

TiN증착 조건에 따른 박막의 특성에 대한 실험적 연구

박일수^{1*}

¹동명대학교 냉동공조공학과

A study on an experimental basis a special quality character of thin film use in order to TiN a conditioned immersion

il-Soo Park^{1*}

¹Department of Refrigeration Engineering, Tongmyong University

요 약 PVD방식에 의한 TiN박막의 형성은 DC와 RF sputtering deposition 방식을 적용할 수 있지만, 플라즈마 생성을 위해 주입된 가스의 이온화율이 떨어져 박막성형 속도가 느려지며, 박막과의 접착력을 높이는 것에도 한계성을 가지고 있다. 이를 개선하기 위해 증착과 동시에 이온빔을 조사하는 이온빔 진공증착 IBAD(Ion beam assisted deposition)를 이용 하게 되면, 코팅 전에 소재 표면을 Ion beam으로 조사하기 때문에 표면cleaning의 효과가 크고, 접착력이 높은 박막을 얻을 수 있다. 또한 고 진공과 낮은 온도에서도 균일한 두께의 고순도의 박막을 얻을 수 있는 이점이 있다.

Abstract Formation of TiN films by PVD method and the DC and RF sputtering deposition method can be applied, the injected gas to generate plasma ionization rate of the film forming speed is slow away, anything to increase the adhesion between films limitations have. To improve this, to investigate the deposition and ion beam evaporation simultaneously IBAD(Ion beam assisted deposition) when used, Ion beam surface coating material prior to the survey because the surface cleaning effect of a large, high film adhesion can be obtained. In addition, the high vacuum and low temperature, high purity thin film of uniform thickness in the benefits is.

Key words : Plasma, Ion beam assisted deposition, Physical vapor deposition, Chemical vapor deposition

1. 서론

산업기술의 발전과 기계 시스템의 고속화 및 사용 환경의 가혹화에 따라 기계재료로 고경질의 소재가 요구되고 있다. 그 중 Bulk TiN은 취성이 높아 가공성이 극히 불량한 반면에, 내마멸성, 내식성, 열적 안정성과 고 경도를 가지고 있어 절삭공구의 성능향상이나 수명연장을 위한 경질 박막코팅으로 널리 이용되고 있으며, 최근까지 TiN 박막 제조에 관한 연구가 진행되고 있다[1,2]. TiN 경질박막 제조기술로 PVD는 저온경질 박막코팅 기술이며, 높은 온도가 요구되는 CVD에 비해 500 ℃이하에서 코팅이 되므로 세라믹뿐만 아니라 높은 열에 의해 열처리 성질을 잃어버리거나 변형되기 쉬운 물질의 코팅에 유리하다. 또한, 박막의 두께 및 구조의 미세화를 높일 수 있고

환경 친화적인 기술이다.[3,4]

박막이 산업적으로 이용되려면 장시간에 걸쳐 제 성능을 발휘할 수 있어야 되는데, 이를 위해서는 원료 물질로부터 적절한 방법에 의해 기판 혹은 시료에 원하는 형태, 조성 및 특성을 가진 박막을 제조할 수 있어야 한다. 박막의 특성은 재질, 제조 방법, 후처리 그리고 박막이 일부를 이루고 있는 소자 혹은 기기의 작동에 관계되므로 재료, 물리, 전자, 화학 및 공정공학 등이 복합적으로 관계되는 대표적인 inter-disciplinary 기술이다. 현재 공업적으로 사용되는 대부분의 소재는 소재의 고유한 기계적 성질을 보완시킬 뿐 아니라 상반되는 표면특성을 만족시켜야 하기 때문에 넓은 의미로는 복합재료라고 할 수 있으며 이러한 목적을 충족시키는 분야가 표면공학이며 이에 대한 기술을 표면처리기술이라 한다. 이 표면처리 분야에

*교신저자 : 박일수(pis@tu.ac.kr)

접수일 11년 09월 16일

수정일 (1차 11년 10월 12일, 2차 11년 10월 27일)

게재확정일 11년 11월 10일

는 주관적으로 보아 물리적 처리와 화학적 처리로 구별할 수 있으며 피막이 처리되는 분위기에 따라 습식도금법과 건식도금법으로 구분할 수 있다. 이 중에서 건식도금 분야는 진공기술의 발달과 더불어 표면피막 제조기술이 발달하고 있으며 그 응용범위가 날로 확산되고 있다. 증착된 피막의 두께에 따라 박막과 후막으로 구별할 수 있으며 박막은 주로 전자, 광학분야에 응용되고 있으며 후막은 기계, 화학분야 등에 이용되고 있다.[5-8] 본 실험연구에서는 SUS304에 마멸방지용으로 PVD법에 의한 NaCl 구조를 가지는 질화물인 TiN을 코팅에 관한 것이다. 실험연구는 플라즈마 물리적 증착법의 일종인 스퍼터링법을 이용하여 내마멸성 피막으로 널리 사용되고 있는 TiN을 기존의 Ti Target에 반응성 가스인 N₂를 도입한 반응성 스퍼터링법이 아닌 TiN 복합 타겟을 사용하여 초경피막재료로 사용되는 TiN 화합물을 증착시켰다.[9] TiN target을 사용하여 증착한 TiN 증착막의 조직 및 물성에 미치는 영향을 공급전력 및 Ar분압을 변수로 하여 고찰하였다. 따라서 증착막의 형상, 우선방위, 접착력, 미소형상을 고찰하여 열처리된 TiN 증착층의 특성을 분석하였다. 현재 생산되고 있는 일반 코팅성에 고순도 습식 도금법으로 보호막을 코팅해서 사용하고 있기 때문에 제품의 품질이 현저하게 떨어진다. 따라서 본 실험연구를 통해서 코팅기술을 발전적으로 개발한다면, 제품의 품질을 향상시키고 고부가가치를 기대할 수 있다.

2. 실험 조건

- ① 반응성 마그네트론 스퍼터링에 의한 박막 증착변수(진공도, 입력 power)에 따른 내마멸성, 내산화성, 내부식성 분석·평가에 의한 최적의 마멸방지용 피막의 증착기술개발
- ② 열처리 조건(온도, 시간)에 따른 박막의 내마모성, 내산화성, 내부식성 분석·평가에 의한 최적의 피막의 열처리기술
- ③ 경도측정 : 초경 피막재료에서는 큰 내마멸성이 요구되며 경도는 매우 중요한 요인이 된다. 예를 들면 마찰 마멸시에 발생하는 마멸은 피막의 경도가 연마입자의 경도보다 크면 내마모성을 가지지만 경도가 작으면 마모가 발생한다. 이때 경도가 조금만 증가하여도 내마모성의 향상에 큰 효과를 가져올 수 있다. 일반적으로 압입흔적 크기의 영향으로는 압입흔적 크기가 작을수록 겉보기 경도값이 증가한다고 알려져 있다. 경도 실험시의 측정값이 압입흔적의 크기와 관계없이 일정하다면 다음의 관

계가 성립한다.

$$P = K H o d^n \quad (1)$$

여기서 P : 하중, K : 압입흔적자의 모양에 따른 상수, Ho : 재료의 고유 경도값, d : 압입흔적의 대각선 길이이다.

- ④ 밀착력측정 : 밀착력 측정법에는 Indentation test, Scratch test, Impact test, Laser spallation test, Scotch tape test, Pull-off test법 등의 여러 가지 방법이 있지만, TiN코팅과 같은 초경피막에서는 Indentation test, Scratch test가 가장 적합한 밀착력 측정 방법이 있으며 본 연구에서는 Scratch test법을 사용했다.

피막층과 모재사이의 계면에 Stylus에 의해 전단응력을 받는다고 가정할 때 계면에서의 밀착강도(Adhesive strenght)는 임계 하중값으로 나타낸다. $F = \tau$ 라고 가정하면, 밀착력 F는,

$$F = \tau = H \tan \Theta = H \frac{a}{(R^2 + a^2)^{1/2}} \quad (2)$$

이다. 여기서, $H = \frac{L_c}{\pi a^2}$ 와 $a = \left(\frac{L_c}{\pi H}\right)^{1/2}$ 이므로, 밀착력

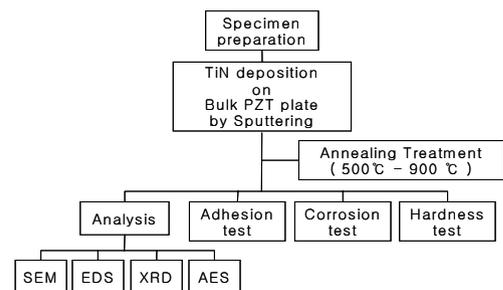
$$F \text{는 } F = \left(\frac{KL_c H}{\pi R^2}\right)^{1/2} \quad (a \ll R) \quad (3)$$

이다. 여기서, F ; 밀착력 (adhesion force) (dyne/cm²) L_c ; 임계하중 (g), H ; 시편의 경도, R ; stylus radius (cm), a ; half-width scratch channel (cm) 그리고 K ; 0.2~1.0인 상수이다.

3. 실험 결과 및 고찰

3.1 실험방법

그림 1은 본 실험연구의 내용 및 방법에 대한 개략도를 나타낸 것이다.



[그림 1] 실험연구의 조건 및 방법

[Fig. 1] Condition and methods of experimental research

3.1.1 실험장치

- ① Kafman on Source가 장착된 IBAD 장치로서, 로터리 펌프와 확산 펌프를 사용해 Base Pressure를 3.0×10^{-6} torr까지 얻은 후, Ar가스(순도 99.999%)를 주입하여 2.0×10^{-4} torr로 작업압력을 조정한다.
- ② 시험편 표면에는 산화물 등의 불순물이 존재하므로 실험 전 이를 제거하기 위하여 표면을 연삭(Polishing)하고 아세톤으로 세척하였으며 target 표면에 흡착되었던 오염물질을 제거한 후 증착 전 30분간 Pre-sputtering을 실행한다. 스퍼터링 크리닝에 사용된 이온소스는 Kaufman ion source 방식으로 Ar이온빔을 이용하여 스퍼터링 한다.
- ③ TiN박막 조성을 위해, DC magnetron sputtering source를 사용하여 Ar으로 Ti를 스퍼터링 하였고, Kufman ion source를 보조이온빔(질소이온빔)으로 사용하였다. 또한 챔버내의 Ar 이나 N₂ 가스량을 일정하게 조절하기 위하여 MFC(Mass flow control)를 이용한다.
- ④ IBAD를 이용한 TiN박막 증착 시 TiN박막의 기계적 성질이 결정되는 요인으로는 보조이온빔 에너지와 시편의 온도를 들 수 있으므로, 이에 따른 TiN박막의 경도와 두께를 측정하였다.
- ⑤ 각 조건에 의해 제조된 박막들의 기계적 특성을 파악하고자 Ultra micro-hardness tester (Shimadzu DUH-W201)기를 이용하여 박막의 경도를 측정하였고, α -step으로 박막의 두께를 측정하였으며, 박막의 성질과 구조를 파악하기 위해 X선 회절(X-ray Diffraction; XRD)분석을 하였다.

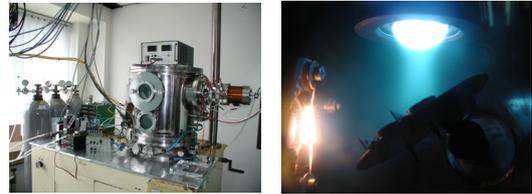
3.1.2 시편준비

본 실험연구에 사용한 시편은 현재 널리 사용하고 있는 SUS304를 사용했다. 시편을 Ø20의 크기로 절단하였으며, 200~1500번까지의 emery paper와 연마포를 사용하여 기계적 연마를 한 후, 증착 전 시편표면에 묻은 유기 및 무기오염 물질을 제거하기 위하여 알카리 탈지, 산 세를 한 후, Trichloroethylene, Aceton, Ethyl Alcohol을 사용하여 각각 15분씩 초음파 세척을 하였으며, 이온교환수로 세척하여 건조하였다. Sputter cleaning을 할 때에는 시편을 진공용기에 장입한 후 3×10^{-3} mbar의 압력으로 안정화시킨 후 행하였다.

3.1.3 증착방법 및 조건

준비된 시편을 시편 지지대에 붙인 다음, 진공용기를 닫고 용기내의 잔류불순 가스에 의한 TiN 피막층에 형성

되는 불순물을 최소화하기 위하여 진공용기내의 압력을 Rotary vane pump를 사용하여 2.0×10^{-4} mbar까지의 진공도를 유지한 후, Turbomolecular pump 사용하여 3.0×10^{-6} mbar까지 진공도를 떨어뜨렸다. 이때 진공도는 Penning gauge 및 Ionic gauge를 사용하여 진공도를 확인하였으며 진공배기에 약 60분이 소요되었다. Ar분압의 조정은 MFC를 통하여 Ar을 주입하였을 때, 진공계이지에 나타난 압력으로 10분간 안정화시켰다.



(a) IBAD 박막코팅장치

(b) TiN 코팅과정

[그림 2] 실험장치 사진

[Fig. 2] Photo of experimental apparatus

본 실험연구에서는 독립 실험변수로서 증착시간을 30~120분, 공급전력을 100~900 W로 변화시켰으며 Ar 분압을 $2 \sim 5 \times 10^{-3}$ mbar로 변화시키면서 실험을 행하였다. 표 1은 증착조건을 나타낸 것이다.

3.1.4 열처리 방법

TiN 증착층의 열처리시 실험변수에 따라 증착된 시편을 직경 16 mm의 석영관에 장입 후 Rotary vane pump를 사용하여 3×10^{-3} mbar로 진공도를 유지하면서 Sealing후 온도조절이 가능한 박스형태의 로에서 200 °C의 온도범위에서 열처리를 행하였다. 이때 열처리시간은 각각 1시간이었으며 온도 상승 속도는 4.3 °C/min, 냉각속도는 1.54 °C/min이었다.

[표 1] 증착조건

[Table 1] metalizing conditions

Base pressure		3.0×10^{-6} torr
Process pressure		2.0×10^{-4} torr
Process Time		60 min
Sputter ion beam (Ar)	acceleration voltage	2.5 keV
	discharge current	5.0 A
Assisted ion beam (N ₂)	acceleration voltage	0.5~2.0 keV
	discharge current	0.1 mA
Substrate temp.		400~770 °C
Ar gas 량		10 SCCM

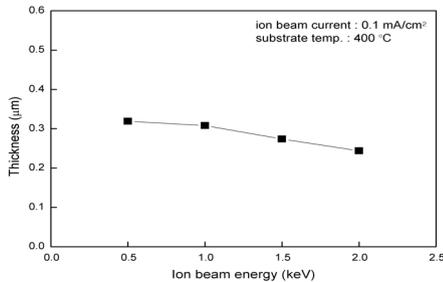
3.1.5 증착층의 특성 분석

코팅층의 표면특성은 SEM (JEOL, JSM-35CF) 및 AES (PERKIN ELMER 510)으로 관찰하였으며 코팅층의 두께는 Quartz crystal thickness controller로 관찰하여 측정하였다. 또한 코팅층의 우선배향을 X-ray diffractometer (RIGAKU사, Cu-ka, Ni filter)를 사용하여 결정격자면의 X-선 회절강도를 측정하였다. 코팅층의 미소경도는 미소 비커스경도계를 사용하여 시편조건당 5회를 실시하여 평균치를 취하였다. 이때 사용한 load는 50 gf를 사용하였다.

3.2 결과 및 고찰

3.2.1 이온빔 에너지의 변화에 따른 TiN박막의 두께

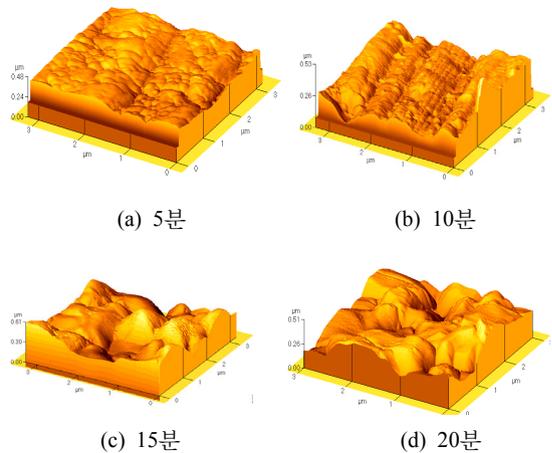
질소 이온빔 에너지의 크기가 박막의 두께와 경도에 미치는 영향을 알아보기 위해 시편의 온도를 400℃, 보조 이온빔 전류를 0.1 keV로 각각 유지시키고 질소 이온빔 에너지에 변화를 주어 증착한 TiN박막의 두께변화는 그림 3에 나타내었다.



[그림 3] 두께에 따른 이온빔의 효과
[Fig. 3] Effect of ion Beam energy on the Thickness

그림 3은 시편의 온도를 400℃로 유지시키면서 보조 이온빔의 세기를 0.5 keV에서 2.0 keV로 증가시켰을 때의 TiN 두께를 측정된 결과이다. 그림 3의 그래프를 분석해 보면, 대체적으로 TiN박막의 두께가 직선적으로 감소하는데, 보조이온빔 에너지 0.5 keV ~ 1.0 keV의 박막두께 감소치보다 1.0 keV 이상에서 더욱 급격한 감소를 보인다. 보조이온빔이 시편에 조사될 경우 보조이온빔 에너지의 세기에 따라 크게 다음과 같은 세 가지 현상이 나타난다. 첫째, 낮은 에너지의 보조이온빔을 시편에 조사할 경우 TiN입자가 시편 표면에 증착되어 쌓이는 Deposition 현상이 발생한다. 둘째, 이온빔의 세기가 증가함에 따라, Ion beam mixing 효과가 나타나는데, Ion beam mixing이란, 에너지가 높은 충돌에 의해 TiN입자가 표면층에 부분적으로 통합되어 혼합층(Mixed Layer)을 형성하는

현상이며, 이온빔의 에너지를 증가시킬수록 Ion beam mixing이 활성화 되어 혼합층의 두께는 증가한다. 셋째, 보조 이온빔 에너지가 매우 높을 경우 Ti나 N₂입자가 시편 표면 내부의 격자 자리에 이식되는 Ion implantation이 발생한다. 이러한 현상들로 미루어 볼 때, 보조이온빔 에너지를 1.0 keV이상 증가시켰을 때, 두께의 감소폭이 증가하는 원인은 Ion beam mixing의 활성화로 인하여 Mixed Layer의 형성이 시작되어 상대적으로 순수한 TiN 박막의 형성, 즉 TiN의 Deposition량의 감소 때문으로 사료된다. 그러나 Ion beam mixing 에 의한 두께감소는 극히 미소량에 불과하고, 보조이온빔 에너지의 증가에 따른 두께감소의 주된 원인은 과도한 보조이온빔 에너지에 의한 Resputtering현상이다. 즉, 시편의 표면에 증착된 TiN이 보조이온빔 Source로부터 조사되는 높은 에너지의 질소입자에 의해 스퍼터링 되므로 TiN박막의 두께는 감소하게 된다. 그림 4는 이온빔 세척시간 따른 surface roughness를 관찰하기 위한 AFM 3차원 image(3 μm × 3 μm)를 보여주고 있다. AFM image에서도 sputter ion washing 시간이 증가할수록 시험편 표면은 점차 거칠해짐을 알 수 있다.

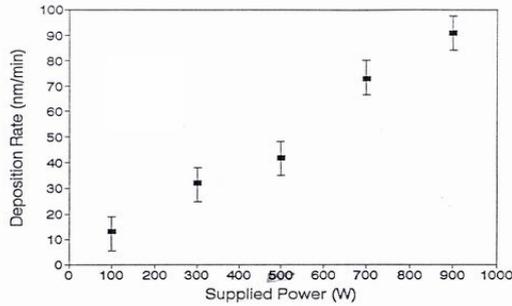


[그림 4] 세척시간에 따른 이온빔 AFM 이미지
[Fig. 4] AFM image of ion beam sputter cleaning time

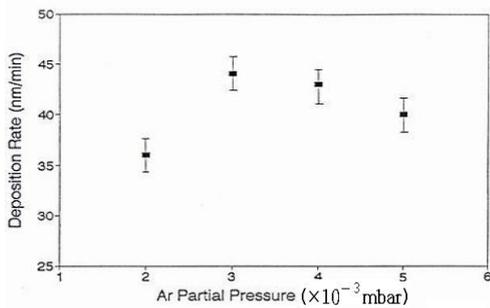
3.2.2 증착속도

그림 5는 Ar분압을 3×10^{-3} mbar로 일정하게 한 다음, 공급전력에 따른 증착속도의 변화를 나타내었다. 공급전력의 증가에 따라 증착속도가 거의 직선적으로 증가하는 경향을 나타내고 있다. 이 결과는 공급전력의 증가에 따라 전리확률이 증가함에 따른 원자유량이 증가하여 스퍼터링 수율이 증가되는 것 때문이라 사료된다. 그림 6은 Ar분압이 변화에 따른 증착속도의 변화를 나타낸 것이다. Ar분압은 3×10^{-3} mbar 부근에서 44 nm/min으로 가장

높은 값을 나타내었으며 이보다 높거나 낮은 압력에서는 증착속도가 완만히 감소하는 경향을 나타내고 있다.



[그림 5] 인가전원에 따른 증착율 변화
[Fig. 5] Change of Deposition Rate According to Applied Voltage

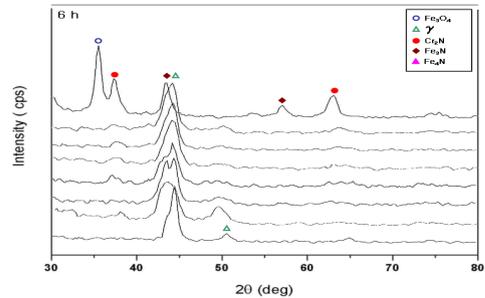


[그림 6] Ar 분압에 따른 증착율 변화
[Fig. 6] Change of Deposition Rate According to Partial pressure of argon

3.2.3 우선배향

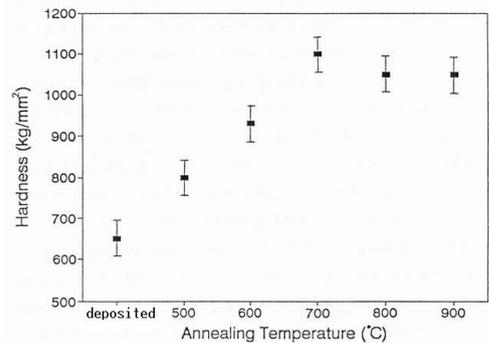
진공증착된 증착층은 대부분 강한 우선배향을 가지며, 심한 경우 단결정방위를 가지는 면만 관찰되기도 한다. 우선배향은 핵생성단계 및 성장단계에 의하여 영향을 받으며 기판, 불순물의 유입량, 증착온도 등의 여러 변수에 의하여 영향을 받는다. Ar분압 (3×10^{-3} mbar)을 고정시키고 공급전력을 100~900 W로 변화시켰을 때에는 (111)-(311) 혼성배향을 형성하였으며 (311)보다는 (111)이 성장해 나가면서 강한 우선배향을 나타내었다. 따라서 본 실험조건에서 전력이 우선배향에 미치는 영향이 작음을 알 수 있다. 공급전력을 500 W로 고정하고 Ar분압을 $2 \sim 5 \times 10^{-3}$ mbar로 변화시켰을 때에도 (111)-(311) 혼성배향을 하면서 플라즈마에 영향을 미치는 Ar분압에 영향을 거의 받지 않음을 알 수 있었다. 그림 7은 공급전력을 500 W, Ar분압을 3×10^{-3} mbar로 고정한 상태에서 증착한 TiN을 열처리 하였을 때의 XRD 변화를 나타낸 것이다.

이때에도 (111) 우선배향에 (311)이 혼성되어 있음을 알 수 있다.



[그림 7] 열처리에 따른 XRD변화
[Fig. 7] Change of XRD According to the Annealing Temperature

3.2.4 경도측정



[그림 8] 열처리 온도에 따른 경도 변화
[Fig. 8] Change of hardness According to the Annealing Temperature

본 실험연구에서는 비커스미소경도계를 사용하여 두께가 $2 \mu\text{m}$ 사이인 TiN 증착막을 50 gf의 하중을 사용하여 측정하였다. 증착막의 경도는 고유상수값이라기 보다는 공정변수에 따른 미세조직의 변화에 기인한다. TiN의 경우 덩어리상태의 경도값이 2000 kg/mm^2 정도인데 비하여 진공증착막은 $400 \sim 3500 \text{ kg/mm}^2$ 사이의 경도값을 나타내는데 이는 증착방법 및 공정변수에 따라 다양한 미세조직의 변화에서 그 원인을 찾을 수 있다. 그림 8은 처리 온도에 따른 경도의 변화를 나타낸 것이다.

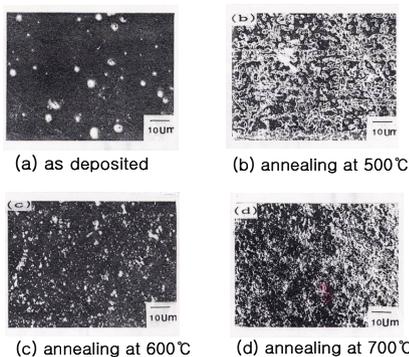
600°C 이상에서 경도값이 감소하는 이유는 그림 3에서 두께가 감소한 원인과 관련이 깊다. 즉, 질화물 형성으로 인해 Ti원자와 결합되는, 대부분의 질소원자들이 질화물 형성에 소모되었기 때문에, 그만큼 TiN박막의 증착율이 감소되기 때문이라 사료된다.

3.2.5 증착층의 형상 및 접착력 측정

초경피막의 증착은 상대적으로 고경도의 피막을 입힘으로써 기관-증착막간의 수명향상을 기하는 일종의 표면경화 처리라 할 수 있다. 따라서 증착막 자체의 경도가 우수하더라도 기관-증착막간의 접착성이 나쁘면 분리가 되기 쉽다. 그림 9는 Scratch test법을 이용한 접착력 측정에서는 측정된 마찰계수 값과 AE의 상대적인 비교로 평가된다. 이러한 값은 계면에서의 접착력 및 시편의 경도, 피막의 두께, 시편표면의 거칠기, 마찰계수 등에 영향을 받는다. 공급전력을 변화시켜 2 μm 내외로 증착한 시편의 접착력이 우수한 것으로 사료된다. 공급전력을 100~900 W로 변화시켜 2 μm의 두께로 증착한 시편의 접착력은 큰 변화를 나타내지 않고 일정하였다.



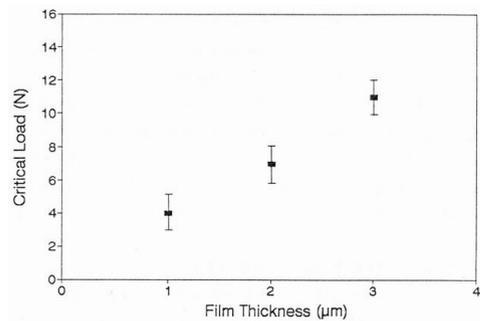
[그림 9] Scratch test법을 이용한 접착력 측정
[Fig. 9] Adhesion measure using the scratch test



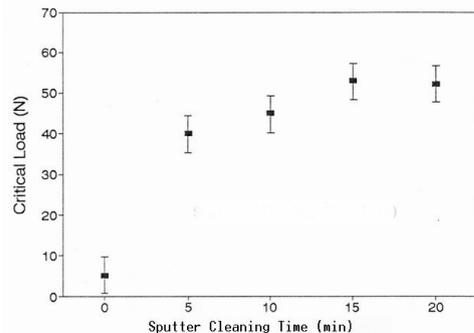
[그림 10] 열처리 온도에 따른 TiN 피막의 표면 SEM사진
[Fig. 10] Photo of SEM TiN film according to the Annealing Temperature

그림 10은 TiN을 증착한 시편을 SEM사진을 나타낸 것이다. 열처리 온도가 증가함에 따라서 표면층의 미소 거칠기가 변화하는 것을 알 수 있다. 이때 열처리된 코팅층의 변화한 것은 열처리된 코팅층에 매우 얇은 산화층이 형성된 것과 표면층의 미소거칠기의 변화 때문이라

사료된다. 그림 11은 TiN피막의 두께를 달리하여 증착하였을 때의 Critical load를 나타낸 것이다. 이 Critical load 값은 거의 직선적인 관계를 나타낸다. 피막층의 두께가 증가함에 따라 임계하중이 증가하는 것은 칩의 하중에 의한 최초의 Adhesive failure 지점이 두께의 함수임을 나타낸다. 본 연구에서는 Soft한 모재위에 Hard한 피막층을 증착한 경우로 Stylus의 하중이 피막층의 표면에 작용하게 되면 표면응력은 계면과 모재에 전달되어 Soft한 모재는 소성변형을 일으키며, 그 결과 계면부근에 전단응력을 작용하게 된다. 이 전단응력이 계면을 분리시키는데 필요한 응력이상이 되면, 피막-모재사이의 계면에서 Adhesive failure가 발생하게 되어 Channel부분과 Channel 양측의 피막이 분리되어 떨어져 나가는 Flaking현상이 발생한다. 즉 Adhesive failure를 일으키는 원인은 계면에서의 전단응력이 피막층 두께에 영향을 가장 많이 받음을 알 수 있다.



[그림 11] TiN피막의 두께에 따른 Critical
[Fig. 11] Critical according to the thickness of the TiN film



[그림 12] 스퍼터링 세척 시간에 따른 밀착성 변화
[Fig. 12] Change of Adhesion Properties according to the Sputtering cleaning time

그림 12는 TiN을 코팅하기 전에 스퍼터링 세척 시간을 달리하였을 때의 TiN 코팅의 접착성을 나타낸 것이다.

그림에서 알 수 있듯이 스퍼터링 세척 시간이 증가함에 따라 Critical load값이 증가함을 알 수 있었다. 이처럼 밀착력이 크게 증가하는 이유는 시편표면에 잔류하는 오염 물질의 변화 즉 Cleaning effect와 시편표면에 Ion bombardment에 의한 미소거칠기의 증가에 기인하는 것으로 사료된다.

4. 결론

본 실험연구에서는 IBAD방법을 이용하여 SUS304에 TiN박막을 형성하기 위하여 이온빔 에너지 0.5~2.0 keV와 Ar분압 : $2\sim 5\times 10^{-3}$ mbar, 시험편 온도를 400~700 °C로 변화시켰을 때 얻어진 TiN박막에 물리적 특성과 TiN코팅막의 증착층 형상 및 증착층의 밀착성의 변화를 조사한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. TiN박막의 두께가 감소하는 주된 원인은 보조이온빔 에너지가 과도하게 높은 경우 TiN층을 Re-sputtering하거나, 시험편의 온도가 600 °C이상일 때 Migration현상이 활성화되기 때문이다.
2. TiN박막의 경도는 보조이온빔 1.0 keV에서 최대값이 나타났다. 보조이온빔 1.0 keV이상에 경도가 감소하는 원인은 보조이온빔에 의한 TiN박막이 받는 Irradiation damage와 Re-sputtering에 의한 두께의 감소된다.
3. 시험편온도 700 °C이상에서 SUS304의 질화물 생성이 Ti의 증착율을 감소시키는 원인으로 작용하여, TiN박막의 경도가 감소된다.
4. 증착속도는 공급전력이 증가할수록 거의 직선적으로 변화 하였으며, Ar분압을 변화시켰을 경우 3×10^{-3} mbar 에서 극대가 된다.
5. 증착된 TiN의 경우 강한 (111) 우선방위에 (311)방위가 혼성된 우선배향을 나타내고 있다.
6. 스퍼터링 세척시간이 증가하면 표면의 미소거칠기가 증가하여 접착성을 향상시킨다.

References

- [1] S. Mändl, R. Günzel, E. Richter and W. Möller, Surface and Coatings Technology, Vol. 100-101, pp. 372-376, 1998.
- [2] B. Larisch, U. Brusky and H. -J. Spies, Vol. 116-119, pp. 205- 211, 1999.
- [3] S. J. Bull, A. M. Jones and A. R. McCabe, Surface

- and Coatings Technology, Vol. 83, pp. 257- 262,1996
- [4] E. Menthe, A. Bulak, J. Olfe, A. Zimmermann and K. T. Rie, Surface and Coatings Technology, Vol. 133- 134, pp. 259-263, 2000.
 - [5] V. Singh, K. Marchev, C. V. Cooper and E. I. Meletis, Surface and Coatings Technology, Vol. 160, pp. 249-258, 2002.
 - [6] Y. Jirásková, G. Brauer, O. Schnee-weiss, C. Blawert, W. Anwand and P. G. Coleman, Applied Surface Science, Vol. 194, pp. 145-149, 2002.
 - [7] C. Blawert, B. L. Mordike, G. A. Collins, K. T. Short and J. Tendys, Surface and Coatings Technology, Vol. 103-104, pp. 240-247, 1998.
 - [8] E. Richter, R. Günzel, S. Parasa-candola, T. Telbizova, O. Kruse and W. Möller, Surface and Coatings Technology, Vol. 128-129, pp. 21-27, 2000.
 - [9] S. Picard, J. B. Memet, R. Sabot, J. L. Grosseau Poussard, J. P. Rivière and R. Meilland, Materials Science and Engineering A, Vol. 303, pp. 163-172, 2001.

박 일 수(II-soo Park)

[정회원]



- 1991년 2월 : 동아대학교 일반대학원 기계공학과 (공학석사)
- 1997년 2월 : 동아대학교 일반대학원 기계공학과 (공학박사)
- 1997년 3월 ~ 2001년 2월 : 동아대학교 생산기술연구소연구원
- 2001년 3월 ~ 현재 : 동명대학교 냉동공조공학과 교수

<관심분야>

생산 및 제어, 기계공학