

## 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)

先端的な新産業分野として、「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4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必要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、共通の通信インターフェースと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)をもって稼動し、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RT開発を支援することで、我が国のRT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)

「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」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

我が国産業は、強力な競争力を有する製造業を柱に成長してきたが、情報ネットワーク技術の進展や経済のグローバル化によって、激しい国際競争にさらされており、更に少子高齢化による技術伝承の困難さ、地球環境問題への対応等、様々な課題に直面している。このような中で、製造業が我が国の産業競争力を支えていくためには、新たな製造技術の開発により、新しい産業を創出し、製造業での高付加価値化を更に進めることが必要である。そのためには、これまでの縦割りの技術の深耕ではなく、様々な分野の技術、科学的知見を融合した新しい製造技術を創り上げていくことが必要である。

代表的な新しい製造技術であるMEMS (Micro Electro Mechanical Systems : 微小電気機械システム) 技術は、90年代に世界に先駆け我が国では産学官での挑戦が始まり、2000年以降自動車、各種製造機器、情報機器、通信機器等の小型・高性能化をもたらし、わが国の産業競争力強化に貢献してきた。

MEMS技術は、直近の産学官の取り組みである「高集積・複合MEMS製造技術開発プロジェクト」において、MEMS技術と半導体技術、ナノ技術とを融合し、高集積化・複合化による多機能デバイスの創出を狙う新たな製造技術を実現したが、今後、2015年以降2025年に向けて革新的イノベーションを起こし、更なる市場の拡大を図るには、従来電子・機械製造技術と完全に異分野とされてきた技術とを融合させる等により、これまでの製造技術の概念・常識を打ち破った技術を創出することが肝要である。

MEMS技術戦略マップ2007年版では、「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させたマイクロ・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デバイスとして広く浸透する。」と記載されている。例えば、「医療・福祉」分野では、人体に与える負荷を極小化させる医療診断システムや、「安全・安心」分野として、広くセンサネットワークを構築し、災害監視や地球観測に適用可能な宇宙で使えるような革新的デバイスの創出が望まれている。この革新的デバイスを創出するためには、その基盤技術であるプロセス技術の確立が必須である。

また、全世界的課題として環境エネルギー問題への対応が国や産業毎に強く求められており、革新的次世代デバイスの実用化においては製造プロセス自体の省資源や高効率

な製造プロセスの実現による低環境負荷化が期待されている。

このため、本プロジェクトは、サイエンスとエンジニアリングを融合させ、将来の革新的次世代デバイスの創出に必要な新しいコンセプトに基づき、基盤的プロセス技術群を開発し、かつ、そのプラットフォームを確立することを目的とする。

さらに、低炭素社会づくりに貢献する高機能MEMSセンサおよびそれを活かしたネットワークシステムの構築と、革新的次世代デバイスの実用化における低環境負荷型製造プロセス技術を確立することを目的とする。そのため、我が国のものづくりを支える中核デバイスの国際競争力強化を目的とした「ロボット・新機械イノベーションプログラム」の一環として行う。

## (2) 研究開発の目標

MEMS技術戦略マップ2007のロードマップによる2025年以降の技術等を見越し、研究開発の目的に即した革新的製造プロセス技術を抽出し、その技術を確立することを目標とする。更に、本技術開発を通じて得られた共通基盤製造技術に関わる知識を集約し、データベースを整備する。

具体的な目標としては、プロジェクト3年経過時点において別紙の研究開発計画の研究開発項目①から④の中間目標を、プロジェクト終了時において別紙の研究開発計画項目の①から④の最終目標を達成することとする。

さらに成果の早期実用化に向け、平成21年度より別紙の研究開発項目⑤を実施し、平成22年度末において当該研究開発項目の最終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、各項目間の連携にも配慮しながら、別紙の研究開発計画に基づき研究開発を実施する。

本研究開発は、実用化まで長期間を要するハイリスクな「基盤的技術」に対して、産学官の複数事業者が互いのノウハウ等を持ちより協調して実施する事業であり、委託事業として実施する。

[委託事業]

- ① バイオ・有機材料融合プロセス技術の開発
- ② 3次元ナノ構造形成プロセス技術の開発
- ③ マイクロ・ナノ構造大面積・連続製造プロセス技術の開発
- ④ 異分野融合型次世代デバイス製造技術知識データベースの整備
- ⑤ 高機能センサネットシステムと低環境負荷型プロセスの開発

## 2. プロジェクトの実施方式

### (1) 研究開発の実施体制

本研究開発は、経済産業省により、企業、民間研究機関、独立行政法人、大学等から

公募によって研究開発実施者が選定され、大学や公的研究機関を中心に企業等が参画する集中研方式で平成20年度より委託により実施している。平成21年度より、独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（以下「NEDO」という。）が本研究開発を運営・管理するに当たっては、平成20年度の進捗状況を踏まえた研究開発内容・計画及び実施体制の妥当性について、外部有識者による審議を含めた評価を行った上で最適な研究開発体制を構築し、委託して実施する。

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、NEDOが指名する研究開発責任者（プロジェクトリーダー）技術研究組合BEANS研究所 所長 遊佐 厚氏を置き、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。研究開発責任者は、本研究目的が革新的基盤プロセス技術の開発ではあるが、一方で我が国の競争力のある産業を創るという基本を踏まえて、出口を明確に意識した研究マネジメント体制を構築し研究を進める責務を持つ。

## （2）研究開発の運営管理

研究開発全体の管理・執行に責任を有するNEDO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、研究体にプロジェクトの総合調整を行うNEDO職員を配置すること、NEDOに設置する委員会及び技術検討会等の外部有識者の意見を運営管理に反映させる他、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

本研究開発の実施期間は、平成21年度から平成24年度までの4年間とする。平成20年度から経済産業省により「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」として実施された研究開発項目①～④については、平成21年度よりNEDOの事業として平成24年度まで実施する。研究開発項目⑤については、平成21年度よりNEDOの事業として平成22年度まで実施する。

## 4. 評価に関する事項

NEDO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、研究開発項目①～④については、外部有識者による研究開発の中間評価を平成22年度に、事後評価を平成25年度に実施し、中間評価結果を踏まえ、必要に応じその結果を後年度の研究開発に反映することとする。ただし、研究開発項目②（3）宇宙適用3次元ナノ構造形成技術については、平成22年度の中間評価時に、最終目標の評価を実施する。研究開発項目⑤については、中間評価は行わず、事後評価を平成23年度に実施する。なお、平成24年度までの各年度末に推進委員会等で各研究開発内容を内部評価し、必要に応じ、プロジェクトの加

速・縮小・中止等見直しを迅速に行う。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

実施者は、得られた研究成果の普及について、可能な限り、保有する特許等の活用も含め、最善の努力をするものとする。NEDOは、実施者との緊密なる連携の下、標準化活動を含め必要とされる環境整備等について十分な配慮をするものとする。

更に得られた知見を逐次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や高集積・複合MEMS製造技術開発プロジェクトによる知識データベースと連動しつつ公開する仕組みを構築し、産業界等に広く普及させる。

同時に委託研究成果の普及による産業化促進の観点から知的財産を広くライセンスングする等の仕組みを構築する。

#### 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、標準案の提案等を積極的に行う。

また、先端分野での国際標準化活動を重要視するという観点から、研究開発成果の国際標準化を戦略的に推進する仕組みを構築する。

#### 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25条の規定等に基づき、原則として、すべて委託先に帰属させることとする。

#### ④人材の育成

将来の研究開発リーダーの育成を図るため、若手研究者等の研究参加を促進する環境を整備する。

### (2) 基本計画の変更

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

### (3) 根拠法

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

(4) 成果の産業化

本プロジェクトは、将来の革新的次世代デバイスの創出に必要な新たな基盤的プロセス技術を開発することを目指すものであるが、そこに至る途中段階でも実用化が可能な研究成果については、円滑で迅速な実用化を促進する。

6. 基本計画の改訂履歴

- (1) 平成21年3月、制定。
- (2) 平成21年12月、研究開発項目⑤「高機能センサネットシステムと低環境負荷型プロセスの開発」を追加
- (3) 平成22年3月、研究開発項目②「3次元ナノ構造形成プロセス技術の開発 (3) 宇宙適用3次元ナノ構造形成技術」の研究開発の目標を産業化の進展を踏まえ、改訂

(別紙) 研究開発計画

研究開発項目①「バイオ・有機材料融合プロセス技術の開発」

1. 研究開発の必要性

(1) 健康・医療・環境分野で、将来必要とされている次世代デバイスとして、常時健康管理のための体内埋め込みデバイス、超高感度オンサイト予防・診断デバイス、環境改善及び保全のためのオンサイト環境制御デバイス、環境エネルギー有効活用のためのエネルギーハーベスティングデバイスなどが挙げられている。

(2) これらのデバイス開発には、高感度、高効率、生体・環境適合などの機能や機構を実現する必要がある。このためには、従来のシリコンを中心とする無機材料に加え、生体分子、細胞、組織、微生物や合成有機分子などのバイオ・有機材料の持つ特異的な機能を活かす融合プロセスの研究開発が不可欠である。具体的には、各種材料の融合の際に、各々の優れた機能を発揮させるため、界面及びナノ間隙における制御プロセス技術が必要である。またデバイスとして機能するためには、バイオ・有機材料を体内などの使用環境において長期間安定させるためのプロセス開発が必要である。さらに、人工細胞・組織や高効率エネルギーハーベスティングを実現するために、同種または異種のバイオ・有機材料を高次構造化させるプロセスの開発が不可欠である。これには、微小器官や細胞の3次元ヘテロ組織化、有機材料のナノピラー構造やナノポーラス構造を形成するプロセスなどが含まれる。

(3) 本研究開発項目は上記を踏まえ、ナノ界面融合プロセス技術、及びバイオ・有機高次構造形成プロセス技術を開発することにある。

2. 研究開発の具体的内容

(1) ナノ界面融合プロセス技術

バイオ・有機材料特有の生体適合性、特異的分子認識能、高効率多段階反応能、高効率エネルギーハーベスティングなどの機能を最大限に活用するために、材料の配向や選択的配置、固定化、高密度被覆を実現する界面制御プロセス、及びナノ間隙への材料の高密度充填プロセスと充填後の平坦化プロセスを研究開発する。また、生体組織内、体表面、体外でのハイドロゲルや人工脂質二重膜などのバイオ・有機材料の長期間安定形成プロセスを研究開発する。さらに、上記のプロセスをモデル化し、界面構造の最適化に向けた解析を実施する。

(2) バイオ・有機高次構造形成プロセス技術

人工細胞や人工組織、高性能有機半導体など、バイオ・有機材料を構造化することで高度な機能を発現させるために、材料の相互作用を利用した3次元構造の組立プロセス、微小器官・細胞の3次元ヘテロ組織化プロセス、材料の自己組織化能を利用した3次元ナノピラー構造やナノポーラス構造などのナノ構造形成プロセスの研究開発を行う。さ

らに、上記バイオ・有機材料を高次構造化するプロセスを評価し、モデル化する。

### 3. 研究開発の目標

#### (1) 最終目標

##### ① ナノ界面融合プロセス技術

ナノ構造体表面で、生体分子、細胞、組織、微生物や合成有機分子の生体適合性、特異的分子認識能、高効率多段階反応能を発現させる。有機半導体のキャリア拡散距離である 200nm 以下の間隔を有するナノ構造体表面に低分子有機材料の配向・高分子材料の被覆プロセス、そのナノ間隙への材料充填及び表面平坦化プロセスを開発する。体内で連続3ヶ月以上機能するハイドロゲルなどのバイオ・有機材料、及び一日以上安定して高感度に生体分子計測を行う人工脂質二重膜の形成プロセスを開発する。界面構造最適化に向けたナノ界面融合プロセスのモデル化と解析を実施する。

##### ② バイオ・有機高次構造形成プロセス技術

バイオ・有機異種材料による3次元組立プロセス技術を開発する。また、径 50 nm 以下の有機分子ナノピラー構造、100 nm 以下の均一ポアを有する有機分子ナノポーラス構造、ライン・アンド・スペース (L/S) = 100 nm 以下の網目や直線構造などのナノ構造を自己組織的に形成するプロセスを実現する。さらに、バイオ・有機高次構造形成プロセスのモデルを構築する。

#### (2) 中間目標

##### ① ナノ界面融合プロセス技術

最終目標に示されている生体適合性、特異的分子認識能、高効率多段階反応能を発現させるための、材料及び手法を選定する。配向や被覆プロセス、材料充填プロセス、表面平坦化プロセスを実現するための材料や手法を確定する。体内で機能するハイドロゲルなどのバイオ・有機材料及び人工脂質二重膜を安定形成する基本技術を確立し、最終目標値を達成するための手法を決定する。ナノ界面融合プロセスモデル構築のための、基本パラメータ群を導出する。

##### ② バイオ・有機高次構造形成プロセス技術

バイオ・有機異種材料の組立プロセス技術を開発し、最終目標を達成するための手法を決定する。有機分子ナノピラー構造、有機分子ナノポーラス構造、直線及び網目構造などのナノ構造形成のための手法を選定する。バイオ・有機高次構造形成プロセスモデル構築のための、基本パラメータ群を導出する。

## 研究開発項目②「3次元ナノ構造形成プロセス技術の開発」

### 1. 研究開発の必要性

(1) 安全・安心・健康な社会を実現するためには、効果的なセンサネットワークを構築する必要があり、そのためには、センサの感度向上、省電力化、自立電源化、高い耐環境性が重要となる。さらに、効率的に広域を観測するためには、センサネットワークを拡大し、宇宙空間から観測網を実現することが重要である。そのための基盤技術として、シリコン等の3次元構造にナノ構造材料を集積し、シリコンのみでは得られない機能を発現させる必要がある。これら3次元ナノ構造そのものや、ナノ構造によって実現できる超高感度センシング、高密度エネルギー貯蔵・変換、複雑な3次元アクチュエーションなどの機能をMEMSに付与し革新的次世代デバイスを創出できる。

(2) 上記のデバイスを製造するためには、高アスペクト比・高密度の複雑な3次元ナノ構造を形成する革新的構造形成技術、及びトップダウン手法により形成された構造にナノ粒子等のナノ材料の自己組織化を利用したボトムアップ手法により形成された構造を組み合わせた集積構造の形成が必要となる。さらに、これらナノ構造が革新的機能をデバイスに付与するためには、構造の表面物理・化学が重要である。例えば、原子層レベルでの表面平滑性は、電子移動度や励起子輸送特性の向上、あるいは光学散乱の低減に寄与する。また、ナノ領域における表面修飾やトライボロジーの制御はナノオーダーのギャップを利用した電気・機械特性の向上に、複数の構造パターンを有する3次元ナノ構造は宇宙空間からのマルチバンド観測に必要なフィルタにおける複数の光に対する透過性向上にそれぞれ寄与する。

一方、上述した複雑な構造形成や革新的機能・諸特性の付与のためには、高アスペクト比・高密度3次元ナノ構造を超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、さらにこれらのプロセスを理論的に設計・制御する技術の確立が必要である。

(3) 本研究開発項目は上記を踏まえ、超低損傷・高密度3次元ナノ構造形成技術、異種機能集積3次元ナノ構造形成技術、宇宙適用3次元ナノ構造形成技術を開発することにある。

### 2. 研究開発の具体的内容

#### (1) 超低損傷・高密度3次元ナノ構造形成技術

原子層レベルで平坦かつダメージフリーな被エッチング面を有し、従来のMEMS技術では不可能であった複雑な3次元ナノ構造を形成できる技術を開発する。材料はシリコンに限定せず化合物半導体や誘電材料・光学材料等への展開を図る。あわせてこれらの新規プロセスを設計・制御するためのシミュレーション技術を開発する。さらに、大規模3次元構造のウェハレベルでの作製が可能なまでに高速化、かつウェハ面内の均一

性を確保する。

#### (2) 異種機能集積 3次元ナノ構造形成技術

超低損傷シリコン 3次元構造表面に機能性ナノ構造を形成するために、ナノトライボロジー、改質など表面の物理・化学的性質を評価・制御してナノ粒子を規則的に配列する技術を開発する。また、同様な機能性ナノ構造を成膜プロセスにおいて自己組織化的に形成する技術を併せて開発する。

高アスペクト比 3次元ナノ構造に機能性材料層を形成するために、3次元ナノ構造深部まで原料を供給し、かつ界面張力による微細構造のスティッキングを防止するコーティング技術、成膜技術を開発する。さらに、スループットやウェハ面内均一性の向上を図る。

このように形成した異種機能集積 3次元ナノ構造を解析し、機能のモデル化・予測を可能にする。

#### (3) 宇宙適用 3次元ナノ構造形成技術

宇宙空間からのマルチバンド観測に必要なフィルタに、複数の波長の光を選択的に透過させることのできる複数の構造パターンを有する 3次元ナノ構造を形成するために、トップダウンにより形成された 3次元構造に均一にナノ構造を転写形成する技術を開発する。

さらに、3次元ナノ構造を形成したフィルタにより宇宙空間において複数の波長の光が選択的に検出できることを検証する手法を確立する

### 3. 研究開発の目標

#### (1) 最終目標

##### ①超低損傷・高密度 3次元ナノ構造形成技術

被エッチング面の粗さが原子層レベルの超低損傷シリコン 3次元ナノ構造（ナノサイズの開口でアスペクト比が 100 以上）を実用的なエッチング速度により形成し、側壁の傾斜角や等方性・異方性をデバイス構造に対応して高精度に制御する。さらに化合物半導体や誘電材料、光学材料等に本技術を適用する指針を得る。

超低損傷 3次元ナノ構造の形状をプロセス変数から予測・設計できるシミュレーション技術を構築し、工業化に対応した大面積基板において均一性を達成する技術指針と装置の基本設計を提供する。

##### ②異種機能集積 3次元ナノ構造形成技術

3次元構造表面の特定箇所に対し、100 nm 以下の径のナノ粒子・自己組織化ドット等を配置し、粒子間隔・密度をデバイス構造に対応して高精度に制御する。その際必要となるナノ構造の接触物間作用力を実用的な精度で測定し、ナノトライボロジーモデルを

構築する。また、3次元ナノ構造の微細溝や孔（ナノサイズの開口でアスペクト比が100以上）に、金属あるいは酸化膜を空隙なく埋め込む技術確立する。

### ③宇宙適用3次元ナノ構造形成技術

宇宙空間でのマルチバンド観測を実現する3次元ナノ構造形成技術として、トップダウンにより形成された3次元構造に均一に100nmレベルのナノ構造を転写形成する技術を構築する。

さらに、3次元ナノ構造を形成したフィルタにより宇宙空間において複数の波長の光が選択的に検出できることを検証する手法確立する。

## (2) 中間目標

### ①超低損傷・高密度3次元ナノ構造形成技術

被エッチング面の粗さが原子層レベルの超低損傷シリコン3次元ナノ構造（ナノサイズの開口でアスペクト比が30以上）をエッチングにより形成し、側壁の傾斜角や等方性・異方性を制御する。また、超低損傷3次元ナノ構造の形状を予測・設計できるシミュレーションモデルを構築する。

### ②異種機能集積3次元ナノ構造形成技術

3次元構造表面の特定箇所に対し、100nm以下の径のナノ粒子・自己組織化ドット等を配置するための表面制御技術を構築する。その際必要となるナノ構造の接触物間作用力を実用的な精度で測定する技術を開発する。また、3次元ナノ構造の微細溝や孔（ナノサイズの開口でアスペクト比が30以上）に、金属あるいは酸化膜を埋め込む。

## 研究開発項目③「マイクロ・ナノ構造大面積・連続製造プロセス技術の開発」

### 1. 研究開発の必要性

- (1) 環境・エネルギー、健康・医療分野では、メーター級大面積エネルギーハーベスティングデバイスの大幅な低コスト化とともにマイクロ・ナノ構造搭載による高機能化が期待されている。また、ウェアラブル発電、安全安心ジャケット、シート型健康管理デバイス等の3次元自由曲面に装着可能な新形態のフレキシブルシートデバイスの実現が望まれている。これらの製造に際し、従来の半導体製造装置をベースとした製造技術の延長では、真空プロセス装置の大型化の限界、基板の大面積化の限界などの問題が顕在化してきている。将来のメーター級大面積デバイスの高機能化、低コスト化のためには、マイクロ・ナノ構造を有する高品位機能膜をメーター級の基板に真空プロセス装置を用いずに形成する製造技術の創出が必要となる。また、基板の大面積化を伴うことなく、メーター級のフレキシブルシートデバイスを実現する、製織技術などを活用した新たな製造技術の創出が重要である。
- (2) メーター級の面積基板にマイクロ・ナノ構造を有する高品位機能膜を高速直接形成する技術として、ナノ粒子など機能材料の塗布プロセスをベースに雰囲気ガスや温度などの局所環境制御によりナノ機能材料を活性化する技術、ナノ機能材料の密度や配列を制御する技術などを融合した革新的次世代非真空プロセスが必要である。さらに、基板の大面積化を伴うことなくメーター級のフレキシブルシートデバイスを実現するため、繊維状基材に上記非真空プロセスによる高品位機能膜を高速に連続形成する技術、ならびにこの繊維状基材を新たな製織集積化プロセスにより機能化・大面積化する技術が必要である。
- (3) 本研究開発項目は上記を踏まえ、非真空高品位ナノ機能膜大面積形成プロセス技術、繊維状基材連続微細加工・集積化プロセス技術を開発することにある。

### 2. 研究開発の具体的内容

#### (1) 非真空高品位ナノ機能膜大面積形成プロセス技術

局所雰囲気制御下でのナノ材料の塗布プロセスや自己組織化プロセスなどの非真空薄膜堆積プロセスにより、電子的、機械的、光学的な機能を発現する機能膜、すなわち、MEMSのみならず電子デバイス全般に適用可能なマイクロ・ナノ構造の高品位機能膜を形成するプロセスを開発するとともに、その高速化に関する研究開発を行う。

また、この高品位機能膜形成プロセスをスケラブルにメーター級の面積基板に拡張するために、面積基板の全面に亘り、局所雰囲気を維持したまま高品位機能膜形成装置を相対移動させるスキヤニング技術、高品位機能膜をむら無く形成させる均質塗布技術、及びその装置化要素技術を開発する。さらに、高品位機能膜形成プロセスとメーターレベルのスキヤニングとのナノ・マクロ連成解析モデルを構築し、上記プロセスの最適化に向けた解析を実施する。

## (2) 繊維状基材連続微細加工・集積化プロセス技術

上記非真空高品位ナノ機能膜形成プロセスなどを用いて、繊維状基材上に連続的に均質な高品位機能膜を被覆することが可能なプロセスを開発する。

また、高品位機能膜が被覆された繊維状基材に3次元ナノ構造を高速連続形成する加工技術と、それら多数の異種繊維状基材を製織によって機能化・集積化する技術とを開発することにより、メートル級のフレキシブルシートデバイスを実現する一連の新規製造プロセスを開発する。

## 3. 研究開発の目標

### (1) 最終目標

#### ①非真空高品位ナノ機能膜大面積形成プロセス技術

局所雰囲気制御下での材料の塗布プロセスや自己組織化プロセスなどの非真空薄膜堆積プロセスにより電子移動度  $1 \text{ cm}^2/\text{V}\cdot\text{sec}$  以上の電子的機能膜、マイクロ・ナノ構造を構成する機械的機能膜を、実用的な成膜レートで形成可能とするプロセスを確立する。また、この高品位機能膜形成装置をメートル級の面積基板にスキヤニングして、上記高品位機能膜を膜厚均一性 $\pm 10\%$ 以下、パターニング分解能  $200 \mu\text{m}$  以下、及び現行真空装置による製造時間以下で面積基板に形成可能とするプロセスを確立する。さらに、それを実現する装置仕様を決定する。

#### ②繊維状基材連続微細加工・集積化プロセス技術

繊維状基材上に、上記非真空薄膜堆積プロセスにより、電子的機能膜、マイクロ・ナノ構造を構成する機械的機能膜、及び発光、反射・屈折率などを制御する光学的機能膜を、実用的な速度で形成するプロセスを確立する。また、ナノ機能膜が被覆された繊維状基材に3次元ナノ構造を加工速度  $20 \text{ m/min}$  以上で形成するプロセスを実現する。さらに、3次元的に変形させても機能するシート型デバイスを実現する製織集積化プロセスを確立する。

### (2) 中間目標

#### ①非真空高品位ナノ機能膜大面積形成プロセス技術

最終目標に示される電子的機能膜、機械的機能膜を形成する基本プロセスを開発する。また、面積化に関しては、最終目標の膜厚均一性、パターニング分解能、及び成膜速度を達成する手法を決定する。

#### ②繊維状基材連続微細加工・集積化プロセス技術

繊維状基材上に、上記非真空薄膜堆積プロセスにより、最終目標に示される電子的機能膜、機械的機能膜、及び光学的機能膜を形成する基本プロセスを開発する。また、ナノ機能膜が被覆された繊維状基材に3次元ナノ構造を形成するプロセスを構築する。さ

らに、シート型デバイスを実現する製織集積化基本プロセスを開発する。

## 研究開発項目④「異分野融合型次世代デバイス製造技術知識データベースの整備」

### 1. 研究開発の必要性

- (1) 現状において異分野融合型次世代デバイス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・整理が強く望まれている。
- (2) 異分野融合型次世代デバイス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、これら革新的次世代デバイスの開発を目指す企業研究者・技術者が容易に利用できるようにすることにより、新製品開発・実用化や新たな産業の創造に資することが期待される。
- (3) 本研究開発項目は上記を踏まえ、異分野融合型次世代デバイス製造技術知識データベースの整備を行うことにある。

### 2. 研究開発の具体的内容

異分野融合型次世代デバイス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. 研究開発の目標

#### (1) 最終目標

異分野融合型次世代デバイス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、及び研究成果を含めて）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や高集積・複合MEMS製造技術開発プロジェクトなどでこれまで蓄積した技術情報を統合的に取り扱える知識データベースシステムを開発する。また、蓄積するデータ数は1,500件以上とし、この知識情報をMEMS用設計・解析支援システムで活用できるようにする。

#### (2) 中間目標

異分野融合型次世代デバイス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、及び研究成果を含めて）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や高集積・複合MEMS製造技術開発プロジェクトなどでこれまで蓄積した技術情報を統合的に取り扱える知識データベースシステムを開発する。また、蓄積するデータ数は500件以上とし、この知識情報をMEMS用設計・解析支援システムで活用できるようにする。

## 研究開発項目⑤「高機能センサネットワークシステムと低環境負荷型プロセスの開発」

### 1. 研究開発の必要性

(1) 工場等の製造現場において、原材料や使用資源のきめ細かい状況モニタリングと制御を行う微細・極小、高機能なセンサの実用化により、製造プロセスの省資源化、高効率化の実現が期待されている。

(2) 小型で低コスト、かつ信頼性の高いワイヤレスセンサとすることで、設置にあたっての大がかりな工事を必要とせず、既存施設にも低コストでの導入が可能となる。合わせて、センサの製造において低環境負荷型の製造プロセス技術の開発を行うことで、生産システムの低炭素化にも貢献が可能となる。

(3) そこで、本プロジェクトの研究開発項目①から③で開発したプロセス技術等を活用し、高機能センサネットワークシステム・センサモジュールの事業化と、低環境負荷型製造プロセスの確立に向けた開発・実証研究を行う。

### 2. 研究開発の具体的内容

#### ① 高機能センサネットワークシステム開発

大口径MEMS用クリーンルームにおける各製造・評価装置や空調、純水製造等の周辺装置の消費エネルギー、温度、圧力、風量、異物粒子、ガスなどをセンシングすることにより、省資源、高効率に最も適した集積化センサチップ及びセンサネットワークシステムを検証し、省エネルギー、低炭素化などに関する効果を分析するための、センサネットワークシステムを試作する。

また、低環境負荷型及び異分野融合型次世代デバイス製造技術で開発したプロセス技術を活用した高機能集積化センサチップの開発に向け、ワイヤレス通信、エネルギーのワイヤレス自立、小型・薄型化と、エネルギー、温度、圧力、風量、異物粒子、ガスなどの高感度センシング機能、新たなセンシング原理を開発し、これらの数値を収集する。

#### ② 低環境負荷型プロセス技術開発

シリコン貫通深掘り加工において、温室効果ガス排出量削減に向けて、温暖化係数の高いSF<sub>6</sub>から代替ガスへの切り替えと、エッチレート高速化によるガスの消費量低減およびエネルギー消費効率の向上など環境負荷の小さい高効率なエッチングプロセスの開発をする。

また、ウェハ・ツリー・ウェハとチップ・ツリー・ウェハ技術を組み合わせて、ウェハサイズ、チップサイズ、チップ厚さに関わらず、様々な異種デバイスをウェハレベルで一括集積化する技術も開発する。さらに、従来のシリコンに比べ高い機械特性を有するポリマー材料を使ったMEMSを開発するとともに、従来のシリコンMEMSと異種材料MEMSとの多層集積化技術を開発し、環境負荷低減プロセスを提示する。

さらに本プロジェクト成果のデバイス機能検証のためのTEG (Test Element Group) ウ

ェハを設計開発及び試作すると共に、大口径TEGのデバイス・プロセス設計及び試作を行う。

3次元構造かつ可動部から構成される高機能センサ製造に不可欠となる設計―検査間の情報共有化フレームワークを構築し、そのフレームワーク上でマスク、3次元構造、及び機械的・電気的特性に関する設計情報を製造・検査に利用するだけでなく、非破壊検査装置の計測データを設計にフィードバックし、歩留まり・品質、スループットの向上を図るとともに、製造設備の電力使用量や温室効果・有害ガスの排出量などのデータを活用し、デバイス設計時から環境負荷を考慮した情報共有化技術を開発する。

### 3. 研究開発の目標

#### (1) 最終目標

##### ① 高機能センサネットシステム開発

検証用のクリーンルームにおいて、従来比（1990年比）CO<sub>2</sub>削減60%のセンサネット制御システムを開発する。また、一辺30mm、厚み10mm以内に複数のMEMSセンサと処理回路、無線回路、エネルギーデバイスとの融合を想定したセンサモジュールプラットフォームを作製する。

##### ② 低環境負荷型プロセス技術開発

現状のSF<sub>6</sub>ガスに対し、複数の代替候補ガスを調査・検討し、温暖化ガス排出量を90%以上削減可能とする最適代替ガスの選定指針を得る。また高機能デバイス薄膜の集積化に関し、250℃以下で大気圧付近から真空中で封止できる接合方式を決定する。さらに生体適合性ポリマーを用いたMEMS製造プロセスにおいて、シミュレーションを用いて機械特性などの機能数値を具体的に示す。

大口径MEMS用試作ラインにて、センサ用途等TEGの設計および試作を複数種類行い、歩留まり、生産性、効率性のデータとデバイスの動作を妨げる製造装置、製造プロセス、デバイス構造起因の欠陥・ばらつき等の課題を抽出する。研究開発項目②「3次元ナノ構造形成プロセス技術開発」の成果である中性粒子ビームエッチングをセンサTEGに適用し、デバイス性能への効果を検証する。

設計・計測・ファブ環境情報において共有化する情報を類型化し、データ共有化のためのデータフォーマット、それに付随する基本ソフトウェアの開発を行い、MEMS-TEGを用いてデータ交換および設計手法の検証を行う。また、クリーンルームおよび製造・検査装置に関わる消費エネルギー、二酸化炭素排出量など環境情報の収集管理の方法を決定する。

## 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センサやアクチュエータなどのデバイス・システムのことであり、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 の最大の特徴は、様々な機能を持ったデバイスの小型化や集積化を実現している点にある。例えば、MEMS の代表格であるセンサは小さい方が望ましく、微小化することで、軽量化、省スペース、高速化は当然ながら、物理量や化学量を測る際、小さいほど測定対象に影響を与えにくく、ピンポイントで測定点の正確な情報を感度良く得ることができる。また、MEMS は半導体製造技術を使って大量生産するため、部品が小さくなるほど、同じ材料や手間でもより多くのデバイスを製造することができ、資源や消費エネルギーの節約につながり単位当たり製造コストが低減されるとともに、シリコン単結晶などの機械的特性に優れた材料を使用するため、製品の信頼性が向上する。さらに、異種のセンサや電子回路を集積化することで、単体では得られない機能や性能を高いレベルで得ることができ、新しいシステムの創製につながる等、数々のメリットがある。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

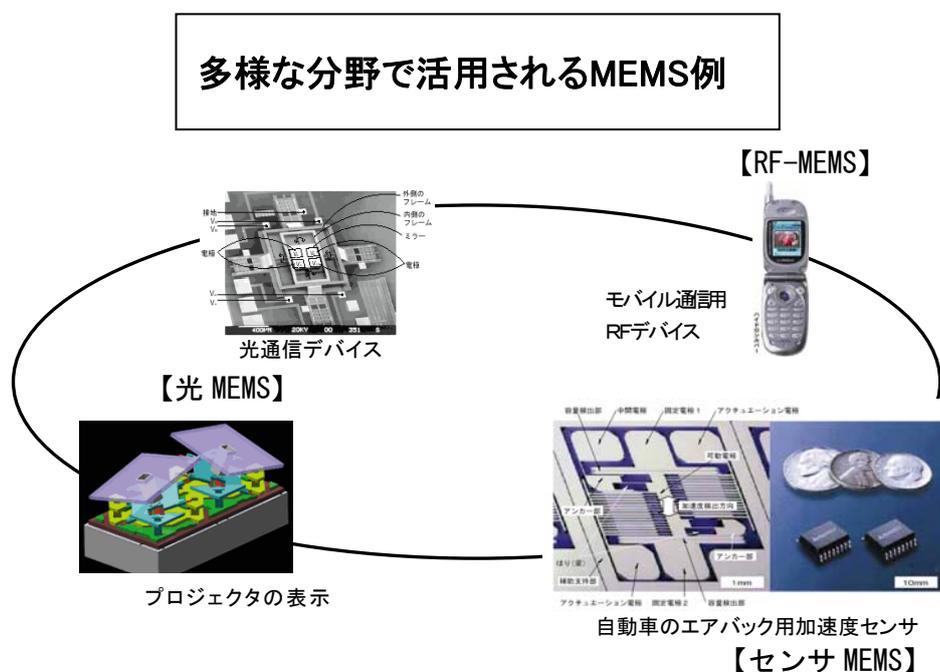
### I. 導入シナリオ

#### (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度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。顔と名前的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。

### [基準・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

今回は改訂を行っていない。

## 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

- エッチング技術 低環境負荷プロセス、成型技術 低環境負荷成型技術等の要素技術を追加した。

## 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

- エッチング技術 低環境負荷プロセス、成型技術 低環境負荷成型技術等の各要素技術のスペックについて、詳細に見直しを行った。

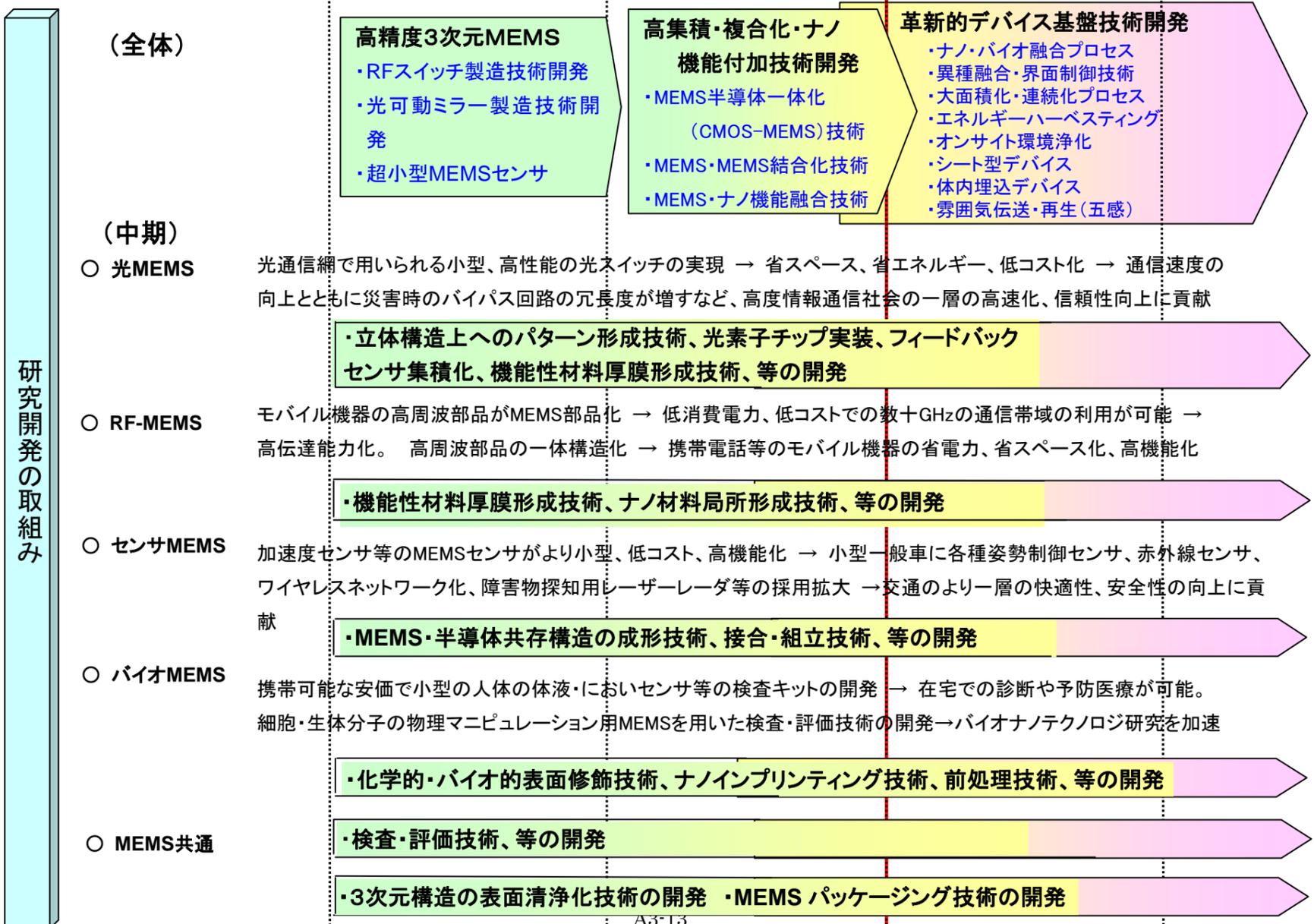
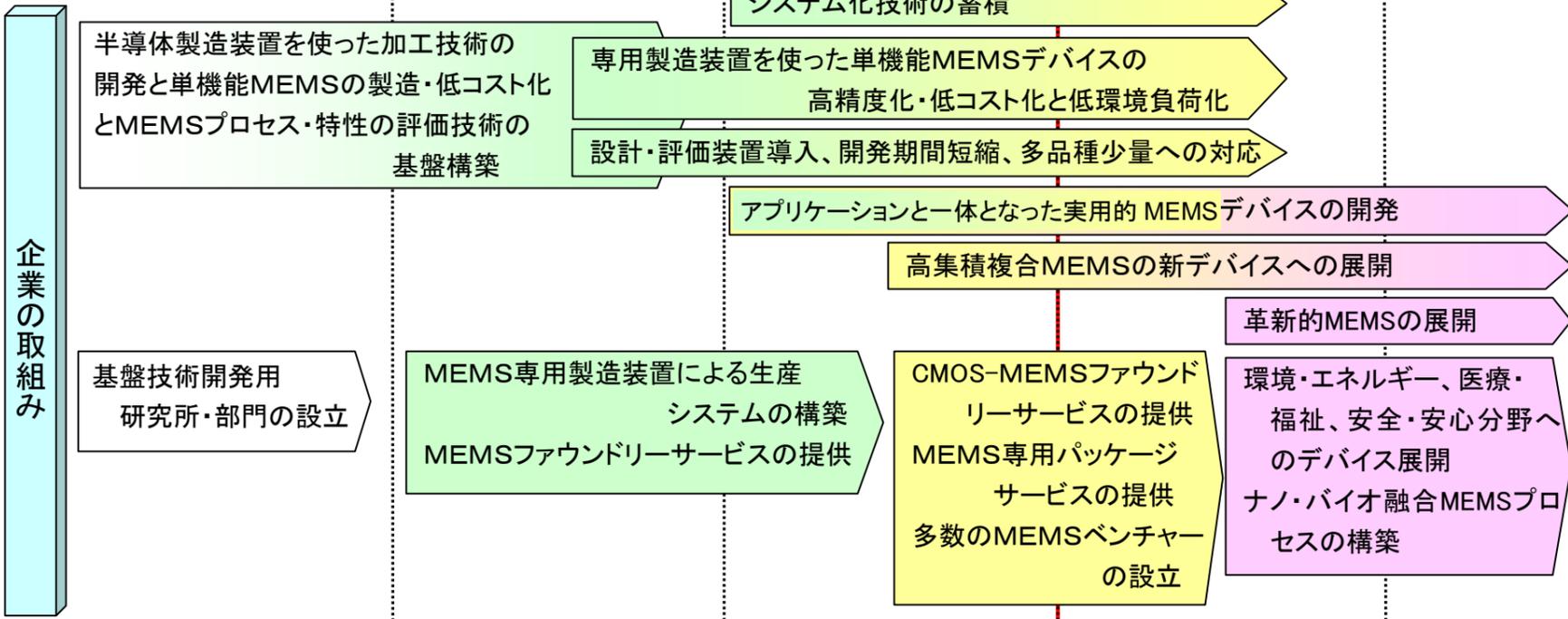
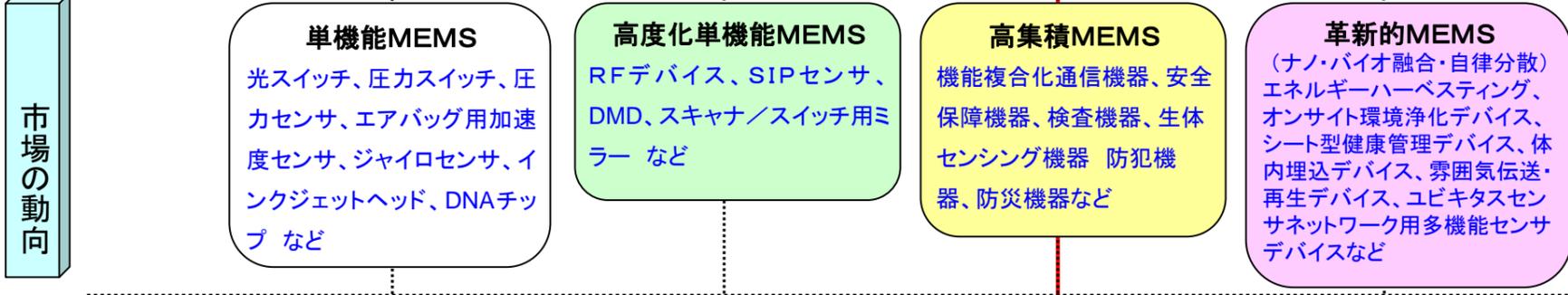
## Ⅳ. その他の改訂ポイント

### ○応用事例の追加

- MEMS 製品等デバイスの将来像をイメージし易くするため、センサネットワークに焦点をあて、CO2 削減目標の達成や少子高齢化に対応した安全・安心の確保等の社会課題を解決する具体的なシステムを対象として、6 分野の課題解決型 MEMS デバイス技術について応用事例を取りまとめた。【参考資料：応用事例～課題解決型 MEMS デバイス技術～】

# MEMS分野の導入シナリオ(1/3)

(~2000)      2000      2005      2010      2015      2025



# MEMS分野の導入シナリオ(2/3)

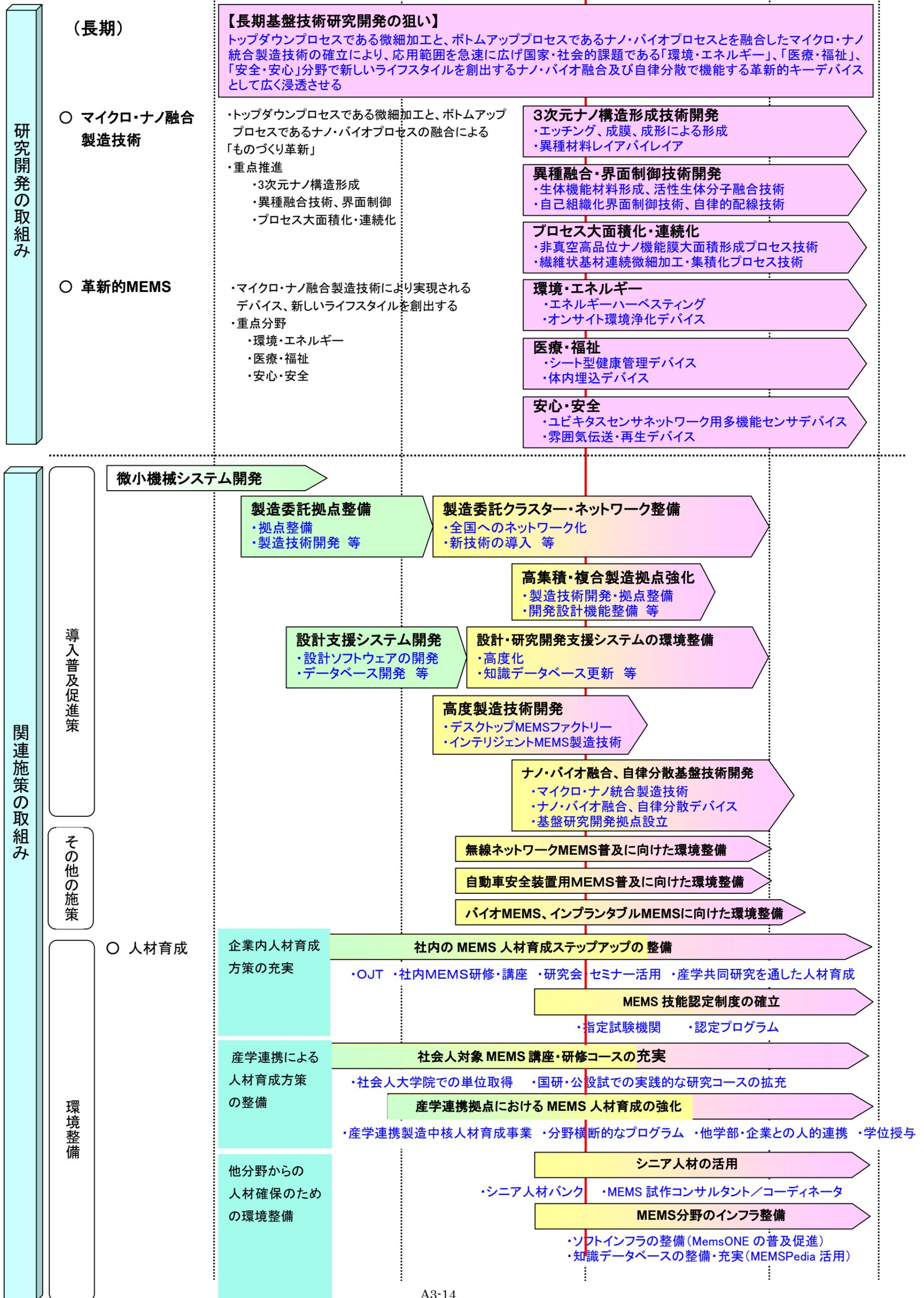
2000

2005

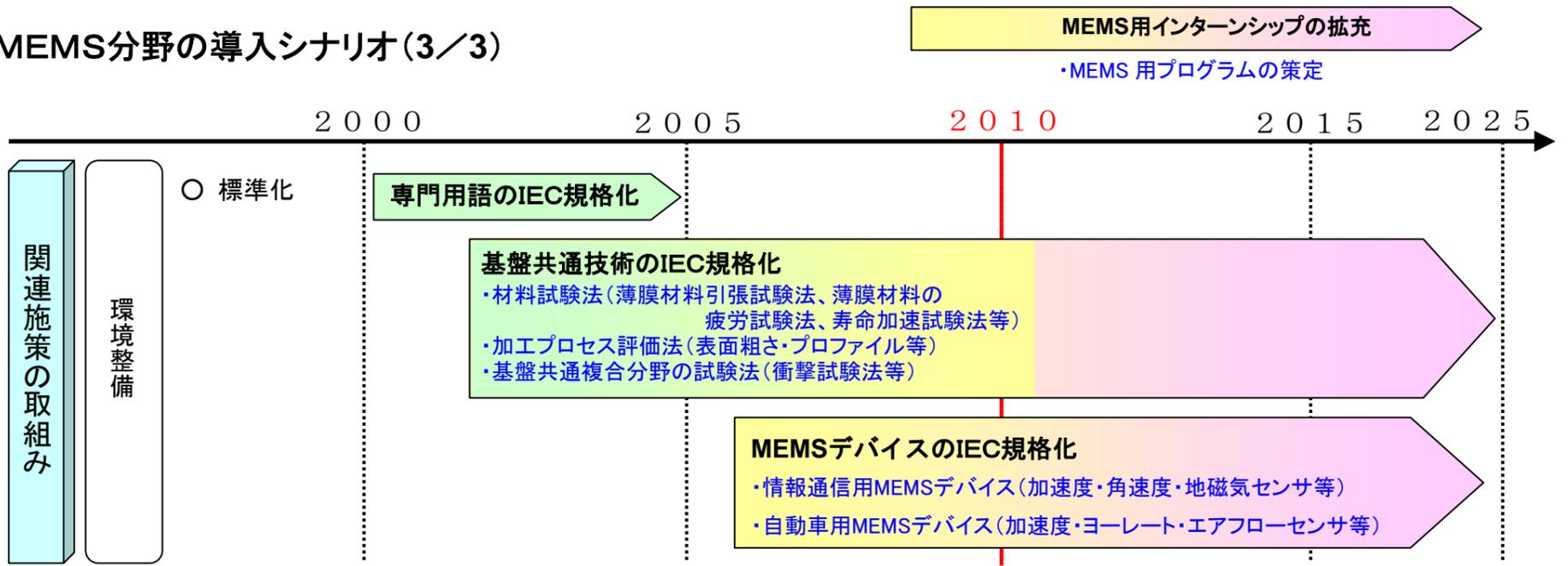
2010

2015

2025



# MEMS分野の導入シナリオ(3/3)



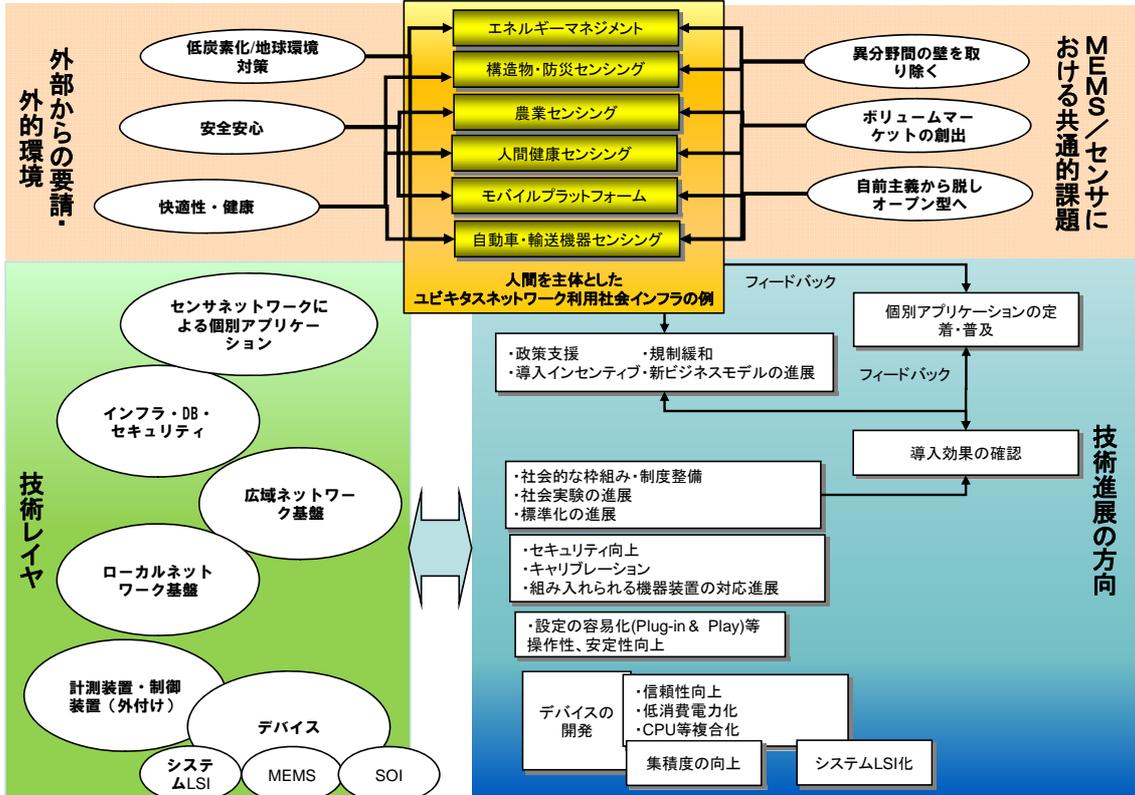
# 応用事例

## ～課題解決型MEMSデバイス技術～

これまでの技術開発は技術の発明や改良が重視され、先行してきたが、今後は人が主体となり人のために働く技術や、社会課題解決に資するという視点から技術が展開されることを考慮すべきである。MEMS技術についてもその応用範囲は、10年後には現状の機械・電子分野以外へもさらに拡大する見込みであり、ネットワークやITシステムあるいは機器・装置に組み入れられることによって、利便性の高い、社会的課題解決に資する“課題解決型MEMSデバイス技術”を活用したセンサーネットワークシステムが創出されることとなる。例えば、海外での事例として、需要側消費電力を消費機器毎にリアルタイムに計測し、供給側に通知することで供給側の制御や利用側の省エネにつなげる（「スマート・グリッド」）システムと電力・環境センサデバイス、農地にセンサを配置し気象状態モニタリングによって給水や肥料を調節するシステムとその気象・土壌センサデバイス、などが知られている。また、モバイル機器の心臓部（CPU・周辺部）もオープン化され、プラットフォーム化しMEMSセンサ等異メーカーのデバイスがソフトウェア共々実装され多様な価値を生み出している。

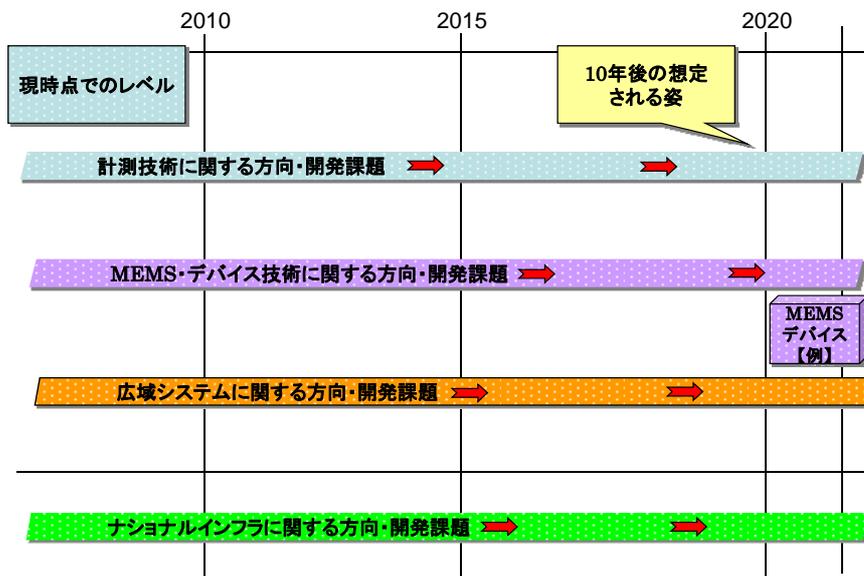
本応用事例ではセンサネットワークに焦点をあて、CO2削減目標の達成や少子高齢化に対応した安全・安心の確保等の社会課題を解決する具体的なシステムを対象として、MEMS・センサ等デバイスの将来像をイメージし易くするため、(1) エネルギー・マネジメント・システム、(2) 構造物・防災センシング技術、(3) 農業センシング技術、(4) 人間の健康に資するセンシング技術、(5) MEMSによるモバイルプラットフォーム技術、(6) 自動車・輸送機器センシング技術、の各分野において横断的見地から整理し、代表的な技術、課題及び方向性をとりまとめ、全体システムのイメージを掲示するとともにマップに展開した。（応用事例Ⅰ～Ⅵ）

## 10年後のセンサネットワーク全体システムのイメージ



分野によっては、デバイスとしての技術課題以上に、計測技術、システム技術、データベースインフラ、ネットワーク、社会システムといった周辺環境に問題点や大きな研究開発要素があることも考慮しつつ、上記事例のような利用システムがどのように展開していくかを技術ロードマップに描くことで、開発課題や実現のためのネックを明らかにすることを目指した。

### 技術ロードマップの凡例



# 応用事例 I (エネルギー・マネジメントに資するセンサ技術)技術マップ

～10年後のエネルギー・マネジメント・システムの姿～

CO2削減

省エネ向上

快適性との両立

フレキシブルな

マネジメント

## トレンド

① 産業用に加え民生用、小規模オフィス等のCO2削減進展、② きめが細かく大きな省エネの実現、③ 柔軟性・広域性の拡大

## 現状

### 概要

- 個別機器について、センサを活用して省エネを行うものが登場。
- 環境については体感程度、システムも機器メーカー単位。

### センシング・制御

- 器具や室内にセンサ機能が付与、入退室の感知、判断。
- 入退室の感知等によるOn/Off。
- 洗濯機や冷蔵庫等の家電製品でセンシングによる制御機能が実現。
- 広域に及ぶシステムは未実現。

### デバイス・ネットワーク

- 一般利用できるセンサデバイス未。
- ネットワーク仕様未確立、未標準化。
- 一部商用化されているものの、メーカー独自仕様でコンパティブルでない。
- 一部商用化されているデバイスもあるが、消費電力大、信頼性未確立。
- ネットワークもメーカー独自。

## 環境と消費エネルギー量の把握とそれによる制御

- ✓ 消費エネルギーのきめ細かい把握技術
- ✓ 快適性のモニタリング技術

## 広域にわたるセンシングデータの活用

- ✓ 中央集中型配電システムにローカルな発電システムが付加・管理技術進展
- ✓ 複数サイトにまたがる省エネルギーマネジメントシステムの進展

## デバイス・ネットワークの普及と標準化によるユーザー選択向上

- ✓ 安価で高信頼性デバイス普及
- ✓ 安定的で導入の容易なネットワーク体系の普及
- ✓ 普及に資する設定やメンテナンス技術の確立
- ✓ 長寿命化技術、メンテナンスレスシステム

## 概要

- 器具・装置や空間単位での消費エネルギーのリアルタイム、時系列把握と制御が実現。
- 環境についてのきめ細かい把握や快適性計測がエネルギーマネジメントに取り入れ。

### センシング・制御

- 器具や部屋で必要とされる機能に応じてエネルギーが投与されるシステム。
- 個人の快適性に配慮したエネルギーの調節。
- 単独の製品や住戸単位でなく複数の製品や住戸間でセンシングによる制御機能が実現(ピークシフトやピークカットなど)。
- 新エネルギー・ローカルエネルギーの利用のシステムへの取り入れ。

### デバイス・ネットワーク

- 外付け型、内蔵型種々のタイプのセンサデバイスが普及。
- ネットワーク仕様が標準化され、ユーザーはプラグアンドプレイ式で操作可。
- ネットワークの広域への接続が進む。
- デバイスの消費電力小、自己給電、信頼性向上、メンテナンスフリー化。

## 将来

# 応用事例Ⅱ(構造物・防災センシング技術)技術マップ

## ～10年後の構造物・防災センシング技術の姿～

社会資本ストックの  
合理的管理

メンテナンス性向上

安全な構造物

構造物寿命延伸

### トレンド

- ① 構造物損傷・劣化の程度、耐震性、変位等のセンシング技術が進展、
- ② 保守の効率化、予防保全の進展、
- ③ トータルとして安全性と快適性の向上

### 現状

#### 概要

- 構造物のメンテナンスについては、現状は目視、非破壊検査など、一部地震計、ストレイン・ゲージ、加速度センサなどが利用。
- 計測データと構造の因果関係解明は不十分。
- 防災土滞位置ずれセンサネットワーク実験。

#### センシング

- 非破壊検査(超音波、X線等)は内部の組成等を分析。
- ストレイン・ゲージによる応力歪み計測、動き観測に加速度センサ活用、変位の計測にはポテンシオメータ等が利用されている。
- 以上を目的によって組合せているがデータと現象との相関未解明。

#### デバイス・ネットワーク

- デバイスは一般の機械計測用がそのまま使用されている。MEMS応用は未。
- ネットワークは特定小電力、ZigBee、Mote(米国仕様)等が実験レベルで利用されている。
- 線状、面状構造物には既成デバイスを工夫して応用、eテキスタイル研究開発中。

### センシング活用によるメンテナンスの高度化

- ✓ センシングデータと損傷・劣化度、耐震性能、部品交換・補強等との相関性明瞭化
- ✓ センシング技術や対象物の拡大によるモニタリング能力の向上
- ✓ モニタリングによる予防保全ないし耐用年数の延長

### デバイスとネットワーク進展による構造物センシング技術の向上

- ✓ 安価で高信頼性デバイス普及
- ✓ 安定的で導入の容易なネットワーク体系の普及、無線通信の普及。
- ✓ 長寿命化技術、メンテナンスレス、キャリブレーション組み入れ型計測システム

### 概要

- 国内では新規投資よりメンテ投資が主となる。
- 目的別のセンサ技術が明らかとなり、標準的な計測システムが確立、実用化される。
- 計測デバイスの精度、校正方法についても標準が確立。

#### センシング・制御

- 変位、加速度、応力、等の標準的センシング技術が確立。
- 構造物の組成や組織変化の標準的モニタリング技術が確立。
- 地震・災害対応へのセンシング応用が進展。
- 接合部や部材・部品など構造以外部のチェック・モニタリングシステムが導入。

#### デバイス・ネットワーク

- メモリやCPU内蔵複合型センサデバイスが普及し、構造物の履歴把握等に活用される。
- デバイスへのMEMS採用が進展。
- 無線ネットワーク仕様が標準化。
- ネットワークの広域への接続が進む。
- デバイスの消費電力小、自己給電、信頼性向上、メンテナンス・キャリブレーションフリー化。

### 将来

# 応用事例Ⅲ(農業センシング)技術マップ

## ～10年後の農業センシング技術の姿～

生産性向上

安全安心・省エネ

品質向上・コスト削減

### トレンド

① 農業へのセンシング技術取り入れが進展、② それを実現するデバイスの開発と通信機能取り入れ、③ 耐環境、使い捨て等周辺アプリケーションの取り込み進展

### 現状

#### 概要

- 土壌分析に基づく給肥、給水(バッチ式、ノウハウ主体)。
- pH、ECセンサの試作と実験。
- 海外でワインぶどう畑への実システム稼働(気象観測と給水等制御が主)。

#### センサ

- 温度、雨量、照度等の気象環境センサはまだ大型で高価。
- pH、ECセンサが半導体プロセスで試作されている。
- 土壌粒度、土壌組成等はディスクリートレベル。

#### デバイス・ネットワーク

- 海外で、ネットワーク(ZigBee等適用)化が進展。
- わが国では、中継装置の仕様とセンサ電源供給に課題、ネットワーク化は給水管理程度。
- センサデバイスは研究開発途上。

### 農業生産性向上のために計測すべきデータの明確化

- ✓ 計測技術とデバイスの進展により農業関連の自然データと生産性との関係が解明される
- ✓ データの蓄積(気象、土壌、その他環境、収穫物の性格)
- ✓ 化学量や粒度のようなデータ計測のための高集積回路が開発

### センサネットワークの実農場への適用・活用

- ✓ 厳しい周囲環境に対応したセンサの開発
- ✓ ロバストなセンサネットワーク仕様の確立
- ✓ 自律分散型センサ管理技術の研究開発
- ✓ 電力供給課題解決

pH・potential Hydrogen、水素イオン濃度指数、酸性アルカリ性の度合いを示す

### 将来

#### 概要

- 気象と土壌の状態に関するセンサが実用化され農業への適用が進む。
- 気象、施肥、給水、成育度間のデータ蓄積。

#### センサ

- 土壌の、水分、pH、EC、粒度、リン、窒素、カリ等センサが実用化され農業に用いられる。
- 温度、湿度、圧力、照度、雨量、風力センサ等の利用が一般化。
- それらセンサデータと植物、動物の態様が徐々に明らかとなる。
- 気象データと植物、動物(細菌等)の因果関係が次第に明らかとなる。

#### デバイス・ネットワーク

- ネットワーク化が進み普及、ただし用途次第でバッチ式センシングシステムも普及。
- 省電力型、自己発電型、使い捨て型のチップが市場化。
- 自律分散型デバイスの管理技術が進展、標準化。
- MEMSデバイスの消費電力小、自己給電、信頼性向上等。

# 応用事例Ⅳ(人間の健康に資するセンシング技術)技術マップ

## ～10年後の人間健康センシング・システムの姿～

24Hモニタによる  
医療レベル向上  
生活習慣病対策進展  
予防型医療の進展  
センシングデータ  
で病の因果関係示

### トレンド

- ① ネットワーク型センサデバイスにより24時間型のモニタリングが進展、② 対応する遠隔医療への抵抗減、予防型医療が緒につく、③ 未解明の病気等の因果関係が次第に明らかに

### 現状

#### 概要

- いくつかの器具について通信機能付モデルが製品化、しかし普及はこれから。
- Bluetooth、Zigbee、小電力などがローカルに利用、広域はインターネットが主。

#### センシング・制御

- 血圧計や体重計にBluetooth等の通信機能が付与。
- 計測機器には情報処理能力がないため、PC等を組み入れたシステム構築が必要。
- センシングに関する医学的なオーソライズはなされていない。

#### デバイス・ネットワーク

- 非侵襲、ポータブルなデバイスとしては心電計程度(但し非オーソライズ)、他は既存製品に通信機能を織り込んだレベル。
- ローカルネットワーク仕様にはまだ不安定さ大、操作性も低レベル。
- 計測と広域通信とを(同時に)行うにはプロトコルが確立したとは言い難い。

#### 予防医療の進展とそのためセンサネットワークが進展

- ✓ 予防型医療の進展により総医療費の節約が進む
- ✓ そのためのセンサモニタリングが進展

#### 安定信頼性あるセンシング技術の活用

- ✓ センシング機器が医療機器として承認
- ✓ 価格や精度による複数レベルの計測デバイスが標準化
- ✓ LSI/MEMS化が進む

#### デバイス、ネットワークの技術向上とユーザー利便性の向上

- ✓ 医療用アンプ、A/D変換部の高集積化
- ✓ ローカルセンサネットワークの安定性、操作性の向上
- ✓ 広域ネットワーク上でのデータ連携技術の向上
- ✓ デバイス長寿命化技術、メンテナンスレスシステム開発

### 概要

- 通信付センサが普及し、24Hデータ収集が普及→医療高度化、通院頻度減。
- センサデータ活用による病気因果関係把握高度化と予防医療の進展。

#### センシング・制御

- 非侵襲/侵襲、ポータブルなデバイス(心電計、血圧計、血糖値計、脳波計)が普及。医療器具として承認、精度複数レベルで標準化。
- デバイスが小型化(MEMS化)し取り込んだ機器装置が登場(携帯電話、パソコン等)。
- センシングデータと病理との因果関係抽出が進む。

#### デバイス・ネットワーク

- 現在大型の計測装置が小型化、MEMS化。
- ローカルネットワーク仕様が向上(混信防止、無設定、ユーザーはプラグアンドプレイ式で操作可)。
- ネットワークの広域への接続が進み、計測操作と一体化(広域データ連携が進展)。
- デバイスの消費電力小、自己給電、信頼性向上、メンテナンスフリー化。

### 将来

# 応用事例 V (MEMSによるモバイルプラットフォーム技術) 技術マップ

## ～10年後のモバイルプラットフォームの姿～

- よりポータブル
- 安全安心への貢献
- 予防型医療への貢献
- 周辺機器との機能コンパチ進展

### トレンド

① 複数のモバイル通信方式搭載が進展、② それを実現するデバイスの高集積化、③ センサ等周辺機能の取り込み進展

### 現状

#### 概要

- ▶ LTEで始めて世界的に方式統一。
- ▶ 端末実装で半導体での高集積化は進んでいるが、基本はディスクリート回路の置き換え、回路部品点数は多い、方式毎に基本的に機種は別。

#### センサ

- ▶ GPS(の一部)、電子コンパス、加速度センサ、歩数計程度が取り入れられている。
- ▶ 医療計測装置、エネルギーモニタ機器等を中継する装置としての実験が進展。
- ▶ (ソフト)ブラウザ等との連携が一部実装。

#### デバイス・ネットワーク

- ▶ 一部無線LAN、Bluetooth、ZigBee等のセンサネットワークデバイスを搭載。
- ▶ ただし、部品としては個別でそれぞれに対応するチップにより実装。
- ▶ マルチ方式の実装も個別のチップによる。
- ▶ プラットフォームでは日本は海外の後塵。

### 回路簡素化を実現する LSI・MEMS技術進展

- ✓ LSIの高集積化とMEMS取り入れによりRF回路の簡素化が進展
- ✓ マルチRF(広域とローカル)回路が実現、進展
- ✓ アナログ回路にCPUやメモリ等を取り入れた高集積回路実装が進展

### センサや情報処理機能の取り込みとセンシングデータの予防医療・省エネ等への活用

- ✓ センサのMEMS化による小型化、モバイル機器への実装可能に
- ✓ センサデータ(アナログ信号)取得と処理機能のLSI/MEMS化によりモバイル機器への実装が可能に
- ✓ PC等との情報処理機能のコンパチ化が進展

### 将来

#### 概要

- ▶ 各国別の複数RF処理技術が一般化。
- ▶ 計測系デバイスを取り込んだシステムLSI。
- ▶ 種々の回路へMEMSの取り入れ。

#### センサ

- ▶ 心電計などとの連携が進み予防医療等に用いられる。
- ▶ プロジェクター、HD/3Dビデオ、位置センサ等の実装。
- ▶ 家庭等の機器のエネルギー監視機能の実装(ローカルネットワーク利用)。
- ▶ 転倒予知、救急医療向け基盤、等としての利用進展。

#### デバイス・ネットワーク

- ▶ 種々のタイプの無線通信方式対応のデバイスが普及。
- ▶ ローカル無線もチップ内に取り入れられる。
- ▶ センサネットワークと広域ネットワーク接続標準化。
- ▶ MEMSデバイスの消費電力小、自己給電、信頼性向上等。

# 応用事例VI(自動車・輸送機器センシング技術)技術マップ

～10年後の自動車・輸送機器センシング技術の姿～

CO2削減

省エネ向上

快適性との両立

安全な輸送

## トレンド

- ① 内燃機関車、HEVそれぞれで燃費改善とCO2削減進展、EVの進展、② 高度ITS進展などによる渋滞の減や快適性向上、③ 鉄道でのセンサ利用進展、④ 安全性の向上

## 現状

### 概要

- 内燃機関車については、エンジン燃焼制御、エアバッグ、ナビ、タイヤ空気圧等多数センサが搭載。
- HEVが伸長中、EVへの期待高。
- 鉄道では構造物・土木への応用研究中、車両に導入(振り子式)。

### センシング・制御

- 圧力、流量、酸素やNOx計測、加速度や角(加)速度、位置等の計測装置やセンサが搭載されている。
- 燃料噴射、エアバッグについてはセンサ+制御機能。一部操舵制御機能も。
- トンネル、土堤の位置センシング。

### デバイス・ネットワーク

- 耐久性、信頼性の高いセンサデバイスが中心、MEMS応用は未。
- ネットワークは車内有線が主(CAN等)、外部とは高速料金徴収でDSRC、ナビ関係でモバイルネットワーク。
- タイヤ空気圧計測には無線が応用(外付けが主)。
- 鉄道では既成のNW(有線)利用が主。

## 自動車全般に燃費の向上と安全性の向上が進む

- ✓ 内燃機関車、HEV燃費がさらに向上
- ✓ HEV、EVが伸長、経験積み重ねにより性能と安全性の向上

## センシングデータの活用による安全性向上

- ✓ 車外物件や障害物検知システムが普及、管理技術進展
- ✓ 車内人体センシングによる安全な運転管理や駐車管理システムの進展
- ✓ 足回りのセンシング・モニタリングを取り入れた燃費の向上技術

## ITS進展によるCO2削減と快適性の向上

- ✓ 安価、高信頼性、長寿命、堅牢、メンテナンスレスデバイス普及
- ✓ 自動車、道路、鉄道に適するネットワーク体系の普及、無線通信の普及

### 概要

- 内燃機関車はまだ相当利用されているが、燃費が圧倒的に向上。EVも徐々に普及。
- HEVの普及は大きく進み、燃費も大幅改善。

### センシング・制御

- エンジン・モーター系のセンサネットワークがさらに進展、タイヤ等駆動系を取り込んだセンシングと制御機能進化。
- MEMSによる高度エンジン室モニタ・制御。
- 保守系業務へのセンシング機能応用が進展。
- 高度で安価な安全モニタリングシステム(人の自動検知、交差点での障害物検知等)。
- 車内人のモニタリングによる安全面高度化。
- ITSの高度化(渋滞ゼロ)。

### デバイス・ネットワーク

- 堅牢、長寿命なMEMS含む種々のセンサデバイスが普及。
- 無線ネットワーク仕様が標準化され、タイヤ-車両間、人-車両間、障害物-車両間等に適用進む。
- システムの複雑化により大容量の車内ネットワーク標準化(自動車、車両)。
- ネットワークの広域への接続が進む。

## 将来

## 事前評価書

	作成日	平成19年10月01日
1. 事業名称 (コード番号)	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	
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：</p> <p>MEMS 市場は、今後大幅拡大が見込まれ、2010 年には 1.2 兆円、2015 年には 2.4 兆円規模の産業に成長するものと予測されている。現在の自動車、情報通信分野への応用が中心であるが、将来は医療・安全・環境分野の市場拡大が見込まれている。</p> <p>MEMS にナノ・バイオという異分野の研究成果を融合・インテグレーションすることにより、医療・安全・環境分野をターゲットにした革新的次世代デバイスの創出が実現可能となりつつある。</p> <p>本プロジェクトでは、将来の革新的次世代デバイスの創出に必要な、新たな基盤的プロセス技術群を開発することを狙いとし、以下のプロセス技術群のプラットフォーム化を確立することを通じて、わが国産業の国際競争力の強化を目指す。</p> <p>1) バイオ融合プロセス分野 生体分子、細胞、合成有機材料などのウェット材料の機能を活かすプロセス技術を確立する。</p> <p>2) 3次元ナノ構造形成プロセス分野 トップダウンとボトムアップの融合による機能性 3D ナノ構造形成技術と 3D ナノ構造の解析・評価技術を創出する。</p> <p>3) 大面積・連続プロセス ナノ・マイクロ構造を大面積に高速・低コストで連続形成するプロセス技術を創出する。</p> <p>(2) 事業規模：総事業費（国費分）（平成20年度 十数億円）</p> <p>(3) 事業期間：平成20年度～24年度（5年間）</p>	
4. 評価の検討状況		

### (1) 事業の位置付け・必要性

MEMS技術は高付加価値デバイスの創生に大きく寄与するものであり、自動車、各種製造機器、情報機器、通信機器を中心に広範囲な分野において普及している。現在の小型・高性能単機能デバイスが既存部品を置き換えた第1世代とすれば、2010年を目指し高集積化・複合化による多機能デバイスの創出を狙う第2世代MEMSの研究開発へと移行している。そして2015年以降2025年に向けて、革新的イノベーションを起こし、更なる市場の拡大を図るには第3世代MEMSの実現が不可欠である。この第3世代MEMSの創出にはナノ・バイオとの融合がキーであり、応用分野も自動車・情報通信から安心安全、環境、エネルギー、医療福祉、特殊環境といった分野への応用拡大も期待できる。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]

2015年以降2025年に向けて、革新的イノベーションを起こし、日本の産業競争力を強化する基盤プロセス技術の開発を行う。つまり、上述の分野に関連し、将来的に新たな産業創出につながるデバイス製造の下記の共通基盤技術を開発する。

#### 1) バイオ融合プロセス分野

生体分子、細胞、合成有機材料などのウェット材料の機能を活かすプロセス技術を確立する。

#### 2) 3次元ナノ構造形成プロセス分野

トップダウンとボトムアップの融合による機能性3Dナノ構造形成技術と3Dナノ構造の解析・評価技術を開発する。

#### 3) 大面積・連続プロセス

ナノ・マイクロ構造を大面積に高速・低コストで連続形成するプロセス技術を開発する。

#### [妥当性]

高付加価値化、差別化のためのキーデバイスの製造技術の開発であり、多様な産業分野に適用できる。さらにナノレベルの界面制御はリバースエンジニアリング困難で強固な国際競争力を実現できる。プロセスのプラットフォーム化を進めることにより、装置産業を含む日本の産業構造の革新が期待される。

### (3) 研究開発マネジメント

産学が参加する集中研により、シーズプッシュとデマンドプルの方両方向の研究開発を推進する。基盤技術開発によるプロセスのプラットフォーム化を目指し、プロセスの先進性・汎用性をコンセプトモデルにより評価する。またプロジェクト後半には種々のデバイスへの適用可能性を検討する。

(4) 研究開発成果

需要が急増すると予想される安心安全、環境、エネルギー、医療福祉と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。

(5) 実用化・事業化の見通し

2015年以降

(6) その他特記事項

特になし。

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、今後さらなる精査が必要である。

(注) 事業の全体像がわかる図表を添付すること。

## 「異分野融合型次世代デバイス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21年3月2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21年2月9日～平成21年2月23日

### 2. パブリックコメント投稿数<有効のもの>

計1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]（1件） 微細加工技術によって、ナノ・バイオ分野の新しい革新的MEAMSデバイスで、新しいライフスタイルを作り上げることは、人々の生活を豊かにし、世界に先駆けてこのような技術開発をすることで、技術立国として、存在感を示すために重要と考えます。 この革新的デバイスを創出するために、基盤技術となるプロセス技術確立を実現してほしい。	[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

以上

## 特許論文リスト

## 1. 特許出願リスト

## 1.1. 研究開発項目①-A : バイオ融合プロセス技術の開発

番号	出願者	出願番号	出願日	名称	発明者	所属
1	東京大学	特願 2008-317519	2008/12/12	細胞の三次元階層的共培養法	竹内昌治 森本雄矢 津田行子	東京大学 東京大学 東京大学
2	テルモ 東京大学	特願 2009-145640	2009/6/18	蛍光ハイドロゲルビーズ及びそれを用いた体内埋め込み用の糖類測定用センサー	柴田秀彬 川西徹朗 竹内昌治	テルモ テルモ 東京大学
3	テルモ 東京大学	特願 2009-145648	2009/6/18	蛍光ハイドロゲルビーズの製造方法	柴田秀彬 川西徹朗 竹内昌治 津田行子	テルモ テルモ 東京大学 東京大学
4	オリンパス 東京大学	特願 2009-146988	2009/6/19	人工脂質二重膜を用いた電流計測	竹内昌治 渡辺吉彦	東京大学 オリンパス
5	三菱化学メディエンス  東京大学	特願 2009-095869	2009/8/26	肝細胞培養方法	酒井康行 藤井輝夫 松井等	東京大学 東京大学 三菱化学 メディエンス
6	テルモ 東京大学 BEANS 研究所	特願 2010-059730	2010/3/16	蛍光ハイドロゲルファイバーおよびその製造方法、ならびにそれを用いた糖類測定用センサー	許允禎 柴田秀彬 川西徹朗 竹内昌治 津田行子 興津輝	東京大学 テルモ テルモ 東京大学 東京大学 BEANS 研究所
7	テルモ 東京大学 BEANS 研究所	特願 2010-117489	2010/5/21	VEGF 結合タンパク質素子	桑原陽太 横山憲二	産総研 産総研
8	三菱化学メディエンス 東京大学	海外出願 (PCT 出願)	N/A	肝細胞培養方法	松井等 酒井康行 藤井輝夫 竹内昌治 津田行子	三菱化学 メディエンス 東京大学

1.2. 研究開発項目①-B：有機材料融合プロセス技術の開発

番号	出願者	出願番号	出願日	名称	発明者	所属
1	九州大学 パナソニック 電気 リントック MMC	特願 2009-079320	2009/3/27	有機光電変換素 子	中田学 安達千波矢 八尋正幸 中野谷一 中田安一	パナソニ ック電工 九州大学 九州大学 MMC リントッ ク
2	九州大学 パナソニック 電気 リントック MMC	特願 2009-079321	2009/3/27	有機トランジス タ	中田学 安達千波矢 八尋正幸 中野谷一 中田安一	パナソニ ック電工 九州大学 九州大学 MMC リントッ ク
3	九州大学 MMC パナソニック 電気 リントック	特願 2009-080209	2009/3/27	エッチング方法	安達千波矢 八尋正幸 平出雅哉 鶴慶彦 寒川誠二 久保田智広 中田学 中田安一	九州大学 九州大学 MMC MMC MMC MMC パナソニ ック電工 リントッ ク
4	九州大学 MMC パナソニック 電気 リントック	特願 2009-080247	2009/3/27	ナノドットの作 製方法	安達千波矢 八尋正幸 平出雅哉 鶴慶彦 寒川誠二 久保田智広 中田学 中田安一	九州大学 九州大学 MMC MMC MMC MMC パナソニ ック電工 リントッ ク
5	九州大学 BEANS 研究 所 パナソニック 電気 リントック	特願 2009-231793	2009/10/5	有機半導体薄膜 及び有機半導体 薄膜の配向制御 方法	平出雅哉 安達千波矢 八尋正幸 寒川誠二 久保田智広 中田学 中田安一	BEANS 研 究所 九州大学 九州大学 BEANS 研 究所 BEANS 研 究所 パナソニ ック電工 リントッ ク
6	九州大学 BEANS 研究 所 パナソニック 電気	特願 2009-258950	2009/11/12	多孔質膜の製造 方法、多孔質膜、 多孔質膜製造装 置	西尾太寿 柏木誠 八尋正幸 安達千波矢 河野謙司	リントッ ク BEANS 研 究所 九州大学

	リンテック					九州大学 パナソニック 電気
7	九州大学 BEANS 研究所 パナソニック 電気 リンテック	特願 2009-275813	2009/12/3	低閾値有機逆過 飽和吸収材料	平田修造 安達千波矢 八尋正幸 中田学 中田安一	九州大学 九州大学 BEANS 研 究所 パナソニ ック電気 リンテッ ク
8	九州大学 BEANS 研究所 パナソニック 電気 リンテック	特願 2009-270116	2009/11/27	有機光電変換素 子	中田学 安達千波矢 八尋正幸 中野谷一 平出雅哉 中田安一	パナソニ ック電気 九州大学 九州大学 BEANS 研 究所 BEANS 研 究所 リンテッ ク
9	リンテック 九州大学 BEANS 研究所	特願 2010-107644	2010/5/7	液晶性有機半導 体ポリマー、そ の製造方法及び 有機ナノポーラ ス材料	加藤邦久 武藤豪志 安達千波矢 八尋正幸	リンテッ ク リンテッ ク 九州大学 BEANS 研 究所

### 1.3. 研究開発項目②：3次元ナノ構造形成プロセス技術の開発

番号	出願者	出願番号	出願日	名称	発明者	所属
1	三菱電機	特願 2009-144048	2009/6/17	光学フィルタ	小泉新平 山下彰 高田裕 番政広	三菱電機 三菱電機 三菱電機 三菱電機
2	三菱電機	特願 2009-141031	2009/6/12	光学フィルタおよびその製造方法	小泉新平 山下彰 高田裕 番政広	三菱電機 三菱電機 三菱電機 三菱電機
3	フジクラ MMC	特願 2009-080081	2009/3/27	測定ユニット、中性粒子ビームの測定装置および中性粒子ビームの測定システム	額賀理 寒川誠二 久保田智広	フジクラ MMC MMC
4	富士電機システムズ 首都大学東京 東京大学	特願 2009-209244	2009/9/10	微粒子配列構造体及びその製造方法	阿波寄実 諸貫信行 杉山正和	富士電機システムズ 首都大学東京 東京大学
5	東芝 BEANS 研究所 東京大学	特願 2010-019674	2010/1/29	MEMS メモリ用マイクロプローブ	李永芳 富澤泰 橋口原 杉山正和	東芝 東芝 静岡大学 東京大学
6	デンソー 東京大学	特願 2009-272122	2009/11/30	成膜方法及び成膜装置並びに積層膜	山田英雄 朝海一志 百瀬健 杉山正和 霜垣幸治	デンソー デンソー 東京大学 東京大学 東京大学
7	フジクラ BEANS 研究所 東京大学	特願 2010-024776	2010/2/5	表面微細構造の形成方法及び表面微細構造を有する基体	額賀理 山本敏 寒川誠二 杉山正和	フジクラ フジクラ BEANS 研究所 東京大学
8	フジクラ BEANS 研究所 東京大学	特願 2010-024775	2010/2/5	微細構造の形成方法及び微細構造を有する基体	額賀理 寒川誠二 杉山正和	フジクラ BEANS 研究所 東京大学
9	オムロン 静岡大学 東京大学	特願 2010-054035	2010/3/11	MEMS 及び MEMS の製造方法	植木真治 今本浩史 橋口原 西森勇貴 杉山正和	オムロン オムロン 静岡大学 静岡大学 東京大学
10	三菱電機	特願 2010-049985	2010/3/8	光学フィルター	小川新平	三菱電機
11	フジクラ BEANS 研究所 東京大学	特願 2010-161870	2010/7/16	微生物又は細胞を捕捉するための基体、及び該基体の製造方法	額賀理 山本敏 田端和仁 杉山正和	フジクラ フジクラ BEANS 研究所 東京大学

1.4. 研究開発項目③：マイクロ・ナノ構造大面積・連続製造プロセス技術の開発

番号	出願者	出願番号	出願日	名称	発明者	所属
1	独立行政法人産業技術総合研究所	特願 2009-147519	2009/6/22	紫外線露光方法、紫外線露光装置及び電铸モールドパターンの作製方法	銘苅春隆 小泉修 上野昭久 高橋正春	産総研 産総研 産総研 産総研
2	三菱電機	特願 2009-158767	2009/7/3	ミストジェット式記録ヘッド	横山吉典 福本宏	三菱電機 三菱電機
3	三菱電機	特願 2009-212965	2009/9/15	プラズマ生成装置	出尾晋一 吉田幸久 村上隆昭	三菱電機 三菱電機 三菱電機
4	三菱電機	特願 2009-271595	2009/11/30	機能膜形成方法及び機能膜形成体	出尾晋一 福本宏 横山吉典 村上隆昭 吉田幸久	三菱電機 三菱電機 三菱電機 三菱電機 三菱電機
5	独立行政法人産業技術総合研究所	特願 2009-222757	2009/9/28	繊維状基材および機能性フレキシブルシート	銘苅春隆 小林健 伊藤寿浩	独立行政法人産業技術総合研究所
6	独立行政法人産業技術総合研究所	特願 2009-168496	2009/7/17	MEMSベースの露光モジュール及び関連技術	張毅 三村秋男 松本壮平 伊藤寿浩	産総研 BEANS 研究所 産総研 産総研
7	独立行政法人産業技術総合研究所	特願 2009-227403	2009/9/30	自己組織化膜作製法	石田敬雄	独立行政法人産業技術総合研究所
8	独立行政法人産業技術総合研究所	特願 2009-226455	2009/9/30	ナノ構造体形成方法	石田敬雄 伊藤寿浩	産総研 産総研
9	三菱電機	特願 2010-072577	2010/3/26	大気圧プラズマ成膜装置及び方法	吉田幸久 村上隆昭 横山吉典 出尾晋一 武田宗久 伊藤寿浩 高木秀樹 銘苅春隆	三菱電機 三菱電機 三菱電機 三菱電機 三菱電機 産総研 産総研 産総研
10	三菱電機	特願 2010-154873	2010/7/7	大気圧プラズマ処理装置	横山吉典 村上隆昭 吉田幸久 出尾晋一	三菱電機 三菱電機 三菱電機 三菱電機
11	独立行政法人産業技術総合研究所	特願 2010-168284	2010/7/27	エレクトロニクスステキスタイル用接点構造及びその製造方法	クンプアン ソマワン 三宅晃司 伊藤寿浩	産総研 産総研 産総研

12	三菱電機	海外出願 (PCT 出願)	2010/7/15	プラズマ生成装 置	出尾晋一 吉田幸久 村上隆昭	三菱電機 三菱電機 三菱電機
----	------	------------------	-----------	--------------	----------------------	----------------------

1.5. 研究開発項目④：異分野融合型次世代デバイス製造技術知識データベースの開発無し。

## 2. 学会発表その他の成果、普及活動リスト

### 2.1. 研究開発項目①-A : バイオ・有機材料融合プロセス技術の開発

#### 2.1.1. 論文投稿リスト

##### i) H20FY

##### ii) H21FY

- 1 Yuya Morimoto, Wei-heong Tan, Yukiko Tsuda and Shoji Takeuchi, "Monodisperse semi-permeable microcapsules for continuous observation of cells", Lab on a Chip, 2009, Volume 9, Issue 15.
- 2 Yukiko Tsuda, Yuya Morimoto, Shoji Takeuchi, "Monodisperse Cell-Encapsulating Peptide Microgel Beads for 3D Cell Culture", Langmuir, 2010, 26 (4), pp 2645–2649.

##### iii) H22FY

- 1 Midori Neigishi-Kato, Yukiko Tsuda, Hiroaki Onoe, and Shoji Takeuchi: A neurospheroid network-stamping method for neural transplantation to the brain, Biomaterials, accepted.
- 2 Kaori Kuribayashi, Yukiko Tsuda, Hajime Nakamura and Shoji Takeuchi: Micro-patterning of Phosphorylcholine-based Polymers in a Microfluidic Channel, Sensors and Actuators B, vol. 149(1), pp. 177-183, 2010
- 3 N. Misawa, H. Mitsuno, R. Kanzaki, S. Takeuchi: A Highly Sensitive and Selective Odorant Sensor using Living Cells Expressing Insect Olfactory Receptors, Proc. Natl. Acad. Sci. USA, accepted
- 4 Hideaki Shibata\*, Yun Jung Heo\*, Teru Okitsu, Yukiko Tsuda, Tetsuro Kawanishi, and Shoji Takeuchi: Injectable hydrogel microbeads for fluorescence-based continuous glucose monitoring, Proc. Natl. Acad. Sci. USA, accepted
- 5 Hitoshi Matsui, Tomoharu Osada, Yasuyuki Morishita, Masaru Sekijima, Teruo Fujii, Shoji Takeuchi, Yasuyuki Sakai: Rapid and Enhanced Repolarization in Sandwich-cultured Hepatocytes on an Oxygen-permeable Membrane, Biochemical Engineering Journal, accepted

#### 2.1.2. 学会発表リスト

##### i) H20FY

- 1 酒井康行, 藤井輝夫: 「ヒト体内動態予測を目指した新規 *in vivo* 培養系複合化・疑似三次元化・マイクロ化」, シンポジウム「医薬品探索・開発のための細胞アッセイ技術」, (2009/1/8) .
- 2 松井等, 津田行子, 山本尚子, 館野実, 関島勝, 藤井輝夫, 竹内昌治, 酒井康行: 「医

- 薬品候補化合物の代謝産物の評価に役立つ試験デバイス開発のための CYP3A4 マイクロカプセル化」, 日本トキシコロジーシンポジウム「医薬品探索・開発のための細胞アッセイ技術」, (2009/1/8) .
- 3 M.Umetsu, T.Hattori, R.Asano, T.Adschiri, I.Kumagai : "Application of biotechnology to nanotechnology: Peptide and antibody engineering as biointerface molecules" ,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, (2008/10/23) .
  - 4 A.Adachi, Y.Morimoto and S.Takeuchi: "Encapsulation of biomaterials in semi-permeable membrane" ,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, (2008/10/23) .
  - 5 H.Ishihara, K.Iwai, and S.Takeuchi: "A Resettable Dynamic Micro Array" ,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, (2008/10/23) .
  - 6 Y.Tsuda, Y.Morimoto and S.Takeuchi: "3D cell culture using monodisperse peptide hydrogel beads" ,  $\mu$ -TAS 2008, San Diego, USA, (2008/Oct).
  - 7 S.Yoshizawa, S.Ota and S.Takeuchi: "Lipid Bilayer enclosed Microchamber Array for Analyzing Cellular Transmembrane" , 17th CDB Meeting , (2008/Oct) .
  - 8 津田行子, 森本雄矢, 竹内昌治: 「三次元ヘテロ組織化へ向けた均一直径細胞ビーズの調製」, 日本バイオマテリアル学会シンポジウム 2008, (2008/Nov) .
  - 9 Y.Tsuda, Y.Morimoto and S.Takeuchi: "Microfluidic Technology for Tissue Engineering" , The 15th International Display Workshops, (2008/Dec) .
  - 10 Y.Tsuda, Y.Morimoto and S.Takeuchi : "Mobile micro-tissues in monodisperse 3D cell culture beads" , IUMRS-ICA 2008, (2008/Dec) .
  - 11 Y.Morimoto, Y.Tsuda and S.Takeuchi: "Reconstruction of 3D hierarchic micro-tissues using monodisperse collagen" , MEMS 2009, (2009/Jan) .
  - 12 Y.Tsuda, M.Negishi-Kato and S.Takeuchi: "Size-controlled islet-cell spheroids for geometric analysis of insulin secretion" , MEMS 2009, (2009/Jan) .
  - 13 H.Ishihara, K.Kuribayashi and S.Takeuchi: "Arraying Single Adherent Cells by Microplate Self-Assembly" , MEMS 2009, (2009/Jan) .
  - 14 K.Iwai and S.Takeuchi: "A Dynamic Microarray with Pneumatic Valves for Selective Trapping and Releasing" , MEMS 2009, (2009/Jan) .
  - 15 R.Gojo, N.Kotake, T.Suzuki, K.Mabuchi and S.Takeuchi: "A Flexible Regeneration Microelectrode with Cell-Growth Guidance" , MEMS 2009, (2009/Jan) .
  - 16 N.Misawa, h.Mitsuno, R.Kanzaki and S.Takeuchi: "Microfluidic Odorant Sensor with Frogg Eggs Expressing Olfactory" , MEMS 2009, (2009/Jan).
  - 17 K.H.Park, H.G.Park and S.Takeuchi: "Generation and Selective Retrieval of Micro Droplets" , MEMS 2009, (2009/Jan).

ii) H21FY

- 1 下山雄土,尾上弘晃,津田行子,竹内昌治,「筋細胞マイクロゲルファイバ」,特定領域班会議 (2009).
- 2 H. Shibata, Y. Tsuda, T. Kawanishi, N. Yamamoto, T. Okitsu and S. Takeuchi,"Implantable fluorescent hydrogel for continuous blood glucose monitoring",The 15th International Conference on Solid-state Sensors, Actuators and Microsystems(Transducers2009) (2009/6/21).
- 3 Yoshihiko Watanabe, Toshihisa Osaki, and Shoji Takeuchi,"ELECTRICAL RECORDING OF LIPID MEMBRANE IN A MICROFLUIDIC DEVICE",The 15th International Conference on Solid-state Sensors, Actuators and Microsystems(Transducers2009/6/21).
- 4 松井等,Fanny Evenou,山本尚子,竹内昌治,藤井輝夫,酒井康行,"Sandwich Culture of Hepatocytes on Polydimethylsiloxane Membrane Augments Bile Canalicular Network and Enhances Hepatobiliary Transport",Drug Metabolism and Disposition (2009/8/30-9/3).
- 5 松井等,Fanny Evenou,山本尚子,関島勝,竹内昌治,藤井輝夫,酒井康行,“ENHANCED DEVELOPMENT OF A BILE CANALICULI NETWORK IN HEPATOCYTE SANDWICH CULTURE WITH DIRECT OXYGEN SUPPLY THROUGH POLYDIMETHYLSILOXANE MEMBRANES” ,The 7th World Congress on Alternatives & Animal Use in the Life Sciences (2009/8/30-9/3).
- 6 松井等,Fanny Evenou,山本尚子,関島勝,藤井輝夫,竹内昌治,酒井康行,「ガス透過性膜上での胆管形成および胆汁排出能解析」,「細胞を創る」研究会 2.0 (2009/10/2).
- 7 Nobuo Misawa, Hidefumi Mitsuno, Ryohei Kanzaki, and Shoji Takeuchi,"Biohybrid Chemical Sensor Composed of Microfluidic Device and Cell",International Conference Solid State Device and Materials (SSDM2009). 2009/10/9
- 8 下山雄土,尾上弘晃,津田行子,竹内昌治,「骨格筋細胞を培養したマイクロゲルファイバの構築」,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 (2009/10/15).
- 9 鈴木幸人,谷村直樹,竹内昌治,「Flow Focusing デバイスにおける液滴形成メカニズムの検討」,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 (2009).
- 10 三澤宣雄,光野秀文,神崎亮平,竹内昌治,「膜タンパク質を選択的に発現させた細胞による多チャンネル化学量センサ」,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 (2009/10/16).
- 11 柴田秀彬,津田行子,川西徹朗,山本尚子,興津輝,竹内昌治,「グルコース応答性蛍光ゲルビーズによる皮下埋め込み血糖値センサー」,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 (2009/10/16).

- 12 鈴木幸人、谷村直樹、竹内昌治 「Flow Focusing デバイスにおける液滴形成メカニズムの検討」 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 (2009).
- 13 尾上弘晃,竹内昌治,「編むことで構成された 3 次元マイクロハイドロゲル構造」,第 47 回日本生物物理学会年会 (2009/10/31).
- 14 根岸-加藤 みどり,津田行子,竹内昌治,"A THREE-DIMENSIONAL NEURONAL NETWORK FORMED FROM PATTERNED CORTICAL SPHEROIDS",The 13th International Conference on Miniaturized Systems for Chemistry and Life Sciences ( $\mu$ TAS 2009). 2009/11/2
- 15 Nobuo Misawa, Hidefumi Mitsuno, Ryohei Kanzaki and Shoji Takeuchi,"Cell Based High Specific Multichannel Chemical Sensor",The 13th International Conference on Miniaturized Systems for Chemistry and Life Sciences ( $\mu$ TAS 2009).2009/11/3
- 16 Hiroaki Onoe, Shoji Takeuchi,"Kintting Hydrogel Microfibers: A Method to Fabricate 3D Hydrogel Microstructures Containing Biomaterials",The 13th International Conference on Miniaturized Systems for Chemistry and Life Sciences ( $\mu$ TAS 2009). 2009/11/3
- 17 K. Kuribayashi, H. Onoe, S. Takeuchi,"ASSEMBLY OF 3D MICROSTRUCTURES POWERED BY CELLS",The 13th International Conference on Miniaturized Systems for Chemistry and Life Sciences ( $\mu$ TAS 2009). 2009/11/3
- 18 三澤宣雄,光野秀文,神崎亮平,竹内昌治,"Cell Based High Specific Multichannel Chemical Sensor",The 13th International Conference on Miniaturized Systems for Chemistry and Life Sciences ( $\mu$ TAS 2009). 2009/11/3
- 19 松井等,Fanny Evenou,山本尚子,関島勝,藤井輝夫,竹内昌治,酒井康行,「酸素透過性膜上における肝細胞の効率的な毛細胆管形成および胆汁排出能増強」,日本動物実験代替法学会 第 22 回大会 (2009/11/13).
- 20 小島伸彦, "酸素透過膜を用いる肝細胞の擬似三次元培養",INCHEM TOKYO 2009 産学官マッチングフォーラム (2009/11/18).
- 21 根岸-加藤 みどり,津田行子,竹内昌治,"TRANSPLANTATION OF A NEUROSPHEROID NETWORK ONTO THE RAT BRAIN",The 23rd IEEE International Conference on Micro Electro Mechanical Systems (MEMS2010).2010/1/26
- 22 Hiroaki Onoe, Riho Gojo, Yukiko Tsuda, Daisuke Kiriya, Shoji Takeuchi,"Core-Shell Gel Wires for the Construction of Large Area Heterogeneous Structures with Biomaterials ",The 23rd IEEE International Conference on Micro Electro Mechanical Systems (MEMS2010). 2010/1/23-28
- 23 小島伸彦,「酸素透過素材を用いた肝細胞培養」,第 9 回 日本再生医療学会総会 (2010/3/18).

- 24 津田行子,森本雄矢,竹内昌治,「精密組織設計のための細胞ビーズ化技術」,第9回 日本再生医療学会総会 (2010/3/19).
- 25 津田行子,森本雄矢,竹内昌治,「均一直径細胞ビーズを用いた三次元組織構築」,第9回 日本再生医療学会総会 (2010/3/19).

iii) H22FY

- 1 桑原陽太、横山憲二,「Assembling vascular endothelial growth factor receptor in lipid membrane for Bio-MEMS device」, Biosensors2010(SECC) 2010/5/25
- 2 柴田秀彬、許允禎、興津輝、津田行子、川西徹朗、竹内昌治、「蛍光ゲルビーズの作製方法、蛍光特性、生体への埋め込み実験結果」、電気学会センサ・マイクロマシン部門総合研究会 バイオ・マイクロシステム研究会 2010/6/18
- 3 渡辺吉彦、大崎寿久、竹内昌治、「脂質二重膜によるマイクロフルイディクスデバイス」電気学会センサ・マイクロマシン部門総合研究会 2010/6/18
- 4 桑原陽太、横山憲二、「VEGF 結合活性」第10回日本蛋白質科学会年会 2010/6/16-18
- 5 小島伸彦、竹内昌治、酒井康行 「ヘテロスフェロイドの自己組織化」第17回肝細胞研究会 2010/6/18
- 6 小島伸彦、竹内昌治 「ミニチュア臓器作製プロセス」6th World Congress on Biomechanics 2010/8/4

2.1.3. セミナー・講演会・展示会

i) H20FY

ii) H21FY

- 1 関島勝、松井等, 館野実「三菱化学ホールディングス：グループ各社の R&D ポスター発表会」2009/10/28
- 2 柴田秀彬 「テルモ研究開発部 研究発表会」テルモ(株) 2010/1/15-16
- 3 渡辺吉彦 「オリンパス研究開発センター精密技術開発本部 BEANS 報告会」オリンパス(株) 2010/2/2

iii) H22FY

2.1.4. 刊行物・専門誌掲載

i) H20FY

ii) H21FY

- 1 竹内昌治 「理系ナビ」に掲載

- 「マイクロビーズはハツカネズミを救えるか？」 2009/7/1
- 2 竹内昌治 専門誌掲載「化学」2009.8月号「血糖値の上昇で光る微小センサー」
  - 3 竹内昌治「デバイス技術で自然を超える 超自然界で需要創出。人工細胞をデバイス技術で実現」,日経マイクロデバイス 2010 1月号

iii) H22FY

- 1 竹内昌治 専門誌掲載「Diabetes Journal Vol.38,No.2,2010」
- 2 竹内昌治 刊行物記事 PHARM TECH JAPAN Vol.26,No.9(2010)

2.1.5. マスメディア

i) H20FY

- 1 酒井康行、藤井輝夫 【日経産業新聞に掲載】  
「肝細胞、立体的に培養 東大、肝臓と同じ働き確認」2008/11/21
2. 3. 竹内昌治、森本雄矢、津田行子、「細胞人形」【TV--NHK ニュース 18&21 時】  
NHK ニュース WEB SITE にも掲載 2009/1/22

- 4.5.6.7.8.9.10.11..竹内昌治、森本雄矢、津田行子 「細胞人形」【新聞掲載】  
2009/1/23 毎日新聞（10 面夕刊）  
2009/1/23 日経産業新聞（10 面 B E）  
2009/1/23 産経新聞（朝刊 23 面）  
2009/1/23 日本経済新聞（朝刊 34 面）  
2009/1/23 読売新聞（朝刊 36 面）  
2009/1/26 日刊工業新聞（18 面）  
2009/1/30 週刊 科学新聞（1 面）  
2009/2/2 朝日新聞（朝刊 8 面）

ii) H21FY

- 1 竹内昌治 【TV---NHK ニュース】  
「光る耳！？～体内で光る血糖値センサーの開発～」 2009/6/19
- 2.3.4.5.6.7. 竹内昌治 「光る耳」【新聞掲載】  
2009/6/20 朝日新聞（夕刊 10 面）  
2009/6/20 日本経済新聞（朝刊 38 面）  
2009/6/20 毎日新聞（朝刊 25 面）  
2009/6/21 読売新聞（朝刊 2 面）  
2009/6/22 化学工業日報（朝刊 1 面）  
2009/6/22 日経産業新聞（朝刊 12 面）
8. 竹内昌治 B S ジャパン 世の中進歩堂

「MEMS『生活習慣病を改善！？世にも奇妙なビーズが登場』」 2009/9/13

iii) H22FY

1.2. 竹内昌治 【新聞掲載】

2010/5/1 産経新聞（朝刊 20 面）

2010/5/1 日本経済新聞（朝刊 34 面）

3. 竹内昌治 「人の指」【TV--日本テレビ「世界一受けたい授業」】

細胞ビーズでセンチメートルオーダーの厚さの 3 次元組織(指)を形成することができた事が「人類の最先端の挑戦」として紹介 2010/07/17

4. 竹内昌治 You Tube 動画ニュース Implantable blood sugar sensor: DigInfo

2.2. 研究開発項目①-B：有機材料融合プロセス技術の開発

2.2.1. 論文投稿リスト

i) H20FY

- 1 中田学、河野謙司、安松真麻、八尋正幸、安達千波矢 「表面エネルギー制御を用いた真空蒸着による低分子有機材料のナノドット形成」 Applied Physics Letters, 2009/March

ii) H21FY

- 1 Manabu Nakata, Kenji Kawano, Mao Yasumatsu, Masayuki Yahiro, Chihaya Adachi, Formation of Organic Nanodots with a Minimum Diameter of 40nm Using Conventional Vacuum Vapor Deposition, Applied Physics Express 3, 055201(2010)
- 2 Takatoshi Nishio, Makoto Kashiwagi, Koji Miyazaki, Masayuki Yahiro, and Chihaya Adachi, "Preparation under High Humidity Conditions of Nanoporous Polymer Film with 80nm Minimum Pore Size", Applied Physics Express 3 (2010)

iii) H22FY

- 1 K. Harada, M. Sumino, C. Adachi, S. Tanaka, and K. Miyazaki, Improved thermoelectric performance of organic thin-film elements utilizing a bilayer structure of pentacene and 2,3,5,6-tetrafluoro-7,7,8,8-tetracyanoquinodimethane (F4-TCNQ), Applied Physics Letters, 96, 253304(2010)
- 2 Yanqiong Zheng, Yuki Kubowaki, Makoto Kashiwagi, Koji Miyazaki, Process Optimization of Preparing Honeycomb-Patterned Polystyrene Films by Breath Figure Method, Journal of Mechanical Science and Technology, (査読中)
- 3 Makoto Kashiwagi, Shuzo Hirata, Kentaro Harada, Zheng Yanqiong, Koji Miyazaki, Masayuki Yahiro, and Chihaya Adachi, Enhanced Figure of Merit of a Porous Thin

Film of Bismuth Antimony Telluride, Applied Physics Letter (査読中)

### 2.2.2. 学会発表リスト

#### i) H20FY

- 1 平出雅哉, 久保田智広, 鶴慶彦, 八尋正幸, 宮崎康次, 寒川誠二, 安達千波矢: 「中性粒子ビーム照射による有機薄膜の凝集状態制御と光学・電気特性への影響」, 2009年春季第56回応用物理学関係連合講演会, (2009).
- 2 中田学, 安松真麻, 八尋正幸, 安達千波矢: 「低分子有機材料の自己組織的ナノドット形成」, 2009年春季第56回応用物理学関係連合講演会, (2009).

#### ii) H21FY

- 1 安達千波矢, "Novel challenges for organic light emitting devices", 1st Asian Conference on Organic Electronics (A-COE) (2009).
- 2 横山大輔, "Horizontal Molecular orientation in vacuum-deposited organic amorphous films", 1st Asian Conference on Organic Electronics (A-COE) (2009).
- 3 平田修造, "Highly efficient long lived room temperature phosphorescence in organic materials under the atmosphere", 1st Asian Conference on Organic Electronics (A-COE) (2009).
- 4 中田学, "Formation of 100nm-sized nanodot array of low-molecular-weight organic semiconducting materials in vacuum deposited films", 1st Asian Conference on Organic Electronics (A-COE) (2009).
- 5 宮崎康次, "Numerical Calculation for fabrication of a Nano-Porous Polymer Film", 1st Asian Conference on Organic Electronics (A-COE) (2009).
- 6 宮崎康次, 「ナノ構造の熱物性とMEMSを利用した熱測定」, 第1回マイクロ・ナノ工学シンポジウム (2009).
- 7 宮崎康次, "NUMERICAL CALCULATION OF A NANO-POROUS POLYMER FILM PROCESSING", 5th Taiwan-Japan Workshop on Mechanical and Aerospace Engineering (2009).
- 8 Ayataka Endo, Mai Ogasawara, Takahashi Atsushi, Yokoyama Daisuke, Kato Yoshimine and Adachi Chihaya, "Thermally Activated Delayed Fluorescence From Sn<sup>4+</sup>-Porphyrin Complexes and Their Application to Organic Light Emitting Diodes - A Novel Mechanism for Electroluminescence", 2009 MRS Fall Meeting (2009).
- 9 M Hirade, H Nakanotani, M Yahiro, C Adachi, "Formation of Organic Crystalline Nano-Structures and their Application to Organic Solar Cells", 2009 MRS Fall Meeting (2009).
- 10 M Nakata, K Kawano, M Yasumatsu, M Yahiro, C Adachi, "Formation of 100 nm-sized

- ized nanodot array of low-molecular-weight organic semiconducting materials in vacuum deposited films",2009 MRS Fall Meeting (2009).
- 11 S Hirata,C Adachi,"Novel Organic Reversible Saturable Absorber Activated by Weak Optical Input",2009 MRS Fall Meeting (2009).
  - 12 中田学,河野謙司,安松真麻,八尋正幸,安達千波矢,「真空蒸着による有機半導体ナノドット形成と有機太陽電池への応用」,2010年春季 第57回応用物理関係連合講演会(2010).
  - 13 平出雅哉,中野谷一,八尋正幸,安達千波矢,「結晶性ナノピラー構造の構築および有機薄膜太陽電池への応用」,2010年春季 第57回応用物理関係連合講演会(2010).
  - 14 平田修造,安達千波矢,「非コヒーレント定常光で動作するオプティカルリミッター」,2010年春季 第57回応用物理関係連合講演会(2010).
  - 15 Yanqiong Zheng, Yuki Kubowaki, Makoto Kashiwagi, Koji Miyazaki,"Process Optimization of Preparing Honeycomb-Patterned Polystyrene Films by Breath Figure Method",3rd International Symposium on Micro/Nano Technology (2010).
  - 16 横山大輔 真空蒸着中における有機アモルファス膜の光学異方性 In-Situ 測定 第70回応用物理学会 学術研究会 富山大学 2009/9/8-11
  - 17 平田修造、安達千波矢 非コヒーレント定常光動作するオプティカルリミッター 第58回応用物理学関係連合講演会 東海大学 2010/3/17-20
  - 18 Masaya Hirade,Tomohiro Kubota,Yoshihiko Tsuru,Masayuki Yahiro,Koji Miyazaki,Seiji Samukawa,Chihaya Adachi , Surface Modification of Organic Thin Films by Neutral Beam Irradiation, 2009 International Conference on Solid State Devices and Materials (SSDM 2009) 仙台国際ホテル 2009/10/6-9

iii) H22FY

- 1 Mao Sumino,Kentaro Harada, Chihaya Adachi ナノ膜厚制御による新規有機熱電素子構造の検討と熱電特性の評価について The 37<sup>th</sup> International Symposium on Compound Semiconductor 高松 2010/5/31-6/4
- 2 加藤邦久、中田安一、武藤豪志、樫尾幹広、安達千波矢 液晶性有機半導体部位を有するブロックコポリマーの合成とマイクロ相分離構造 第59回高分子学会年次大会 パシフィコ横浜 2010/5/26
- 3 隅野真央、原田健太郎、安達千波矢 Thermoelectric Properties of p-type Pentacene and n-type C60 Films for Application in Organic Thermovoltaic Devices, 2010年合成金属の科学と技術に関する国際会議 (ICSM2010) 京都国際会館 2010/7/5-8
- 4 原田健太郎、隅野真央、宮崎康次、安達千波矢、田中三郎 「ナノ膜厚制御による新規有機熱電素子構造の検討と熱電特性の評価について」 第7回日本熱電学会学術講演会, 2010/8/19

- 5 柏木誠、平田修造、原田健太郎、Zheng Yanquiong,宮崎康次、八尋正幸、安達千波矢,  
「ナノポーラス Bi<sub>0.4</sub>Te<sub>3</sub>Sb<sub>1.6</sub> の熱電特性」第7回日本熱学会学術講演会 T S J 2010  
東京大学弥生講堂 2010/8/19

#### 2.2.3. セミナー・講演会・展示会

- 1 安達千波矢、八尋正幸、中田安一、VTT@フィンランド/Fraunhofer ISC@ドイツ/IMEC@ベルギー等で講演 Advancement in OLED application :  
Display&Lighting, Micro-Nano Solutions at Lintec, Nanostructured Organic Semiconductors
- 2 安達淳治 「異分野融合が進むナノバイオ・有機エレクトロニクスと微細加工技術～BEANS プロジェクト/最先端有機光エレクトロニクス～」 「微細加工と表面機能」 専門委員会第10回（通算）首都大学東京秋葉原サテライトキャンパス 2010/7/23

#### 2.2.4. 【刊行物・専門誌掲載】

- 1 安達千波矢, 「デバイス技術で自然を超える 超自然界で需要創出 まずは有機材料の性能向上」, 日経マイクロデバイス 2010 1月号.

## 2.3. 研究開発項目②：3次元ナノ構造形成プロセス技術の開発

### 2.3.1. 論文投稿リスト

#### i) H20FY

#### ii) H21FY

- 1 植木真治,今本浩史,久保田智広,杉山正和,寒川誠二,橋口原,西森勇貴,「半導体への電界の浸みこみを考慮した静電アクチュエータの特性解析」,電気学会センサ・マイクロマシン(E)部門誌(2009).

#### iii) H22FY

### 2.3.2. 学会発表

#### i) H20FY

- 1 諸貫信行: "Integration of Top-Down and Bottom -up Processes" , 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, (2008) .
- 2 山田英雄, 百瀬健, 和戸弘幸, 竹内幸裕, 川原伸章, 杉山正和, 霜垣幸浩: 「超臨界流体を用いた SiO<sub>2</sub> 製膜の開発」, 化学工学会 第74回年会, (2009) .
- 3 久保田智広, 額賀理, 植木真治, 杉山正和, 寒川誠二: 「中性粒子ビームの解析(1)」, 2009年春季第56回応用物理学関係連合講演会(2009) .
- 4 渡辺尚貴, 新田仁, 小野耕平, 入江康郎, 額賀理, 植木真治, 久保田智広, 寒川誠二: 「第一原理電子状態計算による中性粒子ビーム生成メカニズムの解析」, 2009年春季第56回応用物理学関係連合講演会(2009) .
- 5 高野隆好, 藤川紗千恵, 平山秀樹, 杉山正和: 「InAlGa<sub>N</sub> 四元混晶半導体を用いた深紫外発光量子ドットの作製」, 2009年春季第56回応用物理学関係連合講演会(2009) .

#### ii) H21FY

- 1 高野隆好,平山秀樹,杉山正和,「高 Al 組成 InAlGa<sub>N</sub> 四元混晶を用いた深紫外発光量子ドットの結晶成長と発光特性」,第1回窒化物半導体結晶成長講演会(2009).
- 2 山田英雄,百瀬健,浅海一志,川原伸章,杉山正和,霜垣幸浩,「超臨界流体を用いた SiO<sub>2</sub> 製膜の開発」,電気学会 センサマイクロマシン E 部門総合研究会(2009).
- 3 Yasushi Tomizawa, Yongfang Li, Toshikatsu Akiba Gen Hashiguchi Koji Miyake, Yasuhisa Ando Masakazu Sugiyama, Hiroyuki Fujita, "Tribological Investigation for a Probe Nano Lithography (and other Applications) using Conductive Atomic Force Microscopy", World Tribology Congress 2009 (2009).
- 4 Yongfang Li, Yasushi Tomizawa, Toshikatsu Akiba, Gen Hashiguchi, Koji Miyake, Yasuhisa Ando, Masakazu Sugiyama, Hiroyuki Fujita, "Wear and Friction

Characteristics of a Pencil Type Microprobe for SPM Lithography", World Tribology Congress 2009 (2009).

- 5 久保田智広, 額賀理, 植木真治, 杉山正和, 寒川誠二, 「中性粒子ビームの解析(2)～大口径中性粒子ビーム装置への適用～」, 2009年秋季 第70回応用物理学会学術講演会 (2009).
- 6 百瀬健, 上嶋健嗣, 山田英雄, 杉山正和, 霜垣幸浩, 「高アスペクト比対応Cu超臨界製膜プロセスのMEMS応用に向けた表面選択性制御」, 2009年秋季 第70回応用物理学会学術講演会 (2009).
- 7 額賀理, 山本敏, 久保田智広, 杉山正和, 寒川誠二, 「合成石英のフェムト秒レーザーアシスト・ドライエッチング(1)＝選択性評価＝」, 2009年秋季 第70回応用物理学会学術講演会 (2009).
- 8 渡辺尚貴, 岩崎拓也, 小野耕平, 入江康郎, 額賀理, 植木真治, 久保田智広, 寒川誠二, 「第一原理電子状態計算による中性粒子ビーム生成メカニズムの解析II」, 2009年秋季 第70回応用物理学会学術講演会 (2009).
- 9 阿波寄実, 相馬伸一, 諸貫信行, 杉山正和, 「DRIE加工溝側壁の濡れ性を利用した選択的微粒子自己整列」, 日本機械学会 2009年度年次大会 (2009).
- 10 T. Momose, T. Uejima, H. Yamada, M. Sugiyama, and Y. Shimogaki, "Ultra-Conformal Metal Coating on High-aspect-ratio 3D Structures using Supercritical Fluid: Controlled Selectivity/Non-Selectivity", 2009 International Conference on Solid State Devices and Materials (SSDM2009).
- 11 高野隆好, 平山秀樹, 杉山正和, 「InAlGaN 四元混晶半導体を用いた深紫外発光量子ドットの作製及び制御」, 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 (2009).
- 12 植木真治, 今本浩史, 久保田智広, 杉山正和, 寒川誠二, 橋口原, 西森勇貴, 「半導体への電界の浸みこみを考慮した静電アクチュエータの特性解析」, 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 (2009).
- 13 渡辺尚貴, 大塚晋吾, 岩崎拓也, 小野耕平, 入江康郎, 額賀理, 植木真治, 久保田智広, 杉山正和, 寒川誠二, 「第一原理電子状態計算による中性粒子ビーム生成メカニズムの解析III」, 2010年春季 第57回応用物理関係連合講演会 (2010).
- 14 額賀理, 山本敏, 久保田智広, 杉山正和, 寒川誠二, 「合成石英のフェムト秒レーザーアシスト・ドライエッチング(2)＝ナノ周期構造の選択的エッチング＝」, 2010年春季 第57回応用物理関係連合講演会 (2010).
- 15 久保田智広, 額賀理, 植木真治, 杉山正和, 寒川誠二, 「中性粒子ビームの解析(3)～ビーム角度分布の測定～」, 2010年春季 第57回応用物理関係連合講演会 (2010).
- 16 久保田智広, 額賀理, 植木真治, 杉山正和, 大竹浩人, 寒川誠二, 「フッ素中性粒子ビームによるシリコンエッチング」, 2010年春季 第57回応用物理関係連合講演会 (2010).

- 17 富澤泰,李永芳,古賀章浩,橋口原,安藤泰久,藤田博之,「ナノサイズプローブ先端の電氣的コンタクト特性」,日本機械学会 IIP (情報・知能・精密機器) 部門講演会 (2010).
- 18 山田英雄,百瀬健,北村康宏,川原伸章,杉山正和,霜垣幸浩,「超臨界流体を用いた SiO<sub>2</sub> 製膜における酸化剤効果」,化学工学会 第 75 年会 (2010).
- 19 岩崎拓也,小野耕平,鈴木幸人,入江康郎,山田英雄,百瀬健,浅海一志,霜垣幸浩,杉山正和,「基板加熱型超臨界製膜装置の数値流体シミュレーション」,化学工学会 第 75 年会 (2010).
- 20 百瀬健,上嶋健嗣,山田英雄,杉山正和,霜垣幸浩,「CuMnO<sub>x</sub> 密着層を用いた超臨界 Cu 製膜の下地選択性制御」,化学工学会 第 75 年会 (2010).

### iii) H22FY

- 1 久保田智広、額賀理、植木真治、杉山正和、大竹浩人、寒川誠二「大口径中性粒子ビーム装置の開発とシリコンエッチング」平成 22 年度電気学会 E 部門総合研究会 2010/6/17-18
- 2 久保田智広、大竹浩人、寒川誠二 「Large Diameter Neutral Beam Source for Particle Low-damage Etching Processes」 18th International Vacuum Congress 2010/8/23-27
- 3 山田英雄、百瀬健、北村康宏、服部有、杉山正和、霜垣幸浩 平成 22 年度電気学会 E 部門総合研究会 2010/6/17
- 4 山田英雄、百瀬健、北村康宏、服部有、杉山正和、霜垣幸浩 「超臨界流体を用いた SiO<sub>2</sub> 成膜における埋め込み特性評価」化学工学会第 42 回秋季大会 2010/9/6
- 5 久保田智広 「BEANS プロジェクトにおけるナノ立体構造加工関連の最近の成果」次世代センサ協議会第 58 回研究会 2010/6/4
- 6 額賀理、山本敏、久保田智広、寒川誠二、杉山正和「合成石英のフェムト秒レーザーアシスト・ドライエッチング～ナノ周期構造の選択的エッチング」平成 22 年度電気学会 E 部門総合研究会 2010/6/17
- 7 阿波寄実、相馬伸一、諸貫信行、杉山正和「高アスペクトトレンチへの選択的自己組織化微粒子配列」平成 22 年度電気学会 E 部門マイクロマシン・センサシステム研究会 2010/6/17
- 8 植木真治、西森勇貴、今本浩史、久保田智広、杉山正和、寒川誠二、橋口原「海面準位を考慮した櫛歯アクチュエータの特性解析」平成 22 年度電気学会 E 部門総合研究会 2010/6/17
- 9 富澤泰、李永芳、古賀章浩、橋口原、安藤泰久、藤田博之「ナノプローブ先端の力学的挙動と接触抵抗値の関係」平成 22 年度電気学会 E 部門総合研究会 2010/6/17

### 2.3.3. セミナー・講演会・展示会

- 1 久保田智広、「BEANS プロジェクト バイオ・有機材料融合プロセスと 3 次元ナノ構造形成プロセス」東京大学生産技術研究所公開 ポスター展示 2010/6/3
- 2 久保田智広、「次世代 MEMS デバイスのための低損傷加工」東京大学生産技術研究所公開 ポスター展示 2010/6/3

#### 2.3.4. 刊行物・専門誌掲載

- 1 USEF レポート  
「異分野融合型次世代デバイス製造技術開発 (BEANS) 活動報告」2009/3/31
- 2 李永芳 「マイクロプローブの開発」(株)東芝 研究開発センター採用サイトへの掲載  
2010 1 月
- 3 辰巳賢二 「異分野融合型次世代デバイス製造技術開発 (BEANS) 活動報告」JAROS  
ニュース 2010/2/22
- 4 秋山雅胤 「異分野融合型次世代デバイス製造技術開発 (BEANS) 活動報告」USEF  
レポート 2010/3/31
- 5 布施嘉春 海外出張報告「BEANS 宇宙適用 3 次元ナノ構造形成技術に関連した動向  
調査」 USEF レポート 2010/3/31
- 6 富澤泰 「BEANS でのナノトライポロジ研究に関する概略説明」(株)東芝 新人採用  
向けパンフレット 2010/07/17

## 2.4. 研究開発項目③：マイクロ・ナノ構造大面積・連続製造プロセス技術の開発

### 2.4.1. 論文投稿リスト

#### i) H20FY

#### ii) H21FY

- 1 銘苅春隆,高橋正春,福島絵理,桧山善仁,"Thermal roller imprint on surface of Teflon perfluoroalkoxy inlet tube",Journal of Vacuum Science and Technology B (2009).
- 2 銘苅春隆,奥山千枝子,上野昭久,高橋正春,"Thermal Imprinting on Quartz Fiber using Glasslike Carbon Mold",Journal of Vacuum Science and Technology B (2009).
- 3 銘苅春隆,小泉修,上野昭久,高橋正春,"Guide structure with pole arrays imprinted on nylon fiber",Microelectronic Engineering 2009/12/1
- 4 銘苅春隆,小泉修,上野昭久,高橋正春,"Inclination of mold pattern's sidewalls by combined technique with photolithography at defocus-positions and electroforming",Microsystem Technology (2009).

#### iii) H22FY

- 1 銘苅春隆、高橋正春 「Imprinting of fluide structure to weave nylon fibers」 Journal of Vacuum Science and Technology A28(4),Jul/Aug 2010

### 2.4.2. 学会発表リスト

#### i) H20FY

- 1 伊藤寿浩, 三村秋男, 銘苅春隆, 高橋正春, 前田龍太郎: "Toward Development of Micromachining Process on Fiber Substrates", 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, (2008) .
- 2 松本純一, 高田尚樹: 「Phase-Field モデルを用いた自由表面流れ直交基底気泡関数有限要素解析」, 第22回数値流体力学シンポジウム/日本流体力学学会, (2009) .
- 3 高田尚樹, 松本純一, 松本壮平: 「マイクロ流体デバイスのための拡散界面モデルを用いた二相流体挙動の数値シミュレーション」, 日本機械学会関東支部第15期総会講演会/日本機械学会関東支部主催, (2009) .
- 4 Junichi Matsumoto, Naoki Takada and Sohei Matsumoto : "Two-Phase Flow Analysis based on a Phase-Field Model using Implicit Bubble Function Finite Element Method", The 15th International Conference on Finite Elements in Flow Problems (FEF09), (2009) .

#### ii) H21FY

- 1 銘苅春隆,高橋正春,福島絵理,桧山善仁,"2D to 3D Imprinting on Surface of Teflon

- PFA Inlet Tube",The 53rd International Conference on Electron, Ion, and Photon Beam Technology and Nanofabrication(EIPBN2009) (2009).
- 2 銘苅春隆,奥山千枝子,上野昭久,高橋正春,"Thermal Imprinting on Quartz Fiber using Glass-Like Carbon Mold",The 53rd International Conference on Electron, Ion, and Photon Beam Technology and Nanofabrication(EIPBN2009) (2009).
  - 3 銘苅春隆,小泉修,上野昭久,高橋正春,"Formation of Inclined Sidewalls with Photolithography Moving Focus Position",8th International Workshop on High Aspect Ratio Micro Structure Technology(HARMST2009).
  - 4 松本荘平,高田尚樹,松本純一,「マイクロスケール混相流を応用する細管基材内構造形成」, 日本混相流学会年会講演会 (2009).
  - 5 銘苅春隆,小泉修,上野昭久,高橋正春,"Guide structure with pole arrays imprinted on Nylon fiber",The 35th International Conference on Micro and Nano Engineering(MNE2009).
  - 6 松本壯平,高田尚樹,松本純一,「中空繊維状基材内微細セル状構造作成プロセス」,第1回 マイクロ・ナノ工学シンポジウム (2009). 2009/10/15
  - 7 小林健,柴山学久,「機能性繊維の製織によるフレキシブルシートデバイスの開発」,第1回 マイクロ・ナノ工学シンポジウム (2009). 2009/10/15
  - 8 三村秋男,伊藤寿浩,武田宗久,「インクジェットを用いた繊維状基材への薄膜塗布技術」,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 2009/10/15
  - 9 柴山学久,伊藤寿浩,「ダイコーティング法による繊維状基材へのナノ機能膜塗布技術」,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 2009/10/15
  - 10 横山吉典,村上隆昭,吉田幸久,伊藤寿浩,「ミストジェット技術による Si 微粒子吐出」,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 2009/10/16.
  - 11 村上隆昭,吉田幸久,横山吉典,伊藤寿浩,「大気圧プラズマ化学輸送法を用いたシリコン成膜技術開発」,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 (2009).
  - 12 銘苅春隆,高橋正春,"Imprinting of Guide Structures to Weave Nylon Fibers",AVS International Symposium & Exhibition(AVS 2009). 2009/11/12
  - 13 銘苅春隆,高橋正春,"Fiber Imprinting to Develop Fiber-On-Devices",The 8th International Nanoimprint and Nanoprint Technology Conference (NNT 2009). 2009/11/12
  - 14 石田敬雄,伊藤寿浩,"Excimer Assisted Low-Temperature Annealing of Electro-Spinning Deposited Titanium Oxide Nanowires",22nd International Microprocesses and Nanotechnology Conference (MNC2009). 2009/11/16-19
  - 15 三村秋男,柴山学久,武田宗久,伊藤寿浩,"High-speed Laser-sintering of Nano-metal Inks (Cu and Ag) for Inkjet Printing on Quartz Fiber Substrates",The 16th International Display Workshop (2009). 2009/12/9-11

- 16 松本純一,高田尚樹,松本壮平,"Phase-Field モデル自由表面問題における Cahn-Hilliard 方程式の陰的混合有限要素法の検討",第 23 回数値流体力学シンポジウム 2009/12/18
- 17 張毅,Lu Jian,三村秋男,松本壮平,伊藤寿浩,"MEMS-BASED EXPOSURE MODULE FOR CONTINUOUS LITHOGRAPHY PROCESS ON FIBER SUBSTRATES",The 23rd IEEE International Conference on Micro Electro Mechanical Systems (MEMS2010). 2010/1/24-28
- 18 三村秋男,柴山学久,武田宗久,伊藤寿浩,「インクジェットによる石英ファイバへの Ag 配線技術」,第 24 回エレクトロニクス実装学会講演会 (2010). 2010/3/10
- 19 横山吉典,村上隆昭,吉田幸久,伊藤寿浩,「ミストジェット技術を用いた Si 微粒子塗布」,第 24 回エレクトロニクス実装学会講演会 (2010). 2010/3/10
- 20 高松誠一,小林健,柴山学久,三宅浩司,伊藤寿浩,「導電性高分子ダイコーティング法を用いた大面積タッチセンサの製作方法に関する研究」,第 24 回エレクトロニクス実装学会講演会 (2010). 2010/3/10
- 21 銘苅春隆,高橋正春,福島絵理,「スライド式ローラーインプリントによるテフロン PFA 中空ファイバー表面へのパターンニング」,2010 年度精密工学会春季大会 学術講演会 (2010). 2010/3/16
- 22 銘苅春隆,奥山千枝子,上野昭久,高橋正春,「石英ガラスファイバー表面での熱インプリントによる微細構造作製」,2010 年度精密工学会春季大会 学術講演会 (2010).2010/3/16
- 23 銘苅春隆,高橋正春,福島絵理,「テフロン PFA 中空ファイバーへのローラーインプリント」,2010 年春季 第 57 回応用物理関係連合講演会 (2010). 2010/3/19
- 24 銘苅春隆,奥山千枝子,上野昭久,高橋正春,「角型石英ガラスファイバー表面への熱インプリント」,2010 年春季 第 57 回応用物理関係連合講演会 (2010). 2010/3/19
- 25 松本純一,高田尚樹,松本壮平,"Implicit mixed finite element method for phase-field model free surface flow",2nd International Workshops on Advances in Computational Mechanics (IWACOM-II) (2010).2010/3/29-31
- 26 板橋健太郎、松本壮平、金子暁子、阿部豊 「T 型微細混合部内における気液二相スラグ流の形成過程」日本機械学会関東支部第 16 期総会講演会 2010/3/11

iii) H22FY

- 1 松本純一,高田尚樹,松本壮平 「陰的混合有限要素法を用いた気液二相流解析法を開発、解析例として壁面上の液滴分裂 3 次元解析、スラグ流の 2 次元解析」第 15 回計算工学講演会 2010/5/27
- 2 伊藤寿浩、高松誠一、小林健、柴山学久、三宅浩司「Continuous nano/micro-machining and weaving integration process for fiber substrate」SYMPOSIUM on Design Test Integration & Packaging of MEMS/MOEMS (DPIP2010) 2010/5/5

- 3 銘苺春隆、大友明宏、高木英樹「Hot Press on Plastic Fibers using Plane Mold」The 3rd Asian Symposium on Nano Imprint Lithography ASNIL2010 2010/7/1
- 4 大友明宏、銘苺春隆、高木秀樹、小久保光典、後藤博史「繊維状デバイス用インプリントシステム」The 3rd Asian Symposium on Nano Imprint Lithography ASNIL2010 2010/7/1

#### 2.4.3. セミナー・講演会・展示会

- 1 銘苺春隆,高木秀樹,高橋正春,「繊維状基材の立体インプリント技術」,SEMICON Japan2009 (2009).

#### 2.4.4. 刊行物・専門誌掲載

- 1 「大面積デバイスの連続製造 非真空と機織りで低コスト化」,  
日経マイクロデバイス 2009 7月号.
- 2 「繊維デバイスによる接触検知シートが登場」, 日経 Tech-On!. 2009/8/21

#### 2.4.5. マスメディア

- 1 「あらゆるモノの表面にデバイス 適所で情報入出力 印刷・繊維技術生かす」,  
日経産業新聞 2009/7/17.

## 2.5. 研究開発項目④：異分野融合型次世代デバイス製造技術知識データベースの開発，その他、技術研究組合BEANS研究所関連

### 2.5.1. セミナー・講演会・展示会

#### i) H20FY

- 1 「次世代技術としての BEANS のプロセス技術とその展望について」第 14 回国際マイクロマシン・ナノテクシンポジウム 2008/7/29
- 2 「BEANS によって創生される新しいライフスタイル (環境・エネルギー、医療・福祉、安全・安心) から」 MEMS フォーラム 2008/8/1
- 3 安達淳治 “MEMS 市場拡大に向けて - 第 1 世代 MEMS～第 3 世代 MEMS(BEANS) - ” , マイクロナノ 2008 MEMS フォーラム, 東京, (2008). 2008/8/1
- 4 安達淳治 「From Integrated MEMS to BEANS: Hetero-Functional Integrated Device」 COMS2008 Puerto Vallarta Mexico 2008/9/1-4
- 5 安達淳治 「From Integrated MEMS to BEANS」 MINAPIM セミナー Manaus Brazil 2008/9/11-13
- 6 Y.Takei, J.Adachi, M.Takeda and A.Yusa: " BEANS Project" Hetero-Functional Integrated Device Process Development Project" , The 15th International Display Workshops, (2008) .新潟 2008 12 月
- 7 武田宗久: 「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について」, 第五回豊橋技術科学大学 産官学交流フォーラム 2008 「機能集積化知能デバイスの開発研究」異分野融合が進むセンサ/MEMS 分野, (2008) 2008/10/15
- 8 J.Adachi: "From Integrated MEMS to BEANS:Hetero-Functional Integrated Device" , UC Berkeley Tokyo MEMS/NEMS Symposium, (2008). 2008/12/10
- 9 第 1 回 BEANS プロジェクトセミナー@東京大学生産技術研究所 2008 7 月
- 10 第 19 回マイクロマシン/MEMS 展@東京ビッグサイト 2008/7/30-8/1
- 11 「BEANS プロジェクト紹介」 NANO KOREA2008- Microtech 2008/8/27-29
- 12 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 2008/10/22-24

#### ii) H21FY

- 1 安達淳治, "Hetero-functional Integrated Devices with NanoBio Technologies", Leti - MMC Joint Workshop (2009). 2009/6/8-12 フランス
- 2 藤田博之, "BEANS, Process Integration for Hetero-Functional Integrated Devices", Leti - MMC Joint Workshop (2009). 2009/6/8-12
- 3 竹井裕 COMS2009 2009/8/31-9/2 「BEANS てくのろじい」に掲載
- 4 安達淳治, "BEANS Project: Hetero-Functional Integrated Device Technology Development", EPoSS General Assembly & Annual Forum2009 .Italy 2009/10/9

- 5 竹井裕、「BEANS Project 研究開発体制および知財マネジメントの仕組み」,国際特許流通セミナー2010, ホテル日航東京 2010/1/26
- 6 安達淳治,「BEANS プロジェクトの特徴と最新成果」,第16回「エレクトロニクスにおけるマイクロ接合・実装技術」シンポジウム (2010). 2010/2/22
- 7 第2回 BEANS プロジェクトセミナー@東京大学生産技術研究所 2009/5/29
- 8 第3回 BEANS プロジェクトセミナー@東京ビッグサイト マイクロマシン/MEMS 展
- 9 マイクロマシン/MEMS 展@東京ビッグサイト 「BEANS 展示ブース」2009/7/29-31

iii) H22FY

- 1 マイクロマシン/MEMS 展@東京ビッグサイト 「BEANS 展示ブース」2010/7/28-30
- 2 第4回 BEANS プロジェクトセミナー@東京ビッグサイト東5ホール 2010/7/29,  
藤田博之、竹内昌治、安達千波矢、杉山正和、木股雅章、伊藤寿浩

2.5.2. 刊行物・専門誌掲載

- 1 藤田博之,「異分野融合が生み出す MEMS の進化」,Semiconductor FPD World 2009.8.

以上