

# 仪器仪表的微小化、集成化和智能化

## Miniturization Integration and Intelligence of Instruments

金国藩 周兆英

(清华大学 北京 100084)

### 1 前言

仪器仪表是对信息进行测量与控制的基础手段和设备,是现代社会不可缺少的部分。仪器仪表工业是一个国家科技发展水平的标志,也是现代化的综合因素之一。

现代仪器仪表的发展有许多新的特点,值得研究归纳。例如:

(1)电子和计算机技术已成为现代仪器仪表的重要组成部分,光、机、电一体化,数字化、自动化和智能化,计算机软件及仪器管理系统形成新的体系(如虚拟仪器、总线技术等)。

(2)新型功能材料、新型传感元件和新的测试机理促使仪器仪表发展。激光技术、超导技术、纳米技术、信号处理、图像处理和存储技术等高新技术在现代仪器仪表的开发和应用。

(3)现代的仪器仪表已不再局限于对被测量物进行简单的测量,它对信号的后续处理、分析显示及控制都有很高的要求。仪器仪表的功能更加完善和拓宽了。

(4)仪器用的元器件向微小化、集成化和智能化方向发展,如将测量流量、流速、流向、压力和气体种类的元件集于一块硅片上的多功能传感器系统。

(5)仪器系统设计采用现代产品设计技术,如模块化设计、可靠性设计、并行工程技术等,以提高质量。在仪器仪表制造技术方面,现代制造技术得以应用。

(6)21世纪的仪器仪表在高技术和现代科学的基础上继续发展,将更多的科学技术融合到其自身中来,成为综合的学科和技术,如:物理、机械、光学、电子、计算机、材料、化学和生物等等。……

我国的仪器仪表研究开发单位有较强的实力,主要集中在大专院校和科研院所。

今年中国仪器仪表学会起草了“振兴我国仪器仪表工业的再建议”,指出面临的问题为:

#### 1.1 缺少统一规划和宏观调控

我国仪器仪表工业起步于工业检测仪表,归属机械工业。机械工业部主要发展工业自动化仪表。随着科学技术和国民经济的不断发展,社会对仪器仪表的需求与日俱增。许多工业部门,甚至教育和科研部门相继建立了自己的数千家仪器仪表企业,生产经营各种通用和专用的仪器仪表。企业规模不大,产值不高,很难形成“团队”,得不到重视和支持。这些问题严重地制约了我国仪器仪表工业的顺利发展。

#### 1.2 不够重视基础研究

仪器仪表,尤其是大型科学仪器、医疗仪器等,涉及到多种学科和先进技术,开发难度大,周期长,经济效益不高,基础研究得不到应有的重视。国家投入的科研经费不足,很少立项组织过重大的科技攻关。引进大型工程项目配套的仪

器仪表大多由外商供应,国内立项的科技攻关项目主要经费也用来进口仪器仪表,两项费用每年高达近百亿美元。

大家希望加强统一归口管理,制定好国家规划,认真解决这些问题。这次香山会议会有更多的讨论和建议。本文则从一个角度谈谈仪器仪表发展的方向。

无论是从元器件或系统集成上,还是从材料与制造技术发展上,仪器仪表发展的一个重要方向可以用下面的“三化”来概括:微小化、集成化、智能化。未来的仪器仪表可以把微光学器件、微结构、微传感器、微致动器、信号处理器等集成在一起,能够对外界的各种物理、化学、生物等各种信号进行实时采样、处理、操作和控制的智能化信息系统。

### 2 关于微小化、集成化和智能化

#### 2.1 微小化

提到微小化,不能不提到微系统的研究,也就是通常所说的 MEMS (Micro Electro-Mechanical System) 或 MST (Micro System Technology)。由此可以产生一种将仪器仪表的传感器及其处理、控制和后续电路等都集成于芯片上的思想。微电子学在使信息技术飞速发展的同时,也促进着 MEMS 技术的飞速发展。例如以硅表面加工和体硅加工为主的硅微细加工、利用 X 射线、光刻、电铸的 LIGA 工艺,精密机械加工,以及微装配和封装(如使用粘接材料的粘接、硅玻璃静电封装、硅硅键合、玻璃玻璃键合和自对准组装技术等)、微系统控制和集成等关键技术等技术。在进行适当的改进后,以硅为基础材料的结构在制作工艺上能与 IC 工艺兼容,能大批量生产,能大幅降低成本,为仪器仪表实现集成化和智能化提供支持。

#### 2.2 集成化

集成化的优点是众所周知的,目前国际上兴起研究热潮的生物芯片就是集成化的典范。

一种 lab on chip 的结构。在芯片上实现混合、化学反应、分离等宏观上不连续的物理化学过程,使这些过程连续化,并提高系统的性能。

微全分析系统( $\mu$ TAS)将样品的分析和信息的处理结合在一起,这要求将微流体单元、检测单元、控制电路集成在一起。以硅微细加工为主的 MEMS 加工技术和微电子工艺有着良好的兼容性,能够实现各种微生化功能单元和电路的集成。

#### 2.3 智能化

以传感器为例,其智能化过程基本上可以分为三个阶段。有人认为敏感元件集成了信号处理电路就可称为智能传感器。按照这种定义,绝大部分的传感器都可称为智能型,但实际上这些传感器的智能化程度很低,通常被称为集成传感器,这是第一阶段。第二阶段的传感器集成了信号预处理部分。所谓智能传感器就是部分或全部集成了主要

的处理单元,这是第三阶段。

传感器到现在至少已经经过了四代接口形式。第一代产品基本上没有电子器件,产生的响应结果实质上没有经过信号处理。第二代包含了放大器及一些温度补偿。到了第三代(现在大多数器件都属于这一情况),一些放大和信号缓冲利用离散和混成电子技术实现了模块化。传感器集成于一个包含模数转换器(ADC)和微处理器的远程信号处理包中,其通讯是单向高位模拟形式。第四代传感器达到了高度的集成,传感器芯片本身就集成了部分或全部的单片传感器电路。现在正在发展作为系统成分的第五/六代的传感器。

### 3 结束语

关于仪器仪表工业和科研,必须加强统一归口管理,应当制定好国家规划,特别是“十五”计划。对于其中的“微小化、集成化和智能化”问题,建议:

#### 3.1 认识“微小化、集成化和智能化”的重要性

仪器仪表在微小化、集成化和智能化方面的发展是迅速和必然的,是仪器仪表的共性问题,它的发展将会对21世纪的仪器仪表产生极其深远的影响。其发展的潜力和市场前景巨大。预计到2003年的微小系统的市场约为400亿美元,是商用航空业的一半。

#### 3.2 “微小化、集成化和智能化”对仪器仪表交叉学科发展的要求

仪器仪表要实现微小化、集成化和智能化,必须要把各种最新的科学和技术应用到其研究和生产中。仪器仪表的发展要综合多门学科研究成果,组织学科交叉的研究队伍。

#### 3.3 加强企业的开发力量,提高我国仪器仪表行业的总体水平

制造技术是仪器仪表,特别是微小化、集成化和智能化发展的基础,企业研究开发力量薄弱应引起充分重视。

#### 3.4 认真分析我国经济和科学发展对仪器仪表的需求

未来科技和经济的发展将促进各类用于分析、测量等检测与控制的仪器仪表开发研制,并提出更高的要求。微小化、集成化和智能化要紧密结合我国需求,才能发展。

[参考文献]略

## 香山科学会议简介

香山科学会议于1992年由科学技术部(原国家科委)发起,在科学技术部和中国科学院的支持下于1993年正式创办。香山科学会议还得到国家自然科学基金委员会、中国科学院学部、中国工程院、教育部、解放军总装备部和国防科工委等部门的支持。

香山科学会议是在北京著名风景区香山创办的,因此以“香山”命名。它是学术讨论会为主并兼有多样形式学术活动的常设性学术会议。香山科学会议的大部分活动在风景优美的香山举行。

#### 会议宗旨

创造宽松学术交流环境,弘扬学术自由讨论精神,面向科学前沿,面向科学未来,促进学科交叉与融合、推进整体性综合研究,启迪创新思维,促进知识创新。

#### 会议主题

基础研究的科学前沿问题和我国重大工程技术领域中的科学问题都可作为会议主题。

在每一个主题中,会议侧重:探讨科学前沿;展望未来发展趋势;讨论最新的突破性进展;交流新的学术思想和新方法;分析新的学科生产点等。

另外,会议也研讨有关科学政策、管理和科技发展战略方面的问题,提出咨询意见。

#### 遵循的原则

贯彻百家争鸣的方针,提倡学术平等、自由思考和自由讨论,鼓励与会者自由地、不受干扰地发表自己的学术观点甚至不成熟的思想,激励和保护创新的思想。

#### 多样化学术活动

香山科学会议以学术讨论会为主要形式,此外,尚有学术报告会、专题讲座和出版系列专著《科学前沿与未来》等。

#### 学术讨论会

每次会议围绕主题设有若干中心议题。会期一般为3至4天。与会人员35人左右。会议以一流水平的主题评述报告、专题发言和深入讨论为主要方式。评述报告、专题发

言主要是剖析现状,探讨前沿和展望未来。评述报告、专题发言都是报告者个人的观点。评述报告、专题发言与讨论的时间比例为1:1~1.2。

#### 会议执行主席

香山科学会议实行执行主席负责制。在会议主题确定后,香山科学会议聘请会议执行主席。执行主席应是学术造诣高、在学术界有影响并有一定号召力和组织能力的专家学者。

执行主席的任务是:按会议主题确定若干中心议题,选择一流水平的评述报告人和报告题目;组织一流水平的专题报告和专题发言;与香山科学会议共同商定与会人员;营造学术平等、自由讨论和争论的会议气氛。按照香山科学会议的精神,引导会议深入展开,及时提出敏感或关键问题进行讨论或争论。

#### 与会人员

每次会议通过征集申请和邀请相结合的方式遴选与会人员。与会人员在整体上应是高知识层次的群体,由不同学科、不同工作背景的科学家和技术专家组成,而且是“老、中、青”共聚一堂,其中优秀的年轻学者应占有相当的比例。香山科学会议欢迎在国外的中国学者和华人科学家参加会议,也邀请国际一流外国学者参加会议。

#### 会议申请

任何科学家或技术专家都可按香山科学会议的宗旨和要求提出举办会议的申请或建议。

任何科学家和技术专家都可提出参加会议的个人申请。能否与会,以会前收到正式邀请书为准。

#### 理事会

香山科学会议理事会由科学技术部、中国科学院、国家自然科学基金委员会、中国科学院学部、中国工程院、教育部、解放军总装备部和国防科工委等理事单位组成。

理事长:惠永正 副理事长:许智宏、侯云德