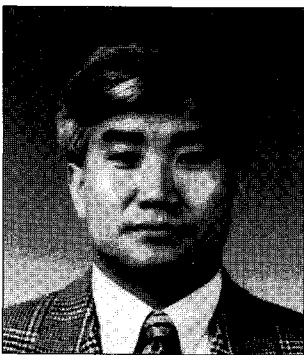


광학박막 기술의 동향

글: 황보창권 교수/인하대학교 물리학과



▲ 황보창권 교수

1. 서론

최근 광학, 레이저 및 광자 기술이 빠르게 발전함에 따라 광학 부품의 반사율, 투과율, 흡수율, 편광, 위상 등을 주어진 목적에 맞게 변화시키는 방법으로 널리 사용되고 있는 광학박막은 규격이 높아지고 있으며 이에 따른 광학 박막의 과학적 설계 방법과 증착 기술이

연구 개발되고 있다.

고부가가치의 광학 박막으로는 빛의 손실이 10ppm 이하인 고반사율 레이저 자이로 거울, 중력과 측정 간섭계용 고반사 거울, 단원자 레이저용 고반사율 거울, 펄초 초 펄스 레이저 공진기 거울, 100 GHz 초고속통신에 사용되는 다중파장 분할기, 선폭이 1nm 이하인 간섭필터가 여러 개 포함된 다중 간섭필터, 디스플레이용 무반사 무정전 코팅, 전압에 의해 투과율을 변화시키는 전기색 코팅, 얇은 플라스틱 필름 위의 광학코팅이 있다. 온도의 변화가 매우 심한 인공위성 카메라에서 사용되는 특수 적외선 필터, 레이저 상해 문턱이 높은 광학 박막, 천체 망원경의 대물경과 같이 구경이 매우 큰 거울의 반사 코팅, 화학적 환경에

강하고 내구성이 높은 자외선 레이저용 거울 코팅, 약 X-선을 반사시킬 수 있는 금속 다층 박막 등 여러 종류가 있다.

2. 광학박막의 특성

진공 챔버에서 증착하는 대부분의 광학 박막은 기둥과 빈 공간으로 이루어진 기둥 미세구조를 갖고 있다. 간섭 필터의 최고 투과 파장이 습기가 증가할수록 장파장으로 이동하는 것은 공기 중의 습기가 모세관 현상에 의해 기둥을 따라 들어가 빈 공간을 채우므로 박막의 광학적 두께가 증가하기 때문이다. 기둥 미세구조이므로 박막의 조밀도와 굴절률은 덩어리보다 작다. 빈 공간에 의해 둘러싸인 기둥은 기계적 응력을 받게 되며, 습기가 차면 이

응력은 접착력의 감소 혹은 박막의 파괴로 풀리게 된다. 또한 도착하는 증착 물질과 기판의 열팽창 계수의 차이와 증착과 사용 온도차에 의해 생긴 열응력은 기판과의 접착력을 줄인다.

금속 산화박막은 열에 의해 증발하는 동안 금속과 산소로 분리되어 금속은 기판에 도착하고 산소의 일부는 진공펌프에 의해 밖으로 나가 기판에 도착하지 못하게 된다. 따라서 형성된 박막의 원소 조성비는 증발 물질보다 작으며, 낮은 원소 조성비의 박막은 단파장에서 많은 흡수를 초래한다. 다층 박막으로 제작된 고효율 레이저용 반사 거울의 경우 여러 층에 의한 빛의 흡수는 반사율을 줄일 뿐 아니라 레이저 상해 문턱을 낮추어 수명을 단축시키게 된다. 원소 조성비를 높이기 위해서는 증착률을 줄이고 기판 온도를 높이며 산소 반응 가스를 주입하여 화학적 반응을 증가시키는 반응 진공 증착이 사용되고 있다.

3. 광학박막의 증착 기술

대부분 광학박막이 거친 외부 환경에서 장시간 사용해야 하기 때문에 덩어리와 같은 광학적, 기계적 특성을 갖는 제작 방법이 필요하다. 덩어리에 가까우며 내구성이 높고 외부 환



광학 박막은 덩어리와 같은 광학적, 기계적 특성을 갖는 제작 방법이 필요하다. 여기에는 이온보조 증착, 반응 이온보조 증착 등 여러 가지 이온빔 기술이 사용되고 있다.



경의 변화에 강한 고품질의 광학 박막을 제작하기 위해 여러 가지 이온빔 기술이 사용되고 있다.

광학 박막 증착에 널리 사용되는 이온빔 기술로는 기존의 진공 증착 방법으로 성장하고 있는 박막에 불활성 이온빔의 에너지와 운동량을 전달해 주어 증착 입자의 이동을 증가시키는 이온보조 증착, 산소나 질소 같은 반응성 이온빔으로 박막의 화학적 반응을 촉진시키는 반응 이온보조 증착, 플라즈마를 발생시켜 이온빔이 성장하고 있는 박막을 조밀하게 만드는 플라즈마 보조 증착, 높은 에너지의 이온빔으로 타격을 때려 주어 튀어 나온 높은 에너지의 입자로 증착하는 이온빔 스퍼터링, DC와 RF 마그네트론 스퍼터링, 스퍼터링으로 얇은 금속 박막을 증착한 후 산소로 이온보조 증착하는 혼합형, 스퍼터링에 의한 금속 박막 증착 중 이온보조 증착을 하는 이온보조 스퍼터링, 저전

압 반응 이온 플레이팅 등 여러 종류가 사용 중이다.

4. 광학박막의 응용

최근에 모니터의 선명도를 개선하기 위하여 ITO 대신 흡수층 박막을 사용하고 있다. 가시광선 영역에서 무반사이고 전도성 물질이어서 무정전인 두께가 얇은 흡수층 박막을 이용하면 투과율을 조절할 수 있다. 모니터에 직접 코팅을 하지 않고 무반사, 무정전 코팅을 얇은 플라스틱 필름 위에 하고, 플라스틱 필름을 모니터 위에 부착시킨다. 또한 플라스틱 필름 위에 무반사, 무정전, 고반사율 코팅과 전도성 코팅을 증착하고, PC 모니터, 평면 TV 모니터, LCD 등 필요한 곳에 부착시켜 광학적 특성을 변화시키고 있다.

초고속 통신망에서는 대용량 정보를 전달하기 위해 간격이 좁은 여러 개의 파장을 동시에 광섬유로 송신하고 수신부



**이온빔을 이용해서 박막을 제작할 경우
광학 박막에 관한 기본적인
정량적인 기초실험이 있어야 한다.
광학 박막의 특성은 증착 기술뿐 아니라
사용하는 챔버의 기하학적 구조, 증착물질 및
증착 조건에도 크게 달려있다.**



에서 이를 분리하는 파장분할기(WDM)를 사용하고 있다. Fabry-Perot형 간섭필터를 사용하는 광학박막 WDM 필터는 채널 사이의 간격이 넓을 경우 비교적 제작하기가 쉽고 광학적 특성이 좋으며 광섬유에 쉽게 패키징할 수 있다. 채널 간격이 0.8 nm이하인 다중파장분할 필터로 발전함에 따라 층수가 많아지므로 박막이 조밀하고 채널간 교차통신이 작고 편광 교차가 작으며 온도 및 습도 변화에 안정하고 빛의 손실이 작은 필터가 사용되고 있다.

10 펨토초 이하 펄스 고체 레이저에서는 레이저 매질에서 발생하는 자체 위상 변조와 공진기의 광학소자에 의해 발생하는 그룹지연 분산을 보상하기 위하여, 그룹지연 분산이 음수이고 반사 대역폭이 넓은 반사거울을 사용해야 한다. 박막의 위상을 조절하여 주어진 반

사율, 그룹지연, 그룹지연 분산을 만족하도록 박막의 굴절률, 두께, 층수를 최적화하여 설계하고 있다.

굴절률이 두께에 따라 사인 함수로 연속적으로 변화하는 루게이트 필터는 불연속 굴절률을 이용한 1/4 파장 반사 거울에서 나타나는 고차 반사가 나타나지 않으며 특정 파장만 반사시키고 다른 파장은 투과시킨다. 굴절률이 연속이어서 계면이 없으므로 불연속 굴절률 계면에서 나타나는 반사, 계면 거칠기, 물질의 확산, 계면에서의 결합, 빛의 손실 및 산란, 계면에서의 강한 전기장 등이 없을 것으로 기대된다.

진행파형 반도체 레이저 광증폭기에서 원하지 않는 Fabry-Perot 공명을 피하고 반도체 레이저의 광 접속 효율을 높이거나 초발광 반도체 레이저 등의 출력특성을 향상시키기 위하여 반도체 레이저 단

면에 무반사 코팅을 하고 있으며, 초소전력의 광전소자로 사용될 수 있는 낮은 문턱전류를 가진 반도체 레이저를 만들기 위해서는 고반사 코팅을 한다.

5. 결론

이온빔을 이용하여 덩어리의 특성에 가까운 광학 박막이 제작되고 있다. 특정 기술 내에서도 최고 및 최저 품질의 박막이 제작될 수 있으므로 이온빔을 이용하여 박막을 제작할 경우 광학 박막에 관한 기본적인 정량적인 기초 실험이 있어야 한다. 광학 박막의 특성은 증착 기술뿐 아니라 사용하는 챔버의 기하학적 구조, 증착 물질 및 증착 조건에도 크게 달려 있다.

대부분의 이온빔 기술이 기둥 미세 구조를 감소시키려고 하고 있으나, 이온빔 증착 기술은 미세 구조 및 조성비를 조절할 수 있으므로 새로운 광학 부품의 개발, 새로운 광학 박막의 합성, 새로운 미세 구조에 의한 박막의 성장 및 형성, 이온빔과 표면의 상호 작용 등에 이용할 수 있다.

광학적 특성을 이용하는 여러 종류의 코팅은 빛을 이용하는 통신, 정보전달, 연산, 광메모리 저장 및 읽기, 광학 도파로 등의 광자 기술에도 응용될 것으로 기대된다.