

微型运载系统构成原理的研究

崔天宏* 王立鼎 吕琼莹

(* 清华大学精仪系, 北京 100084)

(中国科学院长春光学精密机械研究所, 长春 130022)

摘要 概述国际上微系统研究的现状, 探讨微型运载系统的基本组成及其研究内容, 指出微型运载系统的研究方法和关键技术, 最后阐明深入研究的实际意义。

关键词: 微机械; 微型运载系统; 组成原理

1 引言

微机械作为一个崭新的研究领域崛起于八十年代末期。本世纪八九十年代大规模集成电路技术取得惊人的进展, 由此带来的信息革命冲击着社会的各个角落, 一些富于想象的科学家受微电子技术的启发, 设想把机械系统也象电子电路一样的集成起来, 把微驱动器、微传感器、微执行器、微处理器、微能源以及微光学系统等都集成于一个极小的几何空间内, 并且也象集成电路一样大批量生产。如果这一设想得以实现, 势必带来空前的产业革命。发达国家的决策者们支持了少数科学家们的这一宏伟设想, 于是在国际范围内开展了对微型机械的广泛而深入的研究。

微电子机械学发展的历史依据所开展的工作和取得的进展, 可粗略地划分为三个阶段: 基础技术建立阶段(1980年)、微型马达的设计研制阶段(1988年)和微电子机械系统的雏形阶段(1992年)。

近两年国际上微机械领域在单元技术及基础理论研究的基础上, 开始了微电子机械系统的雏形研究。其中, 日本开展了微型小汽车、微型细胞融合器、微型内窥镜、微型机器人等微型系统的研究。日本政府于1990年制定了微型机器人的研究规划, 该规划的第一阶段(至1995年)投资100亿日元, 第二阶段(至2000年)投资150亿日元, 希望在二十一世纪初研究出进入人体内的微型机器人。1993年日本已研制出一种厘米量级的微型机器人, 内部包括CPU在内有98个零部件。美国开展了微型气体色谱仪(斯坦福大学)以及数字微镜装置(用于投影显示仪, Texas公司)等微系统的研究。

在微型运载系统的研究领域, 日本居国际领先地位。1993年已研制出一种微型小汽车模型, 尺寸在毫米量级, 比大米粒还小。1994年初日本又研制出一种微电机驱动的微型小汽车模型, 外形尺寸在4.8 mm以内。

本文探讨了微型运载系统的基本组成及其主要研究内容,指出研究微型运载系统的方法和关键技术,并阐明深入研究的实际意义,从而为我国微系统的研究奠定基础并指明方向。

2 基本组成及其研究内容

根据微型运载系统的自身结构特点,可采用有线式或无线式。

(1)有线式微型运载系统是用导线将微运载工具的主体部分与能源供给系统、智能控制系统联接起来,实现能量、控制信号的外部传递的微型运载工具。

有线式的优点是:“有线”可以简化微型运载系统的主体部分,突出主要结构,控制方便,使其易于微型化。它相对无线式微型运载系统要简便一些,更适合于我国微电子机械系统的起步研究。

有线式的缺点是:“有线”限制了微型运载系统的运动范围及其灵活性;在技术上,除了微微拉口的研制外,还涉及到宏微接口的研究。

(2)无线式微型运载系统是把包含微能源供给系统、智能控制系统在内的所有单元都集成于整个智能运载工具这一微电子机械系统内,实现能量、控制信号的系统内部传递。

无线式的优点是:“无线”增加了微型运载系统的运动范围及其灵活性;系统集成度较高,是未来微电子机械系统的发展趋势。

无线式的缺点是:“无线”由于微系统的集成度较高,使得整机结构设计、加工、装调及测试难度加大。

根据微型运载系统驱动方式的特点,可采用如下三种类型:

驱动系统方式	{	—— 电磁电机+减速传动机构
		—— 回转型压电微电机直接驱动
		—— 直线型压电微电机直接驱动

总之,一个完整的微型运载系统至少由以下几部分组成:传感器、致动器、信息处理微系统、接口等等。如图 1 所示。

由以上微型运载系统的基本组成,可确立其主要研究内容如下(如图 2 所示):

(1)微型运载系统的理论研究

①微系统集成设计理论,包括集成控制理论;能量、运动、作号的传递方法及其规律;微型接口设计及宏微接口设计;示范系统的选择及其扩展(包括潜在应用目标的探讨);以及由系统或组件涉及的微机构学、微运动学、微动力学等基础理论的延伸。

②微系统加工工艺理论,包括由系统组件加工所涉及的精密小机械加工工艺、IC 工艺、LIGA 工艺或特种加工工艺理论的扩展应用。

③微系统装调、测试理论,包括装调、测试方法的选择,装调、测试机理的研究。

④微系统的计算机辅助研究,包括微系统的建模、动

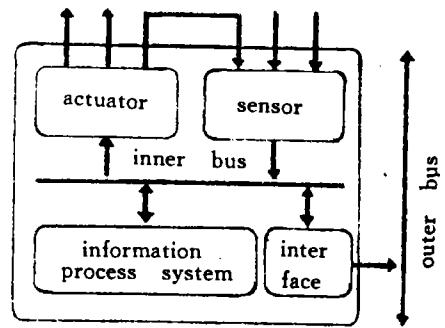


图 1 微型运载系统结构示意图

Fig. 1 Mechanism of micro convey system

态模拟仿真、参数优化、微系统的计算机辅助设计等。

(2)微型运载系统的研制工作

光刻工艺与传统工艺通过专有集成技术而有机结合,全面完善单元技术;研制并完善高功率微致动器,研制微小传动机构(根据情况需要与否),研制微小执行机构,试验并筛选微传感器,研制微微接口或宏微接口,制造微小控制元件(裸片制备与安装),微系统驱动电路及电源的研究等。

(3)微型运载系统的装调及测试工作

选择微型运载系统的装配、测试方法与手段,建立整机的装调、测试仪器设备;对于微型运载系统的零、部件单元,相应选择其测试方法与手段,完善其测试仪器设备。

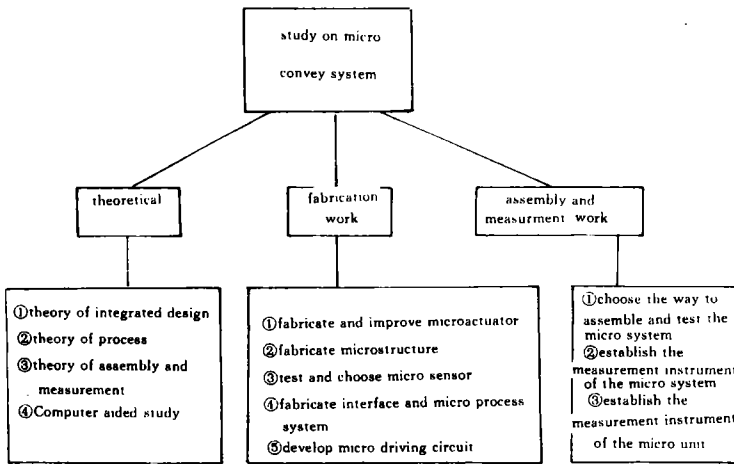


图 2 研究内容简图

Fig. 2 Study on micro convey system

3 研究方法与关键技术

首先对微系统进行模型实验,选择总体工作方式,研究驱动系统方式,选取或研制微系统其它微小组件、接口及控制元件等。然后,在大量实验数据基础上,进行微系统的神经网络分析,总结出微系统的经验公式,并结合基础理论,运用“系统论”的科学方法论,建立整个微系统的模型。接着,进行微系统的参数优化、动态模拟仿真,在优化的基础上,研制微型运载系统。根据微系统的测试结果,修正已有微系统的理论,再指导微系统的设计。如此不断往复,完成微型运载系统理论、实验及应用研究,如图 3 所示。

在微型运载系统的研究过程中,可能需要解决以下关键技术:

(1)微系统传感器、致动器的选择或研制

传感器的研究历史较长,市场上有许多产品可供选择;而以微结构技术开发的致动器则比较落后,有待进一步研究以适应微型运载系统的要求。

(2)接口技术

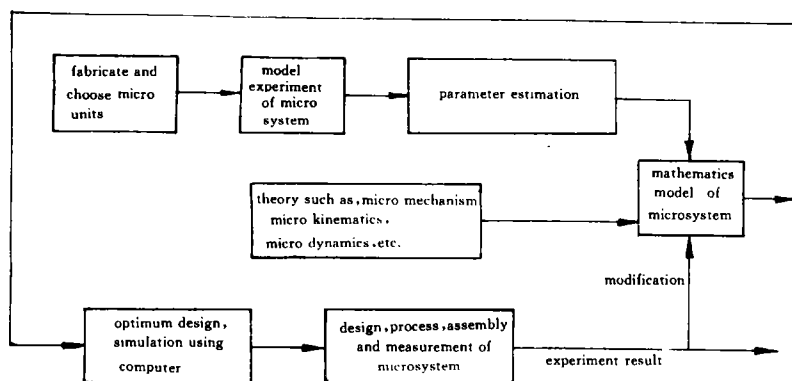


图3 微系统的研究方法

Fig. 3 Study method of microsystem

微型运载系统中的接口概念完全不同于微电子学中的概念,它是一种不均匀复合体,不仅指准二维空间的电触点接通,而且还指光、机、电和其他参量向微单元的传递以及通向周围宏观介质的界面。这是微机械至今尚未解决的主要问题。

(3) 微系统的组装、测试技术

微系统的单元组件微小,所以其精密组装技术有待解决。另外,微系统单元及系统的信号参量有些极其微小,故其测试技术将是另一个难题。

以上是可预测的微型运载系统的技术难点,但由于微系统的研究刚刚起步,所以在研制过程中一定还会遇到其他关键技术有待突破。

4 结 论

微机械基础理论和单元技术研究的最终目的是为了研制出智能化的微电子机械系统,并把它应用于实际中去。

我国微型机械研究的技术基础和资金投入与发达国家相比还相当薄弱,所以我们可以选择“微型运载系统”作为研究对象。该微系统单元技术齐全,且相对来说简单易行,并具有广泛的潜在应用前景,例如:航空发动机的在线检测、维修;核反应堆热交换器检漏、补漏以及堆芯辐射监控;飞船船载机器人;临床手术;细胞解剖与处理等高科技领域。

通过对微型运载系统的深入研究,我们可以探讨真实意义上的 MEMS(即 Micro Electro Mechanical System)的基本构成(集成)机理、基本设计方法、器件的基本加工工艺、整机的基本装调和测试方法等;通过该项目的研究,我们可以促进微致动器、微传动机构、微传感器及相关的驱动电路、电源的研制,以及在组成 MEMS 的过程中所涉及的专有理论、专有技术的研究。这样可以从原理、元件、单元到微系统走一个循环,从而建立研究微系统的基础理论、基础技术,也为单元技术今后的发展指明方向。本微系统的研究将为我国微电子机械系统的长远研究奠定基础,以推动我国微型机械事业不断发展壮大。

参 考 文 献

- [1] R. Y. Siegwart, et al., Micro- and Nanorobotics in Switzerland, IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems, U. S. A., 1995:51-60
- [2] 王立鼎, 吕琼莹, 微机械专集. 光机情报增刊, 1992
- [3] 王立鼎, 崔天宏, 吕琼莹, 微型机械的研究现状及展望. 科技导报, 1993, 12:42-45
- [4] M. Washizu, Manipulation of Biological Objects in Micromachined Structures. IEEE MEMS Workshop, Germany, 1992:196-201
- [5] S. Torii, et al., The Role of Microsurgery. IEEE 4th International Symposium on Micro Machine and Human Science, Japan: 1993, 143-146
- [6] A. van den Berg, et al., Miniaturized Chemical Analysis System. IEEE 5th International Symposium on Micro Machine and Human Science, Japan: 1994, 181-184
- [7] F. T. Arai, et al., Microrobotics Approach to the Realisation. Micro Systems Technology, Berlin: 1992, 21-22

Study on Component Mechanism of Micro Delivery System

Cui Tianhong*, Wand Liding and Lu Qiongying

(* *Tsinghua University, Beijing 100084*)

(*Changchun Institute of Optics and Fine Mechanics,
Chinese Academy of Sciences, Changchun 130022*)

Abstract

This paper summarizes the present research state of micro system in the world, probes into the fundamental component and research content of micro delivery system (MDS), indicates the research method and key technology of MDS, and finally expounds the practical significance of further study on MDS.

Key words: MEMS, Micro delivery system (MDS), Component mechanism

崔天宏 1969年6月出生,清华大学仪器仪表博士后。1991年7月毕业于南京航空航天大学,获工学学士学位,1995年7月毕业于中国科学院长春光机所,获工学博士学位。1994年荣获中国科学院院长奖学金,1995年荣获中国科学院大恒奖学金。研究方向:微米/纳米技术。近期在国内,外期刊上发表学术论文二十余篇,其中核心期刊十篇。