

Sensor Technologien 2022

AMA Verband für Sensorik und Messtechnik e.V.

Herausgeber

Prof. Dr. Roland Werthschützky
Technische Universität Darmstadt,
Institut für Elektromechanische Konstruktionen

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	6
Teil A Anforderungen an Sensorik und generelle Entwicklungstrends	9
A 1 Die Sensorindustrie in Deutschland	10
A 2 Globale Herausforderungen an Technologieentwicklungen	13
A 3 Trends der Informationsverarbeitung	15
A 4 Generelle Entwicklungstrends der Sensorik	16
A 5 Typische Sensoranwendungen in ausgewählten Branchen	18
A 6 Vergleich der internationalen Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten	21
Teil B Entwicklungstrends bei Sensoren	25
B 1 Sensorklassifizierung, Bestandsaufnahme, Messgrößen	26
B 1.1 Sensorfunktionsstrukturen	26
B 1.1.1 Sensor als Übertragungssystem	26
B 1.1.2 Sensorstrukturen	27
B 1.2 Zu den Messgrößen	27
B 2 Physikalische Messgrößen	28
B 2.1 Elektromagnetische Messgrößen	28
B 2.1.1 Kontaktlose orts aufgelöste Messung der elektrischen Leitfähigkeit	29
B 2.1.2 Hochempfindliche Magnetometer	30
B 2.1.3 Ultrabreitbandsensoren zur kontaktlosen orts aufgelösten Messung der dielektrischen Eigenschaften	31
B 2.1.4 Magneto-resistive Sensoren	32
B 2.2 Mechanische Messgrößen	36
B 2.2.1 Wandlungsarten	36
B 2.2.2 Bewertung der Wandlungsprinzipien	38
B 2.2.3 Entwicklungsansätze	38
B 2.2.4 Berührungslose Drehmomentsensoren	39
B 2.2.5 Neue Anwendungen: Vorausschauende Wartung v. Maschinen durch Sensor-basierte Zustandsüberwachung	43
B 2.2.6 Neue Anwendungen: Sensorsystem für Freileitungs-Monitoring	44
B 2.3 Optische Messgrößen	46
B 2.3.1 Photonische Sensoren und Messtechnik	46
B 2.3.2 Pyrometrie – Berührungslose Temperaturmessung	52
B 2.3.3 Neue Anwendungen: Bildauflösende Farbmesssysteme	54
B 3 Chemische und medizinische Messgrößen	56
B 3.1 Sensoren für Gasmessung und Stoffkonzentrationen	56
B 3.1.1 Übersicht, Einteilung	56

B 3.1.2 Bewertung, Probleme, Herausforderungen	57
B 3.1.3 Entwicklungsansätze, Forschungstrends	59
B 3.1.4 Schlussfolgerung, Nutzen	60
B 3.1.5 Neue Anwendungen: Sensorsysteme zur Sicherung einer bedarfsgerechten Lüftung	60
B 3.2 Neue Anwendungen: Medizinische Mikrosensoren und Mikroimplantate	62
B 3.2.1 Neuroprothesen - Implantierbare Assistenzsysteme	63
B 3.2.2 Direkt gekoppelte Sensor-Aktor-Systeme für haptische Bediensysteme	64
B 4 AMA Innovationspreise 2010 bis 2016.....	65
B 4.1 Elektromagnetische Messgrößen	65
B 4.2 Mechanische Messgrößen.....	65
B 4.3 Optische Messgrößen	66
B 4.4 Chemische und medizinische Messgrößen	68
Teil C Entwicklungstrends der Sensorkomponenten und	
Fertigungstechnologien	69
C 1 Einleitung	70
C 2 Mikrosystemtechnik – MEMS	73
C 2.1 Zusammenfassung	73
C 2.2. Entwicklung des MEMS-Marktes nach Anwendungen und Zielbranchen.....	73
C 2.3 Wettbewerber im MEMS-Markt	73
C 2.4 Technologische Entwicklung ausgewählter MEMS-Komponenten	74
C 2.4.1 Allgemeine Herausforderungen	74
C 2.4.2 Drucksensoren	75
C 2.4.3 Inertial Combos	75
C 2.4.4 RF-MEMS	75
C 2.4.5 Gassensoren und Thermopiles	75
C 2.4.6 Aufbau- und Verbindungstechnik	75
C 2.4.7 Weitere ausgewählte MEMS-Entwicklungstrends	76
C 2.5 Kooperationen helfen	76
C 3 Aufbau-, Verbindungs- und Integrationstechnik	77
C 3.1 Aufbau- und Verbindungstechnik	77
C 3.1.1 Zusammenfassung	77
C 3.1.2 Anforderungen, Elemente eines Sensorsystems	77
C 3.1.3 Gehäusettechnologien	78
C 3.2 Integrationstechniken	85
C 3.2.1 Dreidimensionale Schaltungsträger für Mikrosystem-Packaging und MID.....	85
C 3.2.2 Leiterplattenbasierte Integration	86
C 3.2.3 Waferlevel Systemintegration mittels TSV-Technologie	87
C 3.2.4 Vergleich von Integrationskonzepten	88
C 3.3 Heterointegration mit flexiblem Trägermaterial	89
C 3.3.1 Fortschritte in der Aufbau und Verbindungstechnik	89
C 3.3.2 Herausforderungen	89

C 3.3.3 Entwurf heterointegrierter Foliensysteme	90
C 3.3.4 Stand der Technik in der Industrie	90
C 3.3.5 Entwicklungsbeispiel Transmitter	91
C 3.3.6 Integration in Folienkavitäten	92
C 3.3.7 Ausblick	93
C 3.4 Aufbau- und Verbindungstechnik (AVT) für die Medizintechnik	93
C 4 Sensor-Signalverarbeitung	95
C 4.1 Intelligente Sensoren	95
C 4.2 Eingebettete Systeme	96
C 4.2.1 Definition, Aufbau und Verwendung in Sensoranwendungen	96
C 4.2.2 Hardware	97
C 4.2.3 Software	98
C 4.2.4 Aufbau intelligenter Sensoren	100
C 4.2.5 Sensorkonfigurierung – Intelligente Sensoren	100
C 4.2.6 Kommunikationsaspekte	101
C 4.2.7 Sensorvernetzung	102
C 4.2.8 Beispielsystem	104
C 4.2.9 Drahtlose energieautarke Sensorsysteme und -netzwerke	107
C 5 Selbstüberwachung und Störungstoleranz von Sensoren und Aktoren	112
C 5.1 Forderung aus der Prozesstechnik	112
C 5.1.1 Ziele der Sensor-Selbstüberwachung	112
C 5.1.2 Beispiel: Selbstüberwachung magnetischer Sensoren	114
C 5.2 Selbstüberwachende Aktoren	115
C 5.3 Ausblick	116
C 6 Sensorkommunikation und Systemintegration	117
Teil D Résumé – Empfehlungen	121
D 1 Sensorik und Messtechnik in Deutschland	122
D 1.1 Sensorfirmen und Sensortechnologien	122
D 1.2 Spezifische Sensor-Technologieentwicklungen	124
D 2 Kooperationen helfen	126
D 3 Firmengründungen aus Forschungsinstituten.....	126
Teil E Anhang	129
E 1 AMA Verband für Sensorik und Messtechnik e.V.	130
E 1.1 Der Verband	130
E 1.2 Marketing für die Sensorindustrie	131
E 1.3 Technologie-Unterstützung	132
E 1.4 Wirtschaftliche Bedeutung der Sensorindustrie	132
Die Autoren	134
Literatur- und Quellenangaben	144