新世纪化学传感器的研究和发展

——记第八届化学传感器国际会议

周志刚 □

文章编号：1006-883X（2000）11-0001-04

注：国家自然科学基金资助项目

编者注：第 8 届化学传感器国际会议于 2000 年 7 月 2~5 日在瑞士巴塞尔召开，我国清华大学的周志刚教授作为国际执行委员会主席主持了此次会议。本刊特别邀请周志刚教授著此文，向广大读者介绍此次会议的情况，并展望未来化学传感器的研究发展方向与趋势，本刊代表广大读者向周志刚教授致以谢意。

关键词：化学传感器、IMCS-8

一、会议概况

第 8 届化学传感器国际会议（The 8th International Meeting on Chemical Sensors, 简称 IMCS-8）已于 2000 年 7 月 2~5 日在瑞士巴塞尔召开。会议由瑞士 Neuchatel 大学 Milena Koudelka-Hep 教授担任大会主席。

会议回顾了 1983 年日本福冈（IMCS-1）以来近 17 年化学传感器的发展和近几年的最新成就。世界各国向会议提交了创记录的 600 篇摘要，经评审后在会议上发表论文 484 篇，其中 185 篇口头报告，289 篇张贴报告（含大会特邀报告 3 篇、小会邀请报告 9 篇），内容涉及传感原理与机制、新材料、新型传感技术、分子印迹聚合物（简称 MIP）、信号处理、光学器件、电化学器件、生物传感器、声学器件、气体传感器、微系统分析环境监测、光可寻址电位测量传感器（简称 LAPS）和味觉/嗅觉等 15 个方面，主要集中在气体传感器、电化学传感器、生物传感器、环境监测和味觉/嗅觉等 5 个方面，点全部论文的 81%，可见这五个方面是当代化学传感器的重点领域。

此次参加会议的共有 52 个国家和地区 561 人。其中以日本、德国、美国、瑞士、意大利的参会人数最多，占总数的 50%左右。值得注意的是我国近几年化学传感器的研究已经得到了可喜的进展，特别是 1998 年 7 月在我国北京召开第七届化学传感器国际会议（IMCS-7）后，进展很大，此次我国包括台湾地区共有 26 人参加了会议。

此外，此次会议还确定了第九次化学传感器国际会议 IMCS-9 将于 2002 年 7 月中旬在美国波士顿举行，由美国国家标准和技术研究院（NIST）Howard Weetall 担任大会主席。会议将在不迟于 2001 年 2 月前发出第一轮通知。2004 年的 IMCS-10 将在日本举行，由日本长崎大学 M.Egashisa 担任大会主席。此次 IMCS-8 会议录将于 2001 年 7 月由 Elserier 出版社公开发行。

二、邀请报告和受到关注的我国学者发表的论文

1、大会邀请报告

①大有希望的极限生物敏感技术—从单分子至极大和复杂分子检测（日本东京工业大学 Masao Aizawa）；

②化学和生物传感器：难以大量生产（美国俄亥俄大学 Marc J. Madou）；

③分子和超分子器件的设计（法国 Louis Pasteur 大学 J-M. Lehn）；

2、小会邀请报告

①以四苯基卟吩分散相为基的聚合物阵列中光化学 HC1 气体检测（日本爱媛大学 Y. Sadaoka 等）；

②量子级激光器—一种新光源—中红外传感器系列（奥地利维也纳技术大学 B. Mizai Koff 等）；

③阵列技术：承诺和挑战（美国国家癌症研究所 J. W. Jacobson）；

④聚合物离子选择电极膜离子通量的调制：低检测极限，改善选择性和新的敏感原理（瑞士联邦技术学院 E. Prestsch 等）；

⑤扫描电化学显微镜活细胞成像（日本 Tohoku 大学 T. Matsue）；

⑥微渗析探针：以硅技术为基配有微渗析探针的分析微系统（荷兰 Twente 大学 P. Bereveld）；

⑦由工程化造孔蛋白质控制的随机探测（美国 Texas A&M 大学 H. Bayley）；

⑧分子印迹方法制备分子识别元件（瑞典 Lund 大学 M. Kempe）；

⑨由定域微电化学判定的微电极（德国 RuHr-University Bochum, W. Schuhmann）。

3、受到关注的我国学者发表的论文

我国学者在此次会议共发表论文 43 篇（大陆 30 篇、台湾 13 篇），其中 8 篇为口头报告。它们是：

①钙钛矿型 PTCR 陶瓷 CO 气体传感器（清华大学周志刚等）；

②MoO_3/TiO_2 气敏纳米薄膜的微观结构特征（中科院上海硅酸盐研究所 Y. X. Li 等）；

③聚吡咯改性尿素传感器的生化响应（东莞工学院 Cheng Fa-Liang 等）；

④阵列式微机械生物传感器（中科院上海冶金所朱建中等）；

⑤微细加工生物传感器的发展：加工、电化学特征和应用（上海师范大学章宗骧等）；

⑥液检测相用的传感器阵列 味觉仪的发展（浙江大学 MinPan 等）；

⑦电化学共沉积的聚吡咯-聚乙烯醇气敏检测特性（台湾云林科技大学 C. W. Lin 等）；

⑧以富勒烯 C_{60} 为基的压电晶体膜化学传感器（台湾师范大学 J.-S.Shih 等）。

三、重点发展的研究领域

环境保护和监控、疾病的预防和治疗以及不断提高人们的生活质量和工农业活力等三方面仍然是化学传感器在相当长时间内重点发展的主要领域。当前处于世纪之交，面临新的挑战和新的机遇。会议从不同侧面就当今化学传感器的发展趋势进行了深入讨论。可以从下列几方面予以说明。

1、以环境保护和监控为主的各种气体传感器在会议上受到充分重视，达到创记录的水平。会议所接收的论文共 175 篇，约占全部论文的 37%。如果将安排在其它专题的都统计在内，其总数将过 204 篇，占总数 42.%，大大超过了前七届的情况。当今各种类型气体传感器的研究和生产已是化学传感器的三大主流的中柱。

高性能、小型化、集成化和低价格仍然是各种气体传感器的发展方向。纳米薄膜集成气体传感器虽然是今后几年内气体传感器发展的主体，但它仍将与厚膜混合集成气体传感器以及廉价的氧化物陶瓷化学传感器同步发展。

2、生物传感器在当今化学传感器三大主流中位居第二。众所周知，21 世纪是生物学的世纪。生物传感器是生物学的一个重要组成部分也是生物技术的重要的支撑技术。它既是高科技国际竞争的一个重要方面，也是衡量一个国家生物学水平高低的窗

口。当今世界各发达国家都在加强生物传感器的研究，以适应高速发展生物学的需要。其中，以脱氧核糖核酸（DNA）和互补脱氧核糖核酸（cDNA）等生物芯片（Biochip）为主的微阵列技术则是研究的重点。生物传感技术与纳米技术相结合所形成的纳米生物传感技术（Nanobiosensing technology）将是生物传感器领域新的生长点，并将为以硅或非硅基的微型生物传感器在生物医学、环境监控和仪器工业的新应用，创造前所未有的新局面。

3、电化学传感器虽然在当今化学传感器主流中位居第三，但是极为活跃。以离子选择电极（ISE）为主体的电化学传感器将继续向高灵敏、低检测极限（10^{-5}M）、快响应和长寿命方向发展。以金属卟啉（Metalloporphyrins）等为代表的有机金属化合物（Organometallic compound）与有机金属聚合物（Organometallic polymer）和大环化合物及其络合物等新型膜材料的出现，必将为全固态离子选择电极的日趋完善以及电化学发光（Electro-chemiluminescence 简称 ECL）和光电化学传感器（Photo-electrochemical sensor）奠定了基础。纳米结构 LB 膜、分子印迹技术（molecular imprinting technology 简称 MIT）和纳米电极阵列（nanoelectrode arrays）等新技术以及扫描电化学显微镜（SECM）和电化学阻抗谱仪（EIS）等出现，必将使电化学传感器生机盎然，新型电化学传感器在环保、食品和生物、医疗等方面得到新的开拓。

4、嗅敏（电子鼻）和味敏（电子舌）等新一代仿生传感器是新世纪化学传感器的新的生长点。这种模拟人体五官功能（five human senses）对各种物质和所处的环境进行有效识别，是人工智能研究的重要方面。味觉传感器自 90 年代获得突破性进展以来，利用多通道技术已能定量检测具有甜、酸、苦、辣、咸等五种主要味觉的物质。在选择性、重复性和耐久性等得到进一步提高后，将广泛用于食品工业。以提高各种饮料、水果和蔬菜等的质量以及生产控制能力，创造巨大的经济效益。电子鼻是一种多通道的气体传感器阵列，它能对有毒气体、爆炸性气体以及毒品、炸药掺放的气味以及食品的气味和新鲜程度，进行有效的检测。对鱼的新鲜度检测已在日本、美国和欧洲列为重点项目。近几年，嗅觉和味觉传感器的研制已在我国启动，在新世纪必将取得更大的进展。

5、微型化学传感器及其阵列的研究是高性能化学传感器进入新世纪的一个重要标志。随着固态技术和微电子技术的进步，以高精度、低驱动、低功耗、小尺寸和快响应为主要目标的微型电子机械系统传感器（MEMS Sensors）的出现，定将使化学传感器进入前所未有的“微观世界”，出现新的飞跃。

四、研究热点和前沿课题

化学传感器在材料、工艺、器件、检测和应用等方面的研究热点和前沿课题为：

1、新材料。

功能聚合物材料由于成本较低、加工技术不太复杂，可以沉积在各种基片上，可作为传感器的基体材料或选择性包覆材料具有广阔的应用前景。如有机硫醇（organothiols）等自组装单分子层（self-assembled monolayers，简称 SAMs）材料是研究微型化学传感器电子输运过程的重要材料。能识别水中糖类的新型大环受体（macrocyclie receptors）材料膦酸卟啉（phosphonate porphyrin）和多羟基 1,1'-联（二）萘卟啉（polyhydroxylated 1,1'-binaphthy1 porphyrins）等可以在水中键合碳水化合物而作为荧光碳水化合物传感器（fluorescence saccharide sensor，简称 FSS）的主体材料。一些分子量小于 2000 的大环复合物所组成的离子载体（ionophore），能可逆的成为螯合物离子（chelate ions）且输运离子至亲脂性螯合物，可以检测血浆中镁离子的摩尔活性。

2、纳米技术

氧化物陶瓷是一种重要的敏感材料，目前已经作成的纳米薄膜多达十余种。纳米结构(nm)化学传感器具有更高的灵敏度和更好的选择性，远远超过同一材质的厚膜微米级(μm)化学传感器。以 SnO_2

为例，厚膜（15~80μm）时只对 CH_4 有很好的响应，但作为纳米薄膜（50~300nm），却能对 NO_2 尤其是 O_3 有很好的响应。可见大力发展纳米技术是充分发挥材料潜力的有效途径。

3、新型化学传感器

其中新型生物传感器的研究尤为重要。例如将表面细胞质基因共振传感器（surface plasmon resonance sensor，简称 SPRS）与味觉传感器相结合，可从甜、酸、苦、辣、咸等五味之间的多重味觉进行定量研究；集成光波导 SPR 生物传感器（IOSPRS）具有很高灵敏度可对人体的绒毛膜促性腺激素（human choriogonadotropin，简称 hCG）进行检测。多通道 SPR 生物传感器已可测定溶液中的单克隆反二硝基苯抗体（monoclonal anti-dinitropheny1 antibody），在临床诊断上有重要意义。

4、新型检测和试验技术

扫描电化学显微镜（SECM）的活细胞成象，不仅能提供单个细胞的呼吸和光合作用信息，而且可以广泛的用于实时研究细胞化学和物理学响应的细节，作为细胞工程中筛查细胞的重要手段。微渗析探针（microdialysis probe）和以硅技术为基础配有微渗析探针的分析微系统（analytical microsystem）已经能检测大脑的代谢作用，有效地观察处于紧张状态和因头部创伤而疼痛状态中脑细胞的动力相互作用。导纳阻抗谱（conductance, Impedance spectroscopy，简称 CIP），电子顺磁共振谱（electronic paramagnetic resonance spectro -scopy，简称 EPR）和 X 光电子谱（X-ray photo -electron spectroscopy，简称 XPS）等研究不仅为氧化物陶瓷气体传感器的敏感机制和反应动力学研究提供了大量有用信息，而且还为检测复杂介质（如高湿度的气体）的化学传感器研制提供了科学依据。

5、化学传感器的新应用

各种化学传感器在环境保护和监控中所起的重要作用，已日渐为人们所认识，也是这次会议的一大热点。味觉和嗅觉传感器在食品、饮料、生活用水等饮食业的新进展是化学传感器在新世纪必将获得重大发展的又一热点。控制水的污染，提高水的质量对我国解决缺水问题极为重要。各种化学传感器定将极大地发挥它的功效。

化学传感器在医疗上的新应用则是这次会议的另一热点。众所周知，N_2O 是一种麻醉气体（anesthetic gas），空气中浓度高于 50ppm 即能危及人体健康，日常积累还危及地球的温室效应（greenhouse effect）。在 SnO_2 中掺加多种氧化物（如 SrO、CaO、Bi_2O_3、PbO、Nd_2O_3 和 Sm_2O_3 等）可以提高检测 N_2O 气体的灵敏度（10~300pm，500°C，60s），目前已经得到实际应用。

五、后记

通过这次会议，不仅使我国化学传感器界了解了化学传感器的最新研究成果，而且与世界各国，特别是日本、美国、意大利、法国、英国、澳大利亚、瑞士、俄罗斯和保加利亚以及我国台湾的同行建立了的联系，对于进一步提高我国化学传感器的水平，扩大我国在该领域的国际影响具有重要意义。

Research and Development of Chemical Sensor

Abstract: This paper introduces the 8th International Meeting on Chemical Sensors (IMCS-8). The Meeting collect a lot of papers, which introduce the latest achievements in the chemical sensor field, and represent the tendency of chemical sensors development. It's helpful for us to raise our chemical sensor level. Then, the author supplies a appendix which introduces his visiting of five universities in Europe, which introduces their research in chemical sensor field mainly.

Keywords: Chemical sensor, IMCS-8.

作者简介：
周志刚：清华大学材料科学与工程系教授，世界知名的化学传感器专家。通讯地址：北京海淀区清华大学，邮编：100084，电话：010-62782254

读者服务卡编号 001□