第１回「ＭＥＭＳプロジェクト」（事後評価）分科会
資料６

プロジェクトの概要説明

公開資料

経済産業省
新製造技術プログラム

「MEMSプロジェクト」事後評価分科会資料

ープロジェクト概要説明ー
平成19年1月8日

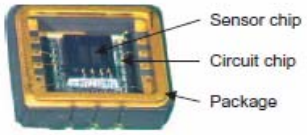
独立行政法人　新エネルギー・産業技術総合開発機構
機械システム技術開発部

第1章　事業の位置付け・必要性について

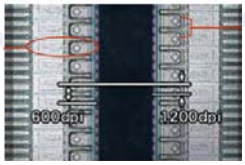
プロジェクトの背景（1）

MEMS産業界の現状

・MEMSは、自動車用加速度センサやインクジェットプリンタのヘッドなどを中心に実用化が進行
・2003年時点でMEMSを活用した製品は国内で推定約5，000億円の市場を形成



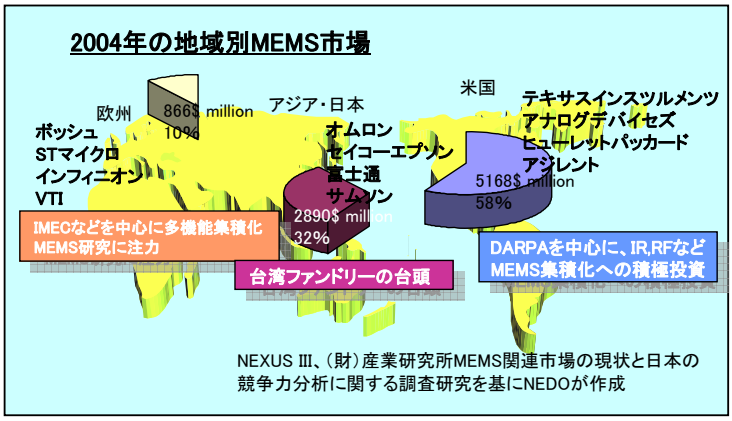
エアバッグ用加速度センサ



プリンタヘッド

日本のMEMS開発の課題

・TI、ADI、ボッシュ等の海外大手MEMS製造メーカによる生産量の増加
・台湾ファンドリーの台頭



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

我が国が技術的優位性を確保するためには、産学官が連携して新たなMEMS分野において先端技術を開拓していく必要がある

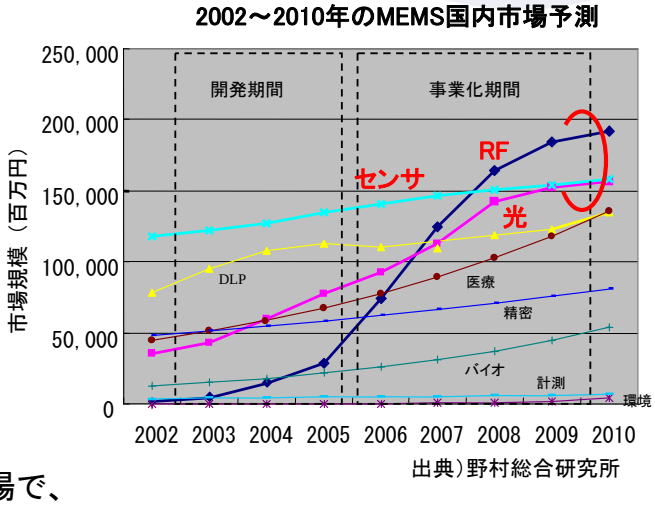
プロジェクトの背景（2）

MEMSの国内市場予測

・今後、光通信や高速無線通信といった通信分野、血液検査や環境計測などの化学・バイオ分野を中心にMEMSが普及していく
・2010年には1兆3500億円の市場規模に拡大していくと想定

国際競争力確保のための考え方

・MEMS産業の国際競争力を確保するためには、新たなMEMS分野における早い段階での市場投入が重要。
・多様なMEMS製品の開発には、ファンドリー事業を活性化し、大学やベンチャー企業等充分なファブを持たない開発者に広く活用してもらい、優れたアイデアを具現化させる必要がある。



出典）野村総合研究所

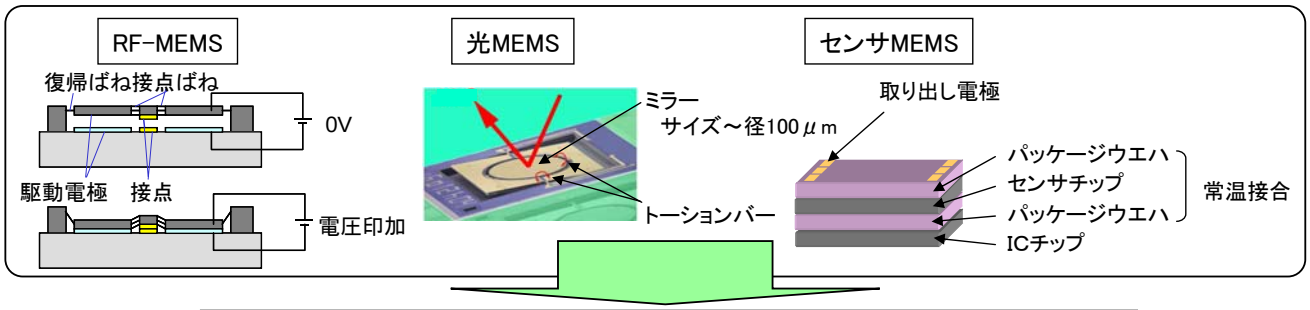
2010年までのMEMS市場で、
今後早い時期に、大きな市場が形成される分野を
①RF-MEMS、②光MEMS、③センサMEMSと予測

事業原簿 p.25

事業概要

目的：市場規模の拡大にリンクして、早期実用化が図られるデバイス開発を支援。
プロジェクトで確立したMEMS製造技術をファンドリー事業に展開することで、
我が国MEMS産業の更なる活性化、競争力強化を目指す

【内容】
1．開発期間：平成15年度～平成17年度（3年間）
2．予算総額：約37億円（3年間）
3．開発項目：
（1）今後比較的短期に大きな市場の形成が予測される
①RF（高周波）－MEMS、②光MEMS、③センサMEMS
の3分野に絞って、MEMSの実用化に必要な製造技術を確立し、MEMSデバイスを事業化する。
（2）確立した技術をファンドリー事業に展開することにより、MEMSデバイスの開発・生産が
活性化する環境を構築する。



プロジェクトで確立したMEMS製造技術をファンドリー事業へ展開

NEDOが関与する必要性・制度への適合性（1）

1．NEDOが関与することの意義

●今後成長が期待される分野におけるMEMS製造技術の開発とその実用化には、短期間に莫大な投資が必要である
●これから成長する分野における市場予測精度の不確かさ、新たな技術分野に見られる高い技術ハードル等、高いリスクが存在する
●ファンドリー事業は、多くの研究者が利用できる公共性の高いものである

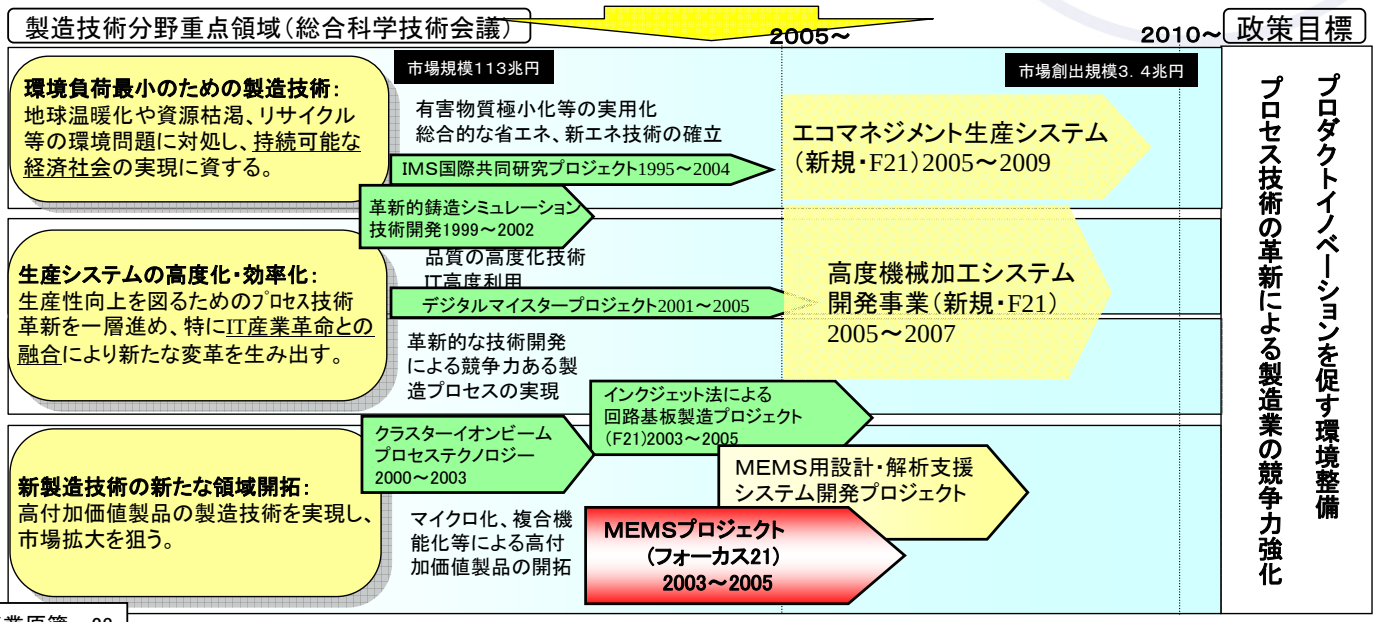
以上の観点から、NEDOが関与する必要があると判断

NEDOが関与する必要性・制度への適合性(2)

■制度への適合性
経済産業省の「新製造技術プログラム」および「フォーカス21」に合致

新製造技術プログラム

MEMS分野の目標：マイクロ化、複合機能化等による高付加価値製品を開拓する



事業原簿 p.23

NEDOが関与する必要性・制度への適合性(3)

■フォーカス21とは

【目的 】
1．研究開発の成果が迅速に事業化に結びつき、産業競争力強化に直結するような経済活性化のための研究開発プロジェクト（フォーカス21 ）を創設。
2．民間のコミットメント（資金・人材等）を前提として、短期間で実用化、事業化に直結するプロジェクトを創設。

【重点分野】
＜実用化直結型、重点4 分野に重点化＞
①ライフサイエンス
②情報通信（MEMS）
③環境
④ナノテクノロジー・材料

ライフサイエンス、情報通信など重点4分野において、比較的短期間に実用化が見込まれ、その結果として民間企業のコミットメントが得られた経済活性化プロジェクトを「フォーカス21」として厳選し、予算の集中投入（367億円）を行う。

「フォーカス21」
（計30プロジェクト：合計367億円（平成15年度予算額））
＜60億円（平成14年度補正予算額）＞

ライフサイエンス分野　88億円（0億円）
＜平成14年度補正予算：23億円＞
- 糖鎖エンジニアリングプロジェクト
- バイオ・IT融合機器開発プロジェクト
- その他・計8プロジェクト

環境分野　44億円（0億円）
＜平成14年度補正予算：10億円＞
- 省エネ型次世代PDPプロジェクト
- 光触媒利用高機能住宅用部材プロジェクト
- その他・計8プロジェクト

情報通信分野　173億円（46億円）
＜平成14年度補正予算：28億円＞
- 情報通信基盤高度化ソフトウエア開発プロジェクト
- 半導体アプリケーションチッププロジェクト
- その他・計13プロジェクト（5プロジェクト再掲）

ナノテクノロジー・材料分野　61億円（0億円）
- カーボンナノチューブFEDプロジェクト
- ダイヤモンド極限機能プロジェクト
- その他・計13プロジェクト（7プロジェクト再掲）

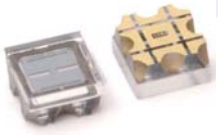
（ ）内は平成14年度予算額

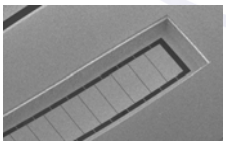
事業原簿 p.24

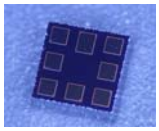
NEDOが関与する必要性・制度への適合性（4）

2. 実施の効果

本プロジェクト実施の効果として
（1）MEMS製造技術の国際競争力の向上
（2）我が国のMEMS市場の拡大
（3）多様なMEMS製品の開発の加速化
（4）ファンドリー事業の発展と新規参入者の拡大
が見込まれる


RFスイッチチップ写真


光可動ミラー部の拡大写真


3軸加速度センサ

・各実施者とも世界トップレベルの製造技術を確立し、今後の製品化、実用化に向けた事業展開を着実に実施中
・得られた成果を取り入れたファンドリー事業の拡充により、引き合い件数も増加

ハイリスクな分野での新たな市場創生・拡大が見込めることを考慮すると、予算総額43億円（3年間）に対する効果は極めて大きい

事業原簿 p.20

第2章　研究開発マネジメントについて

事業の目標

目標：

●RF－MEMS、光MEMS、センサMEMSの各分野において、特に有望と期待される**デバイスの実用化に必要な製造技術を確立する**とともに、これらのMEMSを実用化する

●本プロジェクトで開発した要素技術の成果を、目標とする製品のみならず、より多様な分野における製品に活用し、さらにはMEMS製造設備を十分有しない大学や新規事業者等の参入障壁を下げる**ファンドリー事業へ展開する**

事業原簿 p.29

各研究テーマの内容と達成目標

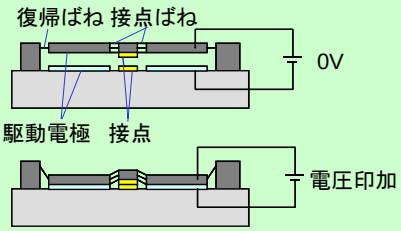
（1）RF－スイッチ製造技術の開発

RF-MEMSの中で最も需要が大きく、RF-MEMSに共通の課題を多く含み、RF-MEMS全般の実用化に波及効果が高いRFスイッチの製造技術を開発

高精度三次元加工技術
加工精度：<1%

接点固着防止技術
動作回数：>10億回

低損失パッケージ技術
パッケージ損失：<0.1dB



（2）光可動ミラー製造技術の開発

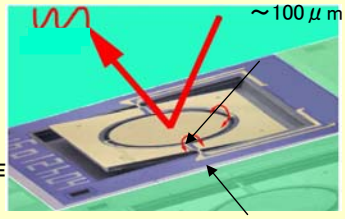
光スイッチ、マイクロ光スキャナ等、多くの光MEMS共通の機能素子であり、光MEMS全般の実用化に波及効果が高い光可動ミラー製造技術を開発

高精度三次元加工技術
ミラー面の平坦性：<10nm

高精度角度制御技術
角度制御性：<2/1000度

信頼性・計測・評価技術
可動回数：>100億回

光ミラーアレイモジュール製作
波長選択スイッチ（WSS）機能を実現

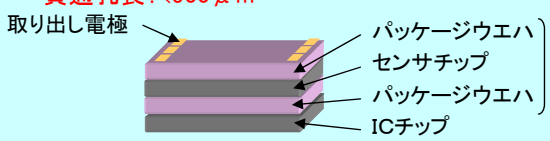


（3）超小型MEMSセンサ製造技術の開発

更なる小型化と機能集積を実現し、MEMS全般の実用化共通課題であるウエハレベルパッケージング技術を通じた超小型MEMSセンサ製造技術を開発

貫通配線・電極形成技術
貫通孔径：10μm（厚さ500μm）
貫通孔長：<500μm

低温接合技術
合わせ精度：<±2μm

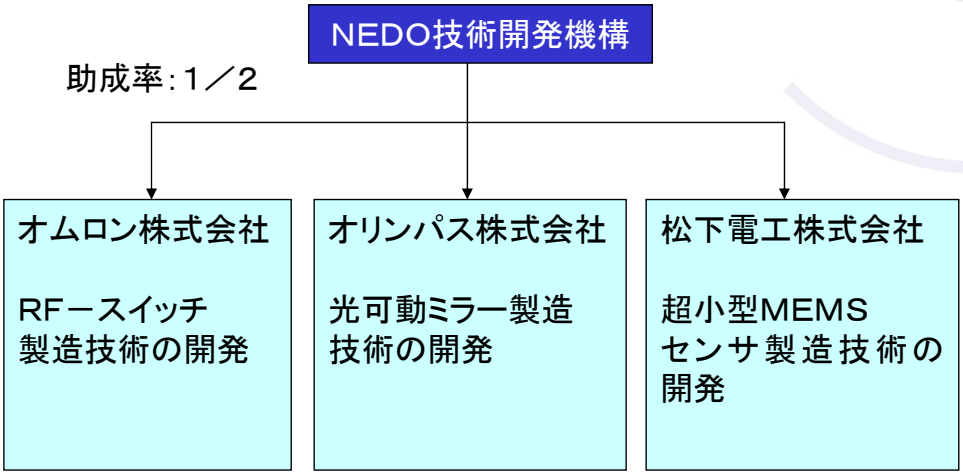


超小型センサによる検証
コスト1/2、パッケージ/チップ体積従来比1/10以下

各々の目標値は、市場の要求スペックおよびコストから算出

事業原簿 p.29

実施体制（プロジェクト開始時）

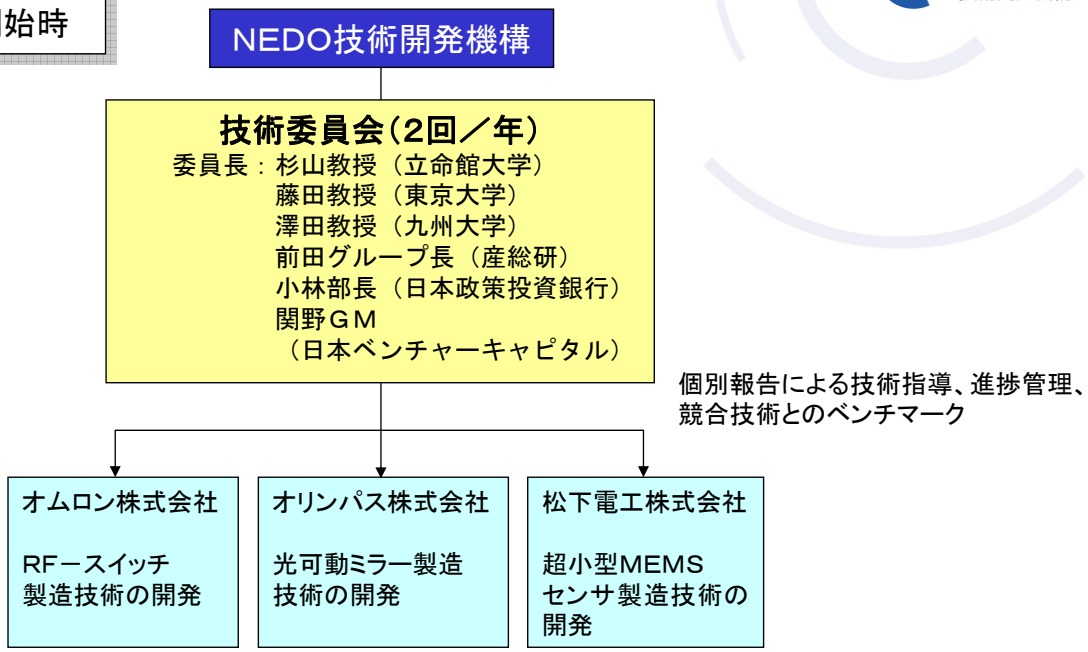


研究テーマ間に直接的な関連がないこと、個別の運営・管理が可能である点から、プロジェクトリーダは置かずNEDOが直接マネジメントを行う体制とし、運営管理体制の見直し、プロジェクト途中での事業追加、開発期間の延長等の企画立案、調整を行った

事業原簿 p.33

プロジェクト運営管理（プロジェクト開始時）

プロジェクト開始時



外部の専門家、有識者からなる技術委員会を設置し、
技術指導、進捗管理等を行った

事業原簿 p.33

情勢変化への対応

平成16年度技術委員会（平成16年6月23日開催）にて
委員のコメント：
ファンドリーがどこまで対応できるかの有効性については未知数。
↓
プロジェクト期間中に、ファンドリーの有効性検証を行うべき。

先進的でない従来技術による検証では、正確な課題は把握できない

具体的な検証方法

高度な製造プロセスを必要とする先進的なデバイス開発を、ファンドリーを活用して試作

基本計画変更

ファンドリーの問題点を抽出し、確実にファンドリー事業への成果反映を行う目的で、委託事業を平成17年1月から追加

事業原簿 p.34

委託事業の内容

【テーマ選定の考え方】 最先端の研究内容でファンドリーの有効性の検証と高度化をはかる。
→研究実績と高い技術的な知見および能力を有している3大学への委託事業とする。

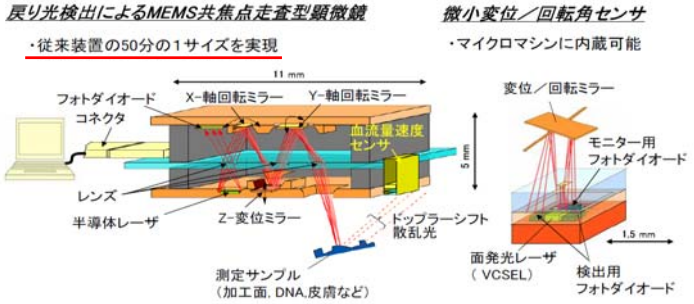
（4）MEMSデバイスの研究開発
（平成17年1月より）

スマートスキンの実現を目指すMEMSアレイ（東京大学）

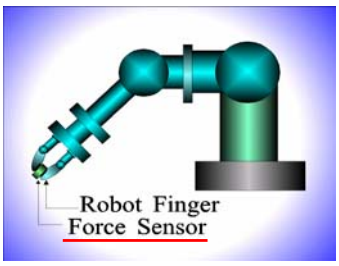
Sensors + Local data processing + Actuators
= in-site locarized control

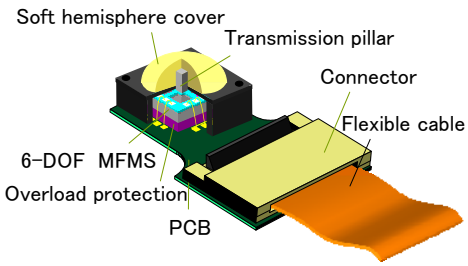
アレイ状のアクチュエータを持つ協調制御デバイス

マイクロ走査型顕微鏡（九州大学）



超小型6軸フォースセンサ（立命館大学）





指先触覚センサの構造図

事業原簿 p.31

実施体制（平成17年1月～）

【助成事業】

NEDO技術開発機構

助成率：1／2

- オムロン株式会社
  RF－スイッチ製造技術の開発
- オリンパス株式会社
  光可動ミラー製造技術の開発
- 松下電工株式会社
  超小型MEMSセンサ製造技術の開発

【委託事業】

NEDO技術開発機構

委託事業のミッション：
1. ファンドリーを活用して有効性を検証
2. 助成事業者との連携により、技術レベルの高度化を狙う

- 東京大学
  スマートスキンの実現を目指すMEMSアレイとその信号接続方法の研究
- 九州大学
  マイクロ走査型顕微鏡の研究開発
- 立命館大学
  超小型6軸フォースセンサの研究開発

事業原簿 p.35

プロジェクト運営管理（平成17年1月～）

平成17年1月～

NEDO技術開発機構

技術委員会
委員長：杉山教授（立命館大学）
藤田教授（東京大学）
澤田教授（九州大学）
前田グループ長（産総研）
小林部長（日本政策投資銀行）
関野ＧＭ
（日本ベンチャーキャピタル）

指導

- オムロン株式会社
  RF－スイッチ製造技術の開発
- オリンパス株式会社
  光可動ミラー製造技術の開発
- 松下電工株式会社
  超小型MEMSセンサ製造技術の開発

技術検討会

助成事業者
オムロン株式会社
オリンパス株式会社
松下電工株式会社

⇔

委託事業者
東京大学
九州大学
立命館大学

成果やノウハウを助成事業へ展開

情報の共有化

委託事業者が進捗を報告する技術検討会を新たに設置し、
情報の共有化によるMEMS技術の高度化を図る体制を導入した

事業原簿 p.35

研究開発スケジュールと予算

		平成15年度	平成16年度	平成17年度	平成18年度	
(1)RFスイッチ製造技術の開発		→	→	→		
(2)光可動ミラー製造技術の開発		→	→	→	→	※半年間延長
(3)超小型MEMSセンサ製造技術の開発		→	→	→		
(4)MEMSデバイスの研究開発			→	→		
年度別予算(百万円)						総額(3年間)
一般会計						
特別会計(高度化)	助成	591 (上期) 560 (下期)	1,765	1,306	26 ※前期からの繰越し分	4,248
	委託			86		86
総予算額(計)		1151	1,765	1,392	26	4,334

光可動ミラー製造技術の開発については、所望の角度制御性能を得るための新たな課題が発生
→期間を延長すれば対策可能と判断したため、半年間延長した

事業原簿 p.31

第3章　研究開発成果について

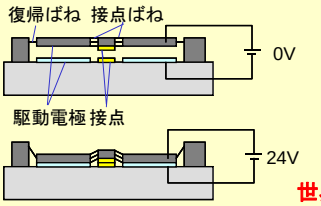
事業全体の成果

RFスイッチ（オムロン株式会社）

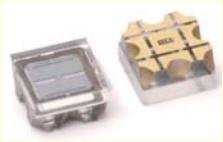
加工精度 :<1%

動作回数 :>10億回

パッケージ損失 :<0.1dB



RFスイッチチップの断面図

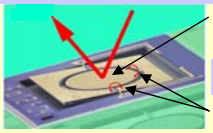


RFスイッチチップ写真

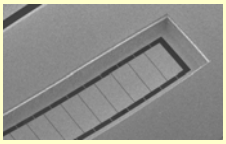
世界最高水準の耐久性を有するRFスイッチ製造技術を確立

光MEMS（オリンパス株式会社）

ミラー面の平坦性:<10nr　角度制御性:<2／1000度



光可動ミラーの拡大図



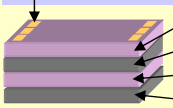
光可動ミラー部の拡大写真

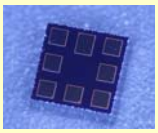
世界トップのミラー平面度と制御性能を有する微小ミラーデバイスを確立

センサMEMS（松下電工株式会社）

取り出し電極
貫通孔径:10μm
貫通孔長:＜500μm

常温接合
合わせ精度
:<±2μm





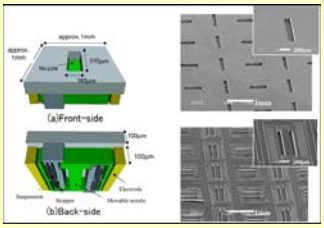
3軸加速度センサ

MEMS初のウエハレベルパッケージング一貫工程を確立

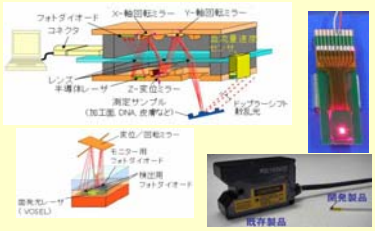
ファンドリーの活用

MEMSデバイスの研究開発

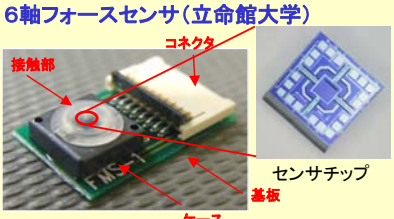
スマートスキン（東京大学）



マイクロ走査型顕微鏡（九州大学）



6軸フォースセンサ（立命館大学）



指先触覚センサ

事業原簿 p.37

デバイスの実用化に必要な製造技術を確立し、一部を除きファンドリーの有効性も検証できた

事業全体の成果

テーマ	目標	成果	達成度
（1）RFスイッチ製造技術の開発	・量産レベルで加工精度1%を実現する ・開閉回数10億回を達成する ・量産レベルでパッケージ損失0.1dB（@10GHz）を達成する	・ばらつきも含めて加工精度1%を達成するとともに、ファンドリーへの技術移転を行った ・接点固着防止技術固着の起きにくい金属材料とその製作プロセスを確立し、開閉回数10億回を達成した ・パッケージ損失0.09dB（@10GHz）実用性を確認した	○
（2）光可動ミラー製造技術の開発	ｉ）表面粗さ100μm角平方の面積に渡ってPV値で50nm以下 ii）ターゲットAデバイスミラーソリ量100μm角平方の面積に渡ってPV値で1.5nm以下 ターゲットBデバイスミラーソリ量がPV値で6nm以下 ・微小可動ミラーを2/1000度以下の精度で自由に角度制御する ・常温にて10^{10}回以上の駆動信頼性を実現する ・MEMSミラー及び空間光学系からなるモジュールを製作し、波長選択スイッチ（WSS）機能を実現する	ｉ）PV値で20nm以下のエッチングが可能となった ii）ターゲットA：そりが曲率で1m以上（ソリ量で1.5nm以下）、ターゲットBのミラーデバイスのそりが曲率20cm以上（ソリ量で1.5nm以下）となり目標を達成した ・ターゲットBミラーデバイスの試作評価を行い制御角度、ほぼ2/1000度の制御分解能を確認した ・ミラーデバイスのヒンジ材料、3種類のミラーの駆動信頼性評価を実施し、ほぼ10^{10}回以上の駆動信頼性があることを確認 ・MEMSミラー及び空間光学系からなるモジュールを製作し、波長選択スイッチ（WSS）機能を実証した	○
（3）超小型MEMSセンサ製造技術の開発	・貫通孔配線・電極 径10μm、深さ500μm ・低温接合：常温 ・アライメント精度±2μm ・低温実装：常温 ・小型バンプ：径30μm ・一貫工程構築し、超小型センサで検証 コスト1/2 パッケージ/チップ体積従来比1/10以下	・径10μm、深さ500μmの貫通孔配線電極を実現 ・表面活性化により、Siウエハ常温接合を実現 アライメント精度＜±2μm ・活性化フリップチップ工法により常温接合を実現 バンプ径30μm ・ウエハレベルパッケージングの一貫工程を構築し、コスト1/2を実現 ・加速度センサにおいて、パッケージ／チップ体積従来比＜1/10	○
（4）MEMSデバイスの研究開発	・スマートスキンの実現を目指すMEMSアレイとその信号接続方法の研究、マイクロ走査型顕微鏡の研究開発、超小型6軸フォースセンサの研究開発のデバイスの開発試作を完了する	スマートスキンの実現を目指すMEMSアレイとその信号接続方法の研究、マイクロ走査型顕微鏡の研究開発、超小型6軸フォースセンサの研究開発のデバイスの開発試作を完了した。	概ね○（一部において目標未達）

事業原簿 p.38

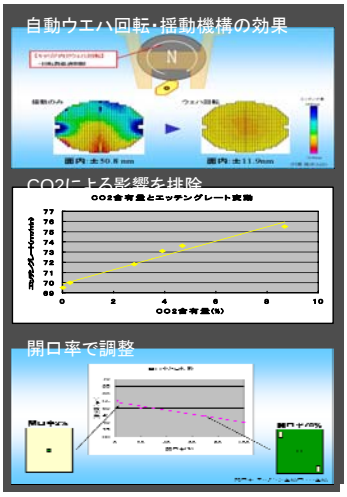
一部のファンドリーのアセンブリ精度不足を除き、目標を達成した

個別テーマの成果（1）

（1）RFスイッチ製造技術の開発（オムロン株式会社）

世界最高水準の耐久性を有するRFスイッチ製造技術を確立した。

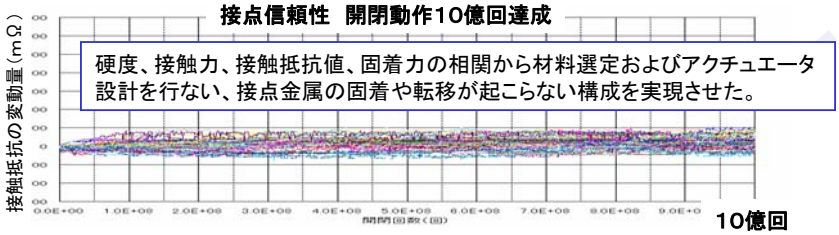
①信号線、接点用金属材料の膜厚精度および
アクチュエータの寸法精度1%以下の
高精度3次元加工技術



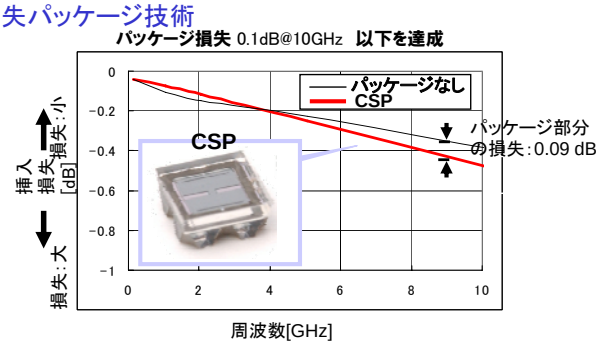
高精度絶縁膜成膜技術，高精度シリコン加工技術，高精度金属膜成膜技術，高速・高精度計測評価技術を取得し，　MEMS加工精度の能力を飛躍的に向上させた。

事業原簿 p. i -6,11,25

②接点の開閉回数10億回以上可能な接点固着防止技術



③パッケージの伝送損失を0.1dB以下(10GHz)に抑える
低損失パッケージ技術



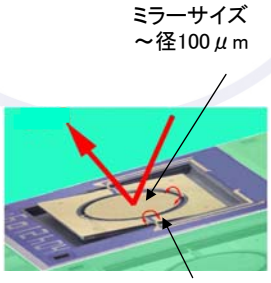
低損失パッケージ材データベース構築，低損失パッケージ設計技術を取得，MEMSスイッチ能力を充分引き出すパッケージを実現させた。

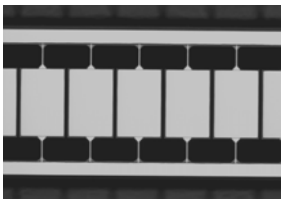
個別テーマの成果（2）

（2）光可動ミラー製造技術の開発（オリンパス株式会社）

**世界トップのミラー平面度と制御性能を有する微小ミラーデバイスと
それに必要なMEMS加工技術を確立した。**

研究項目	成果の意義
高精度3D加工技術開発	**世界トップのミラー平面度を有する**MEMS加工技術を獲得した。 これらの高精度加工技術は、今後、実用化を進める波長選択スイッチにとまらず、様々な光通信向けのMEMSへの応用、実用化を加速できると考えている。 また、MEMSファンドリーサービスへの適用を進めることにより、様々な高性能MEMSの実用化を加速し、産業に貢献すると考える。
高精度制御技術開発	微小ミラーデバイスにセンサ・IC集積化して、**世界トップの制御性能を実現した。** この成果は、光SW用のミラーデバイスへの適用だけではなく、広く光スキャナー用ミラーを高性能化に寄与できる技術である。例えば、ミラー角度を高精度にコントロールできると表示装置、等への応用展開が可能である また、極微小容量変化や抵抗変化を検出するアンプICを開発し、それらを小型実装する技術開発を行った。この成果は、様々な超小型センサMEMSモジュールを実現するための基礎技術を獲得したと考える。
信頼性・計測・評価技術開発	微小ミラーデバイスが最高10年、連続して使用されることが想定される光SWシステムを構成するモジュール、デバイスとして、充分信頼性があることを示しており、その他の様々な応用分野への応用を加速できると考える。
光ミラーアレイモジュール製作	微小光学部品と光MEMSを高精度に位置決め配置する波長選択スイッチモジュールの製作技術は、光SW以外の光MEMSを搭載する様々な製品へ応用することが可能であり、**幅広いMEMS+光学部品実装技術を獲得**できた。



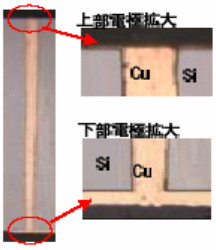
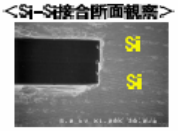
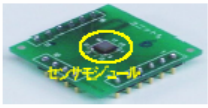


製作したMEMSミラーアレイ

個別テーマの成果（3）

（3）超小型MEMSセンサ技術の開発（松下電工株式会社）

全ての開発目標を達成し、MEMS初のウエハレベルパッケージング一貫工程を構築した。

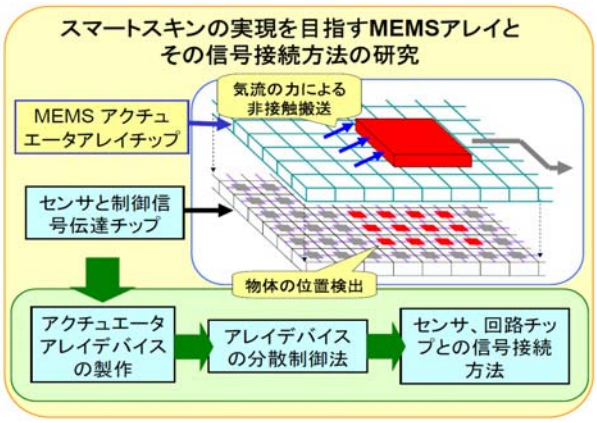
開発項目	①貫通孔配線・電極形成技術	②シリコンウエハ低温接合技術	③センサ・回路一体化実装技術	④MEMSウエハレベルパッケージング一貫工程の構築
目標	◇貫通孔配線・電極 ・径10μm ・深さ500μm	◇低温接合：常温 ◇アライメント精度：±2μm	◇低温実装：常温 ◇小型バンプ：径30μm	◇一貫工程構築し、超小型センサで検証 ・コスト1/2 ・パッケージ/チップ体積従来比1/10以下
開発成果	◆径10μm深さ500μmの貫通孔配線電極を実現 ◆実センサに応用展開し、センサの動作を確認 <貫通配線・電極観察>  	◆表面活性化によりSiウエハ常温接合を実現 ・アライメント精度＜±2μm ◆実センサに応用展開し、センサの動作を確認 <接合界面観察> <Si-Si接合断面観察>  	◆活性化フリップチップ工法により常温接合を実現 ・バンプ径30μm ◆実センサに応用展開し、センサの動作を確認 <小径スタッドバンプ> <Au-Au接合断面観察> 	◆ウエハレベルパッケージングの一貫工程を構築し、コスト1/2を実現 ◆加速度センサ ・パッケージ/チップ体積従来比＜1/10 <加速度センサモジュール> 
特許	１１件	１３件	１８件	４０件（外国出願６件）
発表（論文）	１件 （１件）	１件 （１件）	３件 （２件）	０件
達成度	◎	◎	◎	◎

事業原簿 p.iii -2

個別テーマの成果（4）

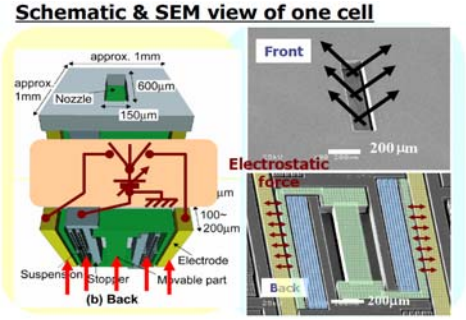
（4）MEMSデバイスの研究開発

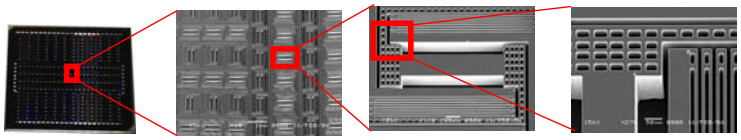
スマートスキン（東京大学）



研究項目	目的	目標	成果	達成度
（1）アクチュエータアレイデバイスの製作	アクチュエータアレイデバイスの製作をファンドリーを用いて行い、その有効性を検証する。	シリコンのバルク加工で500個以上のアクチュエータを持つデバイスを10個以上作製する。	**気相フッ酸犠牲層エッチング技術をファンドリー企業に技術移転**し、製作歩留まりを向上した。**560個のアクチュエータを持つ17個のチップを作製**した。	○
（2）アレイデバイスの分散制御法	センサ・アクチュエータ集積システムの分散制御を実現する。	アクチュエータアレイデバイス上の物体の位置を検出し、それを動かす分散制御を実現する。	**搬送物体のエッジの検出**および**エッジへのエアーフロー印加**という、分散フィードバック制御を実現した。	○
（3）センサ、回路チップとの信号接続法	最低限の配線数による信号接続法を確立する。	高電圧制御用ICチップをアクチュエータアレイと集積し、信号線を接続する。	LSIをMEMSチップ中に埋め込む**ドロップイン集積化手法でICチップを一体化**し、ワイヤーボンディングで信号線を接続できた。	○

Schematic & SEM view of one cell





ファンドリーにより製作したアクチュエータアレイデバイス

気相フッ酸犠牲層エッチング技術をファンドリー企業に技術移転し、製作歩留まりを向上した。
560個のアクチュエータを持つ17個のチップを作製し、分散制御動作に成功した。

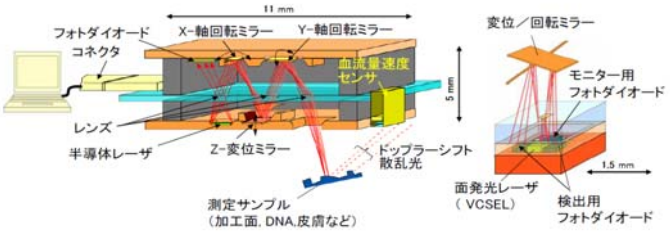
個別テーマの成果(5)

(4)MEMSデバイスの研究開発
マイクロ走査型顕微鏡(九州大学)

提案したマイクロ走査型顕微鏡の概要

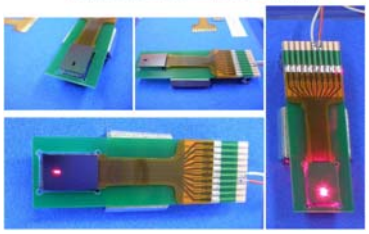
戻り光検出によるMEMS共焦点走査型顕微鏡
・従来装置の50分の1サイズを実現

微小変位／回転角センサ
・マイクロマシンに内蔵可能



ファブリケーション企業： 横河電機、オリンパス、沖電気工業サイバーファーム、ニコン、アルバック

試作したマイクロ走査型顕微鏡



マイクロ変位センサの既存製品との比較

	既存製品	開発製品	
測定距離	2 mm	1.8 mm	0.4 mm
精度(分解能)	20 nm	30 nm	20 nm

デバイス特性とファブリケーション評価結果

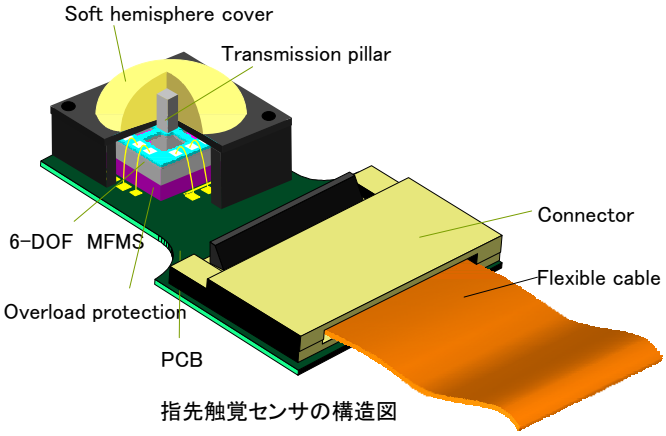
評価項目		デバイス特性ならびにファブリケーション工程	結果判定 (○：良い　×：悪い)
総合的評価		映像の検出走査型顕微鏡	×
		変位/ミラー回転検出センサ	○
		血流量検出	×
デバイス単体での評価	走査型顕微鏡本体	シリコンミラー基板ファブリケーション	○
		LD，PD実装	○
		レンズガラス基板	○
		PD、ミラー駆動回路、制御回路などの電気回路	○
		血流量センサ	○
		個別基板（光学素子）の高精度アセンブル（組み立て）	×
		サンプル作製	○
	変位センサ	光素子、シリコン枠、シリコンベース、ガラスカバーなどのボンディング	○
		貫通穴電極	○
	血流量センサ	受光部	○

ファンドリーを用いた個々の部品についての達成度は満足し、変位/回転センサの製品化を軌道に乗せることができたものの、最終形態であるマイクロ走査型顕微鏡システムとしては、アセンブリの精度不足により、当初の目標は未達成である。

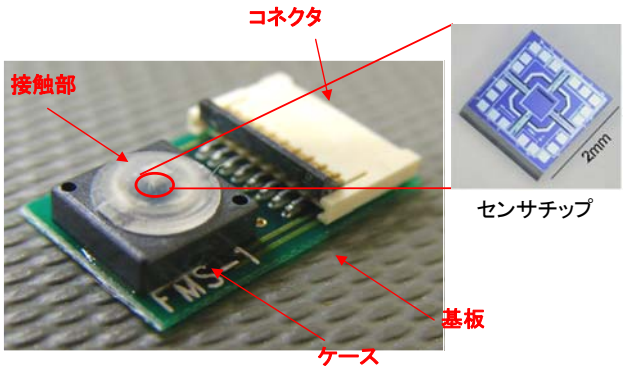
個別テーマの成果(6)

(4)MEMSデバイスの研究開発
6軸フォースセンサ(立命館大学)

研究項目	目的	目標	成果	達成度
MEMS技術を用いた小型多軸フォース・モーメントセンサの開発	ロボットハンドの指先に搭載可能な柔軟接触部を有する指先触覚センサを開発する。	MEMSファウンドリーを活用し、**3mm角以下の多軸フォースセンサチップ**および**装着容易なパッケージ構造を持った触覚センサ**の実用化開発を行う。	MEMSファウンドリーを活用し、**2mm角**の6軸フォース・モーメントセンサチップおよび**装着容易なパッケージ構造を持った4成分検出可能触覚センサ**を開発した。また、センサ高度化への課題を明らかにできた。	4成分検出、チップ寸法2mm角、センシング部のパッケージ寸法5mm(W)×5mm(L)×3.3mm(T)となり、目標を達成した。



指先触覚センサの構造図



製作した指先触覚センサの全体写真

実装まで含めた試作にファンドリーを活用し、センサチップ試作数1000個、実装数250個の指先触覚センサの開発に成功した。

個別テーマの成果(7)

(4)MEMSデバイスの研究開発

ファンドリーの有効性検証結果まとめ

	ファンドリー委託先	結果	課題
スマートスキンの実現を目指すMEMSアレイとその信号接続方法の研究	1社	・**気相フッ酸犠牲層エッチング技術をファンドリー企業に技術移転**した。 ・560個のアクチュエータを持つ17個のチップを作製し、問題なく動作することを確認した。これにより、ファンドリーの有効性が確認された。	・プロセス条件の最適化に時間を要した。 (試作回数:計画2回→実績1回) →現在NEDOプロジェクトとして開発中の**MEMS-Oneに本プロセスを取り込み、ファンドリーの標準化ツールとして活用**したい。
マイクロ走査型顕微鏡の研究開発	5社	・個々の部品についての達成度は満足したが、最終形態であるマイクロ走査型顕微鏡システムとしては、アセンブリの精度不足により、所望の性能が得られなかった。 ・特定の工程においてファンドリーの有効性が確認された。	・**高精度アセンブリの技術力向上が必要**。 ・プロセスを補完できるファンドリー企業間のネットワークが必要。 →MEMS協議会等にも働きかけ、MEMSファンドリーサービスの更なる充実を目指す。
超小型6軸フォースセンサの研究開発	1社	・**実装まで含めた試作にファンドリーを活用**し、センサチップ試作数1000個、実装数250個の指先触覚センサの開発に成功した。 ・ファンドリーの有効性が確認された。	プロセス条件の最適化に時間を要した。 (試作期間:計画4ヶ月→実績6ヶ月強) →上と同様、MEMS-Oneの知識データベースの開発と活用を図り、**標準プロセスの整備**等につなげていく。

概ねファンドリーの有効性が確認された。
課題として、プロセス条件の最適化に伴う試作の遅延、
高精度アセンブリの技術力向上の必要性を浮き彫りにした。

特許出願数および成果発表数

- 論文等誌上発表数　:77件(うち海外発表26件)
- 特許出願数　:104件(うち外国出願9件)
- 報道数　:51件

	論文等誌上発表(論文誌、学会誌、国際会議)		特許		報道(新聞、雑誌等)
	国内	海外	国内	海外	
(1)RFスイッチ製造技術の開発	15	4	7	3	20
(2)光可動ミラー製造技術の開発	24	0	4	0	19
(3)超小型MEMSセンサ製造技術の開発	5	4	82	6	9
(4)MEMSデバイスの研究開発	7	18	2	0	3
計	51	26	95	9	51
合計	77		104		51

成果の普及活動

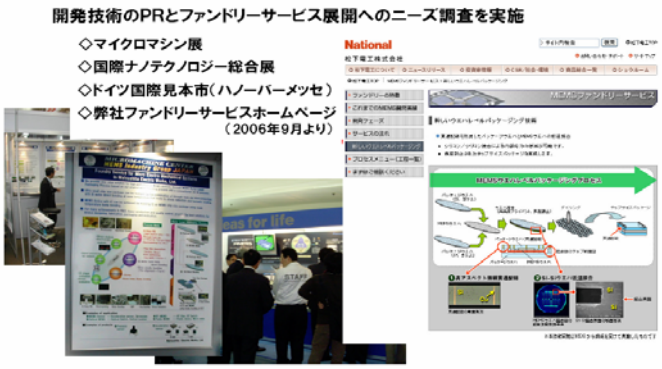
'04 マイクロマシン展

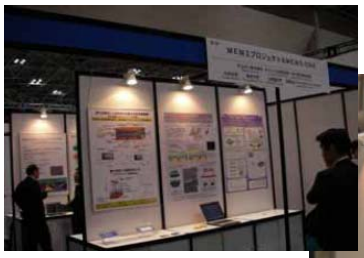
'05 愛・地球博
NEDOﾊﾟﾋﾞﾘｵﾝ展示

'05 ハノーバメッセ

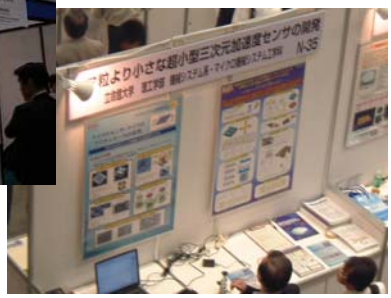
FOE2005

社外MEMSセミナー





nano tech 2006



'06 マイクロマシン展

普及活動の一環として、展示会等にのべ39件の展示、PRを行った

第4章　実用化・事業化の見通しについて

実用化・事業化の見通し（1）

（1）RFスイッチ製造技術の開発（オムロン株式会社）

研究 ▶ 魔の川 ▶ 開発 ▶ 死の谷 ▶ 事業化 ▶ ダーウィンの海 ▶ 産業化

出典 「技術経営の考え方」出川 通 光文社新書より

魔の川を渡る（完了）

■ NEDO－PJ ■
・RFスイッチの優れた
　　高周波特性を実現
・世界トップの
　　10億回の開閉を達成

死の谷を渡る仮説

■ ATE（automatic test equipment）市場 ■
・高速化されるシステムLSI，メモリ用のテスタに，
小型・高信頼を実現するRFスイッチが必須

ダーウィンの海を渡る仮説

■ 携帯市場 ■
・次世代携帯はマルチバンド化が進展。
送信回路の大型化抑制のため
小型・広帯域・低損失の
RFMEMSスイッチが望まれる
・巨大市場

実用化・事業化の見通し（2）

（2）光可動ミラー製造技術の開発（オリンパス株式会社）

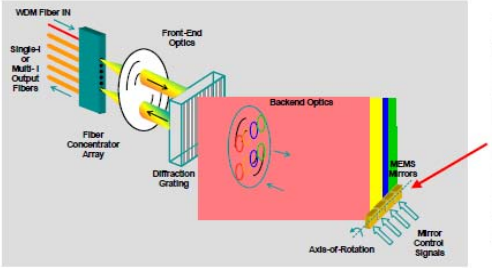
OLYMPUS

◆＜実用化、事業化の見通し＞

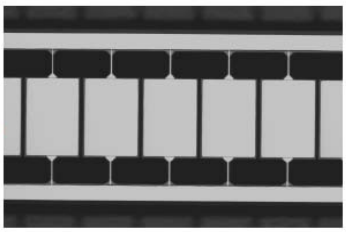
光通信向けモジュール事業
（市場状況とMEMS方式波長選択スイッチへの期待）

光通信市場向けの光MEMSデバイスは最近、再び話題になり、市場も活発に推移している。
MEMSによるVOAデバイスが製品化され、メトロ系光通信市場は活発になってきており、特に安価で柔軟なネットワーク運用を可能にするReconfigurable性をMEMSにより実現できると大いに期待されている。

波長選択SWモジュール



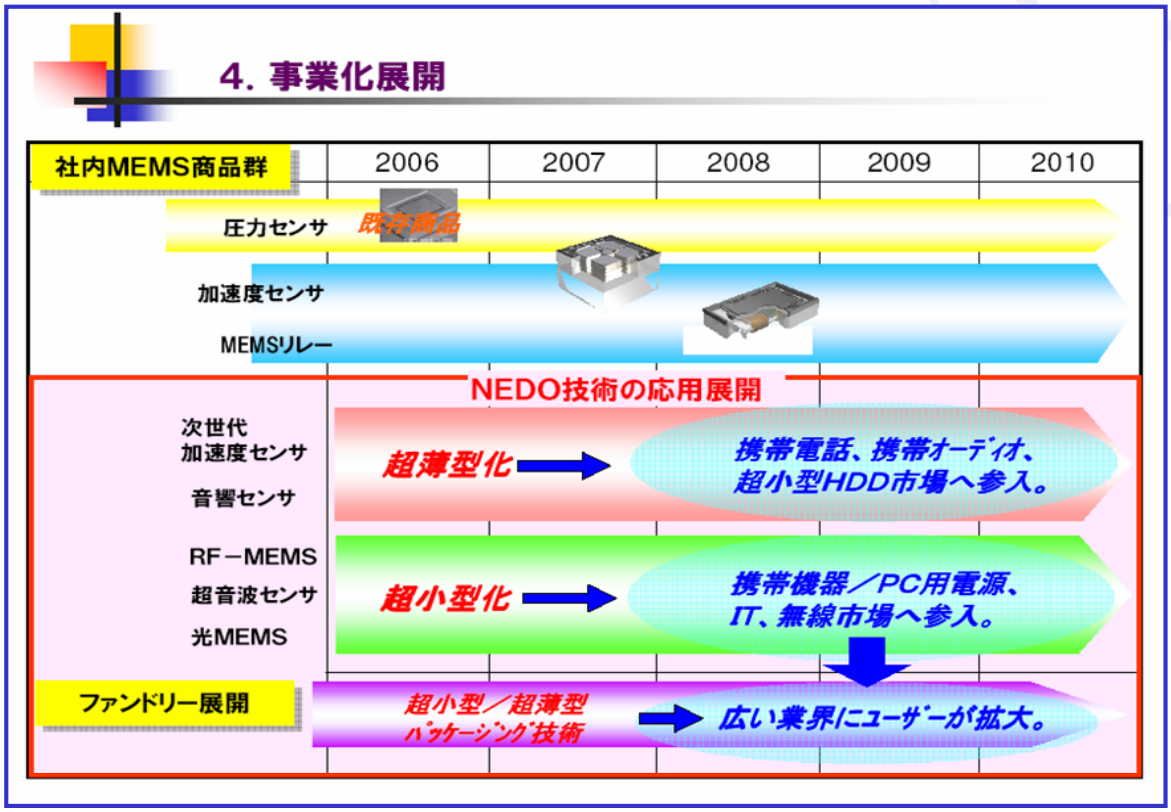
波長選択SW原理図



MEMSミラーアレイ

実用化・事業化の見通し(3)

(3)超小型MEMSセンサ技術の開発(松下電工株式会社)



以 上