



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2023-0165511
(43) 공개일자 2023년12월05일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H01L 29/06 (2006.01) H01L 29/66 (2006.01)
H01L 29/739 (2006.01)
(52) CPC특허분류
H01L 29/0696 (2013.01)
H01L 29/66325 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2022-0065346
(22) 출원일자 2022년05월27일
심사청구일자 2022년05월27일

(71) 출원인
부경대학교 산학협력단
부산광역시 남구 용소로 45, 부경대학교내 (대연동)
(72) 발명자
김장현
부산광역시 남구 용소로46번길 15, 307호(대연동, 웰가)
김성윤
부산광역시 남구 용소로 45 부경대학교대연캠퍼스 (뒷면에 계속)
(74) 대리인
오위환, 나성곤, 정기택

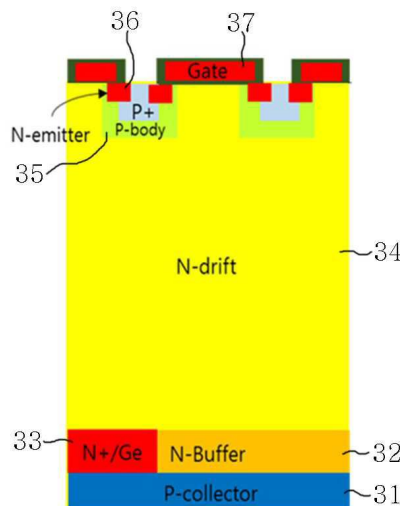
전체 청구항 수 : 총 4 항

(54) 발명의 명칭 스냅백 현상을 억제하기 위한 구조를 갖는 RC IGBT

(57) 요약

본 발명은 IGBT(Insulated Gate Bipolar Transistor) 후면의 N+ 영역 위치를 옮겨 전자들을 P 콜렉터 부근에 축적하여 전도도 변조(conductivity modulation)를 유도하여 스냅백 현상을 효과적으로 해결할 수 있도록 한 스냅백 현상을 억제하기 위한 구조를 갖는 RC IGBT에 관한 것으로, 기관의 후면에 위치하는 P+ 콜렉터 영역;P+ 콜렉터 영역상에 형성되는 N 버퍼 영역;P+ 콜렉터 영역상의 N 버퍼 영역의 일측에 위치하여 상부의 N 드리프트 영역에 접하도록 형성되어 순방향 모드(forward mode)에서 전자가 콜렉터로 추출이 되는 것을 막는 N+ 영역;N+ 영역 및 N 버퍼 영역상에 형성되는 N 드리프트 영역;기관 상부의 N 드리프트 영역 내에 위치하는 P 바디 영역 및 P 바디 영역 내의 N 에미터 영역;N 에미터 영역에 콘택되는 게이트;를 포함하고, RC IGBT 셀이 구성되는 것이다.

대표도 - 도3



(52) CPC특허분류

H01L 29/7393 (2013.01)

(72) 발명자

윤태영

부산광역시 사하구 다대로 473, 109동 1806호(다대동, 다대포현대아파트)

김기영

부산광역시 남구 용소로 45 부경대학교대연캠퍼스 학생생활관 B동 1008호

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1711139623
과제번호	2020R1G1A1101263
부처명	과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명	한국연구재단
연구사업명	개인기초연구(과기정통부)(R&D)
연구과제명	Charge Trap 기술을 이용한 Dopingless Tunnel Field Transistor 개발
기 여 율	1/1
과제수행기관명	부경대학교
연구기간	2020.09.01 ~ 2022.08.31

명세서

청구범위

청구항 1

기관의 후면에 위치하는 P+ 콜렉터 영역;

P+ 콜렉터 영역상에 형성되는 N 버퍼 영역;

P+ 콜렉터 영역상의 N 버퍼 영역의 일측에 위치하여 상부의 N 드리프트 영역에 접하도록 형성되어 순방향 모드(forward mode)에서 전자가 콜렉터로 추출이 되는 것을 막는 N+ 영역;

N+ 영역 및 N 버퍼 영역상에 형성되는 N 드리프트 영역;

기관 상부의 N 드리프트 영역 내에 위치하는 P 바디 영역 및 P 바디 영역 내의 N 에미터 영역;

N 에미터 영역에 콘택되는 게이트;를 포함하고, RC IGBT 셀이 구성되는 것을 특징으로 하는 스냅백 현상을 억제하기 위한 구조를 갖는 RC IGBT.

청구항 2

제 1 항에 있어서, 상기 N+ 영역에 게르마늄(Germanium)을 사용하여,

리버스 모드(reverse mode)에서 정공(hole)의 터널링(tunneling)을 통해 RC-IGBT가 가지는 특성을 유지할 수 있도록 하는 것을 특징으로 하는 스냅백 현상을 억제하기 위한 구조를 갖는 RC IGBT.

청구항 3

제 2 항에 있어서, N+ 영역에 게르마늄(Germanium)을 사용하는 것에 의해,

리버스 모드(reverse mode)에서 정공(hole)의 터널링을 통해 리버스 컨덕팅(reverse conducting)이 가능하게 하여 리버스 전류(reverse current)가 흐를 수 있도록 작동되는 것을 특징으로 하는 스냅백 현상을 억제하기 위한 구조를 갖는 RC IGBT.

청구항 4

제 1 항에 있어서, N+ 영역은 순방향 모드(forward mode)에서 전자가 콜렉터로 추출이 되는 것을 막아 스냅백이 일어나는 현상을 억제하여 RC-IGBT의 특성을 유지하도록 하는 것을 특징으로 하는 스냅백 현상을 억제하기 위한 구조를 갖는 RC IGBT.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 IGBT(Insulated Gate Bipolar Transistor)에 관한 것으로, 구체적으로 후면의 N+ 영역 위치를 옮겨 전자들을 P 콜렉터 부근에 축적하여 전도도 변조(conductivity modulation)를 유도하여 스냅백 현상을 효과적으로 해결할 수 있도록 한 스냅백 현상을 억제하기 위한 구조를 갖는 RC IGBT에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 전력반도체(Power Semiconductor)는 전기 에너지를 활용하기 위해 직류·교류 변환, 전압, 주파수 변화 등의 제어처리를 수행하는 반도체로, 전력을 생산하는 단계부터 사용하는 단계까지 다양한 기능을 수행한다.

[0003] 전력 반도체(power semiconductor)의 일종인 IGBT(insulated gate bipolar transistor)는 자동차, 전동차, 항공, 가전 및 다양한 산업분야에 응용이 되고 있는 전력 소자로서 전기전력의 변환, 제어 및 전송을 위한 중요한 소자이다.

- [0004] 특히 최근에 전기자동차(electric vehicles) 및 하이브리드 전기차(hybrid electric vehicles, HEV)의 핵심부품으로서 큰 주목을 받고 있다.
- [0005] IGBT(insulated gate bipolar transistor) 소자는 전류전도 능력이 뛰어난 소자이며, 큰 전력을 처리하기 위해 설계된 스위칭 디바이스로서 전원공급 장치, 변환기, 태양광 인버터, 가전제품 등에 널리 사용되고 있다.
- [0006] 이러한 IGBT는 파워 반도체 소자인 만큼 항복전압과 온-상태 전압 강하, 스위칭 속도, 신뢰성의 이상적인 파워 반도체 소자의 요구사항을 목표로 하고 있다.
- [0007] 일반적으로 드리프트 영역의 농도를 낮추게 되면 항복 전압은 증가하지만 온 저항과 같은 기타 특성들이 감소하게 되므로 설계의 최적화 및 구조 변경을 통해 항복전압 특성과 온 상태 전압강하 특성을 개선 시켜야 한다.
- [0008] 이렇듯 IGBT 소자의 효율을 높이기 위해 트레이드 오프관계를 최적화 시키고자 여러 가지 구조들이 나오고 있다.
- [0009] 전기 자동차, 또는, 그 밖의 모터를 사용하는 기계 장치 등에는, 모터 구동용 파워 디바이스가 탑재된다. 모터 구동용 파워 디바이스로서는, 예를 들어 절연 게이트 바이폴라 트랜지스터(Insulated Gate Bipolar Transistor) 및 IGBT와 페어로 사용되는 프리휠 다이오드(Free Wheeling Diode)를 들 수 있다.
- [0010] 도 1은 일반적인 IGBT 구조를 나타낸 구성도이고, 도 2는 일반적인 RC-IGBT 구조를 나타낸 구성도이다.
- [0011] Reverse-Conducting IGBT(RC-IGBT)는 IGBT와 FWD를 1칩화한 것이다.
- [0012] RC-IGBT에서는 FWD의 이면에, n형의 캐소드층을 형성하고 있다. 그리고 형성된 FWD의 캐소드층이 IGBT의 콜렉터층과 함께, 이면의 전극에 접합된다. 이와 같이 하여, RC-IGBT의 1칩화가 실현되어, 가전 등을 대상으로 한 소용량 칩에 실용화되고 있다.
- [0013] RC-IGBT는 IGBT와 Free-Wheeling Diode(FWD)를 외부적으로 역 병렬화할 필요 없이도 Inductive loads switching application에 적용이 가능하고, 하나의 칩으로 통합하므로 기존의 IGBT/FWD와 비교하였을 때 실리콘 절약 및 시스템 신뢰성 상승, 열 저항을 낮출 수 있는 장점을 가지고 있다.
- [0014] 하지만, RC-IGBT의 diode cathod역할을 하는 N+영역이 p-n접합의 대부분을 단락시키므로 forward mode에서 snapback현상이 발생한다.
- [0015] 이와 같이, RC-IGBT에서는 그 구조상, 스냅 백이 과제로 되고 있다. 스냅 백이란, IGBT에 있어서의 콜렉터-이미터간의 포화 전압이 상승하는 것을 말한다.
- [0016] 스냅 백은 IGBT에 인접하는 FWD의 이면의 n형 캐소드층에 전자가 유입됨으로써, IGBT의 p형 콜렉터층으로부터의 홀 주입이 억제되어, 전도도 변조가 일어나기 어려워지는 것에 의해 발생한다. 스냅 백의 발생에 의해, 포화 전압이 증가하면, IGBT의 특성 등이 열화된다.
- [0017] 따라서, 이와 같은 스냅 백 현상을 억제하여 신뢰성을 높인 새로운 구조의 RC-IGBT의 개발이 요구되고 있다.

선행기술문헌

특허문헌

- [0018] (특허문헌 0001) 대한민국 공개특허 제10-2018-0062379호
(특허문헌 0002) 대한민국 공개특허 제10-2009-0081412호
(특허문헌 0003) 대한민국 공개특허 제10-2003-0023974호

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0019] 본 발명은 종래 기술의 IGBT(Insulated Gate Bipolar Transistor)의 문제점을 해결하기 위한 것으로, 후면의 N+ 영역 위치를 옮겨 전자들을 P 콜렉터 부근에 축적하여 전도도 변조(conductivity modulation)를 유도하여 스냅백 현상을 효과적으로 해결할 수 있도록 한 스냅백 현상을 억제하기 위한 구조를 갖는 RC IGBT를 제공하는데

그 목적이 있다.

[0020] 본 발명은 N 컬렉터에 게르마늄(Germanium)을 사용하여 리버스 모드(reverse mode)에서 정공(hole)의 터널링(tunneling)을 통해 RC-IGBT가 가지는 장점을 유지할 수 있도록 한 스냅백 현상을 억제하기 위한 구조를 갖는 RC IGBT를 제공하는데 그 목적이 있다.

[0021] 본 발명의 다른 목적들은 이상에서 언급한 목적으로 제한되지 않으며, 언급되지 않은 또 다른 목적들은 아래의 기재로부터 당업자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

과제의 해결 수단

[0022] 상기와 같은 목적을 달성하기 위한 본 발명에 따른 스냅백 현상을 억제하기 위한 구조를 갖는 RC IGBT는 기관의 후면에 위치하는 P+ 컬렉터 영역; P+ 컬렉터 영역상에 형성되는 N 버퍼 영역; P+ 컬렉터 영역상의 N 버퍼 영역의 일측에 위치하여 상부의 N 드리프트 영역에 접하도록 형성되어 순방향 모드(forward mode)에서 전자가 컬렉터로 추출이 되는 것을 막는 N+ 영역; N+ 영역 및 N 버퍼 영역상에 형성되는 N 드리프트 영역; 기관 상부의 N 드리프트 영역 내에 위치하는 P 바디 영역 및 P 바디 영역 내의 N 에미터 영역; N 에미터 영역에 콘택되는 게이트;를 포함하고, RC IGBT 셀이 구성되는 것을 특징으로 한다.

[0023] 여기서, 상기 N+ 영역에 게르마늄(Germanium)을 사용하여, 리버스 모드(reverse mode)에서 정공(hole)의 터널링(tunneling)을 통해 RC-IGBT가 가지는 특성을 유지할 수 있도록 하는 것을 특징으로 한다.

[0024] 그리고 N+ 영역에 게르마늄(Germanium)을 사용하는 것에 의해, 리버스 모드(reverse mode)에서 정공(hole)의 터널링을 통해 리버스 컨덕팅(reverse conducting)이 가능하게 하여 리버스 전류(reverse current)가 흐를 수 있도록 작동되는 것을 특징으로 한다.

[0025] 그리고 N+ 영역은 순방향 모드(forward mode)에서 전자가 컬렉터로 추출이 되는 것을 막아 스냅백이 일어나는 현상을 억제하여 RC-IGBT의 특성을 유지하도록 하는 것을 특징으로 한다.

발명의 효과

[0026] 이상에서 설명한 바와 같은 본 발명에 따른 스냅백 현상을 억제하기 위한 구조를 갖는 RC IGBT는 다음과 같은 효과가 있다.

[0027] 첫째, 후면의 N+ 영역 위치를 옮겨 전자들을 P 컬렉터 부근에 축적하여 전도도 변조(conductivity modulation)를 유도하여 스냅백 현상을 효과적으로 해결할 수 있도록 한다.

[0028] 둘째, N 컬렉터에 게르마늄(Germanium)을 사용하여 리버스 모드(reverse mode)에서 정공(hole)의 터널링(tunneling)을 통해 RC-IGBT가 가지는 장점을 유지할 수 있도록 한다.

도면의 간단한 설명

[0029] 도 1은 일반적인 IGBT 구조를 나타낸 구성도

도 2는 일반적인 RC-IGBT 구조를 나타낸 구성도

도 3은 본 발명에 따른 스냅백 현상을 억제하기 위한 구조를 갖는 RC IGBT의 구성도

도 4는 게이트 전압 $V_g = 15V$ 에서 RC-IGBT의 순방향 모드 특성 그래프

도 5는 게이트 전압 $V_g = 0V$ 에서 RC-IGBT의 역방향 모드 특성 그래프

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0030] 이하, 본 발명에 따른 스냅백 현상을 억제하기 위한 구조를 갖는 RC IGBT의 바람직한 실시 예에 관하여 상세히 설명하면 다음과 같다.

[0031] 본 발명에 따른 스냅백 현상을 억제하기 위한 구조를 갖는 RC IGBT의 특징 및 이점들은 이하에서의 각 실시 예에 대한 상세한 설명을 통해 명백해질 것이다.

[0032] 도 3은 본 발명에 따른 스냅백 현상을 억제하기 위한 구조를 갖는 RC IGBT의 구성도이다.

[0033] 본 발명에 따른 스냅백 현상을 억제하기 위한 구조를 갖는 RC IGBT는 후면의 N+ 영역 위치를 옮겨 전자들을 P

콜렉터 부근에 축적하여 전도도 변조(conductivity modulation)를 유도하여 스냅백 현상을 효과적으로 해결할 수 있도록 한 것이다.

- [0034] 이를 위하여, 본 발명은 N⁺ 영역의 위치를 P 콜렉터가 아닌 N 드리프트 영역에 접하도록 P 콜렉터상의 N 버퍼 영역 일측에 형성하여 순방향 모드(forward mode)에서 전자가 콜렉터로 추출이 되는 것을 막는 것에 더하여, N⁺ 영역에 게르마늄(Germanium)을 사용하여 리버스 모드(reverse mode)에서 정공(hole)의 터널링(tunneling)을 통해 RC-IGBT가 가지는 장점을 유지할 수 있도록 하는 구성을 포함할 수 있다.
- [0035] 본 발명에 따른 스냅백 현상을 억제하기 위한 구조를 갖는 RC IGBT는 도 3에서와 같이, 기판의 후면에 위치하는 P⁺ 콜렉터 영역(31)과, P⁺ 콜렉터 영역(31)상에 형성되는 N 버퍼 영역(32)과, P⁺ 콜렉터 영역(31)상의 N 버퍼 영역(32)의 일측에 위치하여 상부의 N 드리프트 영역에 접하도록 형성되어 순방향 모드(forward mode)에서 전자가 콜렉터로 추출이 되는 것을 막는 N⁺ 영역(33)과, N⁺ 영역(33) 및 N 버퍼 영역(32)상에 형성되는 N 드리프트 영역(34)과, 기판 상부의 N 드리프트 영역(34) 내에 위치하는 P 바디 영역(35) 및 P 바디 영역(35) 내의 N 에미터 영역(36)과, N 에미터 영역(36)에 콘택되는 게이트(37)를 포함하고, RC IGBT 셀이 구성된다.
- [0036] 여기서, N⁺ 영역(33)에 게르마늄(Germanium)을 사용하여 리버스 모드(reverse mode)에서 정공(hole)의 터널링(tunneling)을 통해 RC-IGBT가 가지는 특성을 유지할 수 있도록 한다.
- [0037] 이와 같은 본 발명에 따른 스냅백 현상을 억제하기 위한 구조를 갖는 RC IGBT는 N⁺ 영역(33)에 게르마늄(Germanium)을 사용하여 RC-IGBT의 특징인 리버스 모드(reverse mode)에서 정공(hole)의 터널링을 통해 리버스 컨덕팅(reverse conducting)이 가능하게 하여 리버스 전류(reverse current)가 흐를 수 있도록 작동된다.
- [0038] 그리고 N⁺ 영역(33)은 P⁺ 콜렉터 영역(31)상의 N 버퍼 영역(32)의 일측에 위치하여 상부의 N 드리프트 영역에 접하도록 형성되어 순방향 모드(forward mode)에서 전자가 콜렉터로 추출이 되는 것을 막아 스냅백이 일어나는 현상을 억제하여 RC-IGBT의 특성을 유지하도록 한다.
- [0039] 즉, 종래 기술의 RC-IGBT의 문제점인 스냅백 현상을 억제하기 위해 도 3에서와 같이 후면의 N⁺ 영역(33)을 P⁺ 콜렉터(31) 상단으로 위치를 변경하여 순방향 모드(forward mode)에서 전자가 P⁺ 콜렉터(31)로 추출이 되는 것을 막음으로써 전자가 P⁺ 콜렉터 부근에 축적이 되게 하여 전도도 변조(conductivity modulation)를 유도하여 스냅백 현상을 억제하는 효과를 가지게 된다.
- [0040] 또한, 역방향 모드(reverse mode)에서 기능은 N⁺ 영역(33)에 게르마늄(Germanium)을 사용함으로써 P 콜렉터로부터 정공(hole)의 터널링(tunneling)을 통해 RC-IGBT의 특징인 reverse conducting이 가능하게 하여 reverse current가 흐를 수 있게 되어 순방향과 역방향 모드 전체에서 RC-IGBT의 특성들을 유지한 채 스냅백 현상을 제거하여 동작이 가능하도록 한 것이다.
- [0041] 도 4는 게이트 전압 $V_g = 15V$ 에서 RC-IGBT의 순방향 모드 특성 그래프이고, 도 5는 게이트 전압 $V_g = 0V$ 에서 RC-IGBT의 역방향 모드 특성 그래프이다.
- [0042] TCAD 시뮬레이션을 통해 Germanium을 사용한 RC-IGBT의 효과를 확인했다.
- [0043] 비교를 위한 기준으로, 동일한 doping concentration을 가지는 conventional RC-IGBT와 제안된 구조를 비교했다. 일반적인 RC-IGBT를 Con-RC-IGBT, Germanium을 사용한 RC-IGBT를 Ge-RC-IGBT라고 정의하고, Germanium의 농도를 Mole로써 정의한다.
- [0044] 본 발명에 따른 스냅백 현상을 억제하기 위한 구조를 갖는 RC IGBT는 Germanium을 사용함으로써 RC-IGBT의 특징인 reverse mode에서 hole의 tunneling을 통해 reverse conducting이 가능하게 되므로 reverse current가 흐를 수 있도록 작동이 되도록 하고, N⁺의 위치를 바꿈으로써 forward mode에서 전자가 collector로 추출이 되는 것을 막음으로써 snapback이 일어나는 현상을 억제하여 RC-IGBT의 특성을 유지하도록 한 것이다.
- [0045] 도 4 및 도 5에서 이를 확인할 수 있다.
- [0046] 이상에서 설명한 본 발명에 따른 스냅백 현상을 억제하기 위한 구조를 갖는 RC IGBT는 후면의 N⁺ 영역 위치를 옮겨 전자들을 P 콜렉터 부근에 축적하여 전도도 변조(conductivity modulation)를 유도하여 스냅백 현상을 효과적으로 해결할 수 있도록 한 것이다.
- [0047] 특히, N 콜렉터에 게르마늄(Germanium)을 사용하여 리버스 모드(reverse mode)에서 정공(hole)의 터널링(tunneling)을 통해 RC-IGBT가 가지는 장점을 유지할 수 있도록 한 것이다.

[0048] 여기서, 게르마늄(Germanium)을 사용한 이유는 역방향 모드에서 일반 실리콘의 에너지 밴드에 비해 게르마늄의 에너지 밴드가 더 낮은 것을 이용하여 reverse current가 실리콘을 사용했을 때 보다 더 나은 효과를 얻기 위해서이다.

[0049] 이상에서의 설명에서와 같이 본 발명의 본질적인 특성에서 벗어나지 않는 범위에서 변형된 형태로 본 발명이 구현되어 있음을 이해할 수 있을 것이다.

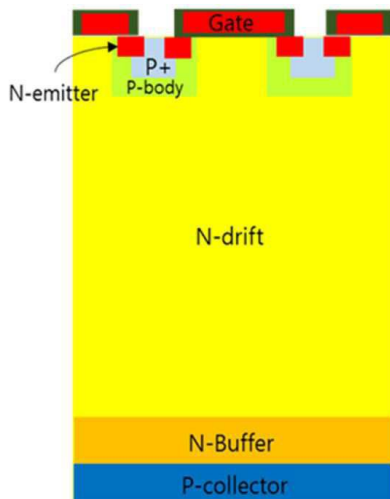
[0050] 그러므로 명시된 실시 예들은 한정적인 관점이 아니라 설명적인 관점에서 고려되어야 하고, 본 발명의 범위는 전술한 설명이 아니라 특허청구 범위에 나타나 있으며, 그와 동등한 범위 내에 있는 모든 차이점은 본 발명에 포함된 것으로 해석되어야 할 것이다.

부호의 설명

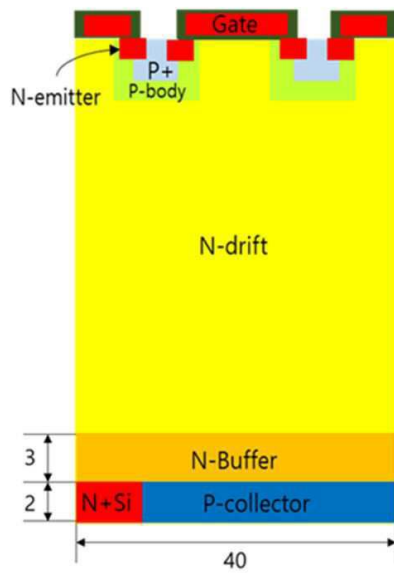
- | | | |
|--------|---------------|---------------|
| [0051] | 31. P+ 콜렉터 영역 | 32. N 버퍼 영역 |
| | 33. N+ 영역 | 34. N 드리프트 영역 |
| | 35. P 바디 영역 | 36. N 에미터 영역 |
| | 37. 게이트 | |

도면

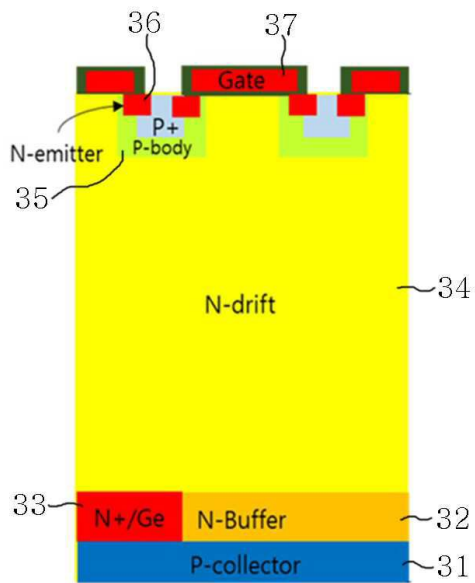
도면1



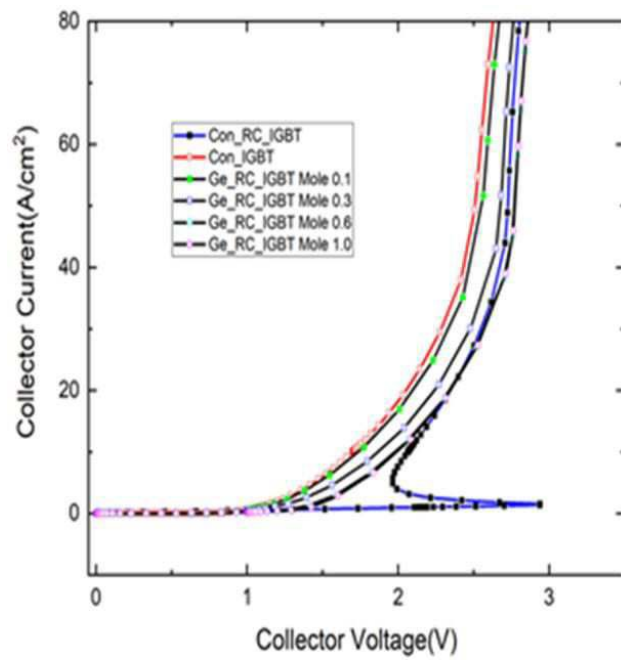
도면2



도면3



도면4



도면5

