

Advance/TCADの開発

2013年8月29日
アドバンスソフト株式会社

小池秀耀

独立行政法人 科学技術振興機構 研究成果最適展開支援プログラム（A-STEP）

<http://www.advance-soft.jp/>

(1) 開発の背景

課題番号: AS2316901A

開発課題名: 半導体デバイス3次元TCAD システム (**Advance/TCAD**)

会社名: アドバンスソフト株式会社

新技術の研究者名

◆ 富澤 一隆

所属機関名: 明治大学 理工学部情報科学科

役職名: 名誉教授

◆ 山口 憲

所属機関名: アドバンスソフト株式会社

役職名: 技師長

開発期間: 平成23年11月1日～平成28年3月31日

世界的レベルの「次世代3次元TCADシステム」を開発し、**半導体産業のイノベーションの基盤技術を提供する。さらにこのソフトウェアを事業化し、海外製品の独占状態を打破する。**

開発する次世代TCADシステムの概要

<http://www.advancesoft.jp/>

◆製品:本研究では次世代TCADシステムを開発する。「次世代3次元TCADシステム」とは半導体の微細化や高度化に伴い現状のTCADシステムでは十分対応できない課題を解決するシステムである。従来のTCADに加えて、新技術は以下のとおりである。

①微細素子の解析機能の強化

- ・ バリスティック輸送解析
- ・ CMOSインバータの一括解析と複雑構造や複数トランジスタの一括解析(10トランジスタ程度)
- ・ 3次元解析(微細素子、パワーデバイスでは不可欠)

②パワーデバイスへの対応

- ・ フローティング電極, 高耐圧のロバスト解析
- ・ デバイスの3次元形状近似の高度化

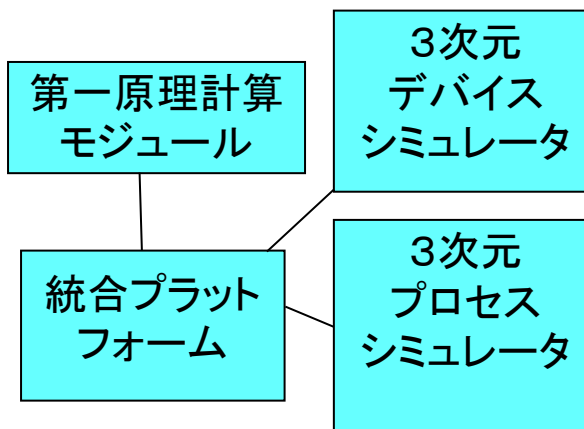
③第一原理計算との活用(材料探索など)

- ・ ITRSの課題への挑戦

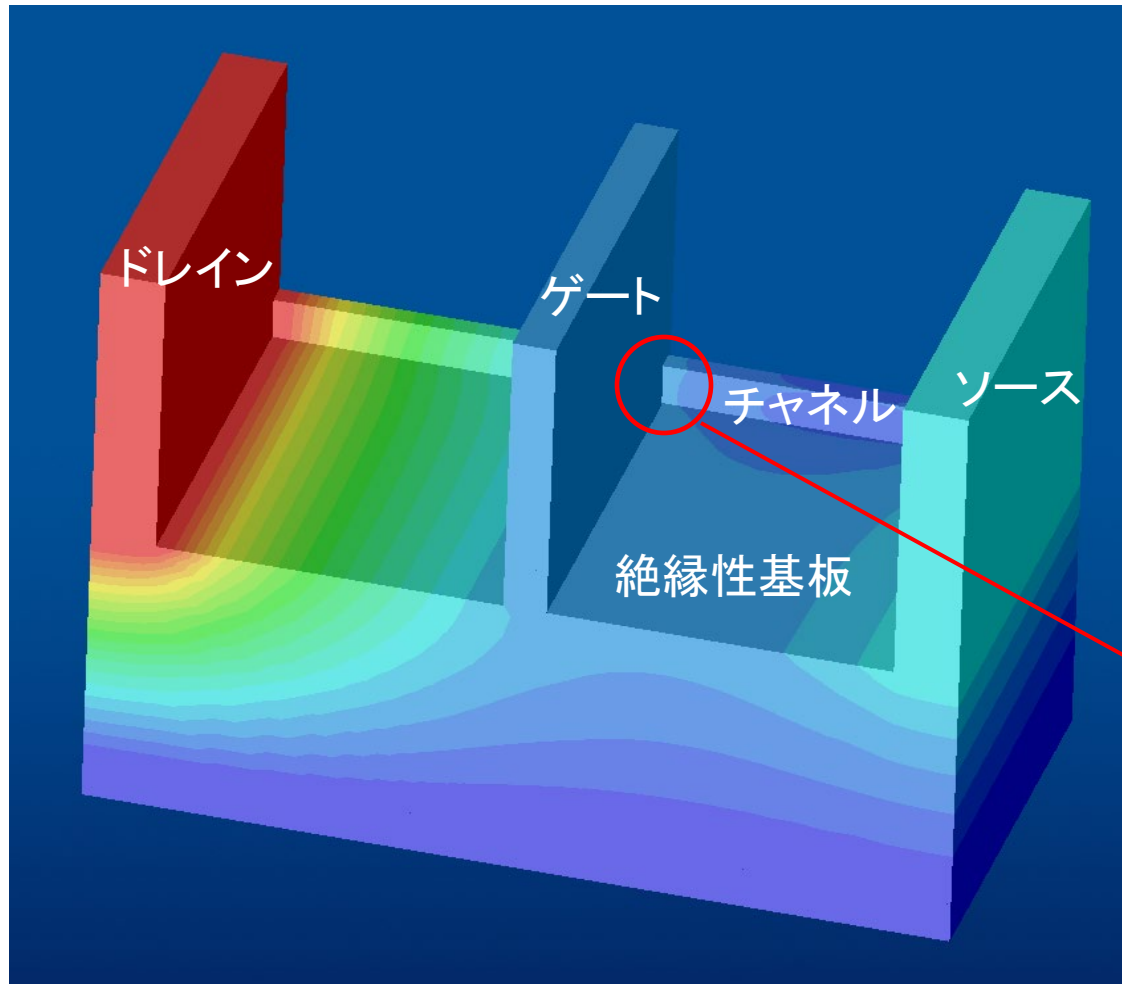
④計算技術

- ・ 並列コンピュータへの対応(MPIによる分散並列)
- ・ プロセスの3次元形状追跡、3次元自動メッシュ
- ・ 大規模計算の高速化

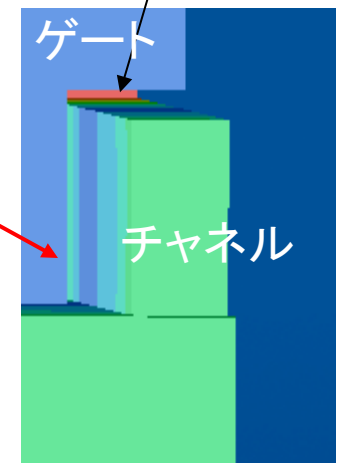
高速でロバストな
3次元シミュレータ



Fin FETの構造生成とためし解析例



間隙、非接触構造



デバイスシミュレータのおもな特徴

<http://www.advancesoft.jp/>

特徴

3次元高速解析(並列コンピュータ対応)
マスク利用により立体構造を容易に作成
3次元メッシュの自動生成
不純物のばらつき解析
パワーデバイスのフローティング電極のロバスト解析
CMOSラッチアップの直接解析
複数トランジスタの一括解析(10トランジスタ程度)

詳しくはβ
版の説明
で

物理モデル

再結合モデル(SRH、オージェ、深い順位、界面順位)
キャリア生成モデル(衝突電離、雪崩増倍、GIDLモデル)
電解依存移動度モデル、バリスティック伝導モデル、絶縁体中の
移動度モデル、量子効果(トンネル効果)、量子補正、ヘテロ接合

プロセスシミュレータの特徴

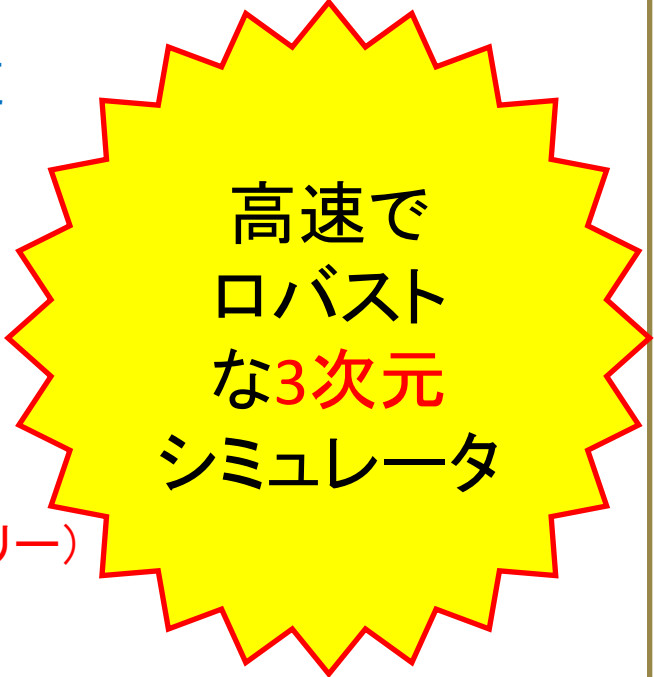
<http://www.advancesoft.jp/>

物理モデル

- イオン注入工程（モンテカル法）
- 拡散工程
- 酸化工程（粘弾性モデル） 当初計画から変更
- エッチング工程
- 堆積
- エピタキシャル成長

数値計算法

- 拡散方程式は有限体積法により離散化する
- 計算格子は非構造格子（基本は四面体）
- MPIを用いた分散並列処理（高速、大規模メモリー）
- 高速線形ソルバー
- 移動境界の解析はVOF法（ロバストな方法）
オイラー座標系、非構造格子



高速で
ロバスト
な3次元
シミュレータ

■酸化工程（粘弾性モデル） 当初計画から変更

界面位置の計算をVOF法から距離関数を用いる方法に変更

熱酸化シミュレーションの手順

不純物原子濃度
原子空孔濃度

構造情報の受け取り **Soft**

<http://www.advancesoft.jp/>

前処理: 酸化種拡散領域の取出・酸化種の拡散係数・酸化速度・酸化膜・窒化膜の粘性係数の算出

酸化種の酸化膜内の拡散計算

新しい酸化膜形成・シリコン・ポリシリコンのリメッシュ・応力補間

酸化による体積膨張のための初期ひずみ条件の計算

節点の変位計算

収束チェック

NO

収束計算の緩和
応力再計算

YES

構造の更新・不純物濃度更新・酸化膜のリメッシュと酸化膜内の応力補間

構造更新と受け渡し

不純物原子の拡散計算へ

基本機能	エネルギー、状態密度、バンド構造
電子状態解析	電子スピン分極効果、電荷密度：全電荷密度、部分電荷密度 状態密度：原子分割局所状態密度、射影状態密度、DFT+U
光学特性	誘電関数（電子系および格子系）、非線形感受率、X線光電子分光
分子動力学	NVE および NVT
反応経路探索	Nudged Elastic Band 法
その他	ストレステンソル、仕事関数、圧電定数、STM
解析支援	付属 GUI による入力ファイル作成、計算結果の可視化

開発スケジュール

月		目標設定	H23		H24				H25				H26				H27				
項目			11	1	4	7	10	1	4	7	10	1	4	7	10	1	4	7	10	1	
開発項目	研究開発項目名																				
	①TCAD の基本設計	基本設計完成	←→		CP1 (MS1)				(MS2)				(MS3)								
	②デバイスシミュレータ開発	次世代完成			←															CP6	
	③バリステック輸送解析	計算増 3 倍以下	←				CP2														
	④複数トランジスタの一括解析	10 トランジスタ			←															CP5	
	⑤フローティング電極解析、過渡解析	ロバスト解析確立	←						CP3	過渡解析	→										
	⑥プロセスシミュレータの開発	世界水準			←											CP7					
	⑦3 次元形状追跡	ロバスト性確立	←							CP4											
	⑧統合プラットフォームの開発	3 次元形状、自動メッシュ	←															CP8 (MS4)			
	⑨第一原理計算との連携	連携計算確立			←																
	⑩並列計算	プロセス 5 倍、デバイス 8 倍以上			←												CP9				
	⑪大規模計算の高速化	1 千万メッシュ以上			←													CP10			
	⑫統合システムの開発	次世代 TCAD の完成																		CP11	
	⑬総合テスト	実用検証																			CP12
	⑭次世代 TCAD に関する市場調査	ビジネスシナリオ、販売計画			←																
⑮まとめ																				←→	

t.jp/

謝辞

本研究開発は 独立行政法人 科学技術振興機構殿のご支援のもと実施し致しました。心より感謝申し上げます。