

실온에서 Fe/Si(111)-7×7 계면반응에 대한 준 경험적 분석

김건호, 이종덕, 임태균, 박원우
 경상대학교 물리학과 및 기초과학연구소
 강정수
 가톨릭대학교 물리학과

1. 서론

전이금속은 Si와 반응하여 다양한 상의 실리사이드를 형성하며, Fe/Si(111) 계의 경우에 있어서는 여러 종류의 상(ϵ -FeSi₂, Fe₃Si, α -FeSi₂, β -FeSi₂)이 존재한다. 이와 같이 다양한 Fe-실리사이드의 상은 Fe/Si 계면의 초기 반응에 관계하는 Si의 결정 면, 표면의 깨끗한 정도, 증착된 Fe 막의 두께, 기판의 온도 등에 의하여 결정된다. 이 중에서 특히 Fe의 증착 초기 단계에서의 Fe/Si 계면 반응과 성장 모드가 실리사이드의 형성에 주요한 역할을 하며, 이러한 이유로 인해 실온에서의 Si 기판과 아주 얇은 두께의 Fe 막($\theta < \sim 15\text{\AA}$) 사이의 계면 반응에 대한 연구가 상당히 많이 수행되었다. 그러나 실온에서 증착된 Fe의 두께가 아주 얇은 박막($\theta \leq \sim 15\text{\AA}$)인 경우 Fe/Si 계면에서의 초기 반응이나 실리사이드 형성, 형성된 실리사이드의 상과 Fe:Si의 조성비 그리고 성장 모드에 대해서는 아직 명확한 결론이 내려져 있지 않다. 본 연구에서는 Butera 등이 제안한 도상성장 모델을 수정한 준 경험적 이론을 이용하여 실온에서 Fe/Si(111) 계의 실리사이드의 형성과 Fe 성장 모드를 조사하였다.

2. 실험 및 방법

실험은 포항방사광가속기(PLS)의 2B1 VUV(진공 자외선) 빔라인에서 Si(111)-7×7 기판에 Fe를 증착하면서 $h\nu=117\text{ eV}$ 의 자외선으로 Si-2p core level을 측정하여 이로부터 Fe 성장 모드를 조사하였다. 먼저 측정된 스펙트럼에서 Shirley의 방법으로 배경신호를 제거한 후 Si-2p core level 스펙트럼은 Lorentzian 분포 함수를 사용하여 fitting하였으며, 이때 Si-2p_{1/2} 피이크와 Si-2p_{3/2} 피이크의 비는 2:1로 고정시켰다. 모든 fitting에서 Si-2p_{1/2}과 Si-2p_{3/2}의 에너지 차는 0.6 eV로 일정하게 유지하였다.

3. 결과

Kim 등[]은 Fe/Si(111) 계면 성장 모드에 대한 이전의 연구로부터 Fe-실리사이드는 층상 성장을 하지 않는다는 사실을 보고한 바 있다. 본 연구에서는 Butera 등이 제안한 도상성장 모델을 이용하여 실험 데이터를 분석한 결과 실험치와 상당한 오차가 있음을 알 수 있었다. 이러한 이유로 인해 Butera 등이 제안한 모델을 수정하여 얻은 준 경험적 이론을 이용하여 Fe/Si(111) 계면 반응에 대한 연구를 수행하였다. 그림 1은 Fe/Si 계면에서의 실리사이드 성장 모드에 대하여 제안한 도상 성장 모델을 도식적으로 나타낸 것이다. 그림에서 볼 수 있듯이 Si(111) 기판에 Fe를 증착한 후 Si(111) 기판으로부터 방출된 Si-2p 피이크의 전체 강도는 Fe/Si 계면에 초기 상으로 형성된 도상형 실리사이드를 지나서 나오는 Si-2p 스펙트럼 강도 및 미반응한 Fe 층을 지나서 나오는 Si-2p 스펙트럼 강도와 Si(111) 기판으로부터 방출되는 Si-2p 스펙트럼 강도의 선형 결합으로 주어짐을 볼 수 있다. 이 모델에 기초하여

실험 데이터와 fitting 결과를 그림 2에 나타내었다. 그림 2의 (a)와 (b)는 계면에 형성된 cluster 들의 농도 변화와 형성된 실리사이드 상의 종류에 따라 fitting한 결과를 각각 나타내며, (c)는 실리사이드를 구성하는 Si 및 Si(111) 기판으로부터 각각 방출되는 광전자의 평균자유행로의 변화에 따라 fitting한 결과를 나타낸다. 그림 2의 fitting 결과로부터 실은에서 Si(111)-7×7 기판 표면에 Fe를 증착할 때 Fe의 두께가 약 1.5~10 Å인 영역에서 반응 초기에 형성된 실리사이드는 Si의 농도(C_{Si})가 0.25인 Fe_3Si 상으로 도상성장함을 알 수 있었으며, 증착된 Fe의 두께가 13Å 이상인 영역에서는 감쇄곡선의 기울기와 성장곡선의 기울기를 비교한 결과로부터 이 영역 이상에서는 Si의 공급이 감소하여 실리사이드의 형성이 둔해져 Si의 농도가 점차 감소함으로서 Fe-과다형 실리사이드가 형성되며 Fe를 계속 증착하면 금속 Fe 층이 형성될 것을 예측할 수 있다.

4. 참고문헌

[1] 김진호, 임태균, 박정환, 이정주, 김현수 등, 새물리 37, 258(1997).

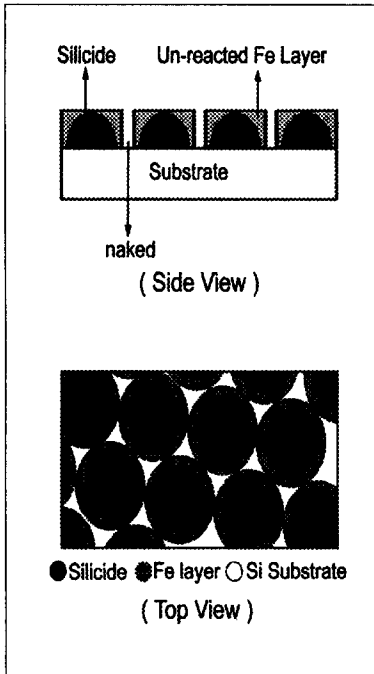


Fig 1. Schematic illustration proposed for the model calculation.

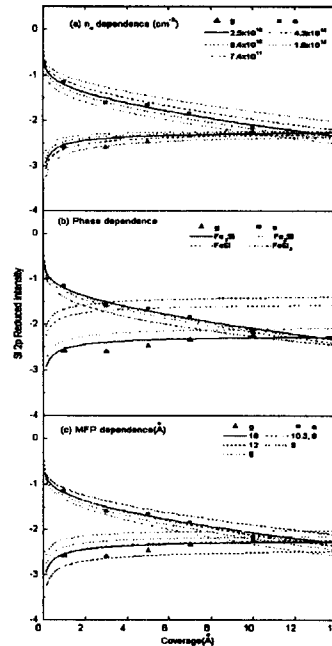


Fig 2. The attenuation and growth curves obtained by modified model.