

Epitaxial growth and formation of Fe silicides in Fe/Si(100) system

Sang-Kyun Lee, Ki-Seok An, Jin-Ilo Oh, Hyun-Duk Jang,
Deuk-Jin Lee, Chan-Kuk Hwang and Chong-Yun Park

Department of Physics, Sung-Kyun-Kwan University, Suwon 440-746

I. Introduction

최근 초고집적회로 및 고속 MOS 소자의 개발이 활성화됨에 따라 소자의 크기는 감소하고 그 배선의 길이는 증가하였다. 현재는 다결정 실리콘을 사용하고 있으나, 이보다 비저항 값이 낮고 고온에서 안정하여 Gate의 저항을 감소시키며, 내선연결 재료로도 사용이 가능한 금속 실리콘사이드의 연구가 중요시되고 있다.

반도체 실리콘사이드 중에서 가장 유력한 후보가 되는 것은 β -FeSi₂이다. 첫 번째 이유는 전기적인 특성으로 β -FeSi₂의 좁고 직접적인 0.89 eV의 띠틈격 때문이다. 이는 적외선 근처의 감지와 광반출 소자로써의 개발에 적절하다는 가능성에 기인된다. 두 번째 이유는 구조적인 특징으로 실제 소자에 적용되는 Si(100) 기판 위에서 epitaxial 성장을 한다. 이는 Si의 단위포와 유사한 격자상수(a=9.863Å, b=7.791Å, c=7.833Å)를 가지므로 mismatch가 작기 때문이다. 이러한 결과는 기판인 Si와 연속적이고, epitaxial한 박막이 집적에 유용하다는 마이크로 소자 선정의 요구에 잘 부합된다. 세 번째는 열적인 안정성으로 Fe-Si의 bulk phase diagram에서 발견되는 화합물 중에서 Si의 함유가 가장 많은 안정상(비록 900°C 이상의 온도에서는 금속 실리콘사이드인 α -FeSi₂로 상전이하지만 기판과는 더이상 어떤 반응도 하지 않는다.) 이다.

이에 본 연구에서는 Fe/Si(100) 계의 초기 성장 과정과 Fe 실리콘사이드의 형성 mechanism을 연구하였다.

II. Experiment Detail

Chemical etching으로 청정화된 Si(100) 기판을 UHV 용기 내에서 수 백 °C의 온도로 pre-annealing 한 후, 1200°C의 온도에서 여러 번 순간가열하여 깨끗한 Si(100)2×1 초격자 구조가 되었음을 RHEED로 관측하였고, 기판위에 불순물이 없음을 XPS로 확인하였다. Fe의 증착은 고순도 Fe(99.999%) 필라멘트를 직접 통전하는 방법을 사용하였고, 필라멘트의 방사열에 의한 Si 기판이 가열되는 것을 방지하기 위하여 시료와의 거리를 약 5cm 정도로 유지하였다.

먼저 기판을 상온~700°C로 유지하며, Fe의 증착량을 단계적으로 증가시키고 또한 통전방법으로 후속 열처리한 Fe와 Fe 실리콘사이드의 성장 양태를 XPS와 RHEED로 관측하였다.

위와같은 방법으로 얻어진 초기조건에 따라, UHV의 조건하에서 전자선 증착방법을 사용하여 고순도의 Fe(5N)를 증착하였다. 형성된 박막은 XRD를 이용하여 그 상을 확인하였고, 분당 33Å의 sputter rate를 가지는 이온 sputter가 장착된 Auger Depth Profile을 이용하여 깊이 에 따른 화학당량을 분석하였다. 또한, SEM과 TEM을 이용하여 각 시편의 표면과 계면의 morphology를 관측하였다.

III. Results and Discussion

그림 1은 상온으로 유지되는 Si(100)2×1 기판 위에서, Fe의 증착시간에 따른 Fe 2p/Si 2p의 XPS 강도비를 도시한 것이다. 그림에서 보여지듯이 상온에서 증착된 Fe는 매우 작은 양의 증착시에는 그 강도비가 선형적으로 증가하다, 증착시간이 7분을 지나면서 급격히 증가하였다. 이는 다결정 Fe로의 성장을 보여주는 것으로 layer-by-layer 성장을 한다는 이전의 보고와는 상이한 결과이다.

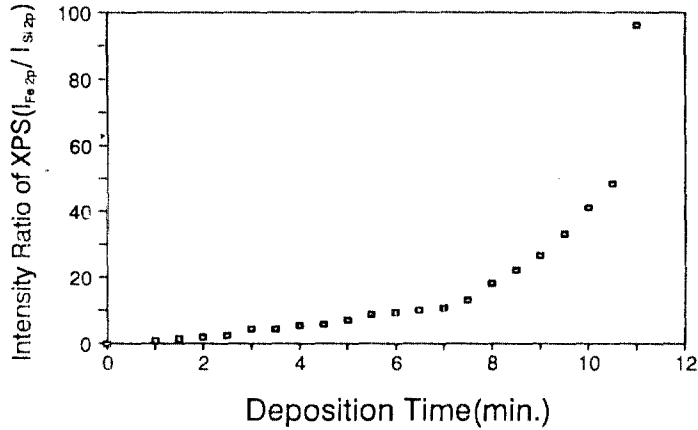


그림 2는 위의 시편을 통전방식에 의해 열처리한 것으로, 처음 400℃ 부근에서의 급적인 감소는 실리사이드의 형성에 의한 것이라고 예상할 수 있다. 이는 RHEED에 의해서도 관측되었다. 또한 400℃ 이상의 온도에서 XPS의 강도비가 일정한 두 영역이 관측되었고, 이때의 실리사이드 상은 각각 γ -FeSi₂와 β -FeSi₂로 예상되었다. 이러한 결과는 RDE에 의한 실리사이드의 형성 조건과 일치하였다. 또한 그 이상의 열처리에서 Fe의 강도는 상당히 약해졌지만 완전히 탈착이 되지 않았다. 이는 α -FeSi₂라고 예상되며, Fe의 강도가 매우 작은 것은 Fe의 탈착이 아닌 Si의 outdiffuse라고 예상된다. 이는 ADP 등의 결과와 잘 일치한다.

