

传感器应用丛书

智能建筑传感器

[瑞士] O. 嘎斯曼 [德] H. 梅克斯纳 编著

陈祥光 姜波 曹鑫 译

丛书主编: J. 黑塞 J.W. 加德纳 W. 戈佩尔



化学工业出版社

材料科学与工程出版中心

传 感 器 应 用 丛 书

智能建筑传感器

[瑞士] O. 嘎斯曼 [德] H. 梅克斯纳 编著

陈祥光 姜波 曹鑫 译

丛书主编: J. 黑塞 J. W. 加德纳 W. 戈佩尔



化学工业出版社
材料科学与工程出版中心

· 北 京 ·

(京) 新登字 039 号

图书在版编目(CIP)数据

智能建筑传感器/[瑞士] 嘎斯曼 (Gassmann O.), [德] 梅克斯纳 (Meixner H.) 编著; 陈祥光, 姜波, 曹鑫译. —北京: 化学工业出版社, 2005. 1

(传感器应用丛书)

书名原文: Sensors in Intelligent Buildings

ISBN 7-5025-6179-X

I. 智… II. ①嘎…②梅…③陈…④姜…⑤曹… III. 智能建筑-智能控制-传感器 IV. TU855

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2004) 第 102616 号

Sensors in Intelligent Buildings Edited by O. Gassmann, H. Meixner

ISBN 3-527-29557-7

Copyright©2001 by Wiley-VCH Verlag GmbH D-69469 Weinheim. All rights reserved.

Authorized translation from the English language edition published by Wiley-VCH Verlag GmbH D-69469 Weinheim.

本书中文简体字片由 Wiley-VCH 出版公司授权化学工业出版社独家出版发行。未经许可, 不得以任何方式复制或抄袭本书的任何部分。

北京市版权局著作权合同登记号: 01-2003-2856

智能建筑传感器

[瑞士] O. 嘎斯曼 [德] H. 梅克斯纳 编著

陈祥光 姜波 曹鑫 译

丛书主编: J. 黑塞 J. W. 加德纳 W. 戈佩尔

责任编辑: 丁尚林 邢 涛

文字编辑: 韩庆利 李玉峰

责任校对: 李 林

封面设计: 潘 峰

*

化学工业出版社 出版发行

材料科学与工程出版中心

(北京市朝阳区惠新里 3 号 邮政编码 100029)

发行电话: (010) 64982530

http:// www. cip. com. cn

*

新华书店北京发行所经销

大厂聚鑫印刷有限责任公司印刷

三河市延风装订厂装订

开本 720mm×1000mm 1/16 印张 28½ 字数 496 千字

2005 年 1 月第 1 版 2005 年 1 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5025-6179-X/TN·13

定 价: 58.00 元

版权所有 违者必究

该书如有缺页、倒页、脱页者, 本社发行部负责退换

丛书前言

微电子的运用在测量和控制技术中变得日益重要，因此，对合适的传感器的需求也日益增加。自 20 世纪 70 年代中期起，传感器技术在十年内飞速发展，以至于迫切需要出版一些书籍来说明迄今为止传感器技术到底获得了哪些成就。应出版者 WILEY-VCH 要求，由德国 Tübingen 大学的 Wolfgang Göpel、德国 Carl Zeiss 公司的 Joachim Hesse 和美国 Philadelphia 大学的 Jay Zesity 负责编辑，在 1995 年和 1998 年出版了名为《传感器》的系列丛书，共 8 卷，内容覆盖了当今不同的应用领域。这些材料均根据基本的物理定律收集和编写，反映了相关方法和产品各自的发展和成熟程度。此书主要是从设计工程师和研究人员的角度编写的，新的技术发展都会通过每年的 1~2 期名为《现代传感器》的增刊发布。

然而，丛书出版者和编辑们从一开始就同意这样的观点，即最终的传感器用户只想看到涉及他们各自专门技术或科学领域的文章。可以肯定地说，20 世纪 90 年代以来，传感器技术在应用中得到重大发展，现在已经成为许多工业过程和系统中不可或缺的部分。因此，推出一个新的系列丛书《传感器应用》是十分必要的。WILEY-VCH 再次委托 Wolfgang Göpel 和 Joachim Hesse 起草这一丛书，但不幸的是 Wolfgang Göpel 在 1999 年 6 月死于一场车祸，他没有看到本书的出版。Warwick 大学的 Julian Gardner 已经接替了他的工作，但为了纪念 Wolfgang，仍将他列入合作编辑的名单中。

《传感器应用》系列丛书主要研究在关键技术、经济部门和系统中的传感器应用：传感器在制造业、智能建筑、医疗保健、汽车、航空航天、环境工程及家用电器中的应用。丛书每一册都由各行业专家编写。每一册书可能在某些方面（如主题叙述上）存在不同，但不论哪个方面，丛书都会强调有关过程和系统中的如下问题：使用什么样的传感器，在哪儿使用，为什么使用，如何使用以及会为用户带来什么好处。当然，对过程和系统本身也会在本书中进行概括介绍，而且本书还会密切关注和预测未来可能的发展和应用。实际的传感器功能只有在了解它们与过程和系统的关系时才能清楚。基本定律可以在早期的《传感器》和《现代传感器》中看到。

系列丛书的编辑们对贡献专业知识并担任本书编辑或写作的专家们表示衷心的感谢。我们也对出版商表示深深的感谢，尤其要感谢 Peter Gregory 博士。

Jörn Ritterbusch 博士和 Claudia Barzen 博士，他们对本书的细节编辑提出了许多建设性的意见，为整部书的出版提供了帮助。相信我们的努力一定会受到读者的认可。

Oberkochen 和 Coventry, 2000. 11

Joachim Hesse
Julian W. Gardner

前 言

在建筑控制领域，能够观察到一个明显的更加“智能化”的趋势。在过去的二十年中，在智能建筑领域已进行了大量的研究。为了调整与适应其居住者，智能建筑集成了来自传感器系统、计算机自动化、空间材料以及能源管理领域的新技术。为了操作起来如同一个能达到最佳性能和最佳舒适度的集成系统，集成传感器系统对建筑物的室内外条件及其设备进行判断。现代建筑成为一个居住者与建筑机构之间多层互动的场所。

借助于传感器应用系列丛书中的《智能建筑传感器》这卷书，编者的目的是给读者提供一个目前应用在建筑领域的传感器和传感器系统恰当的、全面的概述。本书的主要目的是为从事传感器开发、应用及研究的科学家和工程师提供在建筑控制领域传感器的详细参考。新的系统解决方案和多种类型的传感器将应用在诸如能源与 HVAC、信息和传输、安全和保护、维护与设施管理等建筑领域。

本书是由国际研究院所、大学及公司的一流科学家编著的，如香港城市大学、Coactive Networks、多特蒙德应用科学大学、Estia Sàrl 弗朗禾费计算机图形研究院、弗朗禾费信息和数据处理研究院、弗朗禾费微电子和系统研究院、GMD 安全远程合作研究院、摩托罗拉、飞利浦研究实验室、普渡大学、圣约瑟国立大学、Sauter、辛德勒电梯和电动扶梯公司、西门子建筑技术、西门子公司技术、西门子能源和自动化、西门子 Landis&Staefa 电子技术、瑞士电子和微技术中心（CSEM）、瑞士联邦技术学院（EPFL）、Media 实验室、麻省理工学院（MIT）、慕尼黑工业大学、Transtechno、慕尼黑联邦大学、佛蒙特州大学、维也纳理工大学、Viterro 能源公司、Weinzierl 工程公司。

本书的重点基于在整个建筑控制领域中越来越重要的系统理论。本书的目的是阐述在何种子系统中应用何种传感器和传感器系统，解释应用特定传感器的决定性原因，并概括地阐述未来的发展，而不是简要介绍不同类型的传感器。在所有章节中，在系统描述后，都对当前使用的传感器进行了讨论。其中包括讨论传感器的优缺点，特别是阐释了这些传感器得以应用于工业建筑领域的原因。在每个领域都对即将出现的传感器和传感器系统进行简要概述，这也是根据子系统的发展方向问题以及因此所需的新型传感器问题推断出来的。

这本书是由许多人共同编著而成的，我们非常感谢那些花费宝贵时间将他们

的研究成果和经验与科研团体共同分享的作者们，特别要感谢 Verena Klaassen，他在这本书的筹划过程中给予了我们不可估价的帮助。同时对出版社和系列丛书编辑的卓有成效的合作表示衷心感谢。

O. 嘎斯曼，H. 梅克斯纳

2001 年 2 月于 琉森和慕尼黑

译者前言

在智能建筑中，新技术的应用领域是十分广泛的。必须从基础、技术以及经济前景来评价这种机遇。正如 Winston Churchill 曾经说过，“我们建造了建筑物，而此后，建筑又塑造了我们”。

随着社会发展和人们生活水平的提高，对建筑环境也有不同的需求：隐居与舒适、安全与保障、安静、明亮、空气质量、环境卫生、能源效率、方便的废弃物处理与再利用以及随处可见的通信娱乐活动。

智能建筑中的家庭设施、安全及能量控制需要机械的、热的、电的、电磁的、辐射的、化学的以及生物的多类型的传感器。而智能建筑中的传感器系统正朝着高性能的传感器、新型传感器、多传感器、接口的标准化、微型化、集成化、低成本的方向发展。住宅内的电器设施可直接连接到外部网络（如因特网、局域网电信网）或住宅区网络上，实现远程监视、诊断及管理，从而提高服务的效率，降低交通费用。

本书汇集了国际上智能建筑领域中的最新研究成果，书中的各章节由来自高等院校、科研机构、大型企业和公司的知名专家学者编著。以通俗易懂的形式介绍了智能建筑中各类传感器的基本原理与特点，基于检测原理、系统构成及信息管理，针对智能建筑的多样性和复杂性，从能源与 HVAC、信息和传输、安全和保护、维护和设施管理以及系统技术等较全面地介绍了智能建筑中的传感器系统。

本书是一本综合性的、多学科的专著，从基本概念、原理分析、系统设计及其应用结果评价，内容丰富广泛。书中对不同类型的传感器、检测技术、舒适模型、控制算法、计算机应用技术、信息传输技术、系统网络技术、安全与监视技术以及系统维护与管理等作了全面的介绍。以工程应用为背景，着重阐述智能建筑中的各类传感器、典型探测器的传感及检测原理、HVAC 系统中的常规控制算法和基于人工智能的控制算法、空气质量的检测与管理、舒适模型的建立及其性能指标、建筑中的无线网络和现场总线技术、生命安全和保护系统、智能建筑中的设施维护与管理、智能建筑中系统的集成技术等。这些内容都反映了该领域的最新进展，比较切合我国智能建筑自动化领域科技人员的实际需要。

本书在翻译过程中，陈雁和徐绍剑同志做了大量工作，并提出了不少宝贵意见，在此谨表衷心的感谢。

限于译者的水平，书中错误和欠妥之处在所难免，恳请读者批评指正。

译者

2004年5月于北京

对本书做出贡献的人员名单

M. E. BARNARD
Philips Research Laboratories
Wireless Sector
Cross Oak Lane
Redhill, Surrey RH1 5HA
England

M. BAUER
Estia Sàrl
Parc Scientifique EPFL
1015 Lausanne
Switzerland

T. BERNARD
Fraunhofer Institute for Information
and Data Processing IITB
Fraunhofer Strasse 1
76131 Karlsruhe
Germany

J. BICHSEL
Sauter SA
Im Surinam 55
4016 Basel
Switzerland

L. BINTERNAGEL
Technische Universität München
Lehrstuhl für Messsystem-
und Sensortechnik
80290 München
Germany

C. BUSCH
Fraunhofer Institute for Computer
Graphics Research IGD
Rundeturmstrasse 6
64283 Darmstadt
Germany

D. DIETRICH
Vienna University of Technology
Institute of Computer Technology
Gusshausstrasse 27-29
1040 Wien
Austria

H.-E. ENDRES
Fraunhofer Institute of Microelectronic
Circuits and Systems IMS
Leonrodstrasse 54
80636 München
Germany

P. FISCHER
University of Applied Sciences
Dortmund
Sonnenstrasse 171
44137 Dortmund
Germany

P. L. FUHR
San José State University
Department of Electrical Engineering
1, Washington Square
San José, CA 95192
USA

O. GASSMANN
Schindler Elevators & Escalators
R&D-Technology Management
Zugerstrasse 13
6030 Ebikon/Luzern
Switzerland

A. HAMDY
Transtechno GmbH
Schädtrütistrasse 67
6006 Luzern
Switzerland

B. HOSTICKA
Fraunhofer Institute of Microelectronic
Circuits and Systems IMS
Finkenstrasse 61
47057 Duisburg
Germany

D. R. HUSTON
University of Vermont
Department of Mechanical
Engineering
Burlington, VT 05405
USA

J. KAHN
Siemens Energy and Automation Inc.
Industrial Systems & Technical
Services Division
900 Westpark Drive, Suite 100
Peachtree City, GA 30269
USA

O. KANOUN
University of the Bundeswehr, München
Institute for Measurement and Control
Werner-Heisenberg-Weg 39
85577 Neubiberg
Germany

J. KRAUSS
Swiss Center for Electronics
and Microtechnology (CSEM)
Industrial Control
Rue Jaquet-Droz 1
2007 Neuchâtel
Switzerland

H.-B. KUNTZE
Fraunhofer Institute for Information
and Data Processing IITB
Fraunhofer Strasse 1
76131 Karlsruhe
Germany

R. KUNZ
Schindler Elevators & Escalators
R&D-Hoistway and Car
Zugerstrasse 13
6030 Ebikon/Luzern
Switzerland

Y. KYSELYTSYA
Technische Universität München
Lehrstuhl für Messsystem-
und Sensortechnik
80290 München
Germany

D. LOY
Coactive Networks
4000 Bridgeway Suite 303
Sausalito, CA 94965
USA

Y. LÜTHI
Siemens Building Technologies AG
Landis & Staefa Division
Gubelstrasse 22
6301 Zug
Switzerland

E. MARCHESI
Schindler Elevators & Escalators
R&D-Technology Management
Zugerstrasse 13
6030 Ebikon/Luzern
Switzerland

R. MEISINGER
Siemens Building Technologies AG
Landis & Staefa Division
Gubelstrasse 22
6301 Zug
Switzerland

H. MEIXNER

Siemens Corporate Technology
Otto-Hahn-Ring 6
81739 München
Germany

K. MNIF

Motorola SA
Avenue du Général Eisenhower
Le Mirail
31023 Toulouse
France

N. MOREL

Swiss Federal Institute of Technology
(EPFL)
LESO-PB
1015 Lausanne
Switzerland

D. MROZINSKI

Siemens Landis & Staefa Electronic
GmbH
Sondershäuser Landstr. 27
99974 Mühlhausen
Germany

G. MÜGGE

Viterra Energy Services AG
Grugaplatz 4
45131 Essen
Germany

W. MÜLLER

Technische Universität München
Lehrstuhl für Messsystem-
und Sensortechnik
80290 München
Germany

A. PENTLAND

The Media Laboratory Massachusetts
Institute of Technology (MIT)
20 Ames Street
Cambridge, MA 02139
USA

G. PFISTER

Siemens Building Technologies AG
Cerberus Products/Alarmcom
Alte Landstrasse 411
8708 Männedorf
Switzerland

R. REINEMA

GMD Institute
for Secure Telecooperation
GMD-SIT
Rheinstrasse 75
64295 Darmstadt
Germany

P. RYSER

Swiss Federal Institute of Technology
(EPFL)
Département de Microtechnique
1015 Lausanne
Switzerland

T. SAUTER

Vienna University of Technology
Institute of Computer Technology
Gusshausstrasse 27-29
1040 Wien
Austria

F. SCHNEIDER

Technische Universität München
Lehrstuhl für Messsystem-
und Sensortechnik
80290 München
Germany

T. SCHLÜTSMEIER

Technische Universität München
Lehrstuhl für Messsystem-
und Sensortechnik
80290 München
Germany

B. SCHREYER

Technische Universität München
Lehrstuhl für Messsystem-
und Sensortechnik
80290 München
Germany

L. A. SLIVOVSKY
Purdue University
Haptic Interface Research Laboratory
1285 Electrical Engineering Building
West Lafayette, IN 47907-1285
USA

R. STOLYAR
Technische Universität München
Lehrstuhl für Messsystem-
und Sensortechnik
80290 München
Germany

A. T. P. So
City University of Hong Kong,
Department of Building
and Construction
Tat Chee Avenue, Kowloon
Hong Kong
China

H. Z. TAN
Purdue University
Haptic Interface Research Laboratory
1285 Electrical Engineering Building
West Lafayette, IN 47907-1285
USA

M. THUILLARD
Siemens Building Technologies AG
Cerberus Products/Alarmcom
Alte Landstrasse 411
8708 Männedorf
Switzerland

H.-R. TRÄNKLER
University of the Bundeswehr, München
Institute for Measurement and Control
Werner-Heisenberg-Weg 39
85577 Neubiberg
Germany

B. W. L. TSE
City University of Hong Kong
Department of Building
and Construction
Tat Chee Avenue, Kowloon
Hong Kong
China

T. WEINZIERL
Weinzierl Engineering
Bahnhofstrasse 6
84558 Tyrlaching
Germany

M. WENZLER
Siemens Building Technologies AG
Landis & Staefa Division
Gubelstrasse 22
6301 Zug
Switzerland

K. WERTHSCHULTE
Technische Universität München
Lehrstuhl für Messsystem-
und Sensortechnik
80290 München
Germany

G. WESTERMEIR
Technische Universität München
Lehrstuhl für Messsystem-
und Sensortechnik
80290 München
Germany

D. WÖLFLE
Technische Universität München
Lehrstuhl für Messsystem-
und Sensortechnik
80290 München
Germany

内 容 提 要

书中以系统应用及功能需求为主线分别介绍了智能建筑的五个领域（能源和 HVAC、信息和传输、安全和保障、维护和设备管理、系统技术）中的多种类型传感器和新的系统解决方案。

在能源和 HVAC 领域，主要描述了智能空调控制系统、自投运加热控制系统、空气质量的检测与管理、建筑物系统中基于最优传感器的能量管理和热舒适、用于 HVAC 工业的压力传感器的几种解决方案；在信息和传输领域，对现场总线、作了综述，重点讨论了适用传感器、遥测技术等低功耗、低频带的无线内部网络，解释了现代高升电梯的高速驾驶控制系统主要取决于拥有快速而精确的传感器，提出了未来智能办公楼的感知用户接口的关键问题；在安全和保障领域，综述了智能建筑中生命安全和保障系统，概述了用于进出控制的生物传感鉴别、CMOS 成像、改进建筑场所安全性的新的传感系统和技术；在维护和设备管理领域，叙述了工业安装中的新型维护管理，讨论了世界范围内设备管理的可能性；在系统技术领域，概述了智能建筑物中传感器系统的一般趋势，简述了私人住宅的系统技术。

本书主要为从事传感器开发、应用及研究的科技人员和工程师提供在建筑控制领域传感器的详细参考，也可作为智能建筑自动化领域的科技人员和工程人员的参考书籍。

目 录

第 1 章	绪论	1
1.1	智能建筑中的传感器：回顾与发展趋势	1
1.1.1	引言	1
1.1.2	智能建筑的发展方向	2
1.1.2.1	减少资源消耗	3
1.1.2.2	最方便和更舒适	4
1.1.2.3	增大微系统技术的影响	6
1.1.2.4	增大新通信系统的影响	7
1.1.2.5	智能住宅市场的发展	8
1.1.2.6	高度集成化的建筑物：未来 E-生活智能建筑物	8
1.1.2.7	气动建筑物结构：空气顶盖	10
1.1.3	传感器系统的发展趋势	12
1.1.4	智能建筑中的传感器系统	15
1.1.4.1	能源与 HVAC	16
1.1.4.2	信息和传输	16
1.1.4.3	安全和保护	17
1.1.4.4	维护和设施管理	17
1.1.4.5	系统技术	18
1.1.5	参考文献	18
第 2 章	能源与 HVAC	19
2.1	智能空调控制	19
2.1.1	引言	19
2.1.2	传感器的常规技术指标	19
2.1.3	HVAC 传感器要点综述	20
2.1.3.1	温度传感器	20
2.1.3.2	压力传感器	20
2.1.3.3	流速传感器	22
2.1.3.4	湿度传感器	23
2.1.3.5	舒适传感器	24

2.1.3.6	室内空气质量传感器	25
2.1.3.7	室内占用传感器	25
2.1.3.8	烟雾传感器	26
2.1.4	基于计算机观测的 HVAC 控制	27
2.1.4.1	计算机监视系统	28
2.1.4.2	立体摄像系统的标准化	29
2.1.4.3	光子流速度场的计算	29
2.1.4.4	像素的对应性	30
2.1.4.5	像素点的模糊集	31
2.1.5	基于 Internet 的 HVAC 系统的监视与控制	32
2.1.5.1	基于 Internet 具有图像传输的建筑自动化的基本原理	32
2.1.5.2	BAS 网站	34
2.1.6	基于 PMV 的 HVAC 控制	34
2.1.6.1	基于舒适控制的组成部分	36
2.1.6.2	控制算法	38
2.1.6.3	计算机仿真	38
2.1.6.4	仿真结果	41
2.1.7	结论	43
2.1.8	参考文献	43
2.2	NEUROBAT——一种利用神经网络的自投运加热控制系统	44
2.2.1	引言	44
2.2.2	控制概念	45
2.2.2.1	方法论	45
2.2.2.2	控制器方块图	46
2.2.2.3	最优控制算法	48
2.2.2.4	应用传感器和 NEUROBAT 控制器类型	49
2.2.3	控制器性能评价	49
2.2.3.1	仿真研究	49
2.2.3.2	在办公室内的比较测试	51
2.2.4	在居民楼实现功能测试的原型样机	54
2.2.4.1	工业 NEUROBAT 样机	54
2.2.4.2	1999~2000 加热季节的实验结果	54
2.2.5	结论	60
2.2.6	参考文献	60
2.3	空气质量检测与管理	61

2.3.1	引言	61
2.3.2	室内空气中的物质	61
2.3.3	空气质量检测传感器	63
2.3.4	传感器系统与空气质量检测阵列	66
2.3.5	长期空气质量估计的例子	69
2.3.6	二氧化碳检测	69
2.3.7	VOC 传感器	71
2.3.8	总结与展望	72
2.3.9	致谢	73
2.3.10	参考文献	73
2.4	基于传感器的能源管理和热舒适	74
2.4.1	推动力	74
2.4.2	控制原理	75
2.4.3	多目标模糊最优化的理论方法	77
2.4.3.1	基本算式	77
2.4.3.2	重要特点	77
2.4.3.3	不同性能指标的加权	78
2.4.3.4	模型方程	78
2.4.4	HVAC 系统监控的应用	79
2.4.4.1	舒适指标	79
2.4.4.2	节省指标	79
2.4.4.3	加热温度的最优化	79
2.4.4.4	空气交换速率的最优化	81
2.4.4.5	百叶窗位置的最优化	85
2.4.5	仿真与测量结果	86
2.4.5.1	加热和通风系统的监控	88
2.4.5.2	加热和百叶窗系统的监控	91
2.4.6	结论	92
2.4.7	参考文献	92
2.5	使测量装置可实现的无线和 M 总线	93
2.5.1	引言	93
2.5.2	远程读数的益处	94
2.5.2.1	用户	94
2.5.2.2	能源供应商与记账服务提供者	95
2.5.2.3	业主与财产管理	95