

나노급 Ge-MOSFET를 위한 Ni-N(1%)을 이용한 Ni-germanide의 열 안정성 개선

임 경연, 박 기영, 장 잉잉, 이 세광, 종 준, 정 순연, 이 가원, 왕 진석, 이 희덕
충남대학교 공과대학 전자공학과

Thermal Stability Improvement of Ni-Germanide Using Ni-N(1%) for Nano Scale Ge-MOSFET Technology

Kyeong-Yeon Yim, Ying-Ying Zhang, Kee-Young Park, Shi-Guang Li, Zhun Zhong, Soon-Yen Jung
Ga-Won Lee, Jin-Suk Wang and Hi-Deok Lee

Dept. of Electronics Engineering, Chungnam National University, Yuseong-Gu, Daejeon 305-764, Korea

Abstract : In this paper, 1%-nitrogen doped Nickel was used for improvement of thermal stability of Ni-Germanide. Proposed Ni-N(1%)/TiN structure has shown better thermal stability, sheet resistance and less agglomeration characteristic than pure Ni/TiN structure. During the germanidation process, it is believed that the nitrogen atoms in the deposited nickel layer can suppress the agglomeration of Ni germanide by retarding the diffusion of Ni atoms toward silicon layer, hence improve the thermal stability of Ni-germanide.

Key Words : 1%-nitrogen doped Ni, Ni-germanide, Thermal stability, Ge-MOSFET

1. 서 론

급격한 반도체 소자의 발달로 인해 소자의 크기가 매우 줄어들어 100nm 이하의 소자에서 속도 포화 현상이나 이동도의 감소, drain current의 억제 등 반도체 소자의 성능이 한계에 이르게 되었다. 이를 해결하기 위한 대책의 한 부분으로 Ge-MOSFET의 연구가 활발히 진행 중에 있다[1]. Ge은 Si에 비해 전자의 경우 Si 대비 약 2배, 정공의 경우 약 4배의 우수한 이동도 특성을 가지고 있어 소자의 성능을 크게 개선시킬 수 있는 장점이 있다. 이와 더불어 Ge-MOSFET의 구현을 위해서는 germanide의 형성이 필수적인데 germanide는 silicide와 마찬가지로 gate 및 source/drain의 면저항을 감소시켜 RC-delay를 줄임으로서 소자의 동작 속도를 증가시키기 위한 기술로 매우 중요한 항목 중의 하나이다. 특히 소자의 크기가 작아짐으로 인해 얇은 접합에 적용이 가능한 얇은 Ni-germanide가 필요하지만, germanide는 silicide와는 다르게 얇은 접합과 균일한 형성이 어렵고 또한 높은 온도에서의 계면의 열화와 응집현상 등 열 안정성에 매우 취약한 특성을 보이고 있다[2-3]. 따라서 본 논문에서는 질소가 1% 도핑된 Ni을 사용하여 열 안정성을 개선하고 얇은 접합에서의 균일한 특성을 갖는 Ni-germanide를 형성하여 Ge-CMOSFETs에 적용 가능함을 확인 하였다.

2. 실험

본 실험에서는 p-type Si (100) wafer에 UHV-CVD (Ultra High Vacuum Chemical Vapor Deposition)를 사용하여 100 nm의 Ge층을 형성한 wafer를 사용하였다. 급속 박막을 증착하기 전에 HF용액 (HF:D:1=1:100)에서 30초

간 native oxide를 식각하고 RF magnetron sputter를 사용하여 기본 진공도 (base pressure) 및 증착 진공도 (working pressure)를 각각 5×10^{-7} torr 및 3×10^{-3} torr에서 Ni/TiN(10/10 nm)과 Ni-N(1%)/TiN(10/10 nm)을 증착 하였다. 다음으로 germanide를 형성하기 위해 기본 진공도 3×10^{-2} torr에서 30초간 급속 열처리 (Rapid Thermal Process, RTP)를 진행 하였으며 형성 후 반응하지 않은 금속은 H_3PO_4 용액에서 30초간 150 °C의 온도에서 선택적으로 식각하였다. 다음 열 안정성 평가를 위하여 germanide형성이 가장 잘된 온도에서의 시편을 고순도 질소 분위기의 Furnace에서 고온 열처리를 30분간 진행 하였다. 형성된 germanide의 면저항 측정을 위해 FPP (Four Point Probe)를 이용하였고 단면 및 계면 특성과 두께 확인을 위해 FE-SEM (Field Emission Scanning Electron Microscope), 한국 기초 과학 지원 연구원 전주 분소, (모델명 S-4700) 을 이용하였다.

3. 결과 및 고찰

급속 열처리 후 형성된 germanide의 온도에 따른 면저항 측정 결과를 그림 1에 나타내었다. 형성된 germanide의 면저항을 살펴보면 두 구조 모두 400~500 °C에서 10 ohm/sq. 이하의 값을 확보할 수 있었다. 하지만 두 구조 모두 500 °C 이상의 온도에서는 면저항이 급격히 증가한 것을 확인할 수 있었다. 면저항의 결과는 형성된 germanide의 특성과 매우 밀접한 관련이 있기 때문에 FE-SEM을 통한 단면 이미지를 그림 2에 나타 내었다.

그림 2의 단면 사진을 확인 결과 두 구조 모두 얇고 균일한 germanide가 형성이 되었음을 확인할 수 있었고

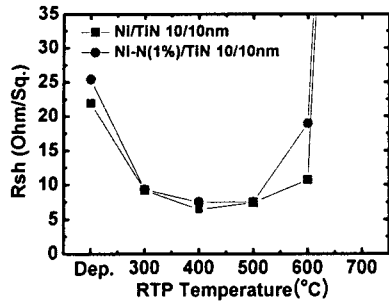


그림 1. RTP 온도에 따른 면저항 특성

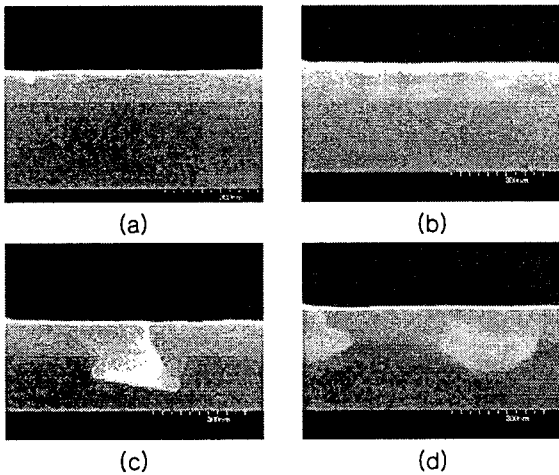


그림 2. RTP 후 시편의 단면 FE-SEM 단면 특성
(a) Ni/TiN 10/10 nm, 400°C, (b) Ni-N(1%)/TiN 10/10 nm, 400°C, (c) Ni/TiN 10/10 nm, 700°C, (d) Ni-N(1%)/TiN 10/10 nm, 700°C

면저항이 증가한 700 °C의 시편에서는 Ni의 확산으로 인한 심한 응집 현상과 공기 현상이 발생하여 면저항의 증가를 확인할 수 있었지만 두 구조간의 차이를 확인할 수 없었다. 다음으로 germanide가 형성이 가장 잘 된 RTP 400 °C의 시편을 통해 후속 열처리 평가 후 면저항 특성을 그림 3에 나타 내었다.

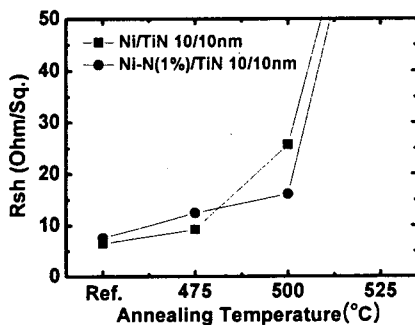


그림 3. 후속 공정 열처리 후 면저항 특성

후속 열처리 후 면저항의 변화를 살펴보면 Ni-N(1%)/TiN의 구조가 Ni/TiN 구조에 비해 열 안정성이 개선 된 것을

확인할 수 있었다. 후속 열처리 후 Ni/TiN의 경우 그림 4(a)에서와 같이 심한 응집현상이 발생을 하여 약 4배 정도의 면저항 증가를 보였지만 본 논문에서 제안한 Ni-N(1%)/TiN 구조는 면저항의 변화가 심하지 않았고 단면을 확인한 결과 그림 4(b)와 같이 응집 현상이 크게 줄어든 것을 확인할 수 있었다. 따라서 본 논문에서 제시한 Ni-N(1%)/TiN 구조를 적용하여 열 안정성을 개선 할 수 있었고, nitrogen 추가를 위한 별도의 추가 공정이 필요하지 않기 때문에 매우 큰 이점으로 작용을 하게 될 것이다.

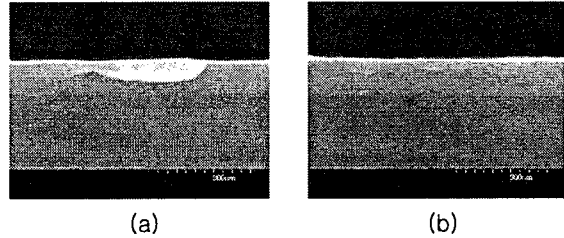


그림 4. 후속 공정 열처리 후 FE-SEM 단면 특성
(a) Ni/TiN 10/10 nm, 500°C, (b) Ni-N(1%)/TiN 10/10 nm, 500°C

4. 결론

본 논문에서는 Ge-MOSFET에 사용가능한 열안정성이 높은 Ni-germanide 기술을 위해 1% 질소로 도핑된 Ni target을 제안하였다. 제안한 1% 질소로 도핑된 Ni을 이용하여 면저항이 낮으며 얇고 균일한 Ni-germanide를 형성할 수 있었으며 순수 Ni인 경우에 비해 열 안정성이 개선되는 것을 확인할 수 있었다. 또한 별도의 공정과정 없이 열 안정성을 개선할 수 있고 질소의 양을 정확히 사용할 수 있다는 장점을 가지고 있다. 따라서 본 논문에서 제안한 Ni-N(1%)을 이용한 Ni-germanide는 나노급 Ge-MOSFET에 적용이 가능함을 확인할 수 있었다.

감사의 글

본 논문은 한국학술진흥재단 목적기초연구(과제:KRF-2007-521-D00288)와 반도체설계교육센터(IDEC)의 지원을 받아 수행 되었습니다.

참고 문헌

- [1] H. Shang, M. Frank, E. Gusev, J. Chu, S. Bedell, K. Guarini, M. leong, "Germanium channel MOSFETs : Opportunities and challenges", IBM J. RES. & DEV. Vol. 50, No. 4/5, 2006.
- [2] H. Choi, M. Park, T. Fukushima, M. Koyangi. " Nickel germanide formation on condensed Ge layer for Ge-on-insulator device application" Jpn. J. Appl. Phys. Vol. 45, No. 4B, pp. 2984~2986, 2006.
- [3] T. Jarmar, F. Ericson, U. Smith, J. Seger, S. -L. Zhang, "Influence of germanium on the formation of NiSi_{1-x}Ge_x on (111) - oriented Si_{1-x}Ge_x", J. Appl. Phys. 98, 053507, 2005.