CFUBM 시스템으로 합성한 CrN / CrAIN 초격자 박막의 마찰 특성 Tribological properties of CrN / CrAIN superlattice thin films by CFUBMS

변태준*, 김연준, 한전건 성균관대학교 신소재공학부 플라즈마 응용 표면기술 연구센터

초 록 : 초고경도 박막을 얻기 위해 질화물을 이용한 CrN / CrAIN 초격자 박막을 CFUBM 시스템을 통해 합성하였다. 초격자 박막의 각층의 두께 (λ)는 기판의 회전 속도를 이용 하여 제어하여 4.4 에서 44.1 nm 까 합성하였다. 박막의 결정구조 및 미세구조를 분석하기 위하여 고분해능 X선 회 절 분석기 (HR-XRD)를 이용하였으며, 박막의 기계적 성질 은 나노 인텐터와 ball on disk tester를 통해 분석하였다. CrN / CrAIN 초격자 박막은 각층의 두께 (λ)에 따라 28.77 GPa에서 31.97 GPa의 경도 값을 나타내었으며, 미세구조와 기계적 특성이 변화를 관찰할 수 있었다.

1. 서 론

초기 플라즈마 코팅의 산업 적용에서는 TiN, CrN, AIN 그리고 DLC와 같은 단층의 초경도 박막이 주를 이루었다. 하 만 최근 몇 년간 화학적으로 안정하고 기계적 특성이 우수한 초고경도 박막이 요구되면서 강도와 경도가 높은 다 층막에 관심이 고조되고 있다 [1].

초격자 박막은 각층에 두께 (bilayer thickness, λ) 에 따 라 미세구조 및 기계적 성질이 변화한다고 알려져 있다. 특 히 합성하는 재료의 성질에 따라 초격자 박막의 기계적 성 질이 달라진다고 보고되고 있으며, 이러한 성질의 차이를 이용하여 자기적, 전기적, 부식 저항, 마찰 저항 용도 등의 다양한 목적 이용되고 있다 [2-3].

이러한 초격자 박막의 성질의 변화에 대해서 여러 가 이론들이 제시되고 있다. 막 계면에 의한 전위 이동 구속, Hall-Petch 강화, 계면에서의 변형률 효과 등의 이론들이 제 시되고 있 만, 큰 전단탄성 계수 차이를 보이는 두 막의 계 면이 전위 이동을 구속함으로써 경도가 증가하게 되는 것으 로 보는 이론이 일반적으로 받아들여 고 있다. 하 만 계 면에 의한 경도 증가는 정성적으로 설명되고 있으며, 구체 적으로 어떠한 계면의 형성으로 인한 얼마만큼의 경도 증가 효과가 발생하는 는 알려져 있 않다 [4].

따라서 본 연구에서는 CrN / CrAIN 초격자 박막을 합성 하여, 각층에 두께에 따라 미세구조와 기계적 특성의 변화 를 관찰하였다.

2. 실험방법

2.1 박막중착

모든 박막은 비대칭 마그네트론 스퍼터링(Closed - Field Unbalanced Magnetron Sputtering) 시스템을 이용하여 Si 웨이퍼 (100) 위에 증착하였다. 타겟은 Cr (99.99 %, φ=100 nm), CrAl (99.99 %, φ=100 nm)을 사용하여 고순도 아르곤 가스와 질소의 혼합가스를 이용하였다. 타겟과 기판의 거리 는 100 mm로 고정하였다.

기판과 초격자 박막 사이의 밀착력을 향상시키기 위하여 Cr층을 증착하였다. 각층의 두께 (λ)는 기판의 회전 속도를 이용하여 제어하였다. 박막의 두께는 1 μm 로 고정하였으며. 자세한 실험 조건은 표 1에 나타내었다.

표 1. 공정변수

| Conditions |
|------------------------------------|
| 3.99 x 10 ⁻³ Pa |
| 0.399 Pa |
| 0.133 Pa |
| Cr : 5.4 W/cm² CrAl : 8.1 W/cm² |
| 2, 4, 8, 12, 16 20 rpm |
| - 100 V |
| |

2.2 박막분석

결정구조와 합성 형태의 거동의 분석은 Cu_{ka} 방사성 (λ Cu_{Ka} =0.154186 nm)을 40kV, 40mA로 작동되는 수평 빔을 사 용한 High resolution X-ray diffraction (HR-XRD)를 이용 하였다.

박막의 경도분석 30 mN의 수직 하중을 작용하는 MTS사 Nano-indenter Ⅱ 모델로 측정하였다. 박막의 마찰 작용은 Ball-on-disc test를 이용하여 건식으로 진행하였다. 실험은 일반 대기 중(온도 298 K, 습도 35 ~ 38 %)서 진행하였다. AISI 52100 스틸 볼(φ=10 nm)로 1.35 N의 하중을 가하였 다. 마모 궤도의 반 름과 슬라이딩 속력은 각각 8.75 mm과 2.75 cm/s. 마찰력은 하중 단위로 측정되고 기록하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 박막의 미세구조

그림 1은 각층의 두께 (λ)에 따른 CrN / CrAIN 초격자 박막의 X선 회절 패턴을 나타낸다. 합성시킨 모든 박막은 CrN (200) 면으로 성장 한 것을 확인하였으며, 그 외에 다 른 peak은 찾을 수 없다. 이는 CrN / CrAIN 초격자 박막의 (200) 면은 template 효과를 우선으로 따른다는 것을 관찰할 수 있다. Cr 원자가 있던 곳에 Al 원자가 대체되면서 드물 게 생기는 작은 격자의 결합이 맞 않는 현상에 따라 이런 결과가 나왔을 것이라 사료된다.



그림 1 CrN / CrAIN 초격자 박막의 X선 회절 분석

3.2 박막의 기계적 거동

Nano-indenter를 통해 얻은 CrN / CrAIN 초격자 박막 의 기계적 특성을 그림 2에 나타내었다. 그림 2에서 CrN / CrAIN 초격자 박막은 각층의 두께 (λ)에 따라 28.77 GPa에 서 31.97 GPa의 경도 값을 가진다. 각층의 두께 (λ)가 5.5 nm일 때 계면이 전위의 이동을 구속하여 경도 값이 최대가 되며, 각층의 두께 (λ)가 너무 얇을 경우 나노 복합체를 형 성하고 각층의 두께 (λ)가 너무 두꺼울 경우 전위의 이동이 상대적으로 많아 경도 값이 낮아 는 것을 볼 수 있다.



그림 2. CrN / CrAlN 초격자 박막의 경도 값과 인장 탄 성 계수 (Young's modulus)

4. 결 론

본 연구에서는 CFUBM 시스템을 이용하여 기판의 회전 속도를 조절함으로써 CrN / CrAIN 초격자 박막을 각층에 두께 (λ)를 변화시키며 성장시켰다. CrN / CrAIN 초격자 박막은 CrN (200) 면으로 성장하였으며, template 효과를 따 른다. 뚜렷한 경계면을 보였으며 columnar 성장을 하는 것 을 확인할 수 있다.

초격자 박막이 응용되기 위해서는 각층의 두께 (λ) 뿐만 아니라, 초격자 박막을 구성하는 재료의 성질, 경도 값, 인장 탄성계수, 소성변형에 대한 저항 값, 마찰 계수 등 모든 변 수가 고려되어야 한다.

감사의 글

The authors are grateful for the financial support provided by the Korea Science and Engineering Foundation through the Center for Advanced Plasma Surface Technology (CAPST) at Sungkyunkwan University.

Reference

- Gwang S. Kim, Sang Y. Lee, Jun H. Hahn, Sang Y. Lee, Surf. & Coat. Technol., 171(2003) 91
- [2] Philip C. Yashar, William D. Sproul, Vacuum, 55(1999) 179
- [3] Q. Yang, L.R. Zhao, R. McKellar, P.C. Patnaik, Vacuum, Vol. 81 (2006) 101
- [4] S. H. Kim, Y. H. Lee, J. K. Park, Y. J. Baik, D. I. kwon, J. Kor. Inst. Met. & Mater Vol. 41, No. 12 (2003)