

MEMS用設計・解析支援システム 開発プロジェクト

「(1)フレームワークソフトの開発」

詳細説明

2007年11月7日

日本ユニシスエクセリューションズ株式会社

開発の背景

MEMS用設計・解析支援システムにおいては、

- ・MEMS初心者にとっても使いやすいユーザフレンドリーなGUI
- ・システム全体の統合管理
- ・解析ソフトウェアとの機能連携

・材料・プロセスデータベースおよび知識データベースとの有機的連結
が大きなニーズとして存在し、これを実現する「フレームワークソフト」の研究
開発が必須である。

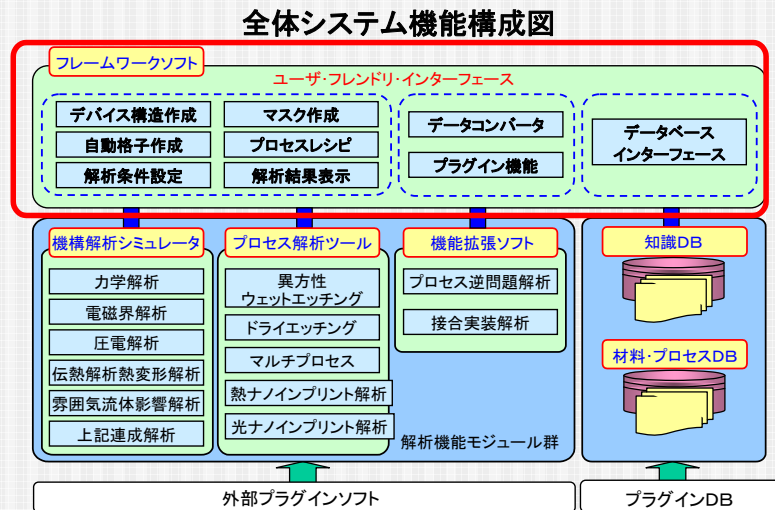
設計・解析支援ソフトを利用した設計作業の流れの例



研究開発の最終目標

フレームワークについて、以下の技術を開発する。

- 1) マスク作成
- 2) デバイス構造作成
- 3) 自動格子作成
- 4) プロセスレシピ
- 5) 解析条件設定
- 6) 解析結果表示
- 7) 解析ソフト・CADソフトとのデータコンバータ
- 8) データベースインターフェース
- 9) プラグイン機能とスーパーバイザー機能
- 10) 「ナノインプリント加工・解析システムの開発」におけるフレームワークの改修



【事業原簿 pi-1】

目標値の設定理由

開発目標となる技術項目は、MEMSの特徴である、

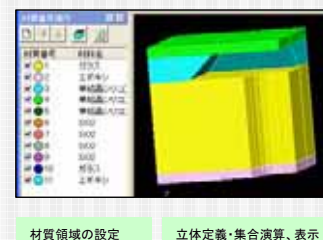
- ・薄膜材料を含む多様な材料の利用と積層構造
- ・構造設計とプロセス設計の強い相互関連
- ・複数の物理現象(力学、熱、電磁界等)の複合効果

を考慮した設計・解析のための基盤ソフトとして必要不可欠である。



例えば、デバイス構造作成においては、

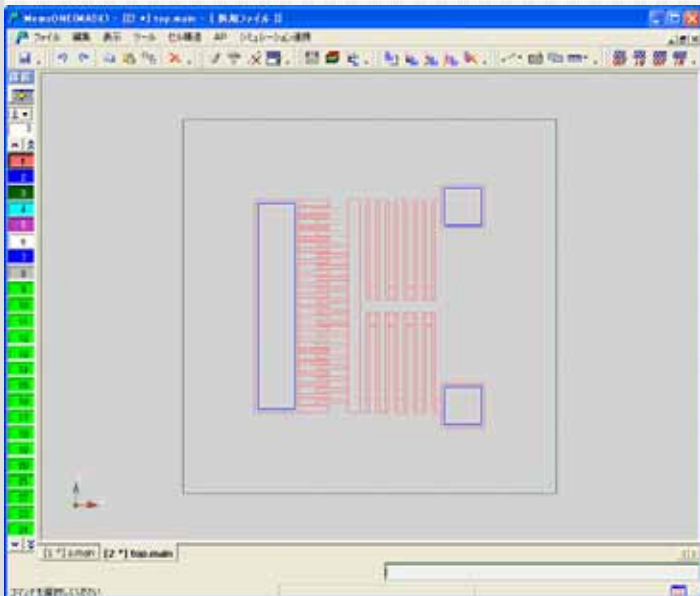
- ・積層構造を表現する材質領域の設定
 - ・基本立体構造の定義や立体間の集合演算
 - ・デバイス構造データの保存、参照、表示制御
- などの機能を含むデバイスCADを構築する必要がある。



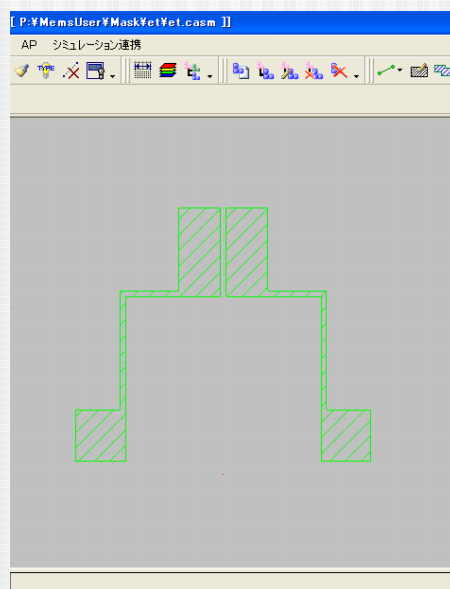
研究開発成果 1)マスク作成

マスク作成機能により作成したマスクデータの例

櫛歯モデル用マスク



マイクロミラー電極部マスク



【事業原簿 pi-1】

マスクCADの機能一覧

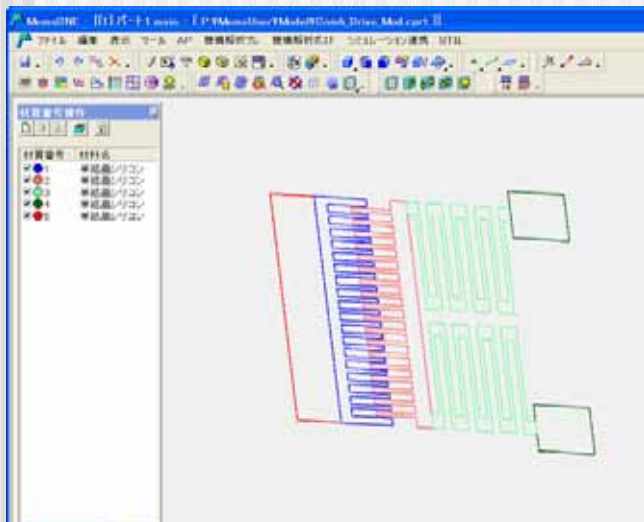
MEMS メニューバー	MEMSツールバー	説明					
ファイル		保存	開始はメイン画面で指示			円_中心と2点	中心と2点による円
		終了	CAD画面のクローズ			円_3点	3点による円
編集		元に戻す	コマンド単位のキャンセル(UNDO)			円_2点と径	2点と径による円
		やり直し	UNDOを元に戻す(REDO)			円弧_中心と2点	中心と2点による円弧
		コピー	貼り付け用の線またはマスク領域の指示			円弧_3点	3点による円弧
		貼り付け	コピー図形の貼り付け			円弧_2点と径	2点と径による円弧
表示		移動複写・拡大縮小	幾何要素の移動・複写		線編集	面取り	角部を線で分けてカット
		削除	幾何要素の削除			オフセット	線列の一定値オフセット
		リベイント	画面再表示			フィレット	ポリラインの角のR掛け
		タイプ別表示 ON/OFF	点、線、マスク領域の3タイプ			ストレッチ	線列の指示頂点座標値の移動
ツール		一時図形削除	一時図形削除			トリム延長	トリム延長_2線 2線を交点で切り取り、または、交点まで延長
		REG_表示削除	検査コマンドのレジスター表示値の削除			トリム延長_連続線	トリム延長_2線の連続線機能
		グリッド	グリッドのサイズ変更、表示、丸め設定			トリム延長_分割	線を他の線の交点で切り取り
		レイヤ操作	レイヤ操作パレットの表示			トリム延長_中抜き	線における他の2線との交点区間を中抜き
セル構造		セル構造表	セル構造を示すパレットの表示		マスク領域定義編集	マスク領域定義	マスク領域の定義、定義済み領域の変更
		セル作成	マスクデータの単位であるセル名を定義		マスク領域集合演算	集合演算	2つのマスク領域を和集合領域
		セル構造定義	セル間の親子関係を定義する		検査	座標値	座標値を調べる
		セル配置位置編集	親子関係での子セルの親セルにおける基準位置を変更する			長さ	線の長さを調べる
AP	点・線・編集	点	点_座標値	座標値		距離	2点間距離を調べる
			点_2点中点	2点の中間座標		微小要素検出	指示大きさ以下の幾何要素を検査する。
	点_線分割点	線分のN分割点		シミュレーション連携	SSL出力	プロセス解析の解析条件として使用する標準マスクデータ(SSLデータ形式)作成	
	点_垂点	垂点			SSL入力	SSL形式データの取り込み	
	線	線_2要素	線_2要素	2点		GDS出力	GDSII形式データの作成
線_ポリライン			N点		GDS入力	GDSII形式データを取り込む	
		線_長方形	長方形			DXF出力	DXF形式データの作成
						DXF入力	DXF形式データを取り込む

【事業原簿 pi-2】

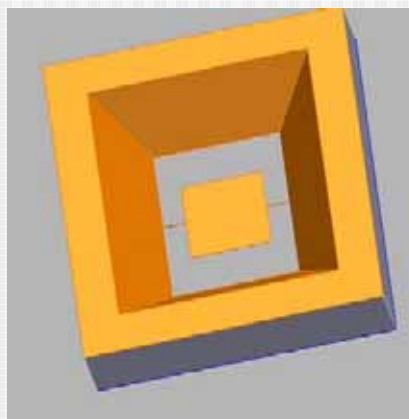
研究開発成果 2) デバイス構造作成

デバイス構造作成機能により作成したデバイスモデルの例

3次元櫛歯モデル



3次元マイクロミラーモデル



【事業原簿 pi-4】

デバイスCADの機能一覧

MEMSメニュー	MEMSツールバー	備考
ファイル	保存	開始はメイン画面で指示
	終了	CAD 画面のクローズ
編集	元に戻す	コマンド単位のキャンセル(UNDO)
	やり直し	UNDO を元に戻す(REDO)
	移動複写拡大縮小	幾何要素の移動・複写
	削除	幾何要素の削除
表示	リベイント	画面再表示
	マウスビュー	マウスによる表示制御メニュー
	タイプ別 ON/OFF	図形タイプ別の表示制御
	シェーディング ON/OFF	シェーディング ON/OFF
	半透明	半透明シェーディング
	一時図形削除	一時図形削除
	REG_表示消去	検査コマンドの表示値の削除
ツール	グループ操作	グループ化機能
	材質操作	幾何要素、FEM 要素への材質設定と材質番号単位の表示 ON/OFF
AP	立体	基本立体
		直方体
		勾配体
		円筒・円錐
		円筒形状・円錐形状
		平行排引体
		平面領域の SWEEP
		面取り
		面オフセット
		一定オフセット
		構成面取り出し
		立体の構成面を面として取り出す
		集合演算
		集合演算_和
		和集合
		集合演算_差
		差集合
		集合演算_積
		積(共通)集合
		集合演算_一括
		複数立体の和集合
		集合演算_切断
		面による立体の分割
		面分割
		接合面結合
		位相結合による隣接面結合の作成
		点線面
		点
		座標値
		座標値
		N 分割点
		N 分割点
		線_2要素
		2点指示
		線_ポリライン
		ポリライン
		線_長方形2点
		長方形2点
		断面線
		立体の面による切断線

なし	FEMプレ	メッシュ分割	2次元要素、3次元シェル要素、3次元6面体要素、立体要素表面からシェル要素抽出
		メッシュの削除	節点、有限要素の削除
		シェル要素の挿引	シェル要素の SWEEP による立体作成
		シェル要素の表裏反転	シェル要素の表裏反転
		メッシュ検査	メッシュの検査
		重複節点除去	近接している節点の閉引き
		メッシュ非表示	指示有限要素の表示 OFF
		表示スケール変更	有限要素の表示スケールの変更、立体要素のシミュリンク表示
		直交格子	直交格子_解析領域定義
			FDTD 法向けの直交格子の初期定義
			直交格子_格子数変更
			直交格子_格子数変更
			格子数定義用の基準線区間の分離
			直交格子_基準線結合
			格子数定義用の基準線区間の結合
			直交格子_表示 ON/OFF
			直交格子に關連した表示 ON/OFF
なし	FEMポスト	物理量・評価関数選択	物理量(応力など)と評価関数(等高線図、変位図など)の選択
		評価領域の材質限定	評価領域の対象領域を材質番号により限定する
		断面図	等高線、ベクトル図の断面図
		リスト出力	ステップ番号などの数値表出力
		グラフ出力	XY グラフ出力
		放射パターン、スミ	電磁波解析データの特殊図表示
		スチャート	
		接合強度解析	接合強度解析機能
		材料構成図	材質番号による自動色分け図
		2Dアニメーション	ステップ番号を変更して連続実行
		ポスト終了	ポスト処理の終了
シミュレーション連携	SSL出力		回路シミュレーションで参照する立体データ(SSLデータ形式)の作成
	SSL入力		SSL形式データの取り込み

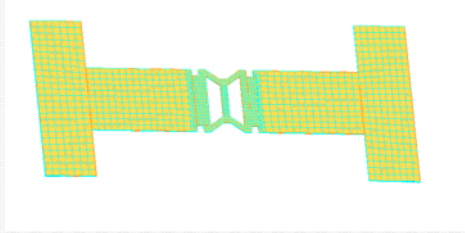
【事業原簿 pi-5】

研究開発成果

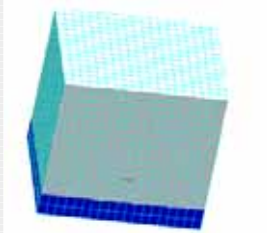
3) 自動格子作成

自動格子(メッシュ)の作成例

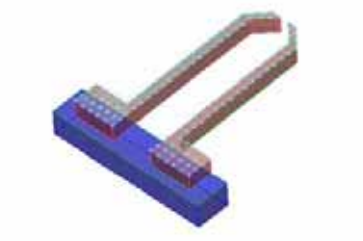
圧電モデルの6面体メッシュ



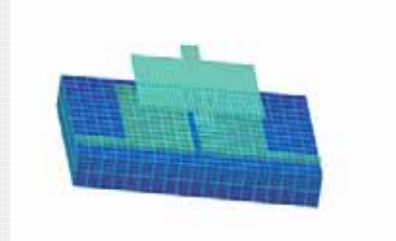
電界用解析用の空気層の6面体メッシュ



ツインプローブの3角形・4角形メッシュ



空気層内部の6面体メッシュ



研究開発成果

4) プロセスレシピの定義・編集

プロセスレシピの定義・編集画面の例

プロセスレシピの定義・編集画面の例

簡単なGUI操作で、マルチプロセス用のレシピを作成しプロセスのシミュレーションを行うことが可能

プロセス工程	製造装置	タイプ	形状パラメータ	表・裏面	マスク	属性	材料
0 基板(B0)			基板寸法: 100X1450				
1 成膜(E0)	コーター	サーフェス	膜厚: 0.5 μm	両面			アルミニウム
2 ドライエッチング(D0)	RIE	ドライ異方性	深さ: 0.5 μm, 傾斜角度	両面	P\MemsUser	ボジ	アルミニウム
3 ドライエッチング(D1)	RIE	ドライ異方性	深さ: 19 μm, 傾斜角度	両面	P\MemsUser	ボジ	単結晶シリコン
4 ウェットエッチング(W0)	ドラフト結晶	ウェット結晶	(100)エッチング量: 600	両面	none P\Mem	ボジ	単結晶シリコン
5 ドライエッチング(D2)	RIE	ドライ異方性	深さ: 2.0 μm, 傾斜角度	両面	P\MemsUser	ボジ	SiO2
6 成膜(E1)	EB成膜	サーフェス	膜厚: 0.5 μm	両面			アルミニウム
7 検査(調検検査)	調検検査	検査	検査相手の形状ファイル	両面			
8 検査(調検検査)	調検検査	検査	検査相手の形状ファイル	両面			

研究開発成果 5)解析条件設定

機構解析の解析種類の選択画面の例

ウィザード方式による、初心者にも理解しやすい解析操作手順



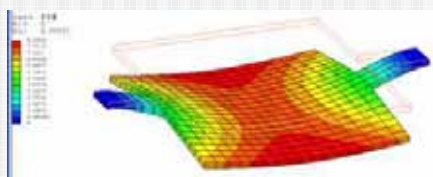
解析途中の作業状況を容易に認識

- ①材料物性データ
 - ②境界条件
 - ③数値計算パラメータ
- の3分類からなる初心者にもわかり易いGUI



研究開発成果 6)解析結果表示

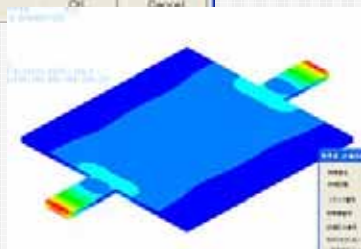
解析結果の物理量と評価図の選択画面の例



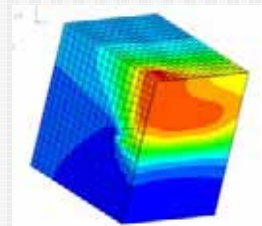
変形図上の等高線



変形図(原型図との重ね合わせ表示)



連続色による等高線



電界解析結果の等高線断面図

研究開発成果 7) 解析ソフト・CADソフトとのデータコンバータ

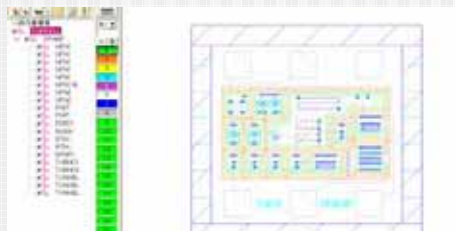
データコンバータ機能の一覧

CADコンバータ	IGES	GDS 出力	IGES 形式データの作成
		IGES 入力	IGES 形式データの読み込み
	GDS	GDS 出力	GDSII 形式データの作成
		GDS 入力	GDSII 形式データの読み込み
	DXF	DXF 出力	DXF 形式データの作成
		DXF 入力	DXF 形式データの読み込み
メッシュコンバータ	ABAQUS	ABAQUS 出力	ABAQUS メッシュデータ出力
		ABAQUS 入力	ABAQUS メッシュデータ読み込み
	MARC	MARC 出力	MARC メッシュデータ出力
		MARC 入力	MARC メッシュデータ読み込み
	NASTRAN	NASTRAN 出力	NASTRAN メッシュデータ出力
		NASTRAN 入力	NASTRAN メッシュデータ読み込み

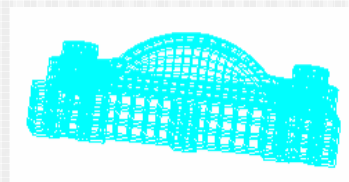
IGESデータの出力ファイル例



GDSIIデータの入力結果の画面例



ABAQUSデータの入力結果の画面例



研究開発成果 8) データベースインターフェース

解析条件設定における材料データベースとの連携の画面例

解析条件の設定
解析条件データを設定してください。

材料物性データ 境界条件 & その他条件データ 数値計算制御パラメータ

<材料物性データ>

材質番号	材料名	材料名 (別名)
1	単結晶シリコン	

■ 材料名: 単結晶シリコン

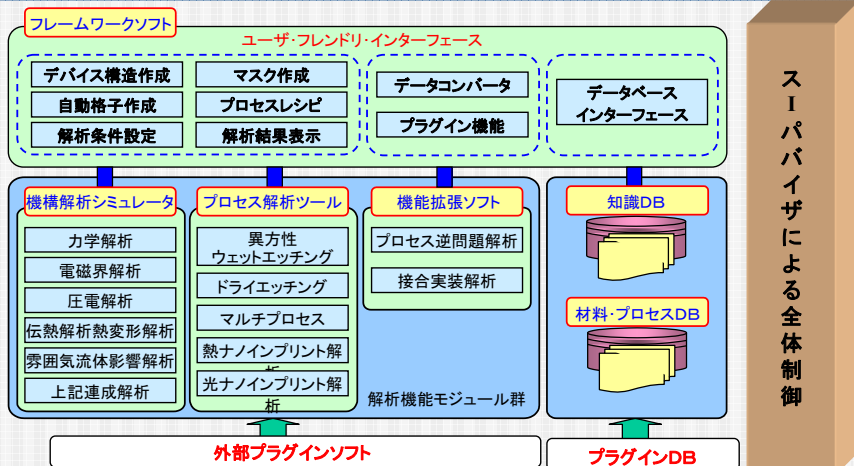
材料DBの参照

①材料データベースからの選択

②物性値の確認とGUIへの取り込み指示

③材料DB物性値のGUIへの取り込み結果

研究開発成果 9) プラグイン機能とスーパーバイザー機能



解析結果ファイル形式の公開
 解析条件ファイル形式の公開
 解析ソフトとの連携のための簡易形状データ形式の公開
 外部ソフトの標準起動ツール

ユーザ登録データの
 インポート・エクスポート

Web (MemsoNEひろば) でのインターフェース公開

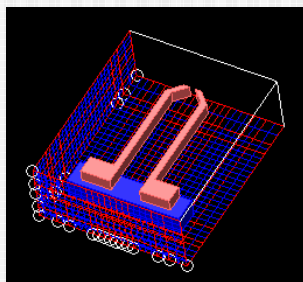
【公開インターフェース仕様】

公開日	目録書名称	内容	詳細情報
1 2007/8/20	MemsoNE 解析結果データファイル形式の公開	解析結果データファイル形式の公開	こちら
1 2007/9/20	MemsoNE 解析結果ファイル解読書の補足資料	解析結果ファイル解読書の補足資料	こちら
1 2007/8/20	MemsoNE 解析結果データ物理量一覧表	解析結果データ物理量一覧表	こちら
1 2007/8/20	MemsoNE 解析条件データファイル (KinPファイル) 形式の公開	解析条件データファイル (KinPファイル) 形式の公開	こちら
1 2007/8/20	MemsoNE 標準簡易形状データ (SSL形式)	SSLファイル形式の公開	こちら

研究開発成果 10) ナノインプリント向けフレームワークの改修

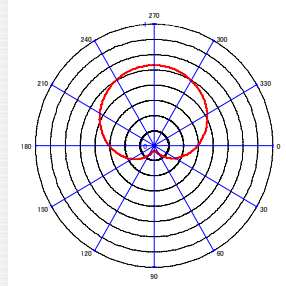
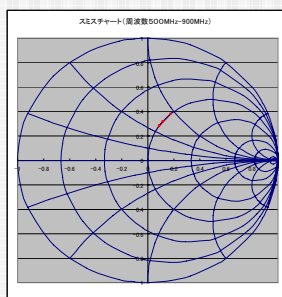
FDTD法直交格子の定義・編集画面例

熱ナノインプリントの材料物性値設定画面例



スミスチャート図の表示例

放射パターン図の表示例



(1) 目標の達成度

研究項目	目標	成果	達成度
マスク作成	マスク領域の定義・編集、グリッド、レイヤ操作、セル構造操作に関わる機能を実現する	<p>当初計画以上の機能を、操作性・利便性等を重視して開発した。</p> <p>開発においては、各解析機能との適正な動作確認および検証を行い、ユーザーフレンドリーなGUIを実現した。</p> <p>左記の目標機能をすべて実現することが出来た</p>	○
デバイス構造作成	基本立体構造の定義、材質領域の設定・編集、立体データ間の集合演算関わる機能を実現する		
自動格子作成	6面体の格子、シェル要素として、4角形および3角形格子を自動作成する機能を実現する		
プロセスレシピ	各種プロセス工程の選択、各工程での、装置条件、材質設定、マスク設定、形状パラメータなどの設定・編集機能を実現する		
解析条件設定	機構解析ソフトの材料物性データ、境界条件、計算制御パラメータ、およびプロセス解析ソフトのプロセス条件を設定する機能を実現する		
解析結果表示	機構解析ソフトおよびプロセス解析ソフトの解析結果を可視化する機能を実現する		
解析ソフト、CADソフトとのデータコンバータ	CADの形状データおよびまた解析ソフトの格子データを対象としたデータコンバータ機能の開発を完了する。		
データベースインターフェース	材料・プロセスデータベースおよび知識データベースのデータベースインターフェースライブラリーの開発を完了する		
プラグイン機能とスーパバイザ	プラグインに関しては、解析ソフトとのインターフェース仕様を整備し公開する。また、スーパバイザ機能に関しては、フレームワークと各種解析ソフトに関わる全機能を整合性を持って作動させる仕組みを実現する		
「ナノインプリント加工・解析システムの開発」におけるフレームワークソフトの改修	熱ナノインプリントおよび光ナノインプリントの解析条件設定機能、DBインターフェース機能、解析結果表示機能を実現する		

(2) 成果の意義

研究項目	成果の意義
マスク作成	マスク作成機能の開発により、プロセス設計に必要な マスクデータを作成・編集しプロセス解析ソフトで活用 することが可能となった点で意義がある。
デバイス構造作成	デバイス構造作成機能の開発により、ユーザが機構解析を行うための デバイス構造モデルを直接作成 することが可能となった点で意義がある。
自動格子作成	自動格子作成機能の開発により、デバイス構造作成機能やプロセスエミュレーション機能により作成された 形状データを有限要素に自動分割 することが可能となった点で意義がある。
プロセスレシピ	プロセスレシピ機能の開発により、MEMSデバイスの製造プロセスの各工程を定義してプロセスエミュレーションを実行し、 マルチプロセス工程で作成されるデバイス形状を予測 することが可能となった点で意義がある。
解析条件設定	解析条件設定機能の開発により、 機構解析およびプロセス解析を行うための各種解析条件を設定し解析ソフト を実行することが可能となった点で意義がある。
解析結果表示	解析結果表示機能の開発により、機構解析およびプロセス解析の 解析結果データを可視化し視覚的にわかりやすい評価 を行うことが可能となった点で意義がある。
解析ソフト、CADソフトとのデータコンバータ	解析ソフト、CADソフトとのデータコンバータ機能の開発により、 市販のCADソフト・解析ソフトとのデータ授受が可能 となり、 ユーザのデータ活用範囲が広がった 点で意義がある。
データベースインターフェース	データベースインターフェース機能の開発により、 材料・プロセスデータベースおよび知識データベースの参照・編集 が可能となった点で意義がある。
プラグイン機能とスーパバイザ	プラグイン機能のインターフェース仕様の公開により、 ユーザ独自ソフトをMemsONEと連携させる環境を提供 し、スーパバイザ機能により、MemsONEの フレームワーク機能と各種解析ソフトを整合性を持って連携 させることが可能となった点で意義がある。
「ナノインプリント加工・解析システムの開発」におけるフレームワークソフトの改修	「ナノインプリント加工・解析システムの開発」におけるフレームワークソフトの改修を行うことにより、 熱ナノインプリント加工・解析ソフトおよび光ナノインプリント加工・解析システムをMemsONEに組み込み、利用 することが可能となった点で意義がある。