

Cu 배선을 위한 Ta-Si-N Barrier에 관한 연구

신영훈 · 김종철* · 이종무

인하대학교 금속공학과

*현대전자 메모리 연구소

Studies on the Ta-Si-N Barrier Used for Cu Interconnection

Young-Hoon Shin, Jong-Choul Kim* and Chongmu Lee

Department of Metallurgical Engineering, Inha University, Incheon 402-751

*Hyundai Electronics Industries Co. Ltd.

(1997년 3월 15일 받음, 1997년 4월 15일 최종수정본 받음)

초 록 Cu는 Al보다 비저항이 더 낮고, 일렉트로마이그레이션 내성이 더 강하기 때문에 Al을 대체하여 사용될 새로운 상부 배선 재료로 널리 연구되고 있다. 그러나 Cu는 SiO₂층을 통해 Si기판 속으로 확산하는 것과 같은 열적불안정성을 갖고 있으므로 Cu배선을 위해서는 barrier금속을 함께 사용해야 한다. 지금까지 알려진 가장 우수한 재료는 TaSi_xN_y이다. TaSi_xN_y는 900°C에서 불량이 발생하는 것으로 보고된 바 있으나, 그것의 barrier특성과 관련하여 확인하고 또 새로 조사되어야 할 내용들이 많이 있다. 본 연구에서는 반응성 스퍼터링 테크닉을 사용하여 (100)Si 웨이퍼상에 TaSi_xN_y막을 증착하고, Cu에 대한 barrier재료로서 반드시 갖추어야 할 열적 안정성을 면저항의 측정, X선 회절 및 AES 깊이분석 등에 의하여 조사하였다. 스퍼터링 공정에서 N₂/Ar 기체의 유량비가 15%일 때 열적 안정성이 가장 우수한 TaSi_xN_y막이 얻어졌다. Ta와 TaN은 각각 600°C와 650°C에서 불량이 발생하는 반면, TaSi_xN_y는 900°C에서 불량이 발생하였다. TaSi_xN_y의 불량기구는 다음과 같다: Cu는 TaSi_xN_y막을 통과하여 TaSi_xN_y/Si계면으로 이동한 다음 Si기판내의 Si원자들과 반응한다. 그 결과 TaSi_xN_y/Si계면에서 Cu₃Si가 생성된다.

Abstract Cu is widely studied as an interconnection material which will substitute Al interconnection owing to its lower electrical resistivity and higher electromigration-resistance. However, a barrier metal is necessary for Cu interconnection because of the thermal instability of Cu like diffusion of Cu into the Si substrate through the SiO₂ layer. The best barrier material against Cu reported until now is TaSi_xN_y. TaSi_xN_y was reported to fail at 900°C, but there are many things to be confirmed and newly investigated concerning the barrier properties of TaSi_xN_y. In this study TaSi_xN_y films were deposited on (100)Si wafers using a reactive sputtering technique and their thermal stability which is indispensable for a barrier metal against Cu was investigated using sheet resistance measurement, X-ray diffraction, and Auger electron spectroscopy depth profiling. The optimum N₂/Ar gas flow ratio for the sputtering process with which the TaSi_xN_y film of the highest thermal stability is deposited was found to be 15%. TaSi_xN_y failed at 900°C, while Ta and TaN failed at 600°C and 650°C, respectively. The failure mechanism of the TaSi_xN_y is as follows: Cu atoms move to the TaSi_xN_y/Si interface through the TaSi_xN_y film and react with Si atoms in the Si substrate. Consequently Cu₃Si forms at the TaSi_xN_y/Si interface.

1. 서 론

Cu는 Al보다 비저항이 더 낮고 electromigration에 대한 내성이 더 강하기 때문에¹⁾ 앞으로 Al을 대신할 집적회로의 새로운 상부배선재료로 널리 연구되고 있다. Cu배선을 실제로 양산에 적용하기 위해서는 해결해야 할 문제점들이 많은데, Cu의 열적안정성 문제가 그 중 하나이다. Cu는 Si substrate와 직접 contact하고 있을 경우에는 물론이거니와 SiO₂ 등의 절연층과 접촉하고 있을 경우에도 절연막을 통과하여 active region내로 확산 침투할 수 있다. Cu는 Si내에서 deep level dopant역할을 하므로 Si의 forbidden energy gap내에서 deep acceptor 및 deep donor level을 형성한다¹⁾. 그 결과 charge carrier에 대한 generation-

recombination center의 역할을 하게 되고 p-n접합 근처로 이동하여 누설전류를 유발하기도 한다. 또한 CuSi_x화합물의 형태로 석출하여²⁾ MOS capacitor에서 threshold voltage shift를 일으키게 된다^{3,4)}. 그리고 Cu는 Si substrate와의 계면에서 200°C 이하의 온도에서도 Cu₃Si를 형성하고, Cu₃Si상을 형성한 후에는 Cu₃Si/Si 구조에서의 하부층인 Si가 실온에서도 쉽게 산화되는 문제가 있다. 요컨대, PSG, BPSG, SiN 막내에서 400°C 이하의 온도에서도 Cu가 확산하므로 주의를 요한다. 따라서 이러한 열적 불안정성을 제어하기 위하여 Cu배선은 diffusion barrier와 함께 사용되어야 한다.

Cu에 대한 barrier로서의 갖추어야 할 조건은 다음과 같다⁵⁾: (1) Cu-Si 또는 Cu-SiO₂간의 반응이 고온까지 일

어나지 않아야 한다. (2) 고온까지 비정질 상태를 유지해야 한다. (3) Cu의 용해도와 확산속도가 낮고, Si의 확산 속도도 낮아야 한다.

지난 수년간 세계 각국에서 Cu배선용 barrier재료로 수많은 천이금속, 천이금속합금, silicide, nitride, oxide, boride 및 삼원계 화합물들이 연구되었다. Single transition metal들은 일반적으로 Cu-Si간의 barrier 재료로 부적합하지만, 그 중에서 Ta가 그나마 가장 나은 것으로 알려져 있다. Ta는 Cu와 반응하지 않고 Cu와 서로 고용체를 형성하지도 않으며 (immiscible), 650°C 정도에서 Si와 반응하여 TaSi₂를 생성시킨다⁷⁾. 또한 500°C에서 Ta의 결정립계를 따라 Cu 원자들이 이동하여 Si와 반응함으로써 누설전류가 발생한다. 그러나 Ta에 Si를 첨가하여 Ta₇₄Si₂₆과 같은 실리사이드를 형성하면 비정질 구조가 되어 결정화가 일어나는 온도인 850°C 이하의 온도에서는 Cu의 결정립계 확산이 일어나지 않는다. 그러나 Ta₇₄Si₂₆도 Cu와 접촉해 있을 때에는 결정화 온도가 650°C로 떨어지고, 650°C 이상의 온도에서는 결정화된 Ta₇₄Si₂₆의 결정립계를 따라 Cu가 확산함으로써 불량이 발생한다.

한편, Ta₃Si₃를 질소 분위기에서 reactive sputtering 방법으로 deposition함으로써 Ta₃₆Si₁₄N₅₀막을 얻을 수 있다. Kolawa 등의 보고⁸⁾에 의하면, 이 막은 as-deposited 상태에서 비정질 구조를 가지며, 결정화 온도가 1100°C 이상이어서 950°C까지는 불량이 발생하지 않는다고 한다. Ta₇₄Si₂₆은 Ta에 비해 안정화 온도가 150°C 정도 더 높은 데 반해, Ta₃₆Si₁₄N₅₀은 Ta보다 안정화 온도가 450°C 정도 더 높다. Kolawa 등의 보고⁸⁾에 따르면, Ta-Si-N 합금은 barrier로서의 조건을 모두 갖춘 이상적인 재료로서 지금까지 보고된 Cu에 대한 barrier재료들 중에서 열적안정성이 가장 우수하다는 것이다. 그러나 이 재료는 Kolawa 등에 의해서만 그 특성이 한 두차례 보고되었을 뿐이므로 이 재료에 관하여 아직 조사되고 확인되어야 할 점들이 많다. 본 연구의 목적은 Ta-Si-N막의 Cu에 대한 diffusion barrier로서의 제 특성을 조사하여 Kolawa 등의 보고에서 불충분하고 불확실했던 여러 사실들을 확실히 밝히는 데 있다.

2. 실험 방법

실험에 사용한 기판은 비저항이 5Ωcm인 n-type Si (100) wafer였으며, 실리콘 자연산화막을 제거하기 위하여 HF용액(HF : DI water = 1 : 20)에서 2분간 에칭한 후, DI water rinse와 N₂ blowing을 실시하였다.

시편 제작 순서는 다음과 같다(Fig. 1) : TaN과 TaSi_xN_y막은 각각 Ta와 Ta₃Si₃ 타겟을 사용하여 Ar+N₂ 분위기하에서 reactive sputtering 방법으로 두께 약 100nm로 증착하였다. 이때의 기본 진공은 Rotary pump와 Turbo molecular pump를 이용하여 1×10⁻⁶Torr 이하로 유지하였고, DC plasma power는 100W, 증착압력은 10mTorr로 고정시켰다. N₂/Ar의 비율은 TaN의 경우 1/3이고, TaSi_xN_y의 경우에는 5%, 7.5%, 10%, 15%, 20%로 하였다. 이렇게 준비된 TaN/Si, TaSi_xN_y/Si 시편위에 이들의 열처리

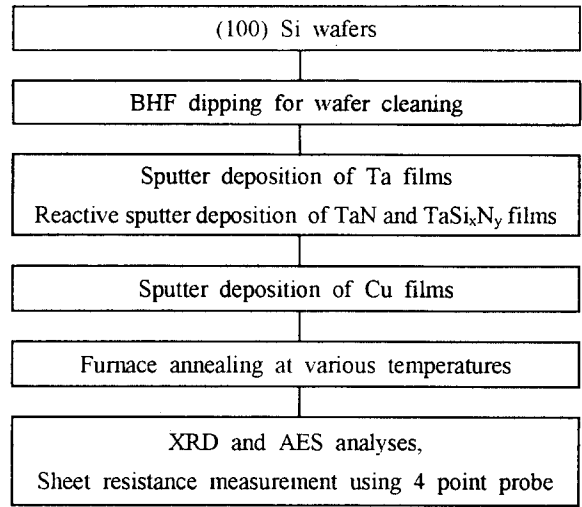


Fig. 1. Process flow for specimen preparation

온도에 따른 diffusion barrier 특성을 관찰하기 위하여 sputtering 방법으로 Cu를 약 100nm 증착한 후 7×10⁻⁷ Torr 이하에서 50°C 간격으로 30분간 진공열처리를 행하였다.

각각의 완성된 시편들의 면저항은 four point probe를 이용하여 측정하였고, 열처리 온도에 따른 막의 결정화 정도와 생성된 화합물을 알아보기 위해 20°~60° 범위에서 glancing angle XRD(X-ray diffractometer, Cu Kα) 분석하였다. 또한, 깊이에 따른 성분의 변화를 알아보기 위하여 AES(Auger Electron Spectroscopy) 분석을 실시하였다.

3. 결과 및 고찰

Fig. 2는 (100)Si 기판위에 Ta막을 증착한 데 이어 그 위에 Cu막을 증착한 Cu/Ta/(100)Si 시편을 진공하에서 furnace annealing했을 때의 여러 annealing 온도에 대한 XRD 분석결과를 보인 것이다. 이 시편들에서 Ta막의 두께는 100nm였으며, Cu막의 두께 역시 100nm였다. XRD 회절피크의 예리한 정도로 보아 열처리하기 전(as-deposited)의 Cu막은 다결정질인데 반해, Ta막은 비정질 또는 미세한 결정립(결정립의 크기가 작은)의 다결정질로 생각된다. 200°C와 400°C에서 열처리한 후에는 열처리하기 전과 비교할 때 거의 변화가 없다. 그러나 600°C에서 열처리한 시편에서는 Cu₂O 등의 구리산화물과 함께 Cu₃Si상의 피크가 나타났다. 구리산화물은 챔버내의 불순물 산소에 의하여 Cu가 산화되어 생긴 것으로 보이는데, 열처리로 내의 진공도가 7×10⁻⁷Torr로 비교적 진공도가 높았기 때문에 200 또는 400°C의 비교적 낮은 열처리 온도에서는 Cu의 산화된 정도가 약하지만, 600°C에서는 Cu의 산화반응이 활발히 일어나 Cu막 표면부에 Cu의 산화막층이 제법 두껍게 형성된 것으로 판단된다. 그러나 여기서 더욱 중요한 것은 Cu₃Si상의 생성이다. 이것은 Cu원자들이 Ta막층을 통과하여 Si기판까지 내려가 Si원자들과 결합하여 생성되었

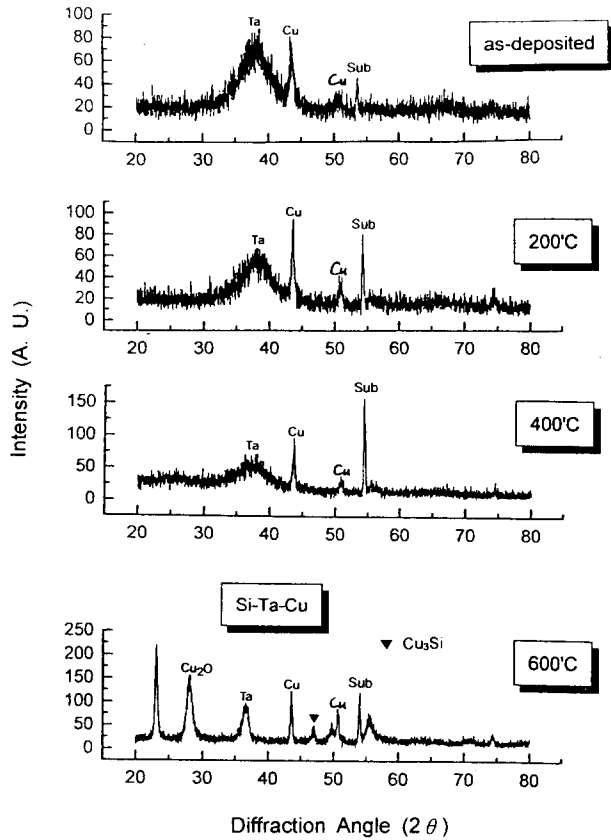


Fig. 2. XRD spectra for Cu-Ta/(100)Si annealed at various temperatures

거나, 아니면 Si기판의 Si원자들이 Ta막층을 통과하여 상부의 Cu막층으로 올라와 Cu원자들과 결합했으므로 생성되었을 것이다. 어느 쪽이든 간에 Ta가 600°C에서 Cu의 확산에 대한 barrier 역할을 충분히 하지 못하였기 때문에 Cu₃Si가 생성된 것이 틀림없다.

Fig. 3(a)는 (100)Si 기판위에 TaN막을 증착한 시편에 대한 XRD 스펙트럼이며, Fig. 3(b)–(e)는 그 위에 다시 Cu막을 증착한 다음 600, 650, 700, 및 800°C에서 각각 열처리한 시편들에 대한 XRD 스펙트럼들을 보인 것이다. Cu막을 증착한 후에는 TaN막이 Cu막에 가려 TaN피크는 거의 나타나지 않고 Cu피크만 뚜렷이 나타나 있다. 600°C에서는 Cu₃Si피크가 전혀 나타나지 않는 것으로 보아 TaN막이 Cu의 확산에 대한 barrier 역할을 잘 수행하고 있는 것으로 판단된다. 그러나 650과 700°C에서는 피크의 높이는 낮지만, Cu₃Si피크를 뚜렷이 볼 수 있다. 이것은 이 온도에서는 Cu원자와 Si원자들이 TaN막을 통과한 다음 서로 만나 Cu₃Si를 형성하였음을 의미하며, 이 온도에서는 TaN막이 Cu에 대한 확산장벽으로서의 역할을 충분히 하지 못함을 의미하는 것이다. 800°C에서는 Cu₃Si피크의 높이가 Cu피크의 높이보다 더 높은 것으로 보아 Cu막내의 Cu원자들 중 반 이상이 Si기판내의 Si원자들과 반응하여 실리사이드화된 것으로 생각된다.

Fig. 4는 Cu-TaN/(100)Si 시편의 열처리온도에 따른 면저항의 변화를 보인 것이다. 600°C에서는 열처리하기 전

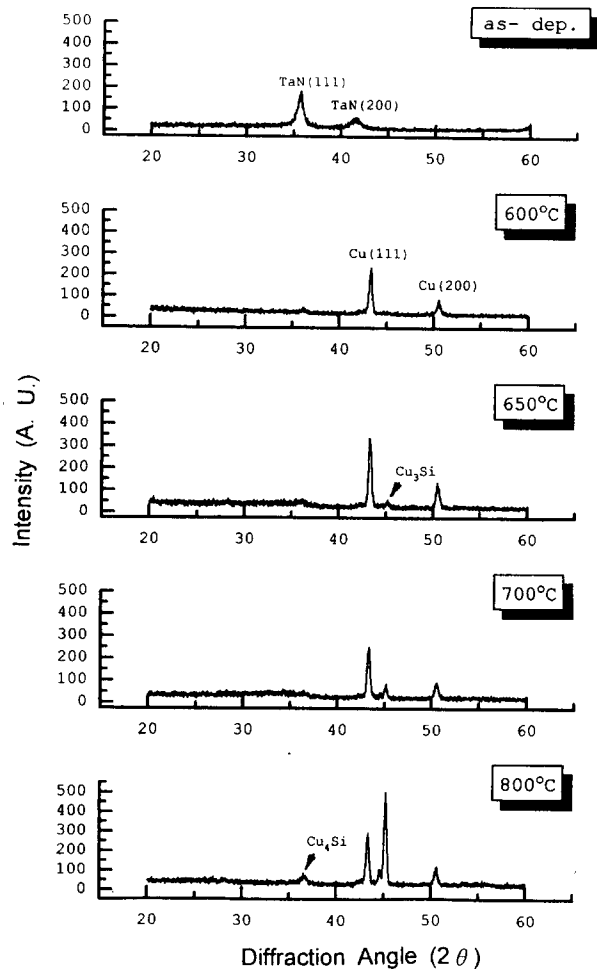


Fig. 3. XRD spectra for Cu-TaN/(100)Si annealed at various temperatures

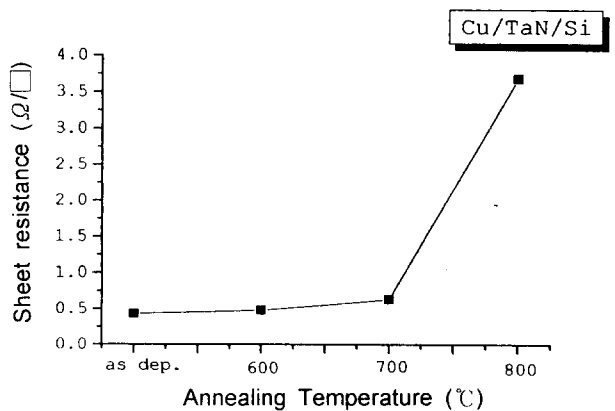


Fig. 4. Sheet resistance of Cu-TaN/Si as a function of annealing temperature

과 비교할 때 면저항의 변화가 거의 없으나 700°C에서는 면저항이 미소하게 증가했는데, 이것은 Cu₃Si가 어느 정도 형성되었기 때문이다. 한편, 800°C에서는 면저항이 크게 증가했는데, 이것은 XRD 스펙트럼에 나타난 바와 같이 Cu₃Si가 많이 형성되었기 때문이다.

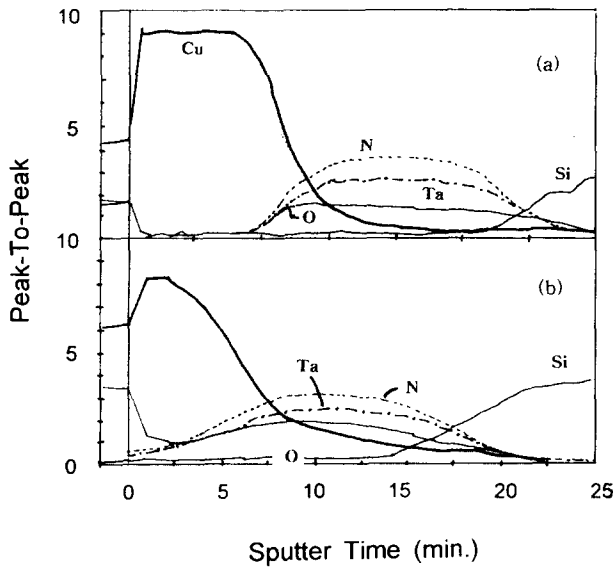


Fig. 5. AES depth profiles of Cu/TaN/(100)Si: (a) as-deposited and (b) annealed at 700°C

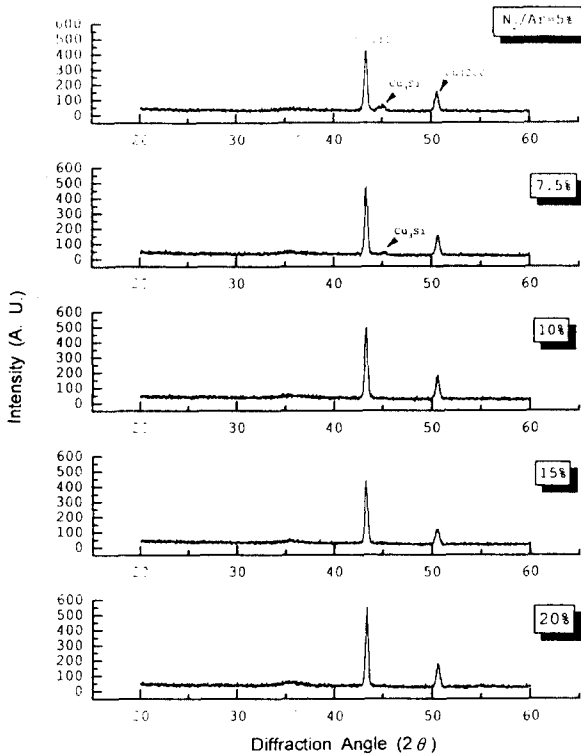


Fig. 6. XRD spectra for Cu/TaSi_xN_y/((100)Si) for various N₂/Ar gas flow ratio of the sputter deposition process of TaSi_xN_y at 800°C

열처리 전과 700°C에서 열처리한 후의 AES 분석결과들을 Fig. 5(a)와 (b)에 각각 보였다. 700°C에서는 Cu원자들이 TaN막 층 속으로 깊숙히 확산해 들어갔으며, 일부 Cu원자들은 Si기판 속으로까지 진출하였음을 볼 수 있다. Cu막 중의 일부 Cu원자들이 그 하부층인 TaN막이나 Si기판 속으로 이동함에 따라 Cu막의 두께가 그만큼 얇아졌음을 알 수 있다. 또한 Ta와 N원자들도 Cu막 층 내로 이

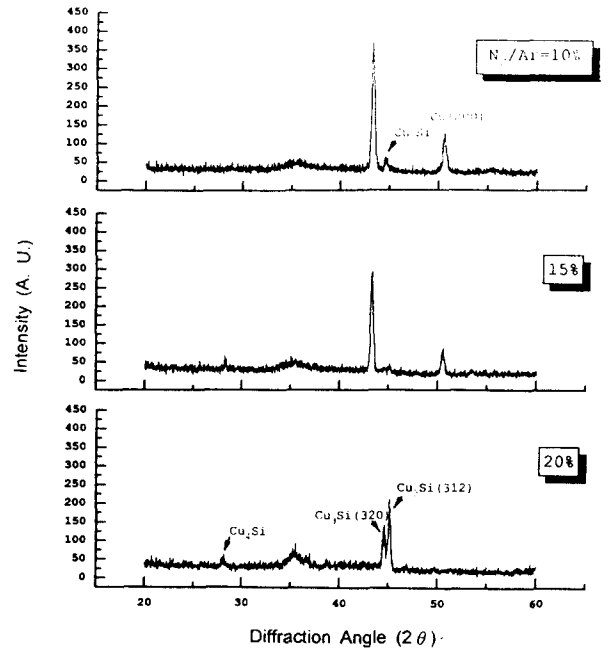


Fig. 7. XRD spectra for Cu/TaSi_xN_y/((100)Si) for various N₂/Ar gas flow ratio of the sputter deposition process of TaSi_xN_y at 900°C

동하여 Cu의 일방적인 확산만 일어난 것이 아니라, Cu와 Ta 및 N의 상호확산이 이루어졌음을 알 수 있다. 그러나 이것과는 대조적으로 TaN/Si 계면에서는 Si와 Ta 및 N의 상호확산은 물론이거니와 Si만의 확산도 거의 일어나지 않은 것으로 보인다.

TaSi_xN_y막을 반응성 스퍼터링법으로 증착하는 데 있어 막의 조성과 특성을 결정하는 가장 중요한 공정매개변수는 N₂/Ar의 유량비이다. 최적의 막특성(본 연구에서 요구되는 막특성은 Cu의 확산에 대한 barrier특성임.)을 나타내는 N₂/Ar비를 결정하기 위하여, 여러 N₂/Ar비를 사용하여 TaSi_xN_y막들을 증착한 시편들을 만들고, 그 시편들을 800°C와 900°C에서 열처리한 다음 XRD분석한 결과들을 Fig. 6과 Fig. 7에 각각 보였다. 먼저 800°C에서 열처리한 경우(Fig. 6)에는 N₂/Ar 비가 5%와 7.5%일 때 Cu₃Si 피크가 나타남으로써 barrier특성이 떨어짐을 알 수 있다. 800°C에서 합성한 10, 15, 20%의 세 N₂/Ar비 중에서 최적의 것을 결정하기 위하여 이들 N₂/Ar비를 사용하여 증착한 TaSi_xN_y막들을 900°C에서 열처리하였으며, 이들에 따라 XRD 분석결과들을 Fig. 7에 보였다. N₂/Ar비가 10%인 경우에는 비교적 작은 Cu₃Si 피크가 나타난 것으로 보아 Cu중의 일부만 실리사이드화되었음을 알 수 있다. 또한 N₂/Ar비가 20%인 경우에는 Cu피크가 완전히 사라지고, Cu₃Si 피크들만 크게 나타난 것으로 보아 모든 Cu가 실리사이드화 되었음을 알 수 있다. 반면, N₂/Ar비가 15%인 경우에는 Cu₃Si 피크가 거의 나타나지 않았으므로 TaSi_xN_y막의 barrier특성이 가장 우수하다 할 수 있을 것이다. 이상과 같은 예비실험 단계를 거쳐 N₂/Ar비를 15%로 결정하였으며, 이후 본 연구에서 사용한 시편들에서의 TaSi_xN_y막

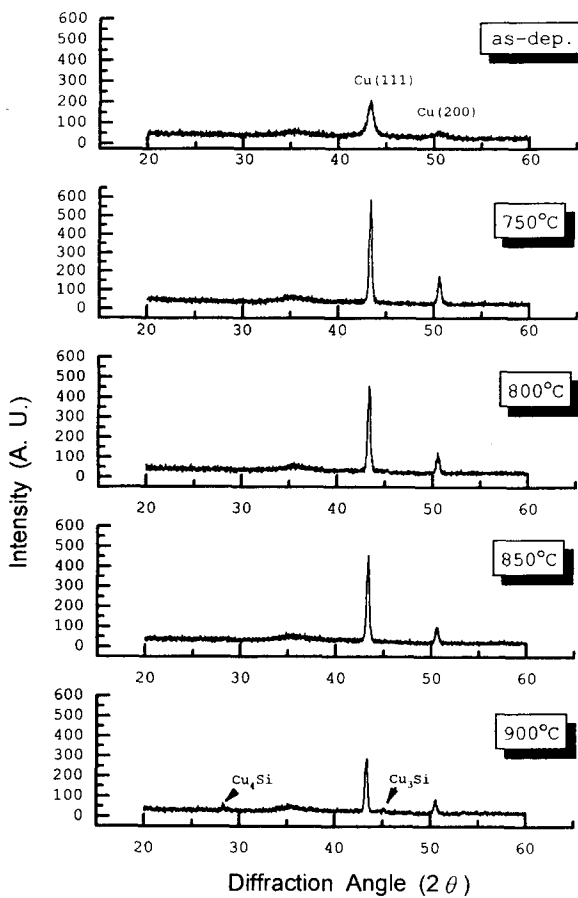


Fig. 8. XRD spectra for Cu/TaSi₃N₃/(100)Si annealed at various temperatures

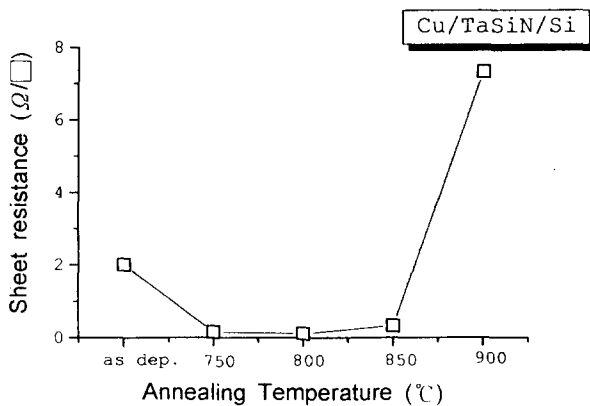


Fig. 9. Sheet resistance of Cu/TaSi₃N₃/Si as a function of annealing temperature

은 모두 이 조건하에서 증착된 것이다.

Fig. 8은 열처리하기 전과 여러 온도에서 열처리한 후의 Cu/TaSi₃N₃/(100)Si 시편들에 대한 XRD 분석결과들을 보인 것이다. 850°C까지는 Cu₃Si의 생성을 입증할만한 구리실리사이드 피크를 전혀 발견할 수 없으나, 900°C에서는 Cu₃Si가 미소하게 나타난 것을 볼 수 있다. 열처리 온도에 따른 면저항의 변화를 나타내는 Fig. 9를 보면, Cu₃Si의 형성을 더욱 잘 확인할 수 있다. 850°C로부터 900°C로 온도

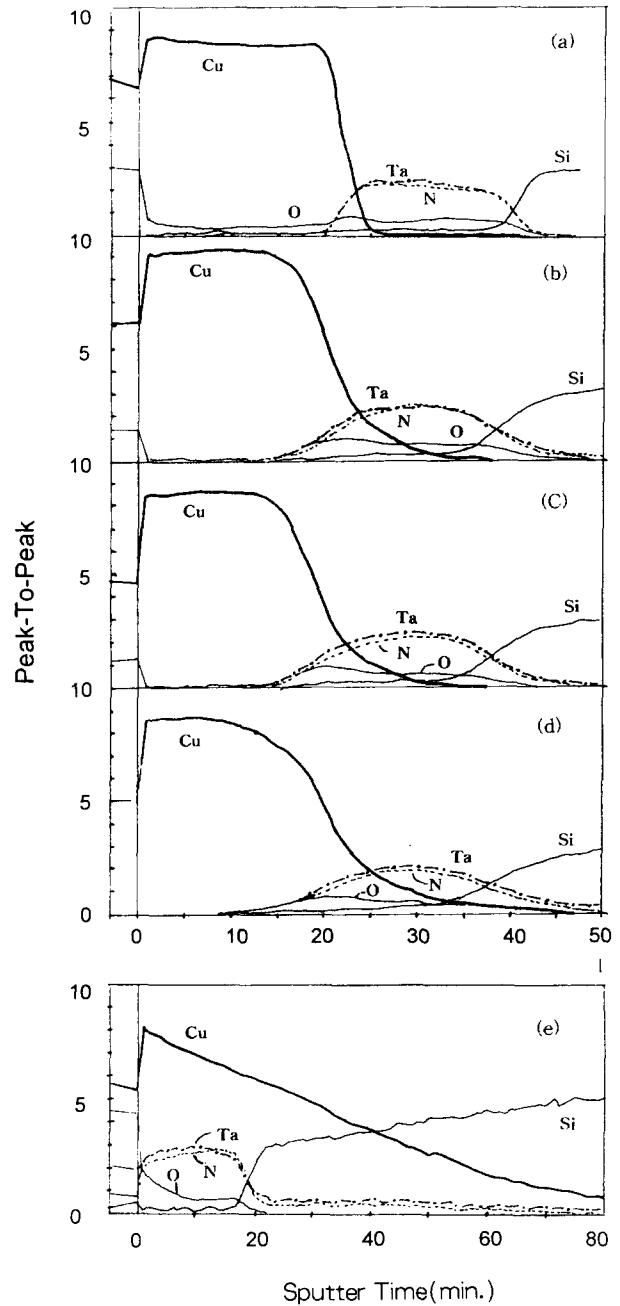


Fig. 10. AES depth profiles of Cu/TaSi₃N₃/(100)Si: (a) as-deposited, (b) annealed at 750°C (c) annealed at 800°C, (d) annealed at 850°C (e) annealed at 900°C

가 증가함에 따라 면저항이 크게 증가했음을 볼 수 있는데, 이것은 Cu₃Si의 형성을 입증하는 변화이다. 열처리하기 전 (as-deposited)에 면저항이 약간 높은 것은 Fig. 8의 XRD 스펙트럼들로부터 알 수 있듯이 Cu막이 결정립 크기가 미세한 다결정 구조를 갖기 때문이다. 750°C에서 열처리에 따라, Cu막에서 결정립 성장이 일어나기 때문에 시편의 면저항이 감소하는 것이다. as-deposited 상태에서 비정질이던 TaSi₃N₃막이 열처리온도의 증가에 따라 결정화되는 것도 얼른 생각하면 Fig. 9의 750°C에서 면저항이 감소하는 원인이 될 수 있을 것 같지만 병렬로 연결된 두 재료에서 전체 저항은 비저항이 더 낮은 재료에 의하여 결

정되므로, 면저항의 변화는 TaSi_xN_y막의 결정화보다는 비저항이 더 낮은 Cu막의 결정립 성장에 기인하는 것이다.

Fig. 10은 여러 온도에서 열처리한 후의 Cu/TaSi_xN_y/(100)Si 시편들에 대한 AES 분석결과를 열처리하기 전의 그것과 함께 보인 것이다. 750 및 800℃에서 열처리한 경우에는 열처리하기 전과 비교하여 거의 변화가 없다. 850℃에서는 Cu/TaSi_xN_y 계면에서 Cu와 TaSi_xN_y의 상호확산이 약간 일어났음을 볼 수 있다. XRD 스펙트럼(Fig. 8) 상에 구리실리사이드 피크가 나타나지 않았으므로 Fig. 9에서 800℃로부터 850℃로 온도가 증가함에 따라 면저항이 미소하게 증가한 것은 Cu/TaSi_xN_y 계면에서의 상호확산에 기인하는 것으로 보인다. 그러나 900℃에서는 850℃와는 놀라울 정도로 다른 엄청난 변화를 볼 수 있다. Fig. 10(e)를 보면, TaSi_xN_y막 위에 증착되어 있던 Cu막 중의 모든 Cu원자들이 TaSi_xN_y막을 통과하여 Si 기판 속으로 이동하고 있음을 알 수 있다. Cu의 농도는 표면으로부터 Si 기판속으로 들어가면서 단조감소하고 있으며, Cu의 이동에 의하여 표면의 순수한 Cu막이 사라짐에 따라 TaSi_xN_y층이 표면으로 이동하였음을 볼 수 있다. 그러나 물론 TaSi_xN_y내에는 다량의 Cu가 섞여 있어 실제로는 Cu-Ta-Si-N의 사원계 합금이다. 그 아래로는 구리실리사이드 층(Cu₃Si + free Si)이 형성되어 있는데, Cu-Ta-Si-N 합금/구리실리사이드의 계면쪽에 가까울수록 Cu₃Si의 함량이 많아지며, Si 기판쪽으로 들어갈수록 Cu₃Si의 함량이 적어진다. Ta와 N원자들도 물론 Si 기판내로 약간 확산해 들어갔음을 볼 수 있다. 그 반면, Si 기판내의 Si 원자들이 TaSi_xN_y막을 통과하여 표면쪽으로 이동한 증거는 전혀 찾을 수 없다. 이것으로부터 Cu/TaSi_xN_y/(100)Si를 열처리할 때 형성되는 구리실리사이드는 모두 Cu 원자들이 TaSi_xN_y층을 통과하여 TaSi_xN_y/Si 계면으로 이동한 다음 Si 기판내의 Si 원자들과 반응함으로써 생성됨을 알 수 있다. 즉, TaSi_xN_y층 내에서의 주 확산자(main diffuser)는 Si가 아니라 Cu이며, 구리실리사이드 층은 Cu/TaSi_xN_y 계면에 형성되는 것이 아니라 TaSi_xN_y/Si 계면에 형성되는 것이다.

Kolawa 등은 Cu/Ta₃₆Si₁₄N₅₀/Si계에서의 Ta₃₆Si₁₄N₅₀은 900℃에서 불량률이 발생하는데, 그것은 비정질이던 Ta₃₆Si₁₄N₅₀가 900℃에서 결정화됨으로써, 그 막내에서의 Cu의 확산이 더 활발해지기 때문인 것으로 설명하였다. 원래 Ta₃₆Si₁₄N₅₀의 결정화온도는 1100℃이지만, 다결정의 Cu막과 접촉하고 있을 때에는 결정화온도가 900℃로 낮아지는 것이다. 본 연구에서의 면저항과 AES 분석결과를 보면, 본 연구에서 사용한 TaSi_xN_y막의 불량발생 온도는 900℃로 Kolawa 등이 보고한 Ta₃₆Si₁₄N₅₀의 결정화온도와 같다. 또한 본 연구에서의 XRD 분석결과를 보면 900℃에서도 TaSi_xN_y 피크를 전혀 찾아볼 수 없는데, 이것으로부터 본 연구에서 사용한 TaSi_xN_y의 결정화온도는 Kolawa 등이 보고한 TaSi_xN_y의 결정화온도인 900℃보다 더 높으며, Ta₃₆Si₁₄N₅₀가 아직 결정화되지 않은 상태, 즉, 비정질의 상태에서 fail된 것임을 알 수 있다. 일반적으로 결정화온도가 높은 재료일수록 barrier특성이 더 우수한 것으로 알려져 있으나, 본

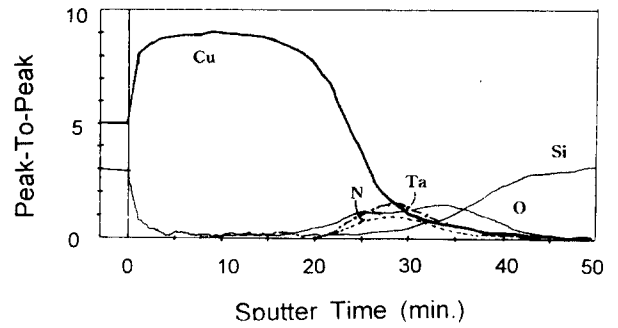


Fig. 11. AES depth profiles of Cu/TaSi_xN_y/(100)Si annealed at 800℃ for the N₂/Ar gas flow ratio of 5% in the sputter deposition of TaSi_xN_y.

연구의 결과로부터 결정화온도와 fail온도는 반드시 같지 않으며, 결정화온도보다 더 낮은 온도에서 fail될 수 있다는 결론을 내릴 수 있을 것 같다.

N₂/Ar 기체 유량비를 5%로 하여 스퍼터링법으로 증착한 TaSi_xN_y막 위에 Cu막을 증착하고, 800℃에서 열처리한 Cu/TaSi_xN_y/(100)Si 시편에 대한 AES 분석결과를 Fig. 11에 보였다. 800℃에서도 TaSi_xN_y 막내에 Cu와 Si가 이미 어느 정도 확산해 들어갔음을 확인할 수 있다. N₂/Ar 기체 유량비를 15%로 하여 얻은 TaSi_xN_y막을 같은 온도인 800℃에서 열처리한 시편에 대한 AES 분석결과(Fig. 10(c))와 비교할 때 TaSi_xN_y막의 barrier특성이 더 떨어지는 것이 분명하다.

4. 결 론

반응성 스퍼터링법으로 (100)Si 기판상에 증착한 TaSi_xN_y막의 Cu 확산에 대한 barrier특성을 조사한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) TaSi_xN_y막은 N₂/Ar 비를 15%로 할 때 가장 우수한 barrier특성을 나타낸다.
- 2) Ta와 TaN은 각각 600℃와 650℃에서 fail하는 반면, TaSi_xN_y는 900℃에서 fail한다.
- 3) TaSi_xN_y의 fail은 Cu원자들이 TaSi_xN_y층을 통과한 다음 TaSi_xN_y/Si계면에서 Si기판 내의 Si원자들과 반응하여 Cu₃Si를 생성함으로써 일어난다.
- 4) Cu/TaSi_xN_y/Si계면에서 TaSi_xN_y는 900℃에서도 결정화되지 않았다. 따라서 900℃에서의 TaSi_xN_y의 fail은 결정화와는 직접적인 관계가 없는 것으로 보인다.

감사의 글

본 연구는 서울대학교 신소재박막가공 및 결정성장연구센터를 통한 한국과학재단 우수연구센터 지원금에 의한 것으로 이에 감사드립니다.

참 고 문 헌

1. J. D. McBrayer, R. M. Swanson, T. W. Sigmon, J. Electrochem. Soc., **133**(6), pp. 1242 (1986)
2. S. Sadamitsu, S. Sumita, N. Fujino, T. Shiraiwa,

- Japanese J. Appl. Phys., **27**(10), pp. L1819-1821 (1988)
3. G. C. Schwartz and P. M. Schaible, J. Electrochem. Soc., **130**(8), 1777-1779 (1983)
 4. P. L. Pai and C. H. Ting, IEEE VMIC Proc. 258-264 (1989)
 5. J. Li, P. F. Chapman, F. Goodwin, Y. Schacham Deamand, and J. W. Mayer, "Advanced Metallia-tion for ULSI Applications 1992", eds. T. S. Cale and F. S. Pintchovski, MRS, 75 (1992)
 6. S. Q. Wang, MRS Bulletin vol. XIX, **8** (1994) 30
 7. J. Li, Y. Schacham-Deamand, and J. W. Mayer, Mater. Sci. Rep. **9** (1992) 1
 8. E. Kolawa, J. S. Chen, J. S. Reid, P. J. Pokela, and M-A. Nicolet, J. Appl. Phys. **70** (1991) 1369