펄스식 듀얼 마그네트론 증착 공정으로 타겟을 균일하게 사용

Ascent® DMS 액세서리: 각각의 캐소드에 전달되는 전력을 개별적으로 제어가능

D.J. Christie, Advanced Energy Industries, Inc.

Ascent® DMS 듀얼 마그네트론 증착 (Dual magnetron sputtering, DMS) 장비는 각 마그네트론의 전력을 독립적으로 제어하고, 마그네트론의 개별 전압을 측정하는 기능도 있다. 한 개나 여러 개의 작동장치가 Ascent DMS 장비가 제시한 측정값을 이용해 전압을 제어한다. 이런 기능으로 사용자는 타겟 물질의 소모도를 조정할 수 있다.

목차

배경	1
소개	2
타겟의 균형적 사용	2
DMS component	3
참고문헌	3

배경

마그네트론 증착 시스템의 반응성 스퍼터링 중, 마그네트론으로부터 튀어나온 물질은 기판(코팅되는 쪽)에서 반응성 기체와 결합하여 표면에 화합물을 형성한다. 반응성 기체도 타겟 표면과 반응하여 표면에 화합물을 만든다. 이런 시스템은 타겟 중 극소 부분에 화합물이 덮이는 금속 모드(metallic mode)나 타겟 중 넓은 면적이 화합물로 덮이는 오염물 모드(poisoned mode) 중 하나로 개방 루프 작업을 할 수 있다.

경우에 따라서는 화합물의 증착 수율이 순수 타겟 물질의 수율보다 훨씬 더 낮아지기도 한다. 실제 반응성 화합물(오염물)로 완전히 뒤덮인 타겟의 증착 수율은 순수 타겟 물질의 증착 수율의 10% (혹은 그 이하) 정도밖에 되지 않는다. 이렇기 때문에 전환 모드(transition mode)로 이런 공정을 진행하여 증착률을 높이는 것이 바람직하다. 전환 모드는 본질적으로 불안정하므로 공정을 안정화할 수 있는 피드백 제어를 해 주어야 한다. 피드백 제어로는 공정 전압, 반응성 기체 분압, 타겟의 광방출도를 제어한다.

반응성 스퍼터링의 가장 일반적인 타겟 구현 사례가 듀얼 마그네트론 증착으로, 아래 그림 1에 나타내었다. 주요 장점으로명확한 양극(anode)이나 그로 인해 생기는 문제가 없다는 점을 들 수 있다. 두 개의 마그네트론이 번갈아 가며 음극과 양극 역할을 한다. 이 공정을 구동하기 위해 의도적으로 양극(bipolar) 펄스를 공급할 때 각 마그네트론으로 들어가는 전력을 개별 조절할 수 있다. 사용자는 전력, 전압, 전류를 빠르게 읽어들여 이 공정을 모니터하고 제어할 수 있다. DMS 시스템에서는, 반응성 스퍼터링의 작업점의 차이나 각 마그네트론 쌍에 전달되는 전력의 차이로 인해 타겟의 소모율이 불균일해 질 수 있다.

DMS 시스템에서는, 반응성 스퍼터링 작업점의 차이나 각 마그네트론 쌍에 전달되는 전력의 차이로 인해 타겟의 소모율이 불균일해 질 수 있다.

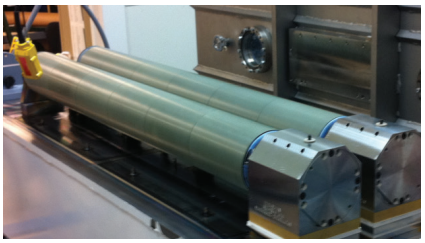

그림 1. 회전식 마그네트론을 듀얼 마그네트론 증착 용 배열

소개

Ascent DMS 장비는 듀얼 마그네트론 증착 시스템의 각 마그네트론으로 들어가는 전력을 따로따로 제어한다. DMS 부품을 통해 마그네트론으로 들어가는 전력과 전압을 개별 제어하여 타겟 물질을 균형 있게 소모하도록 할 수 있다.

요소의 전환 부품이 DC 전력을 받아 펄스-DC를 듀얼 마그네트론 시스템으로 보내면 각 마그네트론에 전달되는 전력이 개별 제어되는 방식이다. 작동장치는 DMS 구성 요소에서 보낸 전압 측정값을 이용해 각 마그네트론의 전압을 조정한다. 작동장치는 기체흐름 제어장치나 마그네트론 회전을 제어하는 모터 구동장치로 구성한다. 전압 균형을 맞추려면 한 마그네트론 대비 다른 마그네트론의 반응 기체의 흐름비를 조절하고 한 쪽 마그네트론이나 양쪽 마그네트론의 회전 속도를 조정하면 된다.

타겟의 균형적 사용

타겟을 균등하게 소모하도록 양 타겟의 작업점이 동일하고 각 타겟으로 전달되는 에너지량을 맞춘다. 그 결과 고도 구현물에서는 두 타겟의 작업점과 각 타겟으로 전달되는 에너지량이 균형을 이루게 된다.

펄스식 듀얼 마그네트론 시스템에서는 타겟으로 전달되는 에너지 양을 독립적으로 제어하는 것이 가능하다. 실제 반응성 스퍼터링 화합물의 경우 전압은 타겟 표면을 반응성 화합물이 덮고 있는지 판단하는 훌륭한 지표이므로 공정을 제어하는 피드백 신호로 활용할 수 있다. 그림 2는 듀얼 마그네트론 시스템의 전압과 반응 기체 흐름 제어 공간을 비교한 것이다. 핵심은 마그네트론마다 개별 제어 곡선이 있고 하드웨어가 대칭이 아니므로 곡선 자체가 상이하다는 점이다. 자기장의 강도와 프로파일, 타겟의 두께, 기체 흐름 등이 비대칭의 예이다. 어떤 반응 기체 흐름에 대하여 각 마그네트론으로 동일한 에너지가 전달된다고 해도 전압에는 차이가 있다. 이것은 타겟을 덮고 있는 화합물의 면적에 차이가 있고 각 타겟의 소모율도 다르다는 것을 의미한다.

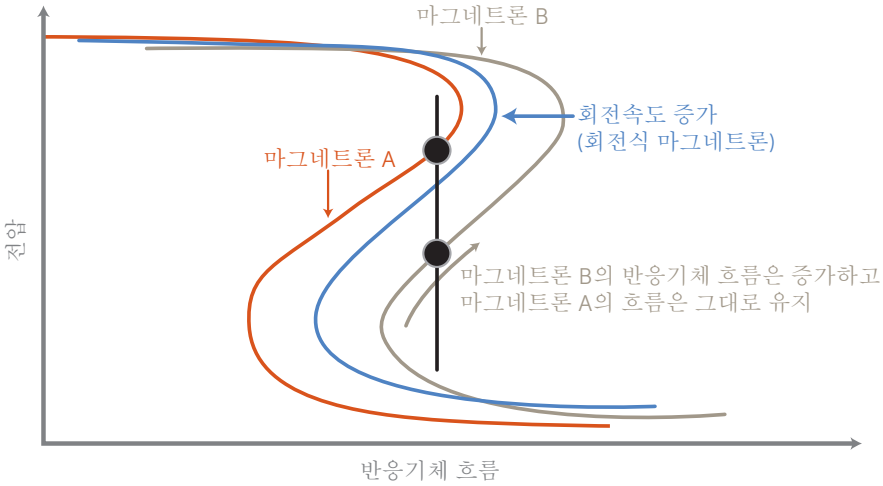

그림 2. 듀얼 마그네트론 시스템의 전압과 반응기체 제어의 관계

각 마그네트론의 타겟 물질 소모율을 동일하게 하는 고도 전략은 각 마그네트론의 유사-DC 방전 전압과 각 마그네트론으로 들어가는 전력을 맞춘다. 이 경우 제어하는 요소는 두 가지로 작동장치도 두 개 있어야 한다. 전력의 균형은 펄스 전원 공급에 의해 얻어질 수 있다. 전압의 균형은 보조적인 기체 매니폴드와 기체 유량 조절 도구를 이용하여 한 마그네트론 대비 다른 마그네트론으로 들어가는 반응성 기체의 유량을 변경하여 얻을 수 있다. 회전식 마그네트론을 사용한다면 그림 2처럼 회전 속도를 높여 전이 곡선을 왼쪽으로 옮길 수 있다 [1].

보조 작동장치를 사용할 수 없다면 두 가지 가능성이 있다. 첫째는 단순히 각 마그네트론으로 들어가는 전력의 균형을 맞추는 것이다. 두 번째는 두 마그네트론의 전압을 맞추고 전력 불균형을 수용하는 것이다. 이경우 전압이 강하게 컨트롤되므로 타겟 물질의 소모율 편차는 최소가 되는 효과가 있다. 각 마그네트론에 들어가는 에너지를 빠르게 읽으면 전력 불균형을 모니터하여 타겟 물질의 소모율 편차를 예측하는 것도 가능하다.

펄스식 듀얼 마그네트론 시스템에서는 타겟으로 전달되는 에너지 양을 독립적으로 제어하는 것이 가능하다. 실제 반응성 스퍼터링 화합물의 경우 전압은 타겟 표면을 반응성 화합물이 덮고 있는지 판단하는 훌륭한 지표이므로 공정을 제어하는 피드백 신호로 활용할 수 있다.

그림 3은 펄스식 DMS 구동용 파형이다. 이 그래프에서는 빠른 전압 피드백을 위해 평균을 내야할 파형 구간을 보여준다. 이 구간의 전압에는 마그네트론의 유사-DC 방전 전압이 반영되어 있다. 이것은 반응 화합물이 타겟 표면에 얼마나 덮여있는지를 나타내주는 지표이므로 타겟 표면의 스퍼터링 산출량또한 알 수 있다.

참고문헌

[1] Diederik Depla and Stijn Mahieu, eds., Reactive Sputter Deposition, Springer (2008) p. 191.

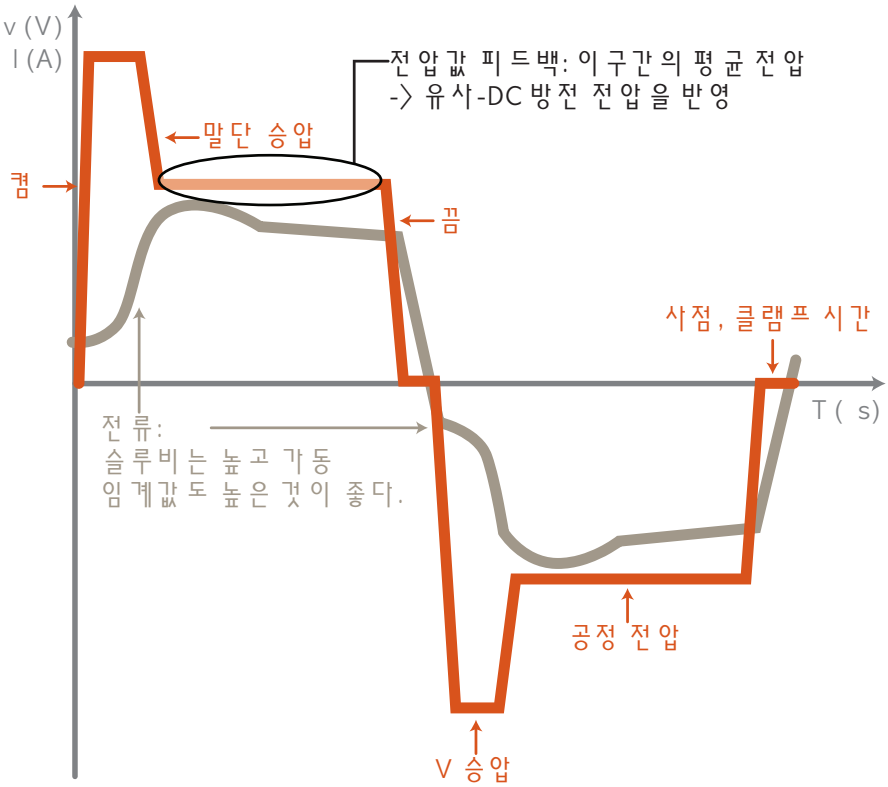

그림 3. 기준 출력 파형. 스퍼터링 전압 측정 지역을 나타낸다

DMS component

시스템 디자인 관점에서는, 모듈성이 중요하다. 여기에서는 모듈성을 2차원으로 구현하였다. 첫째, DC 전원을 펄스 모듈과 분리하였다. 둘째, 다수의 DC 전원공급장치로 더 높은 전력을 낼 수 있도록 master/slave로 구성할 수 있도록 하였다. 펄스 기능부 또한 master/slave 연결이 되도록 설계하였다. 따라서 30 kW ~ 200 kW이상, 작게는 10 kW까지 공정에 필요한 전력대로 시스템을 구성할 수 있다. DC 전원과 펄스 모듈 모두 캐비넷에 장착할 수 있다. Advanced Energy의 DMS 구성 장치인 펄스 모듈을 그림 4에 실었다. 크기가 작고 캐비넷에 장착할 수 있어 공간 활용도가 좋고 현대적 미적 감각도 살렸다. CEX 로

시스템 구동 마그네트론 쌍을 동기화 하여 플라즈마 간섭을 없애고 아크 처리도 조정할 수 있다.

모듈식이라 정비 면에서도 장점이 있다. 100 kW 이상 급 일반 펄스 및 AC 전원은 크고 육중하여 서비스를 받을 때 서비스 기술자가 공장에 방문하여 정비나 수리를 해야 한다. 그러나 그림 4와 같은 모듈식 구성은 서비스 센터로 보내 정비나 수리를 받기도 간편하다. 예비 장비를 구비해 놓았다 필요할 때 사용자가 직접 교체할 수도 있다.

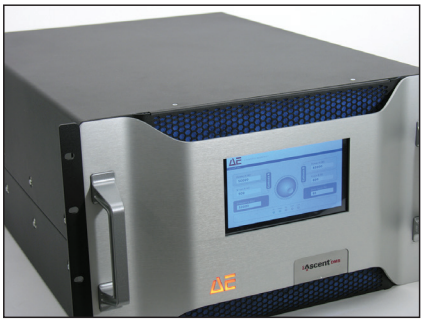

그림 4. Ascent® DMS 듀얼 마그네트론 펄스 모듈

Advanced Energy Korea
어드밴스드 에너지 대한민국 경기도 성남시
중원구 상대원동 513-14
시콕스 타워 701호 462-806

전화: +82.31.777.9191
팩스: +82.31.777.9195

www.advanced-energy.co.kr

참고 사이트:
Ascent® DMS 액세서리 정보: www.advanced-energy.co.kr/kr/Ascent_DMS.html
AE의 전체 제품 포트폴리오 정보: www.advanced-energy.co.kr/kr/Products.html
사양은 통보 없이 바뀔 수 있습니다.

© 2014 Advanced Energy Industries, Inc. Advanced Energy®, Ascent® 는 Advanced Energy Industries, Inc.의 상표입니다.

KOR-BalancingCathodeConsumption-270-01 0M 2.14