

다. 여기서, 이러한 유동 중의 하나가 원주주위의 흐름이라고 할 수 있다. 원주주위의 유동은 경계층의 박리, Karman 와의 방출 등 복잡한 현상이 포함되어 있고, 현재에도 이와 같은 유동장에서 고차정도를 갖는 수치해석에는 많은 어려운 점을 포함하고 있다. 특히, Karman 와의 방출에 의하여 원주가 받는 항력과 양력이 변동하며, 이 변동은 소음, 진동 등의 원인이 된다. 따라서, 본 연구의 목적은 다음과 같이 크게 3가지로 분류할 수 있다.

첫째, 원주 후류의 1차적 불안정 영역에 대한 유동특성 및 임계점을 제시하고 3차원 천이 Re 수의 영역 내에서의 양력 및 항력계수, 주파수 분석, 원주표면의 압력분포, 와도 등고선 등을 이용하여 2차원적 유동특성을 분석하고자 한다. 또한, 어느 정도 높은 Re 수에 대한 2차원적 유동특성을 분석한다.

둘째, 원주 후류의 3차원 직접수치 계산을 통하여 스펙 방향에 따른 유동특성과 파장의 상세한 해명을 통하여, 3차원 천이영역의 메카니즘을 분석한다.

마지막으로, 진동하는 원주에 대하여 주파수와 진폭에 따른 항력 및 양력, 로크인과 비 로크인 영역의 유동 구조 등에 대한 분석을 통하여 강제진동하는 물체의 진동특성을 파악하고, 강제진동과 와방출과의 관계를 밝히는 것을 목적으로 한다.

본 연구에서는 이와 같은 유동 특성을 분석하기 위하여 고차정도를 갖는 직접수치계산(Direct Numerical Simulation : DNS)을 행하였다. 직접수치계산을 위한 지배방정식은 3차원의 Navier-Stokes 방정식과 연속의 식이며, 차분 방법으로는 대류항에 대하여 5차 및 7차 정도의 풍상차분법을, 점성항 및 압력항에 대하여는 4차 정도의 중심 차분법을 이용하였으며, 스펙 방향에 대하여는 Fourier 급수전개를 한 후 스펙트럴법을 이용하여 계산을 행하였다.

## 29. 경사 대향 타겟식 마그네트론 스퍼터링법에 의한 저온 ITO박막의 제작

기계공학과 신도훈  
지도교수 김윤해

최근 광·전자공학분야가 급속히 발전함에 따라, 투명도와 전기전도도가 높은 투명 전도막에 대한 관심이 크게 증가 하고 있다. 투명 전도막에 대한 최초의 보고는 1907년 Badeker가 스퍼터링 방법으로 제작한 Cd박막을 열산화 시켜서 만든 CdO 투명전도막에 관한 것이다.<sup>1)</sup>일반적으로 투명전도막을 제작하는 방법은 크게 두 가지로 구분된다.

첫째는 얇은 금속막을 산화시켜 제작하는 방법이다. 투명금속 전도막으로 Au, Pt, Rh, Ag, Cu, Fe, Ni등을 사용하여 빛의 투과율과 전기전도도를 조절하는데, 투명성을 얻기 위해서는 박막이 매우 얇아야 하지만 반대로 높은 전기전도도를 얻기 위해서는 두꺼워야 한다는 어려움이 있다.

둘째로는 반도체 산화물을 이용하여 제작하는 방법으로 CdO,<sup>2)</sup> ZnO,<sup>3)</sup> ATO(Antimony-doped Tin Oxide),<sup>4)</sup> FTO(Fluorine-doped Tin Oxide)<sup>5)</sup>, ITO(Tin-doped Indium Oxide)<sup>6)-9)</sup>등이 응용되고 있다. 특히, In<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-SnO<sub>2</sub>(ITO)박막은 가시광선 영역에서 광 투과도가 높고 근적외선 영역에서는

광 반사도가 높을 뿐만 아니라  $10^{-4}$  [ $\Omega \cdot \text{cm}$ ] 전후의 낮은 저항률을 가지고, 화학적 안정성이 뛰어나 항공기와 자동차 유리의 투명 발열체, 액정 표시소자의 투명 전극, 태양열 소자의 광 흡수체, 각종 전자장비 패널의 전자파 간섭(Electro-Magnetic Interference: EMI), 가스센서, 안경에서 정전기 방지 등에 응용되고 있으며, 전자파 차폐재료로서도 폭넓게 사용되어지고 있다.<sup>10)~13)</sup>

그러나 위에서 열거한 양호한 특성을 가진 ITO 박막을 얻기 위해서는 통상  $200^{\circ}\text{C}$  이상의 기판온도가 필요하기 때문에 필름 기판 등 내열성이 약한 기판에서의 막 제작이 곤란하다는 문제점이 있다. 따라서 이와 같은 기판에서 막 제작을 하기 위해서는 보다 낮은 저온에서 양호한 특성을 가진 ITO박막의 제작기술이 요구 되어지고 있다. 통상의 DC마그네트론 스퍼터링법으로 저온에서 양호한 저항률을 가진 ITO박막을 얻지 못하는 원인으로서는 스퍼터링시 타겟에서 방출되는 전자 혹은 가스에서 방출되는 산소 이온에 기인하는 고 에너지 원자에 의한 기판 충격 때문이라고 생각되어 진다.

그 연구보고의 예를 살펴보면 다음과 같다.

- (1) 스퍼터링 전압을 낮춤으로써, 스퍼터링 시 타겟에서 방출되는 산소 음이온<sup>14)</sup>에 기인한 고 에너지 입자에 의한 기판 충격을 제어하면, 기판온도  $200^{\circ}\text{C}$  이하에서도, 저 저항률의 ITO박막이 제작 가능하다.<sup>15)</sup>
- (2) 고밀도 플라즈마 이온빔 증착법에 의해 양호한 ITO박막이 제작 가능하다.<sup>16)</sup>
- (3) 대향 타겟 반응 스퍼터링 법에 의해 실온 기판 상에서 ITO 박막 형성을 실험하여 양호한 특성을 가진 ITO박막의 제작이 가능하다.<sup>17)</sup>

이상의 발표된 보고의 예를 구체적으로 정리하여 보면 고 에너지 원자에 의한 기판충격을 제어하는 방법으로서는 아래에 열거한 4가지 방법으로 요약 되어 진다.

- ① 산소 가스의 도입량을 최적화 시키는 것
- ② 대향 타겟식 스퍼터링 법과 같이 타겟과 기판이 서로 마주 보지 않도록 하는 것
- ③ 타겟·기판간에 부하시키고 있는 전압을 가능한 한 작게 설정하는 것.
- ④ 스퍼터링 가스압을 높게 설정하는 것.

따라서 본 연구에서는 이상의 관점(①, ③, ④)으로 고 에너지 원자에 의한 기판 충격을 억제해서 저온에서 효율적으로 양호한 ITO박막의 제작을 경사 대향 타겟식 DC마그네트론 스퍼터링 방법에 의해 시도한다. 또한, 실험조건에 따라 제작한 박막들에 대해서는 그 결정 구조 및 물포로지 분석 그리고 비저항률, 투과율 및 전자파 차폐 효과 등의 특성평가를 행함으로써 ITO 박막의 제작설계에 지침을 제공하고자 하였다.

### 30. 3자유도 차량 운동 역학과 차선 추종에 관한 강인 제어기 설계

기계공학과 차 장 영  
지도교수 유 삼 상

교통체증, 공해문제, 에너지의 효율적 사용 등의 문제들을 해결하기 위한 접근 방법중의 하나