

완전화 박막의 구현을 위한 기술적 과제와 시도

Technical Problems for Perfect-like film and Some Trial Experiments

정재인*, 양지훈, 박혜선, 정재훈
 포항산업과학연구원 융합소재연구본부 (E-mail: jijeong@rist.re.kr)

초 록: 완전화 박막은 박막의 구조를 원하는 목적에 최적이 되도록 제어하는 방법을 이용하여 만들어진 박막을 의미하는 것으로 금속이나 화합물 박막을 제조하되 각종 구조 제어 Tool을 이용하여 나노화나 다층화 및 치밀화를 통해 구현될 수 있다. 최근 고성능의 증착 및 제어 Tool이 개발되고 스킴각 증착 (Glancing Angle Deposition; GLAD) 방법 등의 기술이 개발되면서 User-defined 박막을 통해 User-friendly 응용을 위한 연구개발이 활발히 진행되고 있다. 본 연구에서는 완전화 박막 구현을 위한 연구동향을 파악하고 완전화 박막 제조를 위한 기술적 과제와 몇 가지의 시도에 대한 기초 연구 자료를 소개한다.

1. 서론

완전화 박막이란 다양한 방법으로 정의될 수 있으나, 본 연구에서는 사용자가 원하는 용도에 가장 적합하도록 제조된 박막으로 정의하였다. 물리증착이나 화학증착과 같이 진공 또는 특정 기체 분위기에서 박막이 형성되는 증착 공정과 같이 비평형 프로세스로 제조되는 박막의 경우는 평형 상태에서 만들어질 수 없는 구조나 상 등이 나타나며 이들 구조는 증착 공정에 따라 현저히 달라진다. 그림 1과 같이 특정 기판에 박막을 제조함에 있어서 다양한 구조 제어 Tool을 이용하여 구조를 제어하는데 이들의 이용여부와 증착 조건에 따라 박막의 성장이 달라지며 박막의 형태는 Plate형 결정, Fibrous 구조, Powder 구조, Whisker 구조, 주상정 구조, 비정질, Epitaxy 구조 등으로 나타난다. 이러한 구조는 증발율과 플라즈마 조건 등과 같은 소스 조건과 함께 기판온도나 바이어스 등과 같은 증착변수에 의해서도 달라진다. 그림 2에서 보는 바와 같이 증착조건만을 변경함에 의해 박막의 단면 조직이 현저하게 달라짐을 알 수 있다. 물리증착에 의한 박막의 형상은 전통적으로 조직대 모델 (SZM: Structure Zone Model)로 설명하고 있다.¹⁻²⁾

최근에는 경사코팅(Oblque Angle Deposition; OAD)이나 이를 응용한 스킴각 코팅 (Glancing Angle Deposition) 등³⁾의 기술이 개발되어 맞춤형 박막 구조 제조가 가능하게 되었다.

본 논문에서는 물리증착이나 화학증착을 이용하여 완전화 박막을 구현하는 연구동향과 함께 완전화 박막 구현에서의 문제점과 과제를 설명하고 완전화 박막 제조에 대한 기초 연구 결과를 통해 그 가능성을 타진한다.

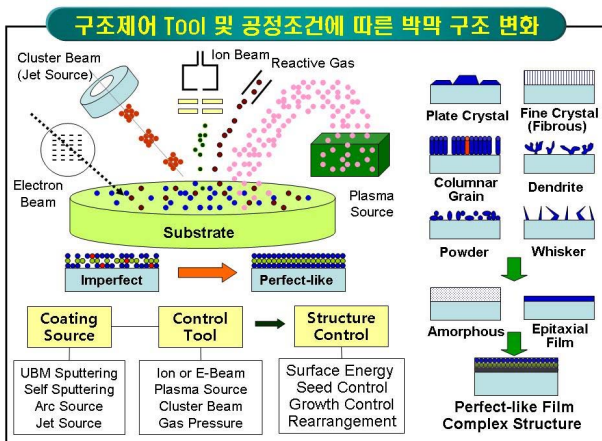


그림 1. 박막의 구조와 완전화 박막 구현을 위한 공정

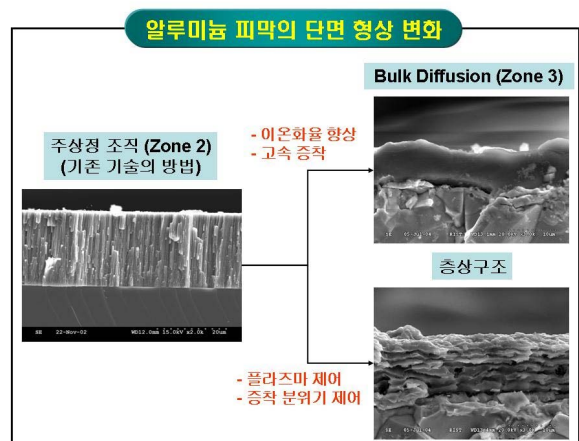


그림 2. 증착변수 제어에 의한 조직 변화 사례

2. 본론

완전화박막을 구현하기 위한 기본적인 배경은 피막의 조직대 모델을 기반으로 하고 있다. 조직대 모델은 1969년 Movchan과 Demchishin¹⁾에 의해 처음 도식화가 이루어진 이후 Thornton²⁾에 이르러 체계화가 이루어져 왔다. 초기에는 기판의 온도에 따른 박막의 조직 변화를 모델화하였으나 나중에는 바이어스 전압이나 진공도에 따른 조직의 변화

를 모델화하는 시도가 진행되었다. 최근에는 두께나 Impurity의 영향은 물론 입사각도 조절에 의한 조직의 변화 연구가 활발히 진행되고 있다. 이러한 조직대 모델의 연구는 박막의 특성 향상을 목표로 하고 있으며, 궁극적으로는 완전화 박막의 구현을 지향하고 있다. 완전화 박막에 대한 개념은 다양하게 정의될 수 있으며 응용분야에 따라 상대적으로 적용될 수 있다.

완전화 박막 제조에 대한 시도는 1990년대에 일본에서 시작되었으며, 산학연이 공동으로 참여하는 NEDO 프로그램을 통해 Protective Layer를 제조하여 차단 방식에 의한 내식성 구현 연구를 수행하였다. 상기 연구는 TiN과 같은 화합물을 Bulk-like하게 제조하여 차단방식의 방식 효과와 동시에 장식성을 비롯한 다양한 기능을 동시에 얻고자 하는 연구였다.

한편, 유럽에서는 제7차 European Framework Program (7th FT) 을 통해 CORRAL (Corrosion Protection with Perfect Atomic Layer)를 만들어서 2007년부터 연구를 수행하는 것으로 알려지고 있다. 상기 연구는 얇은 산화막이 Bulk의 부식을 방지해주는 것에 착안하여 HIPIMS 및 Filtered Arc 그리고 ALD 공정을 이용하여 Defect-free 산화막을 제조하여 Barrier형의 내식성 박막을 형성하는 것을 목표로 하고 있다. 또한 멀지 않은 미래에 기존의 습식도금 기술을 전면 대체하는 것을 목표로 연구개발을 진행하고 있다.

국내에서는 지경부에서 추진하는 소재원천기술개발사업을 통해 2009년부터 “다기능성 나노박막 복합구조화 기술” 프로젝트를 선정하여 “완전화 복합구조막 합성 및 특성 제어 기술”이라는 제목으로 완전화 박막에 대한 연구를 시작하였다. 본 연구는 금속 및 화합물 박막에 대해 완전화 박막을 구현하는 기술을 개발하고 이를 통해 One-Batch 공정으로 다기능을 구현함과 동시에 특성 예측 기술을 개발하여 자동차나 가전 등의 표면 소재에 활용하는 것을 목표로 하고 있다.

완전화 박막의 구현을 위한 또 다른 시도가 GLAD 코팅 기술이다. GLAD 방법은 그림 3과 같이 경사코팅 (Oblique Angle Deposition; OAD)과 기판 회전을 조합한 기술로 Shadowing 효과를 이용하여 맞춤형 조직을 구현하는 방법으로 최근에 활발히 연구가 진행되고 있다. GLAD 방법을 이용하면 기존의 에칭이나 마스크 등의 방법을 이용하여 제조하던 3차원의 다양한 구조를 간편하게 제조하는 것이 가능하며 박막의 구조를 Engineering 할 수 있는 길을 동시에 제공하고 있다. 그림 4는 GLAD 방법을 이용하여 제조된 다양한 구조의 박막 조직을 보여주고 있다.

한편, 완전화 박막에 대한 연구는 아직 초기 단계이며 차단 방식의 내식 효과를 얻을 수 있는 박막을 증착법으로 제조하거나 자연산화막과 같은 치밀한 조직을 얻기 위해서는 아직 갈 길이 멀다고 할 수 있다. 뿐만 아니라 GLAD의 경우는 박막의 구조에 대한 Engineering은 가능하나 박막의 기계적 성질이 취약하여 그 응용에 한계를 드러내고 있다. 향후에는 이와 같은 장벽을 어떻게 극복하느냐가 완전화 박막의 상용화를 위한 조석이 될 것이다.

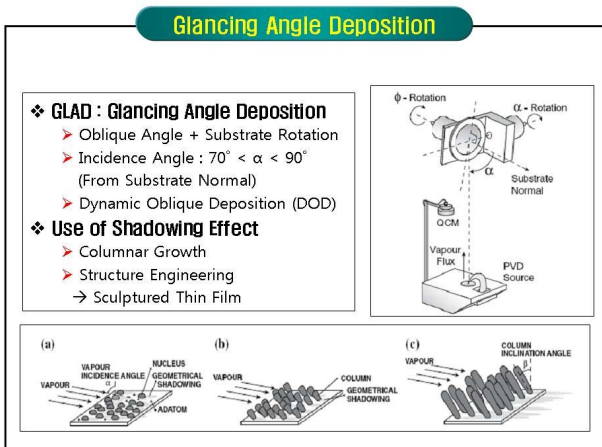


그림 3. GLAD의 원리 및 기술적 구현 방법

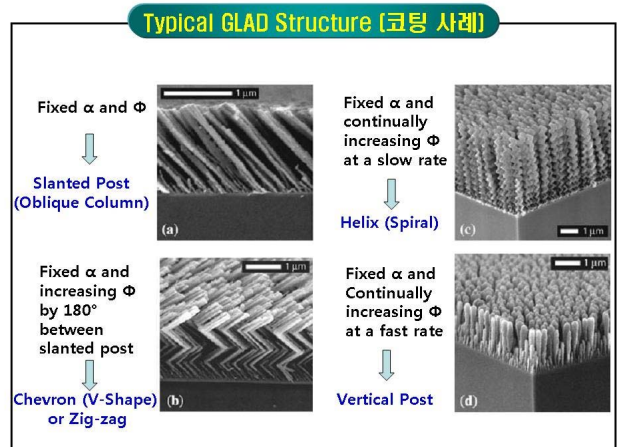


그림 4. GLAD 방법으로 형성된 박막의 다양한 구조

3. 결론

완전화 박막 제조 기술은 물리증착이나 화학증착 공정에서의 궁극의 기술로 알려져 왔다. 그러나 최근 다양한 공정 Tool이 개발되면서 완전화 박막에 대한 새로운 시도가 활발히 진행되고 있다. 이와 함께 박막 구조에 대한 Engineering이 가능한 것으로 알려진 GLAD 관련 연구도 활발히 진행되고 있다. 국내에서도 소재원천 사업을 통해 완전화 박막에 대한 원천기술 개발을 진행하고 있으며 이를 통해 멀지 않은 장래에 습식도금 대체 및 신기술이 개발되어 표면소재 개발에 획기적인 전환점이 될 것으로 기대하고 있다.

참고문헌

1. B.A. Movchan and A.V. Demchishin, Phys. Met. Metallogr. **28**, 83 (1969).
2. J.A. Thornton, Ann. Rev. Mater. Sci. **7**, 239 (1977).
3. J.J. Steele, M.J. Brett, J. Mater. Sci.: Mater. Electron **18**, 367 (2007).