

2021年度
分野別動向調査報告書

(国内外技術動向調査委員会)

2022年3月

一般財団法人 マイクロマシンセンター

序

マイクロマシン・MEMS技術は、工業技術や医療技術をはじめとする広範な分野において革新的な基盤技術になるとして注目され、国内外の機械工学、電子工学、医用工学等の多様な分野でその研究開発が急速に拡大しています。

マイクロマシンという言葉が生まれ、マイクロマシン・MEMS技術の本格的な研究開発がスタートして、早や30年近くが経過しました。最初の経済産業省の「マイクロマシン技術の研究開発（1991-2000）」プロジェクトも多くの成果を上げて終了し、その後に継続された多くのMEMS関連プロジェクトの成果も含め、現在では多くの研究成果が国際会議、シンポジウム、学会、研究論文および新聞・雑誌などを通じて報告されるようになりました。しかし、MEMS技術の応用可能性の大きさから考えると、それらはまだまだ一部分であり、今後もより幅広い研究開発が必要であると考えられます。今後の研究開発を円滑かつ効率的に推進させるためには、国内外にわたる現状の研究開発状況を調査・分析し、我が国MEMS技術関係者にフィードバックすることが極めて重要です。

このような状況と認識に立って、当マイクロマシンセンターでは従来からMEMS技術に関する国内外の研究開発動向を調査する事業を継続的に行ってまいりました。最先端をゆく国際学会を定点観測することが最も効果的な調査方法であるとして、2002年度からは事業名を国内外技術動向調査事業と改め、調査研究事業委員会の下に国内外技術動向調査委員会を設けて本事業を行っています。

本報告書は、この調査研究事業の2021年度の成果をとりまとめたものです。各方面において広くご利用頂ければ幸いです。

2022年8月

一般財団法人マイクロマシンセンター
専務理事 長谷川 英一

目次

序

第1章 緒言	1
1-1. はじめに	1
1-2. 委員会構成	2
1-3. 調査方法	3
第2章 2021年度上期分野別動向調査結果 (Transducers2021 発表分類調査、分野別動向調査)	7
2-1. Fundamentals	
2-1-1. Fabrication Technologies (Silicon)	16
2-1-2. Fabrication Technologies (Non-Silicon)	22
2-1-3. Packaging Technologies	26
2-1-4. Actuators	28
2-1-5. Design and Modeling	32
2-1-6. Material	38
2-1-7. Others (Fundamentals)	42
2-2. Applied Devices/Systems	
2-2-1. Mechanical Sensor	46
2-2-2. Radiation/Material Substance Sensor	52
2-2-3. Fluidic	56
2-2-4. Chemical Sensor	60
2-2-5. Bio Sensor	64
2-2-6. Medical Systems	72
2-2-7. Optical	78
2-2-8. RF-MEMS	82
2-2-9. Power-MEMS	88
2-2-10. Others (Applied Devices/Systems)	90
2-3. Others	
2-3-1. Others (Overall)	94

第3章 2021年度下期分野別動向調査結果

(MEMS2022 発表分類調査、分野別動向調査)	97
3-1. Fundamentals	
3-1-1. Fabrication Technologies (Silicon)	106
3-1-2. Fabrication Technologies (Non-Silicon)	110
3-1-3. Packaging Technologies	116
3-1-4. Actuators	120
3-1-5. Design and Modeling	124
3-1-6. Material	128
3-1-7. Others (Fundamentals)	132
3-2. Applied Devices/Systems	
3-2-1. Mechanical Sensor	136
3-2-2. Radiation/Material Substance Sensor	142
3-2-3. Fluidic	146
3-2-4. Biomacromolecules	152
3-2-5. Cells & Subcellular components	158
3-2-6. Tissue/Organ & Medical Applications	164
3-2-7. Optical	170
3-2-8. RF-MEMS	174
3-2-9. Power-MEMS	180
3-2-10. Others (Applied Devices/Systems)	182
3-3. Others	
3-3-1. Others (Overall)	186

第1章 緒言

1-1. はじめに

MEMS 技術の様々な分野への応用、産業創出が待望されている。自動車や情報機器の分野では既に MEMS 技術は実用化されている。近年 Internet of Things (IoT) 導入が進む中で、センサによる情報取得技術の重要性が増し、プラント等の高機能メンテナンス、高度医療への適用も期待されている。更に、化学・生化学分析システムの小型化や創薬のための高効率化学合成などへの応用方法が提案され、ナノテクノロジーとの融合による新たな産業の創出が待望されている。

MEMS 技術を効率的に研究して早期に実用化するためには、その国内外技術動向を把握することが必要である。様々な分野への応用が期待されている MEMS 技術は世界各国で盛んに研究されている。将来の研究指針を得るためには、最新の研究成果から現在の技術潮流を理解することが必要である。また現在の潮流をもたらした経緯を把握し、今後の実用化開発に活かすには、各研究分野の動向を長期的な視点で把握することも重要である。

上記の観点から、国内外の最新かつ詳細な情報を収集・分析し、その技術動向を把握することを目的とし、平成 5 年度より継続してマイクロマシン技術国内外研究開発動向調査事業に取り組んできた。分野別動向調査はこの事業の一環として主に国際会議の論文集をもとに、技術分野別に研究開発動向を分析したものである。

2021 年度は、上期は Transducers2021、下期は MEMS2022 それぞれを対象として、発表分類及び分野別発表動向などを調査した。本報告書は、上記の内容を 2021 年度の国内外技術動向調査事業の成果としてまとめたものである。

2022 年 8 月

国内外技術動向調査委員会
委員長 小西 聡