

ロボット・新機械イノベーションプログラム基本計画

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. 政策的位置付け

○科学技術基本計画（2006年3月閣議決定）

ロボット・新機械技術は、特に重点的に研究開発を推進すべき分野（重点推進4分野）の一つである情報通信分野や、推進分野であるものづくり技術分野、社会基盤分野に位置付けられている。

○「経済成長戦略大綱」（2006年7月財政・経済一体改革会議。2007年6月改定版を経済財政諮問会議に報告）

産学官連携による世界をリードする新産業群の一つとして位置付けられ、次世代ロボット市場の拡大に向けて、サービスロボット市場の整備、ロボットの認識技術の開発等必要な取組を継続することとしている。

またITによる生産性向上と市場創出のためのIT革新を支える産業・基盤の強化技術として、新機械技術の重要分野であるMEMS技術の重要性が位置付けられている。

○「新産業創造戦略」（2005年6月経済産業省取りまとめ）

先端的新産業分野として、「ロボット」を戦略7分野の一つとして掲げ、2010（平成22年）までの市場規模、その成長に向けたアクションプログラムを盛り込んでいる。当該アクションプログラムには、ユーザ（施設、地域）を巻き込んだ実証試験を中心としたモデル開発事業による先行用途開発、モデル事業と連携した重要な要素技術や共通インフラ技術の開発支援、及び人間とロボットの共存に必要な安全性の確保と、保険制度等の制度基盤の整備が提示されている。

新機械技術の重要分野であるMEMS技術について、当該新産業群の創出を支える重点四分野（「科学技術基本計画」による）の分野間の融合による推進が指摘されている。

○「イノベーション25」（2007年6月閣議決定）

ロボット・新機械技術は、生涯健康な社会や多様な人生を送れる社会の実現に向けて、中長期的に取り組むべき課題として、新たな走行車等の普及促進のための環境整

備、高度みまもり技術導入のためのルール作りなどの安全・安心な社会形成、また、ユビキタスネットワークや民生用ロボットの本格普及に向けた環境整備、低侵襲診断・治療技術の実現、安全・安心な社会のための将来デバイスの実現、さらに世界的課題解決に貢献する社会のための新しいものづくり技術など、今後の研究開発の進展等によって、その成果を社会に適用していく上で取組が必要であるとともに、随時見直しをし、その取組を加速・拡充していくことが必要とされている。

○「ロボット政策研究会」（２００６年５月経済産業省取りまとめ）

ロボットを実際に市場に導入するための政策の強化、ロボットが現実に使われることを想定した安全性の確保、及び具体的な用途を想定したロボット技術の開発の推進を検討の視点として、これら課題への対応の方向性をまとめた。

3. 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、パイオ技術やIT技術等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。
- (2) 安全・安心な社会、便利でゆとりある生活の実現のために不可欠なロボットは、信頼性技術、高機能化・知能化技術、システム化技術が特に重要であり、これら技術を開発することで、２０１５年頃には、自律的に多様な作業を行うロボットの実用化を目指す。

4. 研究開発内容

[プロジェクト]

I. ロボット技術開発

- (1) 基盤ロボット技術活用型オープンイノベーション促進プロジェクト（運営費交付金）

①概要

これまでの研究開発プロジェクトの成果を活用し、生活環境やロボットで使用される各種要素部品をRT(Robot Technology)システムで利用しやすい共通の接続方式、制御方式の下で利用可能な形で提供(RTコンポーネント化)するための基盤を開発する。これにより既存の生活環境を簡単にRTシステム化し、それらを活用することにより様々な生活支援機能の提供、基盤ロボット技術の普及と標準化を推進する。

②技術目標及び達成時期

２０１０年度までに、共通の通信インタフェースとRTミドルウェアで動作させる基盤通信モジュール、既存の要素部品をRTコンポーネント化したRT要素部品、それらを用いたRTシステムを開発する。

③研究開発期間

２００８年度～２０１０年度

- (2) 次世代ロボット知能化技術開発プロジェクト（運営費交付金）

①概要

生活空間や多品種少量生産の製造現場など状況が変わりやすい環境下では、ロボットの使用条件や用途は大きく限定されている。これを克服するため、ロボットが確実性（ロバスト性）をもって稼働し、ロボットの環境・状況認識能力等の向上とともに、ロボットの知能要素をモジュール化し、その蓄積管理及び組合せ等を可能とする技術を開発する。

②技術目標及び達成時期

2011年度までに、次世代ロボットが高度な作業（タスク）を行う上で必要な効率的で実用的な知能化技術を開発する。具体的には、魅力的でニーズが高いタスクを設定し、知能化技術モジュールを開発し、高機能なロボットシステムの構築を実証する。

③研究開発期間

2007年度～2011年度

(3) 戦略的先端ロボット要素技術開発プロジェクト（運営費交付金）

①概要

市場ニーズ及び技術戦略マップに基づき、約10年後にロボット技術の活用により達成するミッションを設定した上で、これを達成するために必要なロボットシステム及び要素技術開発を、関係府省の連携の下で実施する。

②技術目標及び達成時期

市場ニーズ及び技術戦略マップに基づき、約10年後にロボットを活用して達成するミッションを設定した上で、これを達成するために必要なロボットシステム及び要素技術の開発を実施する。具体的かつ先端的なR T開発を支援することで、我が国のR T競争力の維持・発展を図るとともに、研究開発成果の他分野（自動車、情報家電等）への波及を図る。

③研究開発期間

2006年度～2010年度

II. MEMSの技術開発・新機械産業の領域開拓

(1) 高集積・複合MEMS製造技術開発プロジェクト（運営費交付金）

①概要

従来個別に開発されてきた各種センサならびに通信用デバイスについて、MEMS（Micro Electro Mechanical Systems）製造技術を用いて一体形成、高集積化、ナノ機能付加することで、小型・省電力・高性能・高信頼性のMEMSデバイスを製造する技術を開発する。

②技術目標及び達成時期

2008年度までに、以下の開発を行う。

- ・MEMS／半導体の一体形成技術の開発
- ・MEMS／MEMSの高集積化技術の開発
- ・MEMS／ナノテク機能の複合技術の開発

③研究開発期間

2006年度～2008年度

(2) 異分野融合型次世代デバイス製造技術開発プロジェクト

①概要

高信頼性が必要な医療分野や特殊環境等で活用され、医療や安全・安心等の社会的課題を解決する、小型・高性能・省エネルギーな次世代デバイスの基盤プロセス技術を、MEMS製造技術とナノ・バイオ等の異分野技術の融合により開発する。

②技術目標及び達成時期

2012年度までに、次世代デバイス製造に必要な不可欠な基盤プロセス技術群である、バイオ・有機材料融合プロセス技術、3次元ナノ構造形成プロセス技術、マイクロ・ナノ構造大面積・連続製造プロセス技術を開発すると共に、得られた知見を系統的に蓄積しデータベース化し、従来の技術情報と統合的に取り扱える知識データベースシステム整備を行う。

③研究開発期間

2008年度～2012年度

Ⅲ. 分析機器産業の技術開発支援

(1) 高度分析機器開発実用化プロジェクト

①概要

燃料電池・情報家電・ナノテクといった先端新産業において、材料解析・性能評価・品質管理等で必要とされる超微量・超低濃度試料の分析技術や機器の開発を行う。これら産業化の各フェーズに適した分析技術を開発することにより、先端新産業の事業化や製品の高付加価値化を図る。

②技術目標及び達成時期

2010年度までに希ガスイオン源を搭載した集束イオンビームの開発、低加速・高分解能・高感度の元素分析用顕微鏡の開発、超微量試料用分離・分析技術の開発を行う。

③研究開発期間

2006年度～2008年度

5. 政策目標の実現に向けた環境整備（成果の実用化、導入普及に向けた取組）

〔実用化・導入普及促進〕

ロボットやその関連部品等の見本市の開催等を支援することによって、システム開発者、要素部品の開発者、ロボットユーザ等とのマッチングを図り、中小・ベンチャーや異業種企業のロボット産業への参入を促進する。

また、市場創出に貢献するロボットを表彰し、ロボットユーザ、メーカーから一般の方まで広くPRする表彰制度「今年のロボット」大賞を共催機関と協力して実施している。

開発したソフトウェア等の成果については、広く一般に提供するなど積極的な普及を図ることにより、より多くの開発主体がロボット技術開発に参加できる環境を創出し、ロボット技術開発の裾野の拡大を図る。

将来のロボットは人に接する場面が多くなるであろう。したがって、ロボットの導入・普及を促進するためには、安全に対する考え方を整理し、周知することが重要で

ある。平成19年7月には人間と共存する次世代ロボットの安全性を確保するための基本的な考え方をまとめた「次世代ロボット安全性確保ガイドライン」をとりまとめた。今後は、普及や具体化に向けた取組みが求められており、技術開発と並行して安全に係るルールなどの整備を推進することで普及をより現実化させることが必要である。

MEMSの一層の実用化促進を図るため、異分野や製造設備を有していない企業でも容易にMEMSビジネスに参入できるように、MEMS用設計・解析支援システムを開発した。その成果を活用しつつ、実習を中心とした人材育成及び試作環境の充実、製造拠点（ファンドリー）強化などMEMS産業全体の競争力の維持・強化を図る。

〔標準化〕

各プロジェクトで得られた成果のうち、標準化すべきものについては適切な標準化活動（国際規格（ISO/IEC）、日本工業規格（JIS）、その他国際的に認知された標準団体（OMG等）への提案等）を実施する。

特に、ロボットの安全基準や性能の評価基準については、過去に実施した研究開発プロジェクト等による実証データや「次世代ロボット安全性確保ガイドライン」の活用を図りつつ我が国発の国際標準としての提案について検討し、拡大するロボット市場における国際競争力の確保を目指す。

なお、これまでの研究施策の成果である、ロボット部分品の接続の共通化を目指したRTM（ロボット・テクノロジー・ミドルウェア）が、OMG（ソフトウェア技術の国際標準化団体）において、平成19年12月に標準仕様として採択されている。

MEMS技術・製品を世界市場に広く普及するために技術戦略マップに基づくMEMS標準化戦略の策定、国際規格案の開発、提案、推進等の標準化活動に継続的に取り組む。

6. 研究開発の実施に当たっての留意事項

事業の全部又は一部について独立行政法人の運営費交付金により実施されるもの（事業名に（運営費交付金）と記載したもの）は、中期目標、中期計画等に基づき、運営費交付金の総額の範囲内で、当該独立行政法人の裁量によって実施されるものである。

7. 改訂履歴

- (1) 平成14年2月28日付け、21世紀ロボットチャレンジプログラム基本計画制定。
- (2) 平成15年3月10日付け制定。21世紀ロボットチャレンジプログラム基本計画（平成14・02・25産局第3号）は、廃止。
- (3) 平成16年2月3日付け制定。21世紀ロボットチャレンジプログラム基本計画（平成15・03・07産局第11号）は、廃止。
- (4) 平成17年3月31日付け制定。21世紀ロボットチャレンジプログラム基本計画（平成16・02・03産局第16号）は、廃止。
- (5) 平成18年3月31日付け制定。21世紀ロボットチャレンジプログラム基本計画（平成17・03・25産局第18号）は、廃止。
- (6) 平成19年4月2日付け制定。21世紀ロボットチャレンジプログラム基本計画

- (平成18・03・31産局第7号)は、廃止。
- (7)平成14年2月28日付け、新製造技術プログラム基本計画制定。
- (8)平成15年3月10日付け制定。新製造技術プログラム基本計画(平成14・02・25産局第6号)は、廃止。
- (9)平成16年2月3日付け制定。新製造技術プログラム基本計画(平成15・03・07産局第9号)は、廃止。
- (10)平成17年3月31日付け制定。新製造技術プログラム基本計画(平成16・02・03産局第11号)は廃止。
- (11)平成18年3月31日付け制定。新製造技術プログラム基本計画(平成17・03・25産局第5号)は、廃止。
- (12)平成19年4月2日付け制定。新製造技術プログラム基本計画(平成18・03・31産局第6号)は、廃止。
- (13)平成20年4月1日付け、ロボット・新機械イノベーションプログラム基本計画制定。21世紀ロボットチャレンジプログラム基本計画(平成19・03・15産局第2号)及び新製造技術プログラム基本計画(平成19・03・19産局第3号)は、本イノベーションプログラム基本計画に統合することとし、廃止。

(ロボット・新機械イノベーションプログラム)
「高集積・複合MEMS製造技術開発プロジェクト」基本計画

機械システム技術開発部

1. 研究開発の目的、目標及び内容

(1) 研究開発の目的

我が国には、材料産業や機能性部品産業といったものづくり産業を基盤とした「高度部材産業集積」があり、これが、我が国の製造業の国際競争力を支えてきた。新産業創造戦略にも指摘があるように、我が国がこうした高度部材産業集積を形成していることが、ものづくりに不可欠な要素技術（精密微細加工や特殊素材合成等）のネットワーク化を通じた、迅速かつ高度な摺り合わせを実現してきたといえる。また、川下（最終製品）、川中（材料・部品・装置）、川上（素材、原材料）の分厚い産業集積に育まれた摺り合わせのネットワークが、新技術の素地となり、次のイノベーションにつながってきたのである。他方、近年、韓国、中国、台湾を初めとする東アジア諸国の技術力向上を背景として、製造技術における国際競争が、ますます激化している。

こうした中、経済面では、我が国の景気は、一部に弱い動きが見られるものの、総じて見れば、緩やかに回復しつつあり、一部の製造業は生産を伸ばしてきている。特に自動車や輸送機械、一般機械、電子部品・デバイスなどの産業が好調に推移している。しかしながら、製造業の中核の一つである電子部品・デバイス産業は、その業績が半導体や液晶の景気サイクルに左右されがちであるとともに、先端技術であるが故に国際的開発競争が熾烈であり、先行きが不透明等、予断ならない状況にある。また、電子部品・デバイス産業は高性能機械の重要な構成要素であることから、同産業の業績が、我が国製造業の今後の業況に大きな影響を及ぼしうると考えられる。

近年の電子部品・デバイスの小型化・高性能化に大きく寄与している技術が、MEMS (Micro Electro Mechanical Systems: 微小電気機械システム) である。MEMSとは、微細な電気要素と機械要素を一つの基板上に組み込んだ部品をいい、半導体製造技術やレーザー加工技術等各種の微細加工技術を用いて製造される。情報通信、医療・バイオ、自動車など多様な分野における小型・高精度で省エネルギー性に優れた高性能のキーデバイスとして期待されている。このため、「技術戦略マップ」においても、MEMSは、我が国製造業の「川中」の一角をなす基幹部品の国際競争力強化等の観点から、重要な分野と位置づけられている。

現在、MEMSが既に実用化されている自動車用のセンサやインクジェットプリンタヘッドでは日本企業が健闘しているものの、光MEMSやバイオMEMSの分野では欧米企業が一部先行しており、今後成長が期待されるMEMS産業の国際競争力を確保するためには、製造技術の一層の高度化（高集積化・複合化）によりMEMSの更なる小

型化・高性能化を図ることが必要である。実際、欧米の一部では、既に、従来型のMEMSにLSI演算処理回路を集積したり、MEMS間を結合する高集積・複合MEMSの開発が着手されており、研究開発促進の時期を逸すると、MEMS関係市場（2010年で国内市場1.35兆円）を海外メーカーに席卷されるおそれがある。

このため、MEMSの「技術戦略マップ」を踏まえ、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・集中的に取り組むべく、本事業を行う。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。

(2) 研究開発の目標

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（別紙）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。

(3) 研究開発の内容

上記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。詳細は、別紙の研究開発計画に基づく。

1) 助成事業

以下の研究開発項目のうち、実用化技術開発については助成率1/2以下の助成事業とする。

- ①MEMS／ナノ機能の複合技術の開発
- ②MEMS／半導体の一体形成技術の開発
- ③MEMS／MEMSの高集積結合技術の開発

2) 委託事業

本プロジェクトは、助成事業を基本とするが、広くMEMS産業に普及することが望ましい基盤技術については委託事業として実施する。詳細は、別紙の研究開発計画に基づく。

- ①MEMS／ナノ機能の複合技術の開発
- ②MEMS／半導体の一体形成技術の開発
- ③MEMS／MEMSの高集積結合技術の開発
- 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

2. プロジェクトの実施方式

(1) 研究開発の実施体制

本研究開発は、N E D O技術開発機構が、単独ないし複数の原則、本邦の企業、研究組合、公益法人等の研究機関（原則、国内に研究開発拠点を有していること。ただし、国外企業の特別な研究開発能力、研究施設等の活用あるいは国際標準獲得の観点からの国外企業との連携が必要な場合はこの限りではない。）から公募によって研究開発実施者を選定し実施する。

本研究開発において、N E D O技術開発機構が主体となっていくべき基礎的・基盤的研究開発であると判断される研究開発内容に示した2)の事業は委託により実施し、市場化に向けた産業界の具体的な取り組みが示されるべき実用化研究開発であると判断される研究開発内容に示した1)の事業は助成（助成率1／2）により実施する。

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N E D O技術開発機構が委託先決定後に指名する研究開発責任者（プロジェクトリーダー等）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N E D O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、必要に応じて設置される技術検討委員会等における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. 研究開発の実施期間

本研究開発の期間は、平成18年度から平成20年度までの3年間とする。

4. 評価に関する事項

N E D O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21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

①成果の普及

得られた研究開発の成果については、特に委託事業分を重点的にデータベース化するとともに、MEMS用設計・解析支援システム開発プロジェクトで開発が行われている

MEMS用設計解析支援システムに付加して、MEMS産業界に公開し広く普及する。

②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提供、標準情報（TR）制度への提案等を積極的に行う。

③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号及び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3号に基づき実施する。

6. 基本計画の改訂履歴

- （1）平成18年3月、制定。
- （2）平成19年5月、研究開発項目「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）平成20年7月、イノベーションプログラム基本計画制定により改訂。

(別紙) 研究開発計画

研究開発項目①「MEMS／ナノ機能の複合技術の開発」

1. 研究開発の必要性

- (1) MEMSデバイスの高度化に係わる開発の進展の中で、従来の高機能化では限界に直面し、実用のレベルに達しないという問題が生じているケースが見られている。また、デバイスの小型化に際してデバイスに付与すべきセンシング機能や機械的接点の高信頼性化機能などに著しい性能向上が必要となっている。
- (2) 昨今のナノテクノロジーの研究成果は主に材料分野に見られてきた。その中で、カーボンナノチューブ（CNT）やバイオ系材料の基本特性の解明に伴うデバイスへの適用に萌芽が見られてきている。また、MEMSデバイスに関する新たな製造方法の研究からナノ機械構造体やナノ材料の選択的形成による機能の獲得の可能性が増大している。
- (3) 本研究開発項目は上記を踏まえ、選択的ナノ機械構造体形成技術、バイオ材料の選択的修飾技術、ナノ材料の選択的形成技術、ナノ機能を組み込んだMEMSデバイスの製造技術を開発することにある。

2. 研究開発の具体的内容

(1) 選択的ナノ機械構造体形成技術 【委託事業】

リソグラフィー、エッチングや表面修飾などによってできる、波長オーダー以下のナノ機械構造体やその動きが、MEMSの光学的な特性を大きく変える可能性があるため、センサや表示デバイスとしての利用が期待されている。機能を発揮するに十分な加工精度と低加工損傷性をもつナノ機械構造体を所定の領域に選択的に形成する技術、ナノ機械構造体の解析および発現した特性を評価する技術を研究開発するとともに、MEMSデバイスへの適用の可能性を示す。

(2) バイオ材料（タンパク質など）の選択的修飾技術 【委託事業】

MEMS基板上において、生体を利用、または模倣したセンシング技術の実現を目指し、改変されたタンパク質などのバイオ材料を所定の領域に選択的に修飾する技術および微細加工プロセスとの融合技術を研究開発するとともに、MEMSセンシングデバイスへの適用の可能性を示す。

(3) ナノ材料（CNTなど）の選択的形成技術 【委託事業】

CNTに代表されるナノ材料の持つ柔軟性、導電性、耐摩耗性、耐食性、低摩擦係数、強靱性などの優れた機能をMEMSデバイスに応用することを目的に、構造制御されたナノ材料（CNTなど）の形成技術、それを所定の領域に選択的に形成する技術および欠陥制御技術を研究開発するとともに、MEMSデバイスへの適用

の可能性を示す。

(4) ナノ機能を組み込んだMEMSデバイスの製造技術 【助成事業】

従来よりも優れた機能を発揮するRF-MEMS等のMEMSデバイスを実現するために、上記(1)、(2)または(3)の選択的にナノ機能を発現する修飾、形成プロセスも含めたMEMSデバイス製造の一貫プロセスを開発する。

3. 達成目標

(1) 選択的ナノ機械構造体形成技術

L/S: 50 nm以下、縦方向: 80 nm以上、可動部を擁する場合は150 nm以下のギャップを保持するナノ機械構造体を所定の領域(位置精度: $\pm 1 \mu\text{m}$ 以下)に選択的に形成できる技術を確認するとともに、それがナノ機能を発現することを示す。さらに、構造体の形状・寸法やその動きと発現するナノ機能の関係も明確にする。

(2) バイオ材料(タンパク質など)の選択的修飾技術

2種類以上のバイオ材料(改変されたタンパク質など)を、その配向性が制御された状態で、複雑構造体の所定の領域に選択的に形成する技術を確認するとともに、そのバイオ材料が生体機能を模倣したメカニズムで疾患関連などの生体物質を認識できることを示す。

(3) ナノ材料(CNTなど)の選択的形成技術

サイズ直径: $1 \mu\text{m}$ 以下或いは厚み精度: $0.1 \mu\text{m}$ 以内のナノ材料を所定の領域(位置精度: $\pm 1 \mu\text{m}$ 以下)に選択的に形成する技術を確認するとともに、それがナノ機能を発現することを示す。

特に、CNTの選択的形状制御においては、高アスペクト比(1:10以上)、高密度充填(充填率: 50%以上)の数 μm から数百 μm スケールのMEMS向け配向CNT構造体を製造するCNT成長技術を開発する。直線形状で架橋させた場合には、架橋率: 70%以上を目指す。また、その機械的、化学的特性を評価、改善し、具体的デバイスへの適応を目指す。

(4) ナノ機能を組み込んだMEMSデバイスの製造技術

少なくとも、プロセス温度が400°C以下で、ナノ機能を所定の領域に選択的にウェハレベルで形成し、かつナノ機能形成プロセスによりMEMSが損傷を受けることなく、逆にMEMS形成プロセスによりナノ機能が劣化することがないMEMS一貫プロセスを確認するとともに、MEMS一貫プロセスにより試作されたナノ機能付加MEMSデバイスが、従来よりも優れた性能を発揮することを示す。

研究開発項目②「MEMS／半導体の一体形成技術の開発」

1. 研究開発の必要性

- 1) MEMS－半導体の集積化技術は、設計の煩雑さ、製造設備の重複化など集積度が上がるにつれて複雑さ・困難さが増大するものの、デバイスの小型化、高機能化、高信頼性化の実現にとって重要な技術として期待が大きい。特に、自動車用センサや無線通信端末などの今後の高度化に不可欠な研究開発課題となっている。
- 2) MEMS－半導体の集積化技術の研究は、CMOS互換プロセス上でのMEMS加工技術、MEMSと異なった機能要素（電子回路、受動素子など）の多層・モノリシック集積技術、新たな配線結合技術など、従来技術から一步踏み込んだ領域に成果が見られるようになり、内外での取り組みが活発化しつつある。
- 3) 本研究開発項目は上記を踏まえ、MEMS－半導体プロセス統合モノリシック製造技術、MEMS－半導体縦方向配線技術、MEMS－半導体横方向配線技術を開発することにある。

2. 研究開発の具体的内容

(1) MEMS－半導体プロセス統合モノリシック製造技術 【助成事業、委託事業】

CMOS・LSI材料互換プロセスを用いて、先端CMOS・LSIとセンサを始めとした様々なMEMSデバイスをモノリシックに集積化可能なMEMS製造プロセスを開発する。先端LSIとの混載メリットを最大限活かした高感度化・低電圧化・小型化を実現するため、最小加工寸法（ギャップ）サブ μm ～nmレベル＋高アスペクト比の低損傷エッチング技術、低ストレス成膜技術、大面積のオンチップ空洞形成封止技術、MEMSと異なった機能要素（電子回路、受動素子など）の多層・モノリシック集積技術および外部との電気接続技術などが含まれる。さらに、集積化センサ試作、オンチップ機械特性広範囲制御により、本手法の有効性の実証なども行う。

【助成事業】

この他、ナノ半導体セラミックセンサ、ナノワイヤ圧電体等、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を行う。 【委託事業】

(2) MEMS－半導体縦方向配線技術 【助成事業】

上記CMOS互換プロセス統合技術に加え、MEMSの搭載自由度を上げることも重要である。これに対応する製造技術として、別々に製造されたCMOS・LSIとMEMSをウェハレベルで多層に接合する技術が必要となる。そのために、将来の65nmルールまでのCMOS・LSIウェハやバルク型も含めたMEMSウェハに対して、小径で、高アスペクトな貫通孔配線を形成し、多層にCMOS・LSIとMEMSを電氣的に接続する技術を開発する。

また、配線の自由度を飛躍的に向上できる3次元配線構造を持つ高信頼性インター

ポーザル技術の開発も縦方向への集積化に重要な要素として開発する。

(3) MEMS - 半導体横方向配線技術 【助成事業、委託事業】

上記と同様の目的で、以下のMEMS - 半導体横方向配線技術を開発する。別々のウェハ上に製造されたMEMSデバイスとCMOS・LSIを検査選別した後、それらをチップレベルで隣接して配置し、ウェハ状に再配列する。このMEMS - CMOS・LSI一体疑似ウェハに対して、集積化したいチップ間を、半導体プロセスにより微細配線で電氣的に接続する。この横方向配線技術により、従来技術のSIP (System In Package) では達成できない小型化と、従来技術のSOC (System On Chip) では達成できない高性能化とを実現できる。 【助成事業】

この他、フレキシブルな樹脂部材や低コストな金属部材上とチップの3次元的表面上に高密度な配線や膜状受動部品を積層一体化できる高速実装プロセスの開発も必要となる。そのため、絶縁層と導電層、バンプおよび高誘電体層や抵抗層を、低温で高速に直接微細描画することにより、チップの垂直段差への配線等の3次元表面上への高密度配線、高精度フリップチップ接続やコンデンサ、抵抗などの受動部品の高密度な低温積層一体化実装技術を確立する。 【委託事業】

3. 達成目標

(1) MEMS - 半導体プロセス統合モノリシック製造技術

MEMS製造プロセスとして、180nm技術ノードCMOS・LSI材料プロセス互換を目指す。MEMS製造技術ロードマップに基づく統合プロセスによるMEMSの加工目標として、最小加工寸法：0.5μm以下、アスペクト比：20以上、残留応力：0.1GPa以下（膜厚：0.1～10μm）、MEMSと複数種類の異なった機能要素（電子回路、受動素子など）の多層・モノリシック集積化を目指す。

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については、製造プロセスは問わないが、1つ以上の新たなMEMSセンシング原理を見出すことを目指す。

(2) MEMS - 半導体縦方向配線技術

将来の65nmルールまでのCMOS・LSIとMEMS（バルク型も含む）を多層に集積するために、穴径：5μm以下、アスペクト比：50以上の貫通孔配線を形成するとともに、CMOS・LSIとMEMSを3層以上に渡って接合し、確実な電氣的接続を実現する。

インターポーザルについては、インターポーザル内の貫通配線構造に従来にない分岐構造を導入し、インターポーザル内部での三次元インターコネクションを実現する。そのサイズとしては、インターポーザル厚：300μm以下で、貫通配線（穴径：

100 μm 以下)の横方向へのシフト量: 500 μm 以上を達成する製造技術を目指す。

(3) MEMS - 半導体横方向配線技術

L/S: 1 μm /1 μm 以下の微細配線を形成し、CMOS・LSIとMEMSの間の確実な電氣的接続を実現する。さらに、横方向集積型MEMSパッケージの薄型化(厚さ: 100 μm 程度)を目指す。

この他、三次元表面上への高密度配線パターンの低温で高速な直接微細描画技術と受動部品の高密度な低温積層一体化実装技術を確立する。高密度配線パターンとして、垂直乗り越え段差: 100 μm 以上、パターン寸法: 5~10 μm 、成膜温度: 400°C以下、成膜速度: 10 $\mu\text{m}/\text{min}$ 以上および描画速度: 1 cm/min 以上を目指す。

研究開発項目③「MEMS/MEMSの高集積結合技術の開発」

1. 研究開発の必要性

- 1) MEMSデバイスを構築する場合に、その扱う物理量により従来の平面的な実装ではなく縦方向の組立が効率的な場合がありうる。しかしながら、これまでは縦方向の組立精度やプロセス技術上の障害などにより達成できていなかった。今後、特に医療用小型センサの小型、高精度、無線化や住宅やセキュリティなどの小型、低コスト化が求められるデバイスには不可欠な課題となってくる。
- 2) 表面活性化による低温接合技術や非Si系の微細加工技術が発展し、従来技術から一歩踏み込んだ領域に成果が見られるようになり、内外での取り組みが活発化しつつある。
- 3) 本研究開発項目は上記の課題を踏まえ、多層MEMS集積化技術、ビルドアップ型多層MEMS集積化技術、多層ウェハレベル接合体の低ストレスダイシング技術を開発することにある。

2. 研究開発の具体的内容

(1) 異種材料多層MEMS集積化技術 【助成事業】

MEMS - MEMSの高集積結合技術においては、多層の異種材料ウェハレベル接合技術が基本となる。具体的には、異種材料（シリコン、ガラス、樹脂など）のウェハを、平面方向に高精度に位置決めするばかりでなく、垂直（Z）方向にも高精度に組立ができる技術を開発するとともに、機能を損なうことのない、例えば低温、低応力の接合技術を開発する。

(2) ビルドアップ型多層MEMS集積化技術 【助成事業】

上記のようにさまざまな異種材料ウェハ上にMEMSを形成した後、それらを順次または一括でウェハレベル接合するだけでなく、エッチング、機能部位形成・異種材料形成、実装など各種加工を施したMEMSウェハを、別のMEMSウェハと接合し、さらにこれらの工程を繰り返すことで、さらに高密度な多層MEMSを実現できる。そのために、接合するウェハ状態にあわせた機能損傷がない各種ウェハレベル接合手法と接合されたウェハ状態にあわせた各種加工方法を開発する。

なお、発光素子等の高価な化合物半導体素子を実装する場合は、チップレベルで接合する必要があり、さらに、発光素子においては所望の光軸方向を保持した接合が求められるため、チップレベルの高精度接合技術も必要に応じて開発する。

(3) 多層ウェハレベル接合体の低ストレスダイシング技術 【委託事業】

多層ウェハレベル接合体には、Siのみならず、酸化物、金属、化合物、樹脂、等、種々の材料が混在し、かつ積層界面はウェハ母材より低強度である場合が多い。また

チップサイズに対してチップ厚さ比が大きくなり、ダイシング時のチップング等損傷の影響がより大きくなる。したがって、できるだけ低ストレスで多層ウェハレベル接合体を切断できるダイシング技術を開発する。

3. 達成目標

(1) 異種材料多層MEMS集積化技術

ウェハサイズ：直径100mm以上、3層以上、異種材料（シリコン、ガラス、樹脂など）をウェハレベルで接合し、面方向： $\pm 1 \mu\text{m}$ 以下の位置決め精度、垂直（z）方向： $\pm 0.5 \mu\text{m}$ 以下の組立精度で、複数回の接合に耐えられることを目指す。

(2) ビルドアップ型多層MEMS集積化技術

各ウェハ（直径100mm以上）の接合精度および加工精度は、面方向： $\pm 1 \mu\text{m}$ を目指すとともに、各ウェハ接合工程の間に加工工程（エッチング、実装、機能部材・異種材料形成、など）を設けながら、ダメージを与えることなくウェハ3層以上を順次接合できることを目指す。

化合物半導体チップの高精度位置決め接合技術については、位置決め精度： $\pm 1 \mu\text{m}$ 以下、傾き精度： 0.05 deg 以下を目指す。

(3) 多層ウェハレベル接合体の低ストレスダイシング技術

多層ウェハレベル接合体の低ストレスダイシングについては、異種材料で構成される3層以上のウェハレベル接合体（直径100mm以上）に対して、チップング、層間剥離およびMEMS可動部破損などの破損率について、トータルで1%以下を目指す。

研究開発項目④「高集積・複合MEMS知識データベースの整備」

1. 研究開発の必要性

- 1) 現状において高集積・複合MEMS製造技術に関しては未知の分野であり、科学技術的知見の蓄積・整理がほとんど進んでいない。
- 2) 高集積・複合MEMS製造技術の開発の成果あるいはこれに関連する新たな知見については、これら高度MEMSの開発を目指す企業研究者・技術者の新製品開発・実用化に寄与することにより、新たな産業の創造に資するものである。

2. 研究開発の具体的内容 【委託事業】

高集積・複合MEMS製造技術の研究開発項目①～③にかかわる新たな知見を系統的に収集・蓄積し、データベース化する。

3. 達成目標

高集積・複合MEMS製造技術の研究開発項目①～③にかかわる新たな知見(文献情報、特許情報及び特に委託事業を中心としたプロジェクトの研究成果も含めて)を系統的に蓄積してデータベース化するとともに、MEMS用設計・解析支援システム開発プロジェクトで開発が行われているMEMS用設計解析支援システムに付加する。

研究開発項目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」

1. 研究開発の必要性

- 1) 近年、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、高集積 MEMS に関わる製造技術、設計技術の両面を備えたトータルな研究開発により、高集積 MEMS 製品の成功事例が増加してきている。
- 2) しかしながら、高集積・複合MEMS製造技術の研究開発項目であるMEMS／ナノ機能の複合、MEMS／半導体の一体形成技術、MEMS／MEMSの高集積結合技術に共通する統一的な設計手法の開発はほとんど行われていない。
- 3) 本研究開発項目は上記を踏まえ、MEMS構造体と異種材料との複合化や集積化に対応する高集積・複合MEMSシステム化設計プラットフォームに関する開発を行い、実用化までの期間を大幅に短縮し、国内市場の更なる活性化と国際的な優位性の確保することにある。

2. 研究開発の具体的内容 【委託事業】

高集積・複合 MEMS 製造技術開発の研究開発項目①～③及びその周辺に関わる高集積・複合 MEMS に適した設計プラットフォームとしての等価回路モデルに関する情報を整理し、Web 閲覧システムとして構築する。さらに、CAD モデルと等価回路モデル間の相互生成技術に関して調査を行う。

3.達成目標

研究開発項目①～③及びその周辺に関わる高集積化MEMS設計プラットフォームとしての等価回路モデルに関する情報を整理し、Web 閲覧システムとして構築する。また、MEMS 用設計解析支援システムの回路シミュレーション・モデルを高集積・複合 MEMS に適用される等価回路モデルに拡張し、その内容を Web 閲覧システムに掲載する。

MEMS 分野

MEMS (Micro Electro Mechanical Systems: 微小電気機械システム) とは、電気回路 (制御部) と微細な機械構造 (駆動部) を一つの基板上に集積させた部品 (デバイス) のことであり、我が国の強みである半導体製造技術やレーザー加工技術等の微細加工技術に代表されるナノテクノロジーや各種材料技術等を駆使して製造される。MEMS は情報通信、医療・バイオ、自動車、ロボット、航空・宇宙、福祉など多様な分野における小型・高精度で省エネルギー性に優れた高性能のキーデバイスとして期待されている。このため、基幹部品の高付加価値化による我が国製造業の国際競争力の強化のみならず、新しい価値を生み出す革新的な MEMS の開発を通して新産業の創出を支える観点からも重要な技術分野である。

以上の点から、今後 20 年程度を見据えて、日本の MEMS 産業の国際競争力維持・強化及び革新的な MEMS デバイスの創出に必要とされる、高機能化、小型化、低コスト化、異分野融合等の MEMS 製造技術を俯瞰し、要素技術を抽出するとともに、今後の技術の発展をロードマップとして描いた。

MEMS 分野の技術戦略マップ

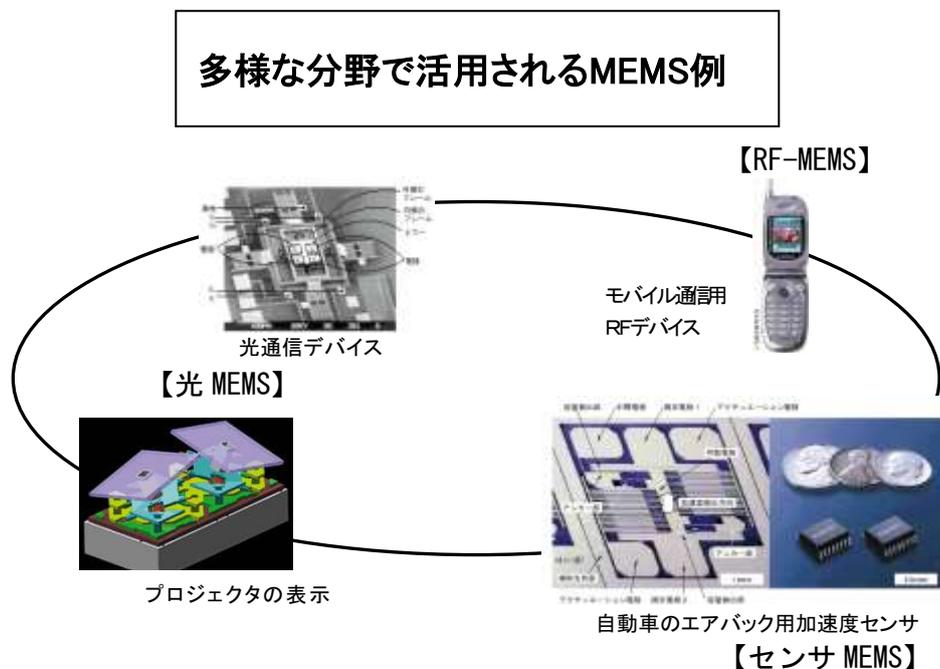
I. 導入シナリオ

(1) MEMS 分野の目標と将来実現する社会像

既に実用化されている単機能 MEMS については、自動車用センサやインクジェットプリンタヘッド等の分野で日本企業も健闘しているが、通信やプロジェクタ等に用いられる光 MEMS や、今後の実用化が期待されるバイオ MEMS の分野では欧米諸国が一部先行している。我が国製造業の国際競争力を確保するためには、製造業の基盤を支えるキーテクノロジーの1つとなる MEMS の製造技術を一層高度化する必要がある。

一方、MEMS 産業の裾野を拡大し、多様な分野において多様な主体が MEMS 製品の開発・実用化に取り組むことが同分野の基盤強化のために重要である。特に、製造設備を有する大手企業のみならず、MEMS を活用した製品アイデアを有する異業種のベンチャー企業等が容易に MEMS 開発に取り組める環境を整備することが必要である。

以上の点から、①IT 技術、各種異分野技術等の先端的要素技術との融合を促進することにより MEMS の製造技術の一層の高度化をはかること、②MEMS デバイスの開発・実用化を促進するための環境整備を通して MEMS 産業の裾野拡大をはかり、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・強化を図ることを目的とする。これにより、後述するような環境・エネルギー分野、医療・福祉分野、安全・安心分野を実現する革新的な MEMS 製品群を生み出すプロセス技術を開発する。



10年後のMEMS製品の具体的なイメージ

(参考)

【光 MEMS】

MEMS 技術を用いることにより、光通信網で用いられる小型、高性能の光スイッチが実現し、従来の光電変換型のスイッチに比べ、省スペース、省エネルギー、低コスト化の効果が得られる。これにより、通信速度の向上とともに災害時のバイパス回路の冗長が増すなど高度情報通信社会の一層の高速化、信頼性向上に貢献することが期待される。さらに、AO (Adaptive Optics) やイメージング装置等の光の計測の高分解能・高機能およびマイクロ波フォトニック分野での応用が期待される。このような光 MEMS の実現には、立体構造上へのパターン形成技術、機能性材料の開発とその厚膜形成技術、制御用素子との集積化技術などが重要と考えられる。

【RF-MEMS】

携帯電話等のモバイル機器に用いられている高周波部品の多くが MEMS 部品に置き換わることにより、低消費電力、低コストでの数十 GHz の通信帯域が利用可能になり、有線 LAN 並みの情報伝達能力が実現される。また同時に高周波部品の一体化製造が可能となり、携帯電話の省電力、省スペース化、高機能化が図られる。このような RF (Radio Frequency) -MEMS の実現には、機能性材料の開発とその厚膜形成技術とナノ材料局所形成技術などが重要と考えられる。

【センサ MEMS】

自動車のエアバッグ作動スイッチとして既に用いられている加速度センサ等の MEMS が、より小型化、低コスト化、高機能化することで、現状では高級車にしか採用されていないようなセンサ(各種姿勢制御用センサ、赤外線センサアレイ、障害物探知用のレーザーレーダ等)を小型の一般車に採用することができ、交通のより一層の快適性、安全性の向上に資する。また、携帯電話をはじめとする通信分野、アミューズメント分野、セキュリティ分野、宇宙分野等幅広い分野で小型・高機能センサが使用される。このようなセンサ MEMS の実現には、MEMS・半導体共存構造の成形技術と MEMS・半導体共存の接合・組立技術などが重要と考えられる。

【バイオ MEMS】

携帯可能な安価で小型の生体成分検査キット・バイオセンサを用いたウェアラブル MEMS デバイスが開発され、病院外(在宅や屋外)での診断や予防医療が広く行われるようになる。携帯電話やインターネットに接続した情報端末との組み合わせによりその効果は更に大きくなる。各種バイオ MEMS の実現には、化学的・バイオ的表面修飾技術とナノインプリンティング技術、MEMS をプラットフォームとした細胞・生体高分子の研究用デバイスおよび細胞・組織両方を対象とする再生医療用プラットフォームの実用化が重要と考えられる。この実現には、分子・細胞と融合した計測方法技術および MEMS 構造の構築やマニピュレーション技術等と生体適合性材料の技術が重要と考えられる。

上記に加え、それぞれの MEMS が他の MEMS や CMOS_{※1}-LSI などの半導体回路と一体集積化され、一層の小型・高機能化、及びトータルとしてのコストパフォーマンスの向上が図られることにより、自動車分野での用途拡大や情報・通信分野、医療・福祉分野、食品分野でのコンシューマ用途への展開などを主として、広範囲なアプリケーションの拡大が予想される。

※1 CMOS (Complementary Metal Oxide Semiconductor)：相補型金属酸化膜半導体

20 年後の MEMS 製品の具体的イメージ

(参考)

MEMS はトップダウンプロセスである微細加工と、ボトムアッププロセスであるナノ・バイオプロセスとを融合したマイクロ・ナノ統合製造技術の確立により、その応用範囲を急速に広げ国家・社会的課題である「環境・エネルギー」、「医療・福祉」、「安全・安心」分野で新しいライフスタイルを創出する革新的キーデバイスとして広く浸透している。

◆環境・エネルギー分野

【エネルギー・ハーベスティングデバイス】

光・熱・振動・生体物質等周辺環境からエネルギーを吸収し、蓄電する小型デバイスが、マイクロ加工とナノ・バイオ融合によるエネルギー変換効率の向上と、実効表面積の向上の両立によって実現する。このデバイスは未利用エネルギーを有効に利用できる優れた環境性を有するが、さらに省電力・高効率化が進んだ各種センサ、アクチュエータと組み合わせられ、大きな波及効果を生む。例えば、ワイヤレスセンサネットワークを構築する際に、本デバイスを各ノードに組み込むことで、電池交換等のメンテナンスフリーとなり、社会全体に広がり快適・安全・安心な社会が実現される。また、体内埋込機器のエネルギー自給が可能となり、健康・医療分野での QOL (生活の質) 革新に寄与する。このデバイスの実現には、3 次元ナノ構造形成技術と、新規の有機機能材料、バイオ材料に加え、それら材料とナノ構造表面との界面制御技術が必要となる。また、実用化に際し、十分な電力供給を可能とするため cm オーダーの面積が必要となるが、ナノ構造を広い面積全体に実現していく大面積化もポイントとなる。

【オンサイト環境浄化デバイス】

大気、及び水質の浄化は人口の急速な増加が現実のものとなる 21 世紀半ばにおける世界規模の課題である。大気浄化に関しては自動車、湯沸かし器、メタノール使用小型燃料電池などから排出される二酸化炭素、窒素酸化物、硫黄酸化物などの大気汚染物質を、発生源に極めて近い場所、すなわちオンサイトで固定し、大気中への排出を防ぐ小型デバイスが実現される。一方水質浄化は水の有効利用ニーズの高まりに対応し、使用後の上水を浄化した中水を利用する小型オンサイト水浄化システムが一般家庭に普及する。これらデバイス、システムはマイクロ加工と、ナノ構

造製作技術、微生物を利用するナノ・バイオ融合、により実現する。これらの汚染物質は、いったん排出されれば極めて低濃度となり回収が不可能となる。しかし、高濃度である排出源近傍において高効率に汚染物質を固定することができる本デバイスは、大きな優位性を有する。例えば二酸化炭素においては、これまで排出量のほぼ半数を占めておりながら、回収が全く不可能であった分散排出源からの二酸化炭素を回収することで、地球温暖化防止に対し極めて大きな貢献となる。このデバイスの実現には、汚染物質を分離するフィルタ製作のためのナノ構造作製技術、汚染物質を吸収・固定するナノ構造をもつ新規材料及びその加工技術、また有害物質固定を実現する微生物や生体物質をナノ構造表面上で機能させるためのナノ・バイオ界面制御技術が重要となる。実用化に際しては、汚染物質排出量に応じ、cm オーダーにまで大面積化する技術、およびパッケージング技術がポイントとなる

【超高感度環境物質検出デバイス】

極微量の環境物質を、高感度に、かつオンサイトで検出する小型デバイスが実現される。金属ナノ構造による表面電場増強の利用、自己組織単分子膜（SAM）の選択的成膜などによる表面機能付加による検体の選択的吸着、マススペクトロメータや THz 分光分析装置のような高性能であるが大型、高価な装置をダウンサイズしてコモディティ化するような技術開発により実現する。本デバイスは特にマイクロ加工により小型化された流路、反応チャンバなどの化学分析システムと組み合わせることによりオンサイト計測が可能となり大きな波及効果をもつ。例えばセンサネットワークのセンサとして機能し、各地の環境汚染物質をリアルタイムで高感度に検出することで、安全・安心な社会へとつながる。実用化に際しては、再現性が高く、また使い捨てが可能な安価な製作プロセスの開発が不可欠である。

◆医療・福祉分野

【超小型体内留置デバイス】

体内局所に長期間留置可能な超小型デバイスが実現される。腹腔や皮下、消化器官内・血管内などに滞在し長期間の物理センシングおよび生体成分センシングを可能にする。一定の場所に位置する他、受動的な移動、自ら能動的に移動することでがんなどの病変部を高い確率で発見し、必要に応じて病変部を治療することもできる。このため早期発見率、治癒率が向上する。バッテリーにより電氣的に駆動されるデバイスの他、高周波給電によるワイヤレス駆動や、電源を必要としない原理の超小型型デバイスも考えられる。例えば微粒子型デバイスとして体外からの X 線や超音波、磁気などの働きかけによって周囲の環境によって造影状態が変化する造影剤のように機能し、デバイス周辺の血糖値や温度、圧力などの情報を 24 時間モニタリングできる。血液循環において肝臓の門脈などに小型のデバイスを長期間滞在させることが可能であり、糖尿病患者の血糖管理などに役立つ。これらの体内留置デバイスの実現には、異種材料により構成される 3 次元構造形成と、長期間の体内留置を

可能とするナノ界面制御技術が不可欠である。

【生体機械ハイブリッドデバイス】

生体分子や細胞などが融合したハイブリッドなデバイスが実現される。生体材料や機能的な高分子材料を用いることで生体情報や環境情報を、従来のセンサに比べ、高速・高感度にセンシングすることができる。これらは、生体に馴染む材料や機構から成り立っているため、生体と機械とのインタフェース(BMI (Brain Machine Interface) など)の強力なツールとなる。たとえば、生体分子として膜タンパク質などが活性を維持したまま人工膜上に再構成され、匂いセンサや味センサなどの超高感度化学量センサとして機能する。また、フレキシブル基板上に神経細胞が3次元培養され、これらを脳表面に当てることで、神経細胞が脳内に軸索を伸ばし、所望の細胞とシナプス結合できるようになる。人工デバイスで制御可能な細胞を通じて、フレキシブル基板から電気・化学的な信号を計測したり、刺激が行なえるようなインタフェースが実現する。これらのデバイスの実現には、生体材料の活性を維持したまま組み込むナノ界面制御技術が必要となる。

【シート型健康管理デバイス】

体表面に湿布のように貼り付けることによって、健康を管理するウェアラブルデバイスが実現される。フレキシブルな多層構造の中に無数のセンサやアクチュエータが分布し、貼った部分の組織表層ばかりでなく内部の情報をセンシングし、裏面ディスプレイに可視化表示したり、貼った部分からのセンシングに基づいた、きめ細かい体内への投薬操作や傷口の治癒促進など簡単な作用を施すことができる。このようなウェアラブルデバイスは携帯電話やインターネットに接続した情報端末との組み合わせにより情報の集積分析、リアルタイムな診断が可能となりその効果は更に大きくなる。たとえば画像診断においては、シート表面に薄型超音波センサアレイが集積化され裏面には平面フレキシブルディスプレイがあるデバイスでは、取得した超音波エコー画像を素人でも2次元の大面积で観察できる。侵襲なく貼り付けることができるため、健康者でも血流や心臓の様子などを判断でき、健康管理に利用できる。また、手術時に医師が容易に体内を観察できるツールにもなる。このようなデバイスの実現には、伸縮性のある配線やデバイス技術、大面积集積化技術が重要となる。

◆安全・安心分野

【ユビキタスセンサネットワーク用多機能センサデバイス】

多数で多様なセンサが分散配置され、センサ同士がアドホックネットワークを形成して、ネットワークを通じて様々な状況や情報の入手が可能となり、防犯・セキュリティ、環境リスクへの対応、農産物のトレーサビリティの向上が図れ、安全・安心な社会を実現するユビキタスセンサネットワークを構成する多機能センサデバイスが実現される。さらに、効率的に広域を観測するために、センサネットワーク

を拡大し、宇宙空間からの災害監視や地球観測が可能な革新的なセンサデバイスが実現される。これらデバイスの実現には、高アスペクト比・高密度 3 次元ナノ構造を低損傷かつ十分なスループットで製造する技術、必要とされる部位に選択的にナノ材料を自己組織化させる技術、3次元ナノ構造表面を局所的に修飾する技術、3次元構造表面に均一にナノ構造を転写形成する技術等が必要となる。

【雰囲気伝送・再生デバイス】

人と人とのコミュニケーションをよりやさしく容易にする未来デバイスが実現される。例えば人間の五感のうち、20 世紀よりすでに実用化されている聴覚、視覚伝送デバイスに加え、臨場感の元になるにおいや触覚のセンシングと伝送を可能とするデバイスが出現する。本デバイスは化学物質や触感などを検知するセンサと、再生のためのアクチュエータを基礎部品とし、それらを携帯端末に実装した「集積化タイプ」と、壁紙並みに薄くて軽量大面積シート中にちりばめられた「壁紙タイプ」として実装され、視覚や聴覚素子と組み合わせて超臨場感を手軽に、いつでも、どこでも得ることができるようになる。

【壁紙型アンビエントインテリジェンスデバイス】

壁紙のように軽量かつ大面積を覆うシートエレクトロニクスデバイスが、視覚、聴覚、触覚、嗅覚などの雰囲気伝送に重要な役割を果たすとともに、安全・安心・豊かな生活に貢献する。たとえば、シール状のデバイスを張り合わせるだけで作製可能なインタラクティブ掲示板により、見る人に合わせた情報をリアルタイムで提供するとともに、ネットワーク検索機能や翻訳機能により人と人とのコミュニケーションをより自然に行う手助けをしてくれる。また、壁紙デバイスが環境の異常を検知し、携帯端末と連動して安全・安心な暮らしをサポートする。

このようなデバイスの実現には、大面積シートの加工技術や機能素子のシートへの埋め込み技術、量販店で購入した部品をシール貼りの要領で重ねるだけで配線が自動的に形成される自己組織的配線技術、その場で柔軟に状況認識を行うことのできる集積回路システム技術、などが必要となる。

【万能携帯】

壁紙型デバイスと連携して、視覚、聴覚、触覚、嗅覚などの雰囲気伝送に重要な役割を果たすとともに、安全・安心・豊かな生活に貢献する。顔と名前の一致しない人の記憶を呼び覚ましてくれたり、翻訳機能により言葉や習慣の違う人々の交流を容易にしたりと、人と人とのコミュニケーションをより自然に行う手助けをしてくれる。また、携帯端末に実装可能に小型化されたレーダー、環境センシングデバイス、ヘルスケアデバイスがすべて「万能携帯」に実装されることにより、暴漢・自動車などの接近、危険な化学物質濃度の上昇などの危険な状態を避けることを可能にし、急病や急な事故などを自動的に検知し救助を求めることができるようになる。これらにより、安全・安心・豊かな生活に貢献する。デバイスの実現のために

は、マクスペクトロメータや THz 分光分析装置のような、高性能であるが大型、高価な装置をダウンサイズしてコモディティ化するための技術開発、特に深掘り3次元構造と、3次元構造上への成膜技術、その場で柔軟に状況認識を行うことのできる集積回路システム技術、などが必要となる。

(2) 研究開発の取り組み

研究開発の推進については、MEMS の一層の高度化に資する技術開発が重要である。例えば、高集積化・複合化・ナノ機能付加を図るとともに、次世代キーデバイスを生み出すための革新的デバイス基盤技術を確立するため、産学官連携のもと、従来異分野とされてきたバイオテクノロジー等との融合を図りながら研究開発を促進することが必要である。

このため、MEMS の一層の高度化に資する技術開発(高集積・複合化・ナノ機能付加技術、革新的デバイス基盤技術、等)を実施する。

(3) 関連施策の取り組み

MEMS 技術・製品を世界市場に広く普及するために技術戦略マップに基づく MEMS 標準化戦略の策定、国際規格案の開発、提案、推進等の標準化活動に継続的に取り組むことが重要である。

MEMS の一層の実用化促進を図るため、他産業の企業や製造設備を有していない企業でも容易に MEMS ビジネスに参入できるように、MEMS 用設計・解析支援システムを開発した。その成果を活用しつつ、実習を中心とした人材育成及び試作環境の充実、製造拠点(ファンドリー)強化など MEMS 産業全体の競争力の維持・強化を図ることが重要である。

これらの取り組みは、MEMS の新たな製造技術開発の進捗に合わせていち早く実行することが重要である。

[導入補助・支援]

- ・研究開発施策の成果を活用した MEMS 用設計解析ソフト(MemsONE Ver. 1.0)の商用展開や、MEMS ファンドリーサービス(MEMS 設計・試作・製造の受託サービス)のネットワーク展開が図られている。
- ・MEMS 関連産業の活性化を目指し、特に産業強化と裾野拡大のため、MEMS 開発を容易にしファンドリー産業などへスムーズに繋ぐ DD センターの設立。

[国際標準化]

- ・IEC/TC47(半導体デバイス)において、MEMS 構成材料の試験方法、加工プロセスの評価法、基盤共通複合分野の試験法等が検討されている。

[知的基盤整備]

- ・研究開発プロジェクトにおいて、研究開発の成果を MEMS 知識情報データベースとして整備する取り組みが進展している。

例 1)高集積・複合 MEMS 製造技術開発プロジェクト(事業期間:2006 年度~2008 年度)

では、成果として得た知識データの収集・整理を実施している。

例 2) 異分野融合型次世代デバイス製造技術開発プロジェクト(2008 年度より実施)では、開発によって得られる新たな知見について、系統的に収集・蓄積してデータベース化することが研究開発計画に位置付けられている。

〔広報・啓発〕

- ・世界最大規模の MEMS 等に関する国際展示会である、マイクロマシン/MEMS 展の開催を支援。

〔人材育成〕

- ・産学連携製造中核人材育成事業(経済産業省委託事業)において、以下の人材育成が実施されている。

例)「MEMS 人材育成実証講座」、「次世代産業基盤技術となる MEMS 関連産業人材育成システム」や「マイクロ・ナノ量産技術と応用デバイス製造に関する新事業開拓イノベーション人材育成」などのプロジェクトを通して MEMS 開発の中核をなす人材の育成が試みられている。

〔産学官連携〕

- ・一つの研究開発拠点に大学、複数企業が集まる集中研方式にて、平成 20 年度より異分野融合型次世代デバイス製造技術開発プロジェクトが実施されている。

(4) 海外での取り組み

- ・海外での大学等の MEMS 関連研究開発機関の代表例として以下が挙げられる。

◆欧州

ドイツ： フラウンフォーファー研究所(Fraunhofer-Gesellschaft) IZM(Institute for Reliability and Microintegration)、IMS(Institute for Molecular Science)、IIS(Institute for Integrated Circuits)、IPMS(Institute for Photonic Microsystems)

フランス： 原子力電子情報技術研究所(Leti、Laboratoire d'Electronique de Technologie de l'Information)

国立科学研究センター(CNRS、Centre de la National Recherche Scientifique)

スイス： ニューシャテル大学マイクロ・テクノロジー研究所

CSEM(Swiss Center for Electronics and Microtechnology, Inc.)

スイス連邦工科大学(EPFL、Ecole Polytechnique Federal de Lausanne: Federal Institute of Technology)

ベルギー： IMEC(Interuniversity MicroElectronics Center)

フィンランド:技術開発研究センター(VTT(Valtion Teknillinen Tutkimuskeskus)、Technical Research Centre)

◆北米

米国： カリフォルニア大学 BSAC(Berkeley Sensor and Actuator Center)
スタンフォード大学 CIS(Center for Integrated Systems)
ミシガン大学集積化ワイヤレスマイクロシステム研究センター(WIMS、
Center for Wireless Integrated Microsystems)
マサチューセッツ工科大学 MEMS@MIT(Massachusetts Institute of
Technology)
ジョージア工科大学 CMMT(Center for MEMS and Microsystems
Technologies)
サンディア国立研究所(SNL, Sandia National Laboratories)

◆アジア

シンガポール： IME(Institute of Microelectronics)
シンガポール製造技術研究所(SIMTech, Singapore Institute of
Manufacturing Technology)
台湾： ITRI(Industrial Technology Research Institute)
中国： 清華大学
北京大学
上海交通大学
上海マイクロシステム・情報技術研究所(SIMIT, Shanghai Institute of
Microsystem and Information Technology)
韓国： 韓国科学技術院(KAIST, Korea Advanced Institute of Science and
Technology)
KIMM(Korea Institute of Machinery and Materials)

- ・ MEMS 関連の欧州、米国、中国における国家レベルのプロジェクトの状況は以下の通りである。

◆欧州

欧州の大規模プロジェクトである「FP7(EU 第7次研究枠組み計画)」は2007年にスタート、2013年までの7年間に8兆5,000億円を投じて広範囲の研究開発を進める。この中でマイクロ・ナノデバイス関連テーマである「ナノサイエンス・ナノテク・材料・新生産手法」には3,960億円が投じられる。テーマのキーワードは「コンバージェンス(融合)」であり、さまざまな機能を1つのデバイスに集約することを目的としている。

◆米国

DARPA(国防総省高等研究計画局)が「Nano-MEMS Program」プロジェクトを推進。2006~2009年に128億円を投じる。ハイリスクハイリターンである74テーマを推進している。バイオを含む多様な機能とLSIなどとの融合を進める研究テーマが多数ある。

◆中国

中国では 2005~2010 年の 6 年間で 45 億円を投じ、MEMS/NEMS (Nano Electro Mechanical Systems: ナノ電気機械システム) 関連研究を加速させる。これは年間 10 億円弱の規模となる。

(5) 改訂のポイント

- 現在の経済産業省の研究開発とその関連施策を示すイノベーションプログラム基本計画の内容を反映させた。

II. 技術マップ

(1) 技術マップ

MEMS は、小型で省エネルギー性に優れた高性能の部品を作ることが出来るため、通信、自動車等の既存の産業分野における部品の小型化・高機能化・省エネルギー化のための代替部品やバイオ分野における部品の小型化による新規部品としてのニーズが高まると見込まれている。

また、MEMS は、トップダウンプロセスである微細加工と、ボトムアッププロセスであるナノ・バイオプロセスとを融合したマイクロ・ナノ統合製造技術の確立により、その応用範囲を急速に広げ国家・社会的課題である「環境・エネルギー」、「医療・福祉」、「安全・安心」分野で新しいライフスタイルを創出する革新的キーデバイスとして広く浸透すると予測される。(上記の参考:10 年後および 20 年後の MEMS 製品の具体的イメージ)

このようなニーズに対応するためには、MEMS 製品の高機能化（高速スイッチング、小型化等）及び MEMS 製造プロセスにおける低コスト化と、設計・解析技術等の基盤技術の確立が喫緊の課題であり、技術マップにおいて、技術課題をエッチング技術、成膜技術、成形技術、形成技術、異種融合技術、プロセス連続化・大面積化技術、前・後処理技術、実装技術、検査・評価技術、設計・解析技術、製造システム技術等に大別した上で、それぞれについて詳細に示した。個々の技術の「出口」については、MEMS 製品が非常に広範囲に応用されうるものであることを踏まえ、主として想定される応用分野を技術ごとに示した。

(2) 重要技術の考え方

上記 I、II を踏まえれば、

- ① MEMS の高機能化、または低コスト化に大きく貢献する技術
- ② MEMS 全般に広く貢献する基盤技術

が重要技術の評価の視点として挙げられる。

また、2025 年までを考えると、その技術が中期的な視点で重要なものか、長期的な視点で重要なものかを評価しておくことが必要である。そこでこれらの視点から技術を評価し、色分けして示した。

(3) 改訂のポイント

- 中・長期的な視点での重要技術について、見直しを行った。

Ⅲ. 技術ロードマップ

(1) 技術ロードマップ

技術マップに示した重要技術課題ごとに、研究開発により達成されるべきスペックを示した。

(2) 改訂のポイント

- 各要素技術のスペックについて、詳細に見直しを行った。
- 技術マップに対応して、中期的な視点での重要技術と長期的な視点での重要技術を、色分けして区別した。

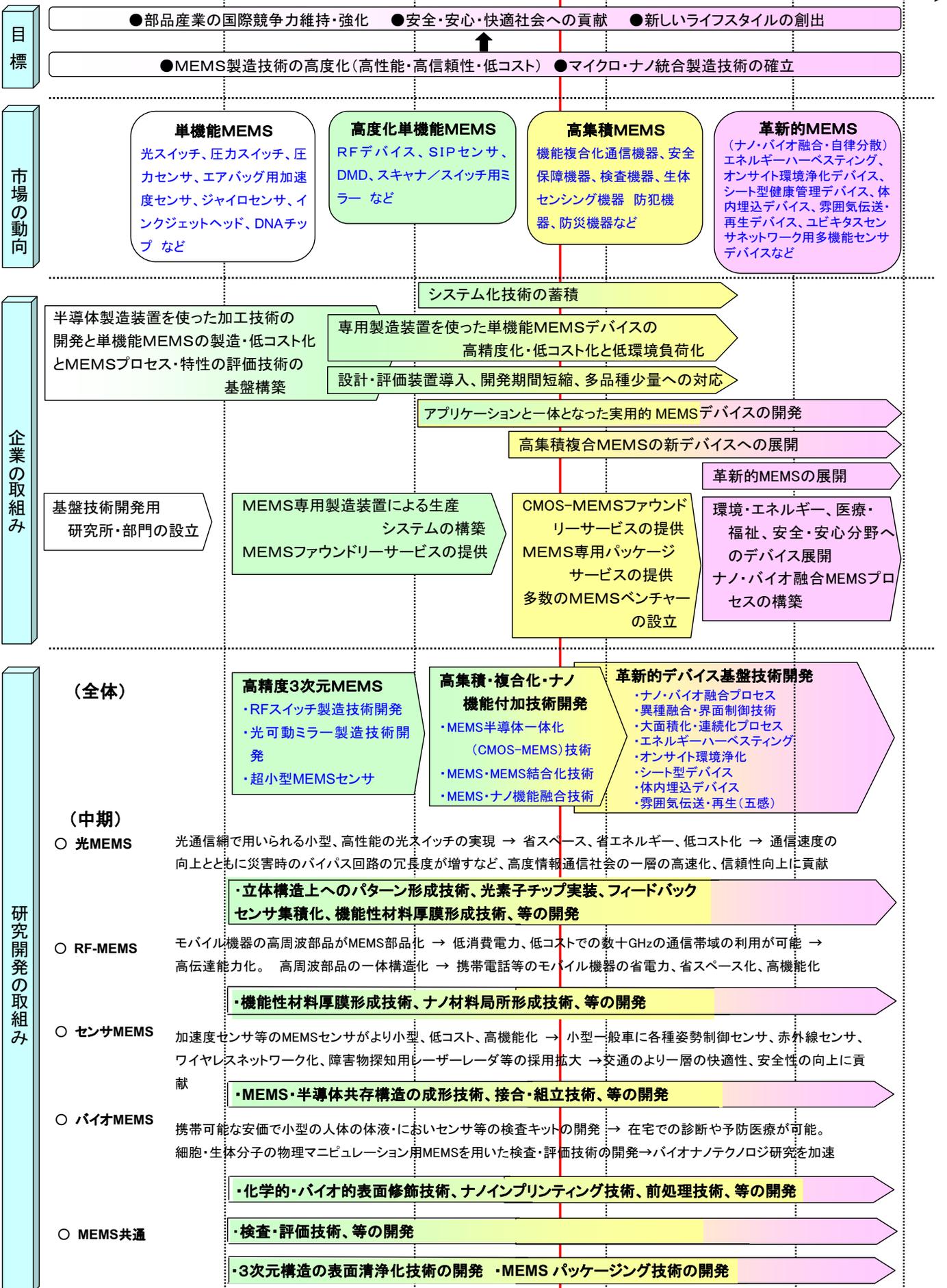
Ⅳ. その他の改訂ポイント

○ベンチマーキングの改訂

- 我が国の MEMS 分野の競争力比較のうち、論文発表の動向について、2008 年のデータを含めた。【MEMS 分野の国際競争ポジション】

MEMS分野の導入シナリオ(1/3)

(~2000) 2000 2005 **2009** 2010 2015 2025



MEMS分野の導入シナリオ(2/3)

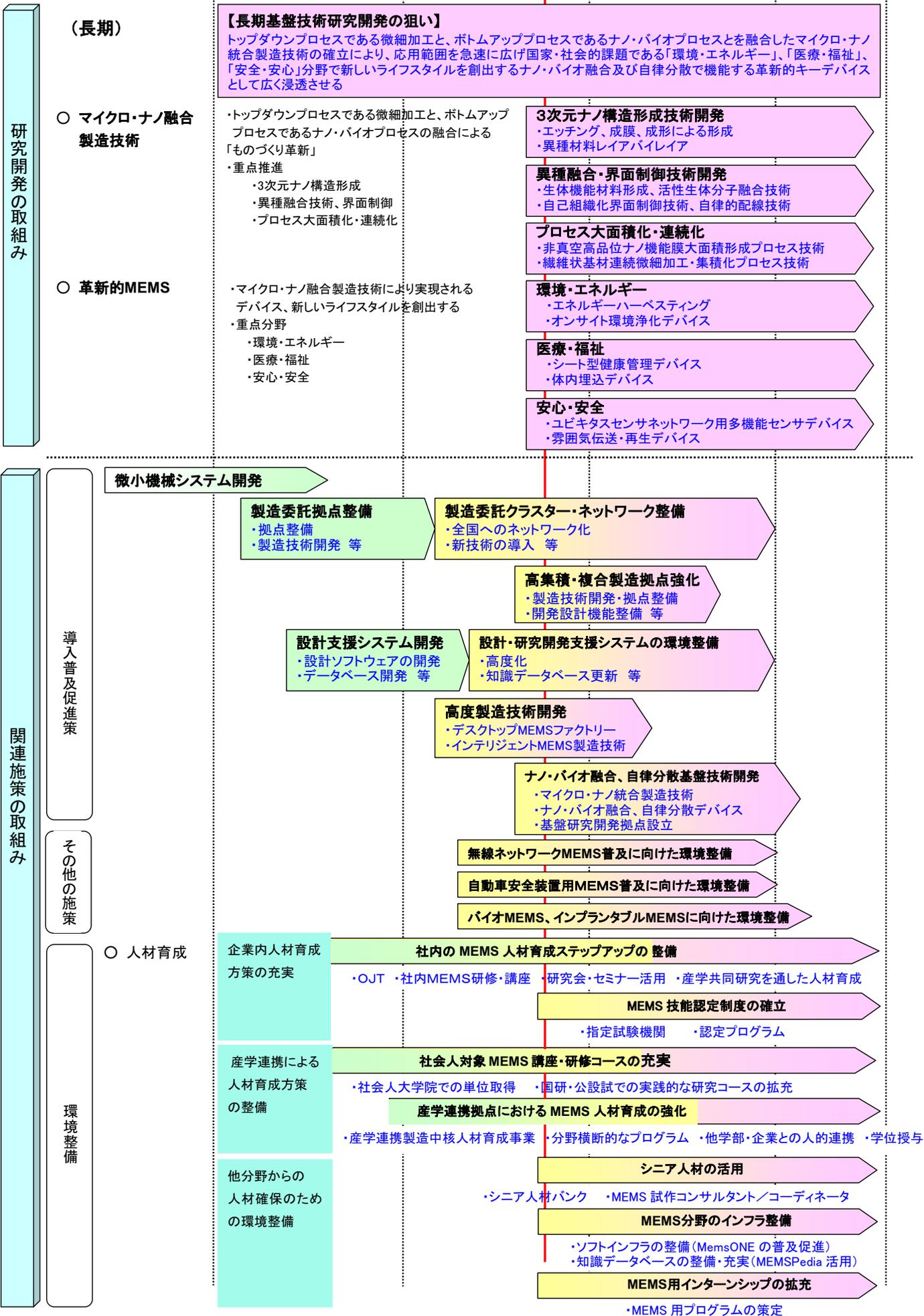
2000

2005

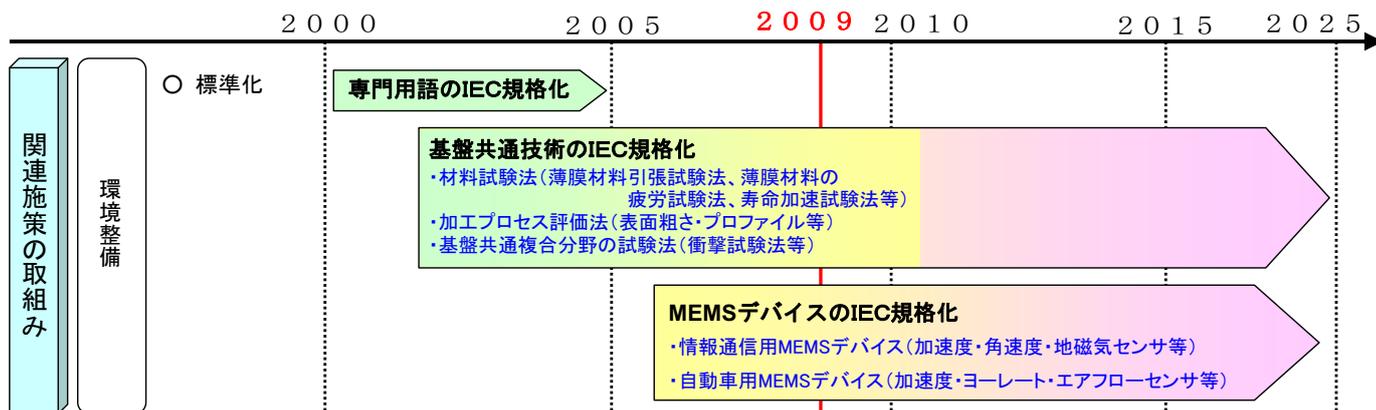
2009 2010

2015

2025



MEMS分野の導入シナリオ(3/3)



MEMS分野の技術マップ(1/2)

MEMS要素技術			分野	
エッチング技術	高精度・微細エッチング技術	0101	高アスペクト比貫通孔形成技術	共通
		0102	高アスペクト比ナノレンチ加工技術	共通
		0103	ディーブドライエッチング技術	共通
		0104	高精度微細エッチング技術	共通
		0105	ウエハレベル均一エッチング技術	無線通信、バイオ、共通
		0106	非シリコン材料加工技術	共通
		0107	無損傷加工技術	共通
	3次元ナノ構造形成技術	0108	3次元表面加工技術	無線通信
		0109	自由曲面加工技術	エネルギー
		0110	立体構造上へのパターン形成技術	共通
		0111	シングルポイントプロセス技術	共通
		0112	ナノピラー形成技術	共通
		0113	ナノポラス形成技術	共通
	ナノプローブ加工技術	0114	ナノプローブ・エッチング加工技術	バイオ、情報通信、共通
0115		MEMS・半導体共存構造の低損傷エッチング技術	共通	
成膜技術	高品位厚・薄膜成膜技術	0201	機能性材料厚膜形成技術	共通、無線通信
		0202	非真空薄膜形成技術	安心・安全、環境、エネルギー
		0203	機能性材料ナノ薄膜多層形成技術	安心・安全、環境、エネルギー
		0204	平滑・低残留応力薄膜形成技術-3次元低温成膜技術	光、無線通信、共通
	3次元ナノ構造形成技術	0205	3次元形状表面上成膜技術	光、共通
		0206	シングルポイントプロセス技術	共通
		0207	ナノポラス膜形成技術	共通
		0208	ナノピラー/ドット形成技術	共通
LSIプロセス融合成膜技術	0209	MEMS・半導体共存構造の低ストレス・高耐久性薄膜形成技術	共通	
成形技術	マイクロプレス成形技術	0300	ナノインプリンティング技術-低損傷/パターンニング技術	共通、バイオ
		0301	ナノフォーミング技術	共通
		0302	ナノ転写・形成複合プロセス技術	共通
		0303	マイクロエンボス加工技術	光
	マイクロ粉体成形技術	0304	ナノ粉体成形加工技術	共通、バイオ
	マイクロ鑄造技術	0305	貫通孔埋め戻し技術	共通
	3次元ナノ構造形成技術	0306	3次元マイクロ立体型成形技術	共通
		0307	3次元表面ナノ加工技術	共通
		0308	3次元自由曲面エンボス加工技術	共通
		0309	3次元表面修飾技術	共通
0310		3次元形状めっき成形技術	共通	

注: は、中期的な視点での重要技術
 は、長期的な視点での重要技術

MEMS要素技術			分野	
形成技術(機能化・表面改質)	ナノ機能材料選択的的形成技術	0401	ナノ材料局所形成技術	無線通信、バイオ
		0402	ナノ材料ウエハレベル形成技術	共通
		0403	ナノ材料ビルドアップ技術	共通
	生体機能材料形成技術	0404	生体分子配向技術	エネルギー、環境、医療・福祉
		0405	細胞配置・カプセル化技術	エネルギー、環境、医療・福祉
		0406	細胞の組織化技術	医療・福祉
	機能性表面形成技術(界面制御・表面修飾技術、加工損傷回復技術)	0407	化学的・バイオ的表面修飾技術	エネルギー、環境、医療・福祉
		0408	分子の自己組織化現象応用界面制御技術	安心・安全
		0409	ナノ粒子自己整列技術	共通
		0410	脂質二重層形成技術	共通
		0411	金属・有機半導体の界面制御技術	共通
		0412	有機・絶縁膜の界面制御技術	共通
		0413	印刷方式表面修飾技術	共通
		0414	加工損傷回復技術	共通
	LSIプロセス融合成形技術	0415	MEMS・半導体共存構造の成形技術	共通
		0416	可動ナノ構造形成技術	共通
異種融合技術	ナノ・バイオ融合技術	0501	界面制御技術	環境、医療・福祉
		0502	活性細胞融合技術	環境、医療・福祉
		0503	活性生体分子融合技術	環境、医療・福祉
	ナノ・有機材料融合技術	0504	有機ナノピラー形成技術	エネルギー、環境、医療・福祉
		0505	有機ナノポラス形成技術	エネルギー、環境、医療・福祉
		0506	ナノ間隙への有機充填技術	エネルギー、環境、医療・福祉
	3次元構造形成技術	0507	異種材料レイアバイレイア積層技術	共通
		0508	異種材料の厚膜積層技術	共通
		0509	パターン付き成膜および多層化技術	共通
		0510	メカノバイオ/半導体ハイブリッド積層技術	共通
自己組織化技術	0511	3次元ナノ構造移植・積層技術	共通	
	0512	セルフアライメントによる位置決め技術	共通	
	0513	マルチCNTプローブ製造技術	共通	
配線技術	0514	ナノホール選択金属成長技術	共通	
	0515	ナノワイヤ選択配線技術	共通	
	0516	CNT成長用触媒粒子の自己組織化配列技術	共通	
	0517	CNT配線技術	共通	
	0518	自律的配線形成技術	共通	
	0519	伸縮性導体形成技術	共通	
	0520	界面制御を利用した自律組立技術	共通	
界面物性評価技術	0521	界面物理化学評価技術	共通	
	0522	ナノ領域におけるトライボロジー評価技術	共通	

MEMS分野の技術マップ(2/2)

MEMS要素技術			分野	
プロセス連続化・大面積化技術	非真空プロセスによる成膜技術	0601	高品位ナノ機能膜形成技術(塗布型)	共通
		0602	マイクロナノ印刷技術	共通
	プロセス大面積化技術	0603	高品位機能膜のメータ級大面積形成技術	共通
		0604	繊維状基材の製織集積化技術	共通
		0605	メータ級大面積アライメント技術	共通
	プロセス連続化技術	0606	繊維状基材連続微細加工技術	共通
		0607	大面積印刷のレジストレーション(重ね合わせ)技術	共通
		0608	ナノインプリント連続成形技術(含むローラー式転写技術)	共通
		0609	連続EBプロセス技術	共通
		0610	連続FIBプロセス技術	共通
前・後処理技術	表面清浄化技術	0701	構造表面洗浄技術	共通
実装技術	組立技術	0801	高精度位置決め技術	共通
		0802	MEMS・半導体共存の接合・組立技術	共通
	接合技術	0803	低温・低応力接合技術	光、無線通信、バイオ、共通
	パッケージ技術	0804	封止技術	光、エネルギー、センサ、
		0805	高度実装技術	共通
		0806	トリミング技術	センサ
		0807	カッティング技術	共通
検査・評価技術	各種検査・評価技術	0901	形状測定技術	共通
		0902	強度等デバイス特性評価技術	共通
		0903	システム信頼性評価技術	無線通信
		0904	生体情報評価技術	バイオ、医療・福祉
		0905	微小領域における物理量計測技術	共通
		0906	検査評価用解析技術	共通
設計・解析技術	MEMSシミュレーション技術	1001	機構解析技術	共通
		1002	プロセス解析技術	共通
		1003	システム化解析技術	共通
	マルチスケールシミュレーション技術	1004	ナノ/マイクロ/マクロ解析モデリング技術	共通
	マルチフィジクスシミュレーション技術	1005	電場・磁場・構造・熱・流体の連成解析技術	共通
	データベース構築	1006	材料・界面・プロセス	共通
		1007	知識	共通
製造システム技術		1101	多品種少量・省エネ・フレキシブル加工システム技術	共通

MEMS分野の技術ロードマップ(1/12)

MEMS要素技術 分類-1 エッチング技術	MEMS要素技術 分類-2 エッチング技術	重要技術課題	分野	指標	2007年	2008年	2009年	2010年	2011年	2012年	2013年	2014年	2015年	2025年	製品 (MEMS技術の適用品)	
MEMS要素技術 分類-1 エッチング技術	MEMS要素技術 分類-2 エッチング技術	高アスペクト比貫通 孔形成技術	共通	貫通孔形成の狭ビツ チ化		5 μ m			2 μ m			1 μ m		0.1 μ m	物理量センサ等ICによる番号 処理を有するMEMS製品	
				ウエハレベル貫通孔 形成	100 200/2		150 200/1.5		5 μ m			1 μ m 200 200/1			500	ウエハレベルバックエッチング構 成での共通基盤技術。光分野 のエピキタスマイクロ顕微鏡 察可能血流量分布センサ、マイ クロナノオーダー変位計測セン サ、マイクロミラー応用デバイス も共通に含まれた。
				貫通孔形成の高速 化	20 μ m/min		25 μ m/min			3 μ m			2 μ m			0.2 μ m
		貫通孔の変形加工 化		シフト量		500 μ m			3 μ m			2 μ m			0.2 μ m	
		斜め方向への貫通 孔形成		分岐数			1本~2本									
		微小ギャップ梁掘り 技術	共通	アスペクト比 (深さ/孔径)	5			50		100			250		500	縦型静電容量センサー 高性能細菌アクチュエータ
		高アスペクト比ナノ レンチ加工技術	共通	アスペクト比	20			50		100			250		500	
		ティーフドライエッチ ング技術	共通	ギャップ幅	0.2 μ m			0.2 μ m		0.1 μ m			0.1 μ m		0.1 μ m以下	
				側壁面の粗さ・平面 度向上	λ =例えば680nmと想定 rms= λ /20										λ /50	MEMS偏向ミラー、ミラーアレイ (スキャナでなく、位置決めでき るタイプ)、MEMS光スキャナ(1 次元~3次元)
		高精度微細エッチン グ技術	共通	側壁面形状評価 (PVA値・曲率半径 など)	曲率半径 100nm			曲率半径 1000nm								
				Line and space	100nm			100nm		100nm					50nm	多機能情報携帯端末モバイル端末
				アスペクト比	10			50		100					100	
				表面平坦性	2-3nm			1nm		原子オー ダー						
		ウエハレベル均一 エッチング技術	無線通信	ウエハ内のエッチ ングの均一化	8			12			14				20	多機能情報携帯端末モバイル端末
			ハイオ	表面積化、ナノ構造 エッチング(ガラス インチ)	5%			4%			3%				1%	
			共通	大面積ナノパターン 加工技術(ナノ・マイ クロ加工技術)	8			12			14				20	ハイオ分析
			共通	非シリコン系新材料 (金属・セラミックス 等)の加工	段差=50 μ m 200nm			50nm				10nm			5nm	MEMS全般(光、RF、パワー、 ファイブ)
			共通	加工選択比	100:1			150:1							1000:1	MEMS光スキャナ(1次元~3次 元)、 セラミックス表面の3次元加工 は直ぐ下に含まれる
			共通	加工面粗さ(Rms x、Rz等)	加工幅の10%あるいは は1ミクロン以内			加工幅の5%あるいはサブミクロン以内								
			共通	無損傷不純物導入 技術	2-3nm			1nm							0.1nm	
			共通	無損傷有機分子表 面処理・加工技術 (シリコン)	<10E15			<10E13							<10E11	
			共通	無損傷CNT表面処 理・加工技術 (シリコン)	<10E15			<10E13							<10E11	
			共通	無損傷クレーニング 技術	<10E15			<10E13							<10E11	

MEMS分野の技術ロードマップ(2/12)

MEMS要素技術 分類-1	MEMS要素技術 分類-2	No.	重要技術課題	分野	指標	2007年	2008年	2009年	2010年	2011年	2012年	2013年	2014年	2015年	2025年	製品 (MEMS技術の適用品)
						スキムデプスの1/2以下	スキムデプスの1/2以下	スキムデプスの1/2以下	スキムデプスの1/2以下	スキムデプスの1/3以下	スキムデプスの1/3以下	スキムデプスの1/3以下	スキムデプスの1/3以下	スキムデプスの1/3以下	スキムデプスの1/3以下	
MEMS要素技術 分類-1	3次元表面加工技術 ノ構造形成技術	0108	3次元表面加工技術	無線通信	3次元表面加工 表面精度 (nm) 周波数60GHz 表面精度 (nm) 周波数60GHz 面精度 加工可能な方向 (面) 立体形状表面への パターン形成 メカニカルリソグラ フィー 3次元光リソグラ フィー技術	スキムデプスの1/2以下	1軸周リ全 方位	スキムデプスの1/2以下	5μm	垂直面に wet等方・ dry等方性 エッチング チンク	軸周リ+正 面 立体の上 平面部	1μm	全方位	0.1μm	集積RF-MEMS マイクロターパービン、流体デバイス MEMS全般(光、RF、パワー、 ファイバー) 特殊プリズムなど立体的な光 学素子 実装部品	
		0109	自由曲面加工技術	エネルギー	自由曲面加工	曲面精度 (nm) 周波数60GHz	スキムデプスの1/2以下	1軸周リ全 方位	スキムデプスの1/2以下	5μm	垂直面に wet等方・ dry等方性 エッチング チンク	軸周リ+正 面 立体の上 平面部	1μm	全方位	0.1μm	集積RF-MEMS マイクロターパービン、流体デバイス MEMS全般(光、RF、パワー、 ファイバー) 特殊プリズムなど立体的な光 学素子 実装部品
		0110	立体構造上へのパ ターン形成技術	共通	立体形状表面への パターン形成 メカニカルリソグラ フィー 3次元光リソグラ フィー技術	曲面精度 (nm) 周波数60GHz	スキムデプスの1/2以下	1軸周リ全 方位	スキムデプスの1/2以下	5μm	垂直面に wet等方・ dry等方性 エッチング チンク	軸周リ+正 面 立体の上 平面部	1μm	全方位	0.1μm	集積RF-MEMS マイクロターパービン、流体デバイス MEMS全般(光、RF、パワー、 ファイバー) 特殊プリズムなど立体的な光 学素子 実装部品
		0111	シングルポイントプロ セス技術	共通	最小線幅ノ ズ	最小加工サイズ	スキムデプスの1/2以下	1軸周リ全 方位	スキムデプスの1/2以下	5μm	垂直面に wet等方・ dry等方性 エッチング チンク	軸周リ+正 面 立体の上 平面部	1μm	全方位	0.1μm	集積RF-MEMS マイクロターパービン、流体デバイス MEMS全般(光、RF、パワー、 ファイバー) 特殊プリズムなど立体的な光 学素子 実装部品
		0112	ナノビラー形成技術	共通	無欠陥、もしくは 欠陥制御	ナノスケールレゾ リューション	スキムデプスの1/2以下	1軸周リ全 方位	スキムデプスの1/2以下	5μm	垂直面に wet等方・ dry等方性 エッチング チンク	軸周リ+正 面 立体の上 平面部	1μm	全方位	0.1μm	集積RF-MEMS マイクロターパービン、流体デバイス MEMS全般(光、RF、パワー、 ファイバー) 特殊プリズムなど立体的な光 学素子 実装部品
		0113	ナノポーラス形成技 術	共通	材料選択の幅	ウエットによるSiな どの知られた材料	スキムデプスの1/2以下	1軸周リ全 方位	スキムデプスの1/2以下	5μm	垂直面に wet等方・ dry等方性 エッチング チンク	軸周リ+正 面 立体の上 平面部	1μm	全方位	0.1μm	集積RF-MEMS マイクロターパービン、流体デバイス MEMS全般(光、RF、パワー、 ファイバー) 特殊プリズムなど立体的な光 学素子 実装部品
		0114	ナノプロセスエッチ ング加工技術	バイオ、情報通 信	先端部加工精度 (面内均一性) 同時加工数(プ ロープ数) 寿命(時間) 密度 面積	先端部加工精度 (面内均一性) 同時加工数(プ ロープ数) 寿命(時間) 密度 面積	スキムデプスの1/2以下	1軸周リ全 方位	スキムデプスの1/2以下	5μm	垂直面に wet等方・ dry等方性 エッチング チンク	軸周リ+正 面 立体の上 平面部	1μm	全方位	0.1μm	集積RF-MEMS マイクロターパービン、流体デバイス MEMS全般(光、RF、パワー、 ファイバー) 特殊プリズムなど立体的な光 学素子 実装部品
		0115	MEMS・半導体共存 構造の低損傷エッチ ング技術	共通	被加工領域の損傷 の低減	MEMS加工部の最 大アスペクト比 MEMS部の最小加 工寸法 搭載LSIの加工寸 法	スキムデプスの1/2以下	1軸周リ全 方位	スキムデプスの1/2以下	5μm	垂直面に wet等方・ dry等方性 エッチング チンク	軸周リ+正 面 立体の上 平面部	1μm	全方位	0.1μm	集積RF-MEMS マイクロターパービン、流体デバイス MEMS全般(光、RF、パワー、 ファイバー) 特殊プリズムなど立体的な光 学素子 実装部品
		0201	高品位 厚・薄膜 成膜技術	共通	機能性材料厚膜化と 高速化・高品質化	成膜速度 アスペクト比 多層化 残留応力低減(影 響) 高配向化	スキムデプスの1/2以下	1軸周リ全 方位	スキムデプスの1/2以下	5μm	垂直面に wet等方・ dry等方性 エッチング チンク	軸周リ+正 面 立体の上 平面部	1μm	全方位	0.1μm	集積RF-MEMS マイクロターパービン、流体デバイス MEMS全般(光、RF、パワー、 ファイバー) 特殊プリズムなど立体的な光 学素子 実装部品

MEMS分野の技術ロードマップ(3/12)

MEMS要素技術 分類-1	MEMS要素技術 分類-2	No.	重要技術課題	分野	指標	2007年	2008年	2009年	2010年	2011年	2012年	2013年	2014年	2015年	2025年	製品(MEMS技術の適用品)
		0202	非真空薄膜形成技術 機能性材料ナノ薄膜 多層形成技術	無線通信 安心・安全、環境、エネルギー	磁性材料の高品質化 配線材料の高品質化 電気接点の耐久性向上 機能(電子材料) 機能(機械、光学) 基材 半導体超格子の構造制御 ナノキャパシタの多層化 誘電体多層膜による高反射率、低応力膜成膜 膜の表面粗さと応力の制御(犠牲層含む)	70% 曲率半径 1000mm 100億回 1cm2/Vsec(室温) シート、プレート <0.1mm 数10μm角 単層・100 90% 曲率半径 100mm 10mm 1%以下 1μm 3μm/0.001% (-100pm/V) 1mm角/0.1MPa 50μm 20/20μm 最小線幅/スペース アスペクト比(柱径/深さ) 最小加工サイズ(最小線幅/スペース) 無次陥、もしくは欠陥制御 孔径 400nm 200nm 形状の統計的評価 0.2~5μm 0.2GPa 1% 混重LSIの加工寸	70% 曲率半径 1000mm	(曲率半径は複数の膜の総合的な内部応力で決定されると仮定) 100μm 100μm 3cm2/Vsec(室温) 1m2以上 10% 繊維、シート、プレート 5mm 0.1%以下 0.3μm 100μm角/1MPa 10/10μm 10 (1μm/10μm) 50nm 3μm角 100nm 100nm 形状の統計的評価 0.1~10μm 0.1GPa 0.50% 0.10%	100% 1000億回 10cm2/Vsec(室温) 1m2以上 5% <0.1mm 数10cm角 5層-500 95% 曲率半径 1000mm 5mm 0.1%以下 0.1μm 10μm角/3MPa 500μm 5/5μm 1000 (0.1μm/100μm) 高効率化と大規模化 50nm 10μm角 1nm 0.1nm 深さ、直径、周長のばらつき原子レベル 0.1~40μm 0.10%				多機能情報携帯モバイル端末 ウェアラブル電源 シート製健康管理デバイス 安全安心ジャケット 受動素子内蔵基板 蓄電素子 MEMSによる波面変調素子、 チューナブル分光素子 多機能情報携帯モバイル端末			
		0203	平滑・低残留応力薄膜形成技術-3次元 低温成膜技術	光	磁性材料の高品質化 配線材料の高品質化 電気接点の耐久性向上 機能(電子材料) 機能(機械、光学) 基材 半導体超格子の構造制御 ナノキャパシタの多層化 誘電体多層膜による高反射率、低応力膜成膜 膜の表面粗さと応力の制御(犠牲層含む)	70% 曲率半径 1000mm 100億回 1cm2/Vsec(室温) シート、プレート <0.1mm 数10μm角 単層・100 90% 曲率半径 100mm 10mm 1%以下 1μm 3μm/0.001% (-100pm/V) 1mm角/0.1MPa 50μm 20/20μm 最小線幅/スペース アスペクト比(柱径/深さ) 最小加工サイズ(最小線幅/スペース) 無次陥、もしくは欠陥制御 孔径 400nm 200nm 形状の統計的評価 0.2~5μm 0.2GPa 1% 混重LSIの加工寸	70% 曲率半径 1000mm	(曲率半径は複数の膜の総合的な内部応力で決定されると仮定) 100μm 100μm 3cm2/Vsec(室温) 1m2以上 10% 繊維、シート、プレート 5mm 0.1%以下 0.3μm 100μm角/1MPa 10/10μm 10 (1μm/10μm) 50nm 3μm角 100nm 100nm 形状の統計的評価 0.1~10μm 0.1GPa 0.50% 0.10%	100% 1000億回 10cm2/Vsec(室温) 1m2以上 5% <0.1mm 数10cm角 5層-500 95% 曲率半径 1000mm 5mm 0.1%以下 0.1μm 10μm角/3MPa 500μm 5/5μm 1000 (0.1μm/100μm) 高効率化と大規模化 50nm 10μm角 1nm 0.1nm 深さ、直径、周長のばらつき原子レベル 0.1~40μm 0.10%			多機能情報携帯モバイル端末				
		0204	3次元形状表面上成膜技術	共通	磁性材料の高品質化 配線材料の高品質化 電気接点の耐久性向上 機能(電子材料) 機能(機械、光学) 基材 半導体超格子の構造制御 ナノキャパシタの多層化 誘電体多層膜による高反射率、低応力膜成膜 膜の表面粗さと応力の制御(犠牲層含む)	70% 曲率半径 1000mm 100億回 1cm2/Vsec(室温) シート、プレート <0.1mm 数10μm角 単層・100 90% 曲率半径 100mm 10mm 1%以下 1μm 3μm/0.001% (-100pm/V) 1mm角/0.1MPa 50μm 20/20μm 最小線幅/スペース アスペクト比(柱径/深さ) 最小加工サイズ(最小線幅/スペース) 無次陥、もしくは欠陥制御 孔径 400nm 200nm 形状の統計的評価 0.2~5μm 0.2GPa 1% 混重LSIの加工寸	70% 曲率半径 1000mm	(曲率半径は複数の膜の総合的な内部応力で決定されると仮定) 100μm 100μm 3cm2/Vsec(室温) 1m2以上 10% 繊維、シート、プレート 5mm 0.1%以下 0.3μm 100μm角/1MPa 10/10μm 10 (1μm/10μm) 50nm 3μm角 100nm 100nm 形状の統計的評価 0.1~10μm 0.1GPa 0.50% 0.10%	100% 1000億回 10cm2/Vsec(室温) 1m2以上 5% <0.1mm 数10cm角 5層-500 95% 曲率半径 1000mm 5mm 0.1%以下 0.1μm 10μm角/3MPa 500μm 5/5μm 1000 (0.1μm/100μm) 高効率化と大規模化 50nm 10μm角 1nm 0.1nm 深さ、直径、周長のばらつき原子レベル 0.1~40μm 0.10%			多機能情報携帯モバイル端末				
		0205	シングルボイントプロセス技術	共通	磁性材料の高品質化 配線材料の高品質化 電気接点の耐久性向上 機能(電子材料) 機能(機械、光学) 基材 半導体超格子の構造制御 ナノキャパシタの多層化 誘電体多層膜による高反射率、低応力膜成膜 膜の表面粗さと応力の制御(犠牲層含む)	70% 曲率半径 1000mm 100億回 1cm2/Vsec(室温) シート、プレート <0.1mm 数10μm角 単層・100 90% 曲率半径 100mm 10mm 1%以下 1μm 3μm/0.001% (-100pm/V) 1mm角/0.1MPa 50μm 20/20μm 最小線幅/スペース アスペクト比(柱径/深さ) 最小加工サイズ(最小線幅/スペース) 無次陥、もしくは欠陥制御 孔径 400nm 200nm 形状の統計的評価 0.2~5μm 0.2GPa 1% 混重LSIの加工寸	70% 曲率半径 1000mm	(曲率半径は複数の膜の総合的な内部応力で決定されると仮定) 100μm 100μm 3cm2/Vsec(室温) 1m2以上 10% 繊維、シート、プレート 5mm 0.1%以下 0.3μm 100μm角/1MPa 10/10μm 10 (1μm/10μm) 50nm 3μm角 100nm 100nm 形状の統計的評価 0.1~10μm 0.1GPa 0.50% 0.10%	100% 1000億回 10cm2/Vsec(室温) 1m2以上 5% <0.1mm 数10cm角 5層-500 95% 曲率半径 1000mm 5mm 0.1%以下 0.1μm 10μm角/3MPa 500μm 5/5μm 1000 (0.1μm/100μm) 高効率化と大規模化 50nm 10μm角 1nm 0.1nm 深さ、直径、周長のばらつき原子レベル 0.1~40μm 0.10%			多機能情報携帯モバイル端末				
		0206	ナノボラーラス成膜技術	共通	磁性材料の高品質化 配線材料の高品質化 電気接点の耐久性向上 機能(電子材料) 機能(機械、光学) 基材 半導体超格子の構造制御 ナノキャパシタの多層化 誘電体多層膜による高反射率、低応力膜成膜 膜の表面粗さと応力の制御(犠牲層含む)	70% 曲率半径 1000mm 100億回 1cm2/Vsec(室温) シート、プレート <0.1mm 数10μm角 単層・100 90% 曲率半径 100mm 10mm 1%以下 1μm 3μm/0.001% (-100pm/V) 1mm角/0.1MPa 50μm 20/20μm 最小線幅/スペース アスペクト比(柱径/深さ) 最小加工サイズ(最小線幅/スペース) 無次陥、もしくは欠陥制御 孔径 400nm 200nm 形状の統計的評価 0.2~5μm 0.2GPa 1% 混重LSIの加工寸	70% 曲率半径 1000mm	(曲率半径は複数の膜の総合的な内部応力で決定されると仮定) 100μm 100μm 3cm2/Vsec(室温) 1m2以上 10% 繊維、シート、プレート 5mm 0.1%以下 0.3μm 100μm角/1MPa 10/10μm 10 (1μm/10μm) 50nm 3μm角 100nm 100nm 形状の統計的評価 0.1~10μm 0.1GPa 0.50% 0.10%	100% 1000億回 10cm2/Vsec(室温) 1m2以上 5% <0.1mm 数10cm角 5層-500 95% 曲率半径 1000mm 5mm 0.1%以下 0.1μm 10μm角/3MPa 500μm 5/5μm 1000 (0.1μm/100μm) 高効率化と大規模化 50nm 10μm角 1nm 0.1nm 深さ、直径、周長のばらつき原子レベル 0.1~40μm 0.10%			多機能情報携帯モバイル端末				
		0207	ナノボラー/ドット形成技術	共通	磁性材料の高品質化 配線材料の高品質化 電気接点の耐久性向上 機能(電子材料) 機能(機械、光学) 基材 半導体超格子の構造制御 ナノキャパシタの多層化 誘電体多層膜による高反射率、低応力膜成膜 膜の表面粗さと応力の制御(犠牲層含む)	70% 曲率半径 1000mm 100億回 1cm2/Vsec(室温) シート、プレート <0.1mm 数10μm角 単層・100 90% 曲率半径 100mm 10mm 1%以下 1μm 3μm/0.001% (-100pm/V) 1mm角/0.1MPa 50μm 20/20μm 最小線幅/スペース アスペクト比(柱径/深さ) 最小加工サイズ(最小線幅/スペース) 無次陥、もしくは欠陥制御 孔径 400nm 200nm 形状の統計的評価 0.2~5μm 0.2GPa 1% 混重LSIの加工寸	70% 曲率半径 1000mm	(曲率半径は複数の膜の総合的な内部応力で決定されると仮定) 100μm 100μm 3cm2/Vsec(室温) 1m2以上 10% 繊維、シート、プレート 5mm 0.1%以下 0.3μm 100μm角/1MPa 10/10μm 10 (1μm/10μm) 50nm 3μm角 100nm 100nm 形状の統計的評価 0.1~10μm 0.1GPa 0.50% 0.10%	100% 1000億回 10cm2/Vsec(室温) 1m2以上 5% <0.1mm 数10cm角 5層-500 95% 曲率半径 1000mm 5mm 0.1%以下 0.1μm 10μm角/3MPa 500μm 5/5μm 1000 (0.1μm/100μm) 高効率化と大規模化 50nm 10μm角 1nm 0.1nm 深さ、直径、周長のばらつき原子レベル 0.1~40μm 0.10%			多機能情報携帯モバイル端末				
		0208	LSIプロセス融合成膜技術	共通	磁性材料の高品質化 配線材料の高品質化 電気接点の耐久性向上 機能(電子材料) 機能(機械、光学) 基材 半導体超格子の構造制御 ナノキャパシタの多層化 誘電体多層膜による高反射率、低応力膜成膜 膜の表面粗さと応力の制御(犠牲層含む)	70% 曲率半径 1000mm 100億回 1cm2/Vsec(室温) シート、プレート <0.1mm 数10μm角 単層・100 90% 曲率半径 100mm 10mm 1%以下 1μm 3μm/0.001% (-100pm/V) 1mm角/0.1MPa 50μm 20/20μm 最小線幅/スペース アスペクト比(柱径/深さ) 最小加工サイズ(最小線幅/スペース) 無次陥、もしくは欠陥制御 孔径 400nm 200nm 形状の統計的評価 0.2~5μm 0.2GPa 1% 混重LSIの加工寸	70% 曲率半径 1000mm	(曲率半径は複数の膜の総合的な内部応力で決定されると仮定) 100μm 100μm 3cm2/Vsec(室温) 1m2以上 10% 繊維、シート、プレート 5mm 0.1%以下 0.3μm 100μm角/1MPa 10/10μm 10 (1μm/10μm) 50nm 3μm角 100nm 100nm 形状の統計的評価 0.1~10μm 0.1GPa 0.50% 0.10%	100% 1000億回 10cm2/Vsec(室温) 1m2以上 5% <0.1mm 数10cm角 5層-500 95% 曲率半径 1000mm 5mm 0.1%以下 0.1μm 10μm角/3MPa 500μm 5/5μm 1000 (0.1μm/100μm) 高効率化と大規模化 50nm 10μm角 1nm 0.1nm 深さ、直径、周長のばらつき原子レベル 0.1~40μm 0.10%			多機能情報携帯モバイル端末				

MEMS分野の技術ロードマップ(4/12)

MEMS要素技術 分類-1 形成技術	MEMS要素技術 分類-2 形成技術	No.	重要技術課題	分野	指標	2007年	2008年	2009年	2010年	2011年	2012年	2013年	2014年	2015年	2025年	製品(MEMS技術の適用品)					
形成技術 (機能化・ 表面改質)	ナノ機能 材料選択 的的形成技 術	0301	ナノインプリント 技術-低損傷ハ ターニング技術	共通	光学無織レンズ、バ イナリレンズエンボス リング	0.8 μm 凹凸形状レンズ	0.6 μm バイナリ レンズ	0.6 μm		0.3 μm	0.3 μm				50nm	マイクロアオデータ変位計測セ ンサ、マイクロミラー応用アハイ ス、凍結センサ マイクロミラー応用アハイ、凍 結センサ					
				ハイオ	非Si材料のナノイン プリント	2インチ 凹凸形状レンズ	4インチ サブミクロン凹凸構造										20インチ	在宅診断のためのモバイルヘ ルスケアシステム、分散型ネッ トワークによる広域環境モニ タリングシステム、超小型マイレ ー分析システム、超音波スクリー ニングシステム、早上型化学合 成システム			
				共通	マイクロ打抜き加工	最小加工サイズ	50 μm		30 μm								10 μm	メタルベースMEMS、低コスト指 向(チャイスポーサブル)分析チップ			
				共通	ナノ転写・形成複合 プロセス技術	最小加工サイズ	50 μm		30 μm								10 μm				
				光	マイクロエンボス加 工技術	転写面積・回数	1mm角・ 1回		5mm角・ 5回								10mm角・ 10回	20mm角・ 20回	受動素子内蔵基板		
				共通、ハイオ	ナノ粉体成形加工技 術	マイクロエンボス シニングの表面積化	面積	2インチ	4インチ								12インチ	20インチ	マイクロアオデータ変位計測セ ンサ、マイクロミラー応用アハイ ス、凍結センサ		
				共通	貫通孔理め直し技術	ウエハレベリング電 極形成	アスペクト比 (孔径/深さ)	50												ウエハレベリングパッケージ構 成での共通基盤技術	
				3次元ナ ノ構造形 成技術	3次元マイクロロ立体 型成形技術	共通	貫通孔の変形加工 化	孔径	5 μm					2.5 μm				0.5 μm			
						共通	高難型(微細化・高 アスペクト化)	ピッチ	10 μm						5 μm				1 μm		
						共通	3次元表面加工 技術	加工温度	100°C				80°C								
共通	3次元マイクロロ立体 型成形技術	シフト量						500 μm				1000 μm									
形成技術 (機能化・ 表面改質)	ナノ材料局所形成技 術	共通	3次元表面加工 技術	分岐数				1本-2本													
		共通	3次元表面加工 技術	加工寸法	2 μm			1 μm							0.5 μm	50nm					
		共通	3次元表面加工 技術	立体構造厚み	10 μm				100 μm			200 μm				1mm					
		共通	3次元表面加工 技術	加工寸法	100 μm				50nm						20nm	10nm					
形成技術 (機能化・ 表面改質)	ナノ材料局所形成技 術	共通	3次元表面加工 技術	加工寸法	10 μm			5 μm							1 μm	500nm					
		共通	3次元表面加工 技術	曲率半径	∞			10cm							1cm	500 μm					
		共通	3次元表面加工 技術	3次元の立体型の難 加工性向上やホットエ ンボスされた蓋分子 材料の3次元表面を 選択的に修飾	ハターン位置合わ せ精度										<1 μm	<100nm					
		共通	3次元表面加工 技術	選択的に3次元形状 をマスキ	ハターン寸法	1 μm									0.5 μm	100nm					
形成技術 (機能化・ 表面改質)	ナノ材料局所形成技 術	無線通信	ナノ材料の選択的形 成(位置制御)	位置精度	±2 μm		±1 μm			±0.5 μm				±0.2 μm	±100nm						
		無線通信	ナノ材料の選択的形 成(厚み制御)	厚み精度	<0.2 μm		<0.1 μm			<0.08 μm				<0.05 μm	<10nm						
		無線通信	ナノ材料の選択的形 成(形成領域)	最小領域	φ2 μm		φ1 μm			φ0.8 μm					φ0.5 μm	φ100nm					
		無線通信	ナノ材料の選択的形 成(形成領域)	微細化	φ5nm					φ0nm					φ10nm	φ10nm					

MEMS分野の技術ロードマップ(5/12)

MEMS要素技術 分類-1	MEMS要素技術 分類-2	No.	重要技術課題	分野	指標	2007年	2008年	2009年	2010年	2011年	2012年	2013年	2014年	2015年	2025年	製品 (MEMS技術の適用品)	
						1本 /20 μ m ²	1本/10 μ m ²	1秒/1本	1本/10 μ m ²	1秒/1本	1本/250nm ²	より高速化 →	2015年	2025年			
		0402	ナノ材料ウエハレベル形成技術	共通	選択的微小配列 処理時間	1本 /20 μ m ²	1本/10 μ m ²	1秒/1本	プローブ先端へのハタニング ナノ物質マニピュレーション技術					0.1秒/1本	より高速化 →	バイオ分析マルチプロローブシステム、 新型コロナウイルス検査キット	
		0403	ナノ材料ビルドアップ技術	共通	CNT/ナノ/SiワイヤのCVD選択形成 位置精度	1 μ m 3層	200nm	直接選択 架橋70%	直接選択 架橋100%	100nm 5層	CNT、形状制御(直線/コイル)、Si:機能化発現	細胞内動態の観察分離能20nm		数10nm 10層	10nm	ビルドアップ基板 携帯電話用基板、PC用基板 DNA1分子解糖、DNA配線、 DNA分子の機能材としての活用	
		0404	生体機能材料形成技術	エネルギー、環境、医療、福祉	配向分子	可溶性タンパク質	1 μ m		脂質分子	100nm	脂質分子	細胞内動態の観察分離能20nm		数nm	種分子の同時配向制御	MEMSバッチ マイクロコスモモジュール	
		0405	細胞配置・カプセル化技術	エネルギー、環境、医療、福祉	カプセル化細胞数	多細胞			複雑細胞		一細胞						
		0406	細胞の組織化技術	医療、福祉	配置・制御	配置・制御	2次元配置	正常培養	動物代替組織		組織レベル						創薬(動物実験の代替) 再生医療
		0407	化学的・バイオ的要素修飾技術	エネルギー、環境、医療、福祉	機能組織	ハタニング層厚度(親水性制御)タガタ等の吸着制御	10 μ m		複雑ハタニ		組織レベル						マイクロ化学システム共通技術
					生体分子機能保持したハタニング形成(ソフトラングラーファイバー)基板上	ハタニング解像度(微生物)	10 μ m		複雑ハタニ		組織レベル						外支出探システム(微生物利用) マイクロリアクタによる成分分解装置
					適切な官能基を持つ分子の付加&自己組織化	親水性・疎水性の制御	10nmオーダー ナノ構造利用		2次元配置		機能分子と 選択結合 の導入						生体微量試料のハンドリング 生体微量試料の前処理
					生体分子機能保持したハタニング形成(ソフトラングラーファイバー)基板上	付加機能	100nm		一部のタンパク		単分子レベル						バイオインターフェース
					生体分子機能保持したハタニング形成(ソフトラングラーファイバー)基板上	付加分子			細胞の選択 架橋2種類		細胞の3次元構造構築						再生医療、人工臓器
					生体分子機能保持したハタニング形成(ソフトラングラーファイバー)基板上	機能材料選択性			選択的修飾 有機半導体ナノ構造 3種類		3次元構造へのナノ構造体の選択的結合						マルチプロブデバイス エネルギーハーベスティング 環境物質センシング
					立体構造物への超精密化修飾	修飾量	±50nm 150aL				±10nm 20aL						バイオ分析マルチプロローブシステム

MEMS分野の技術ロードマップ(6/12)

MEMS要素技術 分類-1	MEMS要素技術 分類-2	No.	重要技術課題	分野	指標	2007年	2008年	2009年	2010年	2011年	2012年	2013年	2014年	2015年	2025年	製品 (MEMS技術の適用品)		
MEMS要素技術	分類-1	0408	分子の自己組織化現象応用表面制御技術	安心・安全	SAMアンカー膜形成・最薄技術	配向制御精度 最大面積 収率 安定性 同時計測チャンネル数 付加分子	80% 50 × 50nm 60% 30分程度 4チャンネル		200 × 200nm 2時間 4チャンネル							研究用心臓ペーストデバイス チップカラム、微量分離 微量精製		
		0409	ナノ粒子自己整列技術	共通	再構成膜	収率	60%			80%						90%	半年	
		0410	脂質二重層形成技術	共通	膜タンパク質チップ形成	同時計測チャンネル数	1チャンネル			4チャンネル						25チャンネル	超並列同時計測	
		0411	金属・有機半導体の表面制御技術	共通	界面制御による配向・配向	位置精度	ペプチド				200nm					50nm	高次膜タンパク質	高性能センサ材料
		0412	有機・絶縁膜の表面制御技術	共通	細胞親和性の制御	分解能(位置精度) 選択比	50μm 1			1μm 10						50nm 50	単一細胞解析 再生医療	
		0413	印刷方式表面修飾技術	共通	生体親和性の制御 ナノ化学修飾・ダイレクタリングラファイア	機能発現制御可能な生体 同時処理種類数 位置決め精度 修飾量 微細化/発生力	細胞 100nm 2種類 ±50nm 150aL 一般的な高分子圧電体(PVDF)の圧電定数は31 30pC/N			50nm 10種類 ±10nm 20aL					10nm 50種類 ±10nm 1aL	増大	フレキシブル構造のMEMS ウェアラブルMEMS	
		0414	加工・納容回復技術	共通	高分子圧電薄膜形成	回復解像度					35pC/N					40pC/N		ウェアラブルMEMS
		0415	LSIプロセス融合形成技術	共通	シリコン/金属3次元構造形成の平坦化加工	成形膜厚 平坦性	100nm 5μm			10μm			20μm			1nm 40μm	膜厚増大 平坦性向上	ユビキタスセンサーチップ、モバイル機器端末用センサーチップ 及URF MEMS、車載用センサー、医療介護用ハイタルサイレンサ
		0416	可動ナノ構造の形成技術	共通	立体ナノ構造と駆動	Q値	350nm			180nm			90nm			45nm	混載LSIの多機能化	MEMS発振器 ピエゾレータAFM
		異種融合技術	ナノバイオ融合技術	0501	界面制御技術	環境、医療・福祉	細胞親和性の制御	分解能 選択比	50μm 1		1μm 10						50nm 50	高等微生物まで
0502	活性細胞融合技術			環境、医療・福祉	生体親和性の制御	活性寿命 種類 細胞個数	1時間 1種類 多細胞			1μm 10					1週間 1週間 1週間	半年 1週間 1週間	人工臓器	
0503	活性生体分子融合技術			環境、医療・福祉	生体親和性の制御	寿命 個数・種類・配向	1時間 多分子			1μm 10					1週間 1週間	半年	創薬分野の研究用装置	

MEMS分野の技術ロードマップ(7/12)

MEMS要素技術 分類-1	MEMS要素技術 分類-2	No.	重要技術課題	分野	指標	2007年	2008年	2009年	2010年	2011年	2012年	2013年	2014年	2015年	2025年	製品(MEMS技術の適用品)		
ナノ/有機材料融合技術	有機ナノボラー形成技術	0504	有機ナノボラー形成技術	エネルギー、環境、医療・福祉	サイズの制御性 直径の制御		寸法 制御なし				直径50 nm以下 均一性			直径50 nm 均一性20%以内		エネルギーハーベスティング環 環境物質センシング		
		0505	有機ナノボラー形成技術	エネルギー、環境、医療・福祉	サイズの制御性 直径の制御			直径1000 nm 均一性 制御なし				直径100 nm以下 均一性 制御なし			直径100 nm 均一性20%以内		エネルギーハーベスティング環 環境物質センシング	
3次元構造形成技術	ナノ間隙への有機充填技術 異種材料レイアバイレイア積層技術	0506	ナノ間隙への有機充填技術	エネルギー、環境、医療・福祉 共通	間隙サイズ						直径200 nm以下 均一性 制御なし			直径20 nm以下 均一性20%以内		エネルギーハーベスティング環 環境物質センシング		
		0507	異種材料レイアバイレイア積層技術	共通	分解能	数100 μm								1 μm	分子レベル			
ナノ/有機材料融合技術	異種材料の厚膜積層技術	0508	異種材料の厚膜積層技術	共通	積分解能	5 μm	無機/有機							100 nm	20種類 ハイオ材料 常温			
		0509	パターン付き成膜および多層化技術	共通	材料組合せ・性質 層間アライメント	10 μm	無機/有機								200 nm			
ナノ/有機材料融合技術	メカノバイオ/半導体ハイブリッド積層技術	0510	メカノバイオ/半導体ハイブリッド積層技術	共通	積分解能	20 μm								400 nm				
		0511	3次元ナノ構造移植・精製技術	共通	層間アライメント 精度	200 μm									10 mm			異種材料積層デバイス、フォトニック結晶、ハイオフィルター、立体記録
自己組織化技術	セルブリアライメントによる位置決め技術 マルチCNTフロッピー製造技術	0512	セルブリアライメントによる位置決め技術	共通	新機能材料の微細パターンングと制御	50 μm								100 nm				
		0513	マルチCNTフロッピー製造技術	共通	界面結合の形成、パターンニング寸法、大量合成技術、長さの制御	10 μm									500 nm			Nano on MEMS
配線技術	ナノホール選択金属成膜技術	0514	ナノホール選択金属成膜技術	共通	選択成長可能寸法	1 mm								100 nm				
		0515	ナノワイヤ選択配線技術	共通	選択配線手法	5									20			
自己組織化技術	CNT成長用触媒粒子の自己組織化配列技術	0516	CNT成長用触媒粒子の自己組織化配列技術	共通	配列間隔	10 nm	1次元配列化10 nm							2次元配列5 nm				電子デバイスへの応用
		0517	CNT配線技術	共通	触媒粒子径	7 nm	電界集中利用							3 nm				マルチレイヤーデバイスへの応用
0518	自律的配線形成技術	共通	生体分子の自己組織化	適用デバイス	DNAによる網目配線	DNA利用											集積回路への応用	

MEMS分野の技術ロードマップ(8/12)

MEMS要素技術 分類-1	MEMS要素技術 分類-2	No.	重要技術課題	分野	指標	2007年	2008年	2009年	2010年	2011年	2012年	2013年	2014年	2015年	2025年	製品 (MEMS技術の適用品)			
MEMS要素技術 分類-1	MEMS要素技術 分類-2	0519	伸縮性誘体形成技術	共通	加工精度				10μmオーダー					100nmオーダー	2025年				
		0520	異面制御を利用した自律組立技術	共通	種類	2種類				5種類									
		0521	異面物理化学評価技術	共通	収率	60%					60%					90%			
		0522	ナノ領域におけるトライボロジー評価技術	共通	評価対象	電子・正孔					モルフナロジック欠陥								
MEMS要素技術 分類-1	MEMS要素技術 分類-2	0601	高品位ナノ機能膜形成技術(塗布型)	共通	評価対象	単一Sプロローブ	GNTプロローブ	アレイ化Siプロローブ	アレイ化Siプロローブ										
		0602	マイクロナノ印刷技術	共通	評価対象	撥水性Siプロローブ	DLCプロローブ												
		0603	高品位機能膜のメータ大面積形成技術	共通	接触物間作用力														
		0604	繊維状基材の製膜集積化技術	共通	電子的機能膜形成(Si系)	電子移動度	1.0cm ² /Vs	0.5cm ² /Vs	0.3cm ² /Vs	0.1cm ² /Vs									
MEMS要素技術 分類-1	MEMS要素技術 分類-2	0605	メータ級大面積アラメント技術	共通	電子移動度	100mm ² /Vs	50mm ² /Vs	10mm ² /Vs	5mm ² /Vs										
		0606	繊維状基材連続微細加工技術	共通	電子移動度	50mm ² /Vs	10mm ² /Vs	5mm ² /Vs	2mm ² /Vs										
		0607	大面積印刷のレジストレーション(重ね合わせ)技術	共通	電子移動度	10mm ² /Vs	5mm ² /Vs	2mm ² /Vs	1mm ² /Vs										
		0608	ナノインプリント連続成形技術(含む、ローラー式転写技術)	共通	電子移動度	5mm ² /Vs	2mm ² /Vs	1mm ² /Vs	0.5mm ² /Vs										
0609	連続EBプロセス技術	共通	電子移動度	2mm ² /Vs	1mm ² /Vs	0.5mm ² /Vs	0.2mm ² /Vs												

MEMS分野の技術ロードマップ(9/12)

MEMS要素技術 分類-1	MEMS要素技術 分類-2	No.	重要技術課題	分野	指標	2007年	2008年	2009年	2010年	2011年	2012年	2013年	2014年	2015年	2025年	製品(MEMS技術の適用品)	
前・後処理技術	表面洗浄技術	0610	連続FBプロセス技術	共通	堆積+エッチング連続加工による3次元形状ハイス形成	≤10個/ウエハ	≤10個/ウエハ	微小デバイスFB内マニピュレーションによる3次元加工装置の実現								微小センサ実現	
		0701	構造表面洗浄技術	共通	微細加工3次元形状洗浄 対象異物サイズ	≥0.3μm	≥0.1μm								≤10個/ウエハ	≤10個/ウエハ	MEMS製品の歩留まり安定化 & 低コスト化実現のための共通基盤技術
実装技術	組立技術	0801	高精度位置決め技術	共通	ウエハレベル高精度アラライメント ボンド位置精度(歩留まり80%以上の場合) 処理時間	1μm 1μm 1素子あたりの3分	1μm 1μm 20秒		0.5μm								MEMS偏向ミラー、ミラーアレイ、MEMSによる波面変調素子、MEMS光スキャナ、チューナブル分光素子 光学素子を内蔵するMEMS
		0802	MEMS・半導体共存の接合・組立技術	共通	三次元高精度位置(X, Y, Z)決め セルファセンサに光軸アラライメントによるチップレベルアラライメント チップレベル高精度アラライメント 電気的・熱的に低ダメージの小型化・一体化の接合・組立 低温での低応力接合	実装後位置精度(X, Y, Z) X, Y 2μm Z 1μm X, Y 1μm Z 0.5μm 1μm 2μm 1素子あたりの1分 ウエハレベル集積	X, Y 1μm Z 0.5μm X, Y 0.5μm Z 0.5μm 1μm 2μm 1素子あたりの1分 ウエハレベル集積	モノリシック集積			多層MEMS集積				3Dモノリシック集積	10sec ナノデバイス集積	MEMS製品の小型化・集積化のための共通基盤技術 全てのMEMS製品
接合技術		0803	低温・低応力接合技術	光	低温での低応力接合	有効範囲口10mmの面精度(量産適用レベル) 2μm (2.9λ at 680nm)	1μm (1.5λ at 680nm)								0.1μm (0.25λ at 680nm)	0.1μm (0.25λ at 680nm)	MEMS偏向ミラー、ミラーアレイ、MEMSによる波面変調素子、MEMS光スキャナ、チューナブル分光素子 多機能情報携帯モバイル端末
		0804	無線通信	無線通信	チップレベルでの低温接合 異種基板チップ接合	300°C 1段階 (ON, OFF)	300°C 4段階 (1, 2, 4, 8)		200°C							室温	室温
				ハイオ	非S材料の高精度接合・組立	高精度接着材料開発 多種材料汎用接着可能、低温(~100°C以下)、薄層化可能材料											在宅診断のためのモバイルヘルスケアシステム、分散型ネットワークによる広域環境モニタリングシステム、超小型モバイル分析システム、超高速スクリーニングシステム、卓上型化学合成システム
				共通	低温ウエハ接合	低温接合温度	1MPa 薄層化(~1μm以下)										

MEMS分野の技術ロードマップ(10/12)

MEMS要素技術 分類-1	MEMS要素技術 分類-2	重要技術課題	分野	指標	2007年	2008年	2009年	2010年	2011年	2012年	2013年	2014年	2015年	2025年	製品 (MEMS技術の適用品)
					2007年	2008年	2009年	2010年	2011年	2012年	2013年	2014年	2015年	2025年	
パッケージ技術	0804	封止技術	光	3次元低温成膜	100°C	100°C								室温	ハイオ向けMEMS製品
				気密(真空、耐湿)封止	100°C	80°C									室温
各種検査・評価技術	0807	トリミング技術	センサ	使用限度又は規格の温度/圧力	10年	10年								10年(常温接合)	MEMS偏向ミラー、ミラーアレイ、MEMSによる波面変調素子、チューナブル分光素子
				耐高温、高圧接合、封止	300°C、30atm										
各種検査・評価技術	0805	高度集積技術	共通	遮光性										99.9%	電子回路集積or光学的に影響を受けるデバイス
				遮光性vs波長											99.9%
各種検査・評価技術	0806	トリミング技術	共通	高放熱パッケージ	80°C	50°C								8機能×8個	マイクロ化学システム共通技術
				アクチュエータ集積	2機能×2個	3機能×3個	4機能×4個	種数種部品の確率的アセンブリによる集積パターン形成							
各種検査・評価技術	0807	カッピング技術	共通	ナノスケール部品のMEMS基板上へのアセンブル	MEMSによるCNT1本のマニピュレーション	MEMSによるCNT1本のマニピュレーション	MEMSによるCNTの電気的・機械的特性評価	MEMSによるCNTアセンブル							
				CNTの物理的マニピュレーションによるアセンブル	スループット	位置精度/速度	高速化 ±10nm、 10s/本	高速化 ±10nm、 10s/本	高速化 ±10nm、 10s/本	高速化 ±10nm、 10s/本	高速化 ±10nm、 10s/本	高速化 ±10nm、 10s/本	高速化 ±10nm、 10s/本	高速化 ±10nm、 10s/本	高速化 ±10nm、 10s/本
各種検査・評価技術	0901	形状測定技術	共通	分子機能を維持、制御する集積システムの実装	10μW	10μW									ファイバインオMEMSデバイス
				自己発電&蓄電素子集積化	10μW	10μW	10μW	10μW	10μW	10μW	10μW	10μW	10μW	10μW	10μW
各種検査・評価技術	0806	トリミング技術	センサ	生化学発電量	100μm振動で0.1μW	100μm振動で0.1μW									制御用電子回路を集積化したMEMSデバイス:加工精度はレーザートリミングで妥当
				高精度・高速化	0.1μW	0.1μW	0.1μW	0.1μW	0.1μW	0.1μW	0.1μW	0.1μW	0.1μW	0.1μW	0.1μW
各種検査・評価技術	0807	カッピング技術	共通	MEMS部品のウエハダイニング	10秒	10秒									ウエハレベルバルブパッケージング困難なMEMS製品等:低電氣的・低機械的ダメージ接合も含まれた
				破損率	1%	1%									
各種検査・評価技術	0901	形状測定技術	共通	非接触3次元形状計測・評価	10(深さ100μm、溝幅10μm)	50(深さ500μm、溝幅10μm)									500(深さ500μm、孔径1μm)径5μm)
				3次元形状表面の非破壊膜厚測定精度	1mm幅、1mm深さ、0.1μm膜厚	1mm幅、1mm深さ、0.1μm膜厚	1mm幅、1mm深さ、0.1μm膜厚	1mm幅、1mm深さ、0.1μm膜厚	1mm幅、1mm深さ、0.1μm膜厚	1mm幅、1mm深さ、0.1μm膜厚	1mm幅、1mm深さ、0.1μm膜厚	1mm幅、1mm深さ、0.1μm膜厚	1mm幅、1mm深さ、0.1μm膜厚	1mm幅、1mm深さ、0.1μm膜厚	1mm幅、1mm深さ、0.1μm膜厚
各種検査・評価技術	0901	形状測定技術	共通	3次元形状表面の非破壊膜厚測定精度	1mm幅、1mm深さ、0.1μm膜厚	1mm幅、1mm深さ、0.1μm膜厚									100μm幅、100μm深さ、50nm rms
				3次元形状表面の非破壊粗さ測定精度	1mm幅、1mm深さ、0.1μm膜厚	1mm幅、1mm深さ、0.1μm膜厚	1mm幅、1mm深さ、0.1μm膜厚	1mm幅、1mm深さ、0.1μm膜厚	1mm幅、1mm深さ、0.1μm膜厚	1mm幅、1mm深さ、0.1μm膜厚	1mm幅、1mm深さ、0.1μm膜厚	1mm幅、1mm深さ、0.1μm膜厚	1mm幅、1mm深さ、0.1μm膜厚	1mm幅、1mm深さ、0.1μm膜厚	1mm幅、1mm深さ、0.1μm膜厚

MEMS分野の技術ロードマップ(11/12)

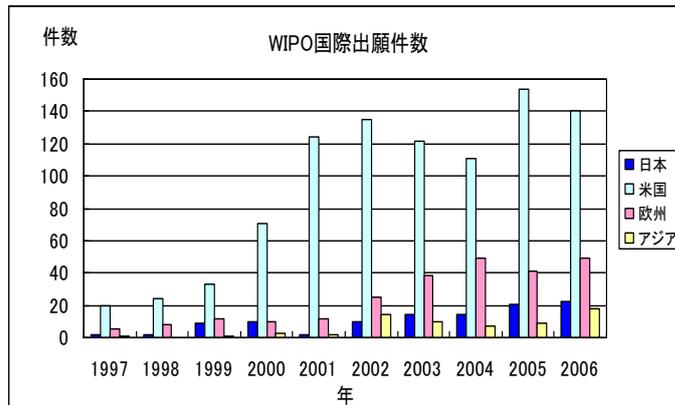
MEMS要素技術 分類-1	MEMS要素技術 分類-2	No.	重要技術課題 評価技術	分野	指標	2007年	2008年	2009年	2010年	2011年	2012年	2013年	2014年	2015年	2025年	製品 (MEMS技術の適用品)
		0902	強度等デバイス特性 評価技術	共通	気密封止評価 検出しレベル ウエハレベル接合評価 計測感度 接合後のギャップ精 度評価 0.5μm ウエハレベル接合 力分布評価 非晶質材料 平面 分解能 10μm 応 力測定精度 1Mpa 測定精度 1 μmキヤブ が±0.5%で	できていない ボイドサイズ 0.5μm			デバイス寸法 1cm ³ 0.2μm	1μmキヤブ が±0.5%で			0.1μm 1μmキヤブ が±0.1%で	0.01μm 1μmキヤブ が±0.1%で	ウエハレベル 8インチ 12インチ	ウエハレベル ウエハレベル
		0903	システム信頼性評価 技術	無線通信	高周波対応システムの 信頼性評価	試験法策定	試験法策定 (S)		規格化開始	曲げ試験法策定 (S)	振れ試験法策定 (S)					可動構造を有するMEMS製品 全般
		0904	生体情報評価技術	バイオ、医療・福祉	高周波対応システムの 信頼性評価 生体情報その場 観察装置と計測操 作	試験法策定 規格の制定	研究レベル 評価法確立									可動構造を有するMEMS製品 全般 集積RF-MEMS
		0905	微小領域における物 理量計測技術	共通	分子レベルでの温度 計測 温度・圧力等の分布 ひずみセンサ	試験法策定 規格の制定 計測可能細胞、分 子寸法、計測時間 計測温度制御 電氣的計測分解 能 化学的計測分解 能 細胞操作	研究レベル 評価法確立 1S 100nm 0.5℃ 複数チャネル 単一細胞			複数セブ タ	1S 50nm			1S 10nm	1S 1nm	ファイブMEMS
		0906	検査評価用解析技 術	共通	分子レベルでの温度 計測 温度・圧力等の分布 ひずみセンサ	試験法策定 規格の制定 計測可能細胞、分 子寸法、計測時間 計測温度制御 電氣的計測分解 能 化学的計測分解 能 細胞操作	研究レベル 評価法確立 1S 100nm 0.5℃ 複数チャネル 単一細胞			複数セブ タ	1S 50nm			1S 10nm	1S 1nm	ファイブMEMS
		1001	MEMSシ ミュレ ション技 術	共通	検査評価用解析技 術のシステム化 運成解析のシステ ム化、高度化	試験法策定 規格の制定 計測可能細胞、分 子寸法、計測時間 計測温度制御 電氣的計測分解 能 化学的計測分解 能 細胞操作	研究レベル 評価法確立 1S 100nm 0.5℃ 複数チャネル 単一細胞			複数セブ タ	1S 50nm			1S 10nm	1S 1nm	ファイブMEMS
		1002	プロセス解析技術	共通	MEMS材料加工多 メディアシミュレ ーションの解析 プロセス解析の高度 化	試験法策定 規格の制定 計測可能細胞、分 子寸法、計測時間 計測温度制御 電氣的計測分解 能 化学的計測分解 能 細胞操作	研究レベル 評価法確立 1S 100nm 0.5℃ 複数チャネル 単一細胞			複数セブ タ	1S 50nm			1S 10nm	1S 1nm	ファイブMEMS

MEMS分野の技術ロードマップ(12/12)

MEMS要素技術 分類-1	MEMS要素技術 分類-2	No.	重要技術課題	分野	指標	2007年	2008年	2009年	2010年	2011年	2012年	2013年	2014年	2015年	2025年	製品(MEMS技術の適用品)
		1003	システム化解析技術	共通	システム化技術の高度化	複数MEMS/IC									2025年	製品(MEMS技術の適用品)
		1004	ナノ/マイクロ/マクロ解析モデリング技術	共通	システム化技術の高度化	複数MEMS/IC									2025年	製品(MEMS技術の適用品)
マルチスケールシミュレーション技術		1005	電場・磁場・構造・熱・流体の連成解析技術	共通	強連成・弱連成を含めたモデル化および解析手法の確立	微小領域におけるシステムレベルでの解析									2025年	製品(MEMS技術の適用品)
マルチスケールシミュレーション		1006	材料・界面・プロセス	共通	MEMS材料の試験評価法と材料特性データベース	シリコン系材料DB									2025年	製品(MEMS技術の適用品)
データベース構築		1007	知識	共通	MEMS製造・評価技術に関わる知識DB	高精度3D MEMS製造技術知識DB									2025年	製品(MEMS技術の適用品)
		1101	多品種少量・省エネ・フレキシブル加工システム	共通	MEMS製造技術の小型化・省エネ化・フレキシブル化	設置寸法 消費電力 生産スループット									2025年	製品(MEMS技術の適用品)
製造システム技術															2025年	製品(MEMS技術の適用品)

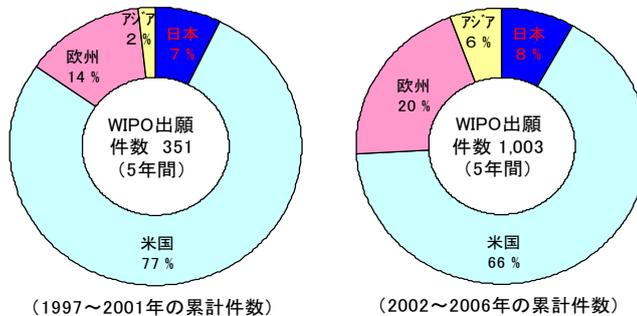
MEMS分野の国際競争ポジション

1. MEMSに関する特許動向



出典:平成19年度MEMSの技術戦略マップのローリングに関する調査「学術動向調査」

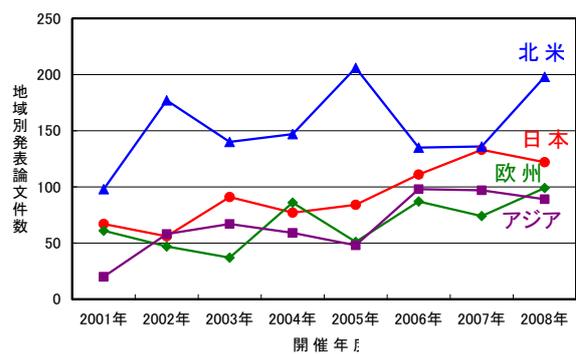
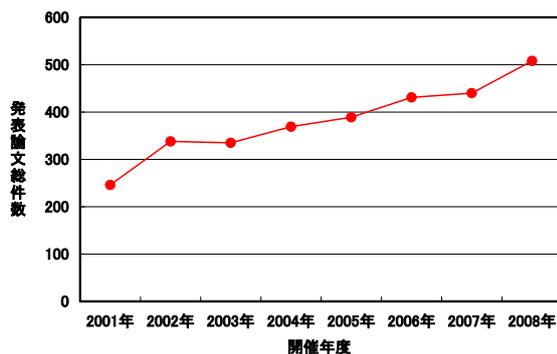
◆WIPO国際特許出願件数をみると、1997～2001年の5年間の累計件数に対し、近年(2002～2006年)の5年間の累計件数が3倍程度となり、大きな伸びを示している。



出典:平成19年度MEMSの技術戦略マップのローリングに関する調査「学術動向調査」

◆WIPO国際特許出願件数の地域別割合をみると、近年(2002～2006年)では、日本で若干の伸びがあるほか、アジアでは3倍となっている。また欧州の伸びも大きく、その分、米国がその割合を落としている。

2. MEMSに関する論文発表動向

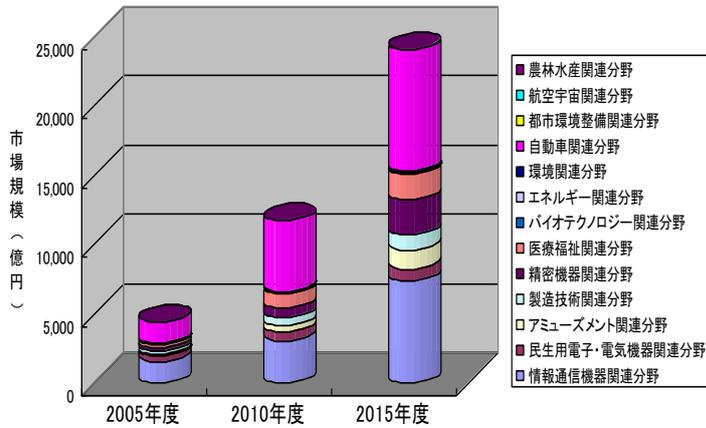


出典:平成19年度MEMSの技術戦略マップのローリングに関する調査「学術動向調査」

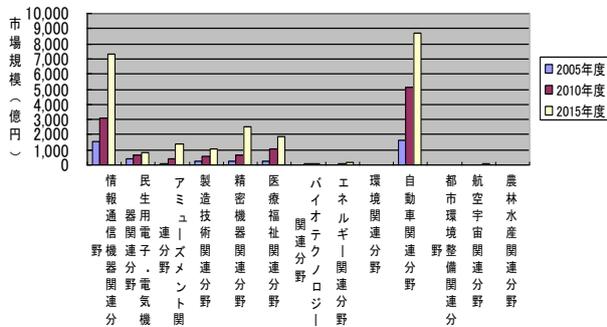
◆代表的なMEMSの国際会議であるIEEE International Conference on Micro Electro Mechanical Systemsにおける発表論文数は、7年間で倍増した。地域別に見ると、これまで日本がトップの北米を急速に追い上げていたが、2008年に北米と欧州が巻き返しを見せた。

3. MEMSの市場動向

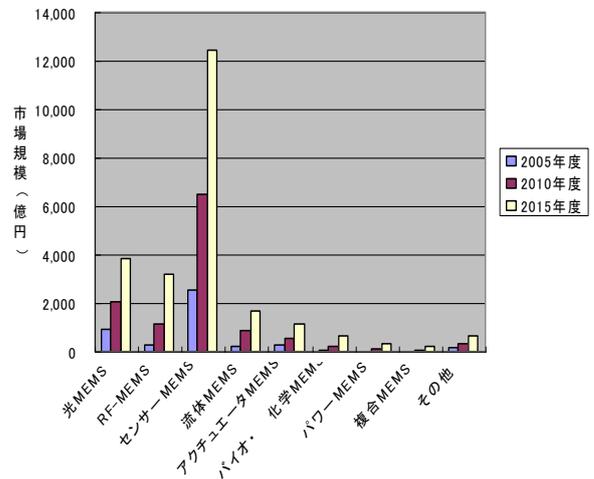
現在市場規模(2005年度) 4,397.3億円
 2010年度予想 1兆1,743.4億円
 2015年度予想 2兆4,074.3億円



分野別市場動向



MEMS製品別市場動向



出典:平成18年度MEMSの技術戦略マップのローリングに関する調査「市場動向調査」

◆MEMSの市場は順調に拡大しており、2010年度には1兆円を超えると予想されている。市場としては自動車関連分野と情報通信機器関連分野で大きく伸び、今後ともセンサー・光・RF-MEMS等を中心に市場を形成していく。

事前評価書

	作成日	平成17年11月07日
1. 事業名称 (コード番号)	高集積・複合 MEMS 製造技術開発プロジェクト	
2. 推進部署名	機械システム技術開発部	
3. 事業概要	<p>(1) 概要：日本のMEMS産業は、微小三次元構造的加工による単機能 MEMS デバイスを中心として発展しており、今後世界のトップレベルにある日本のナノ機能研究の成果を MEMS に適用する期待が高まっている。一方、米国では、LSI などの半導体集積化をベースとした MEMS の集積化が発展、欧州ではハイブリッド主体とした MEMS 集積化に注力している。今後、需要が急増すると予想される情報通信分野や国際競争力を持つ自動車分野などで強く求められている主要部品の小型化、高・多機能化、低コスト化を実現するために、微小三次元構造加工の高度化とナノ部材などの異種材料の活用による機能の集積化を図るための基盤製造技術を開発し、製造分野全般における産業競争力の強化に資することを目的とする。</p> <p>本事業では、今後5年～10年後の実用化をめざして、以下の3つの研究課題に取り組む。</p> <p>①MEMS/ナノ機能の複合：MEMS の上にナノ構造やナノ修飾を施す製造技術開発することにより、優れた機能を発揮するデバイスを実現できる。</p> <p>②MEMS/半導体の一体形成：MEMS デバイスと半導体集積回路を一体で形成する集積化製造技術を開発することにより、機能体積比の飛躍的向上が可能となる。</p> <p>③MEMS/MEMS の高集積結合：レンズ、ミラーなどの複数の MEMS と、発光素子、受光素子などの異種機能材料に関し、それぞれの機能材料をウェハレベルで一括複合する製造技術を開発することにより、高度なデバイスを実現できる。</p> <p>(2) 事業規模：総事業費（国費分）（平成18年度 11億円程度）</p> <p>(3) 事業期間：平成18年度～20年度（3年間）</p>	
4. 評価の検討状況		

(1) 事業の位置付け・必要性

我が国の日本のMEMS産業は、微小三次元構造的加工による単機能MEMSデバイスを中心として発展しており、今後、需要が急増すると予想される情報通信分野や国際競争力を持つ自動車分野などで強く求められている主要部品の小型化、高・多機能化、低コスト化を実現するためには、微小三次元化構造加工の高度化とナノ部材などの異種材料の活用による高機能、多機能MEMSの製造技術開発が重要である。また、またこれらのMEMSが実現されれば、安心安全、環境、エネルギー、医療福祉といった社会的ニーズへの波及効果も期待できる。しかしながら、実用化、事業化のためには多大な時間と費用を要し、またリスクも高いため、民間のみによる取り組みを期待することは難しい。従って、国が中心となって産学官連携による集中的な取り組みを実施することにより、技術開発の加速化や研究成果を生かした製品の早期実用化が可能となる。よって、本事業は、産業の技術競争力強化に大きく貢献する分野であり、その成果が産業全体に寄与するため、国の事業として行う必要性が高い事業である。

(2) 研究開発目標の妥当性

[目標]

今後5～10年後に必要とされるMEMS製品を想定し、この達成に必要な要素技術を開発する。想定されるMEMS製品の例は以下のとおりである。

- ・携帯電話用RF-MEMS
- ・計測装置用光MEMS
- ・通信機能付き超小型多機能センサ

[妥当性]

今後5～10年後に必要とされる商品として魅力的なMEMS製品を設定する必要がある。また、MEMS製品を実現するために必要なスペック（技術仕様）への落とし込みについては、ユーザーおよびメーカーの両者の知見を反映させる必要がある。

(3) 研究開発マネジメント

①MEMS/ナノ機能の複合、②MEMS/半導体の一体形成および③MEMS/MEMSの高集積結合といった3つの研究課題に対して、過不足のない重要研究テーマを設定するとともに、全体的には助成事業であるが、基盤技術については委託事業で実施して、基盤技術の情報共有化により技術開発の加速を行う。

(4) 研究開発成果

需要が急増すると予想される情報通信分野や国際競争力を持つ自動車分野のみならず、産業全体にも広く波及効果が期待できる。

<p>(5) 実用化・事業化の見通し 2010年以降</p>
<p>(6) その他特記事項 特になし。</p>
<p>5. 総合評価 以上、4. の評価結果により、NEDOの事業として実施するには、研究テーマの選定、目標等について、今後さらに、委員会やNEDOPOSTにより、詳細を詰めていく必要がある。</p>

「高集積・複合 MEMS 製造技術開発基本計画（案）」に対するパブリックコメント募集の結果について

平成18年2月24日
NEDO技術開発機構
機械システム技術開発部

NEDO POST 3において標記基本計画（案）に対するパブリックコメントの募集を行いました結果をご報告いたします。
お寄せいただきましたご意見を検討し、別添の基本計画に反映させていただきました。
みなさまからのご協力を頂き、ありがとうございました。

1. パブリックコメント募集期間

平成18年2月6日～平成18年2月16日

2. パブリックコメント投稿数<有効のもの>

計8件

3. パブリックコメントの内容とそれに対する考え方

ご意見の概要	ご意見に対する考え方	基本計画への反映
全体について		
[意見1]（8件） ICメーカーの考える次のMEMS、今、MEMSを中心に展開しているMEMSメーカーの次のMEMS、さらにナノテク等の他分野技術との取り込みが課題として盛り込まれており、期待が大きいプロジェクトである。	[考え方と対応] ご意見、拝承しました。	[反映の有無と反映内容] 特になし
1. 研究開発の目的		
(1) 研究開発の目的		
(2) 研究開発の目標		
[意見1]（1件） 基本計画案の目標は非常に高いと感じますが、計画実行によって得られるメリットは非常に大きく、国の支援の下進めるプロジェクトとして魅力あるものと考えます。	[考え方と対応] ご意見、拝承しました。	[反映の有無と反映内容] 特になし

(3) 研究開発の内容		
2. 研究開発の実施方式		
(1) 研究開発の実施体制		
<p>[意見 1] (1件) 産学連携をどう効果的に進めるかが重要であり、その点で、委託事業と助成事業の配置構成がそれを示すものと考えておりますが、それらお互いがどう有機的に係わっていくかについて、大学や国研、企業の提案として、どう取り組みを引き出すかが重要になると思われる。</p> <p>[意見 1] (1件) 但し、企業に対しては1/2 補助であるため、チャレンジな提案ができないため、欧米との差が付くのを危惧致します。願わくば、企業に対しても100%補助にして、企業がチャレンジあるテーマを提案できるような国の支援をお願いしたいと思います。</p>	<p>[考え方と対応] 本プロジェクトは、産学連携の下で進めることとしており、その効果的な推進は、非常に重要であると考えています。今後、この点にも留意して、採択やプロジェクト運営を行っていく予定です。</p> <p>[考え方と対応] 欧米との差を縮め、追い抜くために、本プロジェクトを立ち上げました。研究開発項目の中で製品化に近いところは、企業もお金を出して、積極的に取り組んでいただくため、1 / 2 助成がよいと考えています。ただし、基礎的・基盤的技術については委託とし、その成果を開示し、実用化開発の主体や広くMEMS 産業への普及・活用に役立たせることが望まれるため、大学等の公的機関で実施します。</p>	<p>[反映の有無と反映内容] 特になし</p> <p>[反映の有無と反映内容] 特になし</p>
(2) 研究開発の運営管理		
3. 研究開発の実施期間		
4. 評価に関する事項		
5. その他重要事項		
その他		

以上

添付資料5

5-1. 特許出願リスト

研究開発項目① MEMS/ナノ機能の複合技術の開発

(1) 選択的ナノ機械構造体形成技術(東京大学)

国内出願

番号	出願日	出願番号	名称	発明者
1	2007.1.19	特願 2007-010867	微小構造体の製造方法, 微小構造体 およびマイクロデバイス	国立大学法人東京大 学
2	2007.1.19	特願 2007-010869	微小構造体の集積方法, 微小構造体 およびマイクロデバイス	国立大学法人東京大 学
3	2008.1.10	特願 2008-003695	SPR センサチップ及びこれを用いた SPR センサ	国立大学法人東京大 学

海外出願

番号	出願日	出願番号	名称	発明者
1	2008.1.21	国際出願番号 PCT/JP2008/050729	微小構造体の集積方法, 微小構 造体およびマイクロデバイス	国立大学法人東京大 学
2	2008.1.21	国際出願番号 PCT/JP2008/050728	微小構造体の製造方法, 微小構 造体およびマイクロデバイス	国立大学法人東京大 学

(2) バイオ材料(タンパク質など)の選択的修飾技術(産業技術総合研究所)

国内出願

番号	出願日	出願番号	名称	発明者
1	2008/2/7	2008-027552	タンパク質分析用試薬	鈴木祥夫、横山憲二
2	2008/6/12	2008-153991	ポロンジピロロメタン誘導体及びそ れを用いた過酸化脂質測定試薬	井上直子、鈴木祥 夫、横山憲二、軽部 征夫

(3) ナノ材料(CNT など)の選択的形成技術(産業技術総合研究所)

国内出願

番号	出願日	出願番号	名称	発明者
1	2007/02/20	2007-039481	カーボンナノチューブを用いた機能性素子 基板及びその製造方法	産総研
2	2007/02/20	2007-039531	カーボンナノチューブ・ビーム及びその製造 方法	産総研
3	2008/02/19	2008-038029	カーボンナノチューブ膜構造体及びその製 造方法	産総研
4	2008/02/29	2008-051319	カーボンナノチューブ膜構造体及びその製 造方法	産総研
5	2008/02/29	2008-051320	カーボンナノチューブ構造体及びその製造 方法	産総研
6	2008/05/01	2008-119820	カーボンナノチューブ膜構造体及びその製 造方法	産総研

海外出願

番号	出願日	出願番号	名称	発明者
1	2008/02/20	PCT/JP2008/0528 75	カーボンナノチューブからなる梁状体 及びその製造方法	産総研
2	2009/01/14	200910003609 (CN)	カーボンナノチューブ構造体及びその 製造方法	産総研
3	2009/03/02	PCT/JP2009/0539 07	カーボンナノチューブ膜構造体及びそ の製造方法	産総研
4	2009/03/02	12/379801(US)	カーボンナノチューブ構造体及びその 製造方法	産総研

(4) ナノ機能を組み込んだMEMS デバイスの製造技術(三菱電機株式会社)

国内出願

番号	出願日	出願番号	名称	発明者
1	2007/6/29	2007-171755	MEMS スイッチ及びその製造方法	吉田 幸久
2	2008/1/29	2008-017801	メッキ方法およびその方法により製造されたメッキ皮膜を備えたメッキ品およびメッキ液	出尾 晋一

研究開発項目② MEMS/半導体の一体形成技術の開発

(1) MEMS-半導体プロセス統合モノリシック製造技術

(1)-1. 新たなセンシング原理の探索- (立命館大学)

国内出願

番号	出願日	出願番号	名称	発明者
1	2009//	出願準備中	ピエゾ抵抗素子の製法と構造	杉山進他
2	2009//	出願準備中	WSiを可動構造とする慣性センサ	杉山進他

(1)-2. 半導体モノリシック集積化基盤技術開発(株式会社 日立製作所)

国内出願

番号	出願日	出願番号	名称	発明者
1	2006/11/30	2006-323865	MEMSセンサが混載された半導体装置	藤森司、花岡裕子、福田宏
2	2007/07/12	2007-183159	微小電気機械システム素子の製造方法	鄭希元、後藤康、花岡裕子、藤森司
3	2007/11/16	2007-297854	半導体装置およびその製造方法	後藤康、藤森司、鄭希元、山中聖子
4	2008/02/21	2008-040030	半導体装置	後藤康、藤森司
5	2008/06/19	2008-160342	集積化マイクロエレクトロメカニカルシステムおよびその製造方法	花岡裕子、鷹野秀明、藤森司

海外出願

番号	出願日	出願番号	名称	発明者
1	2007/04/05	11/697202 (US)	SEMICONDUCTOR DEVICE CARRYING MICRO ELECTRO MECHANICAL SYSTEM	Tsukasa Fujimori, Yuko Hanaoka, Hiroshi Fukuda
2	2007/04/25	07008443.9 (EP)	SEMICONDUCTOR DEVICE CARRYING MICRO ELECTRO MECHANICAL SYSTEM	Tsukasa Fujimori, Yuko Hanaoka, Hiroshi Fukuda
3	2008/06/20	12/143372 (US)	METHOD OF MANUFACTURING MICRO ELECTRO MECHANICAL SYSTEMS DEVICE	Heewon JEONG, Yasushi Goto, Yuko Hanaoka, Tsukasa Fujimori
4	2008/06/25	08011540.5 (EP)	METHOD OF MANUFACTURING MICRO ELECTRO MECHANICAL SYSTEMS DEVICE	Heewon JEONG, Yasushi Goto, Yuko Hanaoka, Tsukasa Fujimori
5	2008/11/13	12/270463 (US)	Semiconductor device and method of manufacturing the same	Yasushi GOTO, Tsukasa Fujimori, Heewon Jeong, Kiyoko Yamanaka
6	2008/11/13	08019868.2 (EP)	Semiconductor device and method of manufacturing the same	Yasushi GOTO, Tsukasa Fujimori, Heewon Jeong, Kiyoko Yamanaka

(2)MEMS-半導体縦方向配線技術

(2)-1. 縦方向集積MEMS デバイス製造技術の開発(オムロン株式会社)

国内出願

番号	出願日	出願番号	名称	発明者
1	2006/5/24	2006-144689	積層デバイス、およびその製造方法	佐々木昌、他
2	2008/07/14	2008-182577	基板接合方法および電子部品	塩崎真良、他

海外出願

番号	出願日	出願番号	名称	発明者
1	2009/7/10	200910159812.x	基板接合方法および電子部品 (CN)	塩崎真良、他
2	2009/7/10	9165177.8	基板接合方法および電子部品 (EP)	塩崎真良、他
3	2009/7/14	12/502,735	基板接合方法および電子部品 (US)	塩崎真良、他

(2)-2. 配線の自由度を向上できる3次元配線構造を持つ

高信頼性インタポーザル技術の開発(株式会社 フジクラ)

国内出願

番号	出願日	出願番号	名称	発明者
1	2007/2/16	2007-36670	光電気複合実装基板の製造方法及び実装基板	山本敏
2	2007/11/9	2007-292193	半導体パッケージの製造方法	三谷尚吾
3	2007/12/25	2007-331695	半導体装置及びその製造方法	山本敏
4	2008/1/24	2008-13676	貫通配線基板及びその製造方法	山本敏
5	2008/4/16	2008-106768	基板の処理方法、貫通配線基板及びその製造方法、並びに電子部品	額賀理
6	2008/7/9	2008-179174	貫通配線基板及びその製造方法	脇岡寛之
7	2008/8/7	2008-204214	半導体装置の製造方法	額賀理

海外出願

番号	出願日	出願番号	名称	発明者
1	2008/12/1 2	PCT/JP2008/072636	半導体装置及びその製造方法	山本敏
2	2008/11/7	12/267224(US)	Fabrication method of semiconductor package	Shogo Mitani
3	2008/11/1 0	200810175267.9(CN)	Fabrication method of semiconductor package	Shogo Mitani
4	2008/11/7	08168556.2(EPC)	Fabrication method of semiconductor package	Shogo Mitani

(3)MEMS-半導体横方向配線技術

(3)-1 高集積MEMS擬似SOC製造技術の研究開発(株式会社 東芝)

国内出願

番号	出願日	出願番号	名称	発明者
1	2007/09/06	P2007-231394	半導体装置およびその製造方法	山田 浩,鈴木 和拓,小野塚 豊,舟木英之,板谷 和彦
2	2008/01/11	P2008-4100	半導体装置およびその製造方法	飯田 敦子,小野塚 豊,板谷 和彦
3	2008/02/14	P2008-32594	集積半導体装置	山田 浩,板谷 和彦,小野塚 豊,舟木英之
4	2008/02/22	P2008-40878	集積半導体装置	山田 浩,板谷 和彦,小野塚 豊,舟木英之
5	2008/05/30	P2008-143323	半導体装置およびその製造方法	飯田 敦子,小野塚 豊,板谷 和彦,西垣

				亨彦
6	2008/12/12	P2008-316727	半導体装置およびその製造方法	飯田 敦子,小野塚 豊,板谷 和彦
7	2008/03/28	P2008-085552	集積半導体装置及び集積3次元半導体装置	山田 浩,小野塚 豊,板谷 和彦,舟木 英之
8	2009/02/05	P2009-024644	半導体装置およびその製造方法	板谷 和彦,舟木 英之,小野塚 豊,山田 浩,飯田 敦子

海外出願

番号	出願日	出願番号	名称	発明者
1	2009/02/13	091007167.X	集積半導体装置	山田 浩,板谷 和彦,小野塚 豊,舟木 英之
2	2009/02/13	12370927	集積半導体装置	山田 浩,板谷 和彦,小野塚 豊,舟木 英之
3	2009/01/08	12350727	半導体装置およびその製造方法	飯田 敦子,小野塚 豊,板谷 和彦

(3) - 2. MEMS-半導体横方向配線技術の研究開発(東北大学)

国内出願

番号	出願日	出願番号	名称	発明者
1	2009/3/23	特願 2009-070769	集積回路の製造方法及び装置	小柳光正、福島誉史、杉山雅彦
2	2009/4/9	特願 2009-095241	一括保持トレイ及び三次元集積回路製造装置	小柳光正、福島誉史、杉山雅彦

(3) - 3. MEMS/半導体の一体形成技術の開発 —MEMS-半導体横方向配線技術—
(産業技術総合研究所)

国内出願

番号	出願日	出願番号	名称	発明者
1	2007/7/24	2007-192641	ダイレクトライティング用コロイドゲル材料微細パターン描画方法および装置,	明渡純、阿部博也
2	2007/12/06	2008-316154	微細パターン描画方法および装置	明渡純、遠藤聡人
3	2008/0729	2008-195512	微細パターン描画方法および装置	明渡純、遠藤聡人
4	2008/12/19	2008-324335	微細金属バンプの形成装置及び形成方法	居村史人、仲川博、青柳昌宏、山地泰弘、菊地克弥、横島時彦、明渡純、馬場創

海外出願

番号	出願日	出願番号	名称	発明者
1	2007/07/06	PCT/JP2007/063550	半導体チップの電極接続構造および導電部材、並びに半導体装置およびその製造方法	山地泰弘、横島時彦、青柳昌宏、仲川博、菊地克弥
2	2008/12/05	PCT/JP2008/072151	パターン描画方法および装置	明渡純、遠藤聡人

研究開発項目③ MEMS/MEMSの高集積結合技術の開発

(1)異種材料多層MEMS集積化技術(オリンパス株式会社)

国内出願

番号	出願日	出願番号	名称	発明者
1	2008/4/21	2008-110592	表面プラズモン共鳴測定装置	巢山拓郎
2	2008/10/2	2008-257381	把持装置	本原寛幸
3	2008/10/2	2008-257406	把持装置	本原寛幸
4	2009/7/16	2009-168182	非接触加熱装置	本原寛幸他1名
5	2009/7/16	2009-168183	温度測定装置	本原寛幸他1名
6	2009/8/19	2009-190266	実装装置	本原寛幸
7	2009/8/19	2009-190270	実装装置	関戸孝典
8	2009/8/19	2009-190275	実装装置	本原寛幸

(2)-1. 機能集積化MEMS デバイスを実現するビルドアップ型

ウエハレベルパッケージング技術の開発(パナソニック電気株式会社)

国内出願

番号	出願日	出願番号	名称	発明者
1	2007/6/26	特願 2007-168191	発光装置	吉田 和司
2	2007/12/25	特願 2007-331445	発光装置およびその製造方法	鎌倉 將有
3	2007/12/25	特願 2007-331449	発光装置	桐原 昌男
4	2008/1/28	特願 2008-016877	発光装置	佐名川佳治
5	2008/1/28	特願 2008-016878	発光装置	田中健一郎
6	2008/1/28	特願 2008-016883	発光装置	田中健一郎
7	2008/1/28	特願 2008-016916	紫外光発光装置	佐名川佳治
8	2008/1/28	特願 2008-016918	発光装置	桐原 昌男
9	2008/1/28	特願 2008-016919	発光装置	田中健一郎
10	2008/1/28	特願 2008-016920	発光装置の製造方法	吉田 和司
11	2008/2/26	特願 2008-044858	実装方法および吸着コレット	酒井 孝昌
12	2008/2/26	特願 2008-044861	発光装置	田中健一郎
13	2008/2/26	特願 2008-044862	発光装置	田中健一郎

14	2008/2/26	特願 2008-044863	発光装置およびその製造方法	桐原 昌男
15	2008/2/26	特願 2008-045285	発光装置の製造方法	田浦 巧
16	2008/2/26	特願 2008-045286	発光装置	中筋 威
17	2008/2/26	特願 2008-045300	発光装置の製造方法	田浦 巧
18	2008/4/24	特願 2008-114596	LEDモジュールおよびそれを用いた照明器具	桐原 昌男
19	2008/5/27	特願 2008-138633	構造体の製造方法、発光装置の製造方法	中筋 威
20	2008/5/27	特願 2008-138673	構造体の製造方法、発光装置の製造方法	中筋 威
21	2009/2/25	特願 2009-042768	実装方法および吸着コレット	酒井 孝昌
22	2009/5/26	特願 2009-127018	実装方法	酒井 孝昌

海外出願

番号	出願日	出願番号	名称	発明者
1	2009/4/24	PCT/JP2009/5816 5	LEDモジュールおよびそれを用いた照明器具	桐原 昌男

(2) - 2. 光化合物半導体の高精度接合技術(横河電機株式会社)

国内出願

番号	出願日	出願番号	名称	発明者
1	2009/01/09	2009-003160	外部共振器型面発光レーザ	大山将也, 平田隆昭, 蒲原敦彦
2	2008/12/19	2008-323632	波長可変レーザー装置	渡辺哲也, 手塚信一郎
3	2008/05/22	2008-133999	波長可変レーザー装置	平田隆昭 他
4	2008/04/17	2008-108040	波長可変光源	平田隆昭
5	2008/04/04	2008-098312	波長可変レーザ	平田隆昭 他
6	2008/01/25	2008-014337	面発光レーザ	手塚信一郎, 渡辺哲也
7	2008/01/18	2008-008595	面発光レーザおよびその波長制御方法	手塚信一郎, 渡辺哲也

(3)多層ウェハレベル接合体の低ストレスダイシング技術

(レーザー技術総合研究所／東北大学)

国内出願

番号	出願日	出願番号	名称	発明者
1	2007/7/19	2007-188511	積層体の割断方法	吉田和司、久保雅男、藤田雅之、田中秀治、江刺正喜
2	2008/1/28	2009-016612	ダイシング方法及びエキスパンド装置	藤田雅之、田中秀治、江刺正喜、富井和志、吉田和司
3	2008/1/28	2009-016613	積層体の割断方法	藤田雅之、田中秀治、江刺正喜、富井和志、吉田和司

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(マイクロマシンセンター)

国内出願

番号	出願日	出願番号	名称	発明者
1	2008/10/17	2008-268616	解析支援システム、解析支援方法及び解析支援プログラム	橋口原(静岡大学)、藤原信代、浅海和雄(みずほ情報総研)

添付資料2. 学会発表その他の成果普及活動

研究開発項目① MEMS／ナノ機能の複合技術の開発

(1) 選択的ナノ機械構造体形成技術(東京大学)

学会発表

番号	発表日	発表先	発表タイトル	発表代表者
1	2009/05/05-08	The 15th World MicroMachine Summit, Edmonton, Canada	TOWARD THE NEXT GENERATION MICRO-NANOSYSTEMS, Technology and Industry Development in Japan	Isao Shimoyama
2	2009/04/14-16	The International Conference on Electronics Packaging (ICEP2009), Kyoto (Japan)	Nano-Mechanical Structure Fabrication Technology for Highly Integrated, Complex MEMS	Tetsuo Kan
3	2009/02/19	Silicon Sea Belt Summit, Fukuoka (Japan)	New Applications Brought by LSI/MEMS	Isao Shimoyama
4	2008/12/8	JASVA「MEMSの製造技術」研究成果発表・研究会, 川崎市(神奈川県)	ファインMEMSプロジェクトの成果	下山 勲
5	2008/08/03-07	日本機械学会 2008 年度年次大会, 横浜市(神奈川県)	Si プリズムと回折格子を備えた MEMS 近赤外用 SPR センサ	菅 哲朗
6	2008/7/31	ファイン MEMS プロジェクト中間成	選択的ナノ機械構造体形成技術	下山 勲

		果発表会, 江東区 (東京)		
7	2008/04/30-0 5/3	The 14th World MicroMachine Summit, Daejeon (Korea)	MEMS Commercialization in Japan, Industry-Academia-Government, Tri Helix Industry Development Efforts	Isao Shimoyama
8	2008/01/13-1 7	The 21st IEEE International Conference on Micro Electro Mechanical Systems (MEMS' 08), Tucson (Arizona, USA)	Fabrication Method of Sub-Micrometer Size Planar Gap for the Micro Fabry-Perot Interferometer	Tetsuji Dohi
9	2008/01/13-1 7	The 21st IEEE International Conference on Micro Electro Mechanical Systems (MEMS' 08), Tucson (Arizona, USA)	Tunable SPR Coupler by Flexible Polymer Grating	Tetsuo Kan
10	2007/10/16-1 7	第 24 回「センサ・ マイクロマシンと応 用システム」シンポ ジウム, 江戸川区 (東京)	長方形開口マスクによるシリコン 3 次元形状の製作 (Fabrication of Three Dimensional Silicon Structures Using Mask with Rectangle Openings)	大堀 敬広
11	2007/07/27	ファインMEMSプロ	選択的ナノ機械構造体形成技術	下山 勲

		プロジェクト中間成果発表会, 江東区(東京)		
12	2007/04/25-26	The 13th World MicroMachine Summit, Venice (Italy)	Fine MEMS –The Highly Integrated, Complex MEMS Project-	Isao Shimoyama
13	2007/01/21-25	The 20th International Conference on Micro Electro Mechanical Systems, Kobe (Japan)	3D Integration of Heterogeneous MEMS Structures by Stamping Transfer	Hiroaki Onoe
14	2007/01/21-25	The 20th International Conference on Micro Electro Mechanical Systems, Kobe (Japan)	Nano-pattern Replication Using Parylene Thin Film for Optical Applications	Tetsuo Kan
15	2006/11/30	東大ー産総研連携 ナノテク・製造技術分野講演会「健康科学を開くナノテク製造技術」 東京大学(東京)	MEMS の集積化	下山 勲
16	2006/11/09	MEMS 用設計・解析支援システム開発プロジェクト 成果発表会, 東京国	ファイン MEMS からの MemsONE への期待	下山 勲

		際フォーラム(東京)		
17	2006/11/08	第12回国際マイクロマシン・ナノテクシンポジウム, 東京国際フォーラム(東京)	日本における MEMS 開発の方向性と高集積・複合 MEMS 製造技術開発プロジェクト	下山 勲

論文

番号	発表日	発表先	発表タイトル	発表代表者
1	2007	Journal of Micromechanics and Microengineering, vol. 17, no. 9, pp. 1818-1827, 2007	Three-Dimensional Integration of Heterogeneous Silicon Micro-Structures by Liftoff and Stamping Transfer	Hiroaki Onoe
2	2009	Journal of Micromechanics and Microengineering	Temperature-Controlled Transfer and Self-Wiring for Multi-Color LED Arrays	Hiroaki Onoe
3	Accepted	Sensors and Actuators B	Planar near-infrared surface plasmon resonance sensor with Si prism and grating coupler	Tetsuo Kan

プレス発表など

番号	発表日	発表媒体	発表タイトル	発表者
1	2006/11/14	日経産業新聞	MEMS 技術開発(上)未来プロジェクト動く	

展示会など

番号	発表日	展示会	展示タイトル	会場
1	2009/7/29-31	第20回マイクロマシン/MEMS 展示	高集積・複合 MEMS 製造技術開発プロジェクト成果展示	東京ビックサイト

		会		
2	2008/7/30-8/1	第19回マイクロマシン/MEMS 展示会	高集積・複合 MEMS 製造技術開発プロジェクト成果展示	東京ビックサイト
3	2008/4/21-25	Hannover messe 2008	高集積・複合 MEMS 製造技術開発プロジェクト成果展示	ドイツ、ハノーバー
4	2008/2/13-15	国際ナノテクノロジー総合展 2008	高集積・複合 MEMS 製造技術開発プロジェクト成果展示	東京ビックサイト
5	2007/7/25-27	第18回マイクロマシン/MEMS 展示会	高集積・複合 MEMS 製造技術開発プロジェクト成果展示	東京ビックサイト
6	2007/4/19-20	Hannover messe 2007	高集積・複合 MEMS 製造技術開発プロジェクト成果展示	ドイツ、ハノーバー
7	2007/2/21-23	国際ナノテクノロジー総合展 2007	高集積・複合 MEMS 製造技術開発プロジェクト成果展示	東京ビックサイト
8	2006/11/7-9	第17回マイクロマシン/MEMS 展示会	高集積・複合 MEMS 製造技術開発プロジェクト成果展示	東京国際フォーラム

(2) バイオ材料(タンパク質など)の選択的修飾技術(産業技術総合研究所)

学会発表

番号	発表日	発表先	発表タイトル	発表代表者
1	2008/3/28	日本化学会 第88春季年会	血管内皮細胞増殖因子(VEGF)を検出するための機能性ペプチドの創製	鈴木祥夫
2	2008/9/12	日本分析化学会第57年会	血管内皮細胞増殖因子(VEGF)を検出するための機能性ペプチドの創製	鈴木祥夫
3	2008/9/10	日本分析化学会第57年	BODIPY を蛍光団として用いた新規過酸化脂質測定試薬の設計・合成	井上直子

		会		
4	2008/9/18	第3回バイオ関連化学合同シンポジウム	血管内皮細胞増殖因子(VEGF)を検出するための蛍光ペプチドの創製	鈴木祥夫
5	2008/9/18	第3回バイオ関連化学合同シンポジウム	ボロンジピロロメタンを蛍光団として用いた新規過酸化脂質測定試薬の開発	井上直子
6	2009/3/9	Pittcon 2009	Novel Fluorescent Peptides for Detection of Vascular Endothelial Growth Factor (VEGF)	鈴木祥夫

論文

番号	発表日	発表先	発表タイトル	発表代表者
1	2009/5/23	BIOSCIENCE BIOTECHNOLOGY AND BIOCHEMISTRY	Novel fluorescent probe for analysis of hydroperoxides based on boron dipyrromethane fluorophore	井上直子
2	2009/7/20	ChemBioChem	Development of a Fluorescent Peptide for the Detection of Vascular Endothelial Growth Factor (VEGF)	鈴木祥夫

プレス発表など

番号	発表日	発表媒体	発表タイトル	発表者
1	2008/8/8	日本経済新聞社	血管内皮細胞増殖因子(VEGF)を検出するための材料の開発	軽部征夫
2	2008/9/2	化学工業日報社	血管内皮細胞増殖因子を検出するための機能性材料の開発	鈴木祥夫

展示会など

番号	発表日	展示会	展示タイトル	会場
1	2009/7/29-31	第 20 回マイクロマ シン/MEMS 展示会	高集積・複合 MEMS 製造技術開 発プロジェクト成果展示	東京ビックサ イト
2	2008/7/30-8/1	第 19 回マイクロマ シン/MEMS 展示	バイオ材料 (タンパク質など)の 選択的修飾技術	東京ビックサ イト
3	2008/2/13-15	nano tech 2008	MEMS応用のためのバイオ材料 (タンパク質など)形成技術	東京ビックサ イト
4	2007/7/25-27	第 18 回マイクロマ シン/MEMS 展示	バイオ材料(タンパク質など)の選 択的修飾技術	東京ビックサ イト

(3)ナノ材料(CNT など)の選択的形成技術(産業技術総合研究所)

学会発表

番号	発表日	発表先	発表タイトル	発表代表者
1	2008/3/ 4	IWEPNM2008	Integrated 3-Demensional Microelectromechanical Devices from Processable Carbon Nanotube Wafers	早水裕平
2	2008/3/ 23	日本物理学会第 63 回年次大会	配向カーボンナノチューブ基板 を用いた集積 3 次元 MEMS デ バイスの創製 II～集積化 3 次元 カーボンナノチューブ・リレー～	早水裕平
3	2008/3/ 23	日本物理学会第 63 回年次大会	配向カーボンナノチューブ基板 を用いた集積 3 次元 MEMS デ バイスの創製 I～配向カーボン ナノチューブ基盤の作成と形状 加工～	山田健郎
4	208/3/3 0	応用物理学会 関係連合講演会	配向カーボンナノチューブ基板 を用いた集積 3 次元 MEMS デ バイスの創製	早水裕平
5	2008/8/ 10	SPIE Optics +Photonics2008	Integrated 3D microelectromechanical devices from processable carbon nanotube wafers	早水裕平

6	2008/8/ 28	第35回記念 フラーレン・ナノチューブ総合シンポジウム	カーボンナノチューブ基板を用いた集積3次元MEMSデバイスの創製	早水裕平
7	2008/9/ 4	第24回 応用物理学会講演奨励賞 受賞記念講演	配向カーボンナノチューブ基板を用いた集積3次元MEMSデバイスの創製	早水裕平

論文

番号	発表日	発表先	発表タイトル	発表代表者
1	2006/11 /26	Nature Material. 5,987-994	Shape Engineerable and Highly Densely Packed Single Walled Carbon Nanotubes and their Application as Super-Capacitors Electrodes	FUTABA DON
2	2008/5/ 4	Nature Nanotechnology.3 ,289-294	Integrated three-dimensional microelectromechanical devices from processable carbon nanotube wafers	早水 裕平

プレス発表など

番号	発表日	発表媒体	発表タイトル	発表者
1	2008/5/5	新聞	自由自在に設計したカーボンナノチューブ3次元デバイスを実現	産総研

展示会など

番号	発表日	展示会	展示タイトル	会場
1	2007/7/2 5-27	第 18 回マイクロマシン /MEMS 展示会	高集積・複合 MEMS 製造技術開発 プロジェクト成果展示	東京ビック サイト
2	2008/2/1 3-15	国際ナノテクノロジー総 合展・技術会議	高集積・複合 MEMS 製造技術開発 プロジェクト成果展示	東京ビック サイト
3	2008/7/3 0-8/1	第 19 回マイクロマシン /MEMS 展示会	高集積・複合 MEMS 製造技術開発 プロジェクト成果展示	東京ビック サイト
4	2008/10/ 20-21	産総研オープンラボ	スーパーグロースカーボンナノチュ ーブの量産・用途・素子開発	産総研
5	2009/7/2 9-31	第 20 回マイクロマシン /MEMS 展示会	高集積・複合 MEMS 製造技術開発 プロジェクト成果展示	東京ビック サイト

(4)ナノ機能を組み込んだMEMS デバイスの製造技術(三菱電機株式会社)

学会発表

番号	発表日	発表先	発表タイトル	発表代表者
1	2008/9/2	第 69 回応用物理学 会学術講演会	溶融はんだ吐出法を用いた基板貫 通配線を有する RF-MEMS スイッ チ	小川 新平
2	2009/7/31	高集積・複合 MEMS プロジェクト成果発表 会	カーボンナノチューブを適用した RF-MEMS スイッチ	福本 宏

展示会など

番号	発表日	展示会	展示タイトル	会場
1	2009/7/29-31	第 20 回マイクロマ シン/MEMS 展示会	高集積・複合 MEMS 製造技術開発 プロジェクト成果展示	東京ビックサ イト

研究開発項目② MEMS／半導体の一体形成技術の開発

(1)MEMS-半導体プロセス統合モノリシック製造技術

(1)-1. 新たなセンシング原理の探索－（立命館大学）

学会発表

番号	発表日	発表先	発表タイトル	発表代表者
1	2007/10/25	日本機械学会 M&M2007 材料力学カンファレンス	シリコンナノワイヤーのピ エゾ抵抗効果に関する第 一原理計算	中村康一
2	2007/11/06	20th International Microprocesses and Nanotechnology Conference (MNC2007)	First-Principles Study on Piezoresistance Effect in Silicon Nanowires	Koichi Nakamura
3	2008/03/25	Materials Research Society (MRS) 2008 Spring Meeting	Evaluation of Low-dimensional Band Structure in Silicon Nanowires for Ultra Small Piezoresistive Sensors by First-Principle Calculation	Koichi. Nakamura
4	2008/03/30	2008 年春季応用物理学 会学術講演会	第一原理計算による単結 晶シリコンナノワイヤーの ピエゾ抵抗係数予測	中村康一
5	2008/08/05	日本機械学会 2008 年 次大会	単結晶シリコン材料のピ エゾ抵抗物性シミュレーシ ョン	中村康一
6	2008/09/18	日本機械学会 M&M2008 材料力学カンファレンス	応力印加によるバルクシ リコンのバンドひずみとピ エゾ抵抗物性への効果	中村康一
7	2008/09/24	第 2 回分子科学討論会	バルクシリコンおよびシリ	中村康一

			コンナノワイヤーのピエゾ抵抗物性シミュレーション	
8	2008/10/23	25th Sensor Symposium, 2008	Electronic States in Silicon Nanowires and Prospects of Their Piezoresistivity	Koichi. Nakamura
9	2008/10/29	21st International Microprocesses and Nanotechnology Conference (MNC2008)	First-Principles Simulation on Orientation Dependence of Piezoresistance Properties in Silicon Nanowires	Koichi. Nakamura
10	2008/11/6	IEEE International Symposium on Micromechatronics and Human Science (MHS2008)	Design and Simulation of Piezoresistive Micro Accelerometers for Wearable Sensing Applications	Ranjith Amarasinghe
11	2008/12/18	2008 International Symposium on Micro/Nano Systems Technology (ISMST2008)	First-Principle Simulation on Piezoresistive Properties in Low-Dimensional Silicon Materials	Koichi Nakamura
12	2009/03/31	2009 年春季応用物理学会学術講演会	n 型バルクシリコンにおけるピエゾ抵抗係数のキャリア濃度・温度依存シミュレーション	中村康一
13	2009/05/22	第 14 回分子動力学シンポジウム	ドーパ半導体のピエゾ抵抗物性理論とシミュレーション	中村康一
14	2009/06/23	15 th International Conference on	Sensitivity Enhancement of Piezoresistive Micro	Ranjith Amarasinghe

		Solid-State Sensors, Actuators and Microsystems (Transducers 2009)	Acceleration Sensors with Nanometer Stress Concentration Regions on Sensing Elements	
15	2009/09/08	2009 年秋季応用物理学会学術講演会	p 型バルクシリコンのピエゾ抵抗係数シミュレーション	中村 康一
16	2009/09/22	第 3 回分子科学討論会	シリコンのピエゾ抵抗効果におけるスピン-軌道相互作用の影響	中村 康一
17	2009/10/15	第 26 回「センサ・マイクロマシンと応用システム」シンポジウム	シリコンナノシートの電子状態とピエゾ抵抗物性予測	中村 康一
18	2009/10/15	第 26 回「センサ・マイクロマシンと応用システム」シンポジウム	Evaluation of Properties of Sputtered Tungsten Silicide Thinfilm for MEMS Applications	Dzung Viet Dao
19	2009/10/26	IEEE Sensors 2009	Evaluation of the Piezoresistive Effect in Single Crystalline Silicon Nanowires	Dzung Viet Dao
20	2009/10/27	IEEE Sensors 2009	Design and Fabrication of Ultra Miniature Novel Three-Axis Micro Accelerometer	Dzung Viet Dao
21	2009/10/27	IEEE Sensors 2009	Piezoresistive and Thermoelectric Effects of CNT Thin Film Patterned by EB Lithography	Dzung Viet Dao
22	2009/11/9	2009 International Symposium on	Characterization of the Piezoresistive Effect and	Dzung Viet Dao

		Micro-NanoMechatronics and Human Science (MHS2009)	Temperature Coefficient of Resistance in Single Crystalline Silicon Nanowires	
23	2009/11/9	2009 International Symposium on Micro-NanoMechatronics and Human Science (MHS2009)	Piezoresistive Effect in Silicon Nanowires – A Comprehensive Analysis Based on First-Principles Calculations	Koichi Nakamura
24	2009/11/12	2nd International Workshop on Nanotechnology and Application (IWNA 2009)	Development of Highly Integrated and Complex MEMS “Fine MEMS” Technology	Susumu Sugiyama
25	2009/11/12	2nd International Workshop on Nanotechnology and Application (IWNA 2009)	Micro and Nano Integrated Devices Based on MEMS Technology	Dzung Viet Dao
26	2009/11/18	22nd International Microprocesses and Nanotechnology Conference (MNC2009)	First-Principles Simulation on Thickness Dependence of Piezoresistance Effect in Silicon Nanosheets	Koichi Nakamura

論文

番号	発表日	発表先	発表タイトル	発表代表者
1	2008/06/20	Jpn. J. Appl. Phys. 47, 5132–5138 (2008).	First-Principles Study on Piezoresistance Effect in Silicon Nanowires	Koichi Nakamura
2	2009/06/22	Jpn. J. Appl. Phys. 48, 06FG09(5pp) (2009).	First-Principles Simulation on Orientation Dependence of	Koichi Nakamura

			Piezoresistance Properties in Silicon Nanowires	
3	2009/07/13	Phys. Rev. B	Simulation of Piezoresistivity in <i>n</i> -type Single-Crystal Silicon on the Basis of First-Principles Band Structure	Koichi Nakamura
4	(accepted)	IEEJ Trans. Electr. Electron. Eng.	First-Principles Simulation on Piezoresistive Properties in Doped Silicon Nanosheets	Koichi Nakamura

展示会など

番号	発表日	展示会	展示タイトル	会場
1	2007/7/25-27	第 18 回マイクロマ シン/MEMS 展示会	高集積・複合 MEMS 製造技術開 発プロジェクト成果展示	東京ビックサ イト
2	2008/7/30-8/1	第 19 回マイクロマ シン/MEMS 展示会	高集積・複合 MEMS 製造技術開 発プロジェクト成果展示	東京ビックサ イト
3	2009/7/29~ 7/31	第 20 回マイクロマ シン/MEMS 展示会	高集積・複合 MEMS 製造技術開 発プロジェクト成果展示	東京ビックサ イト

(1) - 2. 半導体モノリシック集積化基盤技術開発(株式会社 日立製作所)

学会発表

番号	発表日	発表先	発表タイトル	発表代表者
1	2007/1/22	IEEE 20th International Conference on Micro Electro Mechanical Systems (MEMS2007)	Above-IC integration of capacitive pressure sensor fabricated with CMOS interconnect	T. Fujimori, Y. Hanaoka H. Fukuda

			processes	
2	2009/6/21	The 15th International Conference on Solid-State Sensors, Actuators and Microsystems (Transducers 2009)	TINY (0.72 mm ²) PRESSURE SENSOR INTEGRATING MEMS AND CMOS LSI	T. Fujimori, H. Takano, S. Machida, Y. Goto
3	2009/6/21	The 15th International Conference on Solid-State Sensors, Actuators and Microsystems (Transducers 2009)	One-dimensional-motion and pressure hybrid sensor fabricated and process-level-packaged with CMOS back-end-of-line processes	Y. Hanaoka, T. Fujimori, K. Yamanaka, H. Takano, Y. Goto, H. Fukuda
4	2007/06/05	第76回 VLSI フォーラム	LSI プロセス互換 集積 MEMS 技術	後藤康 藤森司 花岡裕子 福田宏
5	2008/10/23	第25回「センサ・マイクロマシンと応用システム」シンポジウム	LSIとMEMSセンサを積層集積化した際の回路が受ける影響の評価	藤森司 後藤康 鷹野秀明
6	2008/11/11	次世代センサ協議会 第29回センサ&アクチュエータ技術シンポジウム	MEMSとLSIの集積化を実現するLSI配線互換 MEMSプロセス技術	藤森司
7	2009/03/04	センシング技術応用研究会 第165回研究例会	MEMSとLSIの集積化を実現するLSI配線互換 MEMSプロセス技術	藤森司

論文

番号	発表日	発表先	発表タイトル	発表代表者
1	2007/1/22	IEEE 20th International Conference on Micro Electro Mechanical	Above-IC integration of capacitive pressure sensor fabricated with	T. Fujimori, Y. Hanaoka, H. Fukuda

		Systems (MEMS2007)	CMOS interconnect processes	
2	2009/6/21	The 15th International Conference on Solid-State Sensors, Actuators and Microsystems (Transducers 2009)	TINY (0.72 mm ²) PRESSURE SENSOR INTEGRATING MEMS AND CMOS LSI	T. Fujimori, H. Takano, S. Machida, Y. Goto
3	2009/6/21	The 15th International Conference on Solid-State Sensors, Actuators and Microsystems (Transducers 2009)	One-dimensional-motion and pressure hybrid sensor fabricated and process-level-packaged with CMOS back-end-of-line processes	Y. Hanaoka, T. Fujimori, K. Yamanaka, H. Takano, Y. Goto, H. Fukuda

プレス発表など

番号	発表日	発表媒体	発表タイトル	発表者
1	2007/1/19	日経新聞 日経産業新聞	CMOS 回路の配線層に MEMS を積層した 小型・低消費電力の圧力センサ LSI の 試作に成功	藤森司、後藤康

展示会など

番号	発表日	展示会	展示タイトル	会場
1	2007/7/25～ 7/27	第 18 回 マイクロ マシン/MEMS 展	微細 MEMS と CMOS 回路混載の ための MEMS/半導体モノリシック 集積化基盤技術	東京ビッグサ イト
2	2008/7/30～ 8/1	第 19 回 マイクロ マシン/MEMS 展	微細 MEMS と CMOS 回路混載の ための MEMS/半導体モノリシック 集積化基盤技術	東京ビッグサ イト
3	2009/2/18～ 2/20	nano tech 2009(国 際ナノテクノロジー 総合展・技術会議)	IC集積化MEMSセンサ	東京ビッグサ イト
4	2009/7/29～ 7/31	第 20 回 マイクロマ シン/MEMS 展示会	高集積・複合 MEMS 製造技術開発 プロジェクト成果展示	東京ビッグサ イト

(2)MEMS-半導体縦方向配線技術

(2)-1. 縦方向集積MEMS デバイス製造技術の開発(オムロン株式会社)

学会発表

番号	発表日	発表先	発表タイトル	発表代表者
1	2007/9/ 7	2007 年秋季応 用物理学学会	MEMS デバイスにおける超臨界システム	森口誠
2	2008/10 /2	PRiME2008 ECS	High Aspect Through-Hole Interconnection by electro-deposition for vertical integrated MEMS device	李相烈
3	2008/10 /2	PRiME2008 ECS	Smart Bumpless Bonding for MEMS-IC vertical Integration	塩崎真良
4	2008/10 /2	PRiME2008 ECS	Bump-less Wafer level bonding experiment for vertical integration MEMS device (Best Poster Award 受賞)	森口誠
5	2008/10 /22	第 25 回「セン サ・マイクロマ シンと応用シ ステム」シンポ ジウム	O3-TEOS CVD による貫通孔側壁絶縁膜の 形成	金井聡庸
6	2009/4/ 16	ICEP2009	Mass production technology for vertical integrated MEMS	李相烈
7	2009/7/ 31	高集積・複合 MEMS 成果発 表会	MEMS パッケージ技術の革新	佐々木昌
8	2009/09 /17	電子ジャーナ ル技術 세미나	縦方向集積 MEMS デバイス製造技術と今後 の展望	李相烈
9	2008/10 /15	第 26 回「セン サ・マイクロマ シンと応用シ ステム」シンポ ジウム	赤外線アレイセンサ用マイクロミラーアレイ の作製と評価	大平真琴

10	2009/10 /16	第 26 回「セン サ・マイクロマ シンと応用シ ステム」シンポ ジウム	常温接合法を用いた貫通配線を持つ接合ウ エハの真空封止性評価	小山雄高
----	----------------	--	-----------------------------------	------

論文

番号	発表日	発表先	発表タイトル	発表代表者
1	投稿中	電気学会 E 部門	Technological Feasibility demonstration of Smart Bumpless Bonding for MEMS-IC Vertical Integration	塩崎真良
2	査読完了	2009 年電子 情報通信学 会論文誌	O3-TEOS 膜による MEMS 貫通配線絶縁 膜の特性	金井聡庸

プレス発表など

番号	発表日	発表媒体	発表タイトル	発表者
1	2008/12/13	日刊工業新 聞	『センサなど発電機能などをモジュール 化』 センサと発電、蓄電、無線通信などの機 能をモジュール化し、センサネットワー クの構築を可能とする。センサ部の MEMS と信号処理 IC を積層するための一要素 技術として紹介。	オムロン株式会 社

展示会など

番号	発表日	展示会	展示タイトル	会場
1	2008/7/30-8/ 1	第 19 回マイクロマ シン/MEMS 展示会	・高集積・複合 MEMS 製造技術 開発プロジェクト成果展示 ・弊社ブースにて同時展示	東京ビックサ イト
2	2008/9/30-10	CEATEC	・弊社ブースにて技術展示	幕張メッセ

	/4	JAPAN2008		
3	2009/7/29-31	第 20 回マイクロマ シン/MEMS 展示会	・高集積・複合 MEMS 製造技術 開発プロジェクト成果展示	東京ビックサ イト

(2)-2. 配線の自由度を向上できる 3 次元配線構造を持つ

高信頼性インタポーザル技術の開発(株式会社フジクラ)

学会発表

番号	発表日	発表先	発表タイトル	発表代表者
1	2008/5/22	エレクトロニクス 実装学会超高速 高周波エレクトロ ニクス実装研究 会	Au-Sn 充填貫通配線の作製と評価	山本敏
2	2008/6/12	International Conference on Electronics Packaging (ICEP2008)	Through-Hole Interconnections Formed by Femtosecond Laser Irradiation/Wet Etching and Molten Metal Suction Method for MEMS Package	Osamu Nukaga
3	2008/9/18	マイクロエレクトロ ニクスシンポジウ ム (MES2008)	基板内で分岐・屈曲した3次元貫通 配線の作製と評価 ※研究奨励賞受賞	脇岡寛之
4	2008/10/2 4	エレクトロニクス 実装学会ワーク ショップ	ウェハレベル MEMS パッケージ	山本敏
5	2008/11/5	International Symposium on Microelectronics (IMAPS2008)	True 3D Through Hole Interconnection Formed by Femtosecond Laser Irradiation/Wet Etching and Molten Metal Suction Method	Osamu Nukaga
6	2009/1/30	Mate2009	基板内で分岐・屈曲した3次元貫通 配線の作製と評価	脇岡寛之
7	2009/3/13	エレクトロニクス 実装学術講演大 会	トゥルー3次元貫通配線	脇岡寛之

8	2009/4/15	ICEP2009	“True” 3D through hole interconnections	Hiroyuki Wakioka
9	2009/7/10	エレクトロニクス実装学会関西ワークショップ 2009	True3 次元貫通配線	脇岡寛之
10	2009/7/31	高集積・複合MEMS 成果発表会	3次元貫通配線の開発とインターポージャーへの応用	山本敏
11	2009/9/17	Electronic Journal Technical Seminar	MEMS/半導体縦方向配線技術の現状と今後の展望	末益龍夫

論文

番号	発表日	発表先	発表タイトル	発表代表者
1	2009/1	電気学会論文誌 E	基板内部で屈曲, 分岐した構造を持つ Au-Sn 充填貫通配線	山本敏

プレス発表など

番号	発表日	発表媒体	発表タイトル	発表者
1	2007/9	NIKKEI MICRODEVICES	異分野の融合を加速する MEMS 技術が続出 「マイクロマシン/MEMS 展」に見る	
2	2009/3	電子材料	ネブコンワールド 「3次元実装とウエハ薄型化技術」	

展示会など

番号	発表日	展示会	展示タイトル	会場
1	2007/7/26-28	第 18 回マイクロマシン/MEMS 展示会	配線の自由度を向上できる 3次元インターポージャー技術の開発	東京ビックサイト
2	2008/1/16-18	第 9 回半導体パ	配線の自由度を向上できる 3次元イ	東京ビックサ

		パッケージング展	インターポーザル技術の開発	イト
3	2008/2/13-15	国際ナノテクノロジー展 2008	配線の自由度を向上できる 3 次元インターポーザル技術の開発	東京ビックサイト
4	2008/7/30-8/1	第 19 回マイクロマシン/MEMS 展示会	配線の自由度を向上できる 3 次元インターポーザル技術の開発	東京ビックサイト
5	2009/1/28-30	第 10 回半導体パッケージング展	3 次元貫通配線	東京ビックサイト
6	2009/7/29-30	第 20 回マイクロマシン/MEMS 展示会	高集積・複合 MEMS 製造技術開発プロジェクト成果展示	東京ビックサイト

(3)MEMS－半導体横方向配線技術

(3)－1 高集積MEMS擬似SOC製造技術の研究開発（株式会社 東芝）

学会発表

番号	発表日	発表先	発表タイトル	発表代表者
1	2007/3/22	電気学会	MEMSとLSIの横方向配線技術	舟木英之
2	2007/3/16	MAT-LCD研究会	薄膜素子の分散転写技術	小野塚豊
3	2007/11/14	IMAPS' 07	Wafer-level integration technology with heterogeneous chip redistribution and inter-chip layer process	Yutaka Onozuka
4	2008/1/18	電子情報通信学会	擬似SOC集積化における応力解析－有機樹脂チップ間応力の低減－	小野塚豊
5	2008/6/10	ICEP' 08	Pseudo-SOC Technology Its basic structure and stress analysis	Yutaka Onozuka
6	2008/11/5	IMAPS' 08	Optimization of Redistributed Layers between Heterogeneous Devices for Wafer-Level Integration	Yutaka Onozuka
7	2009/1/30	MATE' 09	ウエハレベル再構築技術を用いたMEMS-LSI高集積擬似SOC	小野塚豊
8	2009/4/16	ICEP' 09 (招待講演)	Highly Integrated MEMS-Pseudo-SOC Technology — A Wafer-Level System Integration Technology for MEMS-LSI Heterogeneous Devices —	Hiroshi Yamada
9	2009/5/18	INC5 (招待講演)	MEMS-LSI Heterogeneous Device Integration Technology for System-on-Chip Applications	Hiroshi Yamada
10	2009/7/31	高集積・複合MEMS成果発表会	擬似SOCによる高集積MEMSの実現	舟木英之

論文

番号	発表日	発表先	発表タイトル	発表代表者
1	2008/11	エレクトロニクス実装学会誌	半導体デバイスと MEMS の融合における新たな展開	山田浩
2	2009/2/1	東芝レビュー	異種デバイスを高密度集積化できる疑似 SOC 技術	小野塚豊

展示会など

番号	発表日	展示会	展示タイトル	会場
1	2009/7/29-31	第 20 回マイクロマシン/MEMS 展示会	高集積・複合 MEMS 製造技術開発プロジェクト成果展示	東京ビックサイト

(3) - 2. MEMS - 半導体横方向配線技術の研究開発 (東北大学)

学会発表

番号	発表日	発表先	発表タイトル	発表代表者
1	2007/9/4	第68回応用物理学会学術講演会	チップ乗り越え配線形成技術の開発	紀世陽
2	2007/11/9	International IEEE Workshop on Low Temperature Bonding for 3D Integration	Chip-to-Wafer Stacking for 3D Integration with TSV	Takafumi Fukushima
3	2008/2/8	応用物理学会シリコンテクノロジー分科会多層配線システム研究委員会	自己組織化ウエーハ張り合わせによる三次元集積化技術	福島誉史
4	2008/3/6	The 5th International Conference on Mechanical	<i>Microbump Formation on Flexible Substrate using Imprint Technology for Integrated Nano-System</i>	Yusuke Yamada,

		Science based on Nanotechnology	<i>with 3D-LSIs</i>	
5	2008/3/17	第22回エレクトロニクス実装学会講演大会	シリコンチップ乗り越えCu配線形成技術の開発	紀世陽
6	2008/3/27	第55回応用物理学関係連合講演会	MEMS-半導体横方向配線技術II: 配線板へのMEMSチップのセルフアセンブリ	今野隆行
7	2008/3/27	第55回応用物理学関係連合講演会	MEMS-半導体横方向配線技術IV: インプリント技術を用いたマイクロバンプ形成	菊池宏和
8	2008/3/28	第55回応用物理学関係連合講演会	MEMS-半導体横方向配線技術I: フレキシブル基板へのLSIチップのセルフアセンブリ	福島誉史
9	2008/3/28	第55回応用物理学関係連合講演会	MEMS-半導体横方向配線技術III: チップ乗り越え配線の形成と基本特性	紀世陽
10	2008/3/28	第55回応用物理学関係連合講演会	MEMS-半導体横方向配線技術V: 高透磁率膜上に形成したインダクタの基本特性	木野久志
11	2008/5/30	The 59th Electronic Components and Technology Conference (ECTC)	Multichip Self-Assembly Technique on Flexible Polymeric Substrate	Takafumi Fukushima,
12	2008/9/2	第69回応用物理学学会学術講演会	キャビティ構造を有するMEMSチップのセルフアセンブリ	今野隆行
13	2008/9/25	International Conference on Solid State Devices and Materials (SSDM)	Self-Assembly for Heterogeneous Integration with Lateral Interconnections Extending over MEMS and LSI Chips	Takayuki Konno
14	2008/9/25	International Conference on Solid State	The Formation of Lateral Interconnections Extending over	Mariappan Murugesan

		Devices and Materials (SSDM)	100-micron Thick Chips	
15	2008/9/26	International Conference on Solid State Devices and Materials (SSDM)	Characteristics of Magnetic Film Inductors with FePt Nano-Dots	Woocheol Jeong
16	2008/12/16	IEEE International Electron Devices Meeting (IEDM)	New Heterogeneous Multi-Chip Module Integration Technology Using Self-Assembly Method	Takafumi Fukushima
17	2009/2/9	IEEE The International Solid-State Circuits Conference (ISSCC)	New Heterogeneous Multi-Chip Module Integration Technology Using Self-Assembly Method	Takafumi Fukushima
18	2009/3/31	MEMS Engineer Forum 2009	スーパー・ヘテロインテグレーションの実現	小柳光正
19	2009/3/31	第56回応用物理学会学術講演会	The Formation Technology of High-aspect-Ratio Cu Sidewall Interconnections over Chip Edges with Large Step Height	Jichel Bea
20	2009/4/2	第56回応用物理学会学術講演会	Synthesis and characterization of magnetic nano-dots for on-chip inductors	Mariappan Murugesan

論文

番号	発表日	発表先	発表タイトル	発表代表者
1	2008/10/9	Journal of Applied Physics, vol.104, pp.074316-1-074316-5	Investigation of the effect of in situ annealing of FePt nanodots under high vacuum on the chemical states of Fe and Pt by x-ray photoelectron	Mariappan Murugesan

			spectroscopy	
2	2009/1 /	Proceedings of The IEEE, Vol.97, No.1, pp.49-59,	High-Density Through Silicon Vias for 3-D LSIs	Mitsumasa Koyanagi
3	2009/4 /20	Japanese Journal of Applied Physics, Vol. 48, No.4, 2009, pp.C157-1 - C157-4.	Characteristics of copper spiral inductors utilizing FePt nano-dots film	W.-C. Jeong

プレス発表など

番号	発表日	発表媒体	発表タイトル	発表者
1	2009/1/14	日刊工業新聞	半導体ウエハ 異種デバイス一括搭載 製造時間短縮 東北大が技術	東北大学 小柳光正
2	2009/1/14	河北新報	異種部品一括し基板に 製造コスト大幅減	東北大学 小柳光正
3	2009/1/15	日経産業新聞	異種チップ基板に集積 東北大 水の表面張力利用	東北大学 小柳光正
4	2009/1/23	科学新聞	異種デバイスを一括搭載 独自のシステム集積化技術開発	東北大学 小柳光正
5	2009/2/9	日経エレクトロ ニクス	セルフ・アSEMBル技術の適用 東北大が成果示す	東北大学 小柳光正
6	2009/3/4	半導体産業新 聞	東北大 新システム集積化技術を開 発 自己組織化で一括作製	東北大学 小柳光正

展示会など

番号	発表日	展示会	展示タイトル	会場
1	2009/7/29-31	第 20 回マイクロマ シン/MEMS 展示会	セルフアSEMBリーを用いた MEMS/半導体一体化実装	東京ビックサ イト
2	2008/7/30-8/1	第 19 回マイクロマ シン/MEMS 展示会	「MEMS－半導体横方向配線技 術の研究開発」(低温積層高密度 一体化実装技術の研究開発)	東京ビックサ イト
3	2008/9/30	東北大学イノベー ションフェア 2008in 仙台	生体融和型医用マイクロ・ナノシ ステム(MEMS/半導体一体化実 装)	仙台国際セ ンター
4	2007/7/25-27	第 18 回マイクロマ シン/MEMS 展示会	「MEMS－半導体横方向配線技 術の研究開発」(低温積層高密度 一体化実装技術の研究開発)	東京ビックサ イト

(3)-3. MEMS/半導体の一体形成技術の開発 -MEMS-半導体横方向配線技術-

(産業技術総合研究所)

学会発表

番号	発表日	発表先	発表タイトル	発表代表者
1	2007/03/07	表面技術協会 第 115 回講演大会, 東京,	無電解 NiB めっきを用いた 3 次元接続方法の開発,”	横島時彦, 大里啓孝, 山地泰弘, 田村祐一郎, 菊地克弥, 仲川博, 青柳昌宏,
2	2007/05/29	The 57th Electronic Components and Technology Conference (ECTC), Reno, U.S.A.,	“Novel Flip-Chip Bonding Technology using Chemical Process,”	山地泰弘, 横島時彦, 大里啓孝, 井川登, 田村祐一郎, 菊地克弥, 仲川博, 青柳昌宏
3	2007/10/07	The 212th Electrochemical Society Meeting, Washington, U.S.A.,	“Interconnection of Multi-Pad Electrodes by “Controlled Anisotropic Extraneous (CAEx) Deposition” of Electroless NiB Film,”	横島時彦, 山地泰弘, 大里啓孝, 田村祐一郎, 菊地克弥, 仲川博, 青柳昌宏
4	2007/11/21	the 24th international Japan-Korea Seminar on Ceramics,	Fundamental Study on Material Direct Writing Technology with Inkjet Printing,	遠藤 聡人、長妻良枝、明渡 純
5	2007/11/28	The second Internaitonal Symposium on Smart processing Technology,	FUNDAMENTAL STUDY ON MATERIAL DIRECT WRITING TECHNOLOGY WITH INKJET PRINTING	遠藤 聡人、長妻良枝、明渡 純
6	2008/03/14	表面技術協会第 117 回講演大会,	“無電解 NiB めっきを用いた微細電極接続における成膜条件の影響,”	横島時彦, 山地泰弘, 井川登, 田村祐一郎, 菊地克弥, 仲川博, 青柳昌宏,
7	2008/04/24	4th International Conference and Exhibition on <i>CICMT</i>	Laser Assisted Inkjet Printing for Metal Wiring on Glass Substrate,	遠藤 聡人、明渡 純,
8	2008/05/25	10th International Conference on Ceramic Processing Science,	Novel Inkjet Printing on High Density Interconnect for Advanced LTCC by Laser Assist	遠藤 聡人、明渡 純,

9	2008/09/19	第 21 回日本セラミックス協会秋季シンポジウム, 北九州国際会議場	レーザ援用インクジェット法によるマテリアル・ダイレクト・ライティング (MDW) 技術	明渡 純、津田 弘樹、遠藤 聡人、
10	2009/10/12	The 212th Electrochemical Society Meeting, Hawaii, U.S.A.	Maskless Fabrication for Micropad Interconnection using Electroless NiB Deposition and Application to “Chemical” Flip-Chip Bonding	横島時彦, 山地泰弘, 井川登, 菊地克弥, 仲川博, 青柳昌宏
11	2008/12/	International Union of Material Research Societies International Conference in Asia(IUMRS-ICA),	“Laser Assisted Inkjet Printing for Metal Wiring on Glass Substrate”, Nagoya, Japan,	Akito Endo, Youngkyu Park and Jun Akedo,

論文

番号	発表日	発表先	発表タイトル	発表代表者
1	2007/06/27	Electrochemical and Solid-State Letters, 10(9), pp.D92-D94,	“Interconnection of Micropad Electrodes by Controlled “Extraneous” Deposition of Electroless NiB Film,”	Tokihiko Yokoshima, Yasuhiro Yamaji, Hirotaka Oosato, Yuichiro Tamura, Katsuya Kikuchi, Hiroshi Nakagawa, and Masahiro Aoyagi,
2	2008/09/25	IEICE Electronics Express, Vol.5, No.18 pp.732-737,	Yasuhiro Yamaji, Tokihiko Yokoshima, Katsuya Kikuchi, Hiroshi Nakagawa, and Masahiro Aoyagi, “Chemical flip-chip bonding method for fabricating 10- μ m-pad-pitch interconnect,”	Yasuhiro Yamaji, Tokihiko Yokoshima, Katsuya Kikuchi, Hiroshi Nakagawa, and Masahiro Aoyagi,
3	2008/11/01	電子情報通信学会誌 C, vol.J91, No.11 pp.595-602,	“無電解めっき法による無加圧フリップチップ接続技術,”	山地泰弘, 横島時彦, 井川登, 田村祐一郎, 菊地克弥, 仲川博, 青柳昌宏,

プレス発表など

番号	発表日	発表媒体	発表タイトル	発表者
----	-----	------	--------	-----

1	2009/1/22	EE-TIMES JAPAN	めっき不良の積極活用で電極間を接続、 LSI チップの3次元高密度実装に道	横島時彦
2	2009/6/29	産総研プレ スリリース	レーザー援用インクジェット法で微細な配 線の高速描画に成功	明渡純
3	2009/7/02	日経 Techon	微細かつ厚膜の配線パターンの高速描画 に成功	明渡純

展示会など

番号	発表日	展示会	展示タイトル	会場
1	2009/7/29-31	第20回マイクロマ シン/MEMS展	高集積・複合MEMS製造技術開発 プロジェクト成果展示	東京ビックサ イト
2	2008/7/30-01	第19回マイクロマ シン/MEMS展	高集積・複合MEMS製造技術開発 プロジェクト成果展示	東京ビックサ イト
3	2008/2/13-15	Nano tech 2008	高集積・複合MEMS製造技術開発 プロジェクト成果展示	東京ビックサ イト
4	2007/7/25-27	第18回マイクロマ シン/MEMS展	高集積・複合MEMS製造技術開発 プロジェクト成果展示	東京ビックサ イト

番号	受賞日	受賞名	受賞タイトル	受賞者
1	2009/09/10	エレクトロニクス 実装学会 MES2 08ベストペーパ ー賞	ガスデポジション法による円錐バ ンプの作製	居村史人、仲川 博、菊地克弥、山 地泰弘、横島時 彦、馬場創、明渡 純、青柳昌宏

研究開発項目③ MEMS/MEMSの高集積結合技術の開発

(1)異種材料多層MEMS集積化技術(オリンパス株式会社)

学会発表

番号	発表日	発表先	発表タイトル	発表代表者
1	2008/6/12	エレクトロニクス実装国際会議 (ICEP2008)	”Development of High-precision Bonding Technology of Micro-components Using Manipulator and Laser Spot Heating for High-performance MEMS ”	本原寛幸
2	2009/4/16	エレクトロニクス実装国際会議 (ICEP2009)	”Development of Wafer-Level Bonding Technology for “MEMS on MEMS” High Performance Device”	清水悦朗
3	2009/7/29	MEMS 実装・パッケージングフォーラム	異種材料多層 MEMS 集積化技術開発	清水悦朗
4	2009/7/31	高集積・複合 MEMS 成果発表会	異種機能を積層集積した MEMS デバイスの開発	清水悦朗

展示会など

番号	発表日	展示会	展示タイトル	会場
1	2008/7/30-8/1	第 19 回マイクロマシン/MEMS 展示会	高集積・複合 MEMS 製造技術開発プロジェクト成果展示	東京ビックサイト
2	2009/7/29-31	第 20 回マイクロマシン/MEMS 展示会	高集積・複合 MEMS 製造技術開発プロジェクト成果展示	東京ビックサイト

2) - 1. 機能集積化MEMS デバイスを実現するビルドアップ型

ウエハレベルパッケージング技術の開発(パナソニック電工株式会社)

学会発表など

番号	発表日	発表先	発表タイトル	発表代表者
1	2009/7/31	ファイン MEMS プロジェクト成果発表会	ビルドアップ型ウエハレベルパッケージングによる多機能3次元集積MEMSデバイスの開発	富井和志
2	2008/7/29	MEMS 実装・パッケージングフォーラム	ウエハレベルパッケージングによる機能集積MEMSの創出	久保雅男
3	2008/11/12	システムインテグレーション技術研究会	MEMSの実装・パッケージング技術	佐名川佳治
4	2007/12/5	IDW' 07	3D Wafer-Level Packaging of MEMS Using Surface Activated Bonding and TSV	竹川宜志
5	2007/5/31	最先端実装技術シンポジウム	MEMSウエハレベルパッケージングを実現する革新プロセス技術	西條隆司

論文

番号	発表日	発表先	発表タイトル	発表代表者
1	2008/9/19	パナソニック電工技報	ウエハレベルパッケージングによるMEMSの超小型・低背化	奥戸崇史

展示会など

番号	発表日	展示会	展示タイトル	会場
1	2009/7/29-31	第 20 回マイクロマシン/MEMS 展示会	高集積・複合 MEMS 製造技術開発プロジェクト成果展示	東京ビックサイト
2	2008/2/13-15	国際ナノテクノロジー総合展 (nano tech2008)	高集積・複合 MEMS 製造技術開発プロジェクト成果展示	東京ビックサイト

(2)-2. 光化合物半導体の高精度接合技術(横河電機株式会社)

学会発表

番号	発表日	発表先	発表タイトル	発表代表者
1	2006/8/21	2006 IEEE/LEOS International Conference on Optical MEMS and their Applications	MEMS tunable VCSEL with Concave Mirror using the Selective Polishing Method	蒲原敦彦
2	2007/12/18	International Symposium on VCSELs and Integrated Photonics	50nm tuning of micromechanically tunable 1.55um InP-based VCSELs with Si-MEMS technology	蒲原敦彦
3	2008/9/18	The 21st IEEE International Semiconductor Laser Conference	Wavelength Modulation over 500 kHz of Micromechanically Tunable InP-Based VCSELs with Si-MEMS Technology	矢野哲夫
4	2008/12/12	電子情報通信学会レーザー・量子エレクトロニクス研究会	50nm 位相連続波長掃引可能な Si-MEMS 可動ミラーを用いた InP 系波長可変面発光レーザー	平田隆昭
5	2009/4/1	第56回応用物理学関連連合講演会	金属スリットを用いた MEMS-VCSEL の偏波制御	大山将也
6	2009/7/31	高集積・複合 MEMS 成果発表会	高精度接合技術を用いた波長可変面発光レーザーの開発	渡辺哲也

論文

番号	発表日	発表先	発表タイトル	発表代表者
1	MAY/JUNE 2009	IEEE Journal of Selected Topics in Quantum	Wavelength Modulation Over 500 kHz of Micromechanically	矢野哲夫

		Electronics (vol. 15, no. 3, pp. 528-534, 2009)	Tunable InP-Based VCSELs With Si-MEMS Technology	
--	--	---	---	--

展示会など

番号	発表日	展示会	展示タイトル	会場
1	2009/7/29-31	第 20 回マイクロマ シン/MEMS 展示会	高集積・複合 MEMS 製造技術開発 プロジェクト成果展示	東京ビックサ イト
2	2007/7/25-27	第 18 回マイクロマ シン/MEMS 展示会	高集積・複合 MEMS 製造技術開発 プロジェクト成果展示	東京ビックサ イト

(3) 多層ウェハレベル接合体の低ストレスダイシング技術

(レーザー技術総合研究所／東北大学)

学会発表(国内)

番号	発表日	発表先	発表タイトル	発表代表者
1	2007/9/5	第 68 回応用物 理学会学術講演 会	積層 MEMS のための超短パルスレ ーザ支援低ストレスダイシング技 術の開発	井澤友策, 宮永 憲明, 田中秀 治, 藤田雅之 他
2	2007/10/16	第 24 回センサ・ マイクロマシンと 応用システムシ ンポジウム	積層MEMSのための低ストレスレ ーザ支援ダイシング: ガラス層の割 断法	井澤友策, 宮永 憲明, 田中秀 治, 藤田雅之 他
3	2007/12/17	レーザー学会第 369 回研究会	積層 MEMS のためのパルスレーザ ー支援デブリフリー低ストレスダイ シング技術の開発	鶴見洋輔, 宮永 憲明, 田中秀 治, 藤田雅之 他
4	2008/2/1	レーザー学会第 28 回年次大会	積層 MEMS のためのパルスレーザ ー支援デブリフリー低ストレスダイ	鶴見洋輔, 田中 秀治, 宮永憲

			シング技術の開発	明, 藤田雅之 他
5	2008/3/7	電気学会 光・量子デバイス研究会	積層 MEMS のためのパルスレーザー支援デブリフリー低ストレスダイシング技術の開発(招待講演)	藤田雅之、宮永憲明、田中秀治 他
6	2008/3/21	電気学会全国大会	積層 MEMS のためのパルスレーザー支援デブリフリー低ストレスダイシング技術の開発	藤田雅之、宮永憲明、田中秀治 他
7	2008/3/29	第 55 回応用物理学会関係連合講演会	積層 MEMS のための高繰り返し短パルスレーザー支援低ストレス高速ダイシング技術の開発	井澤友策、宮永憲明、田中秀治、藤田雅之 他
8	2008/10/22	第 25 回センサ・マイクロマシンと応用システムシンポジウム	積層MEMSのためのデブリフリー高速レーザー支援ダイシング	井澤友策、宮永憲明、田中秀治、藤田雅之 他
9	2009/1/10	レーザー学会第 29 回年次大会	積層 MEMS のためのパルスレーザー支援低ストレスダイシング技術の開発	鶴見洋輔、田中秀治、宮永憲明、藤田雅之 他
10	2009/1/30	Mate2009	積層 MEMS のためのパルスレーザー支援低ストレスダイシング技術の開発	井澤友策、田中秀治、宮永憲明、藤田雅之 他
11	2009/3/6	センシング技術応用研究会第 165 回研究例会	多層ウエハレベル接合体の低ストレスダイシング技術	藤田雅之
12	2009/3/19	平成 21 年電気学会全国大会	積層 MEMS のためのパルスレーザー支援デブリフリー低ストレスダイシング技術開発-2	藤田雅之、宮永憲明、田中秀治 他
13	2009/9/9	第 70 回応用物	積層 MEMS のためのパルスレーザー	藤田雅之、宮永

		理学会学術講演 会	一支援デブリフリー低ストレスダイ シング技術の開発	憲明、田中秀治 他
--	--	--------------	------------------------------	--------------

学会発表(国際会議)

番号	発表日	発表先	発表タイトル	発表代表者
1	2008/1/15	MEMS2008	Debris-Free In-Air Laser Dicing for Multi-Layer MEMS by Perforated Internal Transformation and Thermally-Induced Crack Propagation	Y. Izawa, S. Tanaka, N. Miyanaga, M. Fujita, et al
2	2008/10/2 0	ICALEO 2008	DEBRIS-FREE LASER DICING FOR MULTI LAYERED MEMS	M. Fujita, S. Tanaka, N. Miyanaga, et al
3	2008/12/4	IDW' 08	DEBRIS-FREE LASER DICING FOR MULTI LAYERED MEMS	M. Fujita, S. Tanaka, N. Miyanaga, et al
4	2009/1/29	LASE' 09/Photonics West	Low-stress dicing assisted by pulsed laser for multilayer MEMS	M. Fujita, S. Tanaka, N. Miyanaga, et al
5	2009/6/29	LAMP2009	Debris-Free Laser Dicing for Multi-Layered MEMS	M. Fujita, S. Tanaka, N. Miyanaga, et al

論文など

番号	発表日	発表先	発表タイトル	発表代表者
1	2008/3/	IEEE J. Trans.	Debris-Free Laser-Assisted	Y. Izawa,

		SM, Vol.128, No.3, (2008) pp. 91-96.	Low-Stress Dicing for Multi-Layered MEMS	Y. Tsurumi, S. Tanaka, H. Kikuchi, K. Sueda, Y. Nakata, M. Esashi, N. Miyanaga, M. Fujita
2	2008/9/	SEMI News, Vol.24, No.5, pp.22-23(2008)	多層 MEMS ウェーハのレーザーダイ シング	藤田雅之 田中秀治
3	2009/3/	IEEE J. Trans. SM, Vol.129, No.3, (2009) pp. 63-68.	Debris-Free Laser-Assisted Low-Stress Dicing for Multi-Layered MEMS	Y. Izawa, Y. Tsurumi, S. Tanaka, H. Kikuchi, K. Sueda, Y. Nakata, M. Esashi, N. Miyanaga, M. Fujita
4	2009/4/	マテリアル イ ンテグレーション 2009年4月 号	ガラスのレーザーダイシング レーザー技術総合研究所	藤田雅之
5	2009/5/	レーザー研 究、37 巻、5 号、 pp.384-388 (2009).	積層 MEMS のためのパルスレーザー 支援デブリフリー低ストレスダイシン グ技術	鶴見洋輔、井澤 友策、菊地秀幸、 末田敬一、中田 芳樹、江刺正喜、 宮永憲明、田中 秀治、藤田雅之

受賞など

番号	受賞日	受賞名	受賞タイトル	受賞者
1	2009/5/27	電気学会第 65 回 電気学術振興賞 (論文賞)	Debris-Free Laser-Assisted Low-Stress Dicing for Multi-Layered MEMS	Y. Izawa, Y. Tsurumi, S. Tanaka, H. Kikuchi, K. Sueda, Y. Nakata, M. Esashi, N. Miyanaga, M. Fujita
2	2009/5/29	レーザー学会第 33 回業績賞(進 歩賞)	積層 MEMS のためのパルスレ ーザー支援デブリフリー低スト レスダイシング技術の開発	藤田雅之, 末田敬 一, 中田芳樹, 宮永 憲明, 福士秀幸, 江 刺正喜, 田中秀治

セミナー講演など

番号	発表日	発表媒体	発表タイトル	発表者
1	2008/2/29	東京都立産業技術研究 センター、技術セミナー MEMS(マイクロマシン) 技術 2008	レーザー加工技術の MEMS へ の応用	藤田雅之
2	2008/9/30	技術情報協会講習会 「半導体ダイシング工程 における歩留まり向上・ 低ストレス化技術 ～ MEMS 加工への応用へ 向けた～」.	多層 MEMS ウェハのレーザー ダイシング技術開発	藤田雅之
3	2009/1/15	電子ジャーナル第 281 回技術セミナー「新レー ザダイシング技術★徹 底検証」	多層 MEMS ウェーハのレーザ ダイシング技術	藤田雅之

展示会など

番号	発表日	展示会	展示タイトル	会場
1	2009/7/29-31	第 20 回マイクロマシン/MEMS 展示会	高集積・複合 MEMS 製造技術開発プロジェクト成果展示	東京ビックサイト
2	2008/7/30-8/1	第 19 回マイクロマシン/MEMS 展示会	高集積・複合 MEMS 製造技術開発プロジェクト成果展示	東京ビックサイト
3	2007/7/25-27	第 18 回マイクロマシン/MEMS 展示会	高集積・複合 MEMS 製造技術開発プロジェクト成果展示	東京ビックサイト

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(マイクロマシンセンター)

学会発表

番号	発表日	発表先	発表タイトル	発表代表者
1	2007/10/22	電気学会 The 24th Sensor Symposium	Fine MEMS System Design Platform Project	橋口 原
2	2008/7/31	高集積・複合 MEMS 中間成果発表会	ファイン MEMS システム化設計プラットフォーム研究開発	橋口 原
3	2009/7/31	高集積・複合 MEMS 成果発表会	MEMS 等価回路ジェネレータの開発	橋口 原

論文

番号	発表日	発表先	発表タイトル	発表代表者
1	2009/7/23	電気学会 (E)部門総合研究会	MEMS 等価回路ジェネレータの開発	浅海和雄、他
2	2009/5	電気学会 共通英文論文誌	Development and Experimental Validation of Automatic Conversion Procedure from Mechanical to Electrical Connection for MEMS Equivalent Circuit	藤原信代、他
3	2008/10	Sensor Symposium 電気学会	SPICE Model for a Comb-Drive Actuator	橋口原、他

4	2008/10	The 25th Sensor Symposium	MEMS デバイス等価回路モデルにおける機械的結合の自動生成	藤原信代、他
5	2008/10		垂直駆動櫛型電極の半解析的な容量式とその適用	望月俊輔、他
6	2008/3	精密機械学会 Intelligence and Precision Equipment	A Measurement of displacement using comb drive actuator	橋口原、他
7	2008/3		Operation of comb-drive actuator with an AC bridge circuit and its sensing application	橋口原、他
8	2007/9	機械学会年次大会	櫛歯アクチュエータの電子素子表現と自励発振回路への応用	橋口原、他

2. 分科会における説明資料

次ページより、プロジェクト推進・実施者が、分科会においてプロジェクトを説明する際に使用した資料を示す。

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

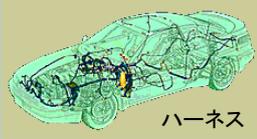
プロジェクトの背景①

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

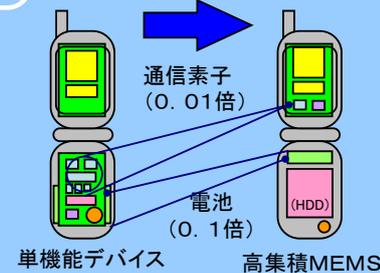


動向 多周波数帯化、多機能化
送受信高速化・大容量化
記憶容量の大容量化

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

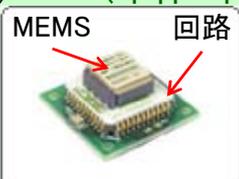
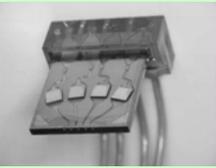
既存のMEMSの枠を超える機能を実現し新規市場を獲得

第2世代MEMS

(高集積・複合化)

第1世代MEMS

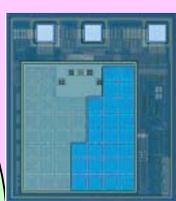
(単体・単機能)

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(0.72mm²)



LD MEMS共振器

可変波長レーザー



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。

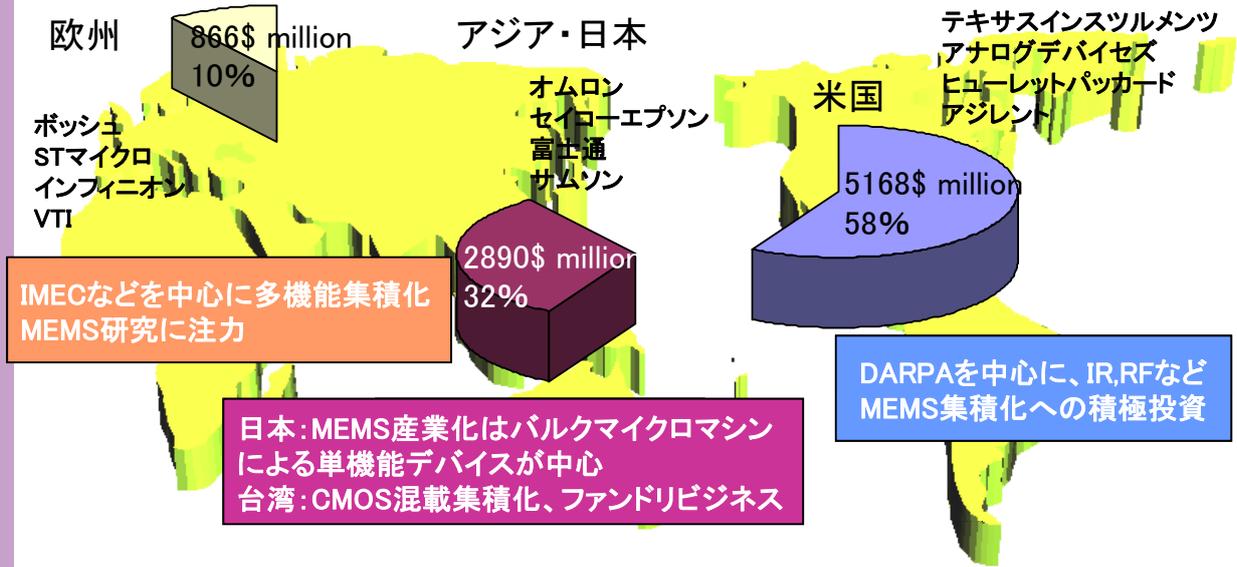
1. 開発期間: 平成18年度～平成20年度(3年間)
2. 予算総額: 約29.6億円(3年間)
3. 開発項目と計画

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)

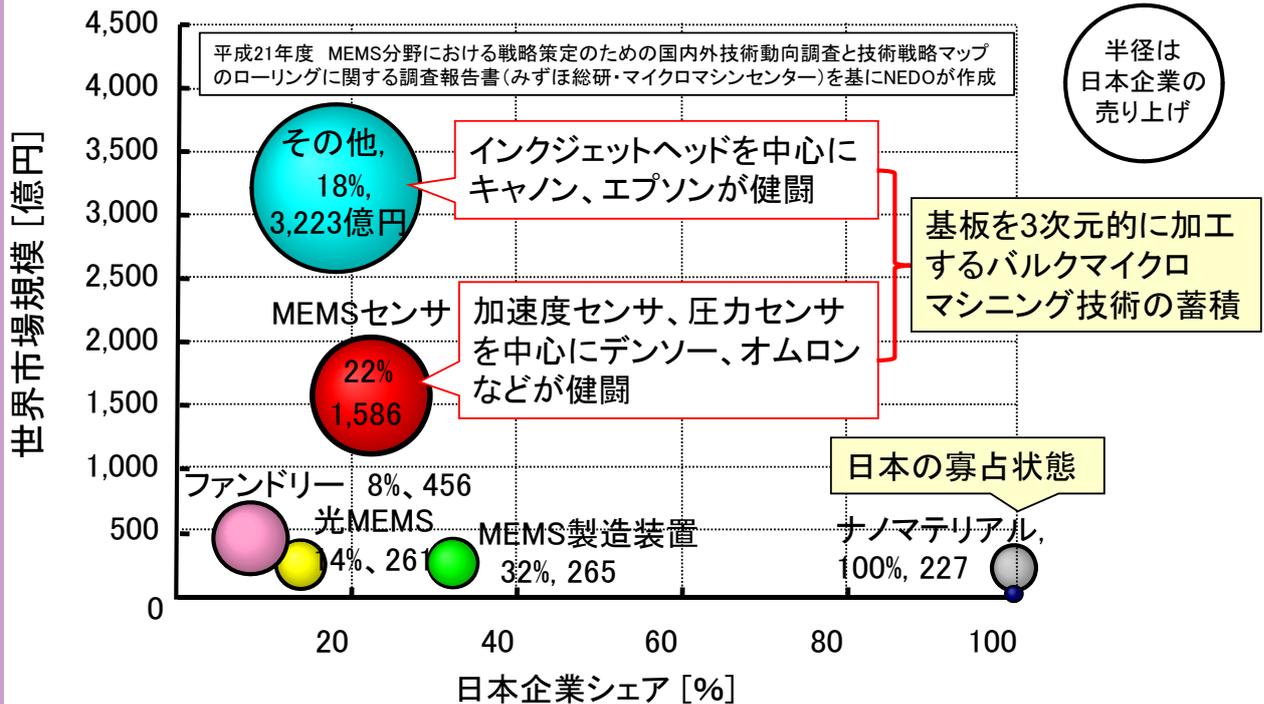
2004年の地域別MEMS市場

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



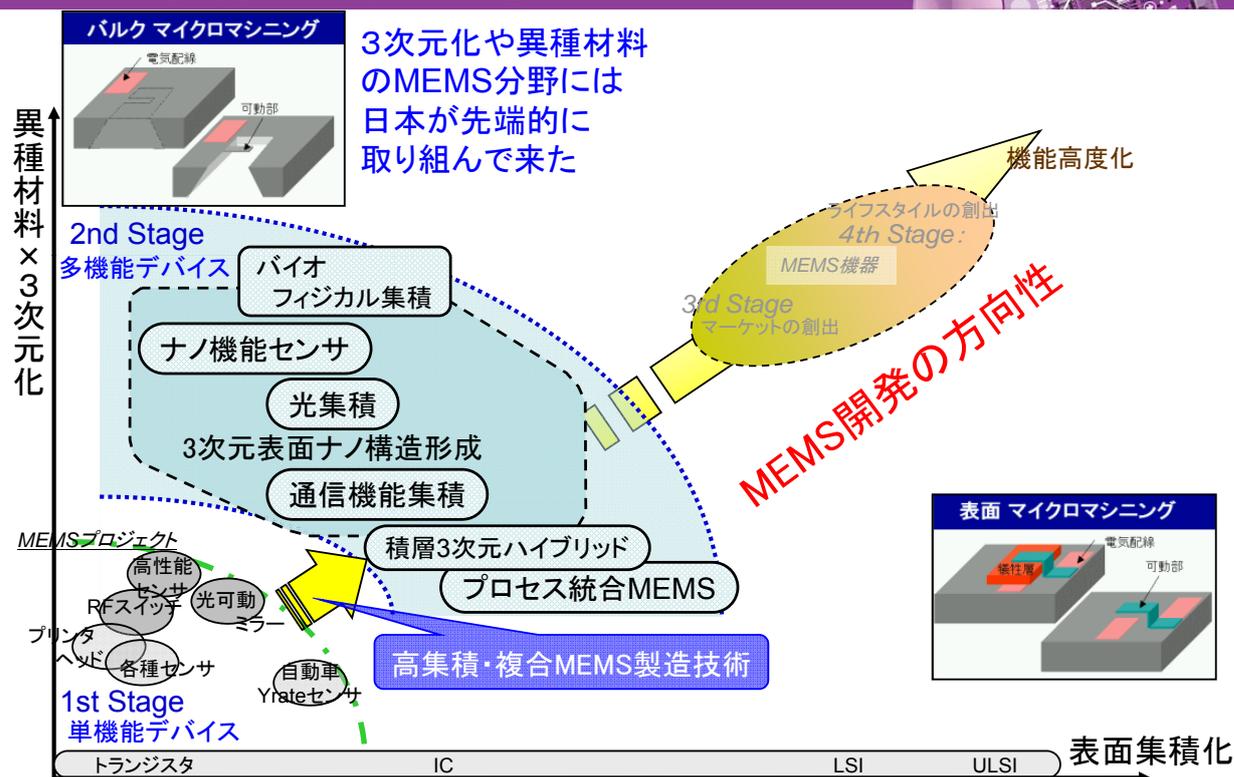
欧米やアジア諸国ではMEMSの集積化の動きが活発化
→新興市場の獲得に向け、日本もMEMSの集積・複合化が急務

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分野で実績の有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

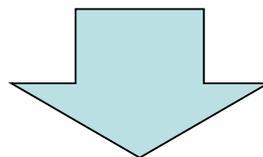
本プロジェクトにより高集積・複合MEMSの製造技術が進展し、することにより、我が国の競争力の強化が図られる。本プロジェクトでは、委託研究は原則、成果を公開することになっている為、大学や公的研究機関と装置メーカーとの共同研究により、装置産業の高集積・複合MEMSに関する裾野を拡大する効果も期待できる。

(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

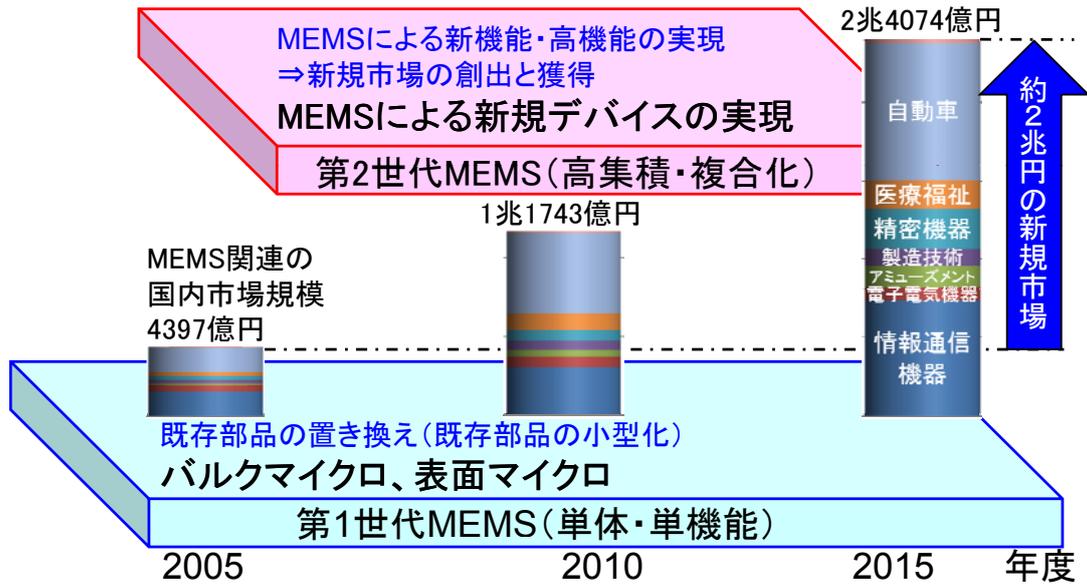
助成事業者が想定する市場の合計
約3000億円/年



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

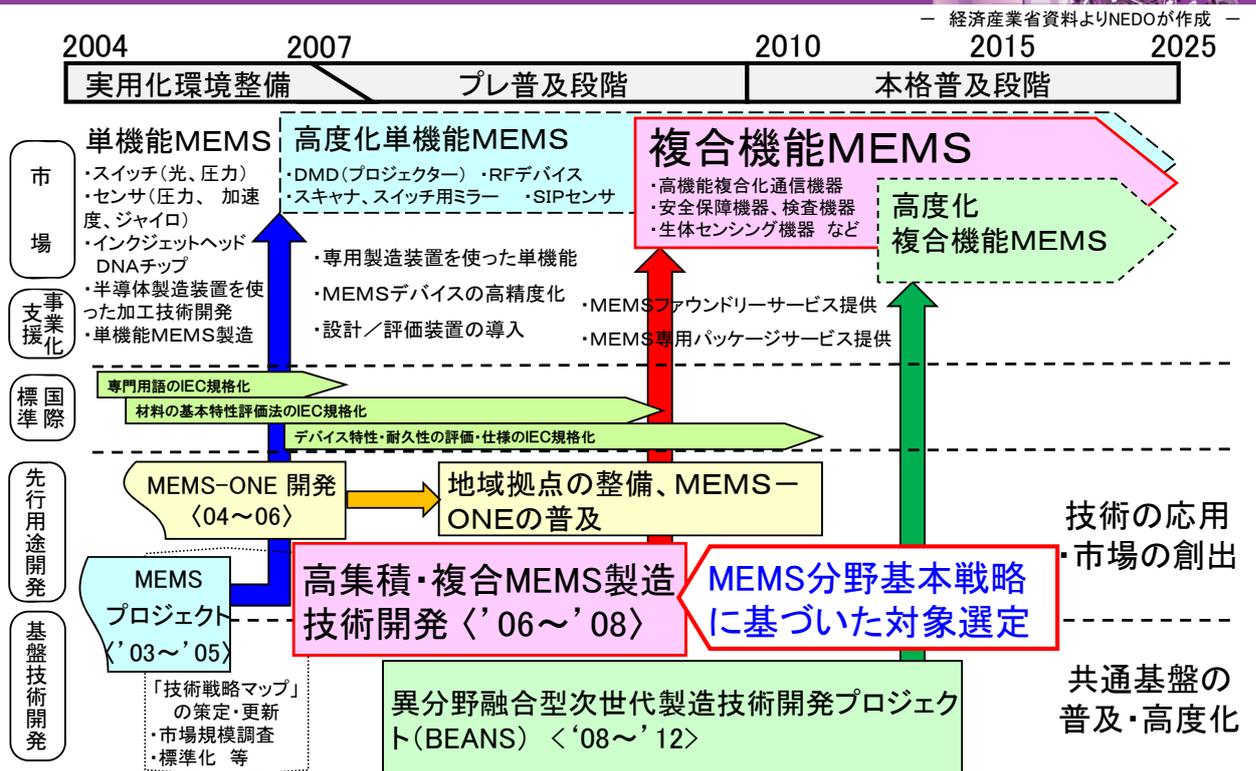
国内MEMS市場の成長予測: 2005年から2015年で2兆円



市場規模は“平成18年 MEMSの技術戦略マップのローリングに関する調査報告書(マイクロマシンセンター、日鉄技術情報センター)”から引用

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



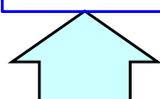
経済産業省「ロボット・新機械イノベーションプログラム」

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体形成技術	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)

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)

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%)

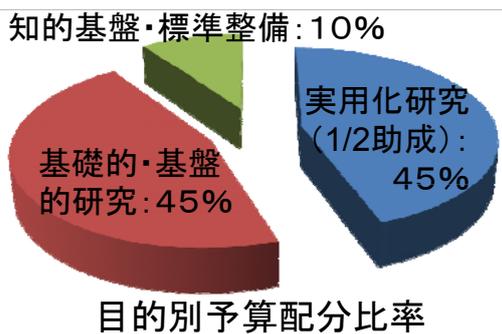
CADモデル

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

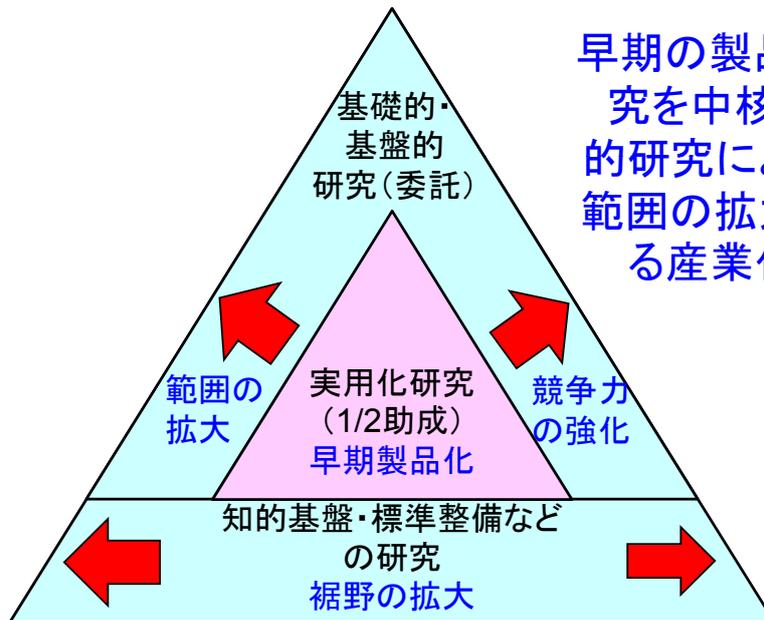
研究開発スケジュールと予算

	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) 高集積・複合MEMSの事業化(プロジェクトの中核)
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)
次世代要素技術の先行開発

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

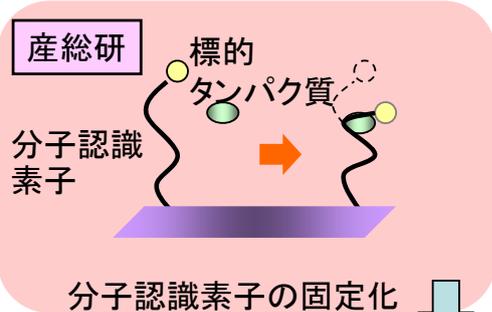
レーザー援用
配線の適用検討

レーザーダイシング
の適用検討

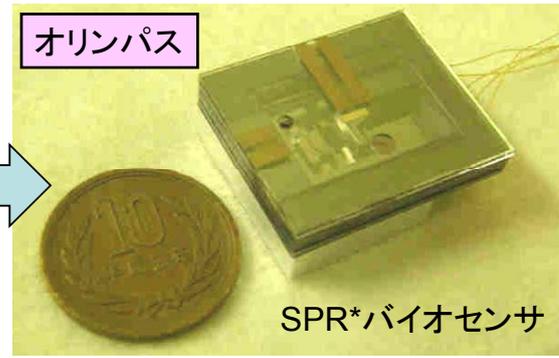
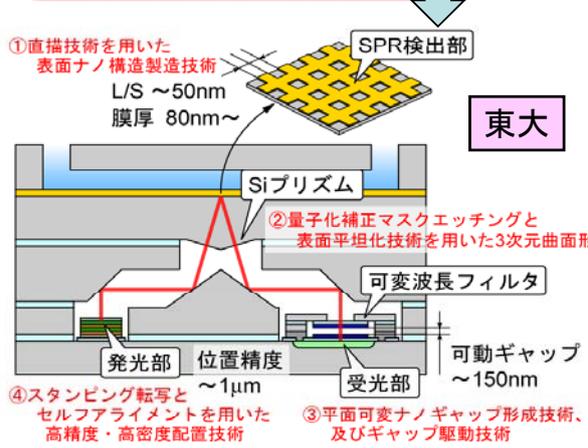
SPR
バイオセンサ
の共同開発

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

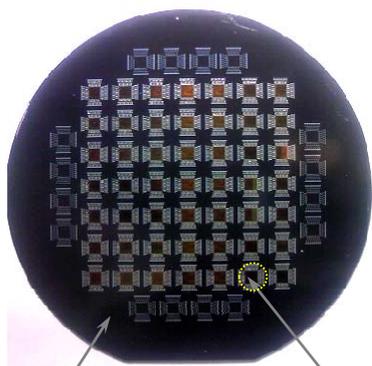


東大、産総研、オリンパスの3者で
SPRバイオセンサを共同開発
→デバイス開発だけでなく、東大の
液体プリズムの新規用途提案など要
素技術の用途開発の進展も得られた



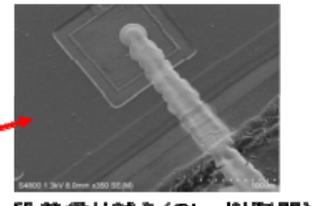
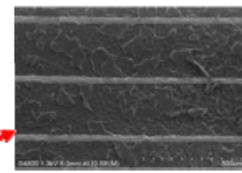
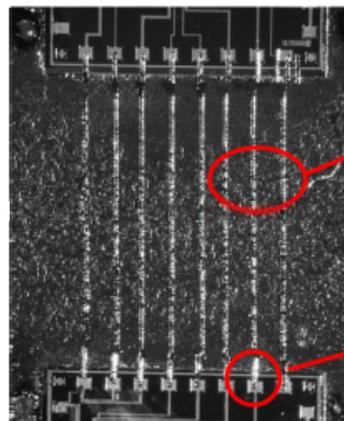
* SPR (Surface Plasmon Resonance: 表面プラズモン共鳴) バイオセンサ
レーザー反射光の減衰特性から生体分子を検出

3-D混載MEMS擬似SOCの開発



φ= 125mm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ー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

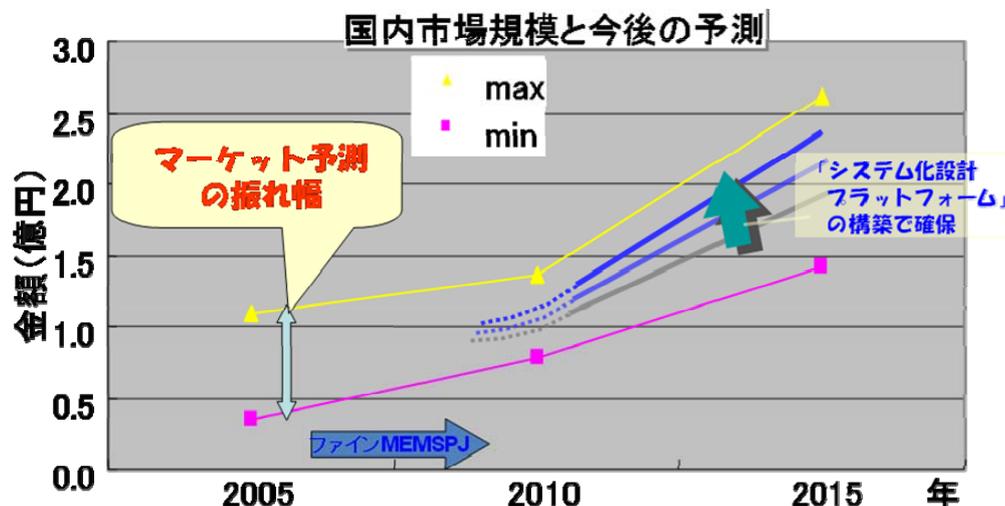
研究開発の進捗状況や予算状況を基に、NEDO、PL、サブPLらで年度末に予算配分の見直しを協議

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

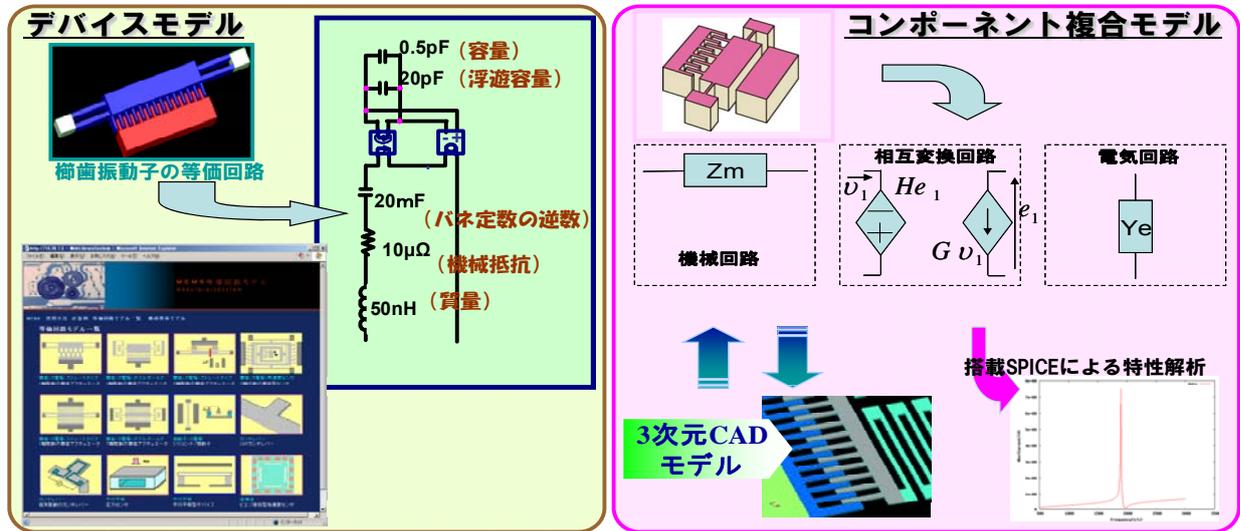
米国を中心として設計プラットフォームを用いた表面集積化の動きが活発化し、本プロジェクトで取り扱う異種材料や三次元化も含めた設計プラットフォームの構築が喫緊の課題であることが判明



(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 マイクロマシンセンター
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

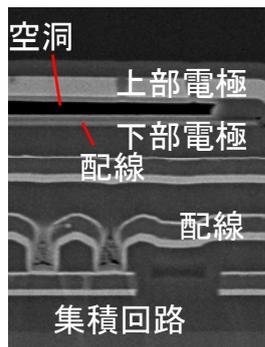
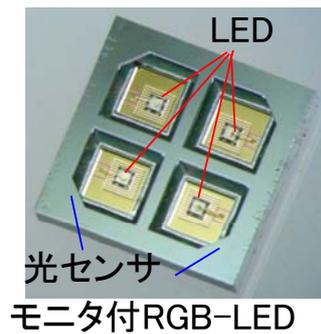
「高集積・複合MEMSシステム化設計プラットフォームの開発」を追加

3. 研究開発成果

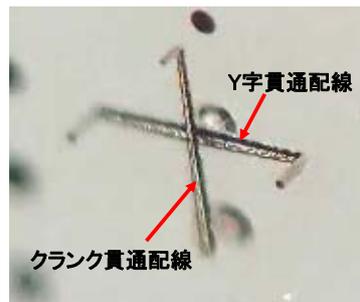
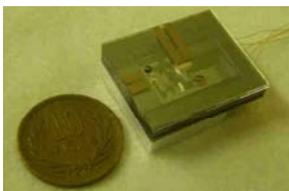
1. 事業全体の成果①

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



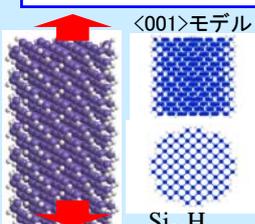
3次元インターポージャー

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

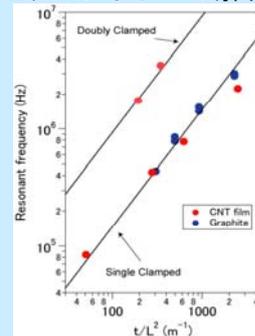
ナノ材料物性

<001>モデル



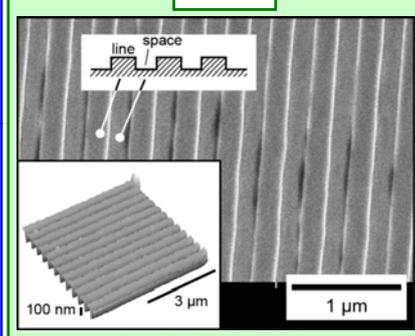
Si₈₉H₄₄

Siナノワイヤーの解析

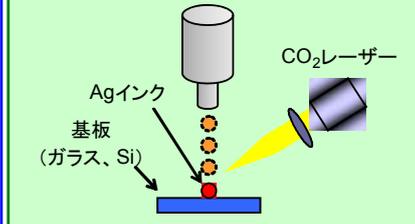


CNTの機械物性評価

加工



ナノ機械構造体

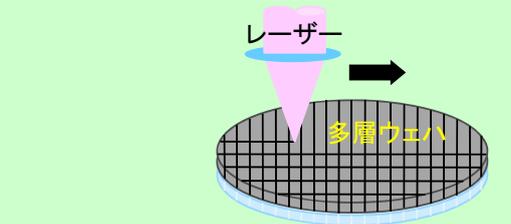


レーザー援用インクジェット配線

実装



セルフアセンブリー—括多チップ実装



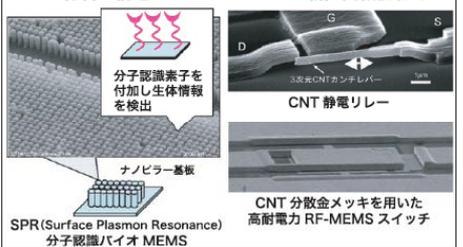
多層ウェハ・レーザーダイシング

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

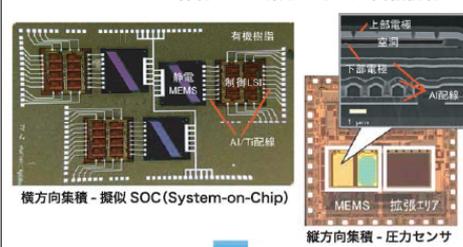


SPR(Surface Plasmon Resonance) 分子認識バイオ MEMS

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

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

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。	○	ガラス基板上に子固定化に	○	◎
	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	2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	評価技術	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

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。	
	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

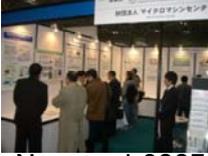
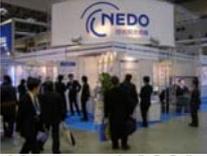
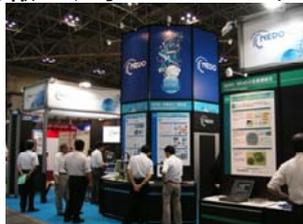
研究開発項目	論文	発表	学会賞
①MEMS／ナノ	7	32	2
②MEMS／半導体	18	95	9
③MEMS／MEMS	7	33	2
④知識データベース	0	2	0
⑤設計プラットフォーム	8	3	0
合計	40	165	13

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

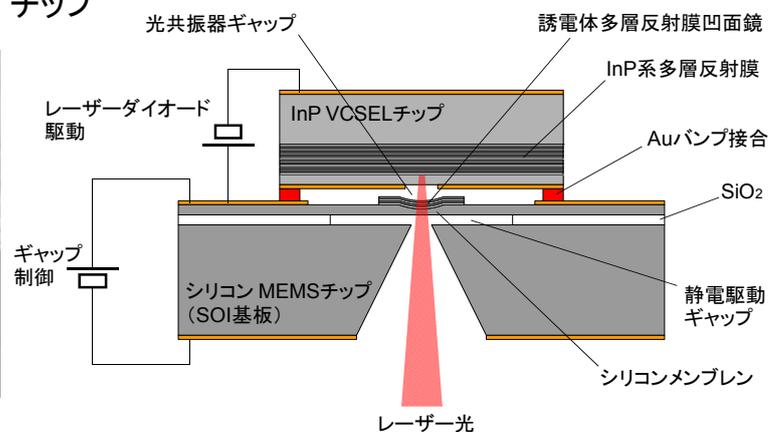
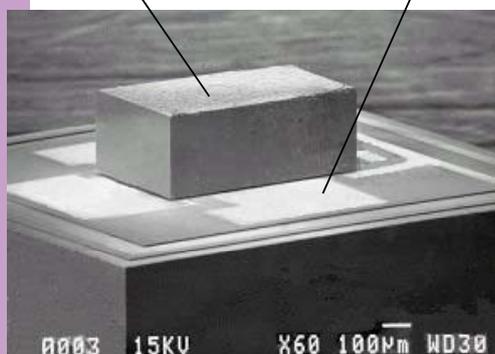
実用化研究(助成事業)

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
① MEMS/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			○
② MEMS/ 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		○	
③ MEMS/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

基礎的・基盤的研究開発(委託事業)

- ①MEMS／ナノ機能の複合技術の開発
 - (1) 選択的ナノ機械構造体形成技術(東京大学)
 - (2) バイオ材料(タンパク質など)の選択的修飾技術(産総研)
 - (3) ナノ材料(CNTなど)の選択的形成技術(産総研)
- ②MEMS／半導体の一体形成技術の開発
 - (1) MEMS - 半導体プロセス統合モノリシック製造技術
 - 新たなMEMSセンシング原理の探索 - (立命館大学)
 - (2) MEMS - 半導体横方向配線技術 - 1 (東北大学)
 - (3) MEMS - 半導体横方向配線技術 - 2 (産総研)
- ③MEMS／MEMSの高集積結合技術の開発
 - (1) 多層ウェハレベル接合体の低ストレスダイシング技術
 (レーザー総研、東北大)

公開版



基礎的・基盤的研究の位置づけ

基盤技術は広く産業への普及が望ましい為、成果の開示を条件に委託として実施

	実用化研究(助成)	基礎的・基盤的研究(委託)
MEMS／ナノ機能の複合	カーボンナノチューブ(CNT)分散金メッキを用いた高耐電力RF-MEMSスイッチ(三菱電機)	ナノ機械構造体形成(東京大学) 分子認識バイオMEMS(産総研) CNT-MEMSデバイス(産総研)
MEMS／半導体の一体形成	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)	新たなセンシング原理の探索(立命館大学) MEMS-3次元実装(産総研) MEMS-半導体実装(東北大学)
MEMS／MEMSの高集積結合	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)	パルスレーザー支援低ストレス高速ダイシング(レーザー技術総合研究所・東北大学)
知識データベースの整備	知識データベース整備&設計プラットフォーム開発(マイクロマシンセンター)	
	知的基盤・標準整備等の研究開発(委託)	



各研究開発項目の目標設定

公開

- 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体形成技術	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

事業原簿-29~35



3/33

①MEMS／ナノ機能の複合技術の開発

(1) 選択的ナノ機械構造体形成技術（東京大学）

(2) バイオ材料（タンパク質など）の選択的修飾技術（産総研）

(3) ナノ材料（CNTなど）の選択的形成技術（産総研）

公開



4/33

選択的ナノ機械構造体形成技術

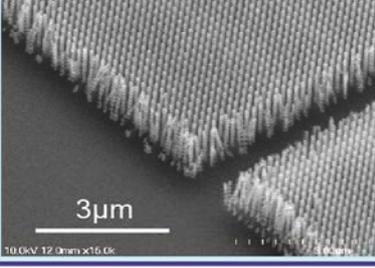
国立大学法人 東京大学

公開

ワンチップSPRセンサのコア要素技術としてのナノ機械構造体の形成技術

表面ナノ構造製造技術

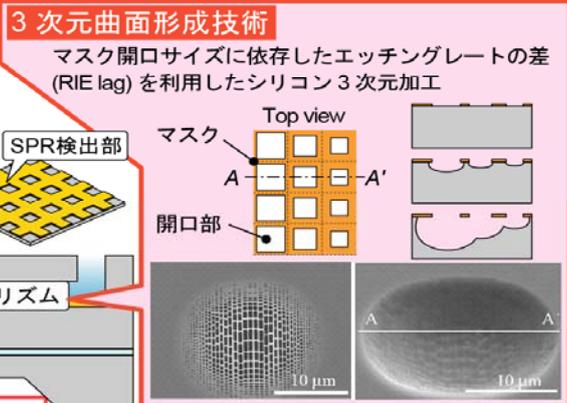
ナノリソグラフィとDRIEによって実現した200nmピッチのナノピラーアレイを用いて、タンパク質が吸着する面積を増大しSPRセンサの感度増大を実現



3µm

3次元曲面形成技術

マスク開口サイズに依存したエッチングレートの違い (RIE lag) を利用したシリコン3次元加工

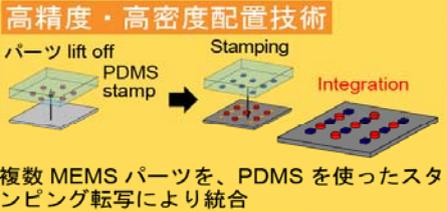


Top view
マスク A-A'
開口部
10µm

高精度・高密度配置技術

Parts lift off, PDMS stamp, Stamping, Integration

複数のMEMSパーツを、PDMSを使ったスタンプ転写により統合

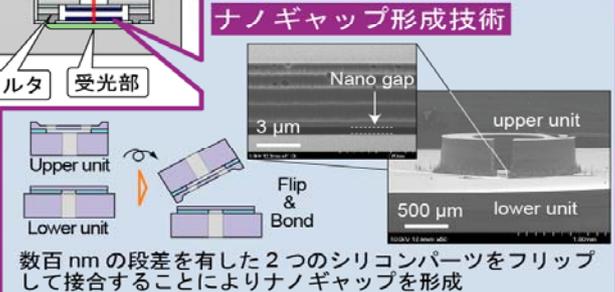


一段目転写
二段目転写
20µm

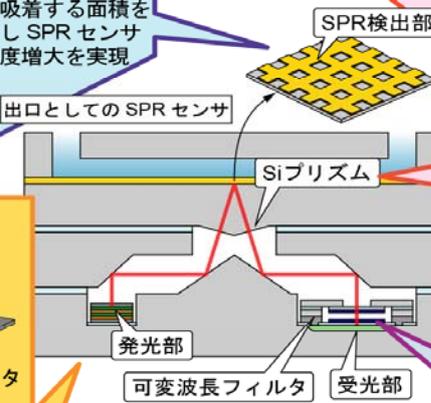
ナノギャップ形成技術

Nano gap, upper unit, lower unit, Flip & Bond

数百nmの段差を有した2つのシリコンパーツをフリップして接合することによりナノギャップを形成



3µm
500µm
100nm



出口としてのSPRセンサ

事業原簿-57

①-① 選択的ナノ機械構造体形成技術

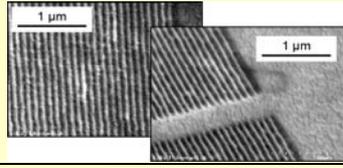
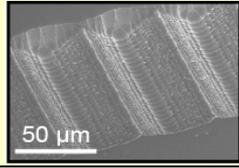
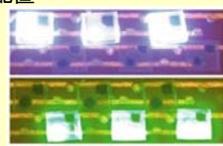


5/33

目標達成状況と成果普及の取り組み

公開

(達成度 ×: 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)

項目	目標	成果	達成度	
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	①L/S: 50nm ②アスペクト比 1:2 ③面積: 5mm x 5mm	①L/S: 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 ③ Peak-Valley値: 250nm	①傾斜角: 51° ②Ra: 平面で10nm、斜面で35nm ③Peak-Valley値: 200nm 	◎
	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 ③ Peak-Valley値: 20nm	①ギャップ間隔: 80nm以下 ②駆動ミラー直径: 500µm ③ Peak-Valley値: 20nm ミラーを静電駆動することによりギャップ間隔変化800nmを実現。 	○
	スタンプ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上へのアライメントを実現。 	◎

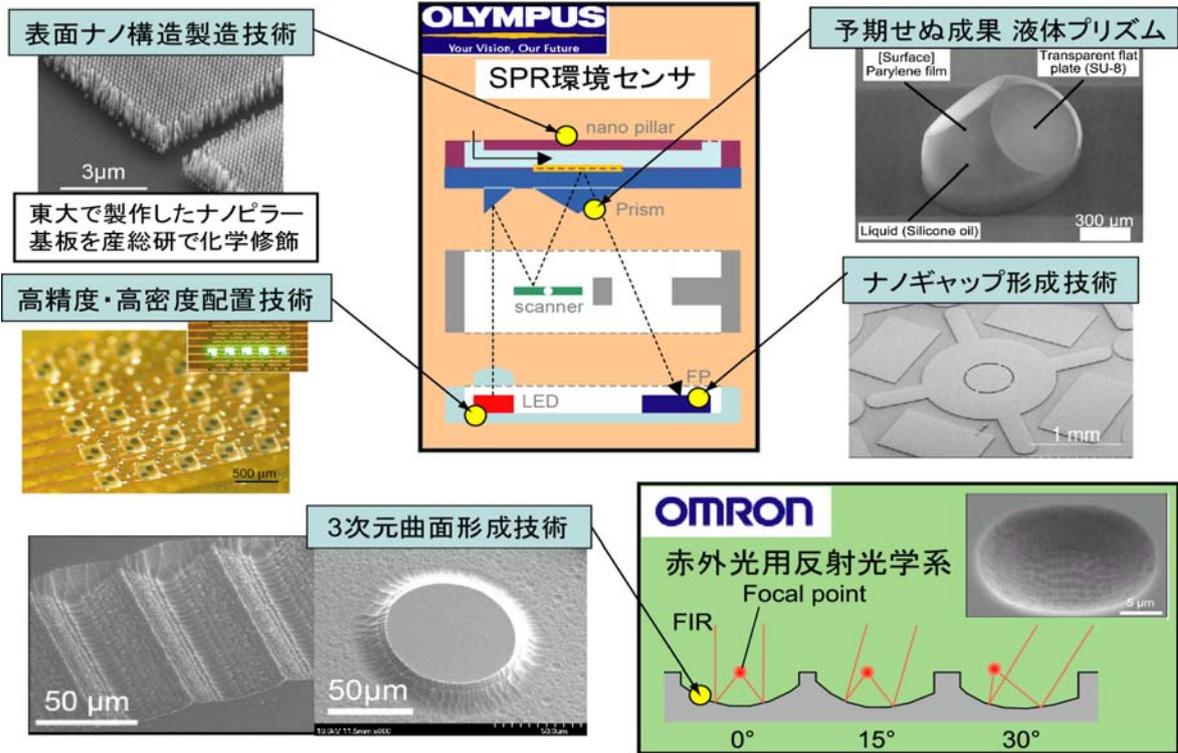
特許:5(海外:2)、口頭発表:17、論文:3、プレス発表:1、展示会:8

事業原簿-195

①-① 選択的ナノ機械構造体形成技術



6/33



事業原簿-199

①-① 選択的ナノ機械構造体形成技術



7/33

①MEMS／ナノ機能の複合技術の開発

(1) 選択的ナノ機械構造体形成技術（東京大学）

(2) バイオ材料(タンパク質など)の選択的修飾技術（産総研）

(3) ナノ材料(CNTなど)の選択的形成技術（産総研）



8/33

バイオとMEMSとの融合によるバイオセンシングシステムの創製

従来の生活習慣病検査

- ・血液検査などの体外診断が主流
- ・早期発見には不向き
- ・病変部位の特定が不可能

体内モニタリングが可能な
バイオセンサーの要望

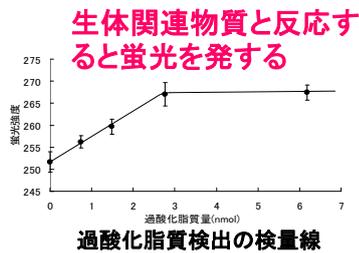
①分子認識素子の開発

生体の特定物質を認識する材料の開発

血管内皮細胞増殖因子(VEGF)と過酸化脂質の検出を実証



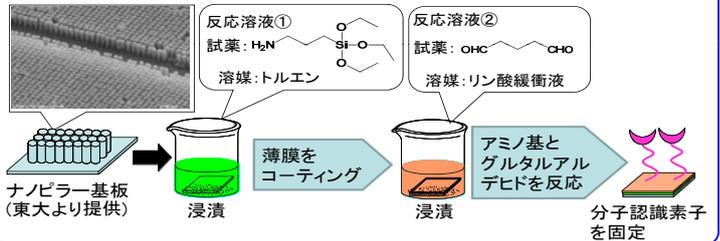
分子認識素子 + VEGF



②固定化方法の開発

分子認識素子を基板に固定する技術

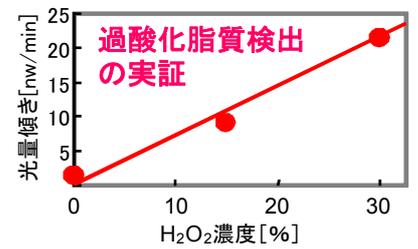
VEGF検出用分子認識素子のナノピラー基板上への固定化



③バイオMEMSセンサへの適用



光学式バイオセンサ



目標達成状況と成果普及の取り組み

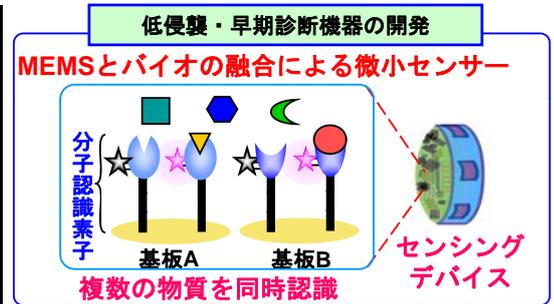
(達成度 ×: 目標未達成、△: 条件付で目標達成、○: 目標達成、◎: 目標を大幅に上回る成果)

研究項目	目標	成果	達成度
基本計画の目標	分子認識素子の構築 血管内皮細胞増殖因子(VEGF)および過酸化脂質を検出するための分子認識素子の開発	標的物質と特異的に反応し、蛍光を発する分子認識素子の開発に成功 VEGFを添加 分子認識素子	○
	固定化方法の開発 ・分子認識素子を基板上に精密に固定化 ・シグナルの検出を確認	Au基板、ナノピラー基板、ガラス基板上に有機薄膜を介して分子認識素子の固定化に成功。シグナルの検出を確認	○
	MEMS基板の作製および評価 ・MEMS構造体中の基板上に分子認識素子を固定化 ・シグナルの検出を確認	東京大学及びオリンパスが作製したMEMS基板上に分子認識素子を固定化→シグナルの検出を確認 オリンパス製バイオセンサ	○
自主目標	検出方法 2種類以上の光学的検出法に対応した素子の構築	SPR法、蛍光検出法、エパネッセント励起法に対応した素子を開発し、その特性を評価した。	○

特許:2、口頭発表:6、論文:2、プレス発表:2、展示会:4

新規生体分子認識材料を開発し、バイオMEMSセンサーへの適応の可能性を実証した(東京大学下山研究室およびオリンパス(株)との連携)

	2009年度	2010年度	2011年度	2012年度	2013年度	2014年度	2015年度
プロジェクト終了	← 課題1: 分子認識素子の構築、大量合成法の確立			← 課題2: MEMS基板への適用および評価			
						← 外部機関による評価	
							→ 製品化



今後も東京大学、オリンパス(株)と打ち合わせを継続する

事業原簿-241

①-②) バイオ材料(タンパク質など)の選択的修飾



11/33

①MEMS／ナノ機能の複合技術の開発

- (1) 選択的ナノ機械構造体形成技術 (東京大学)
- (2) バイオ材料(タンパク質など)の選択的修飾技術 (産総研)
- (3) ナノ材料(CNTなど)の選択的形成技術 (産総研)



12/33

ナノ材料(CNTなど)の選択的形成技術

(独)産業技術総合研究所 ナノチューブ応用研究センター

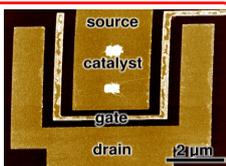
公開

カーボンナノチューブ(CNT)MEMSの創製

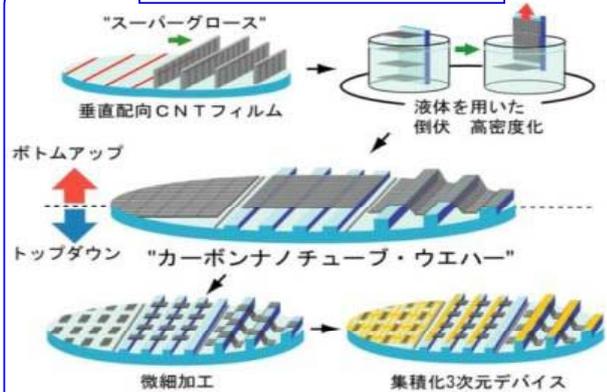
従来技術

パターニングした触媒上にCNTを形成(自由度:小)

CNT-FET(NEC、2003年)→



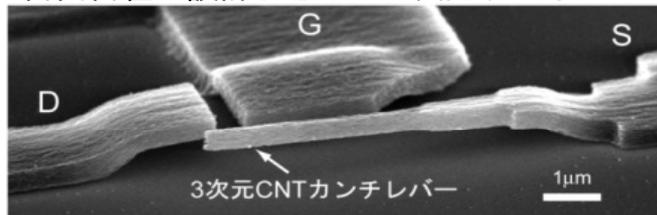
①CNT構造体合成技術



任意の場所に任意の形状のCNT構造体を設置することができる**世界初の方法**

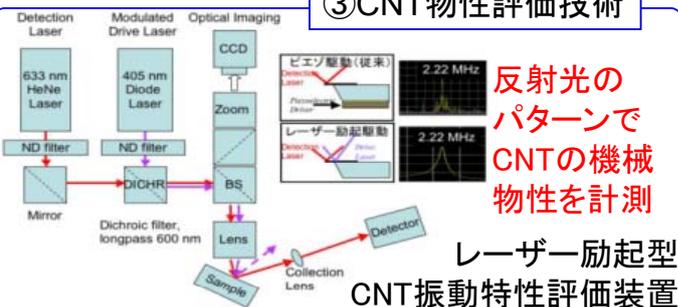
②CNT-MEMS形成技術

自由自在に設計したCNT-3次元デバイス



微細加工により任意の場所に任意の形状で作製可能 → “**機能を設計すること**”が可能

③CNT物性評価技術



反射光の
パターンで
CNTの機械
物性を計測

レーザー励起型
CNT振動特性評価装置

事業原簿-243

①-③ナノ材料(CNTなど)の選択的形成技術



13/33

目標達成状況と成果普及の取り組み

(達成度 ×: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)

公開

項目	目標	成果	達成度
基本計画の目標	CNT 選択形成	①厚み: 70nm以上で100nm精度 ②位置精度: ±50nm ③ナノリレーとして動作確認 (サイズ: 40nm精度)	○
	CNT 構造体 作製	①アスペクト比 (1:10以上) ②高密度充填 (充填率: 50%以上) の数μmから数百μmスケールの配向CNT構造体	○
	CNTの 架橋率	・架橋率: 100%	◎
自主	CNT 評価技術	・ヤング率、熱拡散率、抵抗率の評価技術を開発し、特性を評価した	○

特許:10(海外:4)、口頭発表:7、論文:2、プレス発表:1、展示会:5

事業原簿-267

①-③ナノ材料(CNTなど)の選択的形成技術



14/33

•CNTウェハ作製技術を開発し、世界初のCNT-MEMSを実現した
(応用物理学会 講演奨励賞(2008)、フラーレン・ナノチューブ学会 飯島賞(2009))

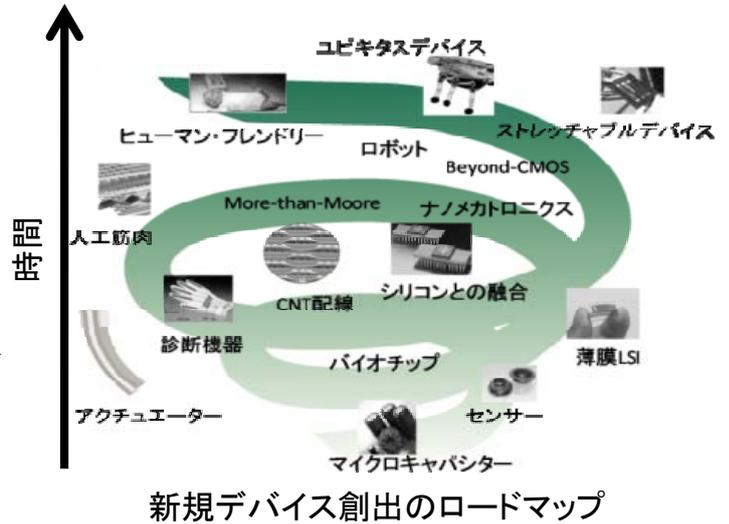
実用化に向けた今後の取り組み

(課題)

①Siでは出来ないCNT-MEMSの強みを生かせる用途の提案

② 製品化に向けた企業との連携
(対応)

CRESTのプロジェクトに参加し、CNTによる柔らかいMEMSデバイスの開発を行い、課題を解決する



②MEMS／半導体の一体形成技術の開発

(1)MEMS-半導体プロセス統合モノリシック製造技術

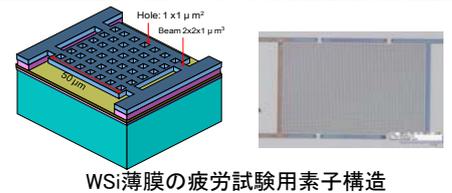
- 新たなMEMSセンシング原理の探索 -(立命館大学)

(2)MEMS－半導体横方向配線技術－1 (東北大学)

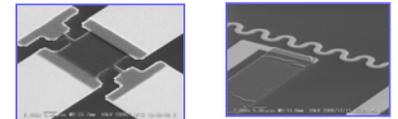
(3)MEMS－半導体横方向配線技術－2 (産総研)

1. ナノメカニカル構造の実現とナノ弾性特性の解明

- WSi, CNTでナノメカニカル構造を形成しその機械・電気特性を測定、新たなセンシング素子としての可能性を実験的に評価。
- WSiはSiと比べ、密度が約3.3倍、ヤング率が約1.2倍
⇒力覚センサの材料として極めて有望。
CNTは金属に近い特性、ゲージ率は金属の約3倍。
- WSi 薄膜集積化MEMS 機械量センサの設計と試作を行い、モノリシック集積化MEMS の実用化見通しを得た。

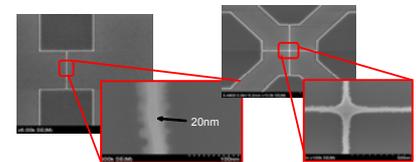
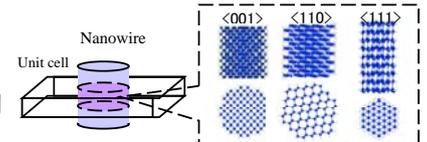


WSi薄膜の疲労試験用素子構造

CNT4端子素子: 20x20μm² ゼーベック効果測定素子

2. ナノスケールシリコンのピエゾ抵抗効果の解明

- 第一原理計算による単結晶Siナノワイヤー (Si-NW) のピエゾ抵抗効果解析法開発。⇒バルクSiの約10倍の値を予測。任意キャリア濃度・温度でのシミュレーションが可能。
- 集積化プロセスによるSi-NWの製作とピエゾ抵抗係数の測定。
⇒<100>方位、幅60nmでバルクの約2.4 倍の縦方向係数を観測。
- Si-NWピエゾ抵抗素子を用いた世界最小クラスMEMS 機械量センサの製作プロセスと構造の設計指針を確立

2端子 4端子
Si-NWピエゾ抵抗素子

目標達成状況と成果普及の取り組み

(達成度 ×: 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)

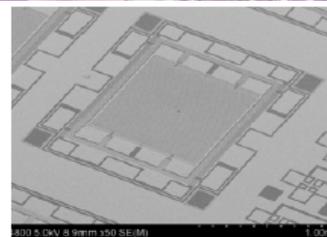
研究項目	目標	成果	達成度
基本計画 半導体センサの微細化により発現する新たなMEMSセンシング原理の探索	製造プロセスは問わないが、1つ以上の新たなMEMSセンシング原理を見出す	第一原理計算によるバンド構造を用いて、任意のキャリア濃度・温度でのピエゾ抵抗効果のシミュレーションが可能手法を確立。 <001>方位p型Siナノワイヤーで、バルクSiの約10倍のピエゾ抵抗係数が得られる予測を得た。	○
自主目標 ナノメカニカル構造の実現とナノ弾性特性の解明	① LSI材料として用いられる厚さ300nm以下の金属シリサイド(WSi)のセンシング素子構造材料としての定量的評価。 ②CNT(産総研)でナノメカニカル構造を形成しその機械・電気特性を測定し、新たなセンシング素子としての可能性を実験的に評価。	①様々な熱処理履歴のWSi薄膜を製作し、硬さ・ヤング率の測定、および、高サイクル疲労試験を実施。その結果、機械量センサとしてSiの3倍の感度が期待でき、繰返し数寿命も $N > 10^{11}$ 回と高く、センサ構造材料としてきわめて有望。 ②CNTは金属に近い特性を示し、ゲージ率は金属の約3倍高い結果を得た。	○
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	面方位(100)、長手方向結晶方位<100>、<110>、伝導型p型、目標最小線幅100nmのSiナノワイヤーの製作とピエゾ抵抗特性の評価	集積化プロセス (EB直描) による幅30-500nmのp型Siナノワイヤーを製作(日立)し、I-V特性およびピエゾ抵抗係数の測定を行った。 <100>方位、幅60nmでバルクの約2.4 倍の縦方向ピエゾ抵抗係数を観測。	○

特許: 2(準備中)、口頭発表: 26(国際14、国内12)、論文: 4、展示会: 3

①金属シリサイド(WSi)薄膜

機械的性質を解明した結果、Siを用いた加速度センサに比べて約3倍の感度が得られることが明らかになった。

WSiは静電容量型力覚センサの構成材料としてきわめて有望といえ、モノリシック集積化MEMSの実用化に大いに期待がもてる。

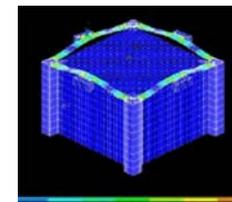


WSi-3軸加速度センサ
(静電容量型: 2 x 2 x 0.7 mm³)

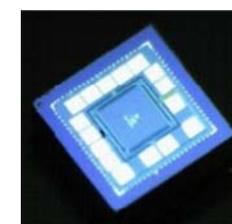
②Siナノワイヤー

ピエゾ抵抗物性シミュレーションによって、p型Siナノワイヤーのピエゾ抵抗係数が非常に大きいことが示され、実験においても、その傾向が確認実証できた。

さらにワイヤー径の細いSiナノワイヤーを製作する技術を確立することで、Siナノワイヤーをピエゾ抵抗素子として応用した世界最小クラスMEMS機械量センサの実用化が期待できる。



<実用化設計試作例>
外形寸法
0.5mm角の
平行ビーム型
3軸加速度
センサの応
力解析結果
(上)と製作
チップの写
真(下)



研究を遂行する上で得た知見を用い連携機関と協力し継続して実用化研究を行う。

②MEMS／半導体の一体形成技術の開発

(1)MEMS-半導体プロセス統合モノリシック製造技術

- 新たなMEMSセンシング原理の探索 -(立命館大学)

(2)MEMS－半導体横方向配線技術－1 (東北大学)

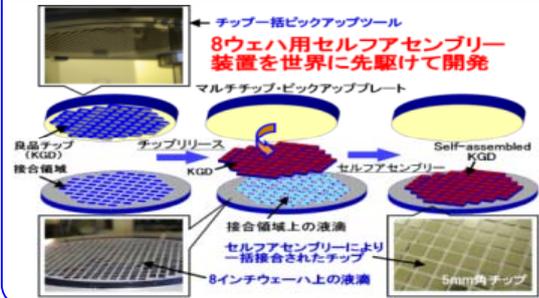
(3)MEMS－半導体横方向配線技術－2 (産総研)

多くのMEMSとLSIを同時一括実装する新しい高密度低温積層一体化実装技術の開発

①セルフアSEMBリー技術

従来技術：チップ毎のセルフアSEMBリーが中心

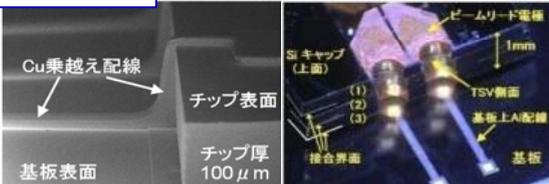
液体の表面張力を利用した多チップ一括実装

8インチウェハ上で500個以上のチップを合わせ精度0.5 μm で同時一括接合したのは世界初

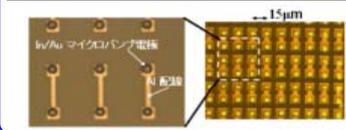
③チップ乗り越え配線形成技術

セルフアSEMBリーにより基板に高精度(0.5 μm)で多チップ一括実装した後、チップ段差がある状態で線幅10 μm の乗り越え配線を一括形成

TSV配線付SiキャップによりMEMS乗り越え配線形成



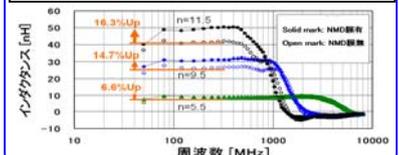
②高密度マイクロバンプ技術

従来技術：はんだバンプ直径20 μm 以上、合わせ精度5 μm 、チップ-チップ接合セルフアSEMBリーにより合わせ精度0.5 μm で10,000対の微細マイクロバンプ電極(5 μm 角)を多チップ一括接合従来乗越え配線技術：チップ側面ホトリソグラフィにより側面配線形成後基板へ実装、またはチップを基板へ埋め込み平坦化後配線形成するため、配線幅20 μm 以下の配線形成が難しい。

④受動素子技術

従来技術：絶縁膜にCu配線を埋め込んでインダクタ形成

Co磁気ナノドットを高密度に分布させた絶縁膜にCu配線を埋め込んでインダクタを作製することによりインダクタンス値を約20%増大



⑤テストモジュール試作

セルフアSEMBリー、乗り越え配線を用いたマルチチップモジュールの試作は世界初



事業原簿-344

②-(2) MEMS－半導体横方向配線技術－1



21/33

目標達成状況と成果普及の取り組み

(達成度 ×: 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)

研究項目	目標	成果	達成度
基本計画 セルフアSEMBリーを用いたMEMS-LSI一括実装	高密度な低温積層一体化実装技術を確立する	①常温で400 μm 厚、1mm厚MEMSチップの合わせ精度 $\pm 1\mu\text{m}$ 、100 μm 厚の半導体チップで $\pm 0.5\mu\text{m}$ ③8インチウェハ用セルフアSEMBリー装置開発 ④8インチウェハに500個以上のチップを一括接合。	◎
自主目標	高密度マイクロバンプ形成	①インプリント技術により8インチウェハ上にマイクロバンプを一括形成。5 μm 角、厚さ2 μm 、間隔10 μm ②合わせ精度 $\pm 1\mu\text{m}$ で10,000対のマイクロバンプを一括接合。寸法5 $\mu\text{m} \times 5\mu\text{m}$	○
	チップ乗り越え配線形成	①厚さ400 μm 以上のMEMSへの乗り越え配線形成 ②100 μm 厚の半導体チップへの乗り越え配線形成(配線幅: 10 μm 、配線間隔: 10 μm)	△
	チップ上への受動素子形成	①磁性ナノ粒子充填シリコン酸化膜と埋め込みCu配線を用いたインダクタ形成(インダクタンス値増大: 30%) ②High-K膜を用いたキャパシタ形成	△
	テストモジュール作製	MEMS、LSI、インダクタ、キャパシタ各チップを一体化したテストモジュールの試作	MEMS、LSI、インダクタ、キャパシタ各チップを搭載したテストモジュールを試作し、基本特性を確認。

特許: 2、口頭発表: 20、論文: 3、プレス発表: 6、展示会: 4、学会賞: 6

事業原簿-362

②-(2) MEMS－半導体横方向配線技術－1



22/33

実用化に向けた今後の取り組み

公開

- セルフアセンブリー技術を用いて、8インチウェハ上へのMEMS-LSI多チップ一括接合を実現(世界初)

MRS (Material Research Society) Invited Paper Award (2008)

実用化に向けた今後の取り組み

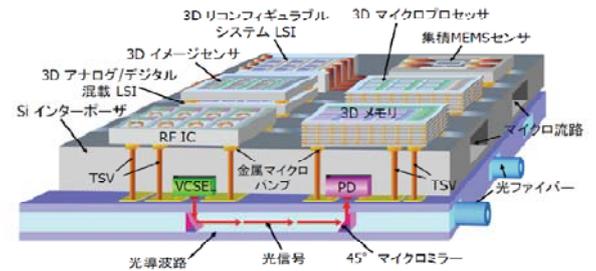
- ①A社と共同で12インチウェハ用セルフアセンブリー装置の製品化推進.
- ②B社と乗り越え配線技術の実用化を目指した共同研究開発開始.
- ③MEMS-半導体横方向配線技術と3次元積層化技術を組み合わせた高密度ヘテロインテグレーション技術の開発.

(課題)

MEMS-半導体横方向配線技術を用いたマルチチップモジュールの性能改善効果の明確化と応用、用途の探索.

(対応)

企業との共同研究を進めると同時に他の大型研究プロジェクトに参加し、具体的な応用を想定したマルチチップ・システムモジュールの開発を目指す.



ヘテロインテグレーションによるマルチチップ・システムモジュール

事業原簿-363

②-② MEMS-半導体横方向配線技術-1



23/33

②MEMS／半導体の一体形成技術の開発

(1)MEMS-半導体プロセス統合モノリシック製造技術

- 新たなMEMSセンシング原理の探索 -(立命館大学)

(2)MEMS-半導体横方向配線技術-1 (東北大学)

(3)MEMS-半導体横方向配線技術-2 (産総研)

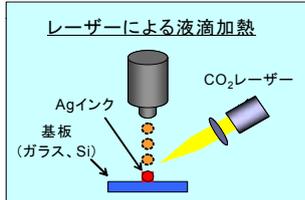


24/33

フレキシブルで高密度なMEMS-LSIチップ実装技術の実現

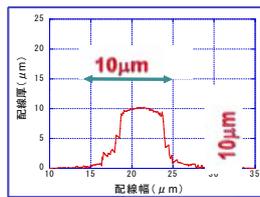
① 微細配線技術の開発

レーザー援用インクジェット技術によるフレキシブルな微細配線技術

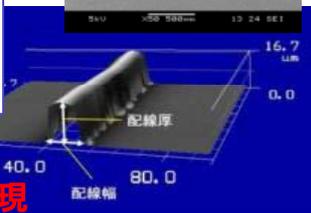


レーザー照射によりアスペクト比を250倍向上、10 μ m以下、描画速度:10mm/sec・ノズル

100 μ m以上の段差乗り越え



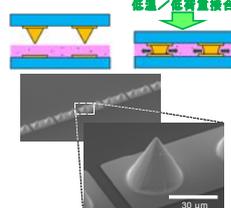
世界初！アスペクト比1を実現



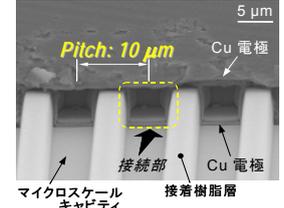
② バンプ接続技術の開発

低温・低加圧でチップ間を接続する技術

(1) GD法円錐バンプ

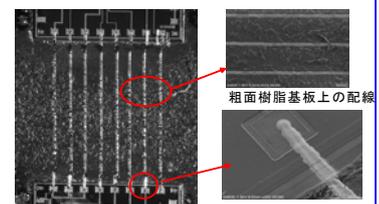
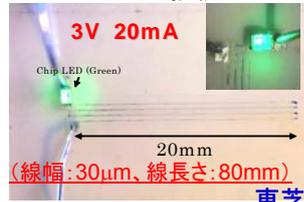


(2) 無電解ブリッジめっき法



③ チップ接続、デバイス動作の確認

LEDチップ接続



東芝(株)樹脂基板埋め込みチップの接続

目標達成状況と成果普及の取り組み 公開

(達成度 ×: 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)

研究項目	目標	成果	達成度
基本計画の目標			
マテリアル・ダイレクト・ライティング (MDW) 技術の開発	直描線幅: 5~10 μ m 成膜厚み: 5~10 μ m 描画速度: 1cm/min以上 成膜速度: 10 μ m/min以上	線幅: 7~10 μ m 配線厚み: 5~16 μ m (重書き無し) 描画速度: 60cm/min 最小配線間隔: 30 μ m (複数平行配線のギャップ間隔) @Si、ガラス、ポリイミド、セラミックス基板上、粗面基板上への描画も可能、密着強度増	◎
段差乗り越え直接描画配線技術の開発	段差: 100 μ m以上 配線プロセス温度: 400 $^{\circ}$ C以下 (以下は自主目標) 段差傾斜角度: 80 $^{\circ}$ 以上 配線表面粗さ: 表皮深さの値の1/10 (Ra=0.1 mm以下: 3GHz 相当)	段差: 500 μ m 最大傾斜角度: 84 $^{\circ}$ @ヘッドは基板面に対し垂直固定状態 体積抵抗率: 3 $\times 10^{-6}$ $\Omega \cdot$ cm @ポストアニールなし Ra=60nm以下、コプレーナ型伝送路 (50 μ m線幅) で40GHzまでの伝送特性を確認。	○
自主目標			
低温複合組み立て実装技術の開発	フリップチップ実装接合技術 接合形成温度: 150~200 $^{\circ}$ C 接合寸法: 10~30 μ m シアー強度測定 位置合わせ制御条件の最適化	30 μ m径円錐バンプにより1/80低荷重 無電解めっき法のブリッジ接続により、無加圧かつ60 $^{\circ}$ Cで低温形成 フリップチップ実装精度2 μ m達成	◎

特許: 5 (海外: 1)、口頭発表: 10、論文: 3、受賞: 1、プレス発表: 2、プレス掲載: 8、展示会: 4、共同研究依頼: 15

本事業の成果は、MEMSデバイス、MEMS/LISなどの高密度集積化への応用が考えられるが、レーザー援用IJ技術については、特にシングルヘッドでも対応可能な医療用カテーテルや医療マイクロカプセルなどに、さらに、太陽電池パネルやFDPなどの大面積デバイスの配線・補修技術への応用も期待される。実用化には電気接続の高い信頼性や生産スループットが求められるため、本研究開発事業期間の後、

- ①ウエハレベルでの大量生産や大面積デバイス応用を考慮したIJヘッドのマルチノズル化
- ②マルチノズル化に対応した2次元描画のための制御ソフトの開発
- ③各種対象インク材料拡張とIJヘッドのマッチングによる高安定化技術
- ④省資源・省エネルギー対応の小型GDバンプ形成装置の開発
- ⑤ブリッジめっき法による3次元積層チップの一括接続技術

を民間企業(A社、D社、F社、R社、H社、S社など15社)との共同研究などを経て製品化する予定である。

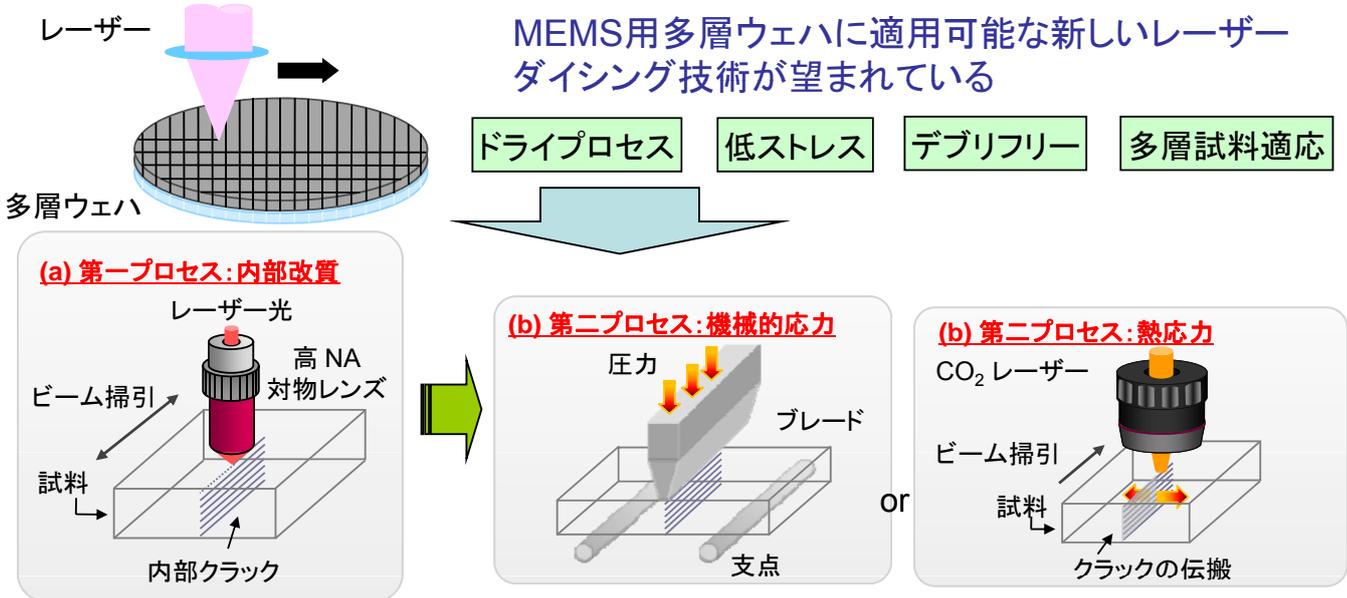
③MEMS/MEMSの高集積結合技術の開発

多層ウエハレベル接合体の低ストレスダイシング技術

(レーザー技術総合研究所、東北大学)

従来のレーザーダイシング技術の課題

- ①設備が高価(約1億円)で少量多品種生産のMEMSには適用が困難
- ②Si、ガラスなどへの実績は有るが多層ウェハへの適用は未知(プロジェクト開始時)

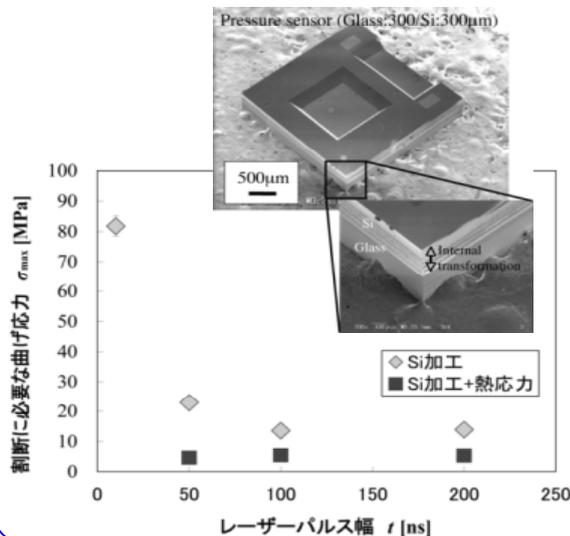


研究開発テーマと主な成果

できるだけ低ストレスで多層ウェハレベル接合体を切断できるダイシング技術を開発する。

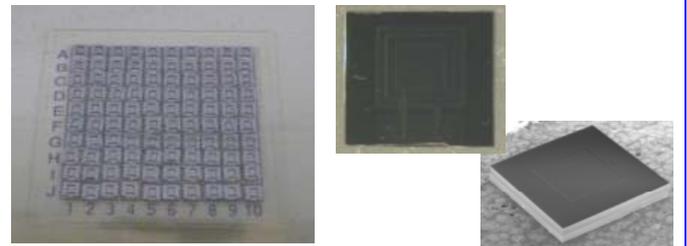
①MEMS構成材料のレーザー加工・改質特性調査

応力集中を利用した新切断方式



②多層MEMS構造の切断技術開発

破損率1%以下を達成



③分割支援構造の評価・設計・製作・検討

評価用圧力センサ



目標達成状況と成果普及の取り組み

公開

(達成度 ×: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)

	研究項目	目標	成果	達成度
基本計画	多層MEMS構造の切断技術開発	多層構造3種類以上についてレーザダイシング試験を行い、試料の破損率1%以下を達成する。	多層構造3種類以上についてレーザダイシング試験を行い、試料の破損率1%以下を達成。	○
自主目標	MEMS構成材料のレーザ加工・改質特性調査	Siとガラスにおいて1~2μmの波長帯域で、Siにおいて10ns~200nsのパルス幅範囲でレーザ加工・改質特性を確認	広範囲な波長域、パルス幅領域でレーザ加工・改質特性を確認することにより、ガラス/Si積層体に対して 新たなダイシング手法を見いだした。	◎
	分割支援構造の評価・設計・製作・検討	破損率を定義・評価できる試料を製作	破損率評価に適宜サンプルを提供	○

特許:3、口頭発表:18、論文:5、学会賞:2、プレス発表:2、展示会:2

事業原簿-502

③多層ウェハレベル接合体の低ストレスダイシング技術



31/33

実用化に向けた今後の取り組み

公開

本研究開発事業期間の後、

①お試し加工のための装置を阪大、東北大に設置し

②ユーザーの評価を得る

と共に

③システム開発メーカーに技術供与して製品化する予定である。

また、当該技術を

④パネル切断等への展開の可能性を実験的に調査し

⑤MEMS以外の分野への応用を探る。



Nd:YVO₄ CO₂ (6インチウエハ対応)

事業原簿-503

③多層ウェハレベル接合体の低ストレスダイシング技術



32/33

基礎的・基盤的研究開発のまとめ

公開

目標達成状況及び論文、特許などの成果

(目標達成基準 ○:全項目達成、△:一部条件付き達成、×:未達項目有り)

研究開発項目	基本計画	自主目標	論文	発表	特許	報道	学会賞
①MEMS/ナノ	○	○	7	30	17	4	2
②MEMS/半導体	○	△	10	57	10	13	7
③MEMS/MEMS	○	○	5	18	3	0	2

成果の実用化に向けた今後の取り組み

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-46~55



33/33

- 研究開発項目④ 高集積・複合MEMS知識データベースの整備
研究開発項目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

財団法人マイクロマシンセンター

2009年10月5日



研究開発項目④ 高集積・複合MEMS知識データベースの整備

1. 研究開発の概要

研究開発の概要

公開

基本計画の達成目標

- 全研究開発項目に係わる知見(文献情報、特許情報、及び成果)のデータベース(DB)化
- MEMS用設計解析支援システム‘MemsONE’知識DBへの実装

実施内容

- (1) 全研究開発項目(委託・助成)を網羅した成果・情報の収集と知識の体系化
 - ◆ 大学再委託研究により助成対象分野の知識データ補完収集
 - ◆ MemsONEカテゴリをベースに、ファインMEMSの研究カテゴリを連携構築
 - ◆ カテゴリ毎に知識データを蓄積して合計:1000件目標
- (2) ネット上で共同作業を主眼とする共有コラボレーション環境の実現(複数ユーザが特殊なアプリ、専門的記述言語の知識無く、共同作業できる環境)
 - ◆ Webブラウザ/MediaWikiを用いた知識データ収集用システムの構築
 - ◆ DBとして必要な表示・入力機能を開発
- (3) DBの普及(インターネット上で一般公開、MemsONE知識DBへの実装)
 - ◆ 公開用DBシステムの構築
 - ◆ ファインMEMSデータをMemsONEデータ入力形式に変換

事業原簿-504~506

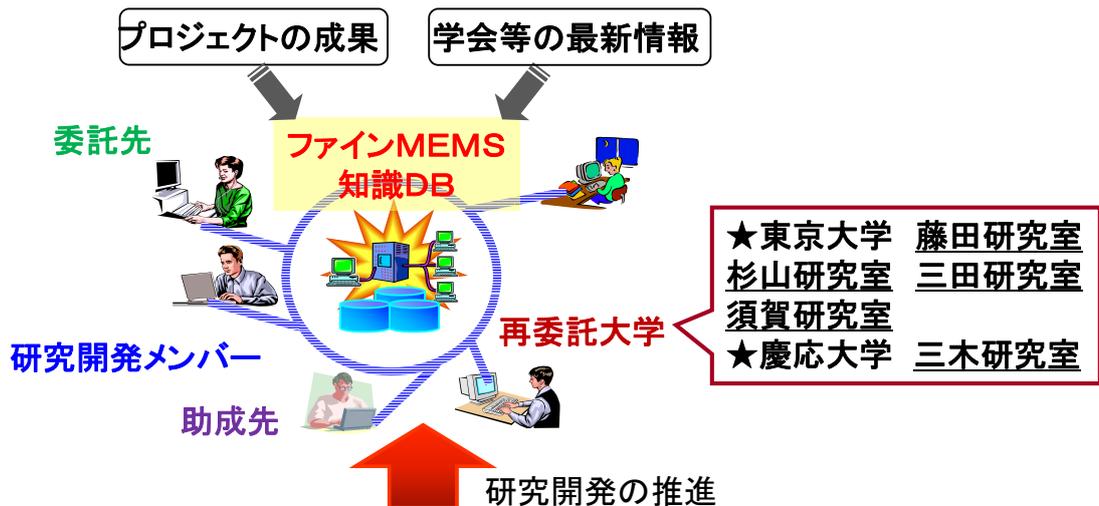
高集積・複合MEMS知識データベースの整備



3/31

研究開発体制

公開



研究開発の推進
ファインMEMS知識DB委員会
委員長:下山PL
副委員長:東京大学 藤田教授、他22名(研究開発メンバー)
定期的開催(3年間で15回)、データ収集進捗、
登録データの把握、最新技術動向の情報交換、システム改善

事業原簿-507~513

高集積・複合MEMS知識データベースの整備



4/31

研究開発項目④ 高集積・複合MEMS知識データベースの整備

2. 研究開発成果

研究開発成果

(1) 目標の達成度

	目標	達成度	備考
基本計画目標	全研究開発項目に係わる知見のDB化	○	1500件超の知識データをDB化 特許情報4500件超をDB化
基本計画目標	MemsONE知識DBに実装	○	全データをMemsONEデータとして統合
自主目標1	知識の体系化	○	ファインMEMS/MemsONE カテゴリの相関マトリックスを構築
自主目標2	知識データ収集用システム構築	○	Wikiベースの知識データ収集用システムを マイクロマシンセンターに構築
自主目標3	DB入力・表示機能開発	○	データ入力初期設定・全文検索機能、 各種ランキング・新着知識表示を実装
自主目標4	公開用DBシステムの構築	○	一般ユーザの利用規約、ユーザアカウント作成 機能等を実装し、マイクロマシンセンターに構築
自主目標5	MemsONEデータ入力形式に変換	○	変換スクリプトを作成し、全データ MemsONEデータに変換

研究成果・情報の収集、知識の体系化

公開

- ➡ ファインMEMS研究開発項目から研究カテゴリを抽出し、MemsONEカテゴリ（プロセス、デバイス、材料特性、解析）との相関マトリックスを構築
- ➡ 企業8、大学9研究室、産総研3グループ、公益法人2組織の連携により、カテゴリ毎に1500件超の知識データを蓄積

登録知識のマトリックス表示

カテゴリ	FineMemsカテゴリ														
	ナノ機械構造	選択的バイオ修飾	選択的材料修飾	ナノ機能デバイス化	プロセス統合モノリシック	センサ新原理	CMOS/MEMS多層	3次元インターポザル	擬似SOC	MDM技術を用いた配線	自己組織化高密度実装	異種材料多層集積	ビルドアップ多層集積	チップレベル高精度接合	低ストレスダイシング
プロセス	167	6	67	17	43	4	43	46	19	29	77	123	59	31	96
デバイス	124	51	26	34	60	45	25	1	11	34	17	39	12	6	0
材料特性	25	10	72	5	3	2	2	2	2	18	11	22	0	2	0
解析	22	0	1	1	2	2	2	7	2	12	4	9	0	1	0

研究成果・情報の収集、知識の体系化

公開

- ➡ 研究開発項目に該当する2000年以降の国内公開特許、米国登録特許、及びPCT公開特許を調査し、抽出した4500件超の特許情報(明細書全文)をDBに実装
- ➡ MEMS/半導体の一体形成技術及びMEMS/MEMSの高集積結合技術に関する主要な海外企業・研究機関の出願動向をまとめた分析資料集をDBに実装

高集積・複合MEMS知識データベースの整備としての特許調査

- 公開年別一覧
 - 2000~2001年
 - 2002年
 - 2003年
 - 2004年
 - 2005年
 - 2006年
 - 2007年
 - 2008年
- 分野別一覧
 - MEMS/ナノ機能の複合技術(A1)
 - MEMS/半導体の一体形成技術(A2)
 - MEMS/MEMSの高集積結合技術(A3)
 - US特許
 - 特許協力条約PCTに基づく国際特許出願(WO公開)
- 米国・欧州・PCT特許資料集
 - MEMS/半導体の一体形成技術に関する米国・欧州・PCT特許資料集
 - 掲載特許一覧表
 - 米国特許
 - 欧州特許
 - 特許協力条約PCTに基づく国際特許出願(WO公開)
 - MEMS/MEMSの高集積結合技術(主にパッケージング関連技術)に関する米国・欧州・PCT特許資料集
 - 掲載特許一覧表
 - 米国特許
 - 欧州特許
 - 特許協力条約PCTに基づく国際特許出願(WO公開)

特許情報

分析資料集

(2) 成果の意義

高集積・複合MEMS開発・製造を目指す研究者・技術者が、インターネットを介して自由にDBにアクセスでき、DBの可視化・検索機能の搭載により活用し易く、アプリケーションの知識がなくても知識データの更新が容易なDBシステムを実現した。

(3) 成果の普及

- ・利用ガイドライン、利用規約、閲覧ユーザアカウント作成機能を付加し、6月第2週よりマイクロマシンセンターのHP上で一般公開開始
<http://www.mmc.or.jp/memspedia/>
- ・知識DBの普及活動として、2006、2007、2008、2009マイクロマシン/MEMS展展示、Nano tech2007、2008展示、プロジェクト成果発表会(2007、2008、2009)でPR

本文 ノート ソースを表示 履歴

閲覧回数ランキング

全件数=103703件 (■=1件 / ■=10件 / ■=50件 / ■=100件)

9月18日現在 10万3千件のアクセス
Google検索で上位表示

- ヤング率の測定法(共振法)
- 自己組織化単分子膜の成膜
- 横弾性係数の測定方法(共振法)
- チオバルビツール酸法
- レジストマスクによるシリコンウエットエッチング
- 過酸化水素
- ヤング率の測定法(引張試験)
- ヤング率の測定法(三点曲げ)
- ヤング率の測定法(片持梁の曲げ)
- フリップチップ実装技術における封止樹脂の硬化温度依存性に関する評価
- シリコンピエゾ抵抗型3軸加速度センサ
- 多層膜の透過率、反射率解析
- PDMSの硬化条件と弾性率の関係
- ウエットエッチング
- PEDOT:PSS
- 感光性ポリイミド絶縁層材料
- シリコン貫通電極(TSV)構造の分類

Google ヤング率 測定法 共振法

ウェブ 検索ツールを表示 ヤング率 測定法 共振法 の検索結果 約 3,450 件中 1 - 10 件目

1 [ヤング率の測定法\(共振法\) - tinemems](#)

ここではヤング率の測定手法について説明する。ヤング率の測定法は、引張試験が一般的であるが微小材料ではチャックの問題やひずみの測定方法に課題がある。ここで紹介する共振法は、カンチレバー(片持ち梁)を用い、強制加振させ振幅測定により共振点 ...

2 [自己組織化単分子膜 形成](#)

ウェブ 検索ツールを表示 自己組織化単分子膜 形成 の検索結果 約 25,200 件中 1 - 10 件目

1 [カタログの見方 | SAM\(自己組織化単分子膜\)形成試験 | ProChimia製品紹介](#)

SAM(自己組織化単分子膜)形成試験、カタログの見方。様々なSAM(自己組織化単分子膜)形成試験を販売しております。親水性、疎水性、生体適合性、生体特異性、光応答性、電気化学活性、蛍光分子などの表面修飾が可能になります。

2 [チオフェン自己組織化単分子膜形成におけるアルキル鎖の影響](#)

チオフェン自己組織化単分子膜形成過程は、アルカンチオールのような末端に基 板と親和性の高い官能基を持った長鎖分子に共通な現象。表面科学 Vol. 23, No. 8, pp. 475-482, 2002. チオフェン自己組織化単分子膜形成におけるアルキル鎖の影響† 松浦 俊彦・下山 雄平 * ...

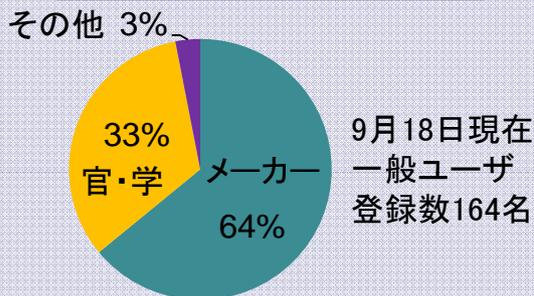
3 [自己組織化単分子膜の成膜 - tinemems](#)

自己組織化単分子膜(Self-Assembled Monolayer: SAM)とは、分子が物質表面に自発的に化学吸着し、単分子の層を形成することによってできる膜の ... チオール末端基を持つ炭化水素鎖分子の自己組織化単分子膜(Self-assembled monolayer: SAM)膜形成法。 ...

研究開発項目④ 高集積・複合MEMS知識データベースの整備

実用化、事業化の見通し

公開版知識DBの管理・運営



★ランキング表示、ユーザ登録情報よりユーザの関心がある分野・知識を把握

マイクロマシンセンター自主事業

- ★DB開発メンバーによる公開版のデータ更新、編集メンバーの追加
- ★知識DB編纂委員会を設置し、情報収集・登録分野の検討、技術カテゴリ・キーワードの見直し

知識の集積化を継続し、MEMS分野の包括的な知識基盤となる百科事典“MEMSPedia”として整備予定



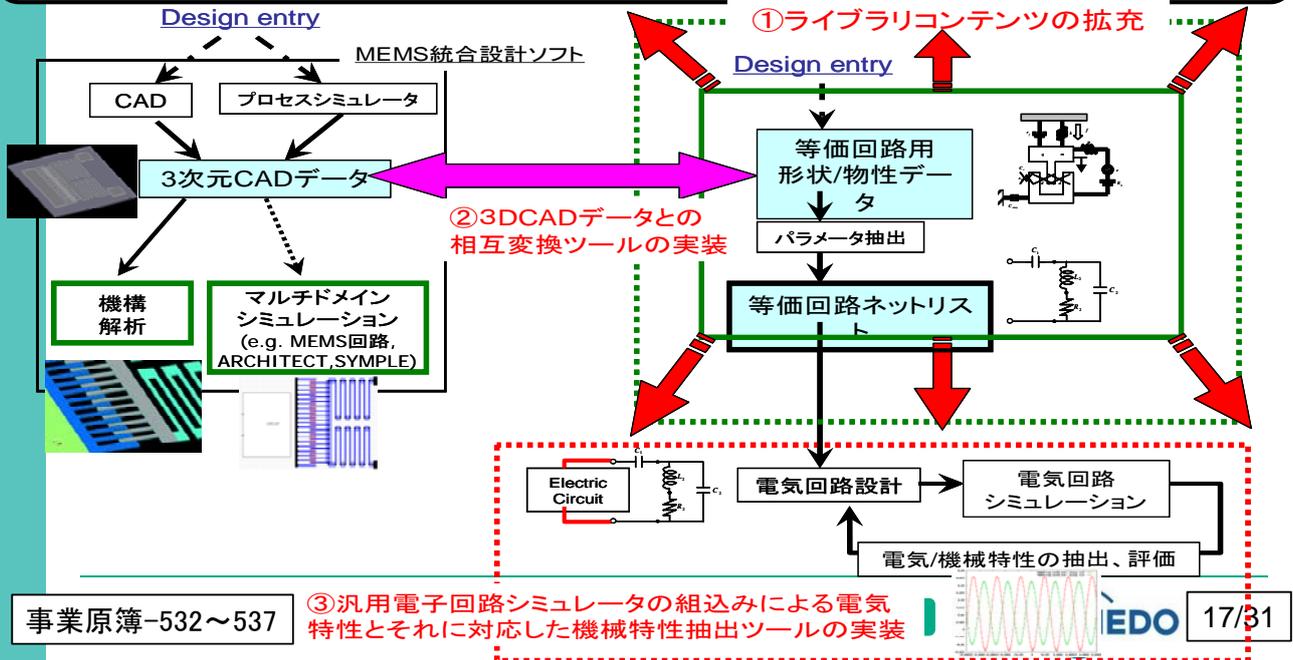
研究開発項目⑤

高集積・複合MEMSシステム化設計プラットフォームの開発

1. 研究開発の概要

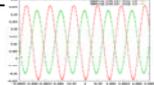
MEMSや周辺回路などに係わるさまざまなデバイスに対応した電気回路-機械系全体をシステムとしてせる設計プラットフォームを開発→ MEMS等価回路ジェネレータの開発

- 1) H19年度：ファインMEMSで想定されるデバイスに対応した等価回路モデルと閲覧用Webライブラリの開発 → 12種類のMEMSデバイスの等価回路モデル
- 2) H20年度：より汎用性を高め次の3点に着目し開発。
 - ・MEMSデバイス同士の接続
 - ・電気的、機械的特性抽出機能
 - ・3次元CADとの相互変換



事業原簿-532~537

③汎用電子回路シミュレータの組込みによる電気特性とそれに対応した機械特性抽出ツールの実装



EDO 17/31

ファインMEMS設計プラットフォーム 研究開発体制

- ・ 集積化MEMSとして周辺電気回路を含めたトータルなシステムとして設計が必要との共通認識を持つ有識者からなる検討委員会で、基本方針と進捗・方向性についてチェック
- ・ 橋口リーダのもと、MEMS最先端研究者とソフトベンダーからなるワーキンググループで具体的設計を実施

ファインMEMSプラットフォーム検討委員会

開発方針・重要事項の検討

委員長：藤田博之(東大)

副委員長：橋口原(静岡大)、入江康郎(みずほ情報総研)

全体取り纏め
:MMC

H19年度委員:

磯野吉正(立命大)、土屋智由(京大)、
岩瀬英治(東大)、畠賢治(産総研)

H20年度委員:

佐々木実(豊田工大)、土屋智由(京大)、
高尾秀邦(豊橋技科大)、岩瀬英治(東大)、
三田信(JAXA)

ファインMEMSシステム化設計プラットフォームワーキンググループ

要件抽出・仕様策定・概念設計・システム設計

リーダ:橋口原(静岡大)

H19年度メンバ:

土屋智由(京大)、浅海和雄(MHIR)
水田千益、望月俊輔(MSI)
前田幸久(UEL)

H20年度メンバ:

土屋智由(京大)、高尾秀邦(豊橋技科大)、
浅海和雄(MHIR) 水田千益、望月俊輔(MSI)
前田幸久(UEL)

研究開発項目⑤ 高集積・複合MEMSシステム化設計プラットフォーム

2. 研究開発成果

システム化設計プラットフォームの開発



19/31

研究開発項目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

H19年度 目標と成果、達成度

達成度 ×: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

研究項目	19年度目標	成果	達成度
1. ファインMEMS等価回路モデルの構築	生成データ(ネットリスト)を利用した回路計算結果が実デバイスの動作や機械形状の依存性を的確に表現し特性の変化を評価できること	デバイスモデル化終了。CNTカンチレバー及び櫛歯角速度センサ完了。MEMS同士の練成のモデル化について方策を検討H20年度の取り組み課題とした。	○
2. MEMS等価回路モデルの収集・登録	範囲:櫛歯(角速度センサ、アクチュエータ3種類)、梁2種類、平行平板2種類、磁気回路、振動子等価回路モデルコンテンツの数:10件	等価回路モデル化終了。MEMS同士の練成のモデル化について方策を検討H20年度の取り組み課題とした。	○
3. MEMS等価回路モデル閲覧用Webライブラリの構築	等価回路モデルの閲覧及び汎用電子回路シミュレータで利用可能なデータ(ネットリスト)でダウンロード可能なこと	Webライブラリ構築終了。	○
4. 単位要素モデル、MEMS構成要素モデルの検討	Webライブラリシステムに掲載された等価回路モデルの汎用電子回路シミュレータで利用可能なリスト生成に必要なばね定数などの機械構造の特性値を抽出できること	終了。櫛歯角速度センサについて実装含め完了。	○
5. 等価回路モデル・3次元CADモデル相互生成技術調査	3次元CADシステムと等価回路システム間の形状データの相互変換技術に関する課題を明確化できていること	技術課題を抽出しを完了し、相互変換処理の検討を終了した。H20年度の取り組み課題とした。	○



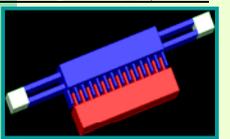
H20年度 目標と成果、達成度

研究項目	H20年度開発目標	成果	達成度
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関しコンポーネン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	○
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	○
3. 単位要素モデル、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認し、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。	○
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SPICE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、解説書を合わせて収録。 ③H19年度版と合わせ、Web公開を6月末に完了	○
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)	○

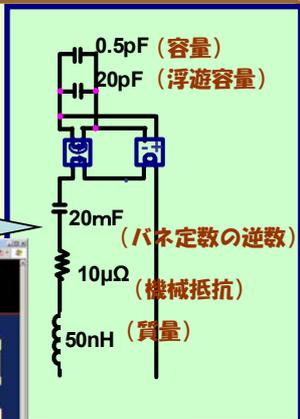
MEMS等価回路モデル2種類を開発、Webシステムで公開

- ・ デバイスモデル
→電気端子から見た特性インピーダンスを導出し回路合成、ファインMEMS想定12デバイスを準備、
→H20. 3にプロジェクト各メンバーのデバイス設計に寄与すべくフィードバックした
- ・ コンポーネント複合モデル→
電気端子と機械端子を有し、複数のコンポーネントを組合せ可能、3DCADからの変換、特性解析が可能に
- ・ H21.6. 8 Web上で一般公開開始:マイクロマシンセンターホームページ、"MEMSPedia"

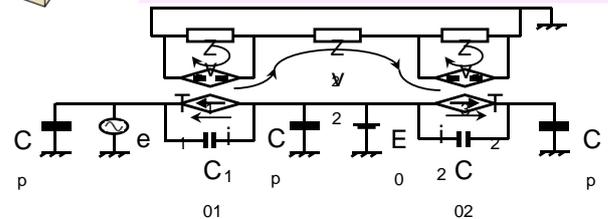
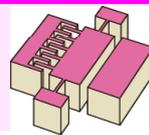
デバイスモデル



歯歯振動子の等価回路

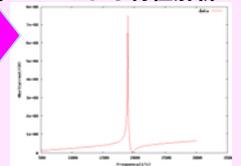


コンポーネント複合モデル



3次元CADモデル

搭載SPICEによる特性解析



知的財産取得、及び論文発表

①特許出願

特許の名称	特徴・強み・新規性
解析支援システム、解析支援方法及び解析支援プログラム	MEMSデバイスを構成要素の組み合わせとして取り扱う。構成要素の電氣的、機械的特性を等価回路で表すことにより、MEMSデバイス全体をこれら等価回路の接続で表現した。これら等価回路は、受動素子(LCR)を中心に構成され、汎用回路シミュレータで解析可能である。

②口頭発表

名称	発表題目(発表者)	発表日
高集積・複合MEMS成果発表会	MEMS等価回路ジェネレータの開発(橋口原)	2009/7/31
高集積・複合MEMS中間成果発表会	ファインMEMSシステム化設計プラットフォーム研究開発(橋口原)	2008/7/31
電気学会 The 24th Sensor Symposium	Fine MEMS System Design Platform Project	2007/10/22

事業原簿-716, 758

システム化設計プラットフォームの開発



23/31

続き 知的財産取得、及び論文発表

③学会発表、論文投稿

発表学会名	題名	発表者
電気学会 (E)部門総合研究会	MEMS等価回路ジェネレータの開発	浅海和雄
電気学会 共通英文論文誌	Development and Experimental Validation of Automatic Conversion Procedure from Mechanical to Electrical Connection for MEMS Equivalent Circuit	藤原信代
電気学会 The 25th Sensor Symposium	SPICE Model for a Comb-Drive Actuator	藤原信代
	MEMSデバイス等価回路モデルにおける機械的結合の自動生成	藤原信代
	垂直駆動櫛型電極の半解析的な容量式とその適用	望月俊輔
精密機械学会 Intelligence and Precision Equipment	A Measurement of displacement using comb drive actuator	橋口原、他
	Operation of comb-drive actuator with an AC bridge circuit and its sensing application	橋口原、他
機械学会年次大会	櫛歯アクチュエータの電子素子表現と自励発振回路への応用	橋口原、他

④関連研究会の発足

発表学会名	題名	参加者
日本機械学会	第一回電気等価回路から考えるMEMS設計手法研究会(東大、85名)	H20/12/1
日本機械学会	第二回電気等価回路から考えるMEMS設計手法研究会(東大、55名)	H21/5/15
電気学会	第一回電気等価回路を用いたMEMS設計手法調査専門委員会(〃)	H21/5/15

事業原簿-650, 758

システム化設計プラットフォームの開発



24/31

成果の普及

③ 展示会などへの出展

開催時期	展示会名称
H20年2月	Nano Tech 2008
H20年7月	第19回マイクロマシンMEMS展示会
H21年7月	第20回マイクロマシンMEMS展示会



第19回マイクロマシンMEMS展 (2008年7月30日～8月31日)

④ H21.6.8 Web上にMEMSPediaとして一般公開 (マイクロマシンセンターホームページ)

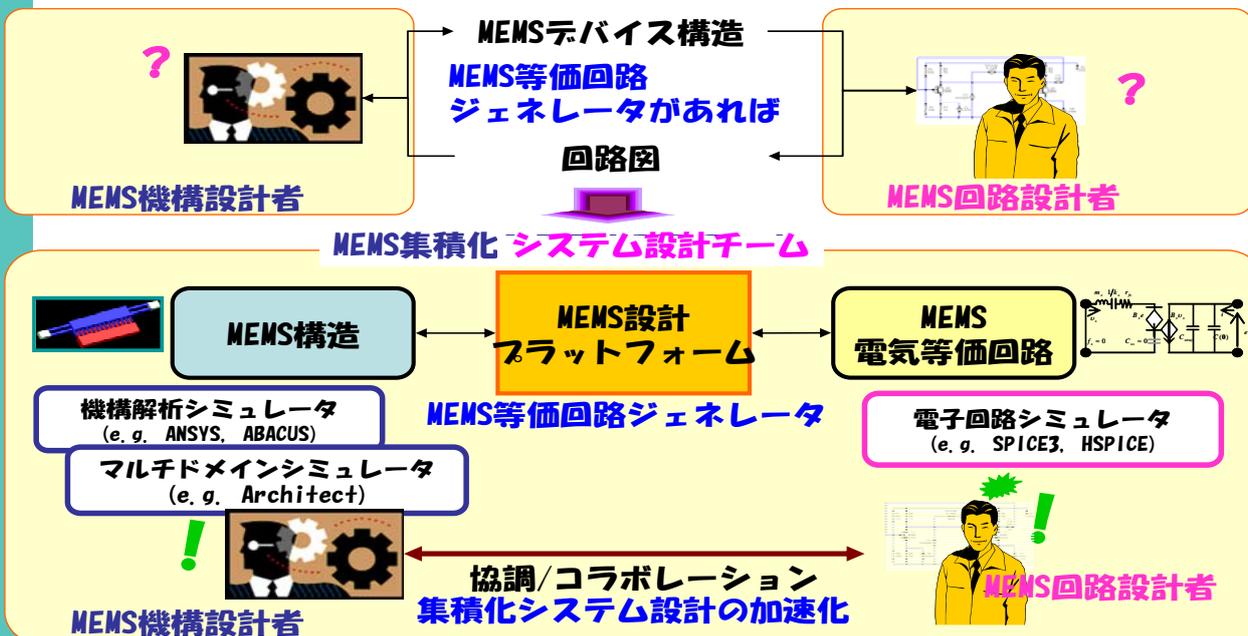
- 併せてユーザ支援の仕組み作りとして、技術交流掲示板を設置
 - 日経マイクロデバイスより取材記事
- H21.6.9 Tech On“MEMSPedia”がネット上に公開



事業原簿-649

成果の意義

- MEMS機構開発者と回路設計者の共通言語として、MEMSシステム全体の設計が可能となった
- MEMS関連研究者にその重要性が認知され日本機械学会、電気学会で関連する研究会が発足、新たなMEMS設計手法としての先駆けとなった
- 初年度デバイスモデルは、本プロジェクトの各デバイス設計に寄与すべくフィードバック



事業原簿-648

研究開発項目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

3. 実用化、事業化の見通し

システム化設計プラットフォームの開発



27/31

研究開発項目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

今後の普及等、進め方

1. 発足した研究会、専門委員会との連携や、学会、講習会を活用して、新しい設計手法としてさらに認知度を深める
2. マイクロマシンセンターの委員会として、MEMS等価回路ジェネレータ普及検討委員会を立ち上げ、効果的な普及に関する継続的な検討をすすめていく
3. ツールとしての使い勝手の向上や、継続的に活用できる為の方策を、上記2つを通じて検討を進める



電気等価回路から考えるMEMS設計手法研究会 **研究会の反響**

「第一回、第二回の開催を通じ、多くの参加者が集い、その参加が継続的で、活発な議論が行われた。新しいMEMS設計ツールとして期待が高い。

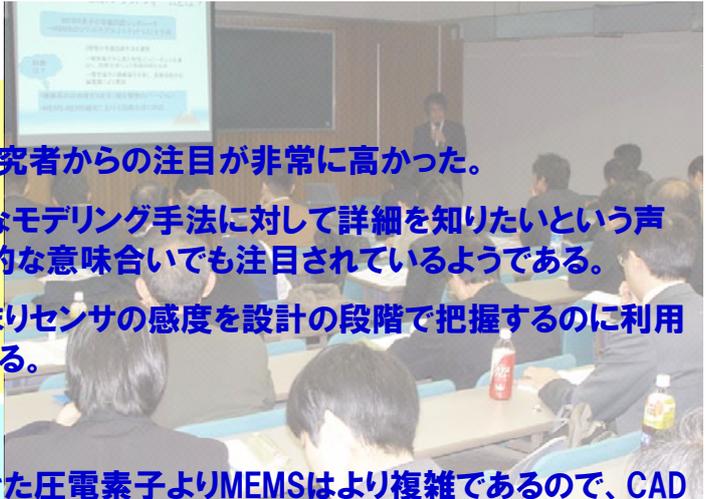
参加者からの声

第一回

- ・実際にMEMSを設計している企業の研究者からの注目が非常に高かった。
- ・ラグランジアンを用いたMEMSの統一的なモデリング手法に対して詳細を知りたいという声も多かった。MEMSモデリングの教科書的な意味合いでも注目されているようである。
- ・企業設計者は外力に対する応答、つまりセンサの感度を設計の段階で把握するのに利用できるかどうか最大の関心のようである。

第2回

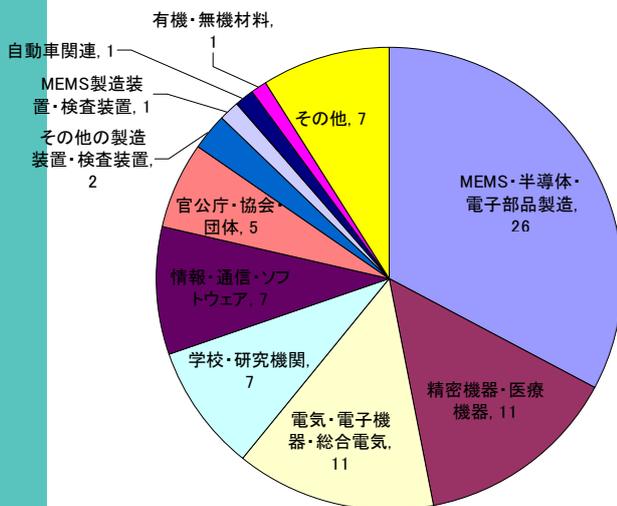
- ・機械回路の合成は、従来研究されてきた圧電素子よりMEMSはより複雑であるので、CADのソリッドモデルからダイレクトに変換されることに関して、進歩したという評価を受けた。
- ・MEMSのソリッドモデルからネットリストが生成される手法に関して、新しい設計ツールであるという印象を持ってもらえたようである。
- ・機械系自由度を6自由度まで拡張して欲しいという声もあった。(2)



公開版リリース後の経過

企業ユーザの登録・利用が大部分を占め、実用性が注目されている

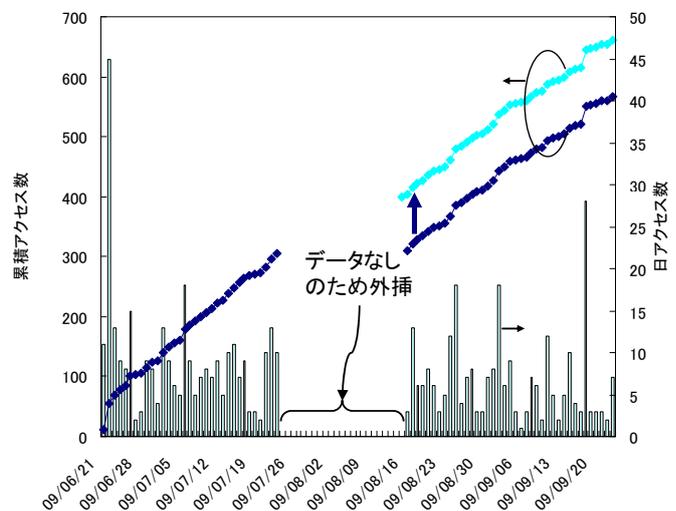
登録ユーザ属性



9月18日 全登録数
79
(関係者含む)

c.f. 7月30日 全登録数 62

アクセス数推移

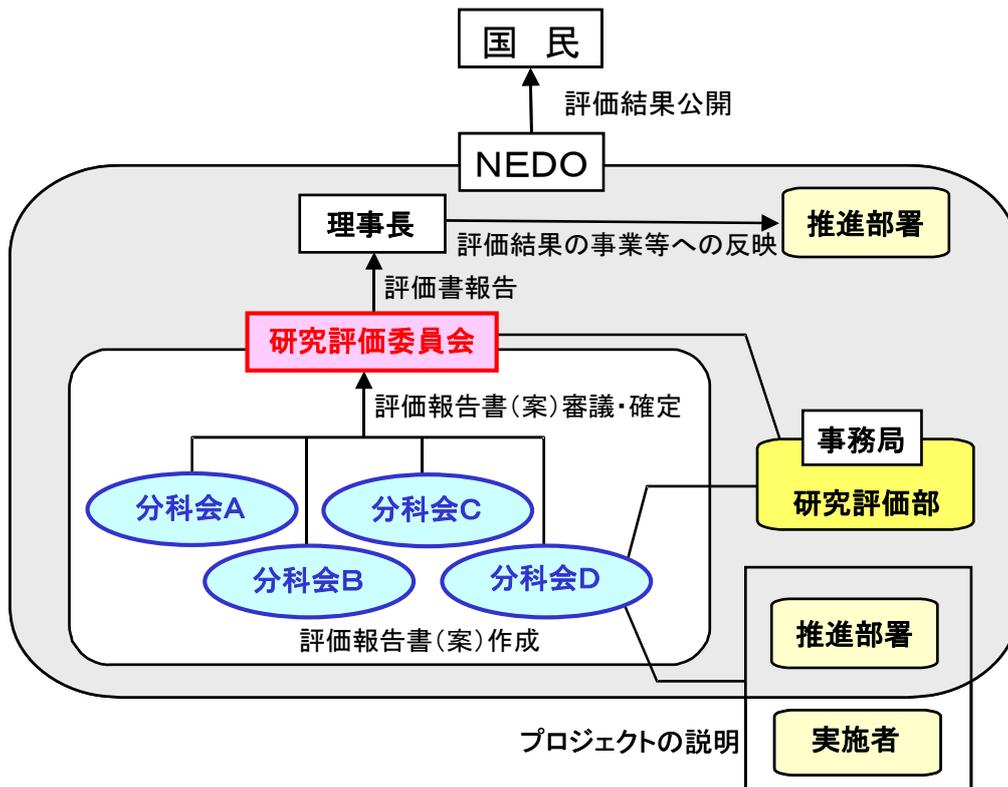


参考資料 1 評価の実施方法

本評価は、「技術評価実施規程」（平成 15 年 10 月制定）に基づいて研究評価を実施する。

独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）における研究評価の手順は、以下のように被評価プロジェクトごとに分科会を設置し、同分科会にて研究評価を行い、評価報告書（案）を策定の上、研究評価委員会において確定している。

- 「NEDO 技術委員・技術委員会等規程」に基づき研究評価委員会を設置
- 研究評価委員会はその下に分科会を設置



1. 評価の目的

評価の目的は「技術評価実施規程」において。

- 業務の高度化等の自己改革を促進する
- 社会に対する説明責任を履行するとともに、
経済・社会ニーズを取り込む
- 評価結果を資源配分に反映させ、資源の重点化及び業務の効率化を
促進する

としている。

本評価においては、この趣旨を踏まえ、本事業の意義、研究開発目標・計画の妥当性、計画を比較した達成度、成果の意義、成果の実用化の可能性等について検討・評価した。

2. 評価者

技術評価実施規程に基づき、事業の目的や態様に即した外部の専門家、有識者からなる委員会方式により評価を行う。分科会委員選定に当たっては以下の事項に配慮して行う。

- 科学技術全般に知見のある専門家、有識者
- 当該研究開発の分野の知見を有する専門家
- 研究開発マネジメントの専門家、経済学、環境問題その他社会的ニーズ
関連の専門家、有識者
- 産業界の専門家、有識者

また、評価に対する中立性確保の観点から事業の推進側関係者を選任対象から除外し、また、事前評価の妥当性を判断するとの側面にかんがみ、事前評価に関与していない者を主体とする。

これらに基づき、分科会委員名簿にある7名を選任した。

なお、本分科会の事務局については、独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構研究評価広報部が担当した。

3. 評価対象

平成18年度に開始された「高集積・複合MEMS製造技術開発」プロジェクトを評価対象とした。

なお、分科会においては、当該事業の推進部署から提出された事業原簿、プロジェクトの内容、成果に関する資料をもって評価した。

4. 評価方法

分科会においては、当該事業の推進部署及び研究実施者からのヒアリングと、それを踏まえた分科会委員による評価コメント作成、評点法による評価及び実施者側等との議論等により評価作業を進めた。

なお、評価の透明性確保の観点から、知的財産保護の上で支障が生じると認められる場合等を除き、原則として分科会は公開とし、研究実施者と意見を交換する形で審議を行うこととした。

5. 評価項目・評価基準

分科会においては、次に掲げる「評価項目・評価基準」で評価を行った。これは、研究評価委員会による『各分科会における評価項目・評価基準は、被評価プロジェクトの性格、中間・事後評価の別等に応じて、各分科会において判断すべき者である。』との考え方に従い、第1回分科会において、事務局が、研究評価委員会により示された「標準的評価項目・評価基準」（参考資料 1-10 頁参照）をもとに改定案を提示し、承認されたものである。

プロジェクト全体に係わる評価においては、主に事業の目的、計画、運営、達成度、成果の意義や実用化への見通し等について評価した。各個別テーマに係る評価については、主にその目標に対する達成度等について評価した。

評価項目・評価基準

1. 事業の位置付け・必要性について

(1) NEDOの事業としての妥当性

- ・ ロボット・新機械イノベーションプログラムの目標達成のために寄与しているか。
- ・ 民間活動のみでは改善できないものであること、又は公共性が高いことにより、NEDOの関与が必要とされる事業か。
- ・ 当該事業を実施することによりもたらされる効果が、投じた予算との比較において十分であるか。

(2) 事業目的の妥当性

- ・ 内外の技術開発動向、国際競争力の状況、エネルギー需給動向、市場動向、政策動向、国際貢献の可能性等から見て、事業の目的は妥当か。

2. 研究開発マネジメントについて

(1) 研究開発目標の妥当性

- ・ 内外の技術動向、市場動向等を踏まえて、戦略的な目標が設定されているか。
- ・ 具体的かつ明確な開発目標を可能な限り定量的に設定しているか。
- ・ 目標達成度を測定・判断するための適切な指標が設定されているか。

(2) 研究開発計画の妥当性

- ・ 目標達成のために妥当なスケジュール、予算（各個別研究テーマ毎の配分を含む）となっているか。
- ・ 目標達成に必要な要素技術を取り上げているか。
- ・ 研究開発フローにおける要素技術間の関係、順序は適切か。

(3) 研究開発実施の事業体制の妥当性

- ・ 適切な研究開発チーム構成での実施体制になっているか。
- ・ 真に技術力と事業化能力を有する企業を実施者として選定しているか。
- ・ 全体を統括するプロジェクトリーダー等が選任され、十分に活躍できる環境が整備されているか。
- ・ 目標達成及び効率的実施のために必要な実施者間の連携が十分に行われ

る体制となっているか。

- ・ 実用化シナリオに基づき、成果の受け取り手（ユーザー、活用・実用化の想定者等）に対して、関与を求める体制を整えているか。

(4)情勢変化への対応等

- ・ 進捗状況を常に把握し、社会・経済の情勢の変化及び政策・技術動向に機敏かつ適切に対応しているか。
- ・ 計画見直しの方針は一貫しているか（中途半端な計画見直しが研究方針の揺らぎとなっていないか）。計画見直しを適切に実施しているか。

※ 全体に関する評価、個別テーマ①～③の「助成事業」については以下の「標準的評価項目の場合」の基準を適用。

3. 研究開発成果について

(1)目標の達成度

- ・ 成果は目標値をクリアしているか。
- ・ 全体としての目標達成はどの程度か。
- ・ 目標未達成の場合、目標達成までの課題を把握し、課題解決の方針が明確になっているか。

(2)成果の意義

- ・ 成果は市場の拡大或いは市場の創造につながる事が期待できるか。
- ・ 成果は、世界初あるいは世界最高水準か。
- ・ 成果は、新たな技術領域を開拓することが期待できるか。
- ・ 成果は汎用性があるか。
- ・ 投入された予算に見合った成果が得られているか。
- ・ 成果は、他の競合技術と比較して優位性があるか。

(3)知的財産権等の取得及び標準化の取組

- ・ 知的財産権等の取扱（特許や意匠登録出願、著作権や回路配置利用権の登録、品種登録出願、営業機密の管理等）は事業戦略、または実用化計画に沿って国内外に適切に行われているか。

(4)成果の普及

- ・ 論文の発表は、研究内容を踏まえ適切に行われているか。

- ・ 成果の受取手（ユーザー、活用・実用化の想定者等）に対して、適切に成果を普及しているか。また、普及の見通しは立っているか。
- ・ 一般に向けて広く情報発信をしているか。

4. 実用化、事業化の見通しについて

(1) 成果の実用化可能性

- ・ 産業技術としての見極め（適用可能性の明確化）ができているか。
- ・ 実用化に向けて課題が明確になっているか。課題解決の方針が明確になっているか。

(2) 事業化までのシナリオ

- ・ NEDO後継プロジェクト、NEDO実用化助成、企業内研究等、プロジェクト終了後の事業化までの道筋は明確か。
- ・ コストダウン、競合技術との比較、導入普及、事業化までの期間、事業化とそれに伴う経済効果等の見通しは立っているか。

(3) 波及効果

- ・ 成果は関連分野への波及効果（技術的・経済的・社会的）を期待できるものか。
- ・ プロジェクトの実施自体が当該分野の研究開発や人材育成等を促進するなどの波及効果を生じているか。

※ 個別テーマ①～③の「委託事業」については以下の「基礎的・基盤的研究開発の場合」の基準を適用。

3. 研究開発成果について

(1)目標の達成度

- ・ 成果は目標値をクリアしているか。
- ・ 全体としての目標達成はどの程度か。
- ・ 目標未達成の場合、目標達成までの課題を把握し、課題解決の方針が明確になっているか。

(2)成果の意義

- ・ 成果は市場の拡大或いは市場の創造につながることを期待できるか。
- ・ 成果は、世界初あるいは世界最高水準か。
- ・ 成果は、新たな技術領域を開拓することが期待できるか。
- ・ 成果は汎用性があるか。
- ・ 投入された予算に見合った成果が得られているか。
- ・ 成果は、他の競合技術と比較して優位性があるか。

(3)知的財産権等の取得及び標準化の取組

- ・ 知的財産権等の取扱（特許や意匠登録出願、著作権や回路配置利用権の登録、品種登録出願、営業機密の管理等）は事業戦略、または実用化計画に沿って国内外に適切に行われているか。

(4)成果の普及

- ・ 論文の発表は、研究内容を踏まえ適切に行われているか。
- ・ 成果の受取手（ユーザー、活用・実用化の想定者等）に対して、適切に成果を普及しているか。また、普及の見通しは立っているか。
- ・ 一般に向けて広く情報発信をしているか。

4. 実用化の見通しについて

(1)成果の実用化可能性

- ・ 実用化イメージ・出口イメージが明確になっているか。
- ・ 実用化イメージ・出口イメージに基づき、開発の各段階でマイルストーンを明確にしているか。それを踏まえ、引き続き研究開発が行われる見通しは立っているか。

(2)波及効果

- ・ 成果は関連分野への波及効果（技術的・経済的・社会的）を期待できるものか。
- ・ プロジェクトの実施自体が当該分野の研究開発や人材育成等を促進するなどの波及効果を生じているか。

※ 個別テーマ④、⑤の「委託事業」については以下の「知的基盤・標準整備等の研究開発の場合」の基準を適用。

3. 研究開発成果について

(1)目標の達成度

- ・ 成果は目標値をクリアしているか。
- ・ 全体としての目標達成はどの程度か。
- ・ 目標未達成の場合、目標達成までの課題を把握し、課題解決の方針が明確になっているか。

(2)成果の意義

- ・ 成果は市場の拡大或いは市場の創造につながるものが期待できるか。
- ・ 成果は、世界初あるいは世界最高水準か。
- ・ 成果は、新たな技術領域を開拓することが期待できるか。
- ・ 成果は汎用性があるか。
- ・ 投入された予算に見合った成果が得られているか。
- ・ 成果は公開性が確保されているか。

(3)知的財産権等の取得及び標準化の取組

- ・ 研究内容に新規性がある場合、知的財産権等の取扱（特許や意匠登録出願、著作権や回路配置利用権の登録、品種登録出願、営業機密の管理等）は事業戦略、または実用化計画に沿って国内外に適切に行われているか。

(4)成果の普及

- ・ 論文の発表は、研究内容を踏まえ適切に行われているか。
- ・ 成果の受取手（ユーザー、活用・実用化の想定者等）に対して、適切に成果を普及しているか。また、普及の見通しは立っているか。
- ・ 一般に向けて広く情報発信をしているか。

4. 実用化の見通しについて

(1) 成果の実用化可能性

- ・ 整備した知的基盤についての利用は実際にあるか、その見通しが得られているか。
- ・ 公共財として知的基盤を供給、維持するための体制は整備されているか、その見込みはあるか。
- ・ 一般向け広報は積極的になされているか。

(2) 波及効果

- ・ 成果は関連分野への波及効果（技術的・経済的・社会的）を期待できるものか。
- ・ プロジェクトの実施自体が当該分野の研究開発や人材育成等を促進するなどの波及効果を生じているか。

標準的評価項目・評価基準（事後評価）

2008. 3. 27

【事後評価 標準的評価項目・評価基準の位置付け（基本的考え方）】

標準的評価項目・評価基準は、第17回研究評価委員会（平成20年3月27日付）において以下のとおり定められている。（本文中の記載例による1・・・、2・・・、3・・・、4・・・が標準的評価項目、それぞれの項目中の(1)・・・、(2)・・・が標準的評価基準、それぞれの基準中の・・・が視点）

ただし、これらの標準的評価項目・評価基準は、研究開発プロジェクトの事後評価における標準的な評価の視点であり、各分科会における評価項目・評価基準は、被評価プロジェクトの性格等に応じて、各分科会において判断すべきものである。

1. 事業の位置付け・必要性について

(1) NEDOの事業としての妥当性

- ・ 特定の施策（プログラム）、制度の下で実施する事業の場合、当該施策・制度の目標達成のために寄与しているか。
- ・ 民間活動のみでは改善できないものであること、又は公共性が高いことにより、NEDOの関与が必要とされる事業か。
- ・ 当該事業を実施することによりもたらされる効果が、投じた予算との比較において十分であるか。

(2) 事業目的の妥当性

- ・ 内外の技術開発動向、国際競争力の状況、エネルギー需給動向、市場動向、政策動向、国際貢献の可能性等から見て、事業の目的は妥当か。

2. 研究開発マネジメントについて

(1) 研究開発目標の妥当性

- ・ 内外の技術動向、市場動向等を踏まえて、戦略的な目標が設定されているか。
- ・ 具体的かつ明確な開発目標を可能な限り定量的に設定しているか。
- ・ 目標達成度を測定・判断するための適切な指標が設定されているか。

(2)研究開発計画の妥当性

- ・ 目標達成のために妥当なスケジュール、予算（各個別研究テーマ毎の配分を含む）となっているか。
- ・ 目標達成に必要な要素技術を取り上げているか。
- ・ 研究開発フローにおける要素技術間の関係、順序は適切か。
- ・ 継続プロジェクトや長期プロジェクトの場合、技術蓄積を、実用化の観点から絞り込んだうえで活用が図られているか。

(3)研究開発実施の事業体制の妥当性

- ・ 適切な研究開発チーム構成での実施体制になっているか。
- ・ 真に技術力と事業化能力を有する企業を実施者として選定しているか。
- ・ 研究管理法人を経由する場合、研究管理法人が真に必要な役割を担っているか。
- ・ 全体を統括するプロジェクトリーダー等が選任され、十分に活躍できる環境が整備されているか。
- ・ 目標達成及び効率的実施のために必要な実施者間の連携 and/or 競争が十分に行われる体制となっているか。
- ・ 実用化シナリオに基づき、成果の受け取り手（ユーザー、活用・実用化の想定者等）に対して、関与を求める体制を整えているか。

(4)情勢変化への対応等

- ・ 進捗状況を常に把握し、社会・経済の情勢の変化及び政策・技術動向に機敏かつ適切に対応しているか。
- ・ 計画見直しの方針は一貫しているか（中途半端な計画見直しが研究方針の揺らぎとなっていないか）。計画見直しを適切に実施しているか。

3. 研究開発成果について

(1)目標の達成度

- ・ 成果は目標値をクリアしているか。
- ・ 全体としての目標達成はどの程度か。
- ・ 目標未達成の場合、目標達成までの課題を把握し、課題解決の方針が明確になっているか。

(2)成果の意義

- ・ 成果は市場の拡大或いは市場の創造につながる事が期待できるか。
- ・ 成果は、世界初あるいは世界最高水準か。
- ・ 成果は、新たな技術領域を開拓する事が期待できるか。
- ・ 成果は汎用性があるか。
- ・ 投入された予算に見合った成果が得られているか。
- ・ 成果は、他の競合技術と比較して優位性があるか。

(3)知的財産権等の取得及び標準化の取組

- ・ 知的財産権等の取扱（特許や意匠登録出願、著作権や回路配置利用権の登録、品種登録出願、営業機密の管理等）は事業戦略、または実用化計画に沿って国内外に適切に行われているか。
- ・ 国際標準化に関する事項が計画されている場合、得られた研究開発の成果に基づく国際標準化に向けた提案等の取組が適切に行われているか。

(4)成果の普及

- ・ 論文の発表は、研究内容を踏まえ適切に行われているか。
- ・ 成果の受取手（ユーザー、活用・実用化の想定者等）に対して、適切に成果を普及しているか。また、普及の見通しは立っているか。
- ・ 一般に向けて広く情報発信をしているか。

4. 実用化、事業化の見通しについて

(1)成果の実用化可能性

- ・ 産業技術としての見極め（適用可能性の明確化）ができているか。
- ・ 実用化に向けて課題が明確になっているか。課題解決の方針が明確になっているか。
- ・ 国際標準化に関する事項が計画されている場合、国際規格化等、標準整備に向けた見通しが得られているか。

(2)事業化までのシナリオ

- ・ NEDO後継プロジェクト、NEDO実用化助成、企業内研究等、プロジェクト終了後の事業化までの道筋は明確か。
- ・ コストダウン、競合技術との比較、導入普及、事業化までの期間、事業化とそれに伴う経済効果等の見通しは立っているか。

(3)波及効果

- ・ 成果は関連分野への波及効果（技術的・経済的・社会的）を期待できるものか。
- ・ プロジェクトの実施自体が当該分野の研究開発や人材育成等を促進するなどの波及効果を生じているか。

※基礎的・基盤的研究及び知的基盤・標準整備等の研究開発の場合は、以下の項目・基準による。

*基礎的・基盤的研究開発の場合

3. 研究開発成果について

(1)目標の達成度

- ・ 成果は目標値をクリアしているか。
- ・ 全体としての目標達成はどの程度か。
- ・ 目標未達成の場合、目標達成までの課題を把握し、課題解決の方針が明確になっているか。

(2)成果の意義

- ・ 成果は市場の拡大或いは市場の創造につながることを期待できるか。
- ・ 成果は、世界初あるいは世界最高水準か。
- ・ 成果は、新たな技術領域を開拓することが期待できるか。
- ・ 成果は汎用性があるか。
- ・ 投入された予算に見合った成果が得られているか。
- ・ 成果は、他の競合技術と比較して優位性があるか。

(3)知的財産権等の取得及び標準化の取組

- ・ 知的財産権等の取扱（特許や意匠登録出願、著作権や回路配置利用権の登録、品種登録出願、営業機密の管理等）は事業戦略、または実用化計画に沿って国内外に適切に行われているか。
- ・ 国際標準化に関する事項が計画されている場合、得られた研究開発の成果に基づく国際標準化に向けた提案等の取組が適切に行われているか。

(4)成果の普及

- ・ 論文の発表は、研究内容を踏まえ適切に行われているか。
- ・ 成果の受取手（ユーザー、活用・実用化の想定者等）に対して、適切に成果を普及しているか。また、普及の見通しは立っているか。
- ・ 一般に向けて広く情報発信をしているか。

4. 実用化の見通しについて

(1)成果の実用化可能性

- ・ 実用化イメージ・出口イメージが明確になっているか。

- ・ 実用化イメージ・出口イメージに基づき、開発の各段階でマイルストーンを明確にしているか。それを踏まえ、引き続き研究開発が行われる見通しは立っているか。
- ・ 国際標準化に関する事項が計画されている場合、国際規格化等、標準整備に向けた見通しが得られているか。

(2)波及効果

- ・ 成果は関連分野への波及効果（技術的・経済的・社会的）を期待できるものか。
- ・ プロジェクトの実施自体が当該分野の研究開発や人材育成等を促進するなどの波及効果を生じているか。

* 知的基盤・標準整備等の研究開発の場合

3. 研究開発成果について

(1)目標の達成度

- ・ 成果は目標値をクリアしているか。
- ・ 全体としての目標達成はどの程度か。
- ・ 目標未達成の場合、目標達成までの課題を把握し、課題解決の方針が明確になっているか。

(2)成果の意義

- ・ 成果は市場の拡大或いは市場の創造につながることを期待できるか。
- ・ 成果は、世界初あるいは世界最高水準か。
- ・ 成果は、新たな技術領域を開拓することが期待できるか。
- ・ 成果は汎用性があるか。
- ・ 投入された予算に見合った成果が得られているか。
- ・ 成果は公開性が確保されているか。

(3)知的財産権等の取得及び標準化の取組

- ・ 研究内容に新規性がある場合、知的財産権等の取扱（特許や意匠登録出願、著作権や回路配置利用権の登録、品種登録出願、営業機密の管理等）は事業戦略、または実用化計画に沿って国内外に適切に行われているか。
- ・ 国際標準化に関する事項が計画されている場合、得られた研究開発の成果に基づく国際標準化に向けた提案等の取組が適切に行われているか。

(4)成果の普及

- ・ 論文の発表は、研究内容を踏まえ適切に行われているか。
- ・ 成果の受取手（ユーザー、活用・実用化の想定者等）に対して、適切に成果を普及しているか。また、普及の見通しは立っているか。
- ・ 一般に向けて広く情報発信をしているか。

4. 実用化の見通しについて

(1)成果の実用化可能性

- ・ 整備した知的基盤についての利用は実際にあるか、その見通しが得られているか。
- ・ 公共財として知的基盤を供給、維持するための体制は整備されているか、その見込みはあるか。
- ・ 国際標準化に関する事項が計画されている場合、国際規格化等、標準整備に向けた見通しが得られているか。
- ・ J I S化、標準整備に向けた見通しが得られているか。注）国内標準に限る
- ・ 一般向け広報は積極的になされているか。

(2)波及効果

- ・ 成果は関連分野への波及効果（技術的・経済的・社会的）を期待できるものか。
- ・ プロジェクトの実施自体が当該分野の研究開発や人材育成等を促進するなどの波及効果を生じているか。

参考資料 2 評価に係る被評価者意見

研究評価委員会（分科会）は、評価結果を確定するにあたり、あらかじめ当該実施者に対して評価結果を示し、その内容が、事実関係から正確性を欠くなどの意見がある場合に、補足説明、反論などの意見を求めた。研究評価委員会（分科会）では、意見があったものに対し、必要に応じて評価結果を修正の上、最終的な評価結果を確定した。

評価結果に対する被評価者意見は全て反映された。

本研究評価委員会報告は、独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO 技術開発機構）研究評価部が委員会の事務局として編集しています。

平成 22 年 2 月

NEDO 技術開発機構

研究評価部

統括主幹 竹下 満

主幹 寺門 守

担当 峯元 克浩

* 研究評価委員会に関する情報は NEDO 技術開発機構のホームページに掲載しています。

(<http://www.nedo.go.jp/iinkai/kenkyuu/index.html>)

〒212-8554 神奈川県川崎市幸区大宮町1310番地

ミュージア川崎セントラルタワー20F

TEL 044-520-5161 FAX 044-520-5162