

NMOSFET의 트렌치게이트 산화막 균일도에 따른 전류-전압 특성연구

김상기, 박건식, 김용구, 구진근, 박훈수*, 우종창, 유성욱, 김보우, 강진영
한국전자통신연구원, 위덕대학교*

A study of NMOSFET trench gate oxide uniformity according to voltage-current characteristic

Sang-Gi Kim, Kun Sik Park, Young Goo Kim, Jin Gun Koo, Hoon Soo Park*,
Jong Chang Woo, Sung Wook Yoo, Bo Woo Kim and Jin Young Kang
ETRI, Uiduk Univ.*

Abstract : 대전류용 전력소자를 제조하기 위해 고밀도 트렌치를 형성하여 이들을 병렬로 연결시켜 트렌치 게이트 NMOSFET를 제작하였다. 고밀도 트렌치 소자를 제작한 후 게이트 산화막 두께에 따른 전류-전압 특성을 분석하였다. 트렌치 측벽의 게이트 산화막 두께는 트렌치 측벽의 결정방향에 따라 산화막 두께가 다르게 성장된다. 특히 게이트 산화막 두께의 균일도가 나쁘거나 두꺼울수록 게이트 전류-전압 특성은 다르게 나타난다. 트렌치 형상에 따라 측벽의 산화막 두께가 불균일하거나 혹은 코너 부분의 산화막이 두께가 얇게 증착됨을 알 수 있었다. 이는 트렌치 측벽의 결정방향에 따라 산화막 성장 두께가 다르기 때문이다. 이러한 산화막 두께의 균일도를 향상시키기 위해 트렌치 코너 형상을 개선하여 트렌치 측벽의 게이트 산화막의 두께 균일도를 높였으며, 그 결과 소자의 전기적 특성이 개선되었다.

Key Words : 트렌치, 게이트 산화막

1. 서론

최근 정보통신의 발달로 반도체 산업과 더불어 IT분야의 부품소재산업의 경쟁력은 날로 증대되고 있다. 21세기 큰 문명사적 전환점인 정보화 사회로의 진입은 초소형, 초고속화의 기술로 급진적인 발전을 거듭해 오면서 소자의 변화에도 많은 변화가 일고 있다. 휴대통신의 발달로 최근 고전압 대전류 초소형 소자의 개발이 날로 증대되고 있다. 특히 고밀도 소자의 발달과 디자인 룰 감소에 따라 트렌치 기술을 이용한 소자들이 많이 개발되고 있다. 그러나 이러한 소자들은 종래의 수평적 구조에서 수직적 구조를 사용함으로써 소자의 크기는 많이 줄어들었으나 소자의 핵심인 게이트 산화막의 균일도와 신뢰성 측면에서는 아직도 많은 연구가 이루어지고 있다. 수직형 트랜지스트의 경우 게이트를 수직으로 형성해야 하는데, 트렌치를 이용한 소자일 경우 3차원적인 입체구조로 게이트 산화막 형성시 결정구조에 따라 산화막의 성장 두께가 다르기 때문에 소자 제조 후에도 소자의 특성이 나쁜질 경우도 있다.

본 연구에서는 수십만개의 고밀도 트렌치 소자를 제작하였다. 특히 소자의 특성에 많은 영향을 미치는 게이트 산화막의 두께 균일도를 높여 소자의 특성을 향상시켰다.

2. 실험

본 실험은 전력소자를 제조하기 위해 트렌치 기술을 이용하여 수직형 전력소자를 제작하였다. 트렌치형 전력소자는 게이트 산화막을 균일하게 형성하는 것이 매우 중

요한 기술이다. 종래의 수평형 소자 제조시 게이트 산화막 형성후 산화막 두께가 매우 균일하게 성장되지만 수직형 트렌치 게이트 산화막은 산화막 형성후 두께가 일정하지 않은 경우가 많다. 본 연구는 이러한 문제점을 해결하기 위해 트렌치를 형성한 후 트렌치 내부의 결정구조를 변화시켜 트렌치 측벽의 산화막의 두께 균일도를 향상시켰다. (그림 1)은 트렌치 NMOSFET 소자의 단면구조를 나타낸 것이다. 그림에서 보는 바와 같이 게이트 폴리를 강하고 있는 것이 게이트 산화막인데, 이 산화막 두께가 소자의 특성에 많은 영향을 미친다.

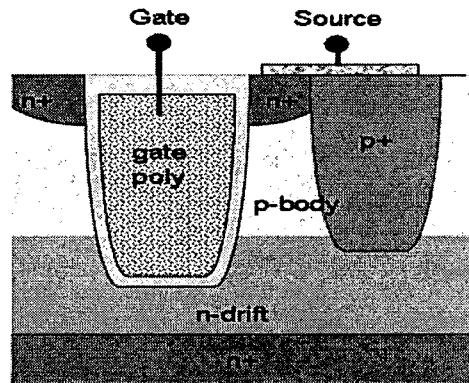


그림 1. 트렌치 NMOSFET 소자의 단면구조.

3. 결과 및 검토

그림 2는 공정조건에 따른 트렌치코너의 산화막 균일도를 나타낸 것이다. 그림2의 (a)에서와 같이 트렌치의

bottom 코너 부분의 산화막이 트렌치 측벽보다 얇음을 알 수 있다. 이렇게 산화막이 균일하지 않을 경우 소자의 전류-전압 특성은 나쁘게 나타난다. (b)의 경우 트렌치 코너를 라운딩하여 트렌치 코너의 결정구조를 변화시켜 산화막 성장시 두께 균일도를 향상시켰다. 표 1은 1000C에서 1시간 동안 건식 산화막으로 성장 시켰을때 결정구조에 따른 산화막 두께의 균일도를 나타낸 것이다. 표 1에서와 같이 결정구조가 (100)면보다 (011) 면이 약 28% 정도 산화막이 더 성장하는 것을 알 수 있다. 트렌치 형성후 측벽의 결정구조는 주로 (110)이고 코너는 (111), (311) 면이 생성된다.

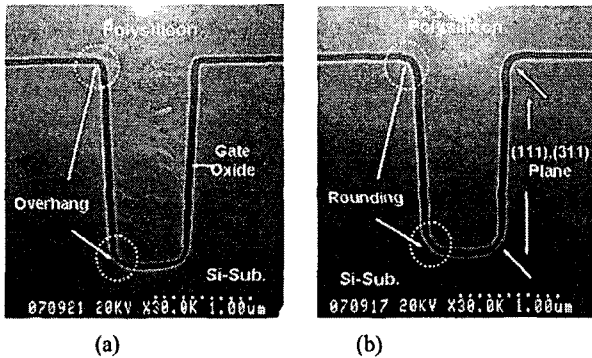


그림 2. 공정조건에 따른 게이트산화막 두께변화.

(표 1) 1000C에서 1시간 동안 건식산화막 성장후 결정방향에 따른 산화막 두께변화(Ref. 4)

결정방향	100	511	311	111	110
단위(A)	484	501	547	647	610

그림 3은 게이트 산화막이 균일한 트렌치 게이트 NMOSFET 단면구조를 나타낸 것이다. 그림 4는 게이트 산화막 두께 변화에 대한 전류-전압 특성을 분석하였다. 게이트 산화막의 균일도가 차이가 많아 게이트 전류가 작게 흐르며 파괴전압이 낮은 것을 알 수 있었다.

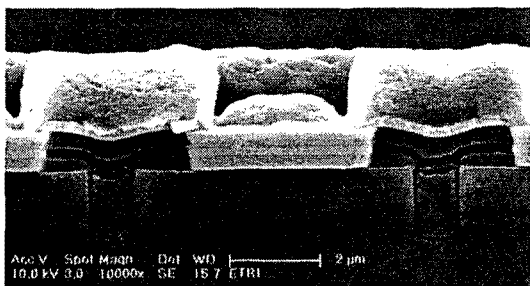


그림 3. 트렌치 게이트 NMOSFET 소자 단면구조.

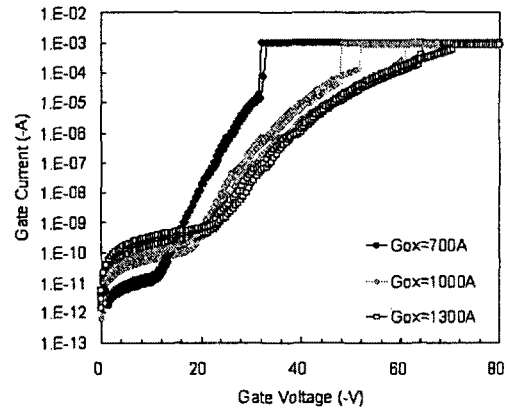


그림 4. 게이트 산화막 두께에 다른 전압-전류 특성.

4. 결론

본 연구에서는 트렌치를 사용하여 많은 전류를 흘리기 위해 고밀도 트렌치를 형성하여 이들을 병렬로 연결시켜 대전류용 트렌치게이트 NMOSFET를 제작하였다. 고밀도 트렌치 소자를 제작한 후 게이트 산화막 두께에 따른 전류-전압 특성을 분석하였다. 트렌치 측벽의 게이트 산화막 두께는 트렌치 측벽의 결정방향에 따라 산화막 두께가 다르게 성장된다. 특히 게이트 산화막 두께의 균일도가 나쁘거나 두꺼울수록 게이트 전류-전압 특성은 다르게 나타난다. 트렌치 형상에 따라 측벽의 산화막 두께가 불균일하거나 혹은 코너 부분의 산화막 두께가 얇게 증착됨을 알 수 있었다. 이는 트렌치 측벽의 결정방향에 따라 산화막 성장 두께가 다르기 때문이다. 이러한 산화막 두께의 균일도를 향상시키기 위해 트렌치 코너 형상을 개선하여 트렌치 측벽의 게이트 산화막의 두께 균일도를 높였으며, 그 결과 소자의 전기적 특성이 개선되었다.

참고 문헌

- [1] Sang-Gi Kim, Jongdae Kim, Jin Gun Koo, Kee Soo Nam, "A Novel Trench Formation and Planarization Technique using Positive Etching and CMP for Smart Power ICs", Proc. of the 10th ISPSD'98, p. 367, Kyoto Japan, 1998.
- [2] Sang-Gi Kim, Tae Moon Roh, Jongdae Kim, Il Young Park, Ju Wook Lee, Jin Gun Koo, and Kyoung Ik Cho, "Behavior of Trench Surface by H₂ Annealing for Reliable Trench Gate Oxide", Journal of Crystal Growth, Vol. 255, p. 123, 2003.
- [3] Jongdae Kim, Tae Moon Roh, Sang-Gi Kim, Il-Yong Park, Yil Suk Yang, Dae Woo Lee, Kyoung-Ik Cho, and Young Il Kang, "A Novel Process for Fabricating High Density Trench MOSFETs for DC-DC Converters", ETRI Journal, Vol. 24, No. 5, p. 333, 2002.
- [4] W.R.Runyan, K.E.Bean, Semiconductor Integrated Circuit Processing Technology, p85, 2000.