

# Nano-scale CMOS에 적용하기 위한 Ni-Germanosilicide에서 Ni-Pd 합금을 이용한 Ni-Germanosilicide의 열안정성 향상

김용진, 오순영, 아그츠바야르투야, 윤장근, 이원재, 지희환, 한길진\*, 조유정\*, 김영철\*, 왕진석, 이희덕  
 충남대학교, 한국기술교육대학교\*

## Thermal Stability Improvement of Ni Germanosilicide using Ni-Pd alloy for Nano-scale CMOS Technology

Yong-jin Kim, Soon-Young Oh, Tuya Agchbayar, Jang-Gn Yun, Won-Jae Lee, Hee-Hwan Ji, Kil-Jin Han\*, Yu-Jung Cho\*, Yeong-Cheol Kim\*, Jin-Suk Wang and Hi-Deok Lee  
 Chungnam National University, Korea University of Technology and Education\*

**Abstract :** Ge 농도가 30%인 SiGe 위에 Ni-Pd 합금을 이용한 새로운 Ni-Germanosilicide의 방법을 제안하여 열안정성 향상에 대해 연구하였다. 새롭게 제안한 Ni-Pd 합금을 이용하여 3가지 구조 (Ni-Pd, Ni-Pd/TiN, Ni-Pd/Co/TiN) 중 Cobalt 다층구조를 사용한 구조 (Ni-Pd/Co/TiN)가 면저항이 가장 낮고 안정한 silicide 특성을 갖는 것을 나타냈으며, 고온열처리 700℃, 30분에서도 낮고 안정한 면저항 특성을 유지시켜 열안정성을 개선하였다.

**Key Words :** Ni-Germanosilicide, Ni-Pd 합금, Cobalt 다층구조

### 1. 서 론

CMOS 기술에서 게이트 길이가 100 nm 이하가 되면서 velocity saturation에 의해 드레인 전류가 포화되고 Gate oxide가 얇아짐에 따라 vertical field 증가로 인해 채널 아래의 Inversion layer의 Mobility 감소도 매우 커지고 있다 [1]. 따라서 이러한 문제점을 해결하기 위한 방안으로 기존의 Si 기판위에 격자상수가 Si에 비해 4 %정도 큰 Ge을 Si과 함께 성장시켜 Si<sub>1-x</sub>Ge<sub>x</sub>를 형성하고 그 위에 수 nm의 실리콘층을 성장시킴으로서 Si<sub>1-x</sub>Ge<sub>x</sub>와 실리콘의 Lattice mismatch로 strained silicon을 형성하여 carrier의 이동도가 향상되는 기술이 관심을 끌고 있다 [2]. 또한 CMOS 기술은 소자 성능 향상을 위해 Silicide 공정을 필수로 하는데 [3], 최근의 CoSi<sub>2</sub>에서 100 nm 이하의 소자에 적합한 NiSi에 대한 연구가 많이 진행되고 있다 [4]. 따라서 Si<sub>1-x</sub>Ge<sub>x</sub>에서도 NiSi 적용이 매우 필요하며, 따라서 Si<sub>1-x</sub>Ge<sub>x</sub>에 NiSi를 형성하여 만들어지는 Ni-Germanosilicide가 매우 중요하다 [5].

본 논문에서는 향후 CMOS 소자 제작에 실제 적용 가능하도록 하기 위해 Ni-Pd 합금으로 제안된 cobalt 다층구조를 이용한 Ni-Pd/Co/TiN구조를 사용하여 Ni-Germanosilicide의 열안정성을 개선하였다.

### 2. 실험

본 실험은 Si기판위에 30 nm의 Si<sub>0.85</sub>Ge<sub>0.15</sub> (100)을 Epi 성장시켜 사용하였으며, 5 at%의 Pd가 포함된 Ni-Pd 합금을 이용하여 Ni-Germanosilicide를 형성하였다. 금속을 증착시키기 전에 HF : DI water = 1 : 100으로 희석한 용액에서 자연 산화막을 제거하였으며 RF magnetron sputter를 이용하여 기본 진공도 (base pressure) 5 × 10<sup>-7</sup> Torr, 동작압력 (working pressure) 2.2 × 10<sup>-4</sup> Torr에서 순수한 Ni (8 nm), Ni-Pd (8 nm), Ni-Pd/TiN (8/25 nm)와 Ni-Pd/Co/TiN (6/2/25

nm)을 순차적으로 증착하였다. 그리고, Ni-Germanosilicide를 형성하기 위해 400 ~ 800 °C 범위에서 30초간 급속열처리(Rapid Thermal Process : RTP) 하였다. Ni-Germanosilicide 형성 후 반응하지 않은 금속 및 TiN capping층은 H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> : H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> = 4 : 1의 혼합용액에서 선택적으로 식각하였다. 마지막으로, 열 안정성 평가를 위해 전기로 (Furnace)에서 600 ~ 700 °C, 30분간 고온 열처리 하였다.

### 3. 결과 및 검토

그림 1은 순수한 Ni, Ni-Pd, Ni-Pd/TiN과 Ni-Pd/Co/TiN 구조로 형성된 Ni-Germanosilicide의 고온열처리 전·후의 면저항 특성을 나타낸다. 4가지 구조 모두 500 °C 에서 형성된 실리사이드가 가장 낮고 안정한 면저항 특성을 갖지만, 특히 NiPd/Co/TiN구조는 가장 넓은 온도범위에서 안정한 면저항 특성을 갖는다. 500 °C에서 실리사이드 형성한 후, 열안정성 평가를 위한 고온열처리에서의 특성을 보면 순수한 Ni, Ni-Pd와 Ni-Pd/TiN의 경우 600 °C부터 면저항이 증가하는 반면, Ni-Pd/Co/TiN 경우는 700 °C ,30분 까지도 낮은 면저항이 유지되고 있어 열안정성이 개선됨을 알 수 있다.

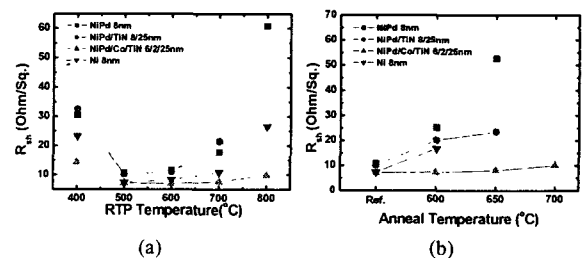


그림 1. Ni-Germanosilicide의 고온 열처리 전후의 면저항 특성 (a) RTP 온도에 따른 특성과 (b) 고온 Anneal 온도에 따른 특성

그림 2는 고온 열처리 전·후의 Ni-Germanosilicide의 FE-SEM (Field Emission Scanning Electron Microscopy, 한국 기초 과학 지원 연구원 전주 분소, 모델명 S-4700)단면특성이다. 500 °C, 30초에서 실리사이드를 형성한 후에는 그림 2(a)와 (b)와 같이 Ni과 Ni-Pd/Co/TiN 구조의 경우 모두 실리사이드의 응집 또는 단절현상은 나타나지 않았다. 하지만 실리사이드 형성 후 고온 열처리를 한 경우에는 그림 2(b)와 같이 Ni에서는 인 경우에는 Ni-Germanosilicide의 응집 및 단절이 매우 심하게 나타났다. 그러나 Ni-Pd/Co/TiN 구조에서는 그림 2(d)와 같이 응집 현상 없이 매우 균일한 특성을 나타내고 있다. Ni-Pd 합금인 경우에는 Ni의 경우보다 응집 현상이 적어지기는 하였지만 불균일한 단면 특성을 나타냈다.

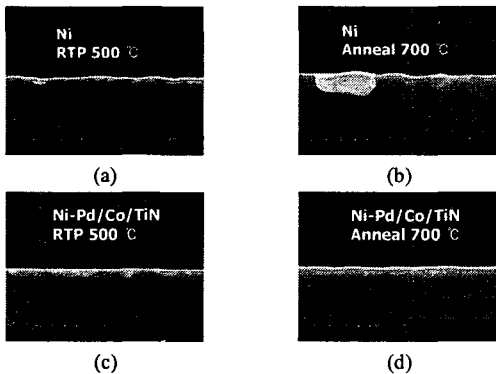


그림 2. 고온 열처리 전후의 Ni-Germanosilicide의 FE-SEM 단면특성 (a),(c) RTP 500°C, 30초 (b),(d) Anneal 700°C, 30분

그림 2와 같이 형성된 Ni-Germanosilicide의 상변이를 확인하기 위해 GXR (Glancing X-ray Diffractometer) 분석을 하였다. 순수한 Ni 경우, 700 °C, 30분의 고온 열처리 후 Ni(Si<sub>1-x</sub>Ge)<sub>2</sub> 상이 나타났지만, Ni-Pd/Co/TiN 경우에는 고온 열처리 전·후에도 Ni(Si<sub>1-x</sub>Ge)상이 그대로 유지되고 있음을 알 수 있다. 따라서 Ni-Pd/Co/TiN 경우 Pd 및 Co layer가 Ni-Germanosilicide의 Phase 변화를 억제하여 열 안정성을 개선시킨다고 할 수 있다.

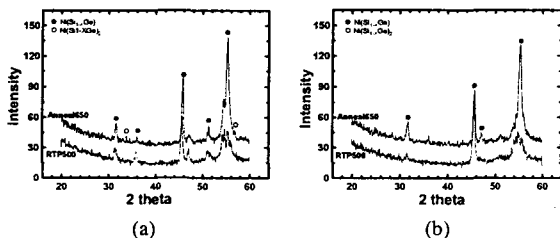


그림 3. 고온 열처리 전후의 GXR 상변이 분석. (a) Ni, (b) Ni-Pd/Co/TiN.

Ni-Germanosilicide의 표면 거칠기를 분석한 SPM (Scanning Probe Microscopy) 분석 결과를 보면 NiPd/Co/TiN 구조인 경우 0.2 nm로 Ni의 0.4 nm보다 훨씬 고른 거칠기를 갖고 열처리 후에도 1.7 nm로 2.4 nm에 비해 월

등히 낮은 수치를 보인다. 이로써 실리사이드 내의 Morphology 또한 uniform 할 것으로 기대된다.

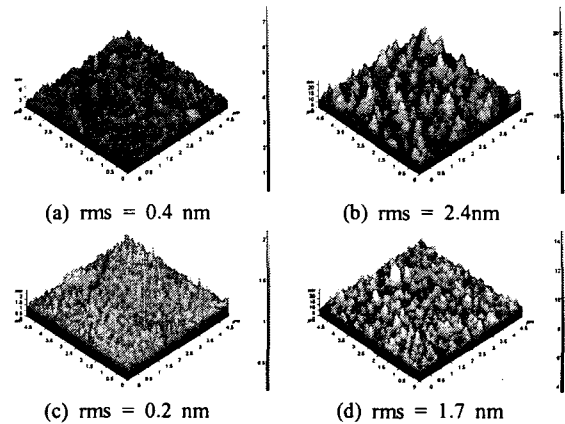


그림 4. 고온 열처리 전후의 표면 거칠기 SPM 분석. (a), (b) Ni, (c), (d) NiPd/Co/TiN, (a), (c) RTP, (b), (d) Anneal

#### 4. 결론

본 논문에서는 Ni-Pd 합금 및 Co를 이용하여 새로운 구조의 Ni-Pd/Co/TiN를 제안하여 Ni-Germanosilicide의 열안정성 개선뿐 만 아니라 계면특성까지 개선시킬 수 있었다. 순수한 Ni만을 사용했을 경우는 650 °C, 30분의 열처리에서 이미 면저항이 측정되지 않을 만큼 응집현상과 단절현상이 일어난 반면, 제안된 Ni-Pd/Co/TiN 구조에서는 700 °C, 30분의 고온 열처리 후에도 낮은 면저항을 확인하였고, 단면특성 및 상변이 특성 모두 열안정성이 우수한 Ni-Germanosilicide 특성을 확보하였다. 따라서 제안한 방법은 100 nm 이하의 CMOS를 위한 Ni-Germanosilicide에 매우 유용함을 알 수 있다.

#### 감사의 글

본 연구는 한국과학재단 목적기초연구 (R01-2003-000-11659-0) 지원으로 수행되었음.

#### 참고 문헌

- [1] Kai Chen, et.al., "An Accurate Semi-Empirical Saturation Drain Current Model for LDD N-MOSFET" IEEE Electron Device Letters., vol.17, NO.3, p.145-147, 1996.
- [2] Matthew T. Currie, "Strained Silicon : Engineered Substrates and Device Integration" 2004IEEE International Conference on Integrated Circuit Design and Technology, p.261-268, 2004.
- [3] Karen Maex, "Silicides for integrated circuits : TiSi<sub>2</sub> and CoSi<sub>2</sub>", Materials Science and Engineering, R11 p.53-153, 1997
- [4] F. Deng, et.al., "Salicide process for 400A fully depleted SOI-MOSFETs using NiSi", SOI conference Proceedings, IEEE International, p.22-23, 1977.
- [5] 윤장근, et.al., "NiPt/Co/TiN을 이용한 Ni Germanosilicide의 열안정성 향상 및 Ge비율에 따른 특성 분석". 대한전자공학회 하계학술대회 논문집 27권 1호, p. 391-394, 2004.