

## Si(100) 기판의 방위이탈각에 따른 CdTe(111) 박막의 변형에 관한 연구

송병권, 한명수, 허유범, 백운형, 강태원, 정용택\*, 김홍국\*, 김재목\*, 김광주\*\*  
 동국대학교 물리학과  
 \*국방과학연구소 4-5-1  
 \*\*건국대학교 물리학과

대면적의 HgCdTe 박막을 얻기 위하여 넓은 면적을 가진 GaAs 혹은 Si 기판을 이용한 연구가 진행되고 있다. Si 기판은 가격이 싸고, 강도가 크며, HgCdTe 적외선 탐지 소자인 FPA를 hybrid 화하는데 유리한 장점을 가지고 있다. 그렇지만 HgCdTe를 성장하기 위하여 완충층으로 사용하는 CdTe 박막과 Si 기판과의 열팽창 계수의 차이가 많이 나고, 격자상수의 차이가 크다. 그리고 MBE에서 Si 기판위의 oxide을 제거하는데 어려움이 있다. 그렇지만 Si(100) 기판위에 CdTe가 (111) 방향으로 성장되기 때문에 격자부정합이 3.4%까지 감소된다는 보고도 있다.

본 연구에서는 Si(100) 기판의 방위에 따라서 성장한 CdTe(111) 박막의 격자부정합에 따른 변형을 연구하였다. 측정방법으로는 photoluminescence, Elipsometry 등으로 측정하였다. PL 측정 결과로 변형력을 계산하였고 Elipsometry를 측정하여 비교하였다.

본 실험에서는 기판을 Boron이 도핑된 p-type Si(100)을 사용하였고, 각각 1°, 2°, 4°, 8° off 된 기판이었다. 기판의 세척은 TCE, Aceton, Methanol 순으로 하였고, 에칭은 HF에 10분간 담겼다가 Molyblock에 붙인 후 loading실에 장착하였다. 그리고 약 500 °C로 5시간 동안 가열하여 불필요한 이물질을 없앤 다음 성장실로 이송하였다. 성장기판 온도를 보정한 후 700 °C로 약 30분간 가열하였고, 기판온도를 250 °C로 하여 CdTe층을 약 200 nm 성장한 다음 성장온도를 310 °C까지 올린 후 2.5 A/s로 CdTe(1.5×10<sup>-6</sup> Torr) effusion cell을 사용하여 약 5 μm의 두께로 성장하였다. 시료의 두께는 FT-IR의 간섭무늬로부터 얻었고 α-step으로 확인하였다. 또한 시료의 결정성 향상을 위해 급속열처리를 수행하였다. 열처리 조건은 온도별(450 °C~650 °C까지 간격은 50 °C씩), 시간별(5초~25초까지 간격은 5초씩)로 수행하였고, 모든 시료를 550 °C에서 15초간 수행하였다.

Fig. 1은 기판방위에 따라서 성장한 as-grown 시료들에 대한 PL 측정결과이다. 1.45eV 근처의 결합관련 밴드의 피크들이 모든 시료에 대하여 지배적으로 나타나고 있으며, 1.59eV의 BE 피크는 기판의 방위가 클수록 저에너지 쪽으로 이동하면서 bulk의 위치(1.586503eV)와 비슷하여지고 있다.

Fig. 2는 위의 결과로부터 I(1.452eV)/I(BE)의 비와 BE의 피크위치로부터 변형력을 계산한 결과이다. I(1.452eV)/I(BE)의 비는 1° 일 때 1.29로 가장 작은 값을 나타냈고, 변형력을 계산한 결과 8° 일 때 가장 작은 변형력을 받고있음을 알 수 있다.

Fig. 3은 각각의 시료들을 550 °C에서 15초간 열처리를 한 후에 측정한 PL 결과이다. 1.45 eV 주위의 결합관련 밴드들이 감소하였으며, 상대적으로 엑시톤의 발광특성이 증가하였다.

Fig. 4는 열처리한 시료에 대한 PL측정 결과로부터 I(1.452eV)/I(1.574eV)의 비와 변형력을 계산한 결과이다. I(1.452eV)/I(1.574eV)의 비는 8° 일 때 0.34로 가장 작은 값을 나타냈고, 변형력을 계산한 결과 1° 일 때 as-grown 시료와는 반대로 1° 일 때 가장 작은 변형력을 받고 있음을 알 수 있다. 이상의 PL 스펙트럼 결과로부터 방위 이탈각이 증가함에 따라 변형력이 감소한 것은 Si 기판의 off 각도가 증가할수록 테라스의 길이가 감소하여 kink site에 원자층이 형성될수 있는 확률이 높아지는 현상으로 설명할 수 있다. 이에 반하여 이탈각이 작을수록 테라스 길이가 증가하여 분자층의 이동으로 인해 in-plane 방향으로 전체적인 변형이 증가할 것이라고 생각된다. 이로 인해 CdTe 박막의 in-plane 격자상수의 감소와 변형력의 차이를 관측할 수 있다.

이와 같은 사실은 ellipsometry측정 값과 비교하였다. 이 데이터에서는 기판 이탈각이 8° 일 때 가장 큰 에너지 이동이 관측되었으며 bulk CdTe 스펙트럼과 유사함을 알 수 있었다. 이와 같이 PL 데이터와 다르게 나타난 이유는 in-plane 방향과 성장방향과 수직인 방향의 격자변형의 차이

때문인 것으로 생각된다.

MBE 법으로 성장한 CdTe(111)/Si(100) 박막의 변형에 관하여 PL, ellipsometry 측정을 통하여 분석하였다. PL 스펙트럼에서는 Si(100) 방위 이탈각에 따라 변형력의 차이가 발생하였으며, 갖성장된 시료에서는 8° 일 때 가장 작은 변형이 관측되었으며 1° 일 때 변형이 가장 크게 나타났다. 급속 열처리 후에는 8° 일 때 변형이 가장 크게 나타났다. 이는 기판의 방위 이탈각에 따른 테라스 길이에 관계된 것으로 생각된다. Ellipsometry 스펙트럼과 비교하였을 때는 PL 스펙트럼에 의한 변형력과는 반대의 결과를 나타내었다. 이는 성장방향과 수직인 격자변형이 함께 고려된 것으로 생각된다.

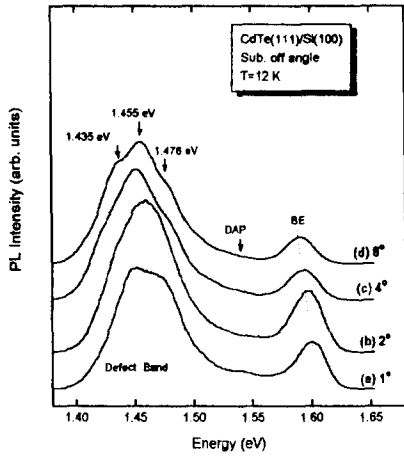


그림 1. 기판방위에 따른 CdTe/Si 박막의 저온(12K) PL 스펙트럼.

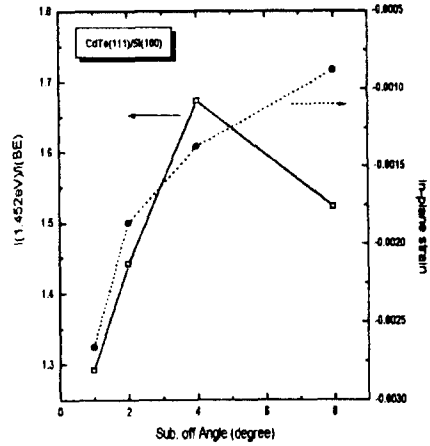


그림 2. PL 측정에 의한 기판방위에 따른 CdTe/Si 박막의  $I(1.452\text{eV})/I(\text{BE})$ 와 In-plane strain.

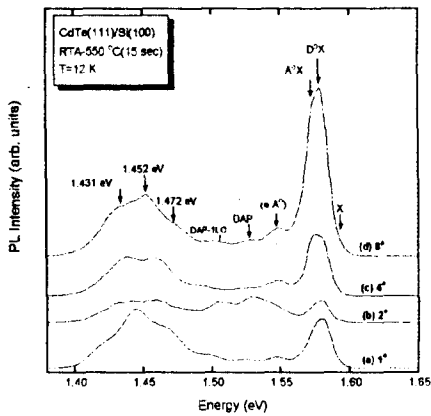


그림 3. 기판방위에 따라 성장한 CdTe/Si를 550°C에서 15초간 RTA 후 측정 한 저온 PL 스펙트럼.

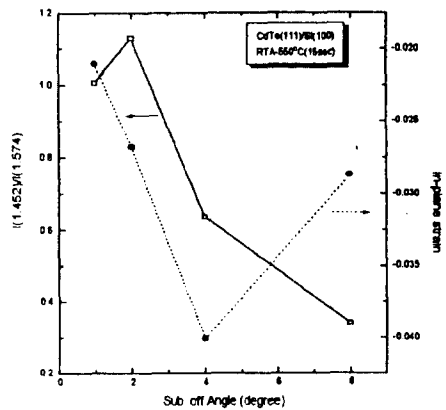


그림 4. RTA한 시료의  $I(1.452\text{eV})/I(1.574)$  비와 In-plane strain.