

平成 1 6 年度  
MEMS の信頼性評価技術  
に関する調査研究報告書

平成 1 7 年 3 月

社団法人 日本機械工業連合会  
財団法人 マイクロマシンセンター

## 序

戦後の我が国の経済成長に果たした機械工業の役割は大きく、また機械工業の発展を支えたのは技術開発であったと云っても過言ではありません。また、その後の公害問題、石油危機などの深刻な課題の克服に対しても、機械工業における技術開発の果たした役割は多大なものでありました。しかし、近年の東アジアの諸国を始めとする新興工業国の発展はめざましく、一方、我が国の機械産業は、国内需要の停滞や生産の海外移転の進展に伴い、勢いを失ってきつつあり、将来に対する懸念が台頭しております。

これらの国内外の動向に起因する諸課題に加え、環境問題、少子高齢化社会対策等、今後解決を迫られる課題が山積しているのが現状であります。これらの課題の解決に向けて従来にもましてますます技術開発に対する期待は高まっており、機械業界をあげて取り組む必要に迫られております。我が国機械工業における技術開発は、戦後、既存技術の改良改善に注力することから始まり、やがて独自の技術・製品開発へと進化し、近年では、科学分野にも多大な実績をあげるまでになってきております。

これからのグローバルな技術開発競争の中で、我が国が勝ち残ってゆくにはこの力をさらに発展させて、新しいコンセプトの提唱やブレイクスルーにつながる独創的な成果を挙げ、世界をリードする技術大国を目指してゆく必要が高まっております。幸い機械工業の各企業における研究開発、技術開発にかける意気込みにかげりはなく、方向を見極め、ねらいを定めた開発により、今後大きな成果につながるものと確信いたしております。

こうした背景に鑑み、当会では機械工業に係わる技術開発動向等の補助事業のテーマの一つとして財団法人マイクロマシンセンターに「MEMSの信頼性評価技術に関する調査研究」を調査委託いたしました。本報告書は、この研究成果であり、関係各位のご参考に寄与すれば幸甚であります。

平成17年3月

社団法人 日本機械工業連合会  
会 長 金 井 務

## 序

半導体微細加工を利用してミクロンオーダーの三次元構造を作り、ナノメートルの精度で駆動制御するMEMS技術は、21世紀を支える基盤技術と考えられております。MEMSは既に研究から産業化フェーズに大きく踏み出しており、自動車の加速度センサー、ハードディスク用のピックアップ、プリンター用のヘッド、デジタルカメラの光学系やセンサーなどに実用化されており、不況といわれるわが国の現状でも毎年大きな伸びを示す今日の代表的成長産業領域となっているばかりか、社会生活に密接した大きな市場を形成するに至っております。

MEMSは、機械、電気、化学、流体、材料物性などの複数の構成要素が、必要とされる製品や応用商品に合わせて加工され、組み合わせられて融合する技術領域であります。そのため、半導体のようにベースとなるプロセスや構造で一度信頼性を検証すれば基本的な信頼性検証が済んでしまうものとは性格が異なります。MEMSは、目的や用途に合わせてカスタムに製造され、精緻で高付加価値の製品に応用されるため、機能や性能の高さのみならず、高い信頼性を伴ってこそ産業競争力の強化や国内の製造技術の再生につながるものと考えられます。これまでMEMSの信頼性については、製品ごとにその都度検討や経験を積み上げる方法をとっており、また知見もノウハウとして企業内に閉じられることが多いのが実情です。

本調査研究事業は、社団法人日本機械工業連合会より「MEMSの信頼性評価技術に関する調査研究」の受託を受けて、財団法人マイクロマシンセンターが実施したもので、MEMSが今後さらに社会に大きく普及、浸透していく際に、産業用や民生品として必要となる信頼性についての調査研究を行いました。具体的には、MEMSの信頼性確保に必要となると想定される評価項目・技術・手法等を階層的に抽出し、将来標準化に向けた課題と提言を纏め上げたものであります。

関係各方面において広く利用いただければ幸いです。

平成17年3月

財団法人 マイクロマシンセンター  
理事長 野間口 有

## 事業運営組織

本調査研究事業は財団法人マイクロマシンセンター内に「MEMS の信頼性評価技術に関する調査研究委員会」を設けて調査研究活動を実施した。

- 委員長 石川雄一  
独立行政法人産業技術総合研究所 臨海副都心センター 所長代理  
先進製造プロセス研究部門付
- 委員 高島和希  
東京工業大学 精密工学研究所 助教授  
(3月1日付け異動 熊本大学工学部知能生産システム工学科 教授)
- 委員 生津資大  
兵庫県立大学 大学院 工学研究科 機械系工学専攻  
機械知能工学部門 助手
- 委員 大和田邦樹  
国際標準化工学研究所 所長
- 委員 高木秀樹  
独立行政法人産業技術総合研究所 先進製造プロセス研究部門  
マイクロ実装研究グループ 主任研究員
- 委員 池上尚克  
沖電気工業株式会社 S i M C WPビジネス本部  
WPビジネス推進部 特別主任研究員
- 委員 佐野浩二  
オムロン株式会社 技術本部 先端デバイス研究所  
マイクロマシンンググループ 主事
- 委員 緒方雅紀  
オリンパス株式会社 MEMS開発部 開発1グループ
- 委員 千葉徳男  
セイコーインスツル株式会社 技術本部マイクロナノセンター
- 委員 古賀章浩  
株式会社東芝 研究開発センター 機械・システムラボラトリー  
研究主務
- 委員 岡田亮二  
株式会社日立製作所 研究開発本部 MEMS事業推進室  
担当部長

委員 中村邦彦  
松下電器産業株式会社 ネットワーク開発本部ブロードバン  
コミュニケーション開発センター 伝送方式グループ主任技師

委員 毛野拓治  
松下電工株式会社 先行・融合技術研究所  
高度MEMS開発センターグループ長・参事

委員 曾田真之助  
三菱電機株式会社 先端技術総合研究所 センシング技術部

委員 加藤知香子  
横河電機株式会社 技術開発本部 デバイス開発センター

事務局 青柳桂一 財団法人マイクロマシンセンター 専務理事  
廣部嘉道 財団法人マイクロマシンセンター 調査研究部長  
小池智之 財団法人マイクロマシンセンター 調査研究次長  
戸口洋一 財団法人マイクロマシンセンター 調査研究課長  
井上正巳 財団法人マイクロマシンセンター 国際部長  
兼調査研究部主任研究員

# 平成16年度 MEMS の信頼性評価技術に関する調査研究報告書

## 目 次

---

序	
事業運営組織	
目 次	
総 論	i ~ iii
本 編	
はじめに	1
第1章 調査研究の概要	3
1. 1 調査研究の背景と目的	3
1. 2 調査研究の体制	3
1. 3 調査研究項目・スケジュール	5
第2章 MEMS の信頼性評価技術の現状の調査研究	7
2. 1 まえがき	7
2. 2 可動デバイス分野における信頼性評価技術の現状	17
(1) 要求される性能・信頼性	17
(2) 信頼性評価技術の現状	17
(3) MEMS 信頼性調査文献リスト及び分析 (可動デバイス分野)	19
(4) 調査個票	21
2. 3 センサデバイス分野における信頼性評価技術の現状	49
(1) 要求される性能・信頼性	49
(2) 信頼性評価技術の現状	50
(3) MEMS 信頼性調査文献リスト及び分析 (センサデバイス分野)	52
(4) 調査個票	57
2. 4 実装・トライボロジー分野における信頼性評価技術の現状	75
(1) 要求される性能・信頼性	75
(2) 信頼性評価技術の現状	76
(3) MEMS 信頼性調査文献リスト及び分析 (実装・トライボロジー分野)	81
(4) 調査個票	85
2. 5 材料特性・計測法分野における信頼性評価技術の現状	103
(1) 要求される性能・信頼性	103

(2) 信頼性評価技術の現状 .....	105
(3) MEMS 信頼性調査文献リスト及び分析 (材料特性・計測法分野) .....	109
(4) 調査個票 .....	111
第3章 MEMS の信頼性評価の課題についての調査研究 .....	127
3. 1    まえがき .....	127
3. 2    可動デバイス分野における課題 .....	127
(1) 信頼性評価における技術的問題点・課題 .....	127
(2) 改善に向けた提言 .....	127
3. 3    センサデバイス分野における課題 .....	131
(1) 信頼性評価における技術的問題点・課題 .....	131
(2) 改善に向けた提言 .....	132
3. 4    実装・トライボロジー分野における課題 .....	134
(1) 信頼性評価における技術的問題点・課題 .....	134
(2) 改善に向けた提言 .....	135
3. 5    材料特性・計測法分野における課題 .....	137
(1) 信頼性評価における技術的問題点・課題 .....	137
(2) 改善に向けた提言 .....	137
第4章 MEMS 信頼性評価技術に係る提言 .....	139
第5章 むすび .....	141