

(新製造技術プログラム)

「MEMS用設計・解析支援システム開発プロジェクト」基本計画

機械システム技術開発部

1. プロジェクトの目的・目標・内容

(1) プロジェクトの目的

1) 背景

規格品の工業製品の製造が大きく中国へシフトしているなか、我が国の製造業は研究開発型に転換する必要がある。これらの新しい製造業の分野としてMEMS (Micro Electro Mechanical Systems: 微小電気機械システム) は産業の牽引役としての役割が期待される。MEMS産業は成長期の分野であるために、設備投資に比べて期待されるマーケットでの商品の売り上げ個数は必ずしも多くない。そのためハード面での設備投資のリスクを低減し、設備インフラを整えるために、独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構(以下「NEDO技術開発機構」という)は、「MEMSプロジェクト」(平成15～17年度)を通じて、MEMSファンドリー整備事業に着手した。一方、MEMS設備を備えた大学の数が限られているためにMEMS技術者の数は少なく、且つ、MEMS製造は対象が通信、化学、バイオ、エネルギー等の多岐に渡る分野のために、異分野の技術者がMEMS技術に抵抗なく参入できる土壌を醸成し、裾野の拡大を図る必要がある。これによりMEMS技術が我が国の広範な製造業に波及し、競争力のある製品群を供給することが期待される。

2) 目的

上記背景をふまえ、今後の我が国のMEMS産業の振興及び発展を進めていくためには多くの分野の技術者や研究者がMEMS分野に抵抗なく参入するためのソフト的な支援を行う必要がある。このために本プロジェクトでは多くの分野の技術者やMEMSプロセスに精通していない技術者がMEMSデバイスを容易に設計し、マスク描画を行い、迅速に試作評価を行えるためのMEMS用設計・解析支援システムを開発する。これにより以下のような効果が期待できる。

- ・ 多くの分野の技術者がMEMSプロセスの深い知識を前提とせずに、機構の解析やパッケージを含めた製造プロセスのシミュレーション、マスク製作および最終機能の確認・評価まで一連の解析を行うことができる。
- ・ 解析精度向上によりプロトタイプの試作回数が短縮され、アイデアや着想を早く実現でき、それにより先行者利益を確保できる。
- ・ 国内ファンドリーのプロセスデータの整備により、製造委託が増加する。

3) 位置付け

「新製造技術プログラム」の目的の一つとして、IT等最新の技術を積極的に導入することによる新たな高付加価値産業を生み出す環境整備があり、MEMS産業においては「MEMSプロジェクト」で高精度3次元MEMSの製造技術の開発と、その技術をファンド

リーへ展開することによるMEMS産業の活性化及び環境整備を行っているが、更なる産業活性化のためには、設計・解析支援システムを開発するソフト面の環境整備が必要である。

(2) プロジェクトの目標

1) 最終目標

- ・ MEMSプロセスに明るくない多くの分野の技術者が機構設計、プロセスシミュレーション、マスク設計を簡便迅速におこなうことができるソフトウェアを開発すること
- ・ 機構設計、プロセスシミュレーションを精度良く実行するためのファンドリー事業者ごとの信頼性の高い材料およびプロセスのデータベースを構築すること
- ・ これにより解析精度の向上を達成しプロトタイプの試作回数の低減に寄与すること
- ・ 成果の普及のための体制をプロジェクト実行中より構築すること

以上の目標を達成するために、プロジェクト終了時において(別紙)研究開発計画の研究開発項目、の達成目標を達成すること。

(3) プロジェクトの内容

最終目標を達成するために以下の研究開発項目について、別紙の研究開発計画に基づき研究開発を実施する。

MEMS用設計解析支援ソフトの開発(知識データベースを含む)

MEMS用材料・プロセスデータベースの開発

2. プロジェクトの実施方式

(1) 研究開発の実施体制

NEDO技術開発機構が、企業、民間研究機関、独立行政法人、大学等(委託先から再委託された研究開発実施者を含む)から公募によって研究開発実施者を選定の上、共同研究契約等を締結する研究体を構築し、委託して実施する。

共同研究開発に参加する各研究開発グループの有する研究開発ポテンシャルの最大限の活用により効率的な研究開発の推進を図る観点から、研究体にはNEDOが指名する研究開発責任者(プロジェクトリーダー)を置き、その下に研究者を可能な限り結集して効果的な研究開発を実施する。

(2) 研究開発の運営管理

研究開発全体の管理・執行に責任を有するNEDO技術開発機構は、経済産業省及び研究開発責任者と密接な関係を維持しつつ、プログラムの目的及び目標、並びに本研究開発の目的及び目標に照らして適切な運営管理を実施する。具体的には、必要に応じて、NEDO技術開発機構に設置する委員会及び技術検討会等、外部有識者の意見を運営管理に反映させる他、四半期に一回程度プロジェクトリーダー等を通じてプロジェクトの進捗について報告を受けること等を行う。

3. プロジェクトの実施期間

本研究開発の期間は、平成16年度から平成18年度までの3年間とする。

4. 評価に関する項目

NEDO技術開発機構は、技術的及び政策的観点から、研究開発の意義、目標達成度、成果の技術的意義ならびに将来の産業への波及効果等について、外部有識者による研究開発の事後評価を平成19年度に実施する。なお、評価の時期については、当該研究開発に係る技術動向、政策動向や当該研究開発の進捗状況等に応じて、前倒しする等、適宜見直すものとする。

5. その他の重要事項

(1) 研究開発成果の取扱い

成果の普及

得られた研究開発成果については、MEMS設計・解析を支援する基本的なプラットフォームとして極めて安価に配布し、利用の拡大を促進する。また、産学官の連携を図りつつシステムの更新を継続的に行っていくため、サポートセンターの設置、運用サイトの構築など適切なサポート体制についても整備を行う。

知的基盤整備事業又は標準化等との連携

得られた研究開発の成果については、知的基盤整備または標準化等との連携を図るため、データベースへのデータの提供、標準情報(TR)制度への提案等を積極的に行う。

知的財産権の帰属

委託研究開発の成果に関わる知的財産権については、「独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構新エネルギー・産業技術業務方法書」第26条の規定等に基づき、原則として、すべて受託先に帰属させることとする。

(2) 基本計画の変更

NEDO技術開発機構は、研究開発内容の妥当性を確保するため、社会・経済的状況、内外の研究開発動向、政策動向、プログラム基本計画の変更、第三者の視点からの評価結果、研究開発費の確保状況、当該研究開発の進捗状況等を総合的に勘案し、達成目標、実施期間、研究開発体制等、基本計画の見直しを弾力的に行うものとする。

(3) 根拠法

本プロジェクトは、独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構法第15条第1項第2号に基づき実施する。

6. 基本計画の改訂履歴

(1) 平成16年3月、制定。

(別紙) 研究開発計画

研究開発項目 MEMS用設計解析支援ソフトの開発

1. 研究開発の必要性

MEMS製造プロセスに精通していない多くの分野の技術者が高度な機械設計、電磁気学や半導体製造技術の習得を前提とせずにMEMSの設計・シミュレーションができるようになれば、MEMS産業分野の裾野が広がり、これにより我が国MEMS産業における異分野の融合を促し、競争力を大きく前進させることができる。そのために、フレームワークソフト、機構解析シミュレータ、プロセス解析ツール、機能拡張ソフト、知識データベースの機能を持つMEMS用設計解析支援ソフトの開発が必要とされている。

2. 研究開発の具体的内容

(1) フレームワークソフトの開発

機構解析シミュレータ、プロセスシミュレータ、材料・プロセスデータベース、知識データベース、機能拡張ソフト等を統合的に利用可能とする基本ソフト(フレームワークソフト)の開発を行う。なお、新たなMEMS(流体MEMSなど)の解析モジュール等の外部ソフト・外部データベースのプラグイン機能や個別データに基づくカスタマイズ機能を有し今後の拡張性を確保するために、インターフェイス部分をオープンとする。

フレームワークソフトには、以下の機能を持たせるものとする

- ・ マスク作成
- ・ デバイス構造作成
- ・ 自動格子作成
- ・ プロセスレシピおよび解析条件設定エディタ
- ・ 解析結果表示
- ・ 各種主要解析ソフト(MEMS用も含む)との入出力データコンバータおよび主要CADソフトとのデータコンバータ
- ・ データベースインターフェイス(材料・プロセスデータベース、知識データベース)

(2) 機構解析シミュレータの開発

任意の3次元構造を対象とし、以下の解析が可能な機構解析シミュレータを開発する。ただし、(a)自動メッシュ機能を有すること、(b)主要なCADソフト(マスク作成ソフト、既存の各種機構解析ソフト)、回路シミュレータ、システム・デバイス性能評価ソフト等とのインターフェイスがとれていること、(c)光MEMS等で用いられるヒンジを有したミラーやRF-MEMSで用いられる両持ちブリッジ構造の電磁アクチュエータ、静電アクチュエータ、熱型アクチュエータ、圧電アクチュエータの運動解析が行えることとする。またそれぞれの機構解析のチュートリアル(実験結果と対比した解析事例集、理論マニュアル等も整備)を含む。

- ・ 片持ち梁、両持ち梁、ダイヤフラム構造等の力学解析(構造・振動、積層薄膜も含む)
- ・ 電磁界解析(静電、Sパラメータ、伝送路固有モード解析を含む)

- ・ 圧電解析
- ・ 伝熱解析、熱変形解析
- ・ 雰囲気流体の影響解析
- ・ 上記の連成解析

(3) プロセス解析ツールの開発

MEMS製造で用いられる以下のプロセスのシミュレータまたはエミュレータを開発する。また、それぞれのプロセスのチュートリアルを含む。

- ・ 異方性ウエットエッチングプロセス
- ・ ドライエッチングプロセス
- ・ 成膜プロセス
- ・ マルチプロセス

(4) 機能拡張ソフトの開発

MEMS製造に必要な、以下の特殊な解析（機構解析とプロセス複合化）を可能とするシミュレータまたはエミュレータを開発する。

- ・ プロセス逆問題解析ソフト（最終形状からマスクデータを生成する）
- ・ 接合実装解析ソフト（接合の力学的信頼性、温度変化に対する応答を解析）

(5) 知識データベースの開発

MEMS製造を容易にするために、MEMS設計・製作に特有な知識・ノウハウを体系化したデータベース（代表的デバイス・プロセス等の例示を含む）を開発する。

また、今後新しい分野の知見を反映できるような拡張性を用意する。

3. 達成目標

最終的に以下の3例について、それぞれ2者以上で試作実測したものと比較して、プロセス解析ツールと機構解析シミュレータを用いて、以下の諸量の解析精度を50%以上とする。

- ・ 光MEMS等で用いられるヒンジを有したミラーの共振周波数、振れ角対駆動電圧特性の予測値と実測値
- ・ RF-MEMSで用いられる両持ちブリッジ構造の変位対静電アクチュエータの駆動電圧の予測値と実測値
- ・ 異種材料の接合体の接合後の熱歪による変形量及びその温度特性の予測値と実測値

研究開発項目 「MEMS用材料・プロセスデータベース」

1．研究開発の必要性

研究開発項目 の解析を精度良く行うためには、主要国内ファンドリー事業者におけるプロセス（成膜プロセス、ウエットエッチングプロセス、ドライエッチングプロセス等）で得られる材料・プロセスのデータをより広い条件で、精度良く取得する必要がある。

2．研究開発の具体的内容

（1）材料・プロセスデータベースの構築

解析ソフトとのインターフェイスがとれていること。および以下のデータを計測する。

・成膜材料の機械特性データ

フリースタANDING構造体として用いる材料（単結晶シリコン（100）、多結晶シリコン、Al、Ni、ポリイミド、SiO₂、SiN）の、最小限の温度範囲として常温から 200 までの応力ひずみ線図、常温から 200 までのヤング率、ポアソン比、残留応力、破壊強度

・ドライエッチングプロセス

シリコンの深堀エッチングにおける加工形状データ（角度および側面粗さ、マスク選択比）を取得する。

・ウエットエッチングプロセス

シリコン材料（100）、（110）、（111）の異方性エッチングデータ（エッチング深さおよび SiO₂ および SiN マスク選択比）を、主に各種文献調査により取得する。エッチャントは KOH および TMAH とする。

（2）計測・補間手法の確立

応力ひずみ線図に基づいた高精度計測法、迅速計測法の確立および比較を行なう。また、同時にデバイスの信頼性予測手法（接合体および弾性変形梁、可動接点を対象とする）を開発するとともに、物理法則に基づき、データベースの実測値を用いて異なる条件のデータを補間する手法を開発する。

3．達成目標

取得データごとに最低国内3カ所のファンドリー事業者にて試作依頼を行い、データの計測をおこなう。またデータについての計測は、基準温度を設定し、最小限の温度範囲として常温から 200 の範囲で、少なくとも 50 刻みにデータを取得する。ドライエッチングプロセスについては標準ラインアンドスペースパターンについてエッチング条件を、複数変化させて計測を行う。

計測手法については応力ひずみ線図にもとづく計測法と迅速手法を確立し、計測の精度を90%以上とする。