

## 資料5-2

### プロジェクトの概要説明資料(公開)

高集積・複合MEMS製造技術開発プロジェクト事後評価分科会資料

## プロジェクトの概要説明

NEDO技術総合開発機構  
機械システム技術開発部

2009年10月5日



1/48

## 議事次第

公開

### 午前(公開)

- I. 事業の位置付け・必要性について
  - II. 研究開発マネジメントについて
  - III. 研究開発成果について
  - IV. 実用化、事業化の見通しについて
- } NEDO  
} PL

### 午後

- V. 研究開発成果の詳細及び実用化の見通しについて
  - 助成事業(助成事業者) (非公開)
  - 委託事業(公開)
  - ① 基礎的・基盤的研究開発
  - ② 知的基盤・標準整備などの研究開発

} 実施者



2/48

# I. 事業の位置付け・必要性について

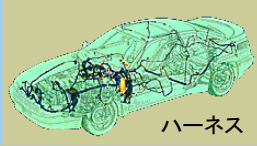
## プロジェクトの背景①

# MEMS市場の拡大

### 自動車



センサ類



ハーネス

**動向** インテリジェント化 → 安全性向上  
⇒ センサ種類・数の増加

**ニーズ** センサの小型化・複合化  
アクチュエータとの高速連携  
ハーネスの減量

**対応** センサの高集積化・複合化  
センサの無線化

**効果** 運転ミス減少 → 事故減少

### 医療

**動向** 超小型化・無線化

**ニーズ** } 患者負担軽減

**効果** } 医療費削減



### 情報通信端末

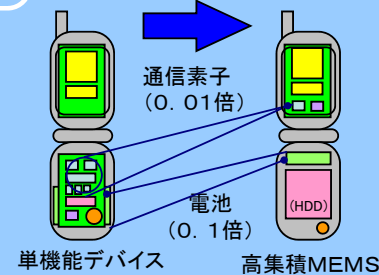


**動向** 多周波数帯化、多機能化  
送受信高速化・大容量化  
記憶容量の大容量化

**ニーズ** 記憶装置用スペース確保  
⇒ アンテナの小型化  
スイッチ類の長寿命化

**対応** RFデバイスの小型化・長寿命化

**効果** 小さい、情報多い、電池が長持ち



自動車、通信、医療などで需要増

# 高集積化・複合化によるMEMSの適用拡大

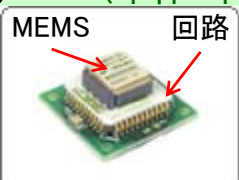
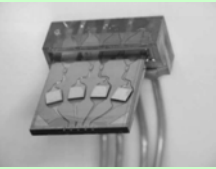
既存のMEMSの枠を超える機能を実現し新規市場を獲得

## 第2世代MEMS

(高集積・複合化)

### 第1世代MEMS

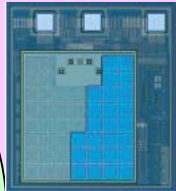
(単体・単機能)

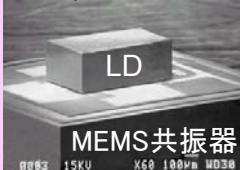
MEMS 回路

加速度センサ インクジェットヘッド

- ・MEMS単体 (回路は外付け)
- ・機械部品の小型化
- ・置換え用途が主

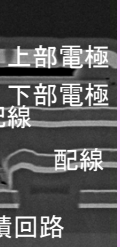


1chip圧力センサ(0.72mm<sup>2</sup>)




LD MEMS共振器

可変波長レーザー



空洞 上部電極 下部電極 配線 配線 集積回路



MEMS擬似SOC

- ・MEMSと回路・素子が一体
- ・新機能実現と機能複合化
- ・MEMSの新規用途開拓

## 高集積・複合MEMS製造技術開発プロジェクトの概要

目的: ロボット・新機械イノベーションプログラムの一環として、次世代の基幹部品を支える高集積・複合MEMSを開発すべく、重要な技術課題に対して、選択的・集中的に取り組む。さらに、本事業の成果に基づき、新たな産業化を促進するための環境整備を行う。

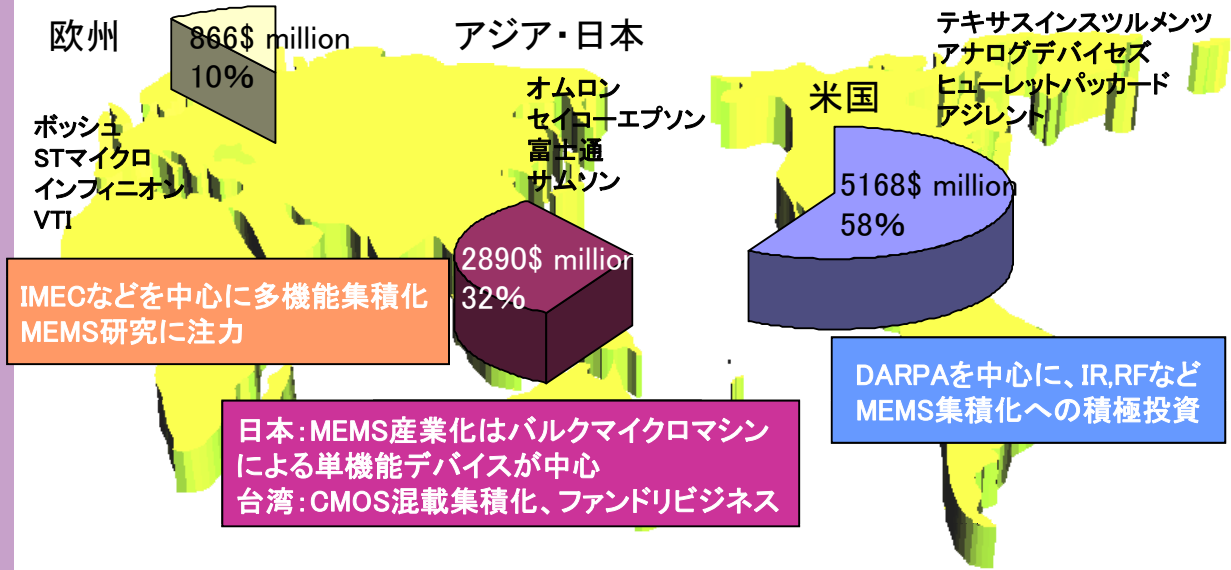
1. 開発期間: 平成18年度～平成20年度(3年間)
2. 予算総額: 約29.6億円(3年間)
3. 開発項目と計画

開発項目		平成18年度	平成19年度	平成20年度
製造技術	①MEMS/ナノ機能の複合	→	→	→
	②MEMS/半導体の一体形成	→	→	→
	③MEMS/MEMSの高集積結合	→	→	→
基盤整備	④知識データベースの整備	→	→	→
	⑤システム化設計プラットフォーム		→	→

# MEMSの集積化に対する内外動向(立案時)

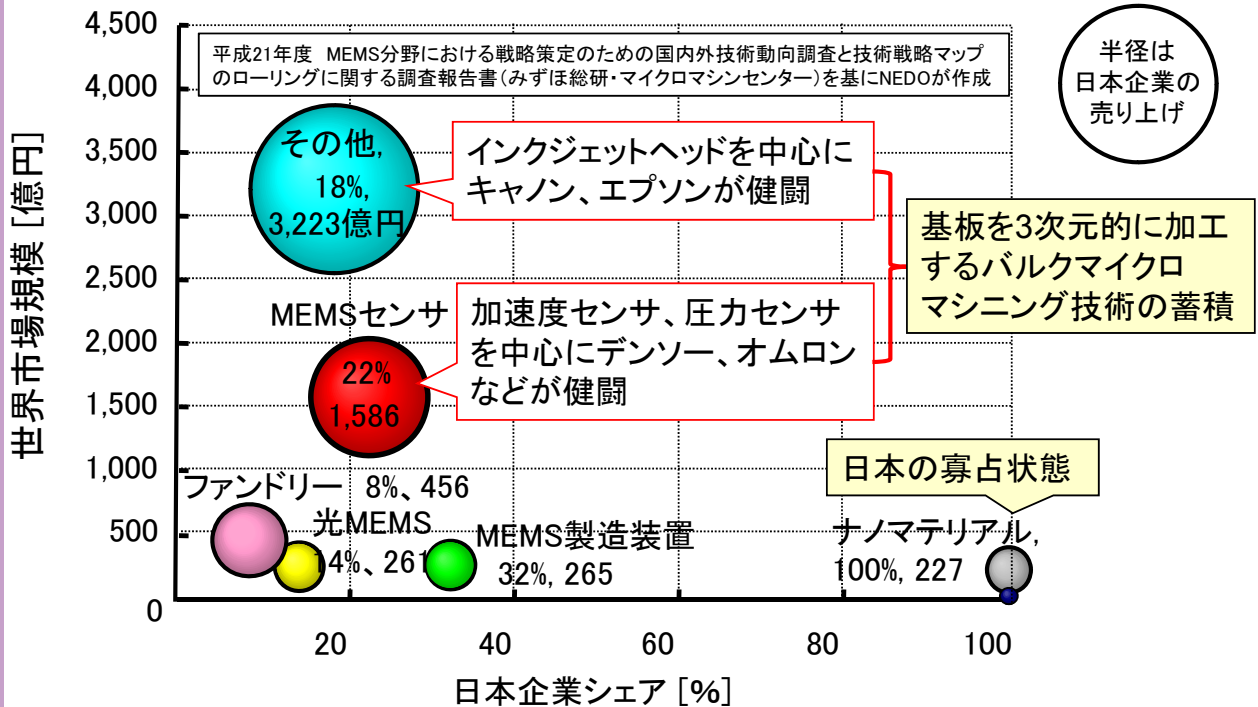
## 2004年の地域別MEMS市場

NEXUS III、(財)産業研究所MEMS関連市場の現状と日本の競争力分析に関する調査研究を基にNEDOが作成



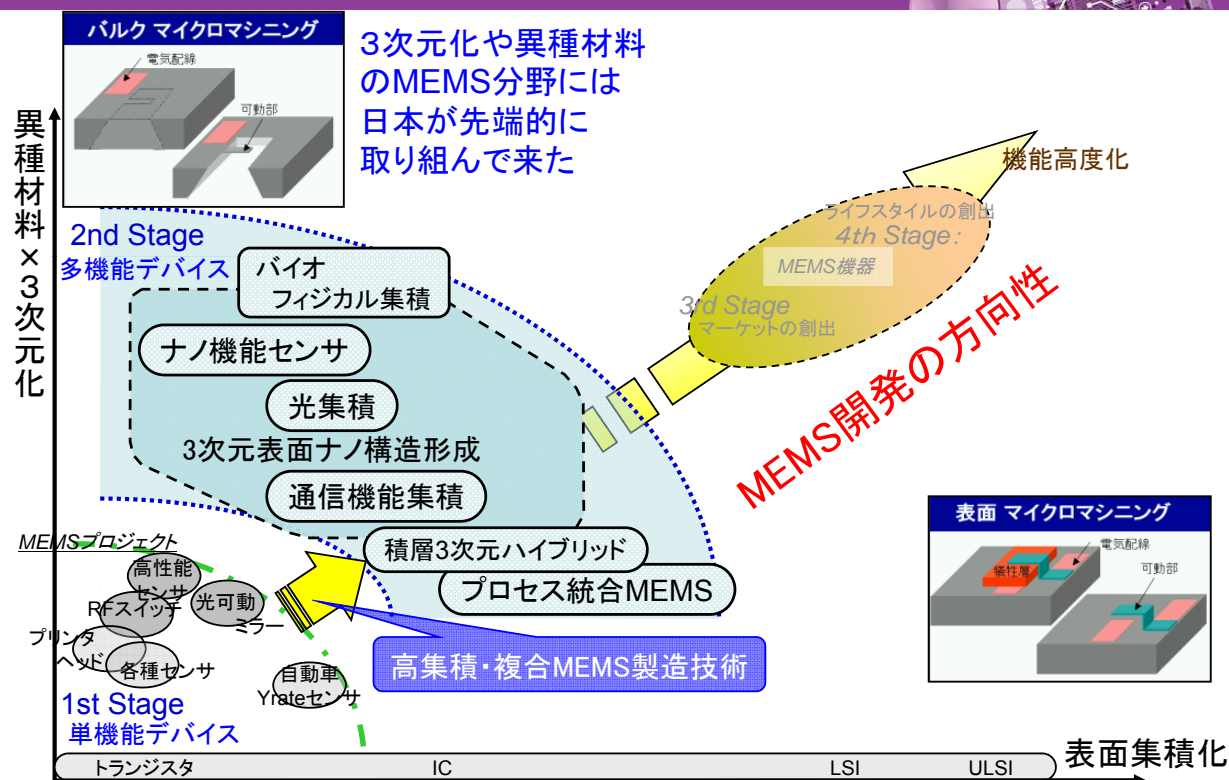
欧米やアジア諸国ではMEMSの集積化の動きが活発化  
 →新興市場の獲得に向け、日本もMEMSの集積・複合化が急務

# 我が国のMEMS関連産業の特長



2007年度のMEMS関連産業の世界市場規模と日本企業のシェア

# MEMS開発の方向性



# NEDOが関与することの意義

- ①高集積・複合MEMSは自動車の安全性向上や医療用センサの低コスト・高機能化などを実現し、安全安心、医療費抑制といった社会ニーズを実現するものであり、公共性が高い
- ②高集積・複合MEMS市場は幅広く大きいと予測されるが商品開発のアプローチが多種多様な為、市場の見通しが不透明である。従って、企業が単独で開発資源を投入するのはリスクが高く、民間のみによる取り組みを期待することは難しい
- ③高集積・複合MEMSの世界的な研究開発競争の中で、産学官連携による効率的な研究開発として、NEDOが本事業に取り組む産業政策的効果は大きい

## プロジェクト実施により期待される効果

### (1) 我が国の高集積・複合MEMS市場の早期具現化

MEMSの集積化・複合化による応用範囲の拡大が期待されているが、その可能性は多岐に渡っており、どの市場から立ち上がって行くのか具体的な形は見えていない。自然発生的に市場が立ち上がるのを待っているだけでは、欧米に出遅れ、市場を席巻される恐れがある。本プロジェクトでは、助成事業による実用化研究にMEMS分野で実績のある企業のプロジェクト参画により高集積・複合MEMSの市場を早期に具現化し、国内企業のこの分野への参入を促進することを狙っている。

### (2) 高集積・複合MEMS製造技術の国際競争力の向上

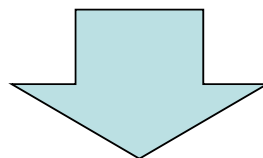
本プロジェクトにより高集積・複合MEMSの製造技術が進展し、することにより、我が国の競争力の強化が図られる。本プロジェクトでは、委託研究は原則、成果を公開することになっている為、大学や公的研究機関と装置メーカーとの共同研究により、装置産業の高集積・複合MEMSに関する裾野を拡大する効果も期待できる。

### (3) 新規参入者の拡大と多様なMEMS製品の開発加速

本プロジェクトでは、開発成果のデータベース化と高集積・複合MEMSシステム化設計プラットフォームの開発を行い、その成果を広く公開することでMEMSに経験の少ない企業でも参入し易い環境を構築する。これにより、新規参入者の拡大とプレイヤーの増加による多様な高集積・複合MEMS製品の開発加速が期待できる。

## 費用対効果

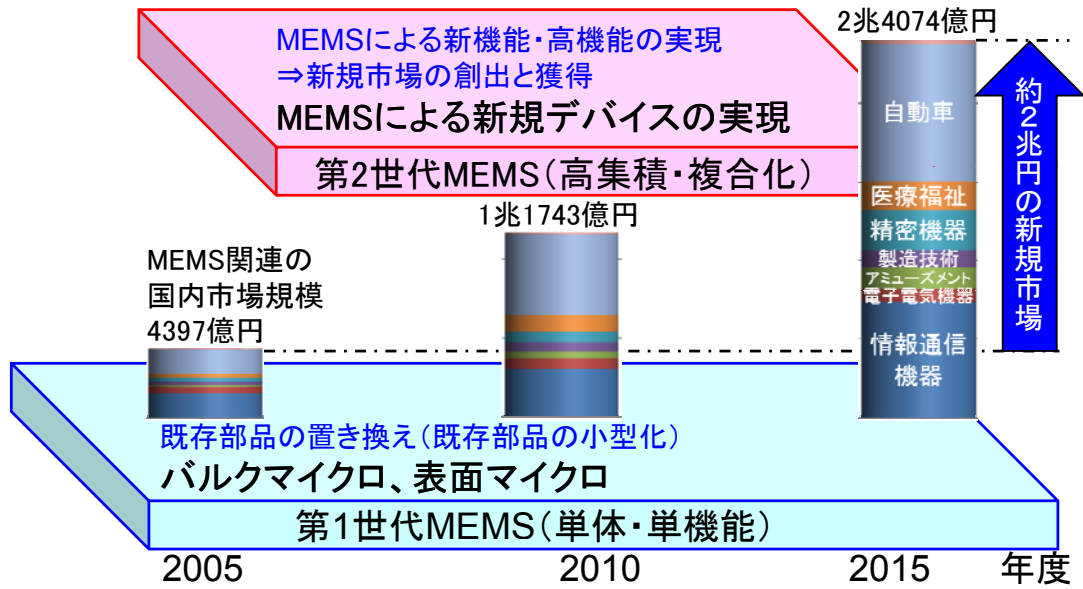
助成事業者が想定する市場の合計  
約3000億円/年



総事業費(30億円/3年)に見合う効果と考える

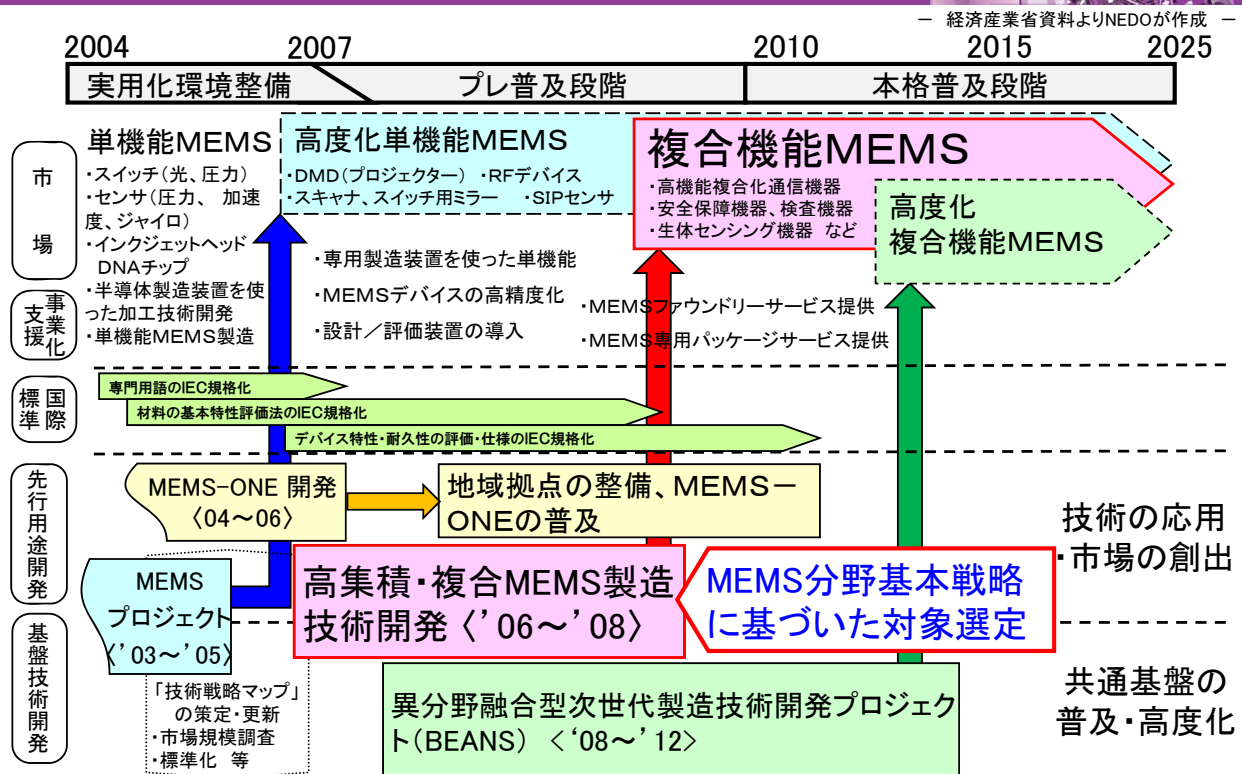
# MEMS産業全体への貢献

国内MEMS市場の成長予測: 2005年から2015年で2兆円



プロジェクト成果の普及・活用で2兆円市場の獲得に貢献

# MEMS分野基本戦略、技術動向との整合性





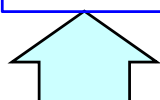
## 経済産業省「ロボット・新機械イノベーションプログラム」

### 1. 目的

我が国の製造業を支えてきたロボット技術・機械技術を基盤とし、IT技術・知能化技術などの先端的要素技術との融合を促進することにより、家庭、医療・福祉、災害対応など幅広い分野で活躍する次世代ロボットや新機械技術の開発・実用化を促進し、生産性の向上と人間生活の質の向上を実現するとともに、我が国経済社会の基盤である製造業の競争力の維持・強化を目指す。

### 2. 達成目標

(1) 我が国製造業の高度化に必要な不可欠な基盤技術である機械分野においては、バイオ技術やIT技術などの異分野技術を活用した従来の機械の概念を超えた**新しい機械の創造**及びその計測技術の確立を図ることを目標とする。例えば、**2015年頃に革新的MEMSの本格普及**を目指すことにより、**安全・安心な社会**の構築に貢献する。



上位プログラムの目標達成に貢献できる

### 高集積・複合MEMS製造技術開発プロジェクト

- ①新しい機械→高集積・複合化による革新的MEMS
- ②2015年→実用化研究(助成)を中核とした計画
- ③安全・安心→健康・医療、自動車安全への応用

## II. 研究開発マネジメントについて

## 高集積・複合MEMS製造技術開発事業の目標

今後成長が期待される市場である自動車、情報通信、安全・安心、環境、医療等において必要不可欠となる、小型・省電力・高性能・高信頼性の高集積・複合MEMSデバイスを製造する技術を開発する。また、上記技術開発を通じて得られた製造技術に関わる知識を集約し、データベースを整備し公開する。

具体的な目標としては、プロジェクト終了時において研究開発計画の研究開発項目①～⑤の達成目標を達成することとする。

## 開発項目

- ①MEMS/ナノ機能の複合
- ②MEMS/半導体の一体形成
- ③MEMS/MEMSの高集積結合
- ④知識データベースの整備
- ⑤システム化設計プラットフォーム

## 各研究開発項目の目標設定

- ・戦略マップを基に2009年度時点の技術水準を目安に目標を設定
- ・戦略マップに無い項目は専門家へのヒアリングを行い目標を設定

	実施内容	項目	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
MEMS/ ナノ	選択的ナノ機械構造形成技術	表面ナノ構造の加工寸法	数百nm		100nm			50nm		
		位置精度 $\leq \pm 1 \mu\text{m}$		$\pm 2 \mu\text{m}$		$\pm 1 \mu\text{m}$	←		$\pm 0.5 \mu\text{m}$	
	ナノ材料の選択的形成	架橋率		30%		70%	←	100%		
MEMS/ 半導体	MEMS-半導体プロセス統合モノリシック製造技術	混載LSIの加工寸法	800nm	350nm			180nm			90nm
		MEMS加工部の最大アスペクト比	1	2.5			20			50
		MEMSの最小加工寸法	$5 \mu\text{m}$	$2 \mu\text{m}$			$0.5 \mu\text{m}$			$0.2 \mu\text{m}$
		CMOSプロセス用材料膜厚	$0.5 \sim 4 \mu\text{m}$	$0.2 \sim 5 \mu\text{m}$			$0.1 \sim 10 \mu\text{m}$			$0.1 \sim 20 \mu\text{m}$
	MEMS-半導体縦方向配線	アスペクト比		50	←	←	←			
		孔径	$10 \mu\text{m}$		$5 \mu\text{m}$				$2.5 \mu\text{m}$	
MEMS/ MEMS	MEMS・半導体の集積形態	ハイブリッド				ウエハレベル	モノリシック			多層MEMS

経産省・技術戦略マップ2005「MEMS分野のロードマップ」より抜粋

# 研究開発項目別目標(抜粋)

**①MEMS/ナノ機能の複合**

ナノ機械構造体形成 (L, S ≤ 50nm、ナノ機能)

ナノ機能MEMSデバイス (プロセス温度 ≤ 400°C)

100 nm, 3 μm, 1 μm, 100 μm

**②MEMS/半導体の一体形成**

MEMSと集積回路等の集積 (回路180nm、MEMS ≤ 0.5 μm)

縦方向配線 (65nmルール、接合 ≥ 3層、径 ≤ 5 μm、アスペクト比 ≥ 50)

横方向配線 (段差 ≥ 100 μm、線幅: 5~10 μm)

上部電極、空洞、下部電極、MEMS、シールド、アナログデジタル集積回路

**③MEMS/MEMSの高集積結合**

セラミック、樹脂、ガラス、シリコン、実装基板

異種ウエハ接合 (≥ 3層、≥ Φ 100mm等)

レーザー

多層ウエハ

低ストレスダイシング (≥ 3層、破損率 ≤ 1%)

CADモデル

研究開発項目①~③に関する

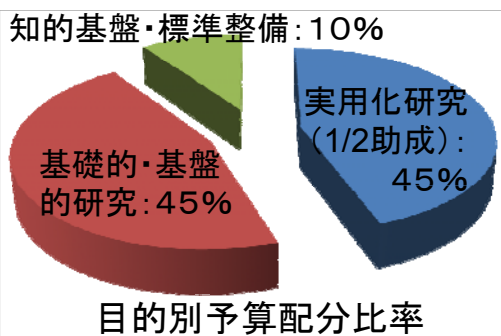
- 1) 知見のデータベース化
- 2) 等価回路モデルに基づく設計ツール開発

④知識データベース&⑤設計プラットフォーム

0.5pF, 20pF, 20mF, 10μΩ, 50nH

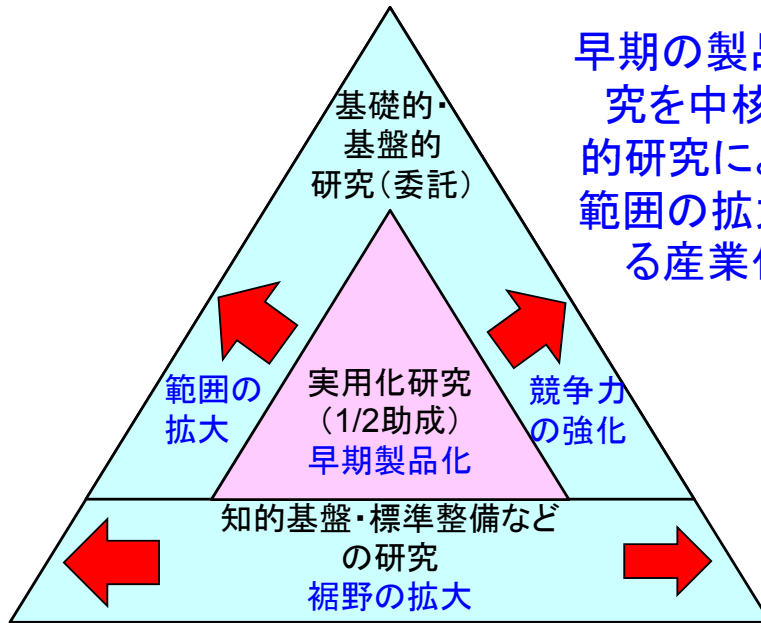
# 研究開発スケジュールと予算

	平成18年度	平成19年度	平成20年度
①MEMS/ナノ機能の複合技術	→		
②MEMS/半導体の一体形成技術	→		
③MEMS/MEMSの高集積結合技術	→		
④高集積・複合MEMS知識データベース	→		
⑤高集積・複合MEMSシステム化設計プラットフォーム		→	
年度別予算(百万円)	1,077	1,116	762



実用化研究(1/2助成)と基礎的・基盤的研究の予算配分は約1:1であるが、実用化研究は1/2助成の為、実質2倍の研究費を投入

# テーマ構成の考え方



早期の製品化を狙った実用化研究を中核に据え、基礎的・基盤的研究による競争力強化と適用範囲の拡大、知的基盤整備による産業化の裾野の拡大を行う

# テーマの構成と狙い

## 実用化研究(1/2助成)

①MEMS / ナノ機能の複合技術の開発	ナノ機能を組み込んだMEMSデバイスの製造技術(三菱電機) <b>高集積・複合MEMSの事業化(プロジェクトの中核)</b>
②MEMS / 半導体の一体形成技術の開発	MEMS/LSI圧力センサ(日立製作所) MEMS-LSI擬似SOC(東芝) 縦集積MEMS(オムロン) 三次元貫通配線(フジクラ)
③MEMS / MEMSの高集積結合技術の開発	異種機能積層SPRセンサ(オリンパス) ビルドアップ型多層ウェハーレベルパッケージング(パナソニック電工) 波長可変面発光レーザ(横河電機)

## 基礎的・基盤的研究(委託)

選択的ナノ機械構造体形成技術(東大)
バイオ材料の選択的修飾技術(産総研)
ナノ材料の選択的修飾技術(産総研)
MEMS-半導体プロセス統合モノリシック製造技術-新たなるセンシング原理の探索(立命館大)
半導体横方向配線技術(東北大)
半導体横方向配線技術(産総研)
パルスレーザー支援低ストレス高速ダイシング(レーザー総研・東北大)
<b>次世代要素技術の先行開発</b>

④高集積・複合MEMS知識データベースの整備(マイクロマシンセンター)

⑤高集積・複合MEMSシステム化設計プラットフォームの開発(同上)

開発環境の整備による参入促進

知的基盤・標準整備等の研究開発(委託)

# プロジェクトリーダーの選任と指導体制

プロジェクト  
開始時の  
運営体制

PL

東京大学

教授 下山勲

サブPL

立命館大学

教授 杉山進

きめ細かい指導  
が出来る様に、  
PLの他にサブPL  
を選任し、テーマ  
を分担  
青字: 下山PL  
赤字: 杉山SPL

項目	内容	助成先	委託先
MEMS/ ナノ	ナノ機械構造体		東京大学
	選択的バイオ修飾		産総研
	選択的ナノ材料修飾		産総研
	ナノ機能デバイス	三菱電機	
MEMS/ 半導体	プロセス統合モノリシック	日立	立命館大学
	縦方向配線	オムロン	
		フジクラ	
	横方向配線	東芝	産総研 東北大学
MEMS/ MEMS	異種材料多層集積	オリンパス	
	ビルドアップ多層集積	パナソニック電工	
		横河電機	
低ストレスダイシング		レーザー総研・東北大	
知識デー タベース			マイクロマシン センター

# 事業者間の連携体制

項目	内容	助成先	委託先
MEMS/ ナノ	ナノ機械構造体		東京大学
	選択的バイオ修飾		産総研
	選択的ナノ材料修飾		産総研
	ナノ機能デバイス	三菱電機	
MEMS/ 半導体	プロセス統合モノリシック	日立	立命館大学
	縦方向配線	オムロン	
		フジクラ	
	横方向配線	東芝	産総研 東北大学
MEMS/ MEMS	異種材料多層集積	オリンパス	
	ビルドアップ多層集積	パナソニック電工	
		横河電機	
低ストレスダイシング		レーザー総研・東北大	
知識デー タベース			マイクロマシン センター

CNTの  
適用検討

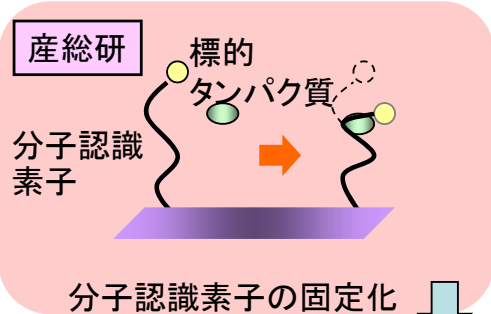
レーザー援用  
配線の適用検討

レーザーダイシング  
の適用検討

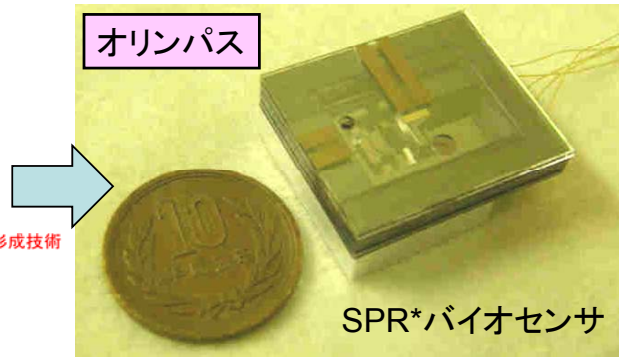
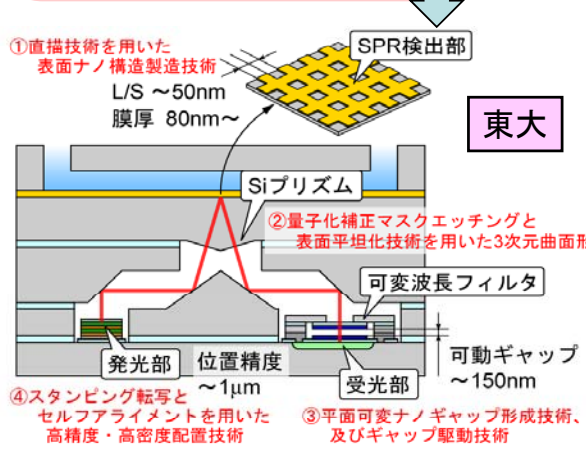
SPR  
バイオセンサ  
の共同開発

委託研究成果  
を助成先に供  
与し、製品化の  
視点で課題を  
評価して、  
フィードバック

# SPRバイオセンサの共同開発

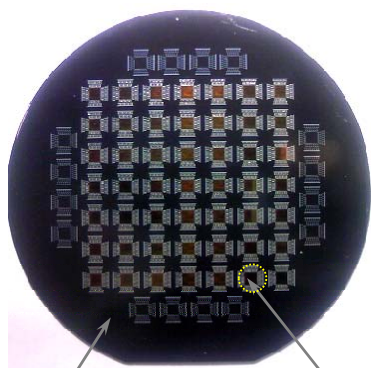


東大、産総研、オリンパスの3者で  
SPRバイオセンサを共同開発  
→デバイス開発だけでなく、東大の  
液体プリズムの新規用途提案など要  
素技術の用途開発の進展も得られた



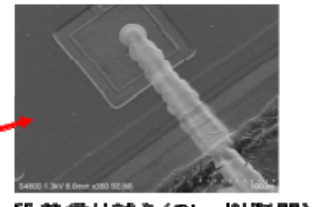
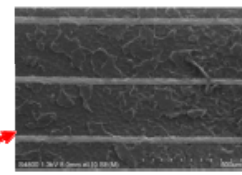
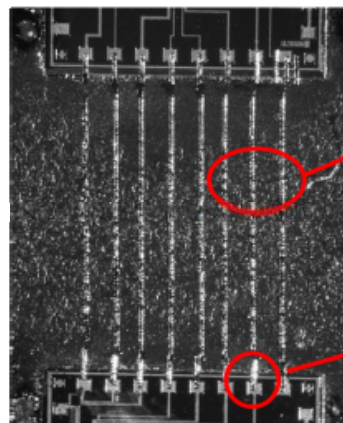
\* SPR (Surface Plasmon Resonance : 表面プラズモン共鳴) バイオセンサ  
レーザ反射光の減衰特性から生体分子を検出

# 3-D混載MEMS擬似SOCの開発



$\phi = 125\text{mm}$ 再構築ウエハ  
(東芝)

線幅46μm・配線長さ3.4mm



産総研が開発したレーザ援用インクジェット  
配線技術を東芝での有機樹脂上の配線形  
成に試用し、生産適用への課題を抽出し、  
開発計画に反映した

# プロジェクトの運営と指導の体制

## ①プロジェクト推進連絡会

- ・全体の進捗管理(各事業者IPなどに係わらない部分に限定)
- ・テーマの進捗・実施内容指導(進捗確認シート)
- ・普及関連、環境整備関連
- ・4半期に1回開催

## ②個別指導会

- プロジェクトリーダー、サブリーダーが担当テーマを分担し、
- ・担当の助成事業者にNEDOが同行し進捗・実施内容を指導
  - ・頻度:2回/年(初年度は1回/年)

## ③次年度検討会

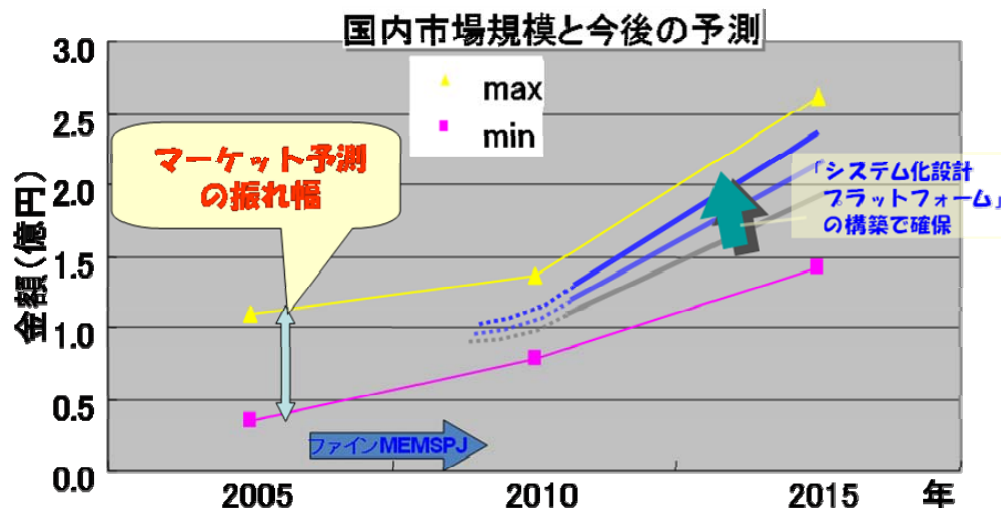
研究開発の進捗状況や予算状況を基に、NEDO、PL、サブPLらで年度末に予算配分の見直しを協議

## 3. 情勢変化への対応①

# 設計プラットフォーム開発の必要性

平成18年末

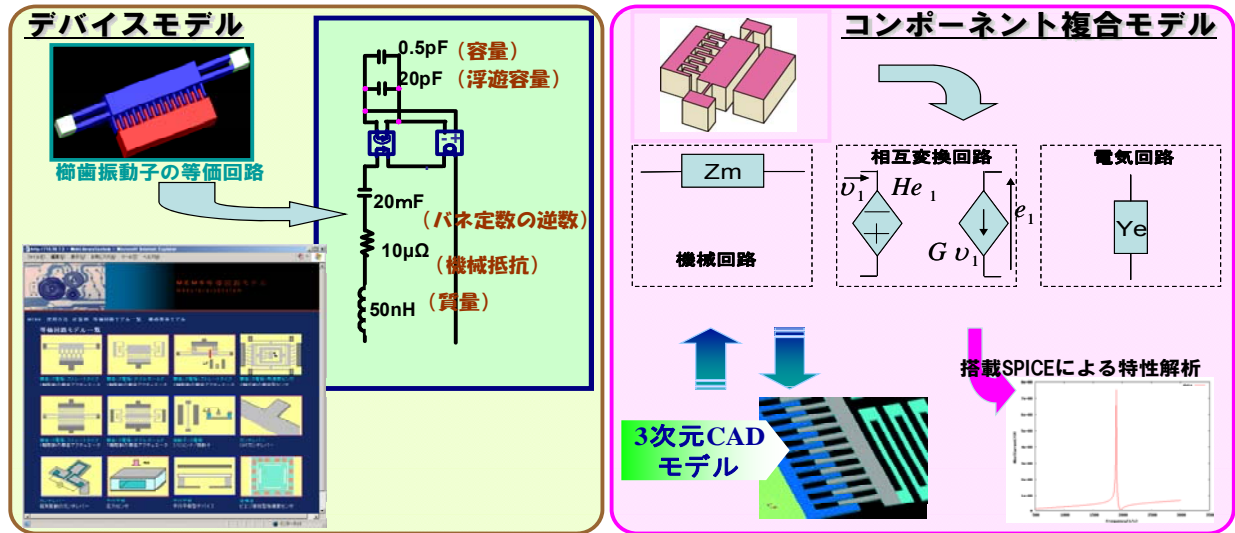
米国を中心として設計プラットフォームを用いた表面集積化の動きが活発化し、本プロジェクトで取り扱う異種材料や三次元化も含めた設計プラットフォームの構築が喫緊の課題であることが判明



(出典:08年度NEDO受託MEMS関連市場の分析・予測調査)

# 新規テーマの追加

加速予算を申請し、  
開発項目⑤「高集積・複合MEMSシステム化設計プラットフォームの開発」を追加し、平成19年度より開発に着手



# 開発体制の変更

## プロジェクト体制(～07年4月)

項目	内容	助成先	委託先
MEMS / ナノ	ナノ機械構造体		東京大学
	選択的バイオ修飾		産総研
	選択的ナノ材料修飾		産総研
	ナノ機能デバイス	三菱電機	
MEMS / 半導体	プロセス統合モノリシック	日立	立命館大学
	縦方向配線	オムロン	
		フジクラ	
横方向配線	東芝	産総研 東北大学	
MEMS / MEMS	異種材料多層集積	オリンパス	
	ビルドアップ多層集積	パナソニック電工	
		横河電機	
低ストレスダイシング		レーザー総研・東北大	
知識データベース			マイクロマシンセンター

## プロジェクト体制(07年5月～)

項目	内容	助成先	委託先
MEMS / ナノ	ナノ機械構造体		東京大学
	選択的バイオ修飾		産総研
	選択的ナノ材料修飾		産総研
	ナノ機能デバイス	三菱電機	
MEMS / 半導体	プロセス統合モノリシック	日立	立命館大学
	縦方向配線	オムロン	
		フジクラ	
横方向配線	東芝	産総研 東北大学	
MEMS / MEMS	異種材料多層集積	オリンパス	
	ビルドアップ多層集積	パナソニック電工	
		横河電機	
低ストレスダイシング		レーザー総研・東北大	
知識データベース			マイクロマシンセンター
設計プラットフォーム			

開発項目⑤として

「高集積・複合MEMSシステム化設計プラットフォームの開発」を追加

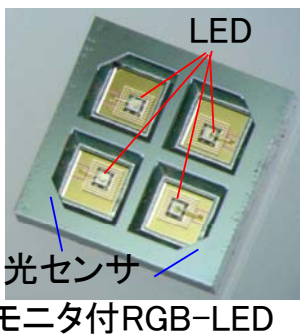
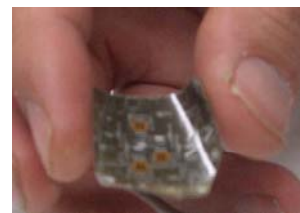
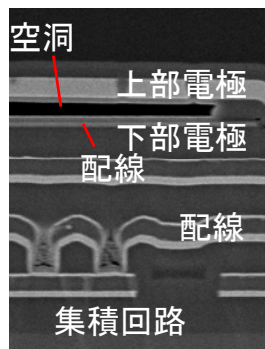


### 3. 研究開発成果

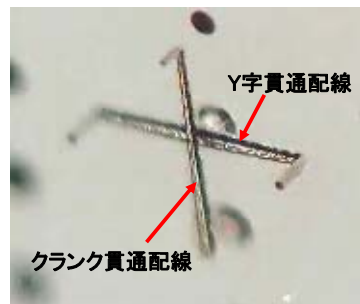
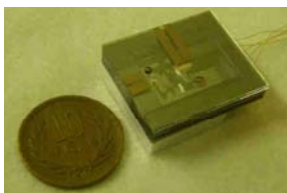
#### 1. 事業全体の成果①

### 高集積・複合MEMSデバイス

MEMSの高集積・複合製造技術を開発し、素子を試作した



1 chip圧力センサ

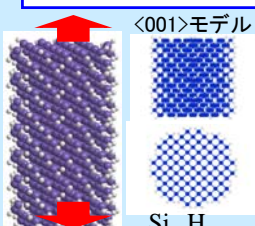


# 要素技術開発

要素技術の先行開発により一層の高集積・複合化に布石

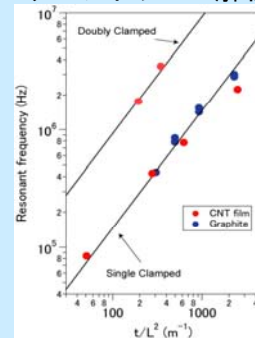
**ナノ材料物性**

<001>モデル



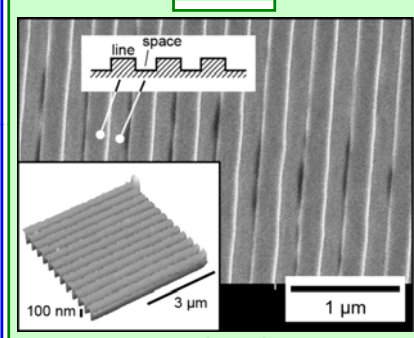
Si<sub>89</sub>H<sub>44</sub>

Siナノワイヤーの解析

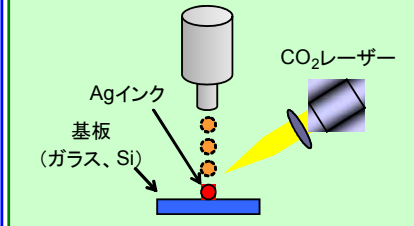


CNTの機械物性評価

**加工**

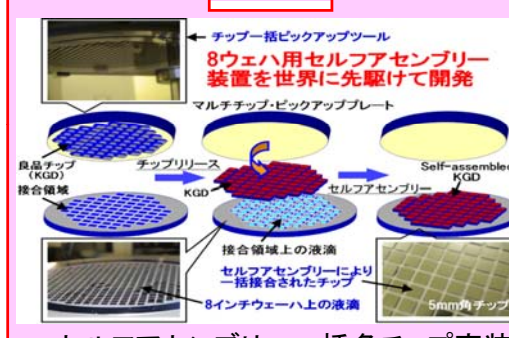


ナノ機械構造体

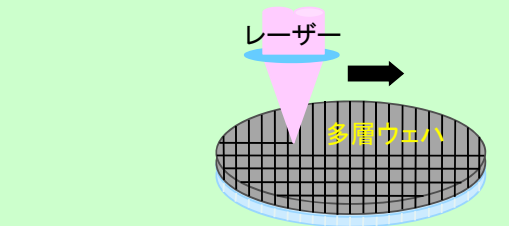


レーザー援用インクジェット配線

**実装**



セルフアセンブリー—括多チップ実装



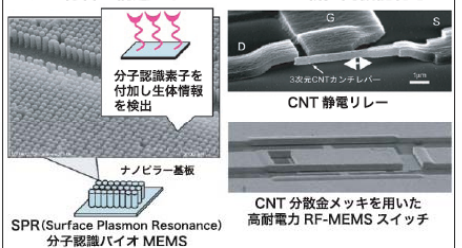
多層ウェハ・レーザーダイシング

# 高集積・複合MEMSの開発基盤整備

第2世代MEMSへの新規参入を支援する環境を整備した

**MEMS / ナノ機能の複合**

ナノ材料・構造による MEMS への新/高機能付与



SPR(Surface Plasmon Resonance) 分子認識バイオ MEMS

CNT分散金メッキを用いた高耐電力 RF-MEMS スイッチ

**MEMS / 半導体の一体形成**

MEMS と LSI の一体化による素子の小型・高機能化

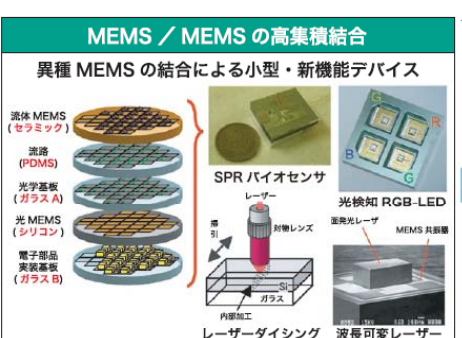


横方向集積 - 擬似 SOC (System-on-Chip)

縦方向集積 - 圧力センサー

**MEMS / MEMS の高集積結合**

異種 MEMS の結合による小型・新機能デバイス



SPR バイオセンサー

レーザー

光検知 RGB-LED

MEMS 共振器

波長可変レーザー

成果



学会等の最新情報

成果データベース+設計ツール開発による  
第2世代 MEMS 開発環境の整備

•知識データベース  
•設計プラットフォーム  
を09年6月より公開

# 目標の達成度

全体及び個別17テーマについて基本計画の目標を達成

## 全体目標の達成状況

目標	結果	判定
今後成長が期待される市場である自動車、情報通信、安全・安心、環境、医療等において必要不可欠となる、小型・省電力・高性能・高信頼性の高集積・複合MEMSデバイスを製造する技術を開発する	・MEMS/ナノ、MEMS/半導体、MEMS/MEMSの3分野について高集積・複合MEMS製造技術を開発し、それぞれSPRセンサ、圧力センサ、可変波長レーザーなどを試作した。	○
上記技術開発を通じて得られた製造技術に関わる知識を集約し、データベースを整備し公開する	09年6月より、マイクロマシンセンターホームページにて、知識データベース及び設計プラットフォームの公開を開始した。	◎

### 達成度の判定基準

×: 目標未達成、△: 条件付で目標達成、○: 目標達成、◎: 目標を大幅に上回る成果

事業原簿-42~54



35/48

## 各テーマの目標達成状況

# ①MEMS/ナノ機能の複合技術の開発

項目	目標	成果	達成度	達成度		評価
				精度	特性	
基本計画の目標	直描技術を用いた表面ナノ構造製造技術 ①LS: 50nm ②アスペクト比 1:2 ③面積: 5mm x 5mm	①LS: 50nm ②アスペクト比 1:2 	○			
	3次元曲面形成技術 ①傾斜角: 45° ②表面粗さRa: 50nm ③Peak-Valley値: 250nm	①傾斜角: 51° ②Ra: 平面で10 nm, 斜面で35 nm ③Peak-Valley値: 200nm 	◎	IFを添加	○	
	平面可変ナノギャップ形成技術、及びギャップ駆動技術 ①ギャップ間隔: 80nm ②平面範囲: 50µm x 50µm ③Peak-Valley値: 20nm	①ギャップ間隔: 80nm以下 ②駆動ミラー直径: 500 µm ③Peak-Valley値: 20nm  ミラーを静電駆動することによってギャップ間隔変化800 nmを実現。	○	ガラス基板に子子の固定化に	○	◎
	スタンピング転写とセルフアライメントを用いた高精度・高密度配置技術 ①多種構造の利用 ②配置精度1µm以下 ③面積: 2cm x 2cm	①多種類のMEMSパーツを同一基板に配置 ②位置精度標準偏差0.6µm ③面積: 5cm x 5cm  低融点ハンダを用いたセルフアライメントを融合し、LEDチップのフレキシブル基板へのアライメントを実現。	◎	MEMS製バイオセンサ	○	◎
自主目標	①種類以上の分子的検出法に対応した素子の構築	SPR法、蛍光検出法、エレクトロニクス励起法に対応した素子を開発し、その特性を評価した。	○		◎	○
自主目標	①評価技術	①の評価技術を開発し、特性を評価した			○	○
		貫通配線形成温度	400°C以下			○

全4テーマについて、基本計画の目標及び自主目標を達成した

事業原簿-42~54



36/48

## ②MEMS / 半導体の一体形成技術の開発

研究項目	目標	成果	達成度	評価
基本計画	半導体センサの微細化により発現する新たなMEMSセンシング原理の探索	第一原理計算によるバンド構造を用いて、あらゆる半導体系、任意のキャリア濃度・温度でのピエゾ抵抗効果シミュレーションが可能な手法を確立した。本手法により、<math><001></math>方位のp型Siナノワイヤーで、伝導率が劇的に変化し、バルクSiのピエゾ抵抗係数の約10倍の値が得られる予測を得た	○	○
	ナノメカニカル構造の実現とナノ弾性特性の解明	様々な熱処理履歴の金属シリサイド (WSi) 薄膜を製作し硬さ・ヤング率計測を行った。また、ダイアフラム型圧力センサチップで高サイクル疲労試験を実施した。その結果、WSiは、力覚センサとしてSiの3倍の感度が期待でき、繰返し数寿命も $N > 10^{11}$ 回と疲労にも強く、構造材料としてきわめて有望であるとの知見を得た。	○	○
自主目標	ナノスケールシリコンのピエゾ抵抗効果の解明	①第一原理計算によるバンド構造を用いて、あらゆる半導体系、任意のキャリア濃度・温度でのピエゾ抵抗効果シミュレーションが可能な、手法を開発・確立した。 ②EBリソグラフィーによる幅30-500nmのp型Siナノワイヤーを製作 (日立) し、I-V特性計測およびピエゾ抵抗係数の測定を行った。	○	◎
	面方位(100)、長手方向結晶方位<math><100</math><math><110></math>、伝導型p型、目標最小線幅100nmのSiナノワイヤーのピエゾ抵抗特性の評価		○	◎

目標	試作	インターホーサーの試作	を試作し、機能を検証する	実装して動作を確認
目標	試作	インターホーサーの試作	を試作し、機能を検証する	実装して動作を確認

目標	試作	インターホーサーの試作	を試作し、機能を検証する	実装して動作を確認
目標	試作	インターホーサーの試作	を試作し、機能を検証する	実装して動作を確認

自主目標に関し、一部条件付で達成が残るが全7テーマについて、基本計画の目標を達成

## ③MEMS / MEMS の高集積結合技術の開発

項目	目標	成果	達成度	評価
基本計画の目標	1. 異種材料多層MEMS集積化 (ウエハレベル接合)	基板サイズ:直径100mm以上、3層以上、異種材料(シリコン、ガラス、樹脂など)を基板レベルで接合し、面方向:±1μm以下の位置決め精度、垂直(z)方向:±0.5μm以下の組立精度で、複数回の接合に耐えられる異種材料多層MEMS集積化技術を開発する。	◎	◎
	2. 機能MEMS基板集積化 (チップレベル接合)	直径100mm以上の基板にその体積が0.5mm <sup>3</sup> 以下の微小な異種部材を2種類以上、面方向:±1μm以下の位置決め精度で、実装できる高機能MEMS異種基板集積化技術を開発する。	◎	◎
	3. 異種材料多層MEMS集積化の評価技術	10μm以下の分解能で局所応力を評価・解析できる異種材料多層MEMS集積化の評価・解析技術を開発する。	○	○
	4. 異種材料多層MEMS集積化によるモジュール開発	①~③の技術を応用して、少なくとも3層の異種材料基板を積層・集積化して成る、総厚5mm以下のSPRセンサモジュールと、総体積1cm <sup>3</sup> 以内の大きさの蛍光センサモジュールを製作する。	◎	◎
(3)ビルドアップ型ウエハレベルパッケージ-貫工工程開発 (放熱/光学/光検知機能を集積化したMEMS-LEDパッケージ設計と試作による検証)		①チップサイズ:<math><3\text{mm}</math>口、チップ厚:<math><1\text{mm}</math> ②・パッケージ熱抵抗:<math><10\text{K/W}</math> ・光モニタリング分解能:<math><5\%</math>	◎	◎
		①チップサイズ:3mm口、チップ厚:0.7mmで設計及び試作完了 ②・熱抵抗:2.7K/W(設計)、3.8K/W(実測) ・モニタ分解能:0.47%(設計)、1.0%(実測)	◎	◎

自主目標に関し、一部条件付で達成が残るが全4テーマについて、基本計画の目標を達成

## ④知識DB及び⑤設計プラットフォーム

④高集積・複合MEMS  
知識データベースの整備⑤高集積・複合MEMS システム化  
設計プラットフォームの開発

	目標	達成度	研究項目	H20年度開発目標	成果	達成度	
基本計画 目標	全研究開発項目に 係わる知見のDB化	○	1. ファイン MEMS等価回路 モデルの構築	外力を扱えるモデル3件、および基本的 MEMS-MEMS接続モデルを開発し、モデルの 検証を完了する。新規MEMS等価回路モデル として圧電デバイス、音響デバイスの2件開 発する。	①歯歯・平行平板・磁気回路デバイスに關しコンボ ネット化想定の外力等価回路モデルを開発 ②それらの外力端子を活用した接続モデルを開発 ③歯歯とバネなどの接続モデル実験的に検証 ④圧電・音響デバイスの外力を扱える等価回路モ デルを追加	○	
	MemsONE知識 DBに実装	○		2. MEMSデバイ スモデルの等価 回路導出と登録 、及び文献調査	MEMSデバイスの等価回路導出に関する定 式化手法を開発し、等価回路モデルの定式 化を完了する。MEMS2008およびセンサシン ポを調査し、基礎データを収集、開発対象と するMEMSデバイスコンポーネントを決定する 。	①上記に相当する等価回路モデルの定式化と理 論的検証を終了。導出法として、特許一件出願。 ②定式化手法は、特許化するとともに、Sensor Symposium08で報告した。 ②MEMSデバイスに関する基礎データを収集、随 時開発内容に取り込んだ	○
自主目標	知識の体系化	○	3. 単要素モ デル、MEMS構 成要素モデルに よる機械パラメ ータ等抽出の検 討	Webシステムに登録されたMEMS等価回路モ デル、およびMEMS-MEMS接続モデルを対象 として、その回路定数を決定する為に必要な 機械パラメータ、及び電気パラメータのモデ ル仕様を確定し、パラメータ抽出ソフトの実装 およびテストを完了する。	①各デバイス・コンポーネントに対応した各機械パ ラメータ抽出ソフトを開発した ②この成果の一部は、Sensor Symposium08で報 告した。	○	
	知識データ収集 用システム構築	○		4. 電気的特性 および機械的 特性抽出機能の 開発	H19年度構築したWebシステムに項目1の MEMS等価回路の生成と周辺回路の接続機 能、電気回路シミュレーションの実行環境、お よび電気・機械的特性抽出機能の実装を完 了し、Webシステムを一般に公開する。	①等価回路モデルおよび入力システム、機械等パ ラメータ抽出ソフト、3DCAD中間データ取り込み、 およびUSPICEを活用した電気・機械的特性解析モ ジュールをWebシステムとして作成 ②全体としての、解説書を含わせて収録。 ③H19年度版と合わせ、Web公開を6月末に完了	○
	DB入力・表示 機能開発	○		5. 等価回路モ デル・3次元 CADモデル相互 変換の開発	3次元CADシステム (MemsONE)とWebシステ ム間の形状データ、および材料物性データの 相互変換機能の実装を完了し、システム間の 連携を確認する。	3次元 CADモデルの形状データ・材料物性値の生 成とその逆システムを中間ファイルとして扱う方式 を開発 (MemsONE CADを利用)	○
	公開用DB システムの構築	○					
	MemsONEデータ 入力形式に変換	○					

## 基本計画の目標及び自主目標を達成した

事業原簿-42~54



39/48

## 成果の意義

- ①複合化・集積化によるMEMSの高機能化や新機能の発現をデ  
バイスの形で提示し、高集積・複合MEMSの可能性を示した
- ②高集積・複合MEMSの更なる高度化に向けた要素技術を開発  
し、一層の高集積・複合化に布石を打った
- ③知識DBや設計プラットフォームを公開し、高集積・複合MEMS  
への新規参入を支援する環境を構築した
- ④プロジェクト活動を通して、企業や大学、公的研究機関の連携  
が行われたことで、MEMSの研究者・技術者と異分野の研究者と  
の協力関係から新たに展開の可能性が芽生えた。

事業原簿-42~54



40/48

### (3)知的財産権等の取得

公開

出願特許件数:109件

研究開発項目	特許出願件数
①MEMS／ナノ機能の複合技術の開発	19
②MEMS／半導体の一体形成技術の開発	48
③MEMS／MEMSの高集積結合技術の開発	41
④高集積・複合MEMS知識データベースの整備 ⑤高集積・複合MEMSシステム化設計プラットフォームの開発	1

事業原簿-44、706～716



41/48

### (4)成果の普及

公開

#### ① 論文・発表

205件の論文・口頭発表を行い、13件の学会賞を受賞

研究開発項目	論文	発表	学会賞
①MEMS／ナノ	7	32	2
②MEMS／半導体	18	95	9
③MEMS／MEMS	7	33	2
④知識データベース	0	2	0
⑤設計プラットフォーム	8	3	0
合計	40	165	13

事業原簿-44～45



42/48

## ② 広報活動

2006年～2007年	2008年	2009年
<p>Hannover messe 2007</p>  <p>Nanotech2007</p> <p>第17回マイクロマシン展</p>  <p>第18回マイクロマシン展</p> 	<p>Nanotech2008</p>  <p>Hannover messe 2008</p>  <p>第19回マイクロマシン展</p>	<p>Micro Electro Mechanical Systems</p>  <p>広報ビデオ パンフレット</p> <p>第20回マイクロマシン展</p>  
<p>成果展示8回、成果発表3回、プレス発表・取材等約20回、広報ビデオ、パンフレットの作成</p>		

## 4. 実用化の見通しについて

# (1) 成果の実用化可能性

公開

## ① 実用化研究(助成)

高集積・複合MEMSデバイスを作製し、当初の目標とする性能を得た。今後は、各社の事業計画に沿って、2011～2015年の実用化に向け開発を継続する

## ② 基礎的・基盤的研究(委託)

プロジェクトの助成先との共同開発の継続による製品適用や設備メーカーとのタイアップなどにより実用化を目指す

## ③ 知的基盤・標準整備などの研究開発(委託)

知識データベース、設計プラットフォームともに09年6月より公開を開始し、登録ユーザを獲得中

事業原簿-55～56



45/48

## (1) 成果の実用化可能性①

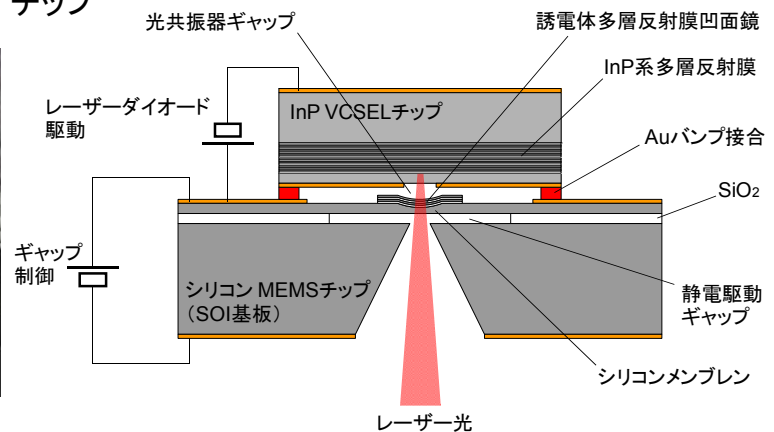
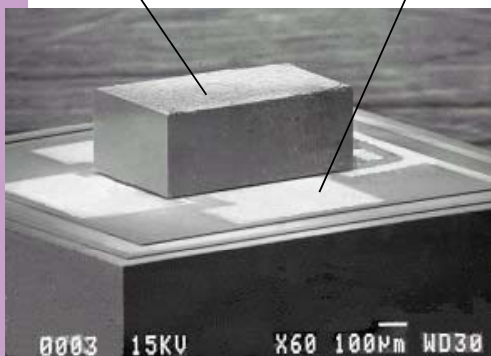
# 実用化研究(助成事業)

公開

各社の事業計画に沿って、2011年～2015年の市場投入を予定

## 例) 可変波長レーザ(横河電機)

InP VCSEL チップ シリコンMEMS チップ



NEDOイノベーション推進事業に採択され、多成分分析計として製品開発を進める

事業原簿-55～56



46/48



## 基礎的・基盤的研究開発

基礎的・基盤的研究開発は、3つの方向性で実用化を進める

- ① 助成先との共同研究継続による要素技術の移管
- ② 装置メーカーとの共同研究による製造設備としての実用化
- ③ デモ機による加工受託や新規プロジェクトへの参画によるアプリケーションの開拓と応用技術開発

研究開発項目	テーマ名	助成先と 共同開発	企業との 設備開発	応用技 術開発
①MEMS/ナノ	選択的ナノ機械構造体形成技術	○		
	バイオ材料(タンパク質など)の選択的修飾	○		
	ナノ材料(CNTなど)の選択的形成技術			○
②MEMS/ 半導体	MEMS - 半導体プロセス統合モノリシック製造	○		
	MEMS - 半導体横方向配線技術 - 1	○	○	○
	MEMS - 半導体横方向配線技術 - 2		○	
③MEMS/MEMS	多層ウェハレベル接合体の低ストレスダイシング		○	○

事業原簿-55~56



47/48

## 知的基盤整備・標準整備などの研究開発

知識データベース、設計プラットフォーム共に09年6月よりマイクロマシンセンターのホームページで公開を開始した

### ① 知識データベース

- ・10月2日時点でアクセス件数: 11万9548件(約1000件/日)
- ・マイクロマシンセンターの自主事業としてデータ更新等を継続

### ② 設計プラットフォーム

- ・日本機械学会と電気学会に関連研究会を発足した。  
(現時点での研究会開催: 3回)
- ・マイクロマシンセンター内にMEMS等価回路ジェネレータ普及検討委員会を立ち上げ、継続的な普及を進める

**MEMSPedia**  
 ファインMEMS知識DB  
 等価回路ジェネレータ

事業原簿-55~56



48/48