

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 차폐재료 로서도 폭넓게 사용되어지고 있다.^{10)~13)}

그러나 위에서 열거한 양호한 특성을 가진 ITO 박막을 얻기 위해서는 통상 200℃ 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 음이온¹⁴⁾에 기인한 고 에너지 입자에 의한 기판 충격을 제어하면, 기판온도 200℃ 이하에서도, 저 저항률의 ITO박막이 제작 가능하다.¹⁵⁾
- (2) 고밀도 플라즈마 이온빔 증착법에 의해 양호한 ITO박막이 제작 가능하다.¹⁶⁾
- (3) 대향 타겟 반응 스퍼터링 법에 의해 실온 기판 상에서 ITO 박막 형성을 실험하여 양호한 특성을 가진 ITO박막의 제작이 가능하다.¹⁷⁾

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

로 고속도로 자동 운전 시스템(Automated Highway System: AHS)을 들 수 있다. 고속도로 자동 운전 시스템은 주행 차선을 이탈하지 않으면서, 동시에 양호한 승차감 특성을 유지할 수 있도록 하며, 사람이 갖는 역할을 자동차와 도로가 부담하게 함으로써 교통사고를 대폭 줄이면서, 첨단기술을 통해 향상된 차량의 주행 정확성에 따라 도로용량을 증대시키는데 목적이 있다.

본 논문에서는 고속도로 자동 운전 시스템 중에서 차선추종 부분만을 고려한다. 또한, 시스템의 많은 불확실성 요소 중에서 노면 조건의 변화와 하중 변화 등 여러 가지 요인에 의해 변화하는 코너링 강성(Cornering Stiffness)에 강인한 제어기의 설계를 목적으로 한다. 제어기 설계의 목적은 최소한의 오차를 가지면서 차량이 차선을 따라 주행하고, 노면 불규칙, 하중의 변화 등이 존재하더라도 만족스러운 승차감을 유지하도록 차량을 지능적으로 조향할 수 있는 제어기를 설계하는 것이다. 그런데, 바람직한 차선 추종 성능을 얻기 위해서는 가장 중요한 것이 차량의 운동 역학적 특성에 대한 정확한 이해이다. 따라서, 노면과 타이어의 상호작용을 이해하고 현가 장치에 의해 발생되는 롤 운동을 포함하는 차량의 힘과 모멘트 관계를 직각 좌표계를 기준으로 하여 유도한다. 즉, 본 연구에서는 요우(Yaw) 운동, 횡방향 운동, 롤(Roll) 운동을 포함하는 3자유도 차량 운동 모델을 유도하고, 이 모델은 다시 차량에 장착된 센서를 통하여 측정된 차선과의 횡방향 오차를 포함하는 운동 방정식으로 만든다. 이 운동 방정식에 기초하여 제어기를 설계한다.

제어기 설계 과정은 이렇게 유도된 모델에 입력 측의 액츄에이터에 의한 불확실성을 저주파수 영역에서 40%, 고주파수 영역에서 100%의 불확실성이 존재하는 것으로 가정하고, 코너링 강성에 파라미터 섭동(Perturbation)을 갖는 것으로 가정한다. 또한, 외부의 기준 입력인 차선의 곡률 입력과 타이어의 조향 입력을 상태 방정식의 입력으로 하고, 각 방향으로의 속도와 가속도(각속도와 각가속도)를 상태 변수로 하는 상태 방정식을 유도하였다. 한편, 제어기를 포함하는 전체적인 제어 시스템은 외부에서 들어오는 센서 잡음을 추가하였다. 제어기를 설계하는데 있어서 제어 시스템의 특성과 목적을 반영하는 가중 함수는 외부에서 들어오는 센서 잡음과 곡률 입력에 주어 주파수 변화에 따른 특성을 반영하고, 차량 모델의 입력 에너지와 관계 있는 제어기 출력에도 가중 함수를 주어 차량에 가하는 조향각의 포화를 반영하였다. 이렇게 구성된 전체 시스템은 모델의 불확실성과 섭동을 잘 표현할 수 있고 취급할 수 있는 강인 제어 설계방법인 μ -Synthesis를 적용하여 제어기를 설계하였다.

이렇게 해서 설계된 제어기는 차수가 높아 제어기 축소를 하여 15차의 제어기를 구하였으며, 원하는 설계 사양을 만족하는지 알아보기 위하여 설계된 제어기를 바탕으로 주파수 영역에서 공칭 안정성(Nominal Stability: NS), 공칭 성능(Nominal Performance: NP), 강인 안정성(Robust Stability: RS), 강인 성능(Robust Performance: RP)을 각각 평가했으며 시간 영역에서는 임의의 곡률 입력에 대하여 일정한 속도로 주행하는 차량에 대한 계단 입력의 형태로 주어진 곡률 입력이 들어올 때, 횡방향 차선 추종 오차 y_s 와 차량의 중심점에서의 오차 y_e 모두를 설계 조건인 5 [cm] 이하로 억제하고, 일종의 외란인 곡률 입력에 대한 외란 제거 성능이 2초 정도로 빠른 특성을 가지면서 조종 안정성과 승차감에 미치는 영향을 나타내는 요우 각속도 오차와 롤 각속도도 각각 4~6 [deg/sec] 이내로 낮추도록 하는 설계 조건을 만족시킬 수 있었다.

결론적으로 지금까지 차량의 횡방향 제어에 주로 사용되었던 2자유도 모델의 단점인 현가 장치에 의해 저하되는 횡방향 가속도 응답 특성을 보완하기 위해 롤을 포함하는 3자유도 모델을 유도하였으며 모델 불확실성을 가장 잘 다룰 수 있는 μ -제어 이론을 적용하여 보다 나은 차선 추종 성능과 승차감 향상을 얻도록 하였다.