

O₂ plasma 표면 처리 공정에 의한 SOI nano-wire Bio-FET 소자의 전기적 특성 열화

오세만, 조원주*
광운대학교*

Degradation of electrical characteristics in SOI nano-wire Bio-FET devices

Se-Man Oh and Won-Ju Cho*
Kwangwoon Univ.*

Abstract : The effects of O₂ plasma ashing process for surface treatment of nano-wire Bio-FET were investigated. In order to evaluate the plasma damage introduced by O₂ plasma ashing, a back-gate biasing method was developed and the electrical characteristics as a function of O₂ plasma power were measured. Serious degradations of electrical characteristics of nano-wire Bio-FET were observed when the plasma power is higher than 50 W. For curing the plasma damages, a forming gas anneal (2 %, H₂/N₂) was carried out at 400 °C. As a result, the electrical characteristics of nano-wire Bio-FET were considerably recovered.

Key Words : Biosensor, Bio-FET, plasma, ashing

1. 서 론

Biosensor란 생체감지 물질과 신호 변환기로 구성되어 분석하고자 하는 물질을 선택적으로 감지할 수 있도록 고안된 장치로 최근 많은 연구가 진행되고 있다.[1] 특히 biosensor 중에서 구조가 간단하고, 고집적이 가능하며, 안정성이 높고, 낮은 출력 임피던스를 가지는 등 여러 가지 장점을 가지고 있는 것이 Bio-FET이다. Bio-FET 제작에 있어서 매우 중요한 과정의 하나로서 bio 물질(항체)이 용이하게 부착될 수 있도록 O₂ 플라즈마 표면처리를 통해 O-H기를 형성하는 공정이 있다. 플라즈마 공정은 MOSFET 소자에 손상을 주는 것으로 알려져 있으며, 특히 SOI (Silicon-on-Insulator) 기판을 이용해서 제작하는 Bio-FET의 경우에는 상부 실리콘 및 매몰 산화막과 상부 실리콘 사이의 계면특성을 열화시켜 바이오 센서의 감도 저하를 초래할 수 있다. 지금까지 O₂ 플라즈마 표면처리 과정에서 발생하는 플라즈마 손상에 대해서는 많은 연구가 진행되어 왔다. 그러나, Bio-FET의 제작과정에서 진행되는 O₂ 플라즈마 표면처리에 의한 소자의 특성 열화에 대해서는 지금까지 거의 보고되지 않았다.

따라서, 본 연구에서는 Bio-FET 소자의 O₂ 플라즈마 표면처리 과정에서 발생하는 전기적 특성의 변화를 평가하였다. 또한 후속 열처리 공정(FGA: Forming Gas Anneal)을 통해 매몰 산화층과 기판 사이의 계면 특성을 개선하였고, 그로 인한 전기적 특성의 향상을 확인하였다[2].

2. 실험

실험에 사용될 SOI nano-wire Bio-FET는 상부 실리콘층이 50 nm인 SOI 기판을 이용하여 그림 1. 과 같은 방법으로 제작하였다.

Device fabrication

- SOI substrate T_{Si} = 50 nm
- Oxide mask PECVD, 10 nm
- Channel doping Ion implantation, Boron
Dose 3x10¹³ cm⁻²
- Activation Furnace, 950°C, 30min, N₂
- Nano-wire E-beam lithography
- S/D region Photo lithography
- S/D doping Ion implantation, Boron
Dose 2x10¹⁵ cm⁻²
- Activation Furnace, 950°C, 30min, N₂
- Contact metal Evaporator, AlCr/Au

그림 1. 공정 순서도.

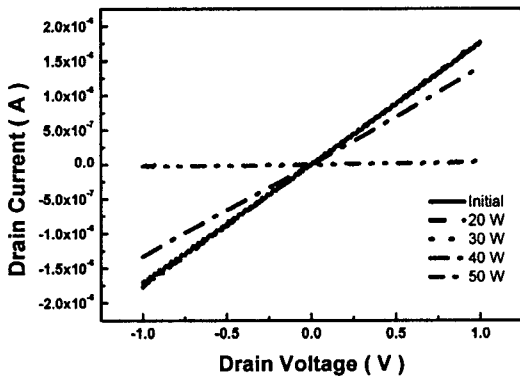
실험은 제작된 SOI nano-wire Bio-FET를 사용하여 표 1. 과 같은 순서와 조건으로 진행하였다. O₂ 플라즈마 표면처리 공정은 RIE (Reactive Ion Etching) system을 이용하여 진행되었고, nano-wire에 직접 바이오 물질을 흡착하는 대신 back-gate bias를 인가함으로써 nano-wire에 흐르는 전류의 변화 및 감도를 측정하였다.

표 1. 실험 순서 및 조건.

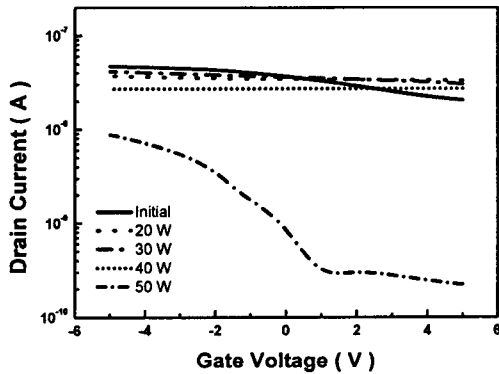
No	Process	Gas	Condition	Time
1	Initial	-	-	-
2	O ₂ ashing 1	O ₂ /10 sccm	RIE/20 W/30 mTorr	1'
3	FGA 1	H ₂ /N ₂	Furnace/400 °C	30'
4	O ₂ ashing 2	O ₂ /10 sccm	RIE/30 W/30 mTorr	1'
5	FGA 2	H ₂ /N ₂	Furnace/400 °C	30'
6	O ₂ ashing 3	O ₂ /10 sccm	RIE/40 W/30 mTorr	1'
7	FGA 3	H ₂ /N ₂	Furnace/400 °C	30'
8	O ₂ ashing 4	O ₂ /10 sccm	RIE/50 W/30 mTorr	1'
9	FGA 4	H ₂ /N ₂	Furnace/400 °C	30'

3. 결과 및 고찰

그림 2는 O₂ 플라즈마 표면 처리 공정의 RF 플라즈마 power에 따른 SOI nano-wire Bio-FET의 전기적 특성 변화를 나타낸다. RF power가 높아짐에 따라 소자의 저항이 높아지고 전류특성이 열화되는 현상을 볼 수 있는데, 이는 계면준위의 증가에 따른 전계효과 이동도 열화로 설명된다. 또한 O₂ 플라즈마 표면 처리시 RF power가 20~40 W에서는 특성열화가 비교적 작지만 50 W에서는 특성열화가 크게 나타났다. 이를 통해 O₂ 플라즈마 표면처리 공정을 할 경우 가능하면 낮은 power에서 진행하는 것이 소자 특성의 열화가 작다는 것을 확인하였다.



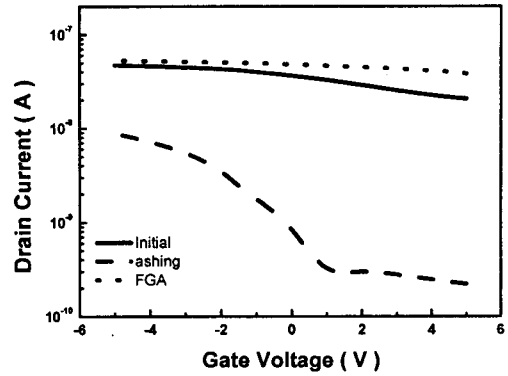
(a) 저항특성



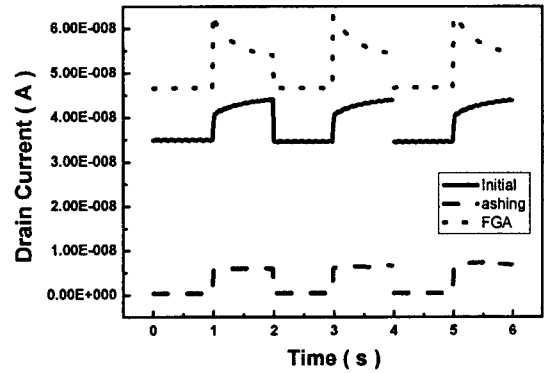
(b) ID-VG 특성

그림 2. SOI nano-wire BioFET의 RF power에 따른 전기적 특성.

그림 3은 2% H₂/N₂ 분위기에서 후속 열처리를 진행함에 따른 소자의 전기적 특성 변화를 보여준다. O₂ 플라즈마 표면처리 과정에서 열화되었던 소자의 전기적 특성이 후속 열처리 이후에 크게 개선되며, 초기 상태보다 더 우수한 특성을 나타내고 있다. 이를 통해 플라즈마 손상을 받은 소자의 특성을 개선시키기 위한 추가 공정이 필요하다는 것을 확인할 수 있었다.



(a) ID-VG 특성



(b) 5 V, 0.5 Hz bias 인가시의 출력 특성

그림 3. O₂ 플라즈마 표면처리에 따른 소자의 특성 열화 및 FGA에 따른 특성의 개선

4. 결론

본 연구에서는 SOI nano-wire Bio-FET를 제작하고, O₂ 플라즈마 표면 처리 공정에 따른 전기적 특성의 변화를 조사하였다. 이 결과를 바탕으로 실제 biosensor의 제작 과정에서 O₂ plasma 표면처리를 진행할 때 되도록 낮은 RF power에서 진행해야 한다는 것을 확인하였다. 또한 최적화된 후속 열처리 공정을 통하여 플라즈마 손상에 의한 소자 특성의 열화를 크게 개선시킬 수 있었다.

참고 문헌

- [1] Z. Li, Y. Chen, X. Li, T. I. Kamins, K. Nauka, and R. S. Williams, "Sequence-Specific Label-Free DNA Sensors Based on Silicon Nanowires", NANO LETTERS, Vol. 4, No. 2, p. 245, 2004.
- [2] W. J. Cho, and C. G. Ahn, "Thermal annealing effects on the electrical characteristics of the back interface in nano-silicon-on-insulator channel", Appl. Phys. Lett., Vol. 90, p. 143509, 2007.