

Al₂O₃와 a-Si 박막 반사경을 이용한 1.3 μm 파장 에탈론

Etalon consisting of Al₂O₃ and a-Si thin films at 1.3 μm waveband

송현우*, 김종희, 한원석

한국전자통신연구원 기반기술연구소

305-350, 대전광역시 유성구 가정동 161

*E-mail: hwsong@etri.re.kr

반사경으로 Al₂O₃와 a-Si 박막 쌍은 장거리 통신용 1.55 μm 파장 대역의 표면방출레이저 소자에 적용하여 좋은 특성이 보고된 바 있다.^[1] 하지만, 근거리 통신용 파장인 1.3 μm 대역의 박막 반사경으로서 Al₂O₃와 a-Si 박막 쌍의 가능성은 a-Si 박막의 이 파장 대역에서의 흡수량에 의존성을 가지고 있다.^[2] 특히, 99% 이상의 높은 반사율을 필요로 하는 1.3 μm 표면방출레이저 소자의 출력 반사경으로서 사용될 때 더욱 그러하다. 본 논문에서는 Al₂O₃와 a-Si 박막 쌍의 반사경으로서의 가능성을 가늠하고자 이 박막 쌍을 이용한 유전체 박막 에탈론을 제작하고 측정하여 보고한다.

전자선 증착기를 이용한 Al₂O₃와 a-Si 박막 쌍을 면밀히 세정한 슬라이드 유리판 위에 증착하여 유전체 박막 에탈론을 제작하였다. 유전체 박막 에탈론은 2.5 쌍의 1/4 파장 두께의 a-Si과 Al₂O₃ 박막으로 된 반사경들과 이들 사이에 1/2 파장 두께 Al₂O₃ 박막의 공간 층을 두어 구성하였다. 각 박막의 광학 두께를 실시간으로 감시하였는데, 백색광을 모노크로메이터에 통과시켜 얻은 단색광을 증착 기판에 반사시켜 반사된 광 강도의 변화를 보면서 그 반사광 강도의 최대(혹은 최소)가 되는 시점에 증착을 막는 방식으로 박막의 광학 두께를 정확히 증착할 수 있었다. 이 단색광의 반파장이 증착할 박막의 광학 두께가 되도록 하였다. Al₂O₃와 a-Si 박막은 전자선 증착기 속에서 기본 진공도 5×10⁻⁷ Torr, 기판 온도 150°C, 증착 속도 ~0.4 nm/sec를 유지하며 증착되었다.

제작된 유전체 박막 에탈론의 반사율 밴드를 얻기 위하여 스펙트로포토미터(spectro- photometer)를 이용하여 넓은 파장 영역의 측정을 하였다.(그림 1) 고 반사율(> 95%) 밴드 폭은 ~595 nm 로 매우 넓은 파장 영역에서 높은 반사율을 제공하는 반사경이 됨을 알았다. 그리고, 1.3 μm 파장 근처에서 강한 공진 투과가 측정되었다. 광원의 크기로 인해 에탈론의 측정된 공간 영역은 직경 16 mm 정도로 매우 크다.

보다 면밀한 분석을 위해서 ~10 μm 크기의 광원을 이용하여 공진 투과 스펙트럼과 위치에 따른 공진 투과의 파장 변화를 측정하였다. 광원은 단일 모드 광섬유에 연결된 발광 다이오드(LED)를 사용하였으며, 광 감지기 행렬(optical multi-channel analyzer)을 이용하여 투과 스펙트럼 및 반사 스펙트럼을 측정하였다.(그림 2) 유전체 박막 에탈론은 위치에 따라 공진 투과 파장 변화(약 1.16 nm/mm)를 나타내었다. 이것은 증착 박막의 비균일 특성(non-uniformity)을 반영하고 있고, 직경이 큰 광원으로 측정된 공진 투과 선폭이 직경이 작은 광원을 이용한 것 보다 현저히 크게 측정된 이유가 된다. 또한, 공진 투과(혹은 반사) 스펙트럼의 중첩으로 인해서 최대 투과율(혹은 최소 반사율) 값의 현저한 차이를 나타냈다.

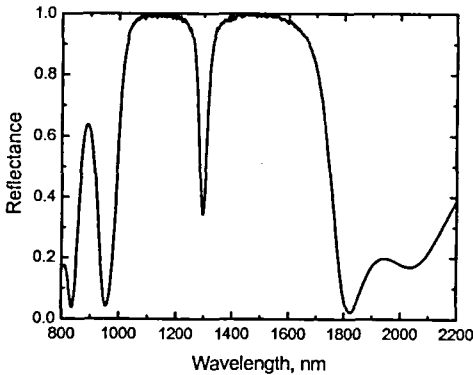
공진 투과는 1.292 μm 파장을 중심으로 12.1 nm ±0.6 nm의 선폭(반치폭)으로 측정되었고, 공진 파장

에서의 최대 투과율은 80.6 %, 최소 반사율은 18.0 %로 각각 측정 되었다. 유전체 박막 에탈론에 수직으로 빛을 입사하도록 하기 위해서, 낮은 배율의 대물렌즈(4x)를 이용하고 구경(stop)을 줄여 집속 광을 최소화 하였다.

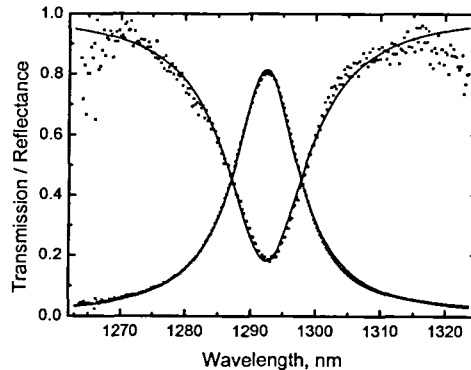
고전 분산 모델(classical dispersion model)로 Al_2O_3 박막의 타원분광기 측정치 대 이론치의 오차 (χ^2)는 0.76 정도로 잘 분석 되었으며, $1.3 \mu m$ 파장에서 굴절률 1.614를 얻었다. a-Si 박막의 측정치 대 이론치의 오차(χ^2)는 상당히 크고 최소 3.84를 얻었다. 타원분광기법으로 측정된 Al_2O_3 박막의 광학상수와 이상의 에탈론 측정 결과를 기반으로 a-Si 박막의 굴절률 실수부와 허수부는 각각 3.12와 0.002로 계산되었다. 유전체 박막 에탈론의 반사율 및 투과율은 평면파 반사(plane wave reflection)를 고려하고, 전달 행렬 방법(transfer matrix method)을 사용하여 계산 되었다.^[3]

이러한 Al_2O_3 와 a-Si 박막 쌍을 이용하면 InP 반도체에 증착되었을 때 4쌍의 경우 99.2%, 5쌍의 경우 99.7% 최대 반사율을 얻을 수 있다. 이는 $1.3 \mu m$ 표면방출레이저의 출력 반사경으로 충분한 반사율 값이다.

1. H.-W. Song, W. S. Han, J.-H. Kim, O.-K. Kwon, Y.-G. Ju, J.-H. Lee, S.-H. KoPark and S.-G. Kang, "1.55 μm bottom-emitting InAlGaAs VCSELs with Al_2O_3 /a-Si thin-film pairs as top mirror," Electron. Lett., vol. 40, no. 14, pp. 868 - 869, 2004.
2. H. Piller, *Handbook of optical constants of solids* (Academic Press Inc., Florida, USA, 1985), pp. 571 - 586, Subpart 2.
3. 황보 창권, 박막 광학 (다성 출판사, 서울, 2001).



(그림 1) Al_2O_3 와 a-Si 박막 반사경을 이용한 에탈론의 넓은 파장 영역에서 측정된 반사율 스펙트럼.



(그림 2) 공진 파장 근처에서 측정된 투과율과 반사율 스펙트럼(■)과 적합화한 로렌쯔안(Lorentzian) 곡선(실선).

F
B