(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2023-0005679
(43) 공개일자 2023년01월10일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H01L 29/10 (2006.01) *H01L 29/66* (2006.01)
H01L 29/739 (2006.01)
(52) CPC특허분류
H01L 29/1095 (2013.01)
H01L 29/66333 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2021-0086691
(22) 출원일자 2021년07월01일
심사청구일자 2021년07월01일

(71) 출원인
부경대학교 산학협력단
부산광역시 남구 용소로 45, 부경대학교내 (대연동)
(72) 발명자
윤태영
부산광역시 사하구 다대로 473, 109동 1806호 (다대동, 다대포현대아파트)
김장현
부산광역시 남구 용소로46번길 15, 307호 (대연동, 웰가)
(74) 대리인
특허법인부경

전체 청구항 수 : 총 3 항

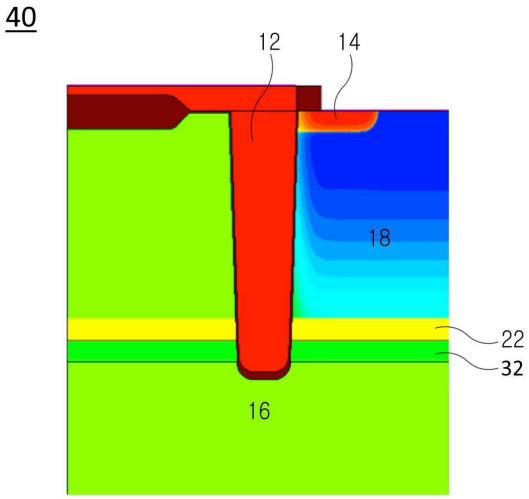
(54) 발명의 명칭 **SiGe-layer이 도핑되는 IGBT**

(57) 요 약

본 발명은 SiGe-layer이 도핑되는 IGBT에 관한 것으로, 더욱 상세하게는 IGBT 또는 CS-IGBT의 n-drift영역에 SiGe-layer을 도핑시켜 누설전류를 감소시키고, 주입된 정공의 축적으로 n-drift영역의 저항을 낮아지게 되는 전도도 변조를 일으킴으로써 전류가 잘 흐르도록 하기 위한 IGBT에 관한 것이다.

이러한 본 발명은 절연 게이트 양극성 트랜지스터(이하 'IGBT'로 표기함.)에 있어서, p-body 하측에 인접하여 n-drift 영역 실리콘 저마늄층(이하 'SiGe-layer'로 표기함.)을 도핑시켜 주입된 정공의 축적으로 n-drift영역의 저항이 낮아지게 되는 전도도변조를 일으키는 것을 특징으로 하는 SiGe-layer이 도핑되는 IGBT를 기술적 요지로 한다.

대 표 도 - 도4



(52) CPC특허분류
H01L 29/7395 (2013.01)

명 세 서

청구범위

청구항 1

절연 게이트 양극성 트랜지스터(이하 'IGBT'로 표기함.)에 있어서,

p-body 하측에 인접하여 n-drift 영역 실리콘 저마늄층(이하 'SiGe-layer'로 표기함.)을 도핑시켜

주입된 정공의 축적으로 n-drift영역의 저항이 낮아지게 되는 전도도변조를 일으키는 것을 특징으로 하는 SiGe-layer이 도핑되는 IGBT.

청구항 2

제 1항에 있어서,

상기 IGBT가 n+층(이하 'CS-layer'로 표기함);을 포함하는 경우

상기 SiGe-layer가 상기 n+층에 인접하여 형성되는 것을 특징으로 하는 SiGe-layer이 도핑되는 IGBT.

청구항 3

제 1항 또는 제 2항에 있어서,

상기 IGBT는

Planar Gate IGBT 또는 Trench Gate IGBT 중 하나에 해당되는 것을 특징으로 하는 SiGe-layer이 도핑되는 IGBT.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 SiGe-layer이 도핑되는 IGBT에 관한 것으로, 더욱 상세하게는 IGBT 또는 CS-IGBT의 n-drift영역에 SiGe-layer을 도핑시켜 누설전류를 감소시키고, 주입된 정공의 축적으로 n-drift영역의 저항을 낮아지게 되는 전도도 변조를 일으킴으로써 전류가 잘 흐르도록 하기 위한 IGBT에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 절연 게이트 양극성 트랜지스터(Insulated Gate Bipolar Transistor : IGBT)는 입력부가 금속 산화막 반도체 전계효과 트랜지스터(MOSFET) 구조, 출력부가 바이폴라 구조인 복합 디바이스로, 2종류 캐리어(전자, 정공)를 사용하면서 낮은 포화전압과 비교적 빠른 스위칭 특성을 가진다.

[0003] 일반적인 IGBT는 turn-off 상태에서 채널이 형성되지 않아 전류가 거의 흐르지 않으나, 콜렉터로부터 주입된 정공이 p-body로 유출되면서 누설전류가 흐르게 되고, turn-on 상태에서는 채널이 개통되면서 전자는 이미터에서 콜렉터로 이동하고 정공은 콜렉터에서 이미터로 이동하게 된다.

[0004] 종래의 IGBT는 누설전류가 발생하는 문제점과 전도도에 한계가 있는 문제점이 있다.

[0005] 이에 대한 문제점은 IGBT에 p-body에 인접하면서 n-drift영역에 CS-layer(carrier Srotage-layer)을 도핑시킨 CS-IGBT로 인해 해결될 수 있다. 여기서 CS-layer은 n+층과 같은 성분으로, n-drift영역의 상부에 얇게 적층하는 것이다.

[0006] CS-IGBT는 turn-off상태에서 얇게 적층된 CS-layer로 인해 정공의 유출을 막아 누설전류가 감소되고, n-drift영역에 정공이 축적된다. 또한 turn-on상태에서 CS-layer로 인해 일반적인 IGBT보다 정공이 더 축적됨으로써 n-drift영역의 저항을 저하시키는 현상인 전도도 변조가 일어난다.

[0007] 그러나 종래의 CS-IGBT는 여전히 누설전류가 발생되는 문제점이 있으며, 전도도를 향상시키는 것에 대해 한계가 존재한다.

[0008] 종래의 IGBT의 문제점을 개선하기 위하여 한국공개특허 제10-2015-0051067호 "전력 반도체 소자 및 그의 제조 방법"을 그 예로 들 수 있다.

[0009] 다만 상기 종래기술의 경우 전도도 변조 현상을 극대화하여 저항을 감소시키는 것과 동시에 게이트 노이즈를 감소시킬 수 있으나, 누설전류가 발생되는 문제점이 존재하며 전도도 변조가 보다 간단한 공정으로 극대화 시킬 수 있도록 하는 기술 개발 연구가 요구되고 있는 시점이다.

선행기술문헌

특허문헌

[0010] (특허문헌 0001) 한국공개특허 제10-2015-0051067호

발명의 내용

해결하려는 과제

[0011] 본 발명은 상기한 문제점을 해소하기 위하여 발명된 것으로, 기존의 IGBT보다 n-drift영역의 저항을 낮추어 전도도 변조를 극대화시켜 전기가 잘 흐를 수 있고, 주입된 정공이 p-body로 유출되지 않아 누설전류가 감소하도록 SiGe-layer이 도핑되는 IGBT를 제공하는 것을 기술적 해결과제로 한다.

과제의 해결 수단

[0012] 상기의 기술적 과제를 해결하기 위하여 본 발명은 절연 게이트 양극성 트랜지스터(이하 'IGBT'로 표기함.)에 있어서, p-body 하측에 인접하여 n-drift 영역 실리콘 저마늄층(이하 'SiGe-layer'로 표기함.)을 도핑시켜 주입된 정공의 축적으로 n-drift영역의 저항이 낮아지게 되는 전도도변조를 일으키는 것을 특징으로 하는 SiGe-layer이 도핑되는 IGBT를 제공한다.

[0013] 또한, 본 발명에 있어서 상기 IGBT가 n+층(이하 'CS-layer'로 표기함);을 포함하는 경우 상기 SiGe-layer가 상기 n+층에 인접하여 형성되는 SiGe-layer이 도핑되는 IGBT를 특징으로 한다.

[0014] 그리고 본 발명에 있어서 상기 IGBT는 Planar Gate IGBT 또는 Trench Gate IGBT 중 하나에 해당되는 SiGe-layer이 도핑되는 IGBT를 특징으로 한다.

발명의 효과

[0015] 상기 과제의 해결 수단에 의한 SiGe-layer이 도핑되는 IGBT에 따르면, 기존 IGBT보다 n-drift영역의 저항을 낮추어 전도도 변조를 극대화시켜 전기가 잘 흐를 수 있고, 주입된 정공이 p-body로 유출되지 않아 누설전류가 감소하는 효과가 있다.

도면의 간단한 설명

[0016] 도 1은 종래의 IGBT 구조를 간략하게 나타낸 도면.

도 2는 종래의 CS-IGBT의 구조를 간략하게 나타낸 도면.

도 3은 본 발명의 실시 예에 따른 SiGe-layer을 도핑시킨 IGBT를 개략적으로 나타낸 단면도.

도 4는 본 발명의 실시 예에 따른 SiGe-layer을 도핑시킨 CS-IGBT를 개략적으로 나타낸 단면도.

도 5는 본 발명의 실시 예에 따른 CS-SiGe-IGBT의 밴드 다이어그램을 나타낸 그래프.

도 6은 본 발명의 실시 예에 따른 CS-IGBT와 CS-SiGe-IGBT의 정공밀도를 나타낸 비교 그래프.

도 7(a)은 본 발명의 실시 예에 따른 CS-SiGe-IGBT의 정공밀도를 가시적으로 나타낸 도면.

도 7(b)는 본 발명의 실시 예에 따른 CS-IGBT의 정공밀도를 가시적으로 나타낸 도면.

도 8은 본 발명의 실시 예에 따른 IGBT와 CS-IGBT와 CS-SiGe-IGBT의 도통 전류값 비교 그래프.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0017] 이하 도면을 참조하여 본 발명에 관하여 살펴보기로 하며, 본 발명을 설명함에 있어서 관련된 공지기술 또는 구성에 대한 구체적이 설명이 본 발명의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있다고 판단되는 경우에는 그 상세한 설명은 생략할 것이다.

[0018] 그리고 후술되는 용어들은 본 발명에서의 기능을 고려하여 정의된 용어들로서 이는 사용자, 운용자의 의도 또는 관례 등에 따라 달라질 수 있으므로 그 정의는 본 발명을 설명하는 본 명세서 전반에 걸친 내용을 토대로 내려져야 할 것이다.

[0019] 본 발명을 설명하기 전에 도 1을 참고하여 보면, 종래의 절연 게이트 양극성 트랜지스터(이하 'IGBT'로 표기함.)(10)는 turn-off상태에서 채널이 형성되지 않아 전류가 거의 흐르지 않기 때문에 주입되어 있는 정공이 p-body(18)로 유출이 되면서 누설 전류가 발생하게 되고, turn-on상태는 채널이 개통되어 전자는 에미터(14)에서 콜렉터로 흐르고, 정공은 콜렉터에서 에미터(14)로 흐르게되어 전자와 정공은 전도도변조를 일으키며 이동하게 된다.

[0020] 그리고 종래의 Carrier Storage IGBT(20)(이하 'CS-IGBT'로 표기함.)는 IGBT(10)에서 p-body(18)를 둘러싸고, n-drift(16)영역의 상측에 CS-layer(22)이 도핑되는 구조를 가지며, 도 2를 참고할 수 있다. 여기서 CS-layer(22)은 n+층과 같은 성분으로, n-drift(16)영역의 상부에 얇게 적층하는 것이다.

[0021] CS-IGBT(20)의 turn-off 상태에서는 CS-layer(22)로 인해 주입되어 있는 정공이 p-body(18)로 부터의 정공 유출을 막아 누설전류가 감소되면서 n-drift(16)영역의 정공이 축적되고, turn-on 상태에서는 n-drift(16)영역에 축적된 정공으로 인해 전도도 변조가 더욱 강화되어 전도도가 향상이 된다.

[0022] 그러나 종래의 CS-IGBT(20)는 여전히 누설전류가 발생되는 문제점이 있으며, 전도도를 향상시키는 것에 대해 한계가 존재한다.

[0023] 이러한, 누설전류가 발생되는 문제점과 전도도 향상에 대한 한계점을 극복하기 위해 IGBT(10) 또는 CS-IGBT(20)에 있어서 n-drift(16) 영역에 SiGe-layer(32)을 도핑시키도록 한다.

[0024] 먼저, 도 3은 본 발명의 실시 예에 따른 SiGe-layer을 도핑시킨 IGBT를 개략적으로 나타낸 단면도로써, IGBT(10)에 있어서 n-drift(16)영역에서 p-body(18) 하측에 인접하여 SiGe-layer(실리콘 저마늄층)이 도핑되고, 이를 편의상 SiGe-IGBT(30)로 표기하도록 하겠다.

[0025] 여기서, SiGe(실리콘 저마늄)은 실리콘(Si)에 비해 상대적으로 밴드 갭이 작고, 열전도도가 낮으며, 기존의 Si 반도체 공정 기술과 호환이 가능한 SiGe합금은 트랜지스터, 광수신 소자, 태양전지, 열전 소자 등 다양한 전자 소자에서 사용될 수 있다.

[0026] SiGe-IGBT(30)의 turn-off 상태에서는 p-body(18)하측에 인접한 SiGe-layer(32)으로 인해 정공 유출을 막아 누설전류를 감소시키고, SiGe-layer(32)의 밴드 갭에 정공이 축적된다. 그리고 turn-on 상태에서 SiGe-layer(32)의 밴드 갭에 축적된 정공으로 전도도 변조를 강화시켜 전도도가 향상된다.

[0027] 또한, 도 4는 본 발명의 실시 예에 따른 SiGe-layer을 도핑시킨 CS-IGBT를 개략적으로 나타낸 단면도로써, CS-IGBT(20)에서 SiGe-layer(32)가 CS-layer(22)에 인접하여 형성이 되고, 이를 편의상 CS-SiGe-IGBT(40)로 표기하도록 하겠다.

[0028] CS-SiGe-IGBT(40)의 turn-off상태에서 p-body(18)를 둘러싼 CS-layer(22)에 의해서 정공 유출을 막아 누설전류를 줄이면서 정공을 축적할 수 있으며, SiGe-layer(32)에 밴드 갭에 의해서 정공이 더욱 축적될 수 있다. turn-on 상태에서 CS-layer(22)에 의해 축적된 정공과 SiGe-layer(32)에 밴드 갭에 축적된 정공으로 인해 전도도 변조는 극대화됨으로써 전도도가 향상된다.

[0029] 이로써, CS-SiGe-IGBT(40)는 정공수량을 높게 유지할 수 있으며, n-drift(16)영역에서 전체 캐리어(전자, 정공)의 이동도가 많아지는 것을 알 수 있다.

[0030] 또한, 본 발명에서는 Trench Gate IGBT를 실시 예로 설명을 하였으나, Planar Gate IGBT에서 SiGe-layer(32)을 적층하는 것도 같은 효과를 보여준다.

[0031] 그리고 도 1내지 도 4는 본 발명을 설명하기 위한 개략적인 단면도로써, n-drift(16)영역의 하측에 배치되는 n+영역, p+영역 및 콜렉터 영역은 생략하였지만, 트랜지스터에 대한 통상의 지식을 가진 자라면 이해할 수 있을

것이다.

[0032] 이하, 도 5내지 도 8의 실시 예를 참조하여 IGBT(10)와 CS-IGBT(20)와 CS-SiGe-IGBT(40)를 비교한 그래프를 살펴본다.

[0033] 도 5는 본 발명의 실시 예에 따른 CS-SiGe-IGBT의 밴드 다이어그램을 나타낸 그래프이다.

[0034] 도 5의 가로축은 distance에 따라 구조그림에서 cutline을 그어 CS-SiGe-IGBT(40)의 turn-on상태에서의 에너지 밴드 상태를 나타낸 것으로, CS-layer(22)하측에 SiGe-layer(32)이 배치되므로, 에너지 밴드 다이어그램을 통해서 CS-layer(22)과 SiGe-layer(32)이 어디에 위치하고 있는지 나타내기 위해 표시를 한 것이다.

[0035] SiGe-layer(32)의 에너지는 움푹 파여있어 정공이 저장될 수 있으며, CS-layer(22)은 정공에 있어 장벽으로 작용하여 이중으로 정공의 유출을 막고 저장할 수 있다.

[0036] 도 6은 본 발명의 실시 예에 따른 CS-IGBT와 CS-SiGe-IGBT의 정공밀도를 나타낸 비교 그래프이다.

[0037] 정공 수량(hole density)은 정공 밀도를 의미하며, 정공 밀도가 높으면 높을수록 turn-on상태에서 전류가 잘 흐를 수 있고, 도 6에서 도시된 바와 같이 CS-SiGe-IGBT(40)가 종래의 CS-IGBT(20)보다 더 정공 밀도가 높은 것을 알 수 있다.

[0038] 그리고 도 7(a)은 본 발명의 실시 예에 따른 CS-SiGe-IGBT의 정공밀도를 가시적으로 나타낸 도면이고, 도 7(b)는 본 발명의 실시 예에 따른 CS-IGBT의 정공 밀도를 가시적으로 나타낸 도면이다.

[0039] 도 7(a)과 도 7(b)에 있어서, 정공이 축적된 정도를 알 수 있고, CS-SiGe-IGBT(40)는 CS-IGBT(30)보다 n-drift(16)영역에 정공밀도가 더 높은 것을 알 수 있다.

[0040] 도 8은 본 발명의 실시 예에 따른 IGBT와 CS-IGBT와 CS-SiGe-IGBT의 도통 전류값 비교 그래프이다.

[0041] 더욱 자세히는 IGBT(10)와 CS-IGBT(20)와 CS-SiGe-IGBT(40)에 있어서, 전류가 잘 흐르는 정도를 보여주며, CS-SiGe-IGBT(40)가 제일 전류가 잘 흐른다. 도 8을 통해서 축적된 정공 밀도가 높을수록 전류가 잘 흐를 수 있음을 보여준다.

[0042] 이상 본 발명의 설명을 하기 위해서 도시된 도면은 본 발명이 구체화되는 하나의 실시 예로서 도면에 도시된 바와 같이 본 발명의 요지가 실현되기 위하여 다양한 형태의 조합이 가능함을 알 수 있다.

[0043] 따라서 본 발명은 상기한 실시 예에 한정되지 않고, 이하의 특허청구범위에서 청구하는 바와 같이 본 발명의 요지를 벗어남이 없이 당해 발명이 속하는 분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 누구든지 다양한 변경실시가 가능한 범위까지 본 발명의 기술적 정신이 있다고 할 것이다.

부호의 설명

[0044] 10 : IGBT

12 : 게이트

14 : 에미터

16 : n-drift

18 : p-body

20 : CS-IGBT

22 : CS-layer

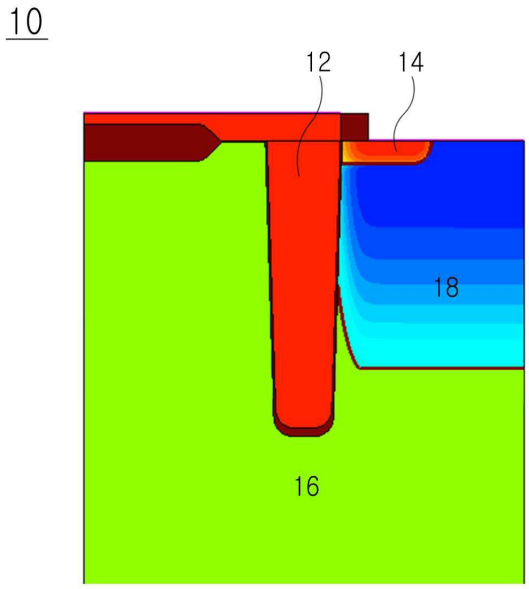
30 : SiGe-IGBT

32 : SiGe-layer

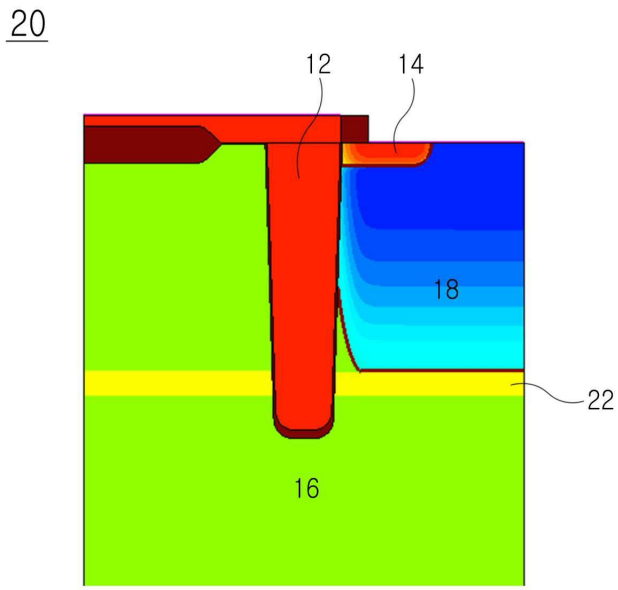
40 : CS-SiGe-IGBT

도면

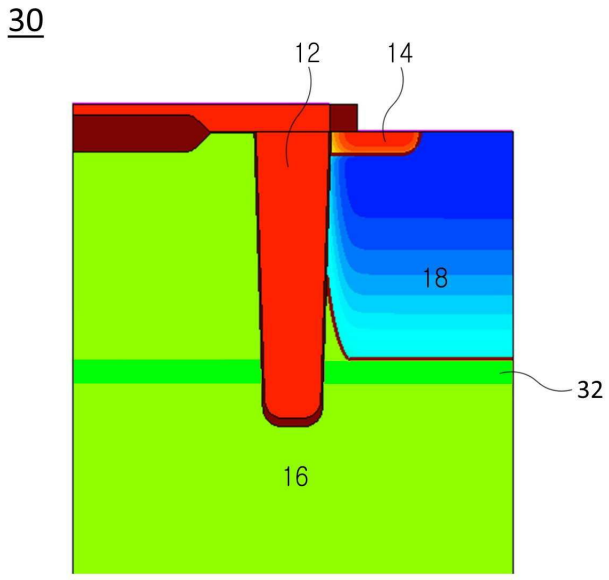
도면1



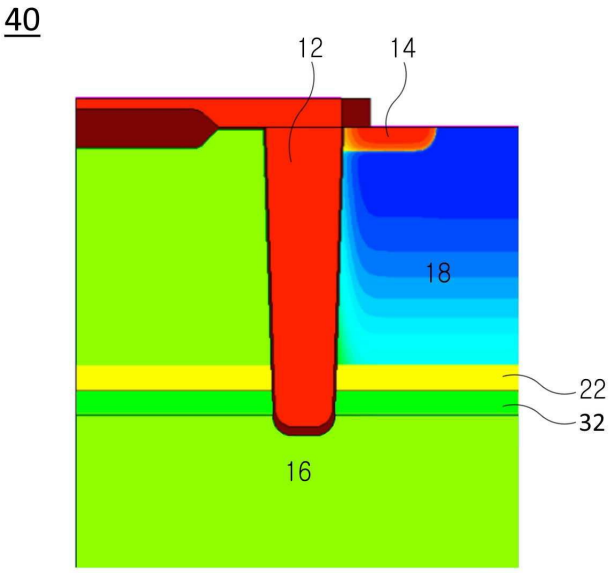
도면2



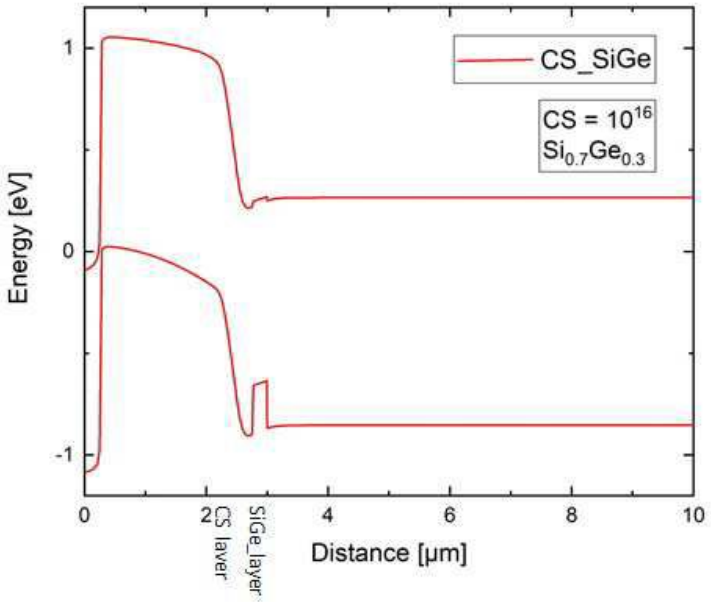
도면3



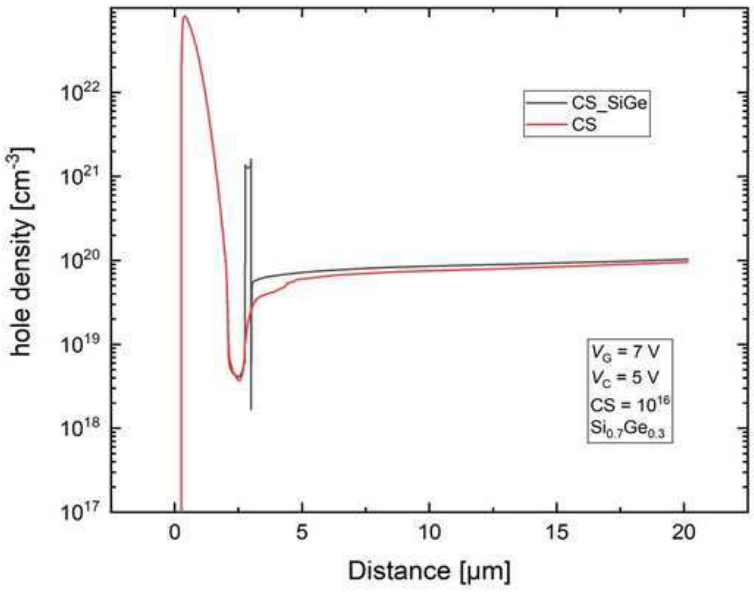
도면4



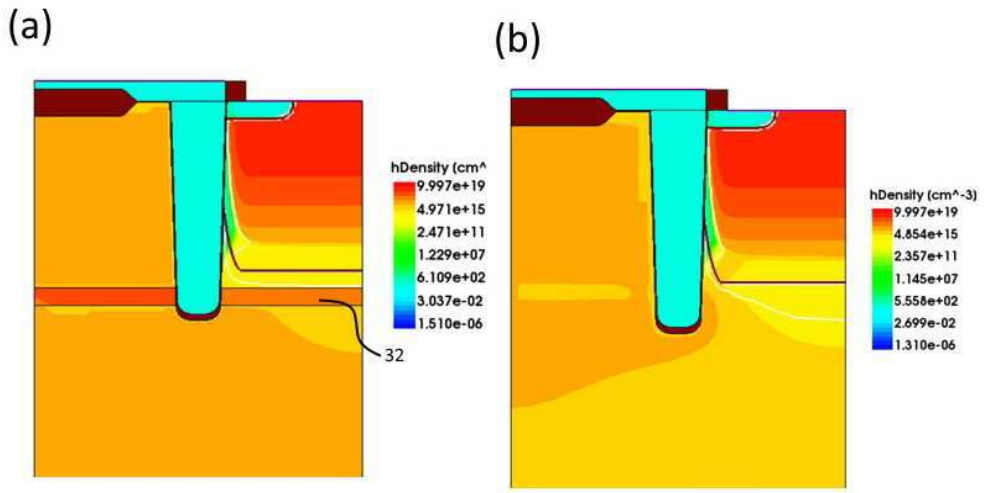
도면5


CS_SiGe
CS = 10^16
Si0.7Ge0.3
Energy [eV]
1
0
-1
0
2
4
6
8
10
CS layer
SiGe_layer
Distance [μm]

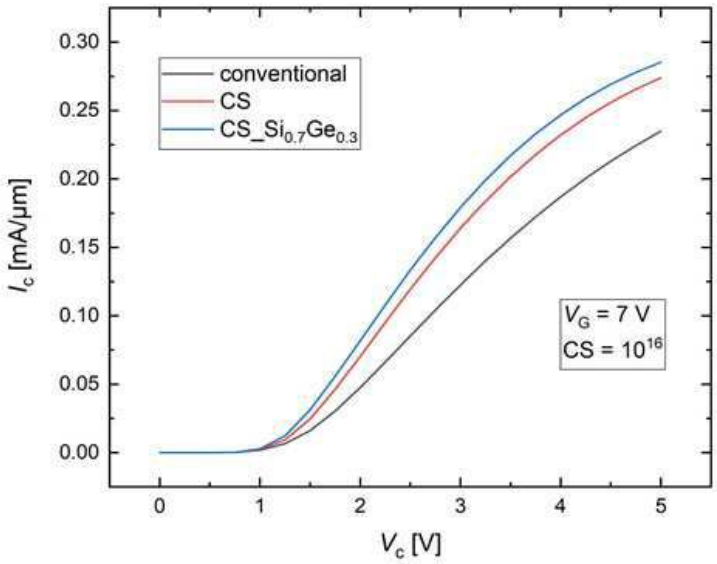
도면6


CS_SiGe
CS
VG = 7 V
VC = 5 V
CS = 10^16
Si0.7Ge0.3
hole density [cm^-3]
10^22
10^21
10^20
10^19
10^18
10^17
0
5
10
15
20
Distance [μm]

도면7


(a)
(b)
hDensity (cm^
9.997e+19
4.971e+15
2.471e+11
1.229e+07
6.109e+02
3.037e-02
1.510e-06
32
hDensity (cm^-3)
9.997e+19
4.854e+15
2.357e+11
1.145e+07
5.558e+02
2.699e-02
1.310e-06

도면8


conventional
CS
CS_Si0.7Ge0.3
VG = 7 V
CS = 10^16
Ic [mA/μm]
Vc [V]
0.00
0.05
0.10
0.15
0.20
0.25
0.30
0
1
2
3
4
5