

# Advance / TCAD

## 3次元TCADシステム

超微細半導体デバイスからパワーデバイスまでの解析において、複数デバイスの一体解析（セルレベルシミュレーション）やデバイス・外部回路（LCR）一体解析（Advanced mixed-modes）等の高度な機能と使いやすいGUIを備えた、お客さまのご要望に臨機応変に対応できる国産の3次元TCADシステムを提供します。

### 特徴

- 高速3次元解析
- 頑健（ロバスト）な計算手法
- 幅広いデバイスに対応

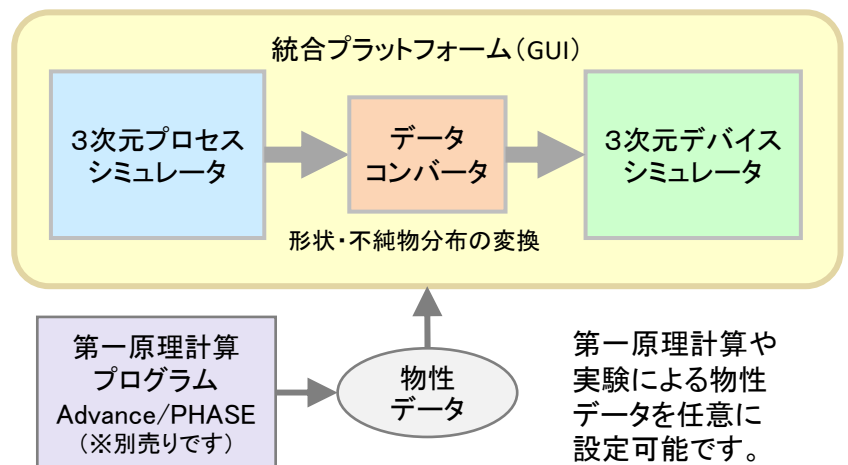
独自に開発した高速で安定的な計算手法や分散メモリ型並列計算機能の採用などにより高速でロバストな3次元プロセス・デバイス計算が可能です。

各種の物性値や計算パラメータはユーザにより任意の値が設定可能です。研究から製造までの幅広い用途にご使用いただけます。

超微細デバイス、パワーデバイスのそれぞれの解析に特有用な解析機能を備えています。

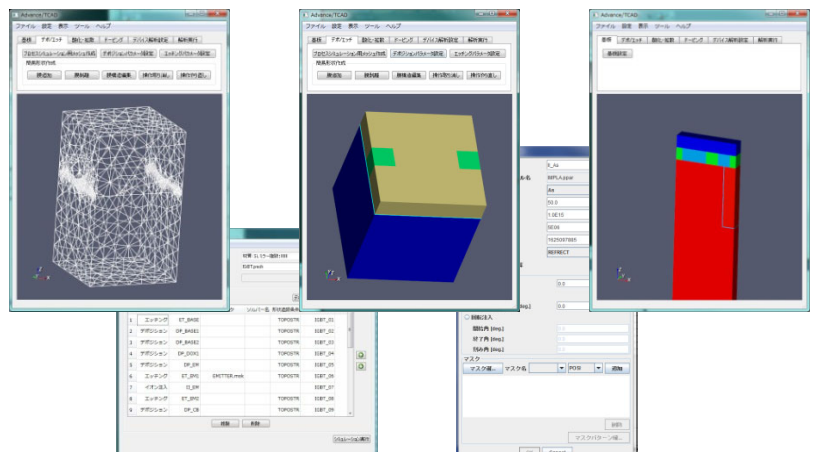
### システム構成

- プロセスシミュレータは、メッシュ生成、形状生成、イオン注入、拡散の3次元解析機能を搭載しています。対象材料はSiとSiCです。
- デバイスシミュレータは、3次元デバイスの直流・過渡特性を、高速、高精度、ロバストに計算します。対象材料はシリコンの他、化合物系にも対応しています。
- プロセスシミュレーションから得られた形状、不純物分布は異なるメッシュ系のデバイスシミュレーションへデータ変換（コンバータ）されます。
- システム全体を使いやすいGUIで制御しています。



### 統合プラットフォーム

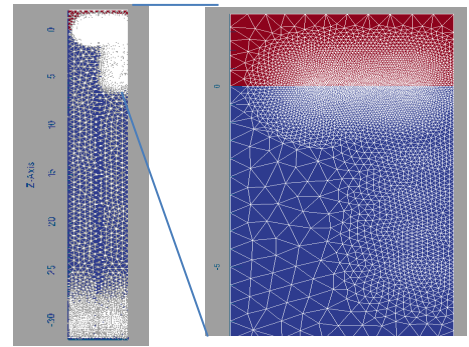
- プロセス、デバイスの両ソルバの入力設定、起動、終了、出力データのレビューを一つのユーザフレンドリなGUIプログラムで制御します。
- GDSIIレイアウトデータからマスクデータや構造データを生成できます。



# プロセスシミュレータ

1. 格子密度制御機能付き非構造四面体を搭載し、複雑な構造を高精度にシミュレート可能。
2. 幾何学的な処理による高速な形状生成シミュレーション。
3. 結晶材料(立方晶、六方晶)とアモルファス材料の両方に対応した3次元モンテカルロ法によるイオン注入シミュレーション。Linux版では並列計算が可能です。一次元深さ方向の密度分布の出力も装備。
4. 実験もしくはシミュレーションにより得られた1次元不純物分布データから畳み込み積分法により3次元分布を生成する簡易不純物設定機能を搭載。
5. 拡散機能には非平衡反応拡散モデルと平衡拡散モデルを採用。

## メッシュ作成事例

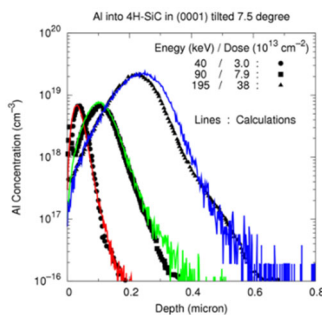
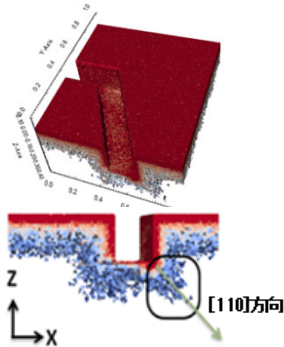


## イオン注入計算事例

## 幾何学的処理による高速3次元構造生成事例

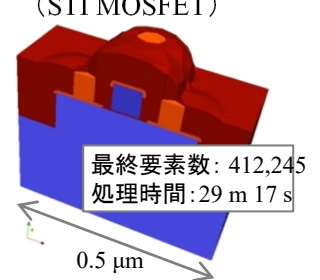
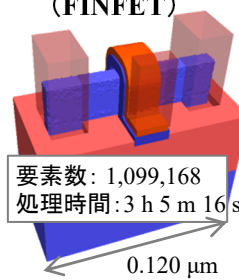
### 3次元イオン注入計算事例 (六角レンチ構造(Si基板))

### 実験値との比較例 (4H-SiC基板へのAl注入)



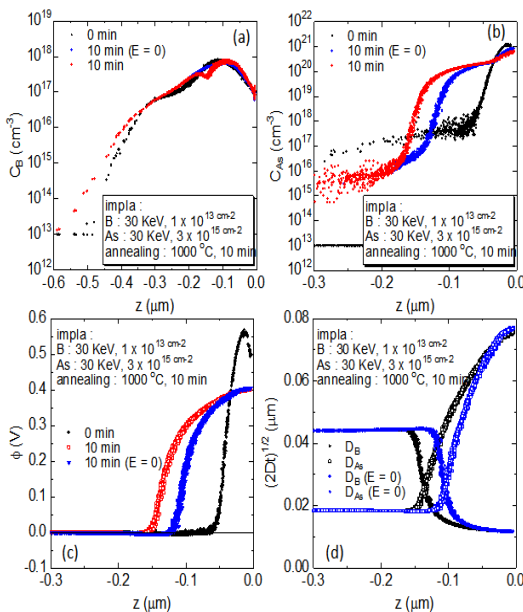
### FIN構造計算事例 (FINFET)

### プレーナ構造計算事例 (STI MOSFET)



- さまざまなデポジション・エッチング工程を幾何学的処理により再現し、3次元形状を高速に生成します。
- 複雑な形状表現にも適した非構造四面体メッシュを使用しています。
- 任意形状のマスクパターンが作成可能です。
- 大規模メッシュも高速で処理できます。

## 拡散解析事例



(a)Asおよび(b)Bの深さ方向の濃度依存性(z=0がSi-SiO<sub>2</sub>界面でz<0はSi領域)、(c)ポテンシャルの深さ(z)依存性(d)拡散長(2Dt)<sup>1/2</sup>の深さ(z)依存性

赤丸がFERMIモデルを用いた場合の濃度分布、青丸は電界分布がゼロ(E=0)の場合、黒丸は初期分布であるイオン注入計算結果。

## プロセスシミュレータ機能一覧

項目	値
メッシュ作成機能	• 格子密度制御機能付き非構造四面体メッシャー
3次元形状生成機能	• テトラメッシュ使用。 • 距離関数を用いた幾何学処理。 • 等方デポ・エッチ、異方デポ・エッチ、平坦化デポ・エッチ。
イオン注入機能	• 平均自由行程モデル(アモルファス材質)。 • 原子間相互作用: ZBL ポテンシャル。 • 原子・電子間相互作用: LSS、Firsov、VIENNA モデル。 • 熱振動モデル: Debyeモデルによる熱振動振幅。 • 結晶破壊モデル: Kinchin-Peace モデル。
拡散機能	• 非平衡反応拡散モデル。 • Fermiモデル。

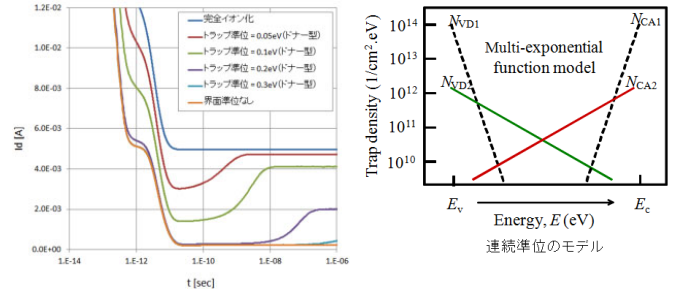
# デバイスシミュレータ

1. 定常解析および過渡解析に対応。過渡解析では時間刻み幅の自動制御、任意入力波形の設定が可能
2. バリスティック伝導に対する高精度・高速解析手法を搭載
3. シリコンをはじめワイドギャップ半導体(SiC系、GaN系)の物性値を装備。任意の物性値設定による新材料探索も可能
4. ワイドギャップ半導体(~3eV)における安定計算手法(二準位間遷移再結合モデル)により超低電流でも強安定収束
5. GaN系デバイスでみられる電流コラプスの原因となる深い準位やSiCデバイスにおけるやや深い準位のイオン化率の変化をシミュレートする一準位再結合モデルを定常・過渡解析に採用
6. 高速高電圧解析のためのバイアス粗密調整機能やガードリング(浮遊電位解析)のための仮想ライフタイム法等、独自の高速・安定収束化技術を開発
7. 界面における連続準位を複数種類設定可能(マルチ指数関数モデル)
8. ショットキー接合にはドリフト・拡散モデルに加えトンネル電流モデルを採用
9. 複数デバイス一括解析(インバータチェーン、リングオシレータ等の一括解析)が可能
10. モータ負荷やサージ電流解析(ESD)に対応する外部LCR回路を含めた強連成一括計算手法(Advanced mixed-modes)を搭載(※回路はSPICEと同様の記述方式)
11. ガンメル法とカップル法搭載により多様な課題に対応可能

## 界面準位計算機能

- トラップ準位の深さに対応した電流応答の解析。
- 最大10個の連続準位を同時設定可能。

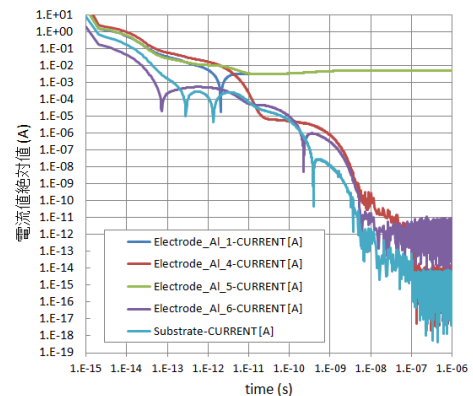
### MOSFET過渡解析事例



## 過渡解析機能

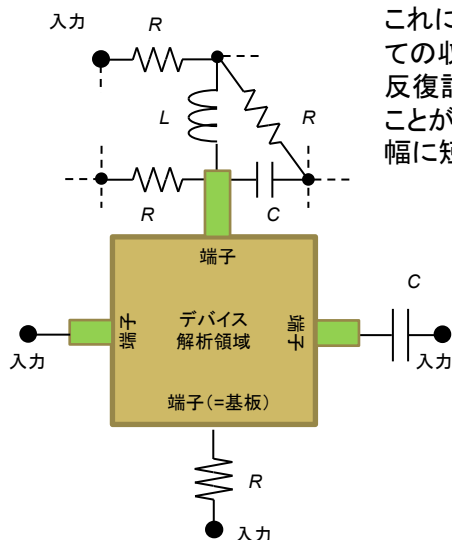
- 時間刻み幅を自動制御することにより、ユーザーの負担を軽減すると同時に10桁以上の精度での電流値計算が可能。
- 電極毎に任意の入力波形が設定可能。

### 時間刻み幅自動制御事例



## 外部回路とデバイスとの一括解析機能

デバイスシミュレーションと外部回路の構成方程式の数値計算を単一の行列で一括計算する高速・安定収束手法(Advanced mixed-modes)を開発。

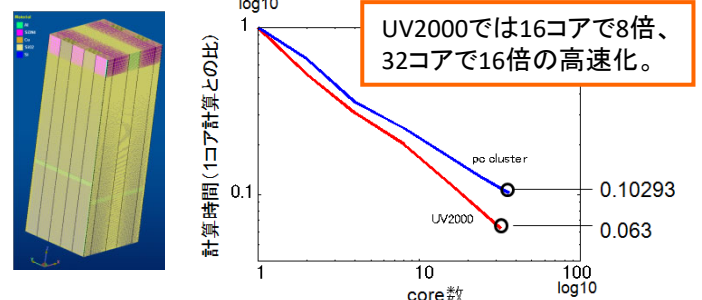


これにより、回路全体としての収束解を得るまでの反復計算回数を削減することができ、計算時間を大幅に短縮(当社比約20倍)。

## 大規模デバイス計算並列化効率検証事例

分散メモリ型並列計算機能を搭載しています。スーパーコンピュータにも対応しており、計算機資源を最大限に利用した大規模計算が可能です。

### NMOS細分割メッシュモデル



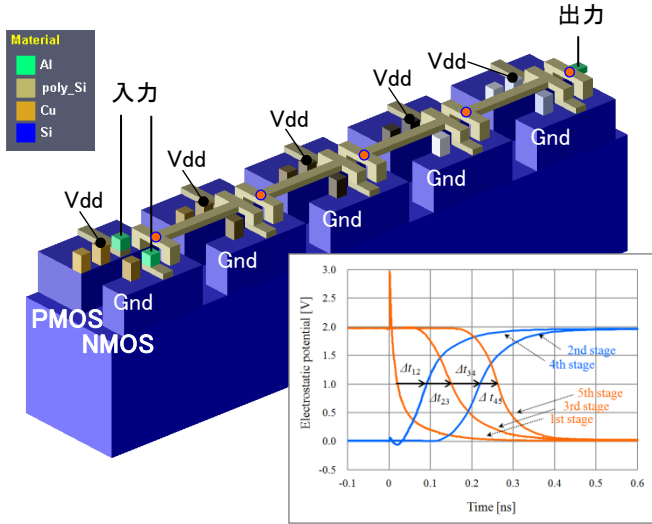
- + Number of nodes..... 2,391,200
- + Number of elements..... 2,287,350
- + Number of control volumes... 2,398,366



## 複数デバイス+回路モデルの大規模デバイス解析

Advance/TCADではデバイス単体の特性だけでなく回路全体の特性を、3次元デバイスシミュレーションで一括解析することが可能です。これにより従来の回路モデルを中心とした解析と比較して、より高精度な解析が可能となります。

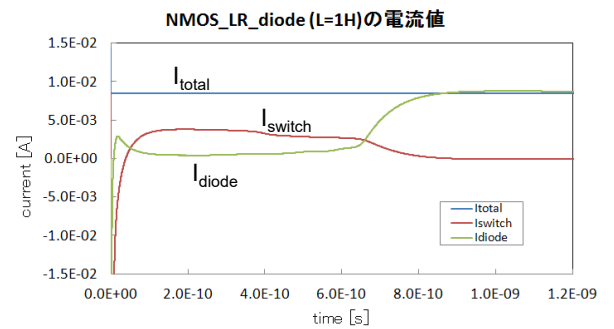
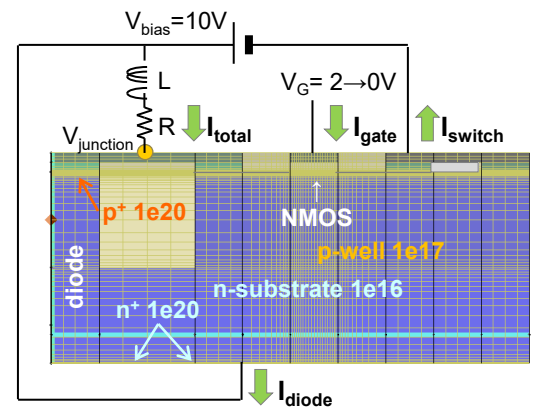
### 解析事例：5段CMOSインバータチェイン



フィードバックをかければリングオシレータとして動作可能。

※これらの解析には大規模モデル対応並列計算機能、複数デバイスの一括解析手法、デバイス+回路の一括解析機能を使用しています。

### 解析事例：モータ制御デバイス解析



## デバイスシミュレータ機能一覧

項目	値
使用可能な材質	半導体: Si, poly-Si, Ge, $Si_{0.3}Ge_{0.7}$ , $Si_{0.5}Ge_{0.5}$ , $Si_{0.7}Ge_{0.3}$ , GaAs, AlAs, $Ga_{0.9}Al_{0.1}As$ , $Ga_{0.8}Al_{0.2}As$ , $Ga_{0.7}Al_{0.3}As$ , 3C-SiC, 4H-SiC, 6H-SiC, GaN, $GaAl_{0.2}N_{0.8}$ , $GaAl_{0.5}N_{0.5}$ , $GaAl_{0.8}N_{0.2}$ , AlN 絶縁体: $SiO_2$ , $Si_3N_4$ , $Ta_2O_5$ , $Al_2O_3$ , Air 金属: Cu, Al, Ti, Ta, Mo, W, TiN (※材料定数を変更することで別材質も設定可能。)
形状生成・メッシュ生成機能	<ul style="list-style-type: none"> <li>コンバータ出力形状の読み込み機能。</li> <li>簡易デバイス形状生成機能。</li> <li>Delaunay性を担保した高品質メッシュを使用。</li> <li>メッシュの立体粗密調整機能。</li> </ul>
解析機能	<ul style="list-style-type: none"> <li>電子・正孔密度の移流拡散方程式 + ポアソン方程式</li> <li>定常解析、過渡解析機能</li> <li>不純物モデル(浅い準位から深い準位までに対応)</li> <li>界面準位モデル(界面再結合, 界面電荷を考慮。連続準位の設定が可能)。</li> <li>ヘテロ接合に対応。</li> <li>量子効果補正 (Feynmanの実効ポテンシャル、直接トンネリング)</li> <li>電極特性(オーミック, ショットキー接合に対応)。</li> </ul>
基本物性のモデル	<ul style="list-style-type: none"> <li>誘電率、電子親和力、質量モデル、バンドギャップモデルなど</li> </ul>
移動度モデル	<ul style="list-style-type: none"> <li>MOS反転層モデル、折れ線近似、指数飽和型、定数型など</li> </ul>
生成・再結合モデル	<ul style="list-style-type: none"> <li>SRH, Auger, 直接再結合、深い準位による再結合、二準位間再結合、GIDL, 衝突電離など</li> </ul>

## ご使用をご検討されているお客さまへ

- ソルバーはWindowsとLinuxに対応しています。
- 価格、ライセンス形態などのお問い合わせ、機能の詳細説明をご希望のお客さまは弊社営業担当までご連絡ください。

© Advance/TCAD 詳細 (web) については右の QRコードからご覧いただけます。

- ・ 解析事例
- ・ 研究発表
- ・ 関連記事
- ・ お問い合わせ

etc...



アドバンスソフト株式会社  
〒101-0062  
東京都千代田区神田駿河台四丁目3番地  
新お茶の水ビルディング17階西  
TEL: 03-6826-3971 FAX: 03-5283-6580  
URL: <http://www.advancesoft.jp/>  
E-mail: [office@advancesoft.jp](mailto:office@advancesoft.jp)

