

Giga3D

3次元非等温デバイス・シミュレーション・モジュール

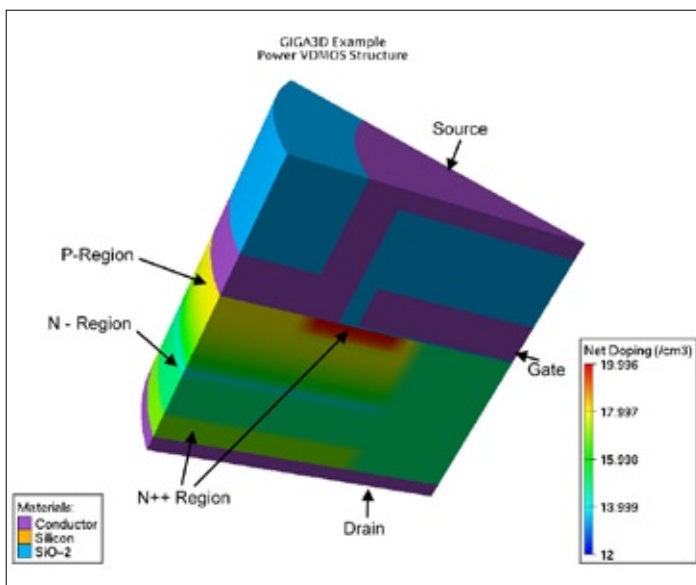
Giga3D モジュールを使用することでデバイス・シミュレーションに自己発熱の効果が付与し、Device3D の機能を拡張することができます。Giga3D には、発熱源、ヒート・シンク、および熱伝導のモデルが含まれています。物理パラメータおよびモデル・パラメータは、局部格子温度に依存します。半導体デバイス方程式と格子温度は、セルフコンシステントに結合されています。

主な特徴

- ・ セルフコンシステントな格子温度解析。
- ・ 熱力学的に正しいモデル。
- ・ ドリフト拡散方程式または液体輸送方程式と結合。
- ・ 定常解析、過渡解析、および AC 小信号解析。
- ・ 材料の熱伝導率のデフォルト・パラメータ。
- ・ 材料の熱容量のデフォルト・パラメータ。
- ・ さまざまなパラメータに対する格子温度依存性。
- ・ ジュール、ペルチェ/トムソンの熱生成項。
- ・ フレキシブルな境界条件の仕様。
- ・ ドリフト拡散方程式と結合させるために、非線形ソルバを選択可能。
- ・ 異方性熱伝導率テンソル。
- ・ フォノンによる遅れを含む熱電効果定義。

さまざまな用途

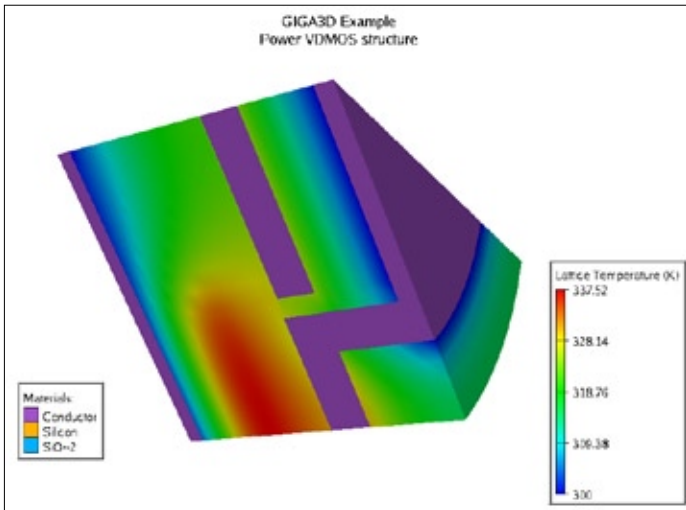
- ・ ESD 保護構造の解析。
- ・ パワー・デバイスのシミュレーション (整流器、サイリスタ、MOSFET、バイポーラ・トランジスタなど)。
- ・ LED、SOI、HBT、HEMT デバイスのモデリング。
- ・ デバイスの熱電シミュレーション。
- ・ 熱暴走のモデリング。
- ・ デバイス効率のモデリング。



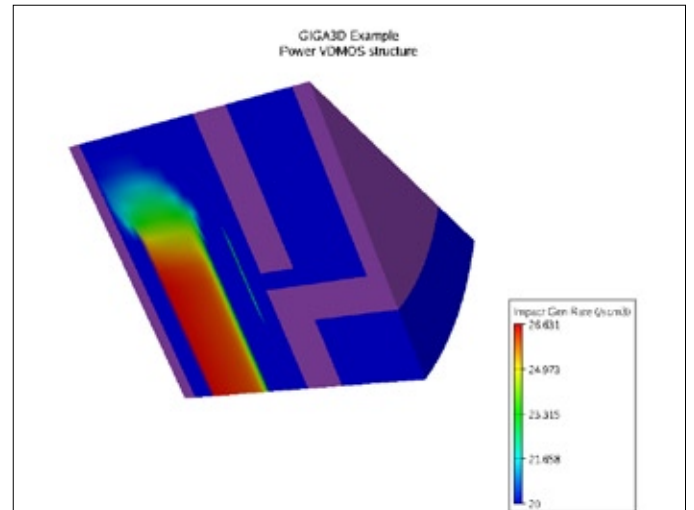
上図は、Giga3D での例証のために生成された 3 次元円柱形状の VDMOS 構造の一部です。ゲートの酸化膜の厚さは 50nm で、シリコンは 4 μ m です。

DC のオーミック熱

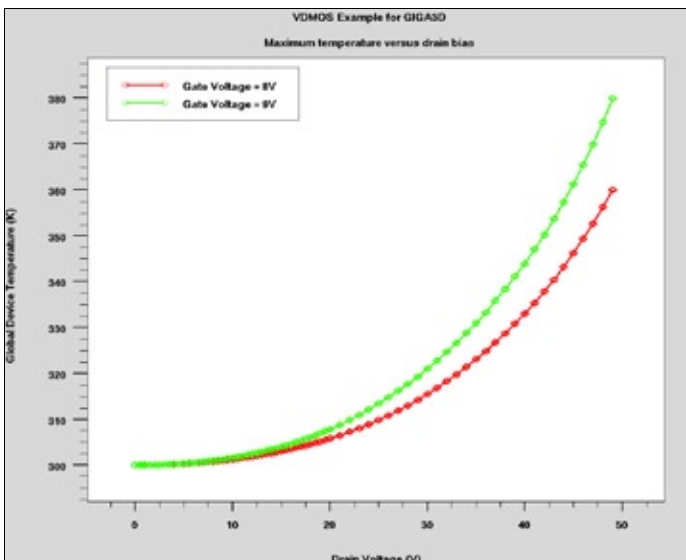
Giga3D では、デバイス内の熱発生のすべての形態を考慮しています。ジュール熱、生成-再結合、およびペルチェ/トムソン熱生成項を、すべての半導体および光学方程式を使用してセルフコンシステントに解析します。DC、AC および過渡特性などすべてのシミュレーションで Giga3D を使用できます。パワー・デバイス向けのように Giga3D の一番シンプルなアプリケーションにおいては、ジュール熱が唯一必要とされることもよくあります。次に例を示します。



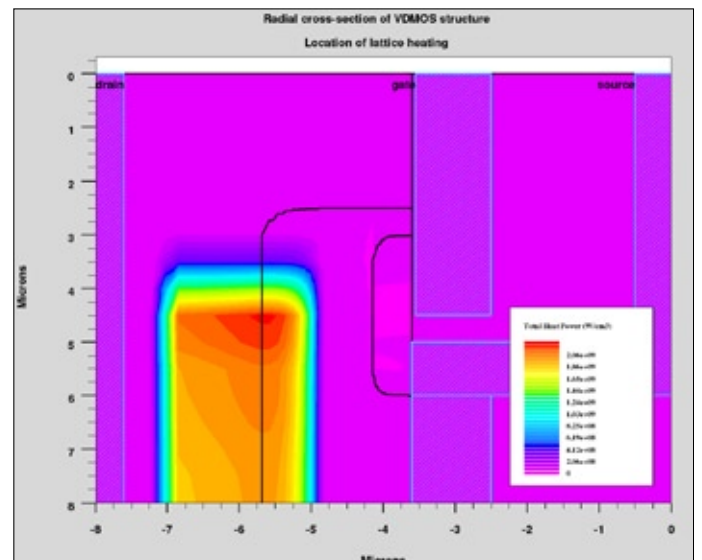
VDMOS 構造の格子温度は順方向阻止電圧の限界に偏っています。ドレインをヒート・シンクとし、ソースは 300K に保たれます。



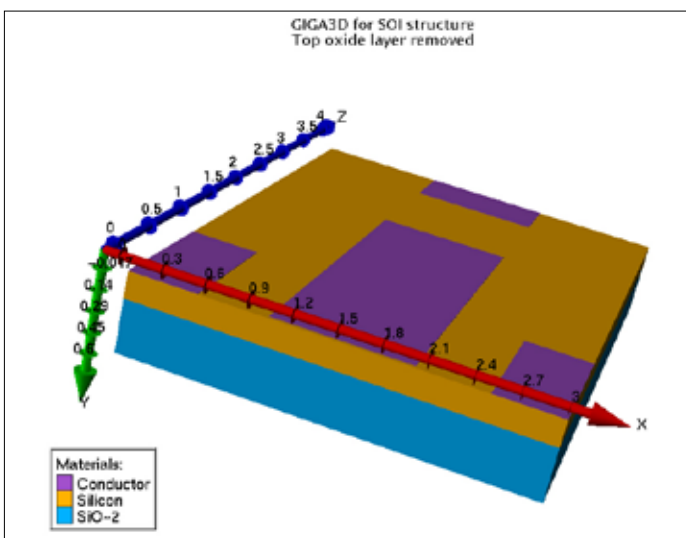
VDMOS 構造におけるインパクト・イオン化率の分布です。この図より、ソースドレイン間のドリフト領域でインパクト・イオン化率が高いことがわかります。このインパクト・イオン化モデルには、格子温度依存係数が含まれています。



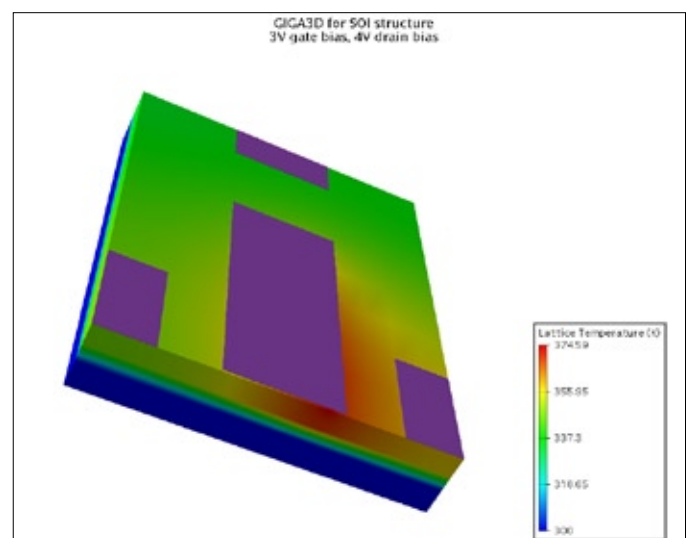
チャンネルで熱伝導モードになっている VDMOS における格子温度対ドレイン・バイアス電圧のグラフです。この過程でドレイン電流がより大きくなっていくため、格子温度はゲート・バイアスと共に上昇していきます。



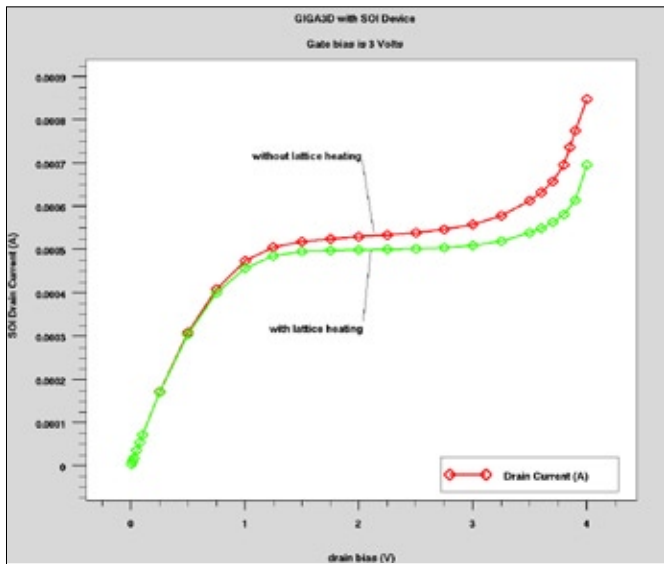
VDMOS 構造で生成される全熱量を、上図のように 2 次元放射線状の断面図で表示できます。pn 接合部もこの図で表示されています。熱発生は主に n ドリフト領域および p ベース領域の端で発生しています。



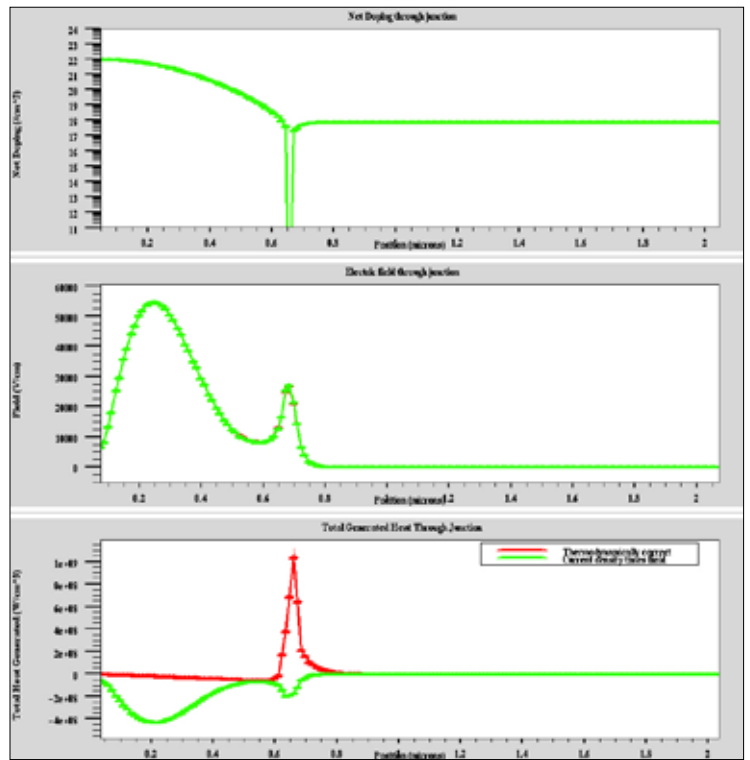
ボディコンタクト構造を持つ短いチャンネル長の極薄 SOI トランジスタのデバイス構造です。構造を明確にするために、トップの酸化膜を除去しています。シリコン厚は 0.2 μm で、効果的なチャンネル長は 0.8 μm です。



ゲート電圧が 3V、ドレイン電圧が 4V 時の SOI トランジスタの格子温度分布図です。



Giga3D 格子温度モデルを付加したものと、しないものとを比較した SOI トランジスタの典型的な特性を上グラフで示します。ドレイン電圧が大きくなると、格子温度が上がり、移動度が小さくなり、それによって電流が減少します。この現象は負性微分抵抗 (Negative Differential Resistance: NDR) と呼ばれ、これを正確にシミュレートするには、格子温度モデルが必要となります。

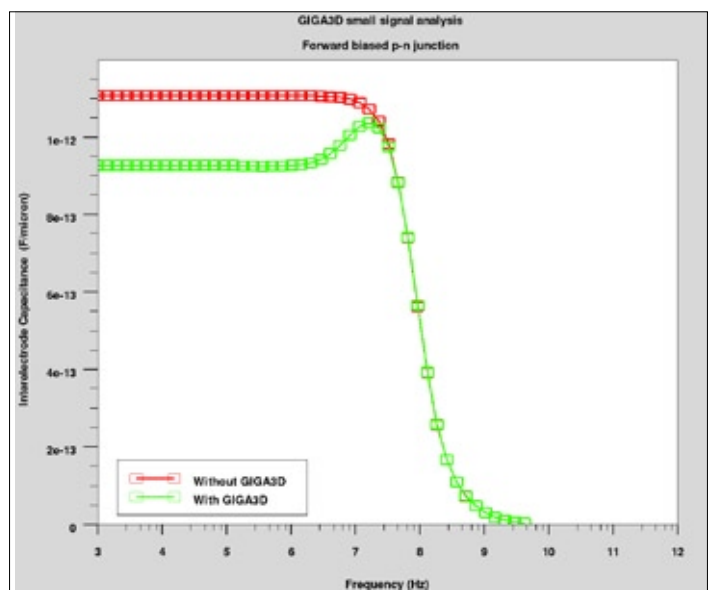


格子温度モデルまたは電界 x 電流密度を、熱の項として熱力学的な表示に使用します。上図は、3次元 pn 接合ダイオードに順方向バイアス電圧を印加した状態の 1 次元に対するこの 2 つの方法の間の差異を表しています。一番上にネット・ドーピングのプロファイル、中央に電界強度、一番下に全熱量を表しています。ネット電流は電界に左右される拡散電流であるため、接合において負の電流になります。これにより、冷却効果が生じます。熱力学的に正しいモデルを使用することで、この問題を避けることが可能です。

結合された温度と容量の AC 解析

AC 解析モードでの Giga3D の機能を次に示します。これにより AC 信号が加えられたことにより生じる一時的な自己発熱の効果がわかります。熱応答時間により、いかに方程式が熱容量および熱伝導を考慮しているか、およびいかに熱応答時間がテスト中のデバイスの計測された容量に影響を与えているかを確認できます。

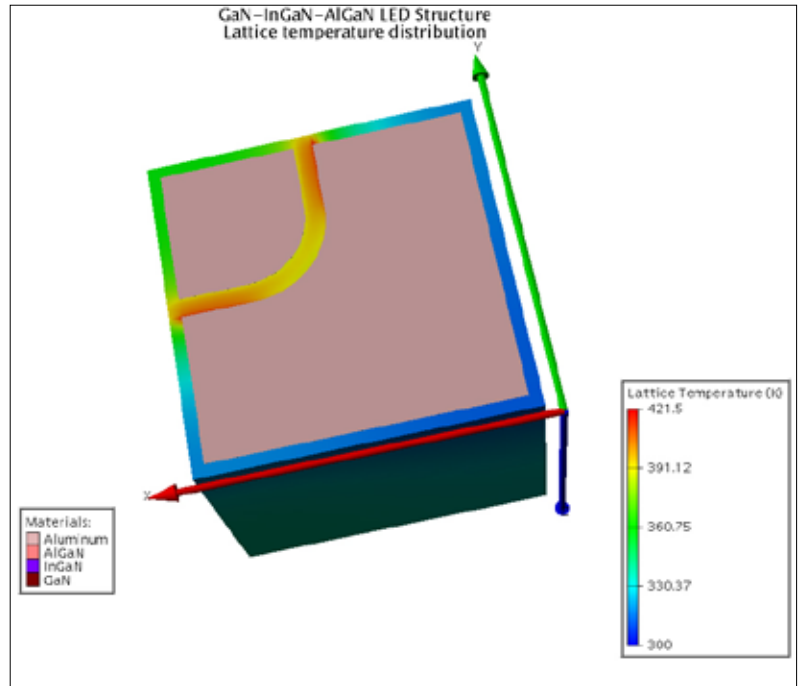
また、Giga3D を過渡モードで使用すると、ESD 保護デバイスの性能を検討できます。この場合、Giga3D を MixedMode3D と連携させて使用し、テスト中のデバイスに対する ATLAS 3次元デバイス方程式をセルフコンシステントに解析します。その際、通常マニュアルまたは金属加工機械により行う、静電気放電を起こすデバイスを表すために SPICE 素子を使用します。Giga3D には、業界標準の SPICE の抵抗 / キャパシタ・モデルが含まれ、このようなケースを表すために使用できます。



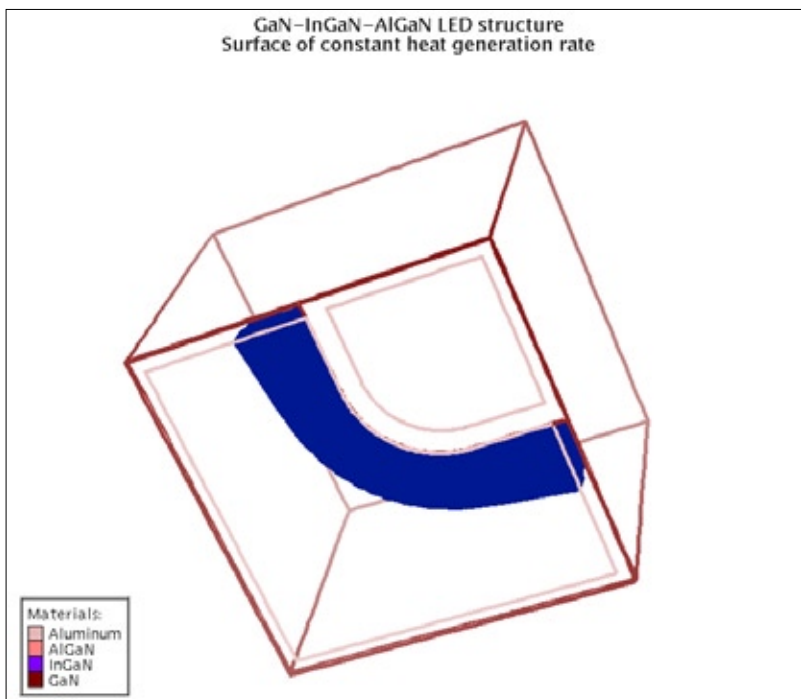
順方向に 1V 印加時の pn 接合ダイオードにおける電極間容量の AC の小信号依存性です。低周波では、AC 格子温度は交流駆動電圧により変化し、容量を変化させます。より高い周波数では、格子温度は駆動電圧に反応せず、振る舞いは断熱的です。この範囲では、容量は Giga3D を使用せずに得た容量と同等になります。

光特性と自己発熱を結合させた効果

デバイス内の生成-再結合による、または光学的再結合により生成された熱による自己発熱効果のすべてを Giga では正しく分析します。この機能により、デバイス内の熱分布が光学的熱アニール（たとえば、RTA ランプ、または再結晶化のためのレーザ・ランプによる）段階において計算できます。次の例では、発光ダイオード (LED) 内における自己発熱効果を示します。



これは、GaN-InGaN-AlGaIn LED 構造における温度分布です。電極間に 6V のバイアス電圧が印加されています。



LED 構造における生成された一定の熱量面です。

SILVACO

株式会社 シルバコ・ジャパン
www.silvaco.co.jp

お問い合わせ : info@silvaco.co.jp

本社

〒244-0801
神奈川県横浜市戸塚区品濃町549-2
三宅ビル4F
TEL : 045-820-3000 FAX : 045-820-3005

京都サポートセンター

〒604-8152
京都府京都市中京区烏丸通 蛸薬師下ル 手洗水町651-1
第14長谷ビル 9F
TEL : 075-229-8207 FAX : 075-229-8208