

비대칭 마그네트론을 이용한 CrTiAlN 나노복합 박막의 미세구조와 기계적 특성
 Microstructural and Mechanical Properties of CrTiAlN Nanocomposite thin films synthesis by
 Closed Field Unbalanced Magnetron Sputtering

김연준^{1*}, 이호영^{1,2}, 변태준¹, 김갑석^{1,2}, 한전건¹

(1) 플라즈마 응용 표면기술 연구센터, 성균관대학교
 (2) 철원 플라즈마 신소재연구소

Abstract: 비대칭 마그네트론을 이용하여 사원계 CrTiAlN 나노 복합 박막을 합성하였고 합성된 박막의 특성을 분석하였다. CrTiAlN 나노복합 박막의 미세구조는 CrN (111)과 CrN (200)방향으로 성장하였고 기계적 특성은 30 ~ 39 GPa의 경도 값을 얻었다. 질소 분압이 0.33 Pa에서 가장 높은 경도 값을 얻을 수 있었다.

의 경도 값은 30 mN의 하중을 이용한 나노 인덴터를 이용해서 측정하였다.

1. 서론

기계 산업의 발달과 더불어 부품 소재 가공 등에 사용되는 절삭유 및 윤활제 등은 그 심각성이 증대되는 환경오염의 원인들 중 하나이다. 따라서 최근의 연구는 오염물질을 줄이고 폐기물을 줄일 수 있는 친환경 기술개발 및 건식가공을 위한 각종 공구재료의 개발과 제조공정의 개발, 코팅재료의 개발 등에 집중되어 있다 [1-3]. 이러한 연구결과들은 가공속도증가, 생산성 향상 및 고정밀도화에 따른 절삭 공구의 성능향상 요구에 성공적으로 적용되고 있으며, 이에 따른 가공온도 상승에 의해 고속도강 공구의 고온 산화마모가 심각하게 대두되고 있다 [4, 5]. 이를 극복하기 위하여 초고경도 특성을 지니는 TiAlN, TiAlN / CrN, CrAlN, CrAlN / CrN, ZrAlN, ZrAlN / CrN 등의 여러 가지 화합물에 대한 다중상 박막 (multi-phase), 나노복합 박막 (nanocomposite), 초격자 박막 (superlattice)에 관한 연구가 최근 활발히 진행되고 있다 [6]. 따라서 본 연구에서는 차세대 나노복합 박막 합성의 일환으로 Closed Field Unbalanced magnetron sputtering (CFUBMS) 을 이용하여 새로운 사원계 CrTiAlN의 나노복합(nanocomposite) 박막을 합성하고자 하였으며, 질소의 분압에 따른 박막의 미세구조와 기계적 특성간의 상관관계에 대하여 고찰하였다.

2. 실험 방법

2.1 박막 증착

본 연구에서 CrTiAlN 나노복합 박막은 CFUBMS을 이용하여 Si wafer (100) 위에 증착하였다. 타겟은 TiAl (60:40 at. %, ϕ= 100 mm) 합금과 Cr (99.999%, ϕ= 100 mm)을 사용하였다. 또한, 다층 박막을 형성시키지 않기 위해서 45 rpm의 빠른 속도로 기판을 회전시켜 증착하였다. 타겟으로부터 기판까지의 거리를 100 mm로 고정하였으며, 기판 바이어스 전압은 -100 V로 유지하였다. 분위기 온도는 473 K에서, 고순도 아르곤 가스와 질소의 혼합가스를 이용하였다. 모든 기판은 아세톤과 알코올로 초음파 세정 하였다. 박막의 두께는 1 μm로 고정하였다.

2.2 박막 분석

박막의 결정 구조 및 미세구조 분석을 위해서 X-선 회절 (x-ray diffraction)과 투과 전자 현미경 (Transmission electron microscopy)을 시행하였다. 그리고 CrTiAlN 나노복합 박막

3. 결과 및 고찰

3.1 미세구조 분석

그림 1은 다양한 질소 분압에 따른 CrTiAlN 나노복합 박막의 X-선 회절 분석을 나타낸다. 그림에서 보는 바와 같이 합성된 CrTiAlN 나노복합 박막의 주 결정 성장 방향은 CrN (111)과 CrN (200)으로 성장하였고 질소 분압의 증가에 따라 최대 세기가 증가하였다.

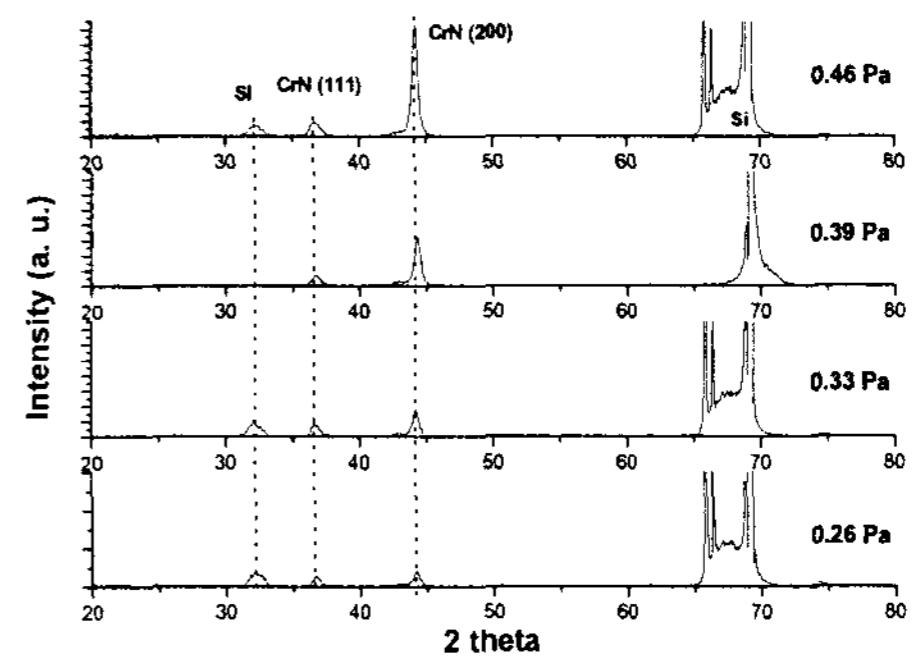


그림 1. CrTiAlN 나노복합 박막의 X-선 회절 패턴

3.2. 기계적 특성 분석

그림 2는 질소분압에 따른 경도 값과 인장 탄성 계수를 보여준다. 그 결과, CrTiAlN 나노복합 박막의 경도 값은 31 ~ 39 GPa 로 측정되었으며, 특히 질소 분압이 0.33 Pa 일 때 최대 경도 값을 얻을 수 있었다.

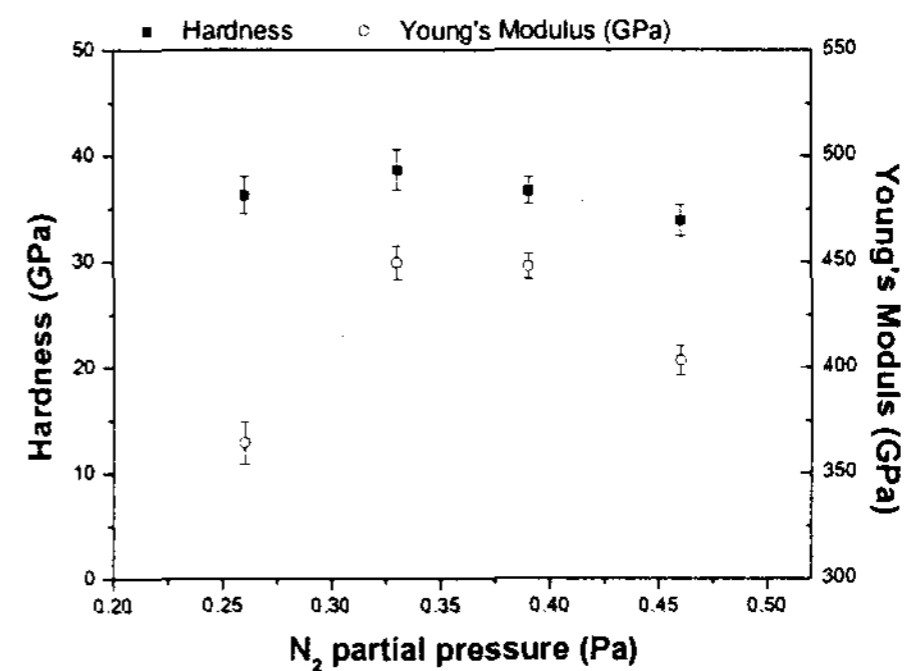


그림 2. 질소 분압에 따른 CrTiAlN 나노복합 박막의 경도 값 과 인장 탄성 계수

4. 결론

본 연구에서 비대칭 마그네트론을 이용하여 새로운 사원계 CrTiAlN 나노복합 박막을 합성하였고 다음과 같은 결과를 얻었다. 합성된 CrTiAlN 나노복합 박막의 미세구조는 질소 분압의 증가에 따라 응축 시간이 길어지면서 CrN (200) 방향으로 주 성장한 것을 확인하였다. CrTiAlN 나노복합 박막의 기계적 특성은 질소 분압 0.33 Pa (결정 크기가 2.9 nm) 일 때 가장 높은 경도 값을 얻을 수 있었다. 따라서 소성변형에 대한 저항 값 (H^3 / E^2)은 경도 값이 크고 측정 임계 결정 크기일 때 증가하였지만 파괴인성 (G_c) 값은 감소하였다. 따라서 소성변형에 대한 저항과 파괴인성 모두 좋은 값을 갖기 위해서는 결정 크기의 임계 값, 경도, 인장 탄성계수의 복합적인 관계를 통해 결정해야 한다.

사 사

본 연구는 과학기술부 및 한국과학재단 우수연구센터사업 (센터번호 : R11-2000-086-0000-0 플라즈마 응용 표면기술 연구센터)지원과 산업자원부 지자체 연구소 육성사업 (RTI-04-02-08)의 과제 지원으로 수행 되었습니다.

References

- [1] H. K. Tnshoff, Int. J. Mach. Tools Manufact., 38, 5-6, 469.
- [2] H. K. Tnshoff, Surf. & Coat. Technol., 93 (1997) 88.
- [3] E. Lugscheider, Surf. & Coat. Technol., 112 (1999) 146.
- [4]. H. Ehrhardt, Surf. & Coat. Technol., 74-75 (1995) 29.
- [5] P. Rogl, J. C. Schuster, Phase Diagrams of Ternary Boron Nitride and Silicon Nitride Systems, ASM International, Metals Park, OH (1992).
- [6] S. Veprek, Surf. & Coat. Technol., 86-87 (1996) 394.