관한 I-V 특성이 10^{-2} mb에서 10^{-1} mb 범위에서 측정되었으며, 각 곡선의 최대 이온화 효율을 나타내는 최소 전압점이 전류가 증가하는 방향으로 이동하는 (100 A에서 200A) 특성을 보였다. HCD gun 동작시 Ta 튜브의 증기압은 Ti에 비해 거의 무시할 수 있을 정도로 작음을 확인하였고, 전자밀도도 다른 보조 장치 없이도 기판위치에서 8×10^{16} 개/cm² (230 A HCD 전류) 정도로 타방식에 비해 높음을 확인하였다. 제작된 TiN 박막의 경우 Bias 전압 증가에 따라 (III)

우선방위가 (200)에 비해 크게 증가하는 의존성을 보여주었고, 미소경도는 조건에 따라 1900 에서 2400kg/mm² 정도로 나타났으며 Bias 전압증가에 따라 증가하고, 온도증가에 따라 감소하는 경향을 보였다.

9. 참고 문헌

- (1) Natsuki TAKAHASHI, 'HCD type Ion Plating and the Following Technique' Vol.35, No.1, 1984
- (2) Brain Chapman, 'Glow Discharge Process', John Wiley & Sons, 1980
- (3) M.H.Mueller, W.P.Chernock and P.A. Beck, Trans. TMS-AIME, 212(1958) 59.