

## 트렌치 식각 형상에 따른 신뢰성 향상

김상기, 이주욱, 김관하, 박춘수\*, 김보우, 구진근, 강진영  
한국전자통신연구원, 위덕대학교\*

### The reliability enhancement according to the trench etching profile

Sang-Gi Kim, Ju Wook Lee, Gwan-Ha Kim, Hoon Soo Park\*, Bo Woo Kim, Jungun Koo and Jin Young Kang  
ETRI, Uiduk Univ.\*

**Abstract :** 고밀도 트렌치 게이트 전력소자 제조를 위해 HBr, He-O<sub>2</sub>, SiF<sub>4</sub>, CF<sub>4</sub> 등의 식각 가스를 이용하여 형성한, 트렌치 표면 거칠기 및 손상을 최소화 하여 고밀도 트렌치 게이트 전력소자를 제조하였다. 트렌치 형상 각도가 약 90°일 경우 항복전압은 약 29 V인 반면, 트렌치 각도가 88°일 경우 항복전압이 37 V로 트렌치 형상에 따라 약 25%의 항복전압이 높아졌음을 알 수 있었다. n-채널 트렌치 게이트 전력소자의 전압-전류 측정 결과 트렌치 게이트 수가 45,000개일 때 게이트에 10 V를 인가했을 때 전류는 약 46 A로 측정되어 고밀도 트렌치 게이트 전력소자의 특성이 좋음을 알 수 있었다.

**Key Words :** 트렌치, 트렌치 게이트

### 1. 서론

소자의 발달과 디자인 룰 감소에 따라 소자 격리 및 미세 패턴 형성을 위한 식각기술 개발이 많이 요구되고 있다. 특히 디스플레이 및 휴대통신의 발달로 고집적 저전력 소자의 수요가 날로 증대되고 있다. 그러나 메모리 기술의 발달은 앞서가고 있으나, 비메모리 분야에는 아직도 많은 기술개발을 필요로 하고 있다. 트렌치 게이트 전력 소자를 제조하기 위해서는 식각기술이 무엇보다 중요하다. 그러나 식각 장비에 의한 공정 기술들은 많이 연구되고 개발되어 있지 않다. 특히 실리콘 식각을 위한 에칭 가스들은 일반적으로 HBr, Cl<sub>2</sub>, SF<sub>6</sub>, NH<sub>3</sub>, SiF<sub>4</sub>, CF<sub>4</sub> 등 여러 가스들을 혼합하여 특성에 맞는 조건을 개발하여 공정에 적용시키고 있다. 본 연구에서는 고밀도 트렌치 게이트 전력소자 제조를 위해 트렌치 형성 후 실리콘 표면의 저손상화, 트렌치 형성 각도의 최적화를 위해 식각 가스의 비 조정과 고밀도 트렌치 형성 후 내부 채움에 따른 전기적 특성 등을 측정하였다.

본 연구에서는 트렌치 게이트 전력소자 제조 과정 중 트렌치 식각 형상에 따른 신뢰성을 측정하였다. 식각 장비는 MERIE(magnetic enhancement reactive ion etching) 방식을 사용했으며, 식각 가스로는 HBr, CF<sub>4</sub>, SiF<sub>4</sub>, He-O<sub>2</sub> 등을 이용하였다.

### 2. 실험

본 실험은 n-채널 고밀도 트렌치 게이트 전력소자를 제작하기 위해 n-type 기판위에 n<sup>+</sup> 및 n-에피층을 성장하였다. 주요 공정은 고밀도 트렌치 게이트를 형성하였고, 게이트 산화막은 약 500Å이며, 트렌치 내부는 다결정실리콘으로 트렌치 내부를 채웠다. 고밀도 트렌치 게이트를 병렬로 연결하여 대전류를 흘릴 수 있는 트렌치 게이트 전력소자를 제작하였다. 트렌치 폭은 1μm, 깊이는 약 2μm이며 대전류를 흘리기 위해 트렌치 게이트 수는 약

45,000개의 동일한 트렌치를 형성하여 병렬로 연결하였다. 디바이스 크기는 2mm X 1.5mm이고, 셀피치는 약 6μm이다. 그림 1은 트렌치 게이트 전력소자 단면구조이다.

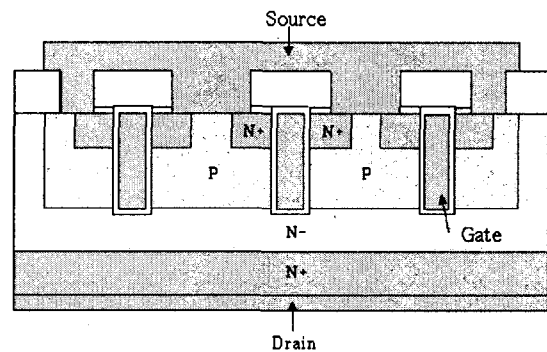


그림 1. n-채널 트렌치 게이트 전력소자 구조.

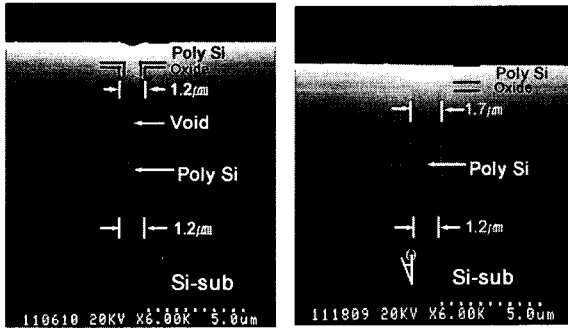
### 3. 결과 및 검토

그림 2는 트렌치 형상에 따라 트렌치 내부 다결정실리콘을 채울 때 나타나는 현상을 보여주는 것이다. 그림 2(a)에서는 트렌치 각도가 90° 일 경우 트렌치 내부에 void가 형성 되어 소자 제조 시 문제가 발생 될 수 있다. 그러나 그림 2(b)에서는 트렌치 내부에 void가 없이 잘 채움이 이루어 졌음을 알 수 있었다. 이것은 수 만개의 트렌치를 병렬로 연결 시 소자 특성에 많은 영향을 줄 수 있다. 그림 3은 고밀도 트렌치 게이트를 형성한 사진으로 트렌치 형성이 매우 양호함을 알 수 있다. 그림 4는 n-채널 트렌치 게이트 소자에서 45,000개의 셀을 병렬로 연결한 후 전류-전압 특성을 측정한 것이다. 게이트에 10 V를 인가했을 때 전류는 약 46.2 A로 측정되었다. 그림 5는 고밀도 트렌치 게이트 형성 시 트렌치 형상에 따른 항복전압을 측정한 것이다. 그림에서와 같이 트렌치 형상이 90° 일 경우 항복전압은 약 29 V인 반면, 트렌치 형상이 88° 일 경우 항복전압은 37 V로 측정되어 트렌치 형상에

따라 약 25%의 항복 전압 개선효과를 얻을 수 있었다.

#### 4. 결론

본 연구에서는 고밀도 트랜치 형성을 위한 식각 실험에서 공정 조건에 따라 실리콘 표면의 손상이나 식각 트랜치 각도가 다르게 형성되었다. 최적의 트랜치 게이트 전력소자 제조를 위해 식각 가스로는 HBr 및 He-O<sub>2</sub> 가스에 SF<sub>6</sub> 혹은 CF<sub>4</sub> 가스보다 SiF<sub>4</sub> 가스를 사용하여 실리콘 표면 거칠기 및 트랜치 표면의 손상이 적음을 알 수 있었고, 식각 프로파일 개선에서는 He-O<sub>2</sub>의 유량에 따라 트랜치 각도를 조정할 수 있었다. 트랜치 입구가 너무 넓거나 좁을 경우 트랜치 내부에 void가 형성되어 소자 제조 후 전기적 특성이 나쁠을 알 수 있었다. 트랜치 각도가 약 88° 일 경우 트랜치 게이트 소자의 특성이 좋음을 알 수 있었다. n-채널 트랜치 게이트 전력소자 전압-전류 측정 결과 트랜치 게이트 수가 45,000개일 때 게이트에 10 V를 인가했을 때 전류는 약 46 A로 측정되었고, 항복전압은 트랜치 개선 전에 약 29 V인 것이 트랜치 개선 후 37 V로 약 25%의 항복전압이 향상되었다.



(a) 트랜치 형상 개선 전 (b) 트랜치 형상 개선 후  
그림 2. 트랜치 게이트 형성 단면.

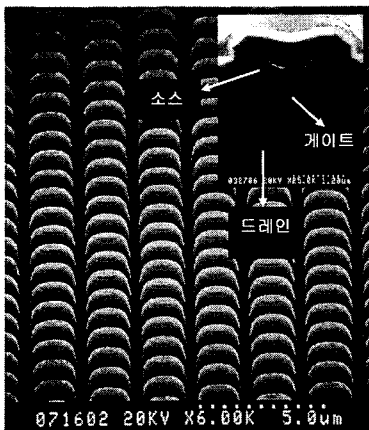


그림 3. 트랜치 게이트 형성 사진.

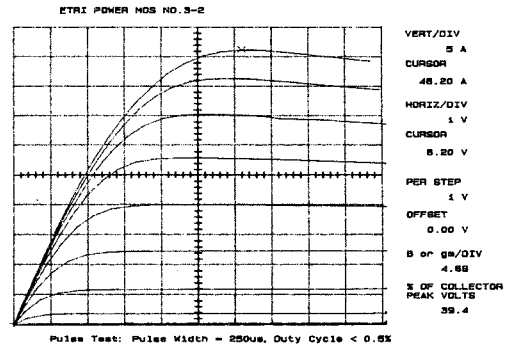


그림 4. n-채널 트랜치 게이트 전류-전압 특성.

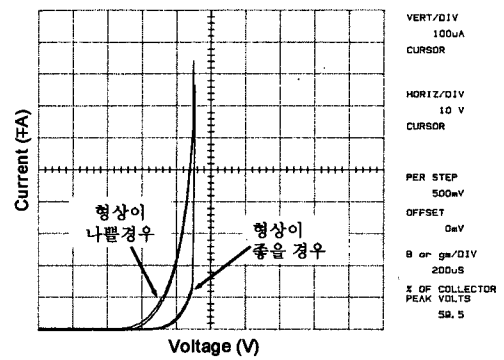


그림 5. 트랜치 형상이 나쁜 경우(a), 트랜치 형상이 좋은 경우(b)의 전압에 따른 항복전압 특성.

#### 감사의 글

본 연구는 정보통신부의 연구비 지원에 의한 것입니다.

#### 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 H<sub>2</sub> 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.