

# Giga3D

## 3D NON-ISOTHERMAL DEVICE SIMULATOR

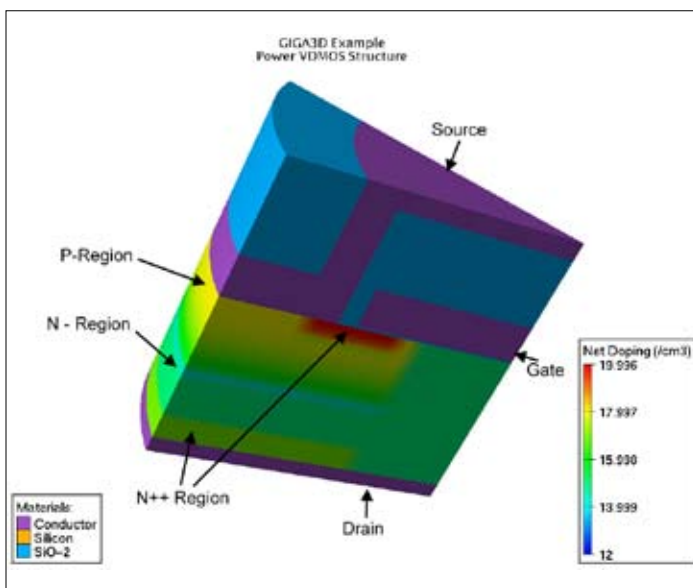
Giga3D 모듈은 발열 효과를 소자 시뮬레이션에 접목하여 Device3D를 확장합니다. 이것은 열원, 열 흡수, 열 용량, 열 전도에 관한 모델을 포함합니다. 물리적인 모델 파라미터는 적절한 위치의 격자 온도에 종속하여, 반도체 소자 방정식과 격자 온도를 일관되게 결합합니다.

### 특징

- 일관된 격자 온도 솔버
- 열역학적으로 정확한 모델링
- 드리프트-확산 또는 유체역학 방정식과 연결
- 정상 상태, 과도 및 소신호 AC 바이어스 모델링 가능
- 물질의 열 전도에 대한 디폴트 파라미터
- 물질의 열 용량에 대한 디폴트 파라미터
- 폭넓은 파라미터에 대한 격자 온도의 종속
- 주울(Joule) 열 및 펠티어/톰슨(Peltier/Thomson) 열 생성 조건
- 유연한 경계 조건 사양
- 드리프트-확산 방정식을 결합하기 위하여 비선형 솔버 선택
- 이방성 열 전도 텐서(tensor)
- 음향 양자 끌림(phonon drag)을 포함한 유연한 열전력(thermopower) 사양

### 용도

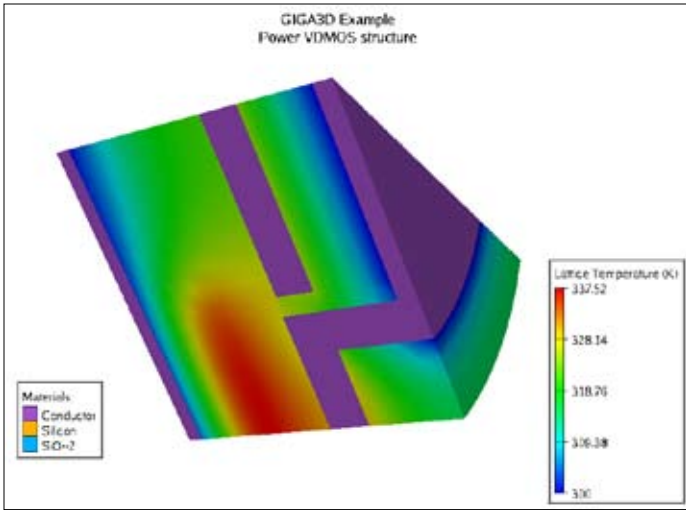
- 정전기 방전(Electro-Static Discharge, 이하 ESD) 보호 구조의 분석
- 정류기, 사이리스터, MOSFET, 바이폴라 트랜지스터 등 파워 소자의 시뮬레이션
- LED, SOI, HBT, HEMT 소자 모델링
- Thermo-Voltaic 소자 시뮬레이션
- 과열 폭등(thermal runaway) 모델링
- 소자 효율 모델링



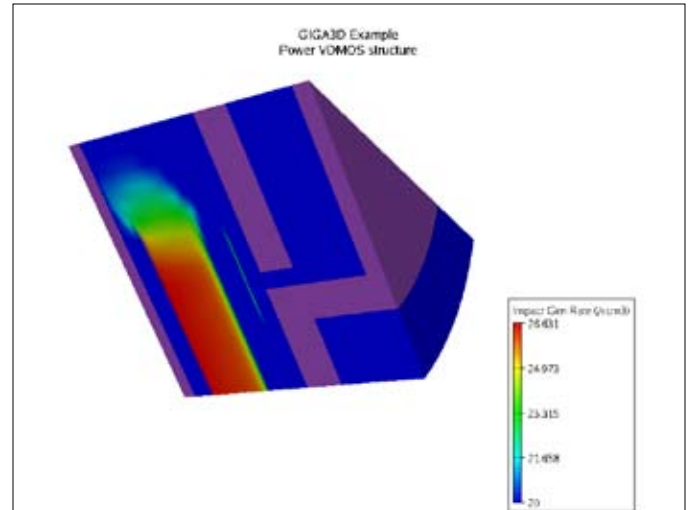
Giga3D에서 생성한 3D 원통형 VDMOS 구조의 단면. 게이트 산화막의 두께는 50nm, 실리콘 영역의 길이는 4마이크론입니다.

### DC Ohmic Heating

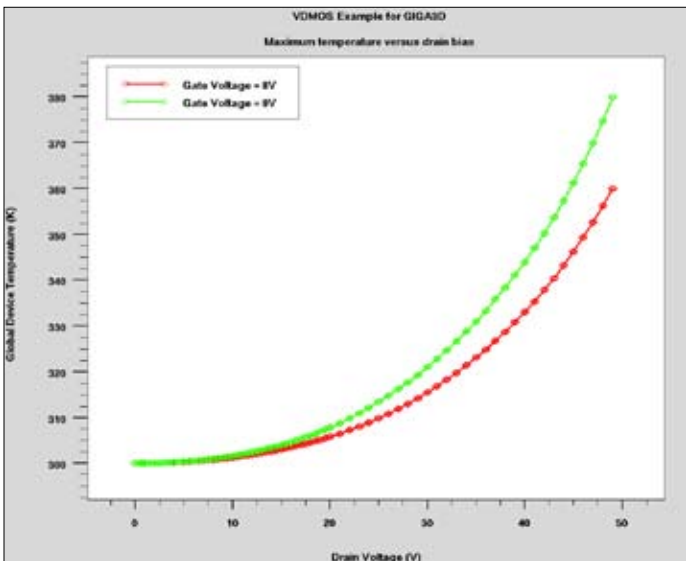
Giga3D는 소자에서 발생하는 모든 형태의 열을 설명합니다. 주울 열, 생성-재조합, 펠티어 톰슨 열 효과를 모든 반도체 및 광학 방정식으로 일관되게 해석합니다. Giga3D는 DC, AC, 과도 시뮬레이션에 모두 이용할 수 있습니다. 전력 소자처럼 Giga3D에서 간단히 적용할 때, 다음 예에서 보듯이 대개는 주울 열만 필요합니다.



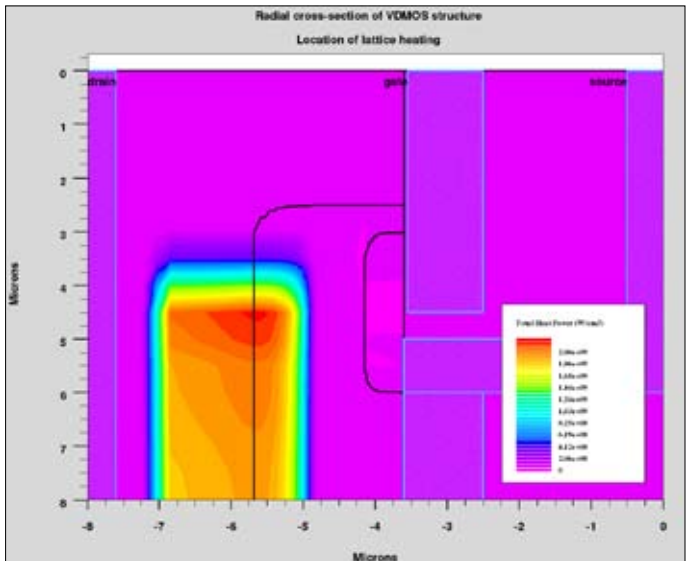
순방향 블로킹 전압 한도까지 바이어스를 걸어준 VDMOS 구조의 격자 온도. 드레인은 열을 흡수하며, 소스는 300K에서 제한되었습니다.



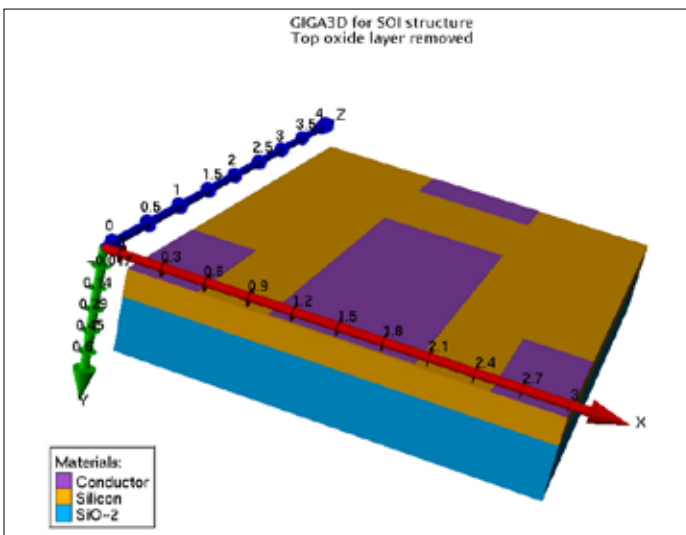
VDMOS 구조에서 항복 근처의 임팩트 이온화 발생을. 이는 소스와 드레인 사이의 드리프트 영역에서 발생합니다. 임팩트 이온화 모델은 격자 온도에 종속적인 계수를 포함합니다.



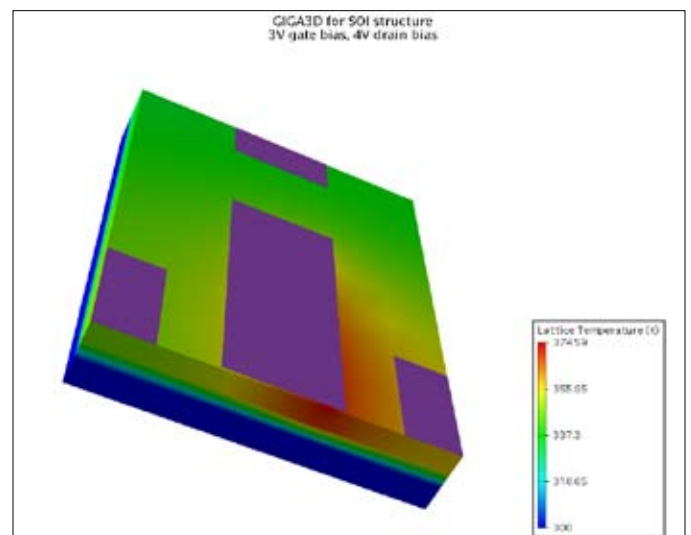
채널 전도 모드로 바이어스한 VDMOS의 격자 온도와 드레인 바이어스. 드레인 전류가 증가함에 따라 게이트 바이어스와 함께 증가합니다.



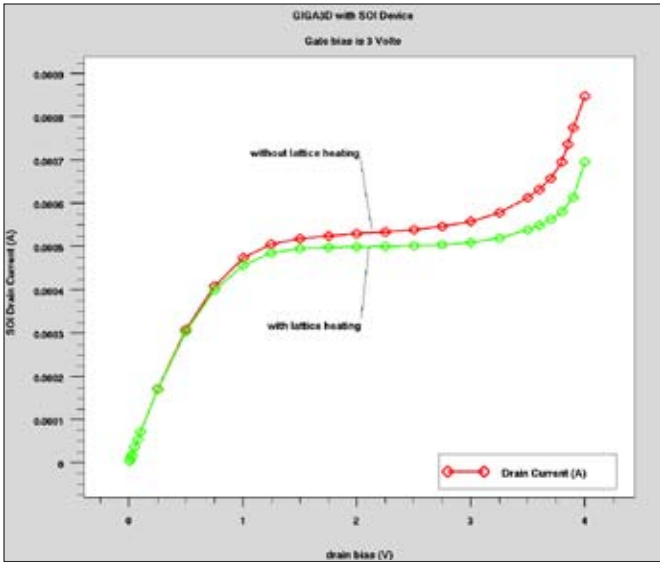
VDMOS 구조에서 생성한 전체 열 전력을 2D 반경 컷플레인으로 볼 수 있습니다. 또한, p-n 접합을 확인할 수 있으며, 주로 N-드리프트 영역과 P-베이스 영역의 가장자리에서 열이 발생합니다.



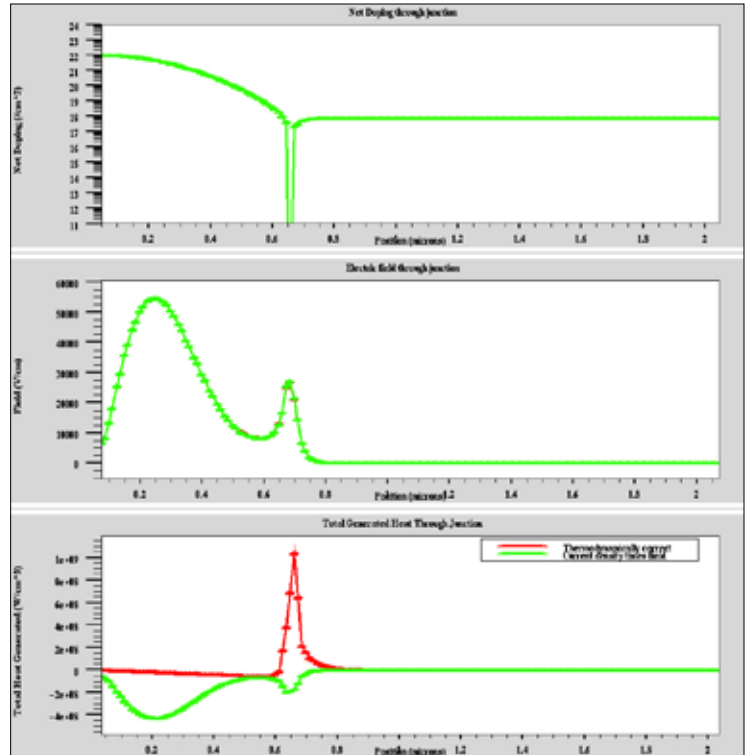
바디 컨택(body contact)을 갖는 단채널 초박형 SOI 트랜지스터의 소자 구조. 명확한 확인을 위해, 최상위 산화층을 제거하였습니다. 실리콘의 두께는 0.2마이크론이며, 유효 채널 길이는 0.8마이크론입니다.



게이트 바이어스가 3V, 드레인 바이어스가 4V일 때, SOI 트랜지스터에 대한 격자 온도 분포.



Giga3D 격자 온도 모델의 유무에 따른 SOI 트랜지스터의 일반 특성. 드레인 바이어스가 증가하면, 격자 온도가 증가하고, 이동도가 감소하여, 전류가 감소합니다. 이러한 현상은 Negative Differential Resistance(NDR)이라 하며, 격자 열 모델을 갖는 SOI 소자에서만 정확하게 시뮬레이션할 수 있습니다.

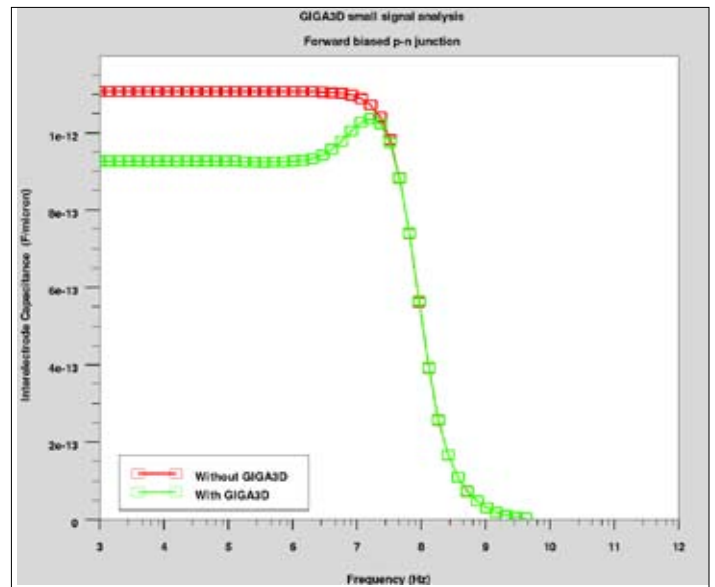


열역학적으로 정확한 격자 열 모델을 채택하거나 열 조건으로 장(field)과 전류 밀도의 곱을 사용할 수 있습니다. 그림은 순방향 바이어스에서 3D p-n 접합 다이오드를 통과하는 1D 단면에 대해 차이점을 나타냅니다. 첫번째 그림은 순 도핑 분포를, 두번째 그림은 전기장을, 세번째 그림은 전체 열전력을 나타냅니다. 순 전류는 미세한 확산을 말하므로, 전기장과 전류의 곱은 접합의 대부분에서 음의 값을 가집니다. 이는 거짓 냉각 효과(spurious cooling effect)를 일으킬 수 있습니다. 열역학적으로 정확하게 모델링하여 문제를 해결합니다.

## 온도와 캐패시턴스 AC를 결합한 분석

다음 예는 AC 분석 모드에서 Giga3D 동작을 나타냅니다. 적용된 AC 신호에 의한 일시적인 발열에 대한 효과를 확인할 수 있습니다. 열반응 시간은 방정식이 열 용량과 열 전도를 어떻게 설명하는지, 또한, 시험 중인 소자의 측정 캐패시턴스에 어떻게 영향을 미치는지를 나타냅니다.

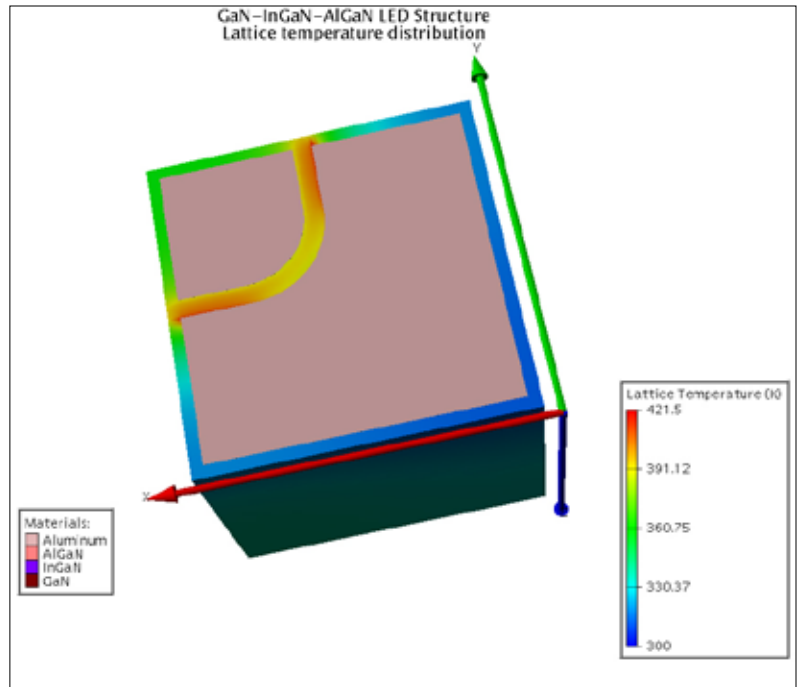
Giga3D는 과도 모드에서 사용하여, ESD 보호 소자의 퍼포먼스를 연구할 수 있습니다. 이 경우, Giga3D는 MixedMode3D와 연동하여, 시험 중인 소자에 대해 ATLAS-3D 소자 방정식을 일관되게 해석합니다. 이 때, 정전기 방전을 일으키는 소자(대개, 사람 또는 금속 기계)를 나타내기 위해 SPICE 엘리먼트를 함께 사용합니다. 이러한 두 가지 경우를 대신하는 SPICE 저항/캐패시터 모델의 산업 표준이 있습니다.



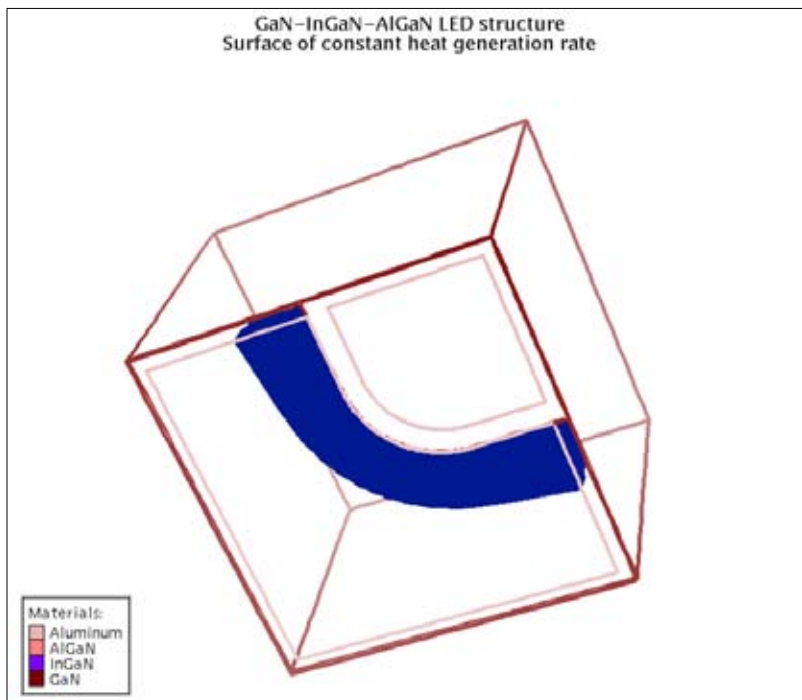
1V의 순방향 바이어스를 인가한 p-n 접합 다이오드에 대해 소신호 AC의 전극간 캐패시턴스. 저주파에서 AC 격자 온도는 AC 구동 전압에 의해 변조되어, 캐패시턴스를 변경합니다. 고주파에서 격자 온도는 구동 전압에 반응할 수 없으므로, 그 성질은 단열적입니다. 이러한 제한에서, 캐패시턴스는 Giga3D를 사용하지 않은 것과 같습니다.

## 광전자 및 발열 효과의 결합

발열 효과는 소자 내의 생성-재조합 또는 외부 광선에 의한 빛의 재조합에서 생긴 열에 의해 발생합니다. Giga3D는 발열 효과를 정확하게 설명합니다. RTA 램프 또는 레이저 빔의 재결정 등으로부터, 광학 열 어닐링(optical thermal annealing) 단계에서 소자의 열 분포를 산출할 수 있습니다. 다음 예에서, LED의 발열 효과를 나타냅니다.



GaN-InGaN-AlGaIn LED 구조의 온도 분포. 전극 사이에 6V의 바이어스를 인가하였습니다.



LED 구조에서 만들어진 일정한 열 전력의 표면.

# SILVACO

(주)실바코 코리아

134-020

서울특별시 강동구 천호동 469-1

스타시티빌딩 5층

Phone: 02-447-5421

Fax: 02-447-5420

E-mail: krsales@silvaco.com

WWW.SILVACO.CO.KR

Rev. 011108\_01