

システム技術開発調査研究
16 - R - 9

マイクロ・ナノシステムデバイスに係る
加工組立・計測評価・ハンドリング技術
に関する調査研究報告書

平成17年3月

財団法人 機械システム振興協会
委託先 財団法人マイクロマシンセンター



この事業は、競輪の補助金を受けて実施したものです。

序

わが国経済の安定成長への推進にあたり、機械情報産業をめぐる経済的、社会的諸条件は急速な変化を見せており、社会生活における環境、防災、都市、住宅、福祉、教育等、直面する問題の解決を図るためには、技術開発力の強化に加えて、ますます多様化、高度化する社会的ニーズに適応する機械情報システムの研究開発が必要であります。

このような社会情勢に対応し、各方面の要請に応えるため、財団法人 機械システム振興協会では、日本自転車振興会から機械工業振興資金の交付を受けて、経済産業省のご指導のもとに、機械システムの開発等に関する補助事業、新機械システム普及促進補助事業等を実施しております。

特に、システム開発に関する事業を効果的に推進するためには、国内外における先端技術、あるいはシステム統合化技術に関する調査研究を先行して実施する必要がありますので、当協会に総合システム調査開発委員会（委員長 放送大学 副学長 中島尚正 氏）を設置し、同委員会のご指導のもとにシステム技術開発に関する調査研究事業を民間の調査機関等の協力を得て実施しております。

この「マイクロ・ナノシステムデバイスに係る加工組立・計測評価・ハンドリング技術に関する調査研究報告書」は、上記事業の一環として、当協会が 財団法人マイクロマシンセンター に委託して実施した調査研究の成果であります。

今後、機械情報産業に関する諸施策が展開されていくうえで、本調査研究の成果が一つの礎石として役立てば幸いです。

平成 17 年 3 月

財団法人機械システム振興協会

はじめに

半導体加工技術を用いて微小な機械機構と電子回路とを同時に作製する MEMS 技術は、1980 年代後半より大きく技術研究が進み、1990 年代半ばには機械的動作原理によるセンサとして実用化された。以来、自動車用の圧力センサや加速度センサ、インクジェットプリンタヘッド、ディスプレイ用ミラーアレイが応用製品の性能を決めるキーデバイスとして開発・実用化される一方、無線通信用デバイス、光通信用デバイス、バイオチップ、 μ 化学分析システムなどの研究開発が進み、様々な産業への応用が展開されつつある。そして、近い将来には、産業の基盤技術として定着し、多くの製品に必要不可欠の技術となると予想され、また期待されている。

この技術を普及させるためにはインフラ整備が必要であり、現在ファンドリーおよびファンドリー・ネットワークの環境整備が行われる一方で、MEMS の設計解析支援システム開発の取り組みも行われている。この結果、近い将来には誰でもが MEMS 技術を使い、高性能製品の開発に応用できるようになると思われる。

ナノテクノロジーについては、ボトムアップといわれる原子・分子からの積み上げによる構造の創出とナノサイズで発現する機能の具現化が、主に材料面から研究され、カーボンナノチューブ、ナノフォトニック素子、ナノ磁性体などの材料の応用に期待が高まっている。

ナノテクノロジーを実用化するには、ナノ機能・材料をシステムに取り込むことが必要であり、これには MEMS 技術が用いられる。ナノとマイクロが融合したマイクロ・ナノシステムデバイスがこれまでない新しい機能を発揮し、これを製品に応用することで、高付加な製品とそれによる新しい産業を創出することに期待がかかる。

本調査研究事業は、財団法人機械システム振興協会より「マイクロ・ナノシステムデバイスに係る加工組み立て・計測評価・ハンドリング技術に関する調査研究」として委託を受けて、財団法人マイクロマシンセンターが実施したもので、このようなマイクロ・ナノシステムデバイスへの社会ニーズを調べ、これを実現する産業応用や製品を考え、実現するのに必要な基盤技術について調査研究を行い、産学連携での具体的研究対象と内容および体制をとりまとめて、具体的な取り組み方の提言を行った。

この調査結果の成果が関係各方面において広くご利用頂ければ幸いである。

平成 17 年 3 月

財団法人 マイクロマシンセンター

目次

序

はじめに

第1章 本調査研究の目的と実施方法

1 - 1 調査研究の目的	1
1 - 2 調査研究の実施方法	1
1 - 2 - 1 調査研究の内容・範囲	1
1 - 2 - 2 実施体制	3

第2章 次世代 MEMS 技術開発への取り組みの必要性

2 - 1 MEMS 技術の産業化への取り組み状況	8
2 - 1 - 1 日本における MEMS 製品開発の現状	8
2 - 1 - 2 国内 MEMS 市場	11
2 - 1 - 3 MEMS 産業化のためのこれまでの国からの支援	11
2 - 1 - 4 海外における MEMS 産業化への取り組み状況	12
2 - 2 ナノテクへのこれまでの取り組み	14
2 - 2 - 1 「MEMS 技術分野からのナノテクノロジーへの取り組み状況」総論	14
2 - 2 - 2 MEMS/NEMS の将来をにらんだナノテクノロジーへの取り組み状況	15
2 - 3 社会のニーズと課題	25
2 - 3 - 1 マクロ的なニーズと課題	25
2 - 3 - 2 個別ニーズと MEMS への期待	32

第3章 MEMS ファイン化の概念

3 - 1 MEMS ファイン化コンセプト	34
3 - 2 MEMS ファイン化が創り出す商品群	40

第4章 ファイン MEMS の基盤技術

4 - 1 ファイン MEMS の基盤技術の抽出方法	43
4 - 2 ファイン MEMS の基盤技術	43
4 - 2 - 1 究極高集積化技術	43
(1) スマート MEMS	43

(2) CMOS プロセス統合	4 8
(3) インターポーザル・ナノポア	5 7
(4) RF とリコンフィギュアブル無線	6 3
(5) 究極光 MEMS 高集積化技術	7 2
4 - 2 - 2 ナノ機能発揮技術	7 9
(1) ナノ構造応用センサ革新	7 9
(2) 3次元表面 MEMS 技術	8 6
(3) 自由曲面上ナノインプリント	9 0
(4) 蒸着重合ナノ構造プロセス	9 5
(5) 大面積ナノインプリント技術	1 0 0
(6) フレキシブル超薄型	1 0 5
4 - 2 - 3 バイオフィジカル融合	1 0 7
(1) バイオフィジカル MEMS	1 0 7
(2) 環境エネルギー活用人工合成 MEMS	1 1 3
(3) ナノマニピレーション	1 2 2
(3) バイオ融合ナノシステム	1 2 7
(4) 生体情報計測操作のためのバイオインターフェース技術	1 2 9
第 5 章 ファイン MEMS 技術の研究開発のあり方の提言	1 3 5
付録	1 3 9
MEMS 技術ロードマップの項目	1 3 9