

Trench gate CB-BRT의 최대 제어 가능 전류에 대한 설계 변수들의 영향

지인환, 오재근, 전병철, 한민구, 최연익*
 151-742 서울특별시 관악구 신림동 산 56-1 서울대학교 전기컴퓨터공학부 #50
 *442-749 경기도 수원시 팔달구 원천동 아주대학교 전자공학부

Influence of Design Parameters on Maximum Controllable Current of Trench Gate CB-BRT (Base Resistance Controlled Thyristor)

In-Hwan Ji, Jae-Keun Oh, Byung-Chul Jeon, Yean-Ik Choi* and Min-Koo Han
 #50, School of Electrical Eng., Seoul Natl Univ., Shinlim-dong, Kwanak-ku, Seoul 151-742, Korea
 *School of Electronics Eng., Ajou Univ., Wonchun-dong, Paldal-ku, Suwon 442-749, Korea

Abstract - Trench gate CB-BRT:TC-BRT의 최대 제어 가능 전류(Maximum Controllable Current)에 영향을 미치는 설계 변수들을 조사하였다. 최대 제어 가능 전류를 결정하는 중요 설계 변수들로 트렌치 깊이, 핑거 게이트 길이, 메인 게이트 길이, 트렌치 밀도를 고려하였다.

TC-BRT의 실험적 결과를 기존의 BRT와 CB-BRT의 결과와 비교하였다. 최대 제어 가능 전류는 트렌치 깊이와 트렌치 밀도가 증가하고 메인 게이트 길이가 감소할수록 증가하였으며 핑거 게이트 길이에 대해서는 큰 영향을 받지 않았다. 핑거 게이트가 있는 TC-BRT가 없는 것에 비해 최대 제어 가능 전류가 약 15% 높게 나타났다. 트렌치 밀도가 작을 때는 핑거 게이트에 의한 영향이 두드러지고 트렌치 밀도가 높아질수록 트렌치 게이트의 역할이 증가하였다.

1. 서 론

베이스 저항 제어 사이리스터(base resistance controlled thyristor)는 GTO에 비해 게이트 구동회로가 간단하고 제조 과정에 있어서 표준 IGBT 공정과 호환되기 때문에 대전력 시스템 응용에 있어 적합한 반도체 소자이다 [1]. 그러나 BRT 구조에서는 전류 호깅(current hogging) 현상으로 인한 소자의 불균일한 턴온 동작으로 [2] 국부적인 온도 상승 및 상대적으로 낮은 최대 제어 가능 전류(Maximum Controllable Current)의 문제가 있다. 본 연구팀은 스냅-백(snap-back) 현상이 억제되고 최대 제어 가능 전류가 증가된 새로운 형태의 corrugated-base BRT (CB-BRT)를 제안하였다 [3]. 또한 트렌치 핑거 게이트를 이용하여 최대 제어 가능 전류를 증가시키고 스냅-백 현상을 억제한 TC-BRT도 제안하였다 [4]. TC-BRT는 최대 제어 가능 전류를 증가시키기 위해서 트렌치 게이트와 자기 정렬 구조의 corrugated p-base를 이용하였다. TC-BRT 구조에서는 유효 채널 폭 증가로 인하여 채널 저항이 감소하게 되어 최대 제어 가능 전류가 증가하게 된다.

본 논문에서는 TC-BRT의 최대 제어 가능 전류에 영향을 미치는 설계 변수들을 조사하였다. 제안된 소자의 최대 제어 가능 전류를 결정하는 트렌치 깊이, 핑거 게이트 길이, 메인 게이트 길이, 트렌치 밀도 등의 설계 변수들이 고려되었다. 제안된 TC-BRT는 서울대학교 반도체 공동 연구소의 시설을 이용하여 일반적인 BRT 및 CB-BRT와 동시에 제작하였다. TC-BRT의 측정 결과를 기존의 BRT와 CB-BRT의 결과와 비교하였다.

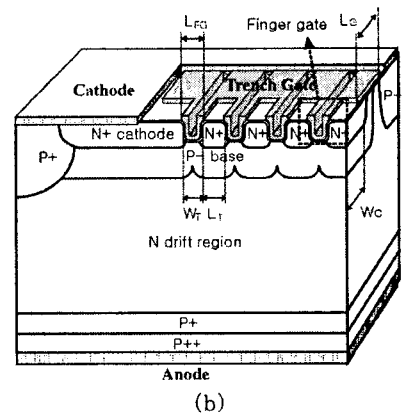
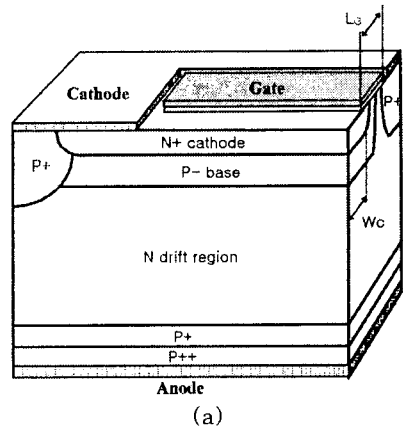


그림 1-1. 소자 구조 (a)기존 BRT, (b) TC-BRT.

2. 본 론

2.1 TC-BRT의 설계 변수

그림 1-1 (b)는 트렌치 게이트와 자기 정렬 구조의 corrugated p-베이스를 갖는 TC-BRT의 도식적인 구조를 보여준다. 그림 1-1 (b)에서 L_{fg} , L_g , W_t , L_t , W_c 는 각각 핑거 게이트 길이, 메인 게이트 길이, 트렌치 폭, 트렌치 간격, n+ cathode 폭을 나타낸다. 설계 변수들의 영향을 분석하기 위하여 다양한 종류의 TC-BRT를 제작하였다. CB-BRT의 구조는 트렌치 구조를 제외하고 TC-BRT와 동일하다. 다시 말하자면 CB-BRT는 0 μm 의 트렌치 깊이를 갖는 TC-BRT라고 할 수 있다.

2.1.1 트랜치 깊이에 대한 TC-BRT의 최대 가능 전류

그림 2는 다양한 n^+ 캐소드 폭에 따른 TC-BRT의 최대 제어 가능 전류를 보여준다. 최대 제어 가능 전류는 온 상태 시의 소자의 게이트에 -15 V 를 가할 때 소자가 턴오프 되는 최대 전류로서 측정된다. 트랜치 깊이에 대한 영향은 $0.3\mu\text{m}$, $0.6\mu\text{m}$ 의 트랜치 깊이를 갖는 TC-BRT와 CB-BRT를 비교하여 검증하였다. 트랜치 깊이가 증가할수록 메인 게이트의 유효 채널 폭이 증가하게 되므로 채널 저항이 감소하게 된다. 따라서 트랜치 깊이가 증가할수록 최대 제어 가능 전류가 증가하게 된다.

2.1.2 핑거 게이트 길이에 대한 TC-BRT의 최대 제어 가능 전류

그림 3은 TC-BRT의 최대 제어 가능 전류에 대한 핑거 게이트 길이에 의한 영향을 보여준다. TC-BRT의 베이스 저항은 핑거 게이트의 길이에 의해 조절되기 때문에 핑거 게이트의 길이는 스냅백 현상을 제거하는데 매우 중요한 변수이다. 그림 3에서 볼 수 있듯이 TC-BRT의 최대 제어 가능 전류는 핑거 게이트 길이에 의해 큰 영향을 받지 않는다.

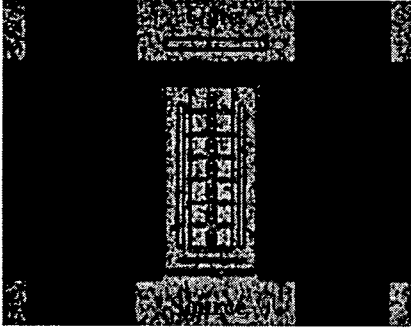


그림 1-2. 제작된 트랜치 게이트 CB-BRT

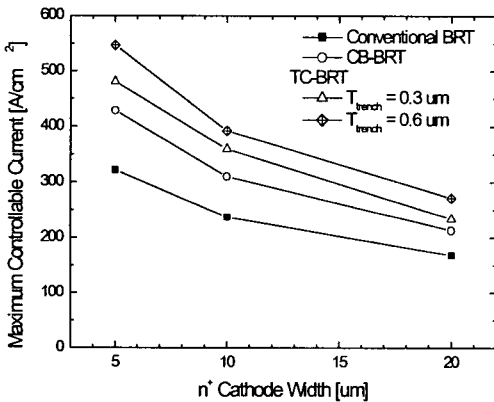


그림 2. TC-BRT의 최대 제어 가능 전류(maximum controllible current)

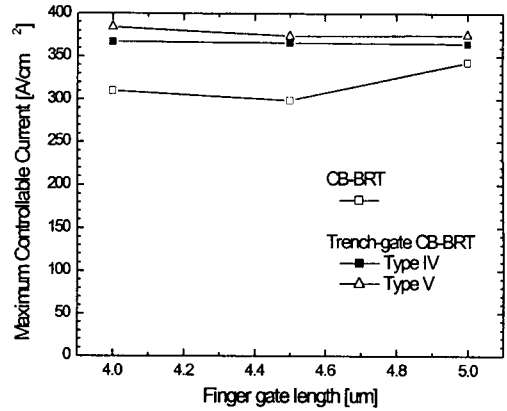
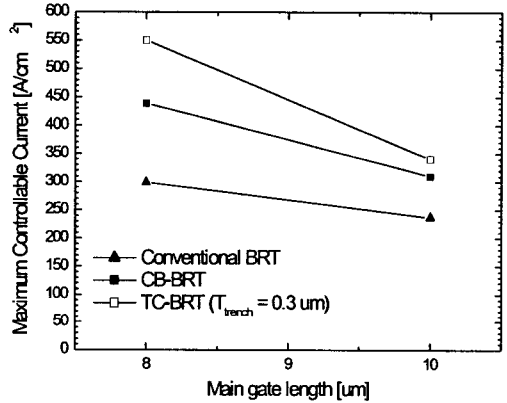
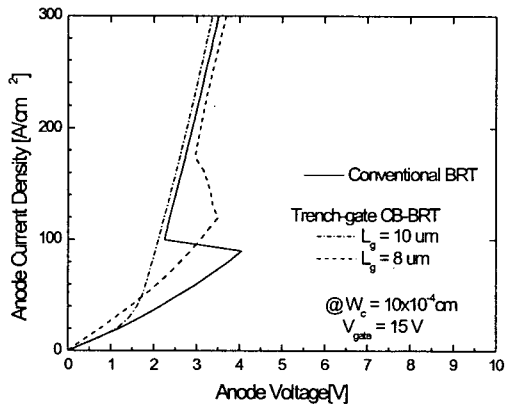


그림 3. 핑거 게이트 길이에 대한 측정된 TC-BRT의 최대 제어 가능 전류



(a)



(b)

그림 4. 다양한 메인 게이트 길이에 대한 측정된 TC-BRT의 특성 (a) 최대 제어 가능 전류, (b) I-V

감사의 글

본 연구는 한국 과학기술부 후원 전력용반도체
기술개발사업으로 수행되었습니다.

[참 고 문 헌]

- [1] M. Nandakumar, B. J. Baliga, "Theoretical and Experimental characteristics of the base resistance controlled thyristor (BRT)," *IEEE Trans. Electron devices*, vol. 39, pp.1938-1945, 1992
- [2] V. Parthasarathy and T. P. Chow, "Theoretical and experimental investigation of 500 V p- and n-channel VDMOS-LIGBT transistors" *proc. 7th ISPSD*, pp. 241-246, 1995.
- [3] D. S. Byeon, Y. S. Lee, W. O. Lee, M. K. Han and Y. I. Choi, "The maximum controllable current of improved base resistance controlled thyristor employing a self-aligned corrugated p-base" *proc. 11th ISPSD*, pp. 229-232, 1999
- [4] J. K. Oh, M. S. Lim, B. C. Jeon, M. K. Han and Y. I. Choi, "A new base resistance controlled thyristor employing trench gate and self-align corrugated p-base" *proc. 13th ISPSD*, pp. 207-210, 2001

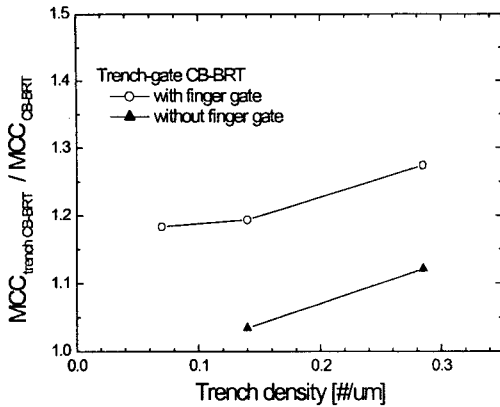


그림 5. 트렌치 밀도와 TC-BRT의 최대 제어 가능 전류와의 관계

2.1.3 메인 게이트 길이에 대한 TC-BRT의 최대 제어 가능 전류

그림 4는 메인 게이트 길이가 TC-BRT의 최대 제어 가능 전류에 미치는 영향을 보여준다. 메인 게이트 길이는 TC-BRT의 p-채널 저항을 결정한다. 따라서 메인 게이트 길이가 감소할수록 TC-BRT의 최대 제어 가능 전류는 증가한다. 그러나 메인 게이트의 길이가 너무 짧아지게 되면 스냅-백 현상과 순방향 전압 강하와 같은 온 특성(on characteristics)이 열화되기 때문에 메인 게이트 길이를 무한히 짧게 할 수는 없다. TC-BRT에서는 핑거 게이트 구조를 이용하여 온 특성을 개선하였으며 메인 게이트 길이가 짧은 소자도 일반적인 BRT에 비해서 좋은 온 특성을 보였다. 8 μm 의 메인 게이트 길이를 갖는 TC-BRT가 10 μm 의 메인 게이트를 갖는 TC-BRT에 비하여 상당히 높은 최대 제어 가능 전류를 보였다.

2.1.4 트렌치 밀도에 대한 TC-BRT의 최대 제어 가능 전류

그림 5는 다양한 트렌치 밀도에 대한 TC-BRT의 최대 제어 가능 전류를 보여준다. 단위 채널 길이 당 트렌치의 개수와 증가된 TC-BRT의 최대 제어 가능 전류 사이의 관계를 나타내고 있다. 최대 제어 가능 전류에 대한 핑거 게이트의 영향을 알아보기 위하여 핑거 게이트가 없는 TC-BRT와 비교하였다. 핑거 게이트가 없는 TC-BRT의 최대 제어 가능 전류가 핑거 게이트가 있는 것에 비해 15% 정도 낮았다. 트렌치 개수가 작을 때는 핑거 게이트의 역할이 더욱 중요해지고 트렌치 개수를 증가시킬수록 트렌치 게이트의 역할이 증가됨을 알 수 있다.

3. 결 론

TC-BRT의 최대 제어 가능 전류에 대한 설계 변수들의 영향을 조사하였다. 최대 제어 가능 전류의 증가는 메인 게이트의 채널 저항에 영향을 미치는 변수에 의해 결정됨을 알 수 있다. 트렌치 깊이가 증가하고 메인 게이트의 길이가 감소할수록 채널 저항이 감소하여 TC-BRT의 최대 제어 가능 전류가 증가하였다. 실험적 결과들을 통해 TC-BRT의 최대 제어 가능 전류가 온 특성의 저하 없이 증가되었음을 알 수 있다. 설계 변수들이 최적화 될 때 TC-BRT의 최대 제어 가능 전류는 더욱 증가될 것이다.