

하이브리드 시스템에 의해 제조된 Cr-Si-N 박막내
 바이어스와 온도에 따른 기계적 물성의 변화
 Effects of temperature and bias voltage on mechanical properties
 of Cr-Si-N coatings deposited by a hybrid system

홍승균, 박지훈, 윤창성, 김광호
 부산대학교 박막재료 연구실

초 록 : Cr-Si-N 박막은 하이브리드 코팅 시스템에 의해 온도와 바이어스의 변화에 따라 증착 되었다. 증착온도 0~300°C 범위에서, 경도와 탄성계수는 이온의 surface mobility의 증가 때문에 향상되었지만 350°C 이상의 증착 온도에서는 결정성장 때문에 경도는 다시 감소하였다. 바이어스 0~-100V까지 범위에서는, 경도와 탄성계수는 각각 46GPa, 600GPa의 최대값을 보여주었으며 바이어스 -100V에서 macro-particle과 surface morphology 감소가 발생하였다. 그러나 -100V이상의 바이어스에서 resputtering 현상에 의해 Si의 양이 감소한다. 증착온도는 Si 함량에 많은 영향을 주지 못한다.

1. 서 론

AIP(Arc Ion Plating)은 기관과의 좋은 밀착력, 이온의 높은 운동 에너지와 이온화 에너지 때문에 매우 유용한 공정이다¹. 그러나 AIP는 macro-particle의 발생에 의해 박막에 특성을 감소시킨다. 그러므로 최근 AIP의 연구는 macro-particle을 감소시키기 위해 전류, 반응성 가스분압, 증착온도, 바이어스와 같은 변수의 조정에 초점을 맞추고 있다^{2,3}. 본 연구에서는 다양한 증착온도와 바이어스에서 Cr-Si-N 박막의 구조 및 기계적 특성을 체계적으로 연구하고자 한다.

2. 본 론

2.1 실험방법

Cr-Si-N 박막은 아크이온 플레이팅법과 마그네트론 스퍼터링법의 복합 공정으로 AISID2 와 실리콘 웨이퍼 (Si wafer) 모재 위에 증착하였다. Cr 타겟을 장착한 arc cathode gun 과 Si 타겟을 장착한 DC sputter gun 은 챔버 양쪽에 장착하였다. 스퍼터링을 높이기 위하여 Ar (99.999%) 가스는 스퍼터링 타겟홀더 주위로 주입하였으며, 반응성 가스인 N2 (99.999%)는 시편홀더 부근으로 주입하였다. 증착온도와 바이어스는 각각 200°C~400°C, 0~-350V의 범위에서 연구되었다. 증착조건은 표 1에 나타내었다.

표 1. Cr-Si-N 박막의 증착조건

Base pressure	6.6 × 10 ⁻³ Pa
Working pressure	1.8 × 10 ⁻¹ Pa
Working gas ratio	N ₂ : Ar = 5 : 2
Arc material	Cr (99.99%)
Sputter material	Si (99.99%)
Arc current	55 A
Sputter current	0.8 A
Substrate temperature	200 to 400 °C
Substrate bias voltage	0 to -350 V
Rotational velocity of substrate	25 rpm

2.2 결과 및 고찰

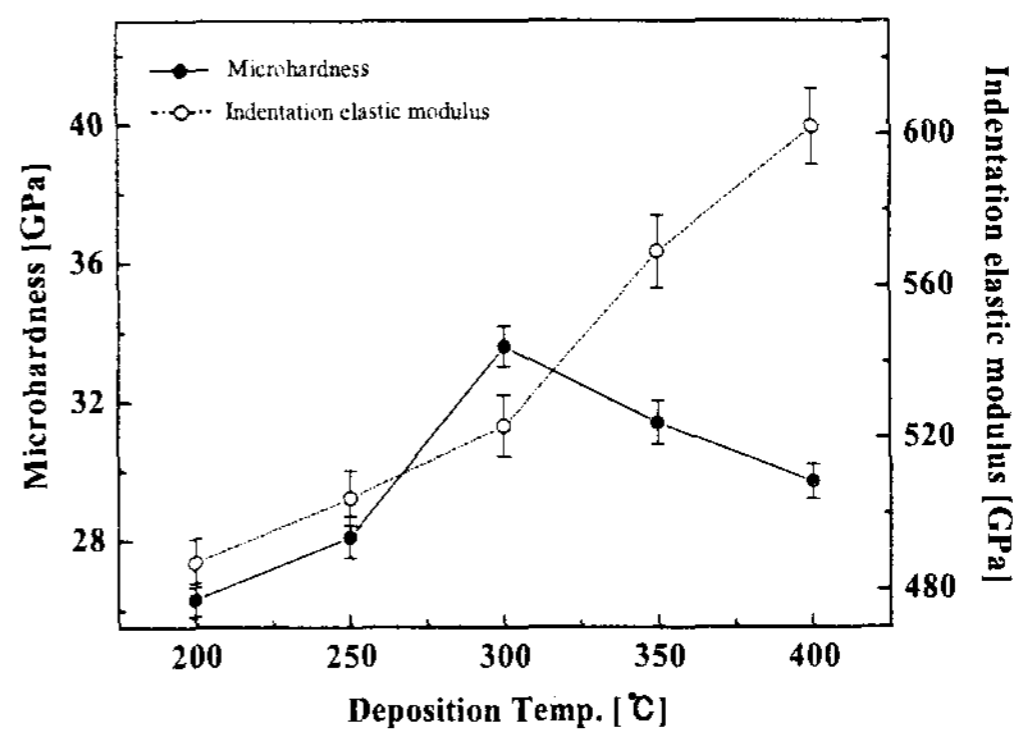


그림1. Effect of temperature on microhardness and indentation modulus of Cr-Si(10.3at.%) -N coating

그림1은 Cr-Si-N 박막의 증착온도변화에 따른 탄성계수와 미소경도 변화를 보여준다. 증착온도가 증가함에 따라 박막의 탄성계수는 증가하였다. 이는 증착하는 동안 이온의 surface mobility가 증가하여 결정성이 향상되었기 때문이다⁴. 낮은 온도에서 증착된 Cr-Si-N 박막은 원자의 낮은 surface mobility 때문에 많은 격자결함과 입계의 기공이 있다. 증착온도가 증가할수록, Cr-Si-N 박막의 결정구조는 향상된 surface mobility에 의해 높은 결정성과 기공이 적은 입계를 가진다⁵. 반면에, 증착온도가 300°C이상일 경우 Cr-Si-N 박막의 미소경도는 감소하였다. 이러한 증착온도 300°C까지 경도 증가는 증착온도 증가에 따른 surface mobility 향상되어 Cr-Si-N 박막이 치밀한 결정구조 형성하였기 때문이다. 그러나 증착온도 350°C이상에서의 경도 감소는 결정성장 때문이다.

그림2는 바이어스 변화에 따른 Cr-Si-N 박막의 Si 함량의 변화를 보여준다. 증착온도는 그림1에서 최대 경도의 300°C로 고정되었다. 바이어스 0~-100 V에서, Si 함량은 약간 감소하였지만 약 10 at.%로 유지되었다. 그러나 바이어스 -100 V 이상에서는 Si 함량은 상당히 감소하는 모습을 보여준다. AIP process 는 다른 process 에 비해 높은 이온화를 보여준다⁶. AIP 와 Sputtering를 이용한 하이브리드 코팅 시스템에서, AIP 의 Cr 은 Sputterig 의 Si보다 이온화에너지가 높다. 그 결과, 바이어스 -100 V 이상에서는 기관에 많은 Cr 이온이 증착되는 경향을 보여준다. 또한 큰 운동에너지를 가진 Cr 이온은 먼저 증착된 가벼운 Si 이온을 re-sputter 한다. 바이어스 -100 V 이상에서 Cr-Si-N 박막의 Si 함량의 큰 감소는 Cr 이온에 의한 re-sputter 현상에 의한 것으로 생각된다.

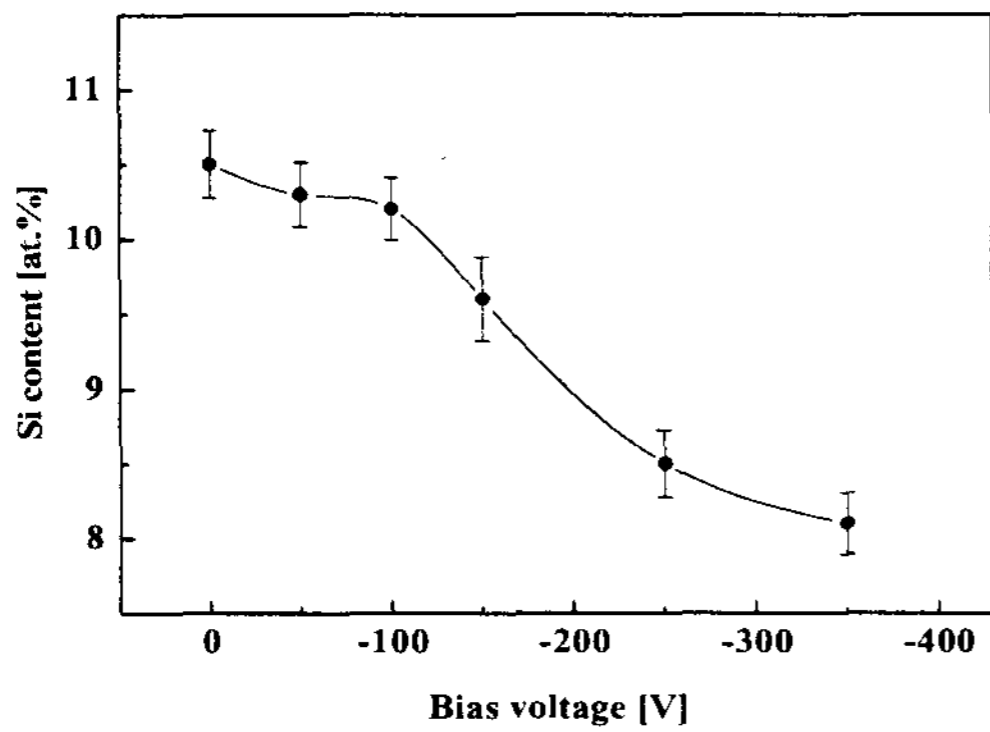


그림 2. Variation of Si content in Cr-Si-N coatings as a function of substrate bias voltage

그림3은 바이어스 변화에 따른 Cr-Si-N 박막의 미소경도와 탄성계수의 변화를 보여준다. 증착온도는 300°C로 고정되었다. 바이어스가 증가할수록, 경도와 탄성계수는 증가하며, 바이어스 -100 V에서 미소경도는 46 GPa, 탄성계수는 600 GPa의 최대값을 보여준다. 그러나 바이어스가 -100 V 이상에서는 경도와 탄성계수는 감소하였다. 바이어스가 0~-100 V에서의 미소경도와 탄성계수의 증가는 결정 크기의 감소와 잔류응력의 발생이 원인이다. 바이어스 -100 V 이상에서 미소경도와 탄성계수의 감소의 원인은 Cr-Si-N 박막의 결정구조의 변화이다.

그림4은 바이어스 0, -100, -350 V에서 Cr-Si-N 박막 표면의 AFM 이미지를 보여준다. Cr-Si-N 박막의 표면 형상은 바이어스 변화에 따라 큰 변화를 나타낸다. Cr-Si-N 박막의 평균 표면 거칠기(RMS)는 2x2 μm² 크기의 AFM 이미지로부터 계산되었다. 바이어스 0 V (그림7a)에서 박막의 표면 형상은 많은 macro-particle 때문에 매우 거친 형상(RMS, 4.39 nm)을 보여준다. 바이어스 -100 V(그림7b)에서 박막의 표면 형상은 매끈한 형상(RMS, 0.83 nm)을 보여준다. -100 V까지의 바이어스 증가는, Ion-Bombardment 현상에 의한 박막의 조밀화에 때문에 macro-particle은 감소하고 표면의 형상을 매끄럽게 된다. 반면에 바이어스 -350 V(그림7c)에서, 높은 Ion-bombardment 효과에 의해 큰 운동 에너지를 가진 이온이 박막을 에칭시켜 Cr-Si-N 박막의 표면은 더욱 거친 형상(RMS, 1.05 nm)을 보여준다.

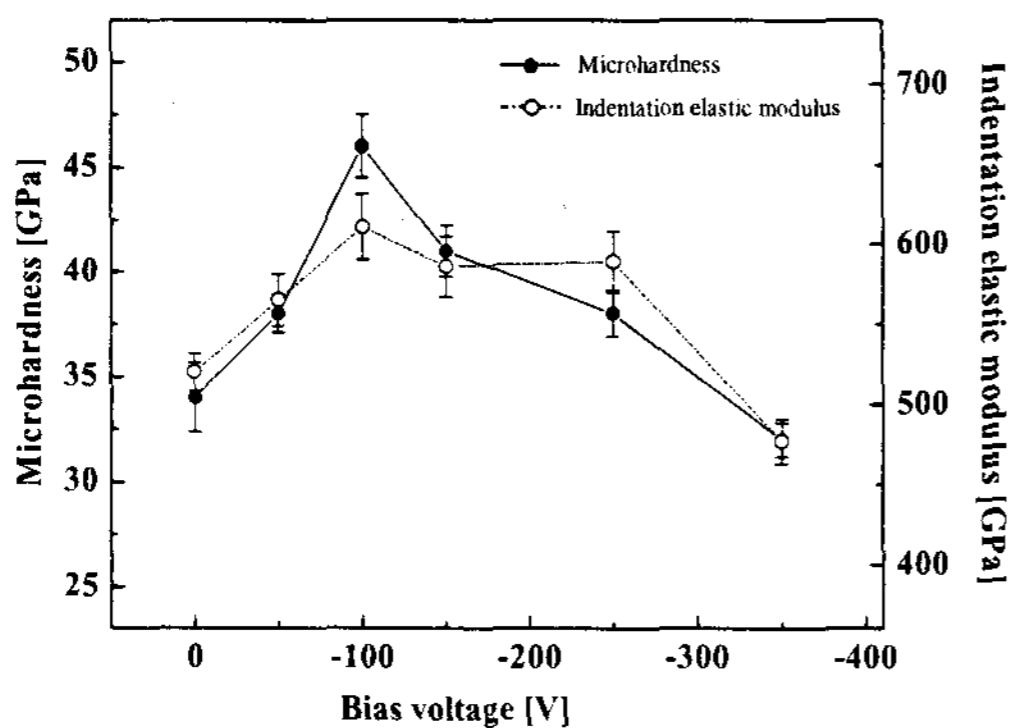


그림 3. Microhardness and indentation modulus of Cr-Si-N coatings as a function of substrate bias voltage

3. 결 론

증착온도가 증가할수록, 경도와 탄성계수는 이온의 surface mobility의 증가 때문에 향상되었다. 그러나 350°C 이상의 증착온도에서는 결정성장 때문에 경도는 다시 감소하였다. 바이어스가 0~-100V까지 증가할수록, 경도와 탄성계수는 각각 46GPa, 600GPa의 최대값을 보여주었으며 바이어스

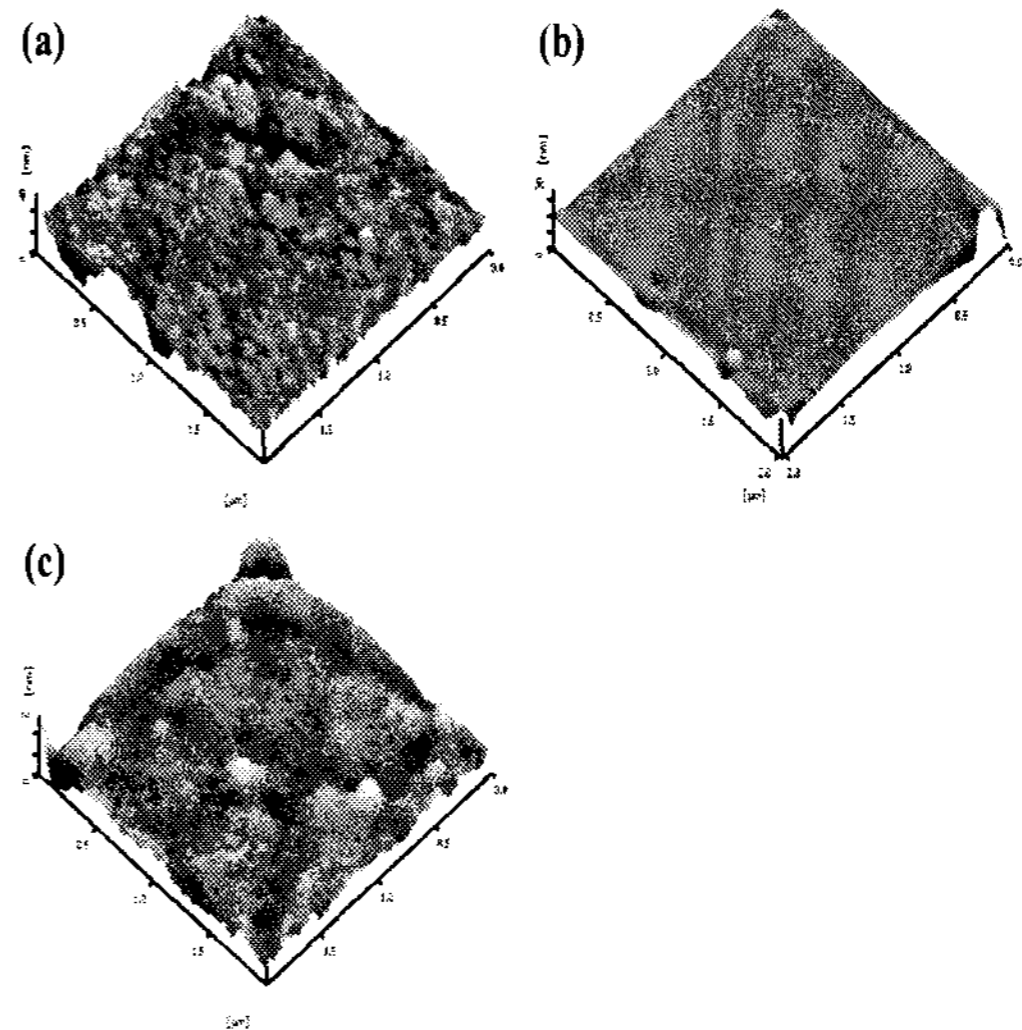


그림 4. Microhardness and indentation modulus of Cr-Si-N coatings as a function of substrate bias voltage.

-100V에서 macro-particle과 surface morphology 감소가 발생하였다. 그러나 -100V이상의 바이어스에서 re-sputter 현상에 의해 Si의 양이 감소한다. 증착온도는 Si 함량에 많은 영향을 주지 못하였다. Cr-Si-N 박막의 가장 우수한 기계적 특성은 300°C와 -100 V에서 형성되었다.

감 사 의 글

본 연구는 과학재단과 과학기술부 국가핵심연구센터 NCRC 프로그램(R15-2006-022-01002-0)의 지원으로 이루어졌습니다.

참 고 문 헌

1. Motoo Egawa, Kenichi Miura, Masayuki Yokoi, Itsuo Ishigami, "Effect of substrate bias voltage on projection growth in chromium nitride films deposited by arc ion plating", Surface & Coatings Technology, 201, 4873-4878, 2007
2. Chiao-Yang Cheng, Franklin Chau-Nan Hong, "Growth of hydrogen-free diamond-like carbon films by a particle-free hollow-cathode arc plating system", Thin Solid Films 498, 206-211, 2006
3. J. Kourtev, R. Pascova, E. Weißmantel, "Arc evaporated Ti-N films with reduced macroparticle contamination", Thin Solid Films 287, 202-207, 1996
4. F. Vaz, L. Rebouta, Ph. Goudeau, T. Girardeau, J. Pacaud, J. P. Riviere, A. Traverse, "Structural transitions in hard Si-based TiN coatings: the effect of bias voltage and temperature", Surface & Coatings Technology, 146-147, 274-279, 2001
5. D. Schneider, M. D. Tucker, "Non-destructive characterization and evaluation of thin films by laser-induced ultrasonic surface waves", Thin Solid Films 290-291, 305-311, 1996
6. Mingsheng Li, Fuhui Wang, "Effect of nitrogen partial pressure and pulse bias voltage on (Ti,Al)N coatings by arc ion plating", Surface & Coatings Technology, 167, 197-202, 2003