

MEMS用設計・解析支援システム 開発プロジェクト

「(5)データベースの開発」 詳細説明

2007年11月7日

知識DB: みずほ情報総研株式会社、財団法人マイクロマシンセンター

材料DB: 独立行政法人産業技術総合研究所、国立大学法人新潟大学、
株式会社日立製作所、三菱電機株式会社

研究開発の最終目標

1. 知識データベース

目的: 初心者や経験の乏しい研究者・技術者にも使いこなせるシステムを構築する。

目標: MEMS開発・設計者の知識、知見、実績の蓄積が可能な知識データベースシステムを開発する。

最先端研究者の豊富な知見やノウハウに関する知識データを収集し、知識データベースを構築する。

2. 材料・プロセスデータベース

目的: 解析の精度を向上させ、MEMS設計試作を効率化する。

目標: 国内3カ所のファブリー事業者により試作された薄膜材料の材料データ、及びエッチングプロセスのプロセスデータを取得する。さらに、MEMSの信頼性予測手法に関するデータ、ナノインプリント加工に関するデータを収集する。

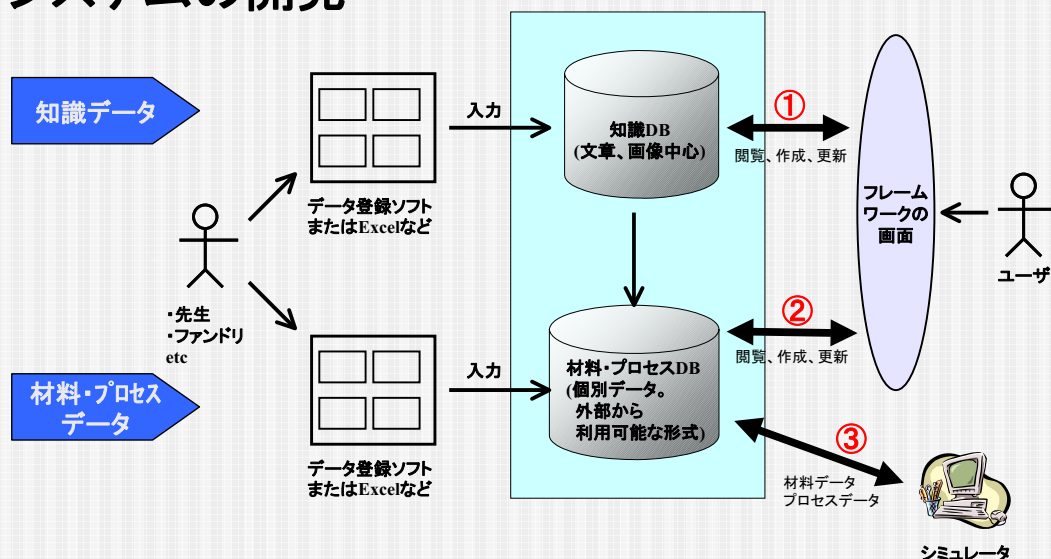
目標値と設定理由

開発技術	目標値	目標値設定理由
知識データベースの開発 ①知識データベース・システムの開発 ②知識データの作成、整理・蓄積	MEMS開発・設計者の知識、知見、実績の蓄積が可能な 知識データベース・システムを構築 し、フレームワークソフトとの統合を実現する。	MEMS設計に関わる知見、情報を効率よく検索、閲覧可能であるとともに、各研究機関のノウハウを蓄積することが可能なシステムを実現することとした。
	MEMSの設計に関わる知識データ（知識、知見、実績）を、 1000件を目標 に蓄積し、MEMS設計に有効な設計支援システムを実現する。	初心者や経験の乏しい研究者・技術者のMEMS設計を支援するために有用な知識データを利用し易く整理し、可能な限り蓄積することとした。10大学に対し、1校当たり100件を目標とした。
材料・プロセスデータベースの開発	国内 3カ所以上 の ファンドリー 事業者による、薄膜材料の材料データおよびエッチングのプロセスデータを取得し、これらを含む材料・プロセスデータベースを構築する。	ファンドリー事業者のデータを取得することにより、ソフトウェアによる解析精度が向上する。さらに、試作回数減少により開発費用および開発期間を短縮するとともに、国内ファンドリー活用の促進を図る。
	MEMS構造の 信頼性予測手法 の開発、及び ナノインプリント 用樹脂材料・型材料のデータベースを開発する。	MEMS構造の信頼性やナノインプリントプロセスの重要性が増してきているにもかかわらず、解析手法の開発が開発が遅れており、信頼性評価手法及びナノインプリント解析機能の実現を図ることが必要である。

【事業原簿 p. 36-39】

研究開発成果：データベースシステム

■知識データベース、材料・プロセスデータベースシステムの開発



フレームワークと連携した使易いデータベースシステム形態を実現

【事業原簿 p. v-4】

研究開発成果：知識データベース

■研究開発の実施状況と体制

- ・12大学を中心とした「知識DB委員会」を設置して実施
- ・知識DB委員会においてデータの体系化(階層構造)を検討・決定
- ・各大学は個別テーマを設定してデータを作成
- ・研究機関・企業・団体では担当課題の研究開発成果を知識データ化
- ・文献、論文、カタログ等の知識データ化における著作権で苦慮

●参加12大学

大阪府立大学、岡山大学、香川大学、京都大学、群馬大学、
首都大学東京、東京大学、東京工業大学、豊橋技術科学大学、
名古屋大学、新潟大学、兵庫県立大学

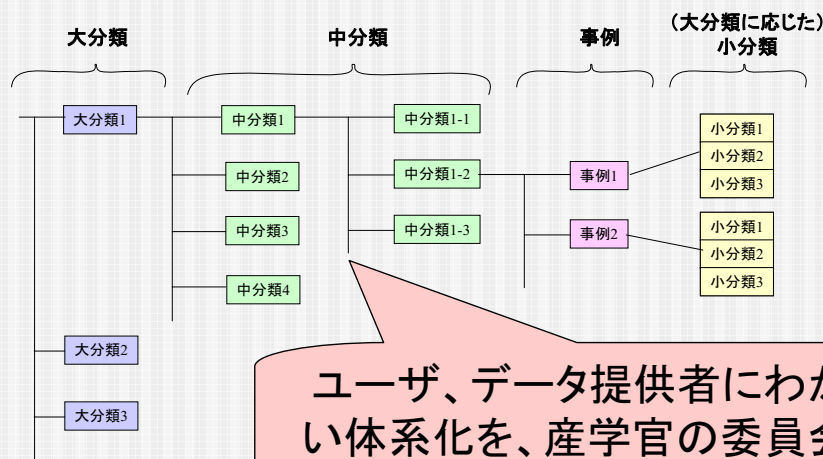
●参加研究機関・企業・団体

産業技術総合研究所、オムロン、オリンパス、松下電工、日立製作所、
三菱電機、マイクロマシンセンター、日本ユニシス・エクセリユーションズ、
みずほ情報総研、数理システム

【事業原簿 p. v-10】

知識データベースの体系化

- 体系化：大分類[プロセス、デバイス、材料特性、解析] → 中分類 → 事例 → 小分類
- 小分類
- プロセス：[概要、対象材料、装置、条件、禁則事項、留意事項、キーワード、参考文献]
 - デバイス：[概要、構造、特性・性能・評価、キーワード、参考文献]
 - 材料特性：[概要、製法、測定手法(装置、試験片)、キーワード、参考文献]
 - 解析：[目的・概要・手順、モデル構造・メッシュ、境界条件、物性条件、結果・評価・実験との比較、マシン環境、キーワード、参考文献]



ユーザ、データ提供者にわかりやすい体系化を、産学官の委員会で決定

【事業原簿 p. v-2】

知識データの作成、整理・蓄積

●体系化に基づくデータ構築

- ・大分類[プロセス、デバイス、材料特性、解析]に準じてデータ整理・登録
- ・中分類項目に対しては重要度、利用度を優先にできる限り多くのデータを収集・作成
- ・小分類では極力、内容を分類項目に分割して、分かり易く整理

●知識データを約1750件収集・登録

大分類	プロセス	デバイス	材料特性	解析	総件数
件数	385	97	330	60	1745

MEMS技術・解析の基礎データを網羅
初心者にも優しいシステムを実現

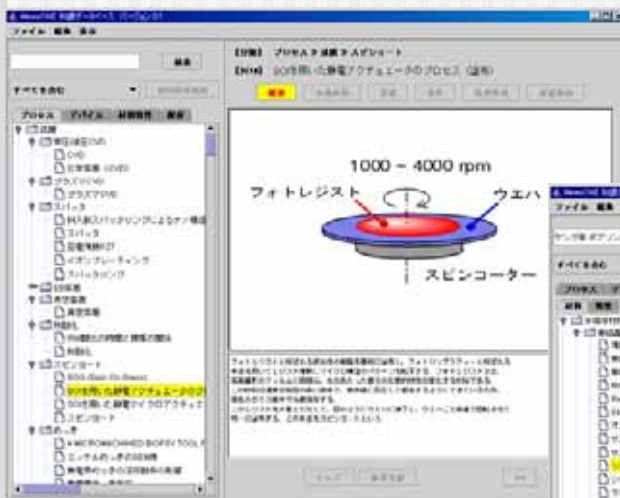
知識データベースの可視化画面

The screenshot shows a web-based interface for a knowledge database. It features a search bar at the top left, a navigation menu on the left side with categories like '大分類' (Major Classification), '中分類' (Sub-classification), and '事例' (Cases), and a main content area on the right. The interface is annotated with several callout boxes:

- 検索条件入力領域 (Search condition input area)
- 分類・タイトル表示領域 (Classification and title display area)
- 小分類 (Sub-classification)
- 項目分類選択領域 (Item classification selection area)
- スライド表示領域 (Slide display area)
- キーワード・参考文献表示 (Keyword and reference display)
- 解説表示領域 (Explanation display area)
- ページ選択領域 (Page selection area)
- 分類・事例選択領域 (Classification and case selection area)

A large orange starburst callout on the right side of the interface contains the text: **分かり易く 使い易い機能と レイアウトを実現** (Achieving easy-to-understand and easy-to-use functions and layout).

知識データベースの利用例



知識データの表示例

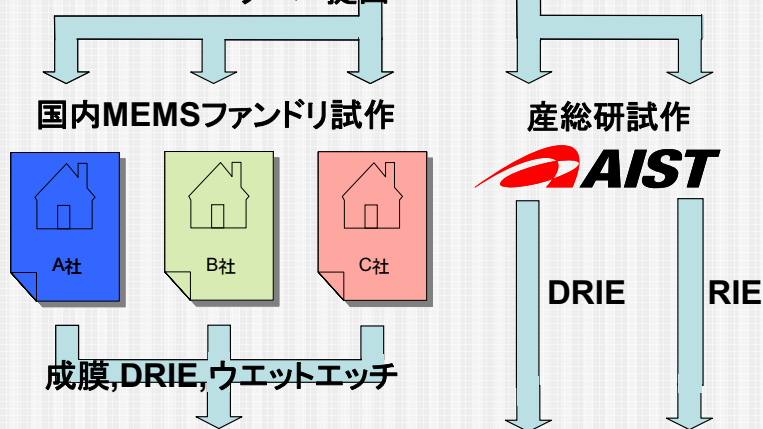


検索データの表示例

研究開発成果：材料・プロセスデータベース

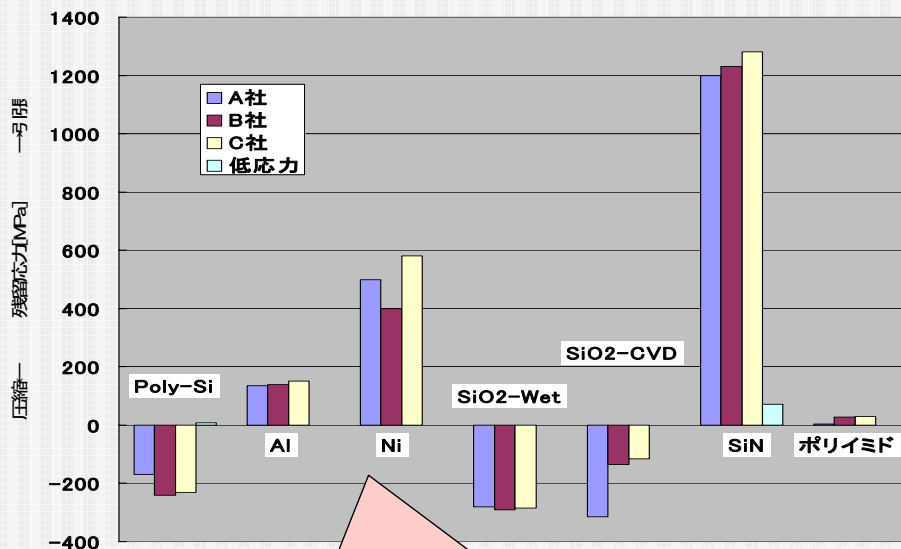
ファンドリーの材料・
プロセスデータ取得

同一マスクデータと
ウエハ提出



- | | | | |
|---|--|---|--|
| <p>材料特性測定</p> <ul style="list-style-type: none"> 弾性定数 残留応力 | <p>ウエットエッチ測定</p> <ul style="list-style-type: none"> (100)エッチングレート サイドエッチングレート マスク選択比 底面粗さ | <p>DRIE測定</p> <ul style="list-style-type: none"> エッチングレート 側壁角度 マスク選択比 側壁粗さ | <p>RIE測定</p> <ul style="list-style-type: none"> エッチングレート 断面プロファイル マスク選択比 |
|---|--|---|--|

薄膜材料の残留応力測定結果



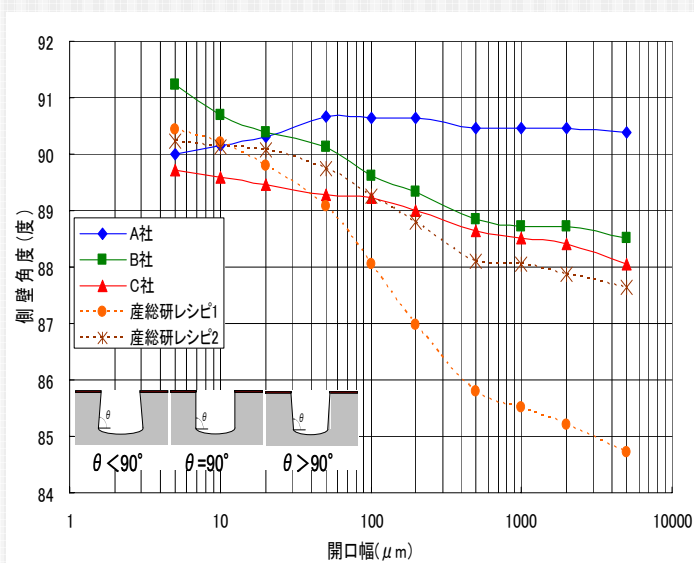
信頼出来るデータを得るために

- ・ファンドリーとの綿密な打合せで、作製条件・処理条件を統一
- ・測定手法の信頼性評価と複数データによる再現性確認

【事業原簿 p. v-27】

ドライエッチング測定結果(DRIE)

■ 側壁角度



- ・理想的な垂直壁にはならない。
- ・エッチング装置や条件の違いによってエッチング結果も著しく異なる。

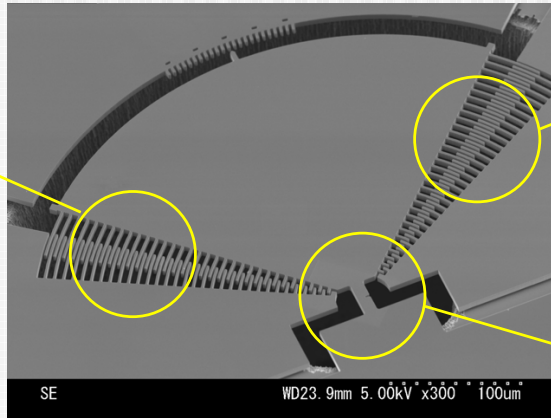
ファンドリーデータの整備により、高精度の解析を実現

【事業原簿 p. v-33】

疲労試験デバイスの製作

製造・測定ばらつきを徹底的に排除

櫛型静電アクチュエータ組込みにより試験片把持不要



櫛型静電変位センサ組込みによる振幅検出

試験片

扇形振動子により約39kHzの高繰返し共振動作

0.6 μmプロセスを利用した高精度試験片

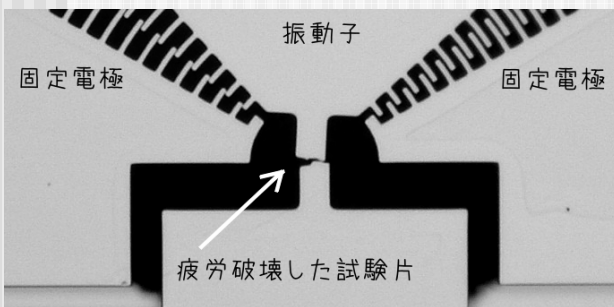


ノッチ

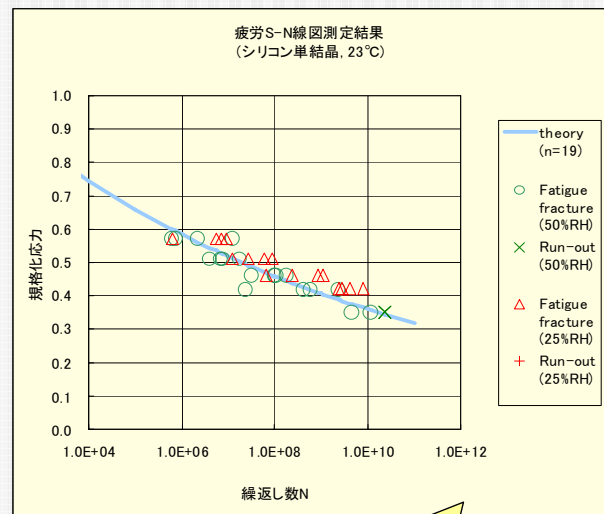
疲労特性測定結果

疲労破壊した試験片

S-N線図(温度23°C湿度50/25%RH)



- すべて同一の破壊モード
- ばらつきの非常に少ない寿命データが測定できた.
 - 湿度依存も明らかになった.
 - 並列測定の有用性を実証.



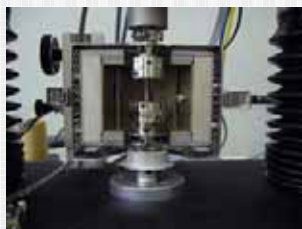
国際学会で学術的に高い評価を得る

ナノインプリント用データベース

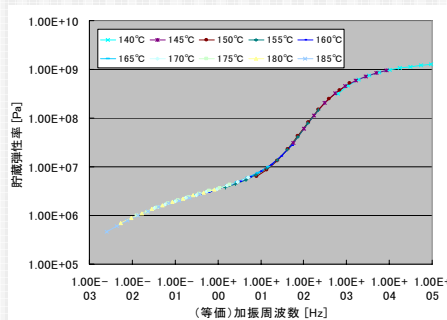
熱ナノインプリント過程のシミュレーションのため
樹脂バルク・薄膜の材料特性データを収集



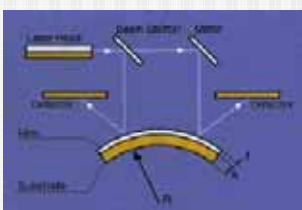
粘弾性測定装置



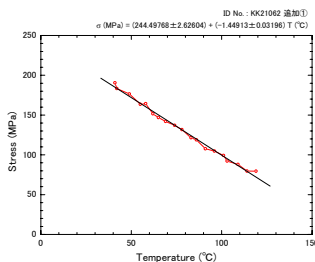
チャック部



COPのマスターカーブ



光てこ法評価原理



光てこ法データ例

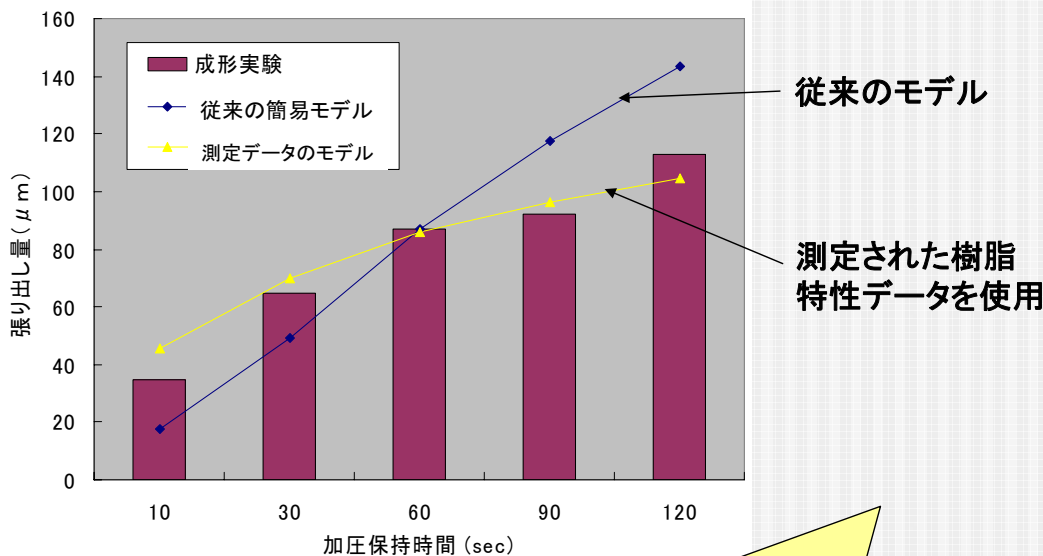
材料	評価方法	ヤング率 (GPa)	内部応力 (MPa)	熱膨張率 (ppm/°C)
薄膜	PMMA*	粘弾性評価 5.1-5.3		
	Ni電鍍膜 A	光てこ法 5.8-6.6	40-110	9-11 (40-120°C)
	Ni電鍍膜 B	光てこ法 200-220	140-230	8-10 (40-120°C)
	SOG*	粘弾性評価 150-190		
基板	バレイックスガラス	ナノインデンタ 6.4-7.8		3.2-3.5 (RT-500°C)
	Si	ナノインデンタ 2.9-3.1		
		粘弾性評価 181-182		2.9-4.0 (RT-1000°C)

測定データ

*産総研殿御協力による

MemsONEによるナノインプリント解析結果

インプリント実験結果と計算結果の比較(加圧時間の変形量への影響)



取得データにより解析精度が大幅に向上

(1) 目標の達成度

研究項目	目標	成果	達成度
知識データベースの開発 ①知識データベース・システムの開発 ②知識データの作成、整理・蓄積	MEMS開発・設計者の知識、知見、実績の蓄積が可能な 知識データベース・システムを構築 し、フレームワークソフトとの統合を実現する。	知識データベースの構成の枠組み構築、知識データベース管理システム実装、画面イメージに従った蓄積・検索・可視化機能を実装し、使い易いシステムを実現した。	○
	MEMSの設計に関わる知識データ(知識、知見、実績)を、 1000件を目標 に蓄積し、MEMS設計に有効な設計支援システムを実現する。	12大学、1研究機関、1団体、5企業により、MEMS設計に関わる最先端の知識、知見、実績データを収集し、計1750件のデータを蓄積した。	◎ (最先端研究者の知識DBで、過去に無い)
材料・プロセスデータベースの開発	国内 3カ所以上 の ファンドリー 事業者による、薄膜材料の材料データおよびエッチングのプロセスデータを取得し、これらを含む材料・プロセスデータベースを構築する。	国内ファンドリー3社による成膜材料の材料特性データおよびドライ・ウェットエッチングにおける加工特性データを取得した。当初計画にはなかった接合破壊じん性値データ、文献等から収集したデータを合わせ、収録総数は250件を超た。	○
	MEMS構造の 信頼性予測手法 の開発、及び ナノインプリント 用樹脂材料・型材料のデータベースを開発する。	MEMS試験片を作製し、シリコンの疲労特性に関するデータを取得した。樹脂、低融点ガラス膜、金型材料の機械的特性データ、および成形加工特性等のナノインプリント用データを取得した。	◎ (疲労試験は学術的に高い評価)

【事業原簿 p.75-78】

(2) 成果の意義

研究項目	成果の意義
知識データベースの開発 ①知識データベース・システムの開発 ②知識データの作成、整理・蓄積	知識データベース・システムの開発により、MEMSの基本知識の取得、蓄積が容易になることから、新規MEMS事業参加の障壁を低下させることが期待される点で意義がある。また、各々のMEMS研究開発機関特有のプロセス、装置条件、ノウハウ等に関し、各研究開発機関内で情報の共有化することで、各研究開発機関のMEMS研究開発の加速、拡大に資すると思われる点でも意義がある。
	12大学、1研究機関、1団体、5企業の、MEMSにおける最先端の知見やノウハウを一元化した知識データベースの構築は、過去に無いものであり、MEMS設計における初心者や経験の乏しい研究者・技術者を支援し、MEMS産業の裾野の拡大に貢献できる点で意義がある。
材料・プロセスデータベースの開発	ファンドリー事業者による薄膜材料や加工プロセスのデータベースが用意されることにより、ファンドリーの活用が促進され、自らMEMS作製プロセスを保有することが出来ないユーザでもMEMSへの参入が容易になることは、MEMS産業の発展のために大きな意義がある。
	弾性変形梁の疲労試験手法では、測定値のばらつきを従来法に比べ大幅に低減し、環境因子の影響を評価することに成功している。MEMSの信頼性評価手法は非常に重要であるにも関わらず開発が遅れていた分野であり、開発された評価手法の意義は大きい。 樹脂の材料特性データベースの整備により、従来困難であった時系列解析でも解析精度が大きく向上しており、ナノインプリントプロセス開発の大幅な効率化が期待され、大きな意義がある。

【事業原簿 p.90,91】