

微纳米分子系统研究领域的最新进展

——IEEE NEMS 2011 国际会议综述

孙旭明, 张海霞*

(北京大学 微米/纳米加工技术国家重点实验室, 北京, 100871)

通讯作者: hxzhang@pku.edu.cn

摘要: 2011年2月20日至23日, 第6届IEEE国际纳米/微米工程及分子系统大会(IEEE-NEMS 2011)在台湾高雄市召开, 来自世界各地的300多位专家、学者齐聚一堂, 分享其在微纳米科技领域的最新研究成果。本文选取微流体技术与芯片实验室、生物医学MEMS器件、纳米新材料奇妙特性及其应用、新型传感器执行器及其系统等4个角度, 详细介绍了微纳米科技领域的研究现状, 并对其发展趋势进行了分析。

关键词: IEEE-NEMS 2011; MEMS; 纳米科技; 分子技术

Overview of IEEE NEMS 2011

SUN Xu-ming; ZHANG Hai-xia

(National Key Laboratory of Science and Technology on Micro/Nano Fabrication, Institute of Microelectronics, Peking University, Beijing 100871, China)

Abstract: 2011 IEEE International conference on nano/micro engineered and molecular systems (IEEE-NEMS 2011) was held in Kaohsiung, Taiwan during February 20-23, 2011. The conference brought together 400 leading scientists and researchers world-wide to disseminate their most recent and advanced findings in MEMS and Nanotechnology. In this review, the current research in microfluidics and LOC, bio-MEMS devices and systems, metamaterial and its application, and new transducer system was introduced. The prospect of micro/nano technology was also analyzed. The success of this conference signifies that the micro/nano technology has been one of the main technologies which effect the development of the world and the human life.

Key words: NEMS; MEMS; Micro fluidics; Nanotechnology

1 会议概况

IEEE-NEMS 系列会议是微米、纳米及分子系统领域十分重要的高水平国际会议之一, 旨在汇集世界一流的研究人士, 就微纳米学术界前沿问题进行专题讨论, 推动最新的研究成果的共享, 促进跨领域学科信息、知识的互通, 从而增进各技术领域的发展。第1届IEEE NEMS会议于2006年1月在中国珠海市召开, 随后先后于泰国曼谷、中国三亚、深圳、厦门等地举行, 已成为微纳米及分子系统领域每年一次的学术盛会。

第6届IEEE-NEMS会议于今年2月20日至23日在台湾高雄市召开, 共有来自世界各地的400余位专家学者参加了本次盛会。此次会议由台湾国立成功大学、台湾国立清华大学、台湾中山大学、北京大学微米/纳米加工技术国家重点实验室、香港中文大学等多家机构及高校联合举办, 得到了国际电子电气工程师协会(IEEE)、台湾工业科技研究院(ITRI)、北京大学等多个国际组织或单位的支持。大会主席为台湾国立成功大学李国宾教授, 台湾清华大学的曾繁根教授担任大会的组织委员会主席。

2 技术概述

IEEE-NEMS 2011, 从1月20日至23日, 历时4天, 包括大会特邀报告、主题邀请报告、分专题口头报告及张贴报告等内容, 会议主题涵盖: 纳米光学, 纳米材料, 碳纳米管器件与系统, 微尺度机器人的集成与自动化, 分子传感器、驱动器及系统, 分子传感器/驱动器与MEMS/NEMS的集成技术, 微米、纳米流体学, 微纳米热学器件, 纳米生物技术, 微纳加工



图1 IEEE-NEMS 2011

技术, 微纳米传感器与驱动器, 微纳电子机械系统等 12 个专题。会议共录用了来自 20 多个国家的 317 篇文章, 这些文章是经由 60 位世界各地的微纳技术领域知名专家学者组成的技术委员会, 从 440 余篇投稿认真评审出来的, 录用率在 70% 左右, 其中 160 篇口头报告(50%)、157 篇张贴报告(50%)。这次会议共有来自中国大陆的文章将近 100 篇, 占到会议总论文数的 30% 左右, 这充分体现了我国在微纳技术领域的迅猛发展。

作为 IEEE NEMS 会议的特色, 会议每年都邀请本领域顶级的科学家来作邀请报告, 这次会议更是精心准备, 共邀请到德国弗莱堡大学 Dr.Roland Zengerle、瑞士苏黎世联邦理工学院(ETH)Dr.Bradley J.Nelson、美国加州大学伯克利分校 Dr.Xiang Zhang、美国加州理工大学 Dr.Yu-Chong Tai、中国科学院 Dr.Bingcheng Lin 和日本 RIKEN 研究院 Dr.Mizuo Maeda 等 6 位国际级大师进行大会邀请报告(见图 2), 日本名古屋大学 Dr.Fumihito Arai、韩国科技大学 Dr.Tae-Song Kim、台湾国立清华大学 Dr.Shangir Gwo、美国加州大学洛杉矶分校 Dr.Chang-Jin Kin 等 5 位知名专家进行专题邀请报告, 其他 40 位相关领域的国际知名专家发表了分专题的邀请报告。这些精彩纷呈的微纳领域顶级学者的邀请报告, 让与会的同行分享了其在纳米与微机电领域的最新研究成果, 探讨了纳米/微米工程与分子系统的新技术与发展趋势, 充分促进了国际微纳纳米科技的成果共享, 实现了多学科的交叉互融。会议期间, 参会人员交流充分, 讨论热烈, 极大地推动了微纳分析系统领域的学科交叉。



图 2 大会特邀报告人

3 突破性进展

纵观这次会议的技术报告和交流情况, 近年来在微流体技术、生物医学 MEMS、纳米新材料、新型传感器、执行器及其系统等方面实现了具有重要意义的突破。

3.1 微流体技术与芯片实验室

微流体技术是指在微观尺寸下控制、操作和检测复杂流体的技术, 是在微电子、微机械、生物工程和纳米技术基础上发展起来的一门全新交叉学科, 广泛应用于生物、化学、材料、医疗等各个领域。自 20 世纪 90 年代问世以来, 有关微流体技术方面的研究不断增加, 相关产品层出不穷, 微流体技术已经成为实现医疗诊断、药物运输、生物研究等系统小型化、集成化、自动化的关键技术。因此, 有关微流体技术领域的最新研究进展成为此次 IEEE-NEMS 2011 会议的重点内容之一。

著名微流体专家、德国弗莱堡大学的 Roland Zengerle 博士在此次大会上作了题为“适用于商用仪器小型化、集成化、自动化、并行化测试的离心微流体平台”的报告。他指出, 目前全世界每年在生物微流体技术领域投资约为 2 亿美元以上, 但其市场渗透和用户满意度并没有达到预期。这主要是因为大部分的研究集中于单个元件的探索 and 开发, 比如微泵、微阀门等, 而完整的商用器件集成化面临着巨大的挑战, 其测试往往更加繁琐与昂贵。因此, 他提出了采用微加工技术制作的离心微流体平台。该装置采用聚合物薄膜制作, 极大地降低了成本。该离心平台可以满足多种功能的微流体器件的使用, 与此同时, 结合芯片实验室技术, 给出了基于该技术制作的具备 0 Hz, 6.9 Hz, 27 Hz 三种频率的 MOTO GENE 2000 仪器, 也可以广泛应用于 DNA 提取、细菌抗生素分析等领域, 优化现有的实验装置。

正如 Zengerle 教授所言, 微流体器件需要进一步集成化、系统化, 这便推动了芯片实验室技术(Lab On a Chip, LOC)的涌现与发展。中国科学院林秉承教授在此次大会上进行了题为“芯片实验室: 生物应用的关键性平台”的报告, 详细阐述了 LOC 技术体积轻巧, 使用样品/试剂量少, 反应速度快, 大量并行处理及可抛弃式等优点, 介绍了其在快速基因繁殖、微小液滴控制、生物医疗检测等领域的关键性应用。他研究了在纸上采用消化纤维薄膜结合石蜡喷印方法制作微流体平台以降低成本的技术, 并将其作为 PDMS 微流体器件的基底, 广泛用于癌症细胞识别、药物运输、神经细胞研究等领域。整个工艺流程仅需要十分钟左右的时间。图 3 为该小组采用上述 LOC 技术研究的微流体器件, 可以对单个秀丽隐杆线虫(C.elegans)的神经毒素反应进行监测和分析。

基于微流体和 LOC 技术, 台湾国立成功大学的李国宾教授小组在会议上展示了其研制的快速 DNA 提取装置。该装置结构见图 4, 主要包括 6 个对称封闭的微流道、简单的液体传送/

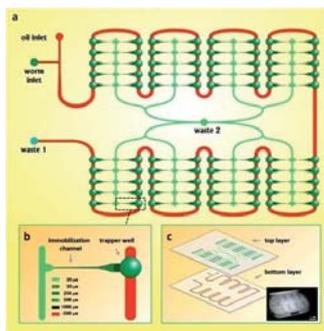


图 3 微流体芯片实验室

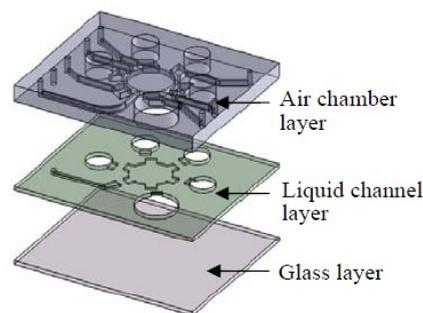


图 4 快速基因提取器件结构图

混合单元和废液处理单元。整个器件采用电脑数值控制制作，并使用 PDMS 将微流道层、空气泵层和玻璃层连接在一起。该器件使用微泵将待测样本与试剂混合，从而完成提取工作。经测试，25 分钟内，可以得到 $45 \pm 3 \text{ ng}/\mu\text{L}$ 的 gDNA。

3.2 生物医学 MEMS 器件

随着人类对于自身生命健康的关注，应用于生物医疗领域的 MEMS 器件(BioMEMS)逐渐成为近年来微米/纳米工程领域的研究热点。基于微加工技术制造的 BioMEMS 器件，往往具有体积小，能耗低，价格低廉等显著优势，广泛应用于从基因检测、细胞识别到药物运输、人造器官等诸多医学领域，在维护人类生命健康的医疗系统中发挥着举足轻重的作用。

针对 BioMEMS 医疗器件的研究与应用，美国加州理工大学的著名科学家戴聿昌(Yu-Chong Tai)教授对其最新的相关工作进行了精彩的大会报告。美国宇航局(NASA)曾经提出非常希望可以在太空中实现对宇航员血液细胞的实时检测，然而众所周知，进入太空的器件不仅需要适应高辐射、低重力的宇宙环境，而且要满足极为苛刻的小体积、低功耗等要求。戴聿昌小组利用微加工技术的优点，针对上述需求，成功设计了一款小型化、集成化、低功耗的宇航员太空白细胞检测系统。该系统见图 5，采用微加工技术制作的微流道芯片可以控制单个细胞进入监测窗口，进而利用不同细胞激光感应荧光特性不同的原理，实现如图 6 所示的不同种类的分离和计数。基于微加工技术制作大大减小了器件的体积，提升了准确性，缩短了响应时间，与传统大型仪器相比，误差可以控制在 10%以内。该小组还对其进行了零重力环境下的测试并取得成功。

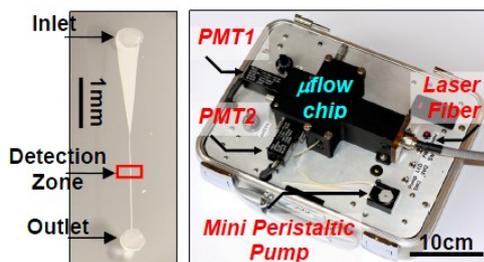


图5 微型细胞计数装置图

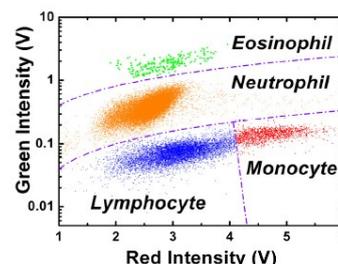


图6 白细胞分类计数结果

韩国科学院(KIST)的 Dr.Tae Song Kim 在其专题报告中，也着重探讨了小型化生物医疗系统在疾病诊断与治疗中的重要作用。他指出，医疗系统的小型化不但可以降低成本，增加产量，提高灵敏度，而且可以实现多种恶性疾病的早期监测，针对个体病症和病发处进行有效的特定治疗。他重点介绍了胶囊内窥镜、脑神经探针和血液检测系统等典型生物 MEMS 器件的应用。

中国科学院的王军波博士使用体硅工艺设计并成功制作了可以在液体中使用的生物传感器。见图 7，该传感器为新型的扭转悬臂结构，利用电磁驱动，可以直接在生物液体中对于颗粒等物质进行监测。结合后续的处理电路，该种新结构可以使传感器的 Q 值从 2.65 提升至 40，在一定程度上增加了生物医疗检测的准确性。

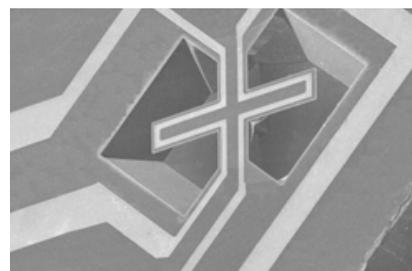


图7 可在液体中使用的 MEMS 生物传感器

3.3 纳米新材料奇妙特性及其应用

随着纳米工程技术的发展，关于纳米材料特别是“超材料”及其新特性的研究日新月异。所谓“超材料”，是指具有天然材料所不具备的非常规物理性质的人工复合结构材料。这种材料可以通过人工对其波长尺度以下的关键物理结构进行有序化设计，从而实现“左手材料”、“光子晶体”、“超磁性材料”等超常特性。这种新型“超材料”在微纳米工程领域的应用会给许多传统器件带来颠覆性的革新与创造。

美国工程院院士、加州大学伯克利分校张祥教授作为超材料领域最著名的科学家之一，在此次大会上，为我们作了题为“科技新领域”的报告，描绘了其研究的光学超材料的奇妙特性及应用前景。张祥小组通过对材料波长尺度以下的微结构进行有序化设计，第 1 个得到了具有负折射率的体光学超材料，该小组采用这种负折射率材料制作了超级透镜，将分辨率由传统理论极限 260 nm 提升到 150 nm。这种超级透镜可以应用到新型纳米光刻机中，从而改进下一代的纳米微加工技术。

除负折射率材料外，光等离子体材料也是一种重要的超材料，可用来实现光学成像、超衍射极限光刻等现象。传统的超材料通常采用自上而下的微加工技术来改变其物理结构，但是这种技术往往无法实现足够精确的空间结构控制及低能量损耗。台湾国立成功大学的 Shangjr Gwo 教授在此次大会上报告了其小组最新研究的自下而上的等离子体超材料制作技术，见图 8。基于金胶体粒子和银纳米颗粒的新技术可以很好地控制等离子体超材料的大小、形状、表面能量等参数，从而实现优异的光学特性，甚至可以将超材料组合成 3D 阵列，通过对阵列参数的改变，实现其光学特性的控制和改善。

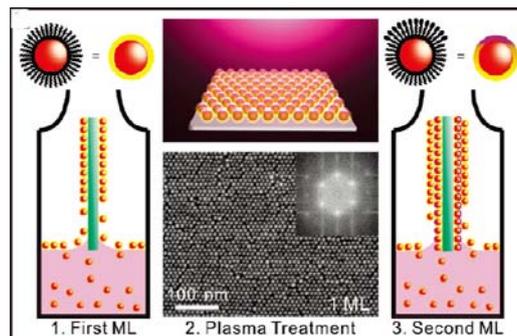


图8 自下而上的超材料制作流程

3.4 新型微传感器、执行器系统

微型传感器、驱动器、执行器及其微系统一直是纳米/微米工程领域研究与应用的焦点，随着微纳加工技术的不断发展，各种新型器件不断涌现，如分子传感器、微型机器人等，并在微量检测、生物医学等领域大展身手，开始发挥重要的作用。

日本 RIKEN 研究院的 Mizuo Maeda 教授在大会上介绍了其利用 DNA 修饰的金纳米颗粒制作的离子、化学、基因传感器。经过 DNA 修饰的金纳米颗粒会在静电力的作用下悬浮于液体介质之中。但当互补的另一串 DNA 进入液体并与其组成双螺旋结构时，粒子会变得不稳定并呈现出无交叉的聚集状态。该小组采用 SPR 成像技术对这种聚集状态进行检测，通过组合以及分子识别技术，成功开发了针对 cGMP、ATP、FMN、茶碱、Hg(II) 等物质的检测系统。

微型机器人作为一种新型的执行器系统，可以在毫米以下量级实现自动控制，在生物治疗、药物输运等领域具有极为重要的实用价值。但是如何实现其精确控制一直是制约微型机器人商业化应用的瓶颈。瑞士苏黎世理工大学的 Bradley J. Nelson 教授在此次大会上报告了其利用外部磁场与微型机器人内部磁铁的相互作用来控制微型机器人姿态、动作的最新研究进展。

图 9 展示了其研制的五自由度无线操控电磁式微型机器人。通过巧妙地排布外部多个带有软磁磁芯的电磁铁的位置，可以得到由多个磁场叠加耦合的物理场，当带有磁铁的微型机器人置于该外加磁场中，便会在磁场力的作用下按照外部设计定向移动，从而实现无线操控。图 10 展示了微型机器人在外部磁场作用下摆出的蝴蝶型姿态，证明了该控制技术的准确性。Nelson 小组将这种微型机器装置应用于视网膜修复手术，并正进一步拓展其在医疗领域的应用前景。



图9 五自由度电磁操控微型机器人

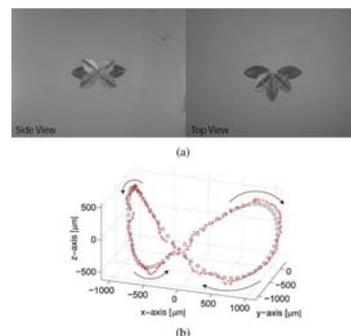


图10 微型机器人姿态操控展示

4 会议特色与影响

为了鼓励和促进青年学子在微纳工程与分子系统领域的进步和发展，本次会议设立了一系列的奖项，包括最佳会议论文奖、最佳学生论文奖、最佳张贴报告奖、Chih-Ming Ho 最佳论文奖(以著名微流体专家 Chih-Ming Ho 何志明教授命名，旨在奖励微流体领域的优秀科研成果)等，共有超过 10 位青年学子获得各类奖项。

会议期间，由台湾清华大学曾繁根教授和北京大学张海霞教授共同主持的“2011 海峡两岸微纳米技术研讨会”也作为会议的一个特邀专题，来自海峡两岸主要学术研究团体的 20 位科学家在本专题会上作了交流报告并进行了深入的探讨，会后还组织大家到台湾的台湾大学、清华大学、成功大学、交通大学等主要学术研究机构进行了学术访问。

为了进一步加强全球华人的合作和交流，2006 年第一届 IEEE NEMS 会议时来自世界各地的华人科学家自发聚集起来成立了全球华人微纳米分子系统学会”(Chinese International NEMS Society, CINS)，创办了全球华人微纳米技术合作网络(Chinese International NEMS Network, CINN, [Http://www.CINN.cc](http://www.CINN.cc))作为交流平台，从此每年的 NEMS 会议上华人科学家都会举行 CINS 聚会，为相关领域的华人研究学者提供了一个互相交流和认识的机会，2011 年在台湾高雄的聚会将有近 80 位学者参加，气氛热烈，这对于进一步提升微纳米科技的研究水平、推动华人科学家之间的合作交流具有十分重要的意义。

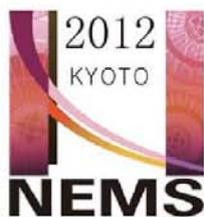
5 结论

IEEE-NEMS 2011 国际会议，促进了最新的研究成果的共享，推动了跨领域学科信息、知识的互通，它的成功举办标志着微纳米科技已经成为了影响全球发展和人类生活的重要技术之一。通过此次会议，我们看到微纳分子系统领域的技术发展趋势可概括为以下 4 点：a) 与生物医疗应用相结合，面向人类生命健康议题；b) 与新型纳米材料相结合，突破传统物理极限；c) 与特殊应用环境相结合，开发新型传感器、执行器及其系统；d) 与芯片集成技术相结合，进一步提升器件的小型化与系统化。

据悉，下届会议将于 2012 年 3 月 5 日至 8 日在日本京都举行。相信在不久的将来，微纳米科技必将为人类文明的发展创造新的辉煌。

参考文献：

- [1] Proceeding of IEEE International conference on nano/micro engineered and molecular systems. Kaohsiung, Taiwan: IEEE, 2011.
- [2] IEEE NEMS conference Website: [Http://www.ieee-nems.org](http://www.ieee-nems.org)
- [3] 全球华人微纳米技术合作网络(CINN): [Http://www.CINN.cc](http://www.CINN.cc)



The 7th Annual IEEE International Conference on

Nano/Micro Engineered and Molecular Systems

KYOTO JAPAN March 5-8, 2012

Kyoto University Clock Tower Centennial Hall

Abstract Deadline: August 31, 2011

Author Notification: September 30, 2011

Full Paper Submission: October 31, 2011

Advance Registration Deadline: November 30, 2011



京都

- **Conference General Chair**
Osamu Tabata
Kyoto University, Japan

- **Conference Organizing Co-Chairs**
Fumihito Arai, Nagoya University, Japan
Yu-Cheng Lin, National Cheng Kung University, Taiwan

- **Program Co-Chairs**
Toshiyuki Tsuchiya, Kyoto University, Japan
Qing-An Huang, Southeast University, China

- **Regional Program Co-Chairs**
Satoshi Konishi, Ritsumeikan University, Japan
Bradley Nelson, ETH Zurich, Switzerland
Steve Tung, University of Arkansas, USA

Conference Scope

1. Nanophotonics
2. Nanomaterials
3. Carbon Nanotube based Devices and Systems
4. Nanoscale Robotics, Assembly, and Automation
5. Molecular Sensors, Actuators, and Systems
6. Integration of MEMS/NEMS with Molecular Sensors/Actuators
7. Microfluidics and Nanofluidics
8. Micro and Nano Heat Transfer
9. Nanobiology, Nano-bio-informatics, Nanomedicine
10. Micro and Nano Fabrication
11. Micro/Nano Sensors and Actuators
12. Micro/Nanoelectromechanical Systems (M/NEMS)

For further information:

NEMS2012 Secretariat

Phone/FAX +81-75-753-5250

E-mail: nems@nms.me.kyoto-u.ac.jp

