

【德】Horst Ahlers (Hrsg.) 著

# 多传感器技术 及其应用

王磊 马常霞 周庆 译 周庆 审校

国防工业出版社

中国人民解放军总装备部专项资金资助出版

# 多传感器技术及其应用

[德] Horst Ahlers (Hrsg.) 著

王 磊 马常霞 周 庆 译

周 庆 审校

国防工业出版社

·北京·

著作权合同登记 图字:军-2000-017号

图书在版编目(CIP)数据

多传感器技术及其应用/(德)阿勒斯(Ahlers, H.)著;  
王磊等译. —北京:国防工业出版社, 2001.2

ISBN 7-118-02402-3

I. 多... II. ①阿... ②王... III. 传感器 IV. TP212

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2000)第 49336 号

Originally published in German under the title:

“Multisensorikpraxis” edited by Horst Ahlers

Copyright © Springer-Verlag Berlin Heidelberg 1997

All Rights Reserved

国防工业出版社出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路 23 号)

(邮政编码 100044)

北京奥隆印刷厂印刷

新华书店经售

\*

开本 787×1092 1/16 印张 19 425 千字

2001 年 2 月第 1 版 2001 年 2 月北京第 1 次印刷

印数:1—4000 册 定价:35.00 元

---

(本书如有印装错误,我社负责调换)

# 前 言

“未来属于多传感器” 我们以这句话来结束本书的编辑,并为读者提供了以下两方面的内容:

第一部分介绍多传感器的理论基础,因为一个好的理论应更加面向实际。

第二部分给出了专业人员对多传感器实际问题如何解决的实例。

为此,本书给出了可以系统安排组织解决问题步骤的工具。

工程多传感器技术主要来自于自然界,但它却显示出更高的生命力。多种多样的传感器和接收器为这种高度发展的生命力提供了基础。和头脑中的数据处理结合起来,使多传感器技术在世界范围内得以成功发展。因此必将有一天,人们可以断言,多传感器和计算机系统一起,将会开辟新一代智能技术的新领域。

Horst Ahlers

德国 Jena, 1996 年春

## 作者索引

**Prof. Dr. Bernhard Adler**

Leiter Abteilung Analytik BUNA GmbH Schkopau  
Arbeitsgebiet ist die Mustererkennung in der Chemie  
BUNA GmbH Schkopau, Abt. Analytik  
Am Grunen Weg 17, 06132 Halle  
Tel.: (0 49) 0 34 61 - 49 20 62, Fax: (0 49) 0 34 61 - 49 25 33

**Doz. Dr.-Ing. habil et Dr. sc. techn. Horst Ahlers**

Vorsitzender des Fordervereins für Sensorik e.V. JENASENSORIC  
Arbeitsgebiete sind Sensorik, Mikroelektronik, Bauelementeentwurf  
Forderverein für Sensorik e.V. JENASENSORIC  
Am Planetarium 5, 07743 Jena Tel./Fax: (0 49) 0 36 41 - 46 30 22

**Dipl.-Ing. U. Altenburg**

Mitarbeiter des Ingenieurbüro Wachter GmbH  
Arbeitsgebiete sind Projektplanung und Programmierung telematischer Anlagen  
Ingenieurbüro Wachter GmbH  
Am Rothenbach 18, 99610 Sommerda  
Tel.: (0 49) 0 36 34 - 2 20 02, Fax: (0 49) 0 36 34 - 3 44 29

**Dipl.-Ing. Dr. techn. Elmar Aschauer**

Wiss. Mitarbeiter am Institut für Allgemeine Elektrotechnik und Elektronik der  
Technischen Universität Wien  
Arbeitsgebiet ist Dunnschichttechnologie und Biosensorik  
TU Wien  
Institut für Allgemeine Elektrotechnik und Elektronik  
Gußhausstraße 27-29/359, A-1040 Wien  
Tel.: (0 43) 1 - 5 88 01 36 71, Fax: (0 43) 1 - 5 05 26 66

**Dipl.-Ing. Rolf-Dieter Berndt**

Geschäftsführer der INFOKOM GmbH Neubrandenburg  
Arbeitsgebiet ist Systemlösungen mit Computern  
ComputerLand® Neubrandenburg INFOKOM GmbH  
Ihlenfelder Str. 118, 17034 Neubrandenburg  
Tel.: (0 49) 03 95 - 4 22 58 50, Fax: (0 49) 03 95 - 4 22 57 11

**Dipl.-Ing. Dr. techn. Georg Brasseur**

Univ.Ass. und Leiter der Automobilelektronik am Institut für Allgemeine Elektrotechnik und Elektronik  
der Technischen Universität Wien  
Arbeitsgebiet ist die Automobilelektronik  
TU Wien  
Institut für Allgemeine Elektrotechnik und Elektronik  
Gußhausstraße 27-29/359, A-1040 Wien  
Tel.: (0 43) 1 - 5 88 01 38 47, Fax: (0 43) 1 - 5 05 26 66

**Dr. Georg-Christian Bruckner**

Arbeitsgebiet ist computerunterstützte Verfahren in der Chemie

PH Erfurt

Nordhauser Str. 62, 99089 Erfurt

Tel.: (049) 03 61 - 7 31 17 41

**Dr. sc. techn. Erich Christ**

Inhaber der Firma FEF Dr. Erich Christ

Arbeitsgebiete sind Schwingungen, Felder-Wellen-Strahlen, Analyse-Simulation-Entwurf

Feld- und Energieforschung Dr. sc. Christ

Bertolt-Brecht-Str. 2, 07745 Jena

Tel.: (049) 036 41 - 60 47 08, Fax: (049) 036 41 - 62 09 61

**Univ. Prof. Dr. phil. Wolfgang Fallmann**

Universitätsprofessor am Institut für Allgemeine Elektrotechnik und Elektronik der

Technischen Universität Wien; Leiter der Abteilung „Mikroelektronik – Halbleiter – technologie“

Arbeitsgebiete sind Mikroelektronik und Halbleitertechnologie

TU Wien

Institut für Allgemeine Elektrotechnik und Elektronik

Gußhausstraße 27–29/359, A-1040 Wien

Tel.: (043) 1 - 5 88 01 38 35, Fax: (043) 1 - 5 05 26 66

**Dipl.-Ing. Rainer Fasching**

Wiss. Mitarbeiter am Institut für Allgemeine Elektrotechnik und Elektronik der

Technischen Universität Wien

Arbeitsgebiet ist elektrochemische Charakterisierung in der Sensorik

TU Wien

Institut für Allgemeine Elektrotechnik und Elektronik

Gußhausstraße 27–29/359, A-1040 Wien

Tel.: (043) 1 - 5 88 01 36 72, Fax: (043) 1 - 5 05 26 66

**Prof. Dr. sc. nat. Dieter Faßler**

Leiter der Fachsektion Sensorik der Gesellschaft zur Förderung von Medizin-, Biound Umwelttechnologie e.V., Berlin

Arbeitsgebiete sind Sensorik, Optische Spektroskopie, Photochemie

Wildenbruchstraße 15, 07745 Jena

Tel.: (049) 036 41 - 67 52 21, Fax: (049) 036 41 - 67 52 22

**Dipl.-Ing. Bernd Fussel**

Wissenschaftlicher Mitarbeiter am Laboratorium für Werkzeugmaschinen und Betriebslehre der RWTH Aachen

Arbeitsgebiet ist Feldbusvernetzung in der Fertigungsautomatisierung

RWTH Aachen

Werkzeugmaschinenlabor

Steinbachstraße 53, 52074 Aachen

Tel.: (049) 02 41 - 80 74 14, Fax: (049) 02 41 - 8 88 82 93

**Prof. Dr. Wolfgang Gopel**

Direktor des Institut für Physikalische und Theoretische Chemie

Arbeitsgebiete sind chemische Sensorik, Grenzflächenanalytik

Eberhard-Karls-Universität Tübingen

Institut für Physikalische und Theoretische Chemie

Auf der Morgenstelle 8, 72076 Tübingen

Tel.: (049) 070 71 - 2 97 69 04, Fax: (049) 070 71 - 2 97 69 10

**Dr. Thomas Hertel**

Wiss. Oberassistent im Fachbereich Verfahrenstechnik des Institut für Bioverfahrensund Reaktionstechnik  
Arbeitsgebiet ist die Mikrobielle Sensorik

MLU Halle-Wittenberg

Institut für Bioverfahrens- und Reaktionstechnik

Geusaer Straße, 06217 Merseburg

Tel.: (0 49) 0 34 61 - 46 22 86, Fax: (0 49) 0 34 61 - 46 28 22

**Dipl.-Ing. Christian Hildmann**

Wissenschaftlicher Mitarbeiter am Fachbereich Umwelt und Gesellschaft der TU

Berlin, Fachgebiet Limnologie

Arbeitsgebiet ist Limnologie

TU Berlin

Fachbereich Umwelt und Gesellschaft

Institut für Allgemeine Elektrotechnik und Elektronik

Fachgebiet Limnologie

Hellriegelstraße 6, 14195 Berlin

Tel.: (0 49) 30 - 31 47 13 41, Fax: (0 49) 30 - 8 23 96 67

**Dr. Michael Hubin**

Leiter des CRITT-GBM (Gebietsforschung für Erneuerung und technologischer Transfer in biomedizinischen Geräten) in Laboratoire Capteurs Instrumentation

Analyse, INSA Rouen, LCIA

Laboratoire Capteurs Instrumentation Analyse INSA Rouen, LCIA

Place Emile Blondel, B.P. 8, F-76130 Mont Saint Aignan

Tel.: (0 33) 35 52 84 06, Fax: (0 33) 35 52 84 83

**Dr. rer. nat. Ralf Huonker**

Wiss. Mitarbeiter im Biomagnetischen Zentrum Jena

Arbeitsgebiete sind Biomagnetismus, bildgebende Verfahren, Magnetfeldmessung

Klinikum des FSU Jena Klinik für Neurologie, Biomagnetisches Zentrum

Philosophenweg 3, 07740 Jena

Tel./Fax: (0 49) 0 36 41 - 63 53 53

**Ing. Gerhard Jobst**

Techniker am Institut für Allgemeine Elektrotechnik und Elektronik der Technischen Universität Wien

Arbeitsgebiete sind Chemo- und Biosensoren, Elektro-, Photo- und Polymerchemie

TU Wien

Institut für Allgemeine Elektrotechnik und Elektronik

Gußhausstraße 27-29/359, A-1040 Wien

Tel.: (0 43) 1 - 5 88 01 36 71, Fax: (0 43) 1 - 5 05 26 66

**Prof. Dr. Heiner Kaden**

Professor am Kurt-Schwabe-Institut für Meß- und Sensortechnik e.V.

Arbeitsgebiet ist die elektrochemische und optische Sensorik

Kurt-Schwabe-Institut für Meß- und Sensortechnik e.V.

Fabrikstraße 69, 04736 Meinsberg

Tel.: (0 49) 03 43 27 - 9 02 71, Fax: (0 49) 03 43 27 - 9 02 74

**Dipl.-Ing. Peter Kalakaj**

Ph.D. Aspirant am Institut für Radioelektronik der TU Kosice

Arbeitsgebiet ist Schaltungstheorie

TU Kosice

Lehrstuhl für Radioelektronik  
 Letna 9/A, 04120 Kosice (Slowakei)  
 Tel./Fax: (0 42) 95 - 3 05 77

Dipl.-Phys. **Jörg Kelleter**  
 Arbeitsgebiet ist Applikation von Multisensorsystemen  
 Justus-Liebig-Universität Gießen  
 Institut für Angewandte Physik  
 Heinrich-Buff-Ring 16, 35392 Gießen  
 Tel. (0 49) 06 41 - 7 02 28 34, Fax: (0 49) 06 41 - 7 02 27 53

Prof. Dr. **Dieter Kohl**  
 Arbeitsgebiete sind Sensorbauelemente und Sensorapplikationen  
 Justus-Liebig-Universität Gießen  
 Institut für Angewandte Physik  
 Heinrich-Buff-Ring 16, 35392 Gießen  
 Tel.: (0 49) 06 41 - 7 02 28 34

Dipl.-Ing. **Matthias Leifheit**  
 Mitarbeiter am Transferzentrum für Mikroelektronik e.V.  
 Arbeitsgebiet ist die Entwicklung mikrobieller Sensoren  
 Transferzentrum für Mikroelektronik e.V.  
 Erfurt  
 Tel./Fax: (0 49) 03 61 - 4 42 06 60

Prof. Dr.-Ing. **Hans-Dieter Ließ**  
 Arbeitsgebiete sind Sensorik für Medizin und Umwelt  
 Universität der Bundeswehr München  
 Institut für Physik  
 Werner-Heisenberg-Weg 39, 85579 Neubiberg  
 Tel.: (0 49) 0 89 - 60 04 37 72, Fax: (0 49) 0 89 - 60 04 35 60

Dipl.-Ing. **Bernhard Luger**  
 Freier Mitarbeiter am Institut für Allgemeine Elektrotechnik und Elektronik der  
 Technischen Universität Wien  
 Arbeitsgebiete sind Elektronik und Schaltungstechnik  
 TU Wien  
 Institut für Allgemeine Elektrotechnik und Elektronik  
 Gußhausstraße 27-29/359, A-1040 Wien  
 Tel.: (0 43) 1 - 5 88 01 38 35, Fax: (0 43) 1 - 5 05 26 66

Prof. Dr. **Linus Michaeli**  
 Prof. am Institut für Radioelektronik der TU Kosice  
 Vorsitzender der nationalen IMEKO  
 Arbeitsgebiet sind Künstliche Intelligenz und Neuronale Netze in der Meßtechnik TU Kosice  
 Lehrstuhl für Radioelektronik  
 Letna 9/A, 04120 Kosice (Slowakei)  
 Tel./Fax: (0 42) 95 - 63 05 77

Prof. Dr.-Ing. **Karl-Dietrich Morgeneier**  
 Leiter des Fachbereichs Automatisierung an der Fachhochschule Jena

Arbeits- und Lehrgebiete sind Signalanalyse und Qualitätssicherung, Prozeßmeßtechnik, Prozeßautomatisierung

Fachhochschule Jena, Fachbereich Elektrotechnik

Tatzendpromenade 1b, 07745 Jena

Tel.: (0 49) 0 36 41 - 64 34 91, Fax: (0 49) 0 36 41 - 64 34 50

Mag. Dr. rer. nat. **Isabella Moser**

Wiss. Mitarbeiter am Institut für Allgemeine Elektrotechnik und Elektronik der Technischen Universität Wien

Arbeitsgebiete sind Entwicklung von Biosensoren und neuartigen bioanalytischen Mikrosystemen  
TU Wien

Institut für Allgemeine Elektrotechnik und Elektronik

Gußhausstraße 27-29/359, A-1040 Wien

Tel.: (0 43) 1 - 5 88 01 36 71, Fax: (0 43) 1 - 5 05 26 66

Dr. sc. nat. **Hannes Nowak**

Leiter des Biomagnetischen Zentrums Jena

Arbeitsgebiete sind Biomagnetismus, supraleitende Sensoren, Meßtechnik

Klinikum der FSU Jena

Klinik für Neurologie, Biomagnetisches Zentrum

Philosophenweg 3, 07740 Jena

Tel./Fax: (0 49) 0 36 41 - 63 53 53

Doz. Dr. **Wolfgang Oelßner**

Abteilungsleiter am Kurt-Schwabe-Institut für Meß- und Sensortechnik e.V.

Arbeitsgebiet ist die elektrochemische Meßtechnik

Kurt-Schwabe-Institut für Meß- und Sensortechnik e.V.

Fabrikstraße 69, 04736 Meinsberg

Tel.: (0 49) 03 43 27 - 9 02 71, Fax: (0 49) 03 43 27 - 9 02 74

Univ.-Prof. Dr. techn. Dr. h.c. **Fritz Paschke**

Universitätsprofessor am Institut für Allgemeine Elektrotechnik und Elektronik der Technischen Universität Wien,

Arbeitsgebiete sind allgemeine Elektrotechnik und industrielle Elektronik

TU Wien

Institut für Allgemeine Elektrotechnik und Elektronik

Gußhausstraße 27-29/359, A-1040 Wien

Tel.: (0 43) 1 - 5 88 01 38 34, Fax: (0 43) 1 - 5 05 26 66

**Heinz Petig**

Arbeitsgebiet ist die chemische Sensorik

RWE Holding AG Essen,

Kruppstr. 5, 45128 Essen

Tel.: (0 49) 02 01 - 1 22 22 49

Prof. Dr.-Ing. Dr. h.c. **Thomas Pfeifer**

Leiter der Abteilung Meßtechnik des Fraunhofer-Instituts für Produktionstechnologie

Lehrstuhl für Fertigungsmeßtechnik und Qualitätsmanagement am Laboratorium für Werkzeugmaschinen und Betriebslehre der RWTH Aachen Arbeitsgebiet ist die Fertigungstechnologie

RWTH Aachen

Werkzeugmaschinenlabor

Steinbachstraße 53, 52074 Aachen

Tel.: (0 49) 02 41 - 80 74 12, Fax: (0 49) 02 41 - 8 88 82 93

Dipl.-Phys. **Gabriele Pfeiffer**  
 Wiss. Mitarbeiter an der Fachhochschule Jena  
 Fachhochschule Jena  
 Tatzendpromenade 16, 07745 Jena  
 Tel.: (0 49) 0 36 41 - 64 34 82

Dr. rer. nat **Bernd Reinhold**  
 Geschäftsführer der RJM Rheinmetall Jenaoptik Optical Metrology GmbH Jena  
 Arbeitsgebiet ist die Bildverarbeitung  
 RJM GmbH  
 Lobstedter Str. 107-109, 07749 Jena  
 Tel.: (0 49) 0 36 41 - 6 76 50, Fax: (0 49) 0 36 41 - 67 65 10

Dipl.-Ing. **Uwe Richter**  
 Produktmanager Digital Imaging in der RJM GmbH  
 Arbeitsgebiete sind Digitaleameratechnik, Bildverarbeitung, CCD-Technik  
 Lobstedter Str. 107-109, 07749 Jena  
 Tel.: (0 49) 0 36 41 - 67 65 43, Fax: (0 49) 0 36 41 - 67 65 41

Univ.-Doz. Dipl.-Ing. Dr. techn. **Karl Riedling**  
 Assistenzprofessor am Institut für Allgemeine Elektrotechnik und Elektronik der  
 Technischen Universität Wien  
 Arbeitsgebiete sind Mikroelektronik, Halbleitertechnologie und Messdatenerfassung  
 TU Wien  
 Institut für Allgemeine Elektrotechnik und Elektronik  
 Gußhausstraße 27-29/359, A-1040 Wien  
 Tel.: (0 43) 1 - 5 88 01 38 46, Fax: (0 43) 1 - 5 05 26 66

Univ.-Prof. Dr. **Wilhelm Rippl**  
 Universitätsprofessor am Fachbereich Umwelt und Gesellschaft der TU Berlin, Leiter des Fachgebiets Lim-  
 nologie  
 Arbeitsgebiet ist Limnologie  
 TU Berlin  
 Fachbereich Umwelt und Gesellschaft  
 Fachgebiet Limnologie  
 Hellriegelstraße 6, 14195 Berlin  
 Tel.: (0 49) 30 - 3 14 - 7 13 41, Fax: (0 49) 30 - 8 23 - 96 67

Dipl.-Ing. **Andrej Sak**  
 Ph.D. Aspirant am Institut für Radioelektronik der TU Kosice  
 Arbeitsgebiet ist Mikroprozessortechnik

TU Kosice  
 Lehrstuhl für Radioelektronik  
 Letna 9/A, 04120 Kosice (Slovakia)  
 Tel./Fax: (0 42) 95 - 3 05 77

Dr. **Jürgen Sander**  
 Arbeitsgebiet ist Sensorik  
 Dornier GmbH, Abt. F4NIF  
 88039 Friedrichshafen  
 Tel.: (0 49) 0 75 45 - 8 42 01

**Dr. Klaus-Dieter Schierbaum**

Mitarbeiter des Institut

Arbeitsgebiete sind Katalyse, Chemische Wechselwirkungen, Sensorik

Eberhard-Karls-Universität Tübingen

Institut für Physikalische und Theoretische Chemie

Auf der Morgenstelle 8, 72076 Tübingen

Tel.: (0 49) 0 70 71 - 29 52 82, Fax: (0 49) 0 70 71 - 29 69 10

**Prof. Dr. sc. nat. Hans-Peter Schmauder**

Geschäftsführer im Forschungszentrum für Medizintechnik und Biotechnologie e V.

Arbeitsgebiete sind Mikrobiologie, Biotechnologie, Umweltbiotechnologie

Geranienweg 7, 99947 Bad Langensalza

Tel.: (0 49) 0 36 03 - 83 31 40, Fax: (0 49) 0 36 03 - 83 31 50

**Univ.-Prof. Dr.-Ing. A. Seeliger**

Direktor des Institutes für Bergwerks- und Huttenmaschinenkunde

Arbeitsgebiete sind die Rechnergestützte Bergwerksplanung, Maschinenmeßtechnik und Schwingungsanalyse

RWTH Aachen

Institut für Bergwerks- und Huttenmaschinenkunde

Wullnerstraße 2, 52056 Aachen

Tel.: (0 49) 02 41 - 80 38 44, Fax: (0 49) 02 41 - 8 88 82 27

**Prof. Dr. Milos Somora**

Direktor des Technologieparks INTERMIKRA

Leiter des Lehrstuhls für Hybridmikroelektronik an der TU Kosice

Arbeitsgebiet ist Aufbau- und Verbindungstechnologie

TU Kosice

Lehrstuhl für Hybridmikroelektronik

Letna 9/A, 04120 Kosice (Slowakei)

Tel./Fax: (0 42) 95 - 3 05 77

**Peter Svasek**

Techniker am Institut für Allgemeine Elektrotechnik und Elektronik der Technischen Universität Wien

Arbeitsgebiete sind Elektronik und Aufbau von Sensorsystemen

TU Wien

Institut für Allgemeine Elektrotechnik und Elektronik

Gußhausstraße 27-29/359, A-1040 Wien

Tel.: (0 43) 1 - 5 88 01 37 10, Fax: (0 43) 1 - 5 05 26 66

**Univ.-Doz. Dr. techn. Gerald Urban**

Leiter des Ludwig Boltzmann-Instituts für Biomedizinische Mikroelektronik am Institut für Allgemeine Elektrotechnik und Elektronik der Technischen Universität Wien

Arbeitsgebiete sind Sensorik und Mikroelektronik

TU Wien

Institut für Allgemeine Elektrotechnik und Elektronik

Gußhausstraße 27-29/359, A-1040 Wien

Tel.: (0 43) 1 - 5 88 01 36 72, Fax: (0 43) 1 - 5 05 26 66

**Dipl.-Ing. Mehdi Varahram**

Wiss. Mitarbeiter am Institut für Allgemeine Elektrotechnik und Elektronik der

Technischen Universität Wien

Arbeitsgebiet ist Dick- und Dünnschichttechnologie für Sensorik

TU Wien  
 Institut für Allgemeine Elektrotechnik und Elektronik  
 Gußhausstraße 27–29/359, A-1040 Wien  
 Tel.: (0 43) 1 - 5 88 01 36 71, Fax: (0 43) 1 - 5 05 26 66

**Dr. Norbert Volk**  
 Arbeitsgebiet ist Biotechnologie  
 MLU Halle-Wittenberg  
 Institut für Bioverfahrens- und Reaktionstechnik  
 Geusaer Straße, 06217 Merseburg  
 Tel.: (0 49) 0 34 61 - 46 28 21, Fax: (0 49) 0 34 61 - 46 28 22

**Dipl.-Ing. Hartmut Wachter**  
 Geschäftsführer des Ingenieurbüro Wachter GmbH  
 Arbeitsgebiet sind Geratetechnische Konzepte  
 Ingenieurbüro Wachter GmbH  
 Am Rothenbach 18, 99610 Sommerda  
 Tel.: (0 49) 0 36 34 - 2 20 02, Fax: (0 49) 0 36 34 - 3 44 29

**J. Weidemann**  
 Arbeitsgebiet ist die Meßtechnik  
 RWTH Aachen  
 Institut für Bergwerks- und Huttenmaschinenkunde  
 Wullnerstraße 2, 52056 Aachen  
 Tel.: (0 49) 02 41 - 80 38 44, Fax: (0 49) 02 41 - 8 88 82 27

**Dipl.-Ing. Werner Winkler**  
 Freier Mitarbeiter am Institut für Allgemeine Elektrotechnik und Elektronik der  
 Technischen Universität Wien  
 Arbeitsgebiete sind Elektronik und Schaltungstechnik  
 TU Wien  
 Institut für Allgemeine Elektrotechnik und Elektronik  
 Gußhausstraße 27–29/359, A-1040 Wien  
 Tel.: (0 43) 1 - 5 88 01 38 35, Fax: (0 43) 1 - 5 05 26 66

**Dr. Michael Winterstein**  
 Arbeitsgebiete sind Neuronale Netze und Fuzzylogic  
 BUNA GmbH Schkopau, Abt. Analytik  
 Postfach 215, 06202 Merseburg

**J. Zosel**  
 Wissenschaftlicher Mitarbeiter am Kurt-Schwabe-Institut für Meß- und Sensortechnik e.V.  
 Arbeitsgebiete sind chemische Sensoren und Laser-Doppler Anemometrie  
 Kurt-Schwabe-Institut für Meß- und Sensortechnik e.V.  
 Fabrikstraße 69, 04736 Meinsberg  
 Tel.: (0 49) 03 43 27 - 9 02 71, Fax: (0 49) 03 43 27 - 9 02 74

## 内 容 简 介

原著《多传感器技术及其应用(Multisensorikpraxis)》,由德国 Springer 出版社于 1997 年出版,是在多传感器技术应用方面不可多得的好书。该书集聚了 50 多位科学家和专家在多传感器技术方面的理论知识和应用的经验。

本书分成二大部分,共 23 章。多传感器基础部分包括:多传感器系统的数学描述、实验计算方法、化学传感器阵列、电路接口、生物传感器、汽车电子、CCD 传感器和生物传感器阵列;多传感器应用部分主要介绍多传感器系统在防腐蚀、血液、水文、大脑磁场、电机保护、轧机过程、防火、农业水土保持、废水处理、生物过程、集成电路制造和温度控制方面和应用,并简述了智能控制的方法,如人工神经网络和模糊控制,远程通信方法在多传感器系统中实现等。

本书可作为有关专业研究生的教材,也可供从事检测和控制等领域工作的科研和工程技术人员参考。

本书化学传感器阵列和生物传感器的内容由作者 Ahlers 博士与同济大学中德学院西门子自动化技术教研室合作进行深入研究,并得到我国“国家重点基础研究”专项经费资助(G1998030417)。

# 目 录

## 第一部分 多传感器基础

|                                |    |
|--------------------------------|----|
| 第 1 章 多传感器系统描述分析的数学方法 .....    | 3  |
| 1.1 实际传感器系统描述 .....            | 3  |
| 1.1.1 模型建工 .....               | 4  |
| 1.1.2 实际系统性能描述 .....           | 8  |
| 1.2 基于调整和自我组织的传感器系统优化 .....    | 21 |
| 1.2.1 系统参数的目标化调整 .....         | 21 |
| 1.2.2 基于自我组织的系统变化 .....        | 30 |
| 1.2.3 传感器系统及其神经网络学习算法的应用 ..... | 30 |
| 第 2 章 基于实验的多元素优化技术 .....       | 32 |
| 2.1 实验优化技术 .....               | 32 |
| 2.2 高斯-塞德实验优化方法 .....          | 33 |
| 2.3 Box-Wilson 实验优化方法 .....    | 33 |
| 2.4 建模方法 .....                 | 34 |
| 2.5 实验系数的确定 .....              | 34 |
| 2.6 实验规划 .....                 | 35 |
| 2.7 模型适应性 .....                | 36 |
| 2.8 实验计划 .....                 | 37 |
| 2.9 标准化优化问题 .....              | 43 |
| 2.10 多元素优化算法 .....             | 44 |
| 2.11 标准优化问题的折中集合 .....         | 45 |
| 2.12 随机折中集合的确定 .....           | 47 |
| 第 3 章 化学传感器:基础以及在阵列中的应用 .....  | 50 |
| 3.1 引言 .....                   | 50 |
| 3.1.1 化学传感器的定义及其分类 .....       | 50 |
| 3.1.2 化学传感器工作原理概况 .....        | 51 |
| 3.2 金属氧化物的电子电导传感器 .....        | 55 |
| 3.2.1 检测原理和材料要求概况 .....        | 55 |
| 3.2.2 偏压-电导关系(“校准曲线”) .....    | 58 |
| 3.2.3 交流测量信号 .....             | 63 |
| 3.2.4 半导体传感器的多传感器应用 .....      | 64 |
| 3.3 聚合物和有机保持架连接传感器 .....       | 66 |

|                                 |           |
|---------------------------------|-----------|
| 3.3.1 聚合物和有机保持架的辨识结构 .....      | 66        |
| 3.3.2 聚硅氧烷空间吸收的动力学和热力学 .....    | 68        |
| 3.3.3 聚硅氧烷在传感器阵列中的应用 .....      | 71        |
| 3.3.4 聚合物热量传感器 .....            | 72        |
| 3.3.5 聚合物电容传感器 .....            | 74        |
| 3.3.6 聚合物光学传感器 .....            | 76        |
| 3.3.7 有机保持架化合物(超分子) .....       | 77        |
| <b>第4章 多传感器电路技术</b> .....       | <b>80</b> |
| 4.1 引言 .....                    | 80        |
| 4.1.1 用于产生信号的多传感器 .....         | 80        |
| 4.1.2 用于信号处理的电路技术 .....         | 81        |
| 4.1.3 分类 .....                  | 81        |
| 4.2 敏感元件 .....                  | 81        |
| 4.2.1 两端口元件作为信号源 .....          | 82        |
| 4.2.2 四端口元件作为信号源 .....          | 84        |
| 4.3 用于敏感两端口元件的电路 .....          | 84        |
| 4.3.1 从电压源采集信号 .....            | 84        |
| 4.3.2 从电流源采集信号 .....            | 85        |
| 4.3.3 从电阻上采集信号 .....            | 86        |
| 4.3.4 从电容上采集信号 .....            | 88        |
| 4.3.5 从电感上采集信号 .....            | 89        |
| 4.3.6 积分电路信号采集 .....            | 90        |
| 4.3.7 微分信号采集 .....              | 91        |
| 4.3.8 R,C 和 L 相组合的信号采集 .....    | 91        |
| 4.3.9 比较电路和电桥电路 .....           | 91        |
| 4.4 敏感四端口电路 .....               | 92        |
| 4.4.1 电压控制电流源电路的信号采集 .....      | 92        |
| 4.4.2 电流控制电流源电路的信号采集 .....      | 93        |
| 4.4.3 无源 RC 和 RCL 电路的信号采集 ..... | 94        |
| 4.4.4 由无源延迟环节采集信号 .....         | 94        |
| 4.5 信号处理电路 .....                | 95        |
| 4.5.1 时间多路转换开关 .....            | 95        |
| 4.5.2 频率多路转换开关 .....            | 95        |
| 4.5.3 脉冲序列多路转换开关 .....          | 95        |
| <b>第5章 生物活性传感器(BAS)</b> .....   | <b>97</b> |
| 5.1 引言 .....                    | 97        |
| 5.2 生物传感器的共性和限制 .....           | 97        |
| 5.2.1 概念 .....                  | 97        |
| 5.2.2 测量系统结构 .....              | 100       |
| 5.3 测量过程 .....                  | 101       |

|            |                         |            |
|------------|-------------------------|------------|
| 5.3.1      | 电流式微生物传感器的测量过程          | 101        |
| 5.3.2      | 可处理和可测量的量               | 102        |
| 5.3.3      | 影响测量量的干扰因素              | 103        |
| 5.4        | 仪器和材料                   | 104        |
| 5.5        | 在环境保护领域中的应用             | 104        |
| 5.5.1      | 分解谱类型                   | 105        |
| 5.5.2      | 剂量-作用关系                 | 107        |
| 5.5.3      | 感应状态的优化                 | 108        |
| 5.6        | 在方法设计和方法优化中的应用          | 109        |
| 5.6.1      | 动力学参数的获取                | 109        |
| 5.6.2      | 最优工作评价准则的获取             | 111        |
| 5.7        | 在基础研究中的应用               | 111        |
| 5.8        | 展望                      | 113        |
| <b>第6章</b> | <b>具有多传感器的汽车电子</b>      | <b>115</b> |
| 6.1        | 引言                      | 115        |
| 6.2        | 汽车里的多传感器技术              | 117        |
| 6.3        | 汽车里的多传感器                | 118        |
| 6.4        | 在安全性重要的系统中使用的传感器        | 119        |
| 6.4.1      | 用于气囊的加速度传感器             | 119        |
| 6.4.2      | 短路环传感器                  | 121        |
| 6.4.3      | 接近式电容式角度传感器             | 122        |
| 6.5        | 机械装置和极限值监测              | 123        |
| 6.5.1      | “爆击”传感器                 | 123        |
| 6.5.2      | $\lambda$ 探头            | 124        |
| 6.6        | 安全性不重要系统中的传感器           | 125        |
| 6.6.1      | 距离和速度传感器                | 126        |
| 6.6.2      | 燃料质量传感器                 | 126        |
| 6.7        | 展望                      | 128        |
| <b>第7章</b> | <b>采用 CCD 传感器的多通道配置</b> | <b>130</b> |
| 7.1        | 引言                      | 130        |
| 7.2        | CCD 元件配置                | 130        |
| <b>第8章</b> | <b>生物传感器阵列</b>          | <b>136</b> |
| 8.1        | 引言                      | 136        |
| 8.2        | 测量方法,可能的传感器组成和干扰因素      | 136        |
| 8.3        | 生物传感器和传感器阵列结构的基本原理      | 138        |
| 8.4        | 应用举例                    | 141        |

## 第二部分 多传感器应用举例

|            |                     |            |
|------------|---------------------|------------|
| <b>第9章</b> | <b>用于腐蚀性测量的多传感器</b> | <b>149</b> |
|------------|---------------------|------------|

|        |                                               |     |
|--------|-----------------------------------------------|-----|
| 9.1    | 引言 .....                                      | 149 |
| 9.2    | 腐蚀测量的电化学方法 .....                              | 149 |
| 9.3    | 传感器 .....                                     | 150 |
| 9.4    | 多测量装置 .....                                   | 153 |
| 9.5    | 实现 .....                                      | 155 |
| 第 10 章 | SENSORiCCARD <sup>®</sup> 和计算机组成的多传感器系统 ..... | 160 |
| 10.1   | 问题的提出 .....                                   | 160 |
| 10.2   | 解决方案 .....                                    | 160 |
| 10.3   | 方案实施 .....                                    | 162 |
| 10.4   | 传感器软件 SENSORiCSOFT <sup>®</sup> .....         | 162 |
| 10.5   | 软件模块 .....                                    | 164 |
| 第 11 章 | 用于葡萄糖和乳酸盐监测的微型集成生物传感器 .....                   | 167 |
| 11.1   | 问题的提出 .....                                   | 167 |
| 11.2   | 解决方案及其规划 .....                                | 167 |
| 11.3   | 实现 .....                                      | 169 |
| 11.4   | 总结 .....                                      | 175 |
| 第 12 章 | 水文监测 .....                                    | 177 |
| 12.1   | 问题的提出 .....                                   | 177 |
| 12.2   | 解决方案 .....                                    | 179 |
| 12.3   | 解决方案实现 .....                                  | 180 |
| 12.3.1 | 传感器和信号预处理 .....                               | 182 |
| 12.3.2 | 数据采集模块 .....                                  | 183 |
| 12.3.3 | 电源 .....                                      | 184 |
| 12.3.4 | 数据处理软件 .....                                  | 184 |
| 12.4   | 总结 .....                                      | 186 |
| 第 13 章 | 大脑磁场的多通道记录 .....                              | 188 |
| 13.1   | 问题的提出 .....                                   | 188 |
| 13.2   | 传感器和测量方法 .....                                | 190 |
| 13.3   | 解决方案:生物磁场测量系统 .....                           | 193 |
| 13.4   | 结果 .....                                      | 193 |
| 13.5   | 总结 .....                                      | 196 |
| 第 14 章 | 多传感器配置中的一些问题 .....                            | 198 |
| 14.1   | 问题的提出 .....                                   | 198 |
| 14.2   | 解决方法 .....                                    | 200 |
| 14.3   | 方案实现 .....                                    | 203 |
| 14.4   | 总结 .....                                      | 208 |
| 第 15 章 | 多传感器系统的状态诊断和过程监控 .....                        | 209 |
| 15.1   | 问题的提出 .....                                   | 209 |
| 15.2   | 解决方法及实现 .....                                 | 209 |
| 15.3   | 铝带快速精轧辊机的监控 .....                             | 217 |