

Heavily doped Si에서 Ti 증착 온도가 TiSi₂ orientation 및 thermal instability에 미치는 영향
(Effect of Ti deposition temperature on TiSi₂ orientation and its thermal instability in heavily doped Si.)

현대전자산업 주식회사 박보현, 유상호, 조병진, 김종철

연락처 : 박보현

(467-860) 경기도 이천시 부발읍 아미리 산 136-1번지

현대전자산업주식회사 메모리연구소 선행공정2실 연구원

TEL : (0336) 30-4467, FAX : (0336) 30-4545/6

[서론]

TiSi₂는 낮은 비저항과 공정 단순화 등으로 gate 및 source/drain부의 parasitic resistance 감소에 매우 효과적으로 알려져 있으나 sub-quarter micron이하의 고집적 소자의 ultra shallow junction에 적용하기 위해서는 junction depth 감소에 따라 silicide 두께 감소가 선행되어야 한다. 그러나 이와 같은 두께 감소는 BPSG planarization process, capacitor 및 bit line 형성 등의 후속 열처리 공정의 thermal budget이 감소하더라도 TiSi₂의 형성 열공정에 의해 thermal instability가 야기, 저항이 증가되는 등 많은 문제를 내포하고 있다. 따라서 total thermal budget을 감소시킬 수 있는 Ti의 고온 증착 등 new process의 개발이 필요하다. 따라서 본 연구에서는 heavily doped Si위에서 Ti의 증착 온도가 TiSi₂ 특성에 미치는 영향을 조사하였다. 즉, Ti 증착 온도에 따른 TiSi₂의 orientation의 변화가 Thermal instability에 미치는 영향을 finite system에서 time dependent kinetic model에 effective misfit(δ_{eff}) 개념을 도입하여 규명하였다.

[실험 방법]

본 실험에서 사용한 기판은 8 inch p-type (100) Si wafer로 약 50Å의 screen oxide를 형성한 후 As 또는 BF₂를 각 20keV, 3×10^{15} ions/cm², 15keV, 2×10^{15} ions/cm²의 조건에서 이온 주입하여 heavily doped layer을 형성하였다. TiSi₂ process는 먼저 HF solvent로 screen oxide을 제거한 후에 DC magnetron sputter에서 1:1 collimator을 이용 300Å 두께의 Ti을 증착하였다. 이때 증착 온도는 25°C ~ 500°C로 하였으며, first RTA는 N₂분위기에서 600°C, 20초간 실시하였다. 이 후 selective etch를 하고 나서 850°C에서 20초 동안 2nd RTA을 실시하였다. TiSi₂ 막 두께의 uniformity와 orientation은 cross sectional TEM과 XRD를, Rs의 변화는 4 point probe을 이용하여 분석하였다.

[실험 결과 및 고찰]

Polycrystalline metal silicide계의 고온에서 thermal behavior를 finite system에서 thermal groove model과 shape relaxation model을 이용하여 규명한 결과, agglomeration이 일어나기 시작하는 metal silicide의 두께는 steady state상태에서는 grain size에 대해 constant value을 갖지만, time dependent state에서는 열처리 온도 및 시간의 함수로써 grain size가 증가할수록 감소한다고 알려져 있다. 본 실험에서는 Ti의 증착 온도와 dopant의 종류에 TiSi₂의 고온 열적 거동이 변화하게 됨을 관찰하였다. Silicide의 고온에서의 열적 거동은 형성되는 TiSi₂의 orientation 변화에 따른, 인접한 두 격자의 interface energy 함에 의존하므로 TiSi₂막의 XRD분석 결과로부터 구한 total δ_{eff} (total effective disregistry)의 개념으로 TiSi₂/Si interface energy(이하 $\gamma_{TiSi_2/Si}$)의 상대적인 비교를 하였다. Ti의 증착 온도가 증가함에 따라, As doped Si위에서 형성된 TiSi₂는 total δ_{eff} ($=\gamma_{TiSi_2/Si}$)이 감소하지만, BF₂ doped Si위의 경우에는 반대의 경향을 보인다. 따라서 n⁺-Si에서는 저온 Ti 증착이 열적 안정성이 우수하고, p⁺-Si에서는 고온 Ti 증착이 열적 안정성이 우수하다. 그러나 p⁺-Si에서는 TiSi₂의 orientation 변화가 $\gamma_{TiSi_2/Si}$ 에 별로 영향을 주지 않게 되는 데, 그 이유는 첫째 n⁺-Si와 p⁺-Si위에서 존재하는 native SiO₂의 두께가 서로 다르기 때문이고 둘째 Ti의 증착 온도에 따라 Ti/Si의 interface의 oxygen concentration profile이 달라지기 때문이다.

또한 Ti의 증착 온도가 높을수록 Ti/Si의 계면에 Ti-Si amorphous layer가 두꺼워지며 이러한 비정질 층은 TiSi₂의 형성 반응을 촉진시키는 역할을 하여 first RTA후에 Rs를 낮추게 된다. 한편 amorphous Ti-Si alloy의 형성을 억제하는 Si 기판 위의 native oxide는 dopant에 따라 그 두께가 변하며 이로 인해 dopant에 따른 Rs의 변화 경향이 달라지게 된다.