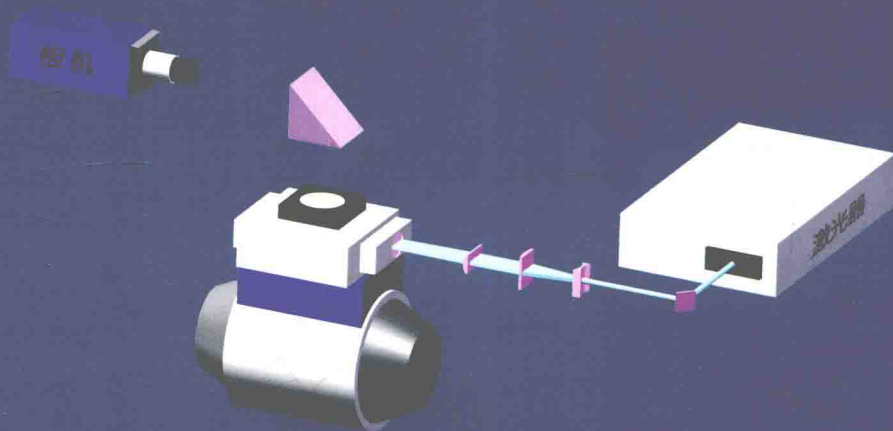


Applied Combustion Diagnostics

应用燃烧诊断学

【德】Katharina Kohse-Höinghaus 【美】Jay B. Jeffries 主编

刘晶儒 叶景峰 陶波 瞿谱波 译



国防工业出版社
National Defense Industry Press



CRC Press
Taylor & Francis Group

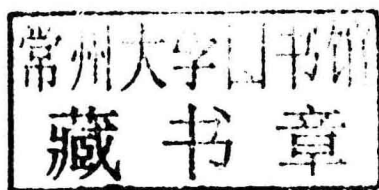
应用燃烧诊断学

Applied Combustion Diagnostics

[德] Katharina Kohse - Höinghaus 主编

[美] Jay B. Jeffries

刘晶儒 叶景峰 陶波 瞿谱波 译



国防工业出版社

·北京·

著作权合同登记 图字:军-2015-151号

图书在版编目(CIP)数据

应用燃烧诊断学 / (德) 凯瑟琳娜·柯西 - 霍因豪斯, (美) 杰·B. 杰夫瑞主编; 刘晶儒等译. —北京: 国防工业出版社, 2017. 8

书名原文: Applied Combustion Diagnostics

ISBN 978-7-118-11385-3

I. ①应… II. ①凯… ②杰… ③刘… III. ①燃烧学 - 诊断学
IV. ①O643.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 190235 号

Translation from the English Language Edition:

Applied Combustion Diagnostics by Katharina Kohse - Hoinghaus and Jay B. Jeffries

Copyright © 2002 by Taylor & Francis Group LLC.

All Rights Reserved.

Authorized Translation from English Language Edition Published by CRC Press, part of Taylor & Francis Group LLC.

本书简体中文版由 Taylor & Francis Group LLC 授权国防工业出版社独家出版发行。

版权所有,侵权必究。

※

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 100048)

腾飞印务有限公司印刷

新华书店经售

※

开本 710 × 1000 1/16 插页 4 印张 39 字数 708 千字

2017 年 8 月第 1 版第 1 次印刷 印数 1—2000 册 定价 198.00 元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

国防书店: (010)88540777

发行邮购: (010)88540776

发行传真: (010)88540755

发行业务: (010)88540717

序

编写本书的想法构建于1999年在意大利 Il Ciocco 召开的“燃烧流场激光诊断 Gordon 研究会议”上,我很荣幸作为该次会议的主席,副主席是斯坦福大学的 Jay Jeffries 博士。对于燃烧过程,基于合适的技术进行诊断,并对其物理化学基础进行探测和研究,是该领域技术革新与进步的前提。在本书中,很多知名学者为各自的技术和领域写了指南性的介绍,并提供了应用案例。尽管本书编写于十多年前,但书中的知识仍然具有指导意义,本书可作为深入研究与学习的良好起点。

作为2004-2010年的 *Combustion and Flame* 编辑,以及2012-2016年的国际燃烧协会主席,我见证了中国燃烧研究团队的飞速发展与壮大,我非常高兴本书的中文译本将与读者见面。当前,中国正处于从新兴经济向具有竞争力的工业化国家转型阶段,其发电、交通运输以及工业过程的能量消耗主要来源于燃烧,因此燃烧技术在中国处于全局重要性的位置,特别是涉及化石燃料排放的相关技术。鉴于上述原因,在清洁和可持续技术革新方面的投入显得尤为重要,包括地面和空中运输工具的新型燃料及与之相关的先进燃烧过程。在向清洁替代燃料转换过程中,面临的主要挑战源自对基础燃烧现象的理解。本书所描述的原位诊断技术可为燃烧过程提供准确和直接的实验数据,也是燃烧技术进一步发展必须依赖的支撑之一。

随着更多的中国燃烧实验室采用先进的激光方法,明智的投资方式是训练学生具备使用诊断技术从燃烧器件及发动机获取必要信息的能力,而这些燃烧器件大多数位于工程性的实验室中。对于年轻的研究人员,从物理层面理解诊断技术的原理将非常有助于诊断技术及其他激光技术的成功使用。当前面临一些潜在的挑战,例如通光特性、空间和时间分辨率、多维或多组分成像以及定量反演中可能需要的复杂理论知识等,这些还只是一些必须要掌握的具体技术。此外,未来还需要掌握复杂的化学反应网方面的大量知识,例如描述特定燃料点火特性的低温反应过程、从碳烟前驱物分子到形成纳米颗粒物的反应过程。目前,针对这两个问题的合适的诊断途径才开始出现,但又至关重要,这是由于生物质燃料的引入,以便降低排放对当前空气质量及健康的影响。新一代研究人员之中的工程师、物理学家和化学家之间最好从学生阶段便相互合作,这将会对燃烧流场激光诊断技术产生深远的影响。

自本书编写以后,也出现了一些非常有价值的燃烧诊断技术,包括基于同步

辐射光源的分子束质谱技术。此外,激光和光学、化学动力学和量子化学、计算方法和燃烧模型等方面的进一步成熟使得当前需要综合考虑上述学科——这是另一个跨学科合作的领域。采用激光方法精细探测燃烧系统是非常有价值的,而对同一燃烧系统进行数值仿真也同样具有价值。然而,若二者联合起来,即两边的专家能够有力地结合,将会进一步加深对燃烧发展及优化所需的基础知识的理解。希望本书所阐述的技术能够为中国学者追求可持续发展和更清洁的环境提供帮助。

Katharina Kohse – Höinghaus
Chair of Physical Chemistry
2016 年 11 月于比勒菲尔德

Foreword

The idea of this book was conceived at a Gordon Research Conference on Laser Diagnostics in Combustion in Il Ciocco, Italy, 1999, which I had the pleasure to organize as the Chair, together with Dr. Jay Jeffries, Stanford University, as the Vice Chair. Gaining insight into combustion processes as they happen using suitable techniques, with an aim to detect and understand the physico – chemical basis of the observed phenomena, is a prerequisite for technological innovation and development. Eminent researchers have written tutorial introductions into respective techniques and fields, and have provided examples for their applications. Although the book has been written more than a decade ago, the knowledge gained remains relevant. It can thus serve as a good starting point for further reading and study.

As editor of *Combustion and Flame*, 2004 – 2010, and as President of the Combustion Institute, 2012 – 2016, I could witness the rapid development and growth of the combustion research community in China, and I am extremely pleased to see that the book is now being made available in a Chinese translation. Because of the scale of primary energy consumed for power generation, in transportation, and for industrial processes in China associated with its still recent transition from an emerging economy to a competitively industrialized country, the state of combustion technology in China is of global importance, especially regarding emissions from fossil fuel sources. It is thus of eminent importance to invest thought and imagination into clean and sustainable technologies, including advanced ground and air transportation fuels in combina-

tion with advanced combustion processes. With a shift towards such cleaner alternatives, challenges arise in understanding their fundamental principles. *In situ* diagnostics to provide accurate experimental data and direct insight into the process as described in this book is one of the pillars on which further development must rely.

With more combustion laboratories in China having access to advanced laser methods, a wise investment will be the training of students who will use and apply them to obtain the much – needed information from combustors and engines that are mostly hosted by engineering laboratories. For these young researchers, it will be highly useful to understand the principles from physics that make these and other laser – based techniques successful. Considerations of potential challenges such as optical access, spatial and temporal resolution, multi – dimensional or multi – species imaging, and complex theory that may be needed for quantitative evaluation, are only some details that must be mastered. Also, much of the needed knowledge for the future involves complicated chemical reaction networks, such as fuel – specific low – temperature reactions needed to describe ignition, or the reactions from the molecular soot precursor phase to nascent particles. These are two problems for which suitable diagnostic approaches are only emerging, but which are of high importance because of the introduction of biofuels and to abate the current impact of emissions on air quality and health. Collaboration between engineers, physicists, and chemists of the coming researcher generation, if possible already in the student phase, will thus be important to obtain high impact and return from laser diagnostics in combustion.

Since the book has been written, further highly valuable techniques in combustion diagnostics have been introduced, including molecular beam mass spectrometry using synchrotron photon sources. Also, lasers and optics, chemical kinetics and quantum chemistry, computational methods and combustion modeling, have matured further and should now be considered jointly – another area that needs collaboration across disciplines. It is valuable to perform a laser experiment to characterize a combustion system, as it is of similar value to perform a computer simulation of such a system. However, if both are done jointly, with experts of both sides joining forces, deeper understanding as a basis for development and optimization will be gained. Hopefully, application of such techniques as described in this book will serve to assist Chinese researchers in their quest for sustainable processes and a cleaner environment.

Bielefeld, November 2016
Katharina Kohse – Hönighaus
Chair of Physical Chemistry

译 者 序

燃烧是当今世界上能量转换的主要方式之一,广泛应用于能源、电力、交通运输等重要领域。燃烧又是多学科交叉的领域,涉及工程热物理、化学、流体力学、地球物理、生态学等学科。谢苗诺夫(前苏联诺贝尔奖获得者)早在1956年就指出:火和电是推动人类技术前进的两个主要杠杆,然而我们对古老的火的了解远远不如对年轻的电的了解。国际上,许多发达国家从20世纪80年代起就大力开展燃烧理论、实验及诊断技术研究,极大地促进了汽车、飞机、火箭等发动机技术的发展,并在提高燃烧效率和降低污染排放等方面发挥了重要作用。我国对燃烧领域的研究起步较晚,近年来开始快速发展。2014年,“面向发动机湍流燃烧的基础研究”列为国家自然科学基金重大研究计划,2016年,《政府工作报告》将航空发动机列为重大专项。

习近平主席2016年5月30日在全国科技创新大会上强调:“必须坚持走中国特色自主创新道路,面向世界科技前沿,面向经济主战场,面向国家重大需求,加快各领域科技创新,掌握全球科技竞争先机。”燃烧领域正是符合习主席倡导的三个面向的科技领域,事关国家安全和经济社会发展的全局。有效地利用能源、提高燃烧效率和减小燃烧产生的污染至关重要,而面临的主要挑战源自对基础燃烧现象的理解。

这是一本介绍当前急需发展的、用于解决燃烧基础和应用问题的激光诊断方法的综述性教材。本书由德国的Katharina Kohse-Höinghaus教授和美国Jay B. Jeffries博士主持编著。Katharina Kohse-Höinghaus教授在激光诊断学用于燃烧化学反应、化学气相沉积和生物学研究中具有丰富的经验,1994年被德国比勒菲尔德大学聘为全职化学教授,2004-2010年任*Combustion and Flame*编辑,2012-2016年任国际燃烧协会主席,2016年获中国政府友谊奖。Jay B. Jeffries博士主要研究方向为激光诊断技术在燃烧、等离子体和大气等研究中的应用,2000年加入斯坦福大学机械工程系高温气体动力学实验室,是美国光学学会光学物理分会前任主席,*Journal of Applied Optics*期刊专题编辑,在1999年和2001年分别担任激光燃烧诊断学术Gordon会议副主席、主席。

在本书中,该领域的46个权威专家对激光诊断方法及其应用进行了综述性介绍。这些专家来自不同的研究小组,在各章中他们不仅提供了自身或他人的

研究和应用事例,而且列出了详细的参考文献。尽管本书编写于十多年前,但具有非常重要的指导意义。本书可作为学习燃烧诊断技术的良好起点,为深入研究当前激光诊断技术和应用以及后续发展提供指导。

全书分三部分共 27 章。本书的第一部分(第 1-9 章)综述了激光诊断技术,讨论了如何精确测量微量组分浓度、温度和流场特性的方法,突出介绍了激光诱导荧光技术、非线性光学技术、腔衰荡光谱技术、短脉冲激光诊断技术、激光诱导白炽光技术、激光成像技术及高时空分辨测量技术。

第二部分(第 10-18 章)主要介绍激光诊断技术在解决实际燃烧问题中的应用进展,主要围绕催化燃烧、火焰抑制、燃烧控制、污染探测和燃气轮机等开展研究。

最后一部分(第 19-27 章)讨论了尚未解决的燃烧学问题以及激光诊断技术为解决这些问题所具有的潜力。全书的最后,对激光诊断学后续预期的发展和可能涌现的技术进行了展望。

刘晶儒负责了第 1 和第 27 章的翻译、对其余各章翻译初稿的校对以及全书的统稿;叶景峰负责了第 7、8、9、10、13、14、19、22 章的翻译,并参加了统稿;陶波负责了第 4、5、6、11、15、18、21、25、26 章的翻译,并参加了统稿;瞿谱波负责了第 2、3、12、16、17、20、23、24 章以及书中图表的翻译,并完成了全书初步的格式统一。

译者所在的团队从 1996 年开始从事激光燃烧诊断技术及其应用的研究,为翻译本书奠定了技术基础。非常感谢国家高技术发展计划和国家自然科学基金对本研究工作给予的立项和经费支持。衷心感谢西北核技术研究所、激光与物质相互作用国家重点实验室对本项目和本书翻译工作的支持。在全书统稿过程中,译者与本团队的胡志云、张振荣、王晟等同志进行了讨论,他们认真阅读了书稿,并提出了不少中肯的修改建议,在此一并表示感谢。特别感谢本书的原主编之一德国比勒菲尔德大学 Katharina Kohse-Höinghaus 教授为本书作序,非常感谢上海交通大学齐飞教授对本书翻译工作的鼓励和支持,诚挚感谢国防工业出版社对本书出版工作给予的大力支持和帮助。

本书是一本兼具基础性和前沿性的专著,是本领域科研人员十分有用的参考书,也可作为相关专业研究生的教材。由于水平所限,译文中难免存在错误和不足之处,敬请读者批评指正,译者将不胜感谢。

刘晶儒
2017 年 4 月

前 言

这是一本介绍当前急需发展的、用于解决燃烧基础和应用问题的激光诊断方法的综述性教材。在处于高压、高温等严苛环境的现代燃烧系统中,基于激光的测量技术是重要的诊断工具。这些诊断方法可以为燃烧基础研究提供测量手段,同时也能在实际燃烧装置中,为燃烧效率最大化、污染最小化提供经验性的解决策略。

本书是该领域众多权威专家对激光诊断方法及其应用的观点简述。在作者团队中,许多来自不同的研究小组,他们通过自身及他人的研究和应用事例以及全面的文献调研编著各章节,旨在为本学科提供教学指南,为当前激光诊断的应用提供指导,为后续待解决的问题及长远发展指明方向。

本书的第一部分综述了广泛应用的激光诊断技术。详细介绍了用于探测化学反应中间微量组分浓度的方法,并突出介绍了激光诱导荧光、非线性光学方法和腔衰荡光谱技术;介绍了用于碳烟颗粒监测的激光诱导白炽光技术中定量标定问题;讨论了如何精确测量温度——这个燃烧中重要参量的方法;针对实际燃烧中化学反应和流动的相互作用,介绍了理解层流和湍流燃烧的重要工具——激光成像技术;在流场诊断和更多维度诊断章节中,主要关注了高时空分辨燃烧测量问题。

第二部分主要介绍激光诊断技术在解决实际燃烧问题中最新的应用进展,主要围绕催化燃烧、火焰抑制、燃烧控制和燃气轮机等开展研究。首先,讨论了在重要的富燃火焰中应用基于激光的诊断技术对化学反应、多环芳香烃和碳烟的监测;然后,自然地过渡到发动机中两相流动和燃料雾化等章节;最后,详细介绍了应用激光诊断技术研究发动机中的污染形成。

最后一部分讨论了尚未解决的燃烧学问题,以及激光诊断技术在为这些问题提供解决方案上具有怎样的潜力。主要针对当前在精细的化学反应模型、气体系面的催化燃烧、主动燃烧控制和商用燃气轮机等研究中待解决的问题,讨论了对诊断测量的需求。本书结尾三章讨论了燃烧污染排放对大气的影 响,和两个有希望为大气中污染组分监测提供在线监测工具的 诊断方案。全书的最后,对激光诊断学后续预期的发展和可能涌现的技术进行了展望。

本书各章分别为独立的一部分,对当前技术现状、应用和展望进行了简明的评述。涉及其他章节的交叉引用贯穿了本书的始终,以便于读者通过相关章节获取更加详细的信息。本书有多种使用方法:作为燃烧诊断学教材从头到尾进行细致阅读,或者将独立的章节作为相关技术的参考资料,还可以通过浏览不同章节以启发科研思路。通过对本书的阅读,机械工程专业研究生可在燃烧和实验方法课程之外获得更多的知识,激光诊断技术人员可以了解到不同的激光诊断技术的优缺点,勤奋的学生能够快速了解到基于激光的燃烧测量技术现状。

1999年“燃烧场激光诊断技术 Gordon 会议”筹办过程中,我们看到了激光诊断技术应用于燃烧学问题研究的非凡进展。因此,2000年夏,Norman Chigier 教授提出让 Katharina Kohse - Höinghaus 教授主持编著或编辑一本燃烧诊断学书籍的建议。在爱丁堡国际燃烧学会议期间,Norman Chigier 教授又对本书编写思路给予了很大鼓励,于是作者开始组织相关的著作团队开展本书的编写。

我们必须感谢非常多的人,正是在他们的大力支持下,本书才可能得以成型。首先,感谢46个参与编写的作者,这些专家在我们非常紧迫的出版计划时间内,撰写完成了整部书的全部内容。另外,要感谢53个审稿人,他们占用宝贵时间阅读书稿,并及时地对每一章提出了中肯的建设性意见。

Katharina Kohse - Höinghaus 非常感谢比勒菲尔德大学令人激情四射的工作环境,以及同事和学生们给予的支持和建议,他们经常讨论至深夜。尤其是与 Burak Atakan 博士、Andreas Brockhinke 博士和 Heidi Bohm 博士在科学上的交流互动是非常有益的。还要非常感谢德国研究基金会和 Chemischen 工业基金对作者研究工作的支持,本书的研究进展都离不开他们。KKH 还要特别感谢她的丈夫 Klaus Peter Kohse 和女儿 Eva,对于该书编著过程中对家庭生活带来的影响,他们表现出非凡的宽容和耐心。

Jay B. Jeffries 向斯坦福大学的 Ronald K. Hanson 教授表示诚挚的谢意,感谢他的支持鼓励和科学上的深入讨论。Ronald K. Hanson 教授创造了很好的基础科学和应用研究环境,作者非常愉快能够与他以及他的研究小组中能力超强的学生们一起工作。同时 JBJ 也要感谢在斯坦福国际研究院(SRI)的同事 David Crosley 和 Gregory Smith,是他们将作者带入燃烧诊断这一精彩的研究领域,并在过去的18年里给予作者热情的帮助。还要感谢美国空军科研局、NASA 埃姆斯大学联盟、海军科研局给予的经费支持。最后, JBJ 感谢妻子 Robin Jeffries 的理解和支持,本书的编著几乎占用了他所有的业余时间。

非常感谢 Robert Bedford、Catherine Caputo 和他们的工作机构 Taylor & Francis 出版社以及 Richard Cook 对本书出版相关工作的支持。出版著作对于我们来说是个新的挑战,他们的辛勤劳动才使得本书得以顺利出版。

另外, 特别感谢 Katharina Kohse – Höinghaus 在比勒菲尔德大学的秘书 Regine Schroder 全程协调工作, 其卓越的协调能力实现了各作者及审稿专家的高效沟通, 为本书顺利按时完成提供了保障。

我们衷心希望通过本书, 能够增强读者关于激光诊断技术用于燃烧过程、燃烧系统和燃烧问题研究的知识。并希望本书能够在您的课堂、实验室以及在解决特定问题的过程中提供有益的帮助。

比勒菲尔德大学化学系物理化学专业 Katharina Kohse – Höinghaus
斯坦福大学机械工程系高温气体动力学实验室 Jay B. Jeffries
2001 年 12 月

编者简介

Katharina Kohse – Höinghaus, 自然科学博士, 在激光诊断学用于燃烧化学反应、化学气相沉积和生物学研究中具有丰富的经历。作为德国航空研究中心成员, 她曾在美国斯坦福大学、斯坦福国际研究院(Stanford Research Institute International, SRI International)、法国航空航天国防研究实验室(French Aeronautics, Space and Defense Research Lab, ONERA)从事假期研究。1993年获海森堡奖, 1994年成为德国比勒菲尔德大学全职化学教授, 是*Combustion and Flame*期刊编委会成员。2002年担任国际燃烧学大会研讨会主席, 并在1997年和1999年分别担任激光燃烧诊断 Gordon 学术会议副主席、主席。

Jay B. Jeffries, 哲学博士, 主要研究方向为激光诊断技术在燃烧、等离子体和大气等研究中的应用。他曾在匹兹堡大学担任研究助理教授3年, 在美国斯坦福国际研究院的分子物理实验室工作17年。2000年, 加入斯坦福大学机械工程系高温气体动力学实验室。他曾是美国光学学会光学物理分会及基础和应用光谱技术研究专题前任主席, *Journal of Applied Optics* 期刊专题编辑。在1999年和2001年分别担任激光燃烧诊断 Gordon 学术会议副主席、主席。

参与编写作者

Marcus Aldén
Lund Institute of Technology
Department of Combustion Physics
PO Box 118
S - 2210Lund
Sweden
email:marcus.alden@forbrf.lth.se

Mark G. Allen
Physical Sciences Inc.
20New England Business Center
Andover, MA 01810 - 1022
USA
email:allen@psicorp.com

Burak Atakan
Universität Bielefeld
Fakultät für Chemie, PC I
Universitätsstr. 25
D - 33615Bielefeld
Germany
email:atakan@uni-bielefeld.de

Thierry Baritaud
Ferrari Gestione Sportiva
Via Ascari, 55 - 57
I - 41053 Maranello (MO)

Italy
email:tbaritaud@ferrari.it

Robert S. Barlow
Sandia National Laboratories
Division 8351
MS 9051
Livermore, CA 94551 - 0969
USA
email:barlow@sandia.gov

Heidi Böhm
Deutsches Zentrum für Verbrennung-
technik
Pfaffenwaldring 38 - 40
D - 70569Stuttgart
Germany
email:heidi.boehm-vt@dlr.de

Ulrich Boesl
Technische Universität München
Institut für Physikalische und Theore-
tische Chemie
Lichtenbergstr. 7
D - 85748 Garching
Germany
email:ulrich.boesl@ch.tum.de

Kenneth Brezinsky
University of Illinois at Chicago
Department of Mechanical Engineering
810 S. Clinton St. (M/C 110)
Chicago, IL 60607
USA
email: kenbrez@uic.edu

Andreas Brockhinke
Universität Bielefeld
Fakultät für Chemie, PC I
Universitätsstr. 25
D - 33615 Bielefeld
Germany
email: andreas@pcl.uni-bielefeld.de

Sébastien Candel
Laboratoire E. M2. C.
Ecole Centrale de Paris
Grande Voie des Vignes
F - 92295 Châtenay - Malabry
France
email: candel@em2c.ecp.fr

Campbell D. Carter
Innovative Science Solutions, Inc
2786 Indian Ripple Road
Dayton, OH 45440 - 3638
USA
email: campbell.carter@wpafb.af.mil

David R. Crosley
SRI International

Molecular Physics Laboratory
333 Ravenswood Avenue
Menlo Park, CA 94025
USA
email: drc@mplvax.sri.com

Olaf Deutschmann
Ruprecht Karls Universität
Heidelberg
Interdisziplinäres Zentrum für Wissen-
schaftliches Rechnen
Im Neuenheimer Feld 368
D - 69120 Heidelberg
Germany
email: deutschmann@iwr.uniherdel-
berg.de

Nicolas Docquier
Institut Français du Pétrole
1 et 4, Avenue de Bois - Préau
F - 92852 Rueil Malmaison Cedex
France
email: nicolas.docquier@ifp.fr

Thomas Dreier
Universität Stuttgart
Institut für Technische
Verbrennung
Pfaffenwaldring 12
D - 70569 Stuttgart
Germany
email: dreier@itv.uni-stuttgart.de

Andreas Dreizler

Technische Universität Darmstadt
Fakultät für Maschinenbau
Petersenstr. 30
D – 64287 Darmstadt
Germany
email: dreizler@hrz2.hrz.tudarmstadt.de

Paul Ewart
Oxford University
Clarendon Laboratory
Parks Road
Oxford OX1 3PU
UK
emial: p.ewart@physics.oxford.ac.uk

Susan L. Fischer
University of California
School of Public Health
140 Warren Hall, MC 7360
Berkeley, CA 94720 – 7360
USA
email: sfischer@uclink4.berkeley.edu

James W. Fleming
U. S. Naval Research Laboratory
Combustion Dynamics Section
Code 6185
4555 Overlook Avenue SW
Washington, DC 20375 – 5342
USA
email: fleming@code6185.nrl.navy.mil

Edward R. Furlong

General Electric Co.
One Research Circle
Schenectady, NY 12309
USA
email: furlonger@crd.ge.com

Douglas A. Greenhalgh
Cranfield University
School of Mechanical Engineering
Cranfield
Bedford MK43 0AL
UK
email: d.a.greenhalgh@cranfield.ac.uk

Ronald K. Hanson
Stanford University
Thermosciences Division
Department of Mechanical Engineering
Stanford, CA 94305 – 3032
USA
email: hanson@me.stanford.edu

Werner Hentschel
Volkswagen AG
Forschung und Entwicklung –
Messtechnik
Brieffach 1785
D – 38436 Wolfsburg
Germany
email: werner.hentschel@volkswagen.de

Johannes Janicka

Technische Universität Darmstadt
Fakultät für Maschinenbau
Petersenstr. 30
D – 64287 Darmstadt
Germany
email: janicka@hrzl.hrztu.darmstadt.de

Jay B. Jeffries
Stanford University
Mechanical Engineering
Thermosciences Division, Bldg. 520
Stanford, CA 94305 – 3032
USA
email: jay.jeffries@stanford.edu

Mark Jermy
Cranfield University
School of Mechanical Engineering
Cranfield
Bedford MK43 0AL
UK
email: m.jermy@cranfield.ac.uk

Clemens F. Kaminski
University of Cambridge
Department of Chemical
Engineering
Pembroke Street
Cambridge CB2 3RA
UK
email: clemens_kaminski@cheng.cam.ac.uk

Katharina Kohse – Höinghaus
Universität Bielefeld
Fakultät für Chemie, PC 1
Universitätsstr. 25
D – 33615 Bielefeld
Germany
email: kkh@pcl.uni-bielefeld.de

Charles E. Kolb
Aerodyne Research Inc.
45 Manning Rd.
Billerica, MA 01821 – 3976
USA
email: kolb@aerodyne.com

Catherine P. Koshland
University of California
School of Public Health
140 Warren Hall MC 7360
Berkeley, CA 94720 – 7360
USA
email: ckosh@uclink4.berkeley.edu

Alfred Leipertz
Universität Erlangen – Nürnberg
Lehrstuhl für Technische
Thermodynamik
Am Weichselgarten 8
D – 91058 Erlangen
Germany
email: sek@ltt.uni-erlangen.de

Mark A. Linne
Colorado School of Mines

Division of Engineering
Golden, CO 80401
USA
email:mlinne@mines.edu

45 Manning Rd.
Billerica, MA 01821 - 3976
USA
email:ddn@aerodyne.com

Marshall B. Long
Yale University
Department of Mechanical
Engineering
PO Box 208284
New Haven, CT 06520 - 8284
USA
email:marshall.long@yale.edu

Frederik Ossler
Lund Institute of Technology
Division of Combustion Physics
PO Box 118
S - 2210Lund
Sweden
email:frederik.ossler@forbrf.lth.se

Andrew McIlry
Sandia National Laboratories
MS 9055
PO Box 969
Livermore, CA 94551 - 0969
USA
email:amcplr@sandia.gov

Robert W. Pitz
Vanderbilt University
Mechanical Engineering Department
Box 1592, Station B
Nashville, TN 37235
USA
email:robert.w.pitz@vanderbilt.edu

Richard B. Miles
Princeton University
Department of Mechanical and Aero-
space Engineering
Room D - 414, Engineering
Quadrangle, Olden St.
Princeton, NJ 08544
USA
email:miles@princeton.edu

Robert J. Santoro
The Pennsylvania State University
Research Building East, Room 240
Bigler Road
University Park, PA 16803
USA
email:rjs2@psu.edu

David D. Nelson
Aerodyne Research Inc.

Christopher R. Shaddix
Sandia National Laboratories
MS 9052
PO Box 969
Livermore, CA 94551 - 0969