

微机械构件组装技术研究

路敦武 沈蓓军 王德林

(中国科学院上海光学精密机械研究所, 上海 201800)

何伟 黄丽菊

(上海同济大学, 上海 200092)

摘要 从取放微机械构件的方式,对观察系统的要求等方面对微机械构件组装技术进行了研究,并用所设计的组装装置进行了组装实验,得到了满意的结果。

关键词: 微机械; 微型构件; 组装

随着微电子机械系统(MEMS—Microelectro Mechanical System)研制与开发的迅速展开,制造MEMS的加工方法和制作工艺也在不断的发展之中。现有的加工方法和制作工艺主要有:IC工艺(Integrated Circuit)、LIGA工艺(Lithographic Galvanoformung Abformung)、电子束技术、超精密金刚石切削、激光束加工以及等离子、X射线超精细加工等。其中近年来发展起来的LIGA工艺已显示其有实用性,已得到了普遍重视。

尽管可使用为制造MEMS而得到相应发展的IC工艺把制作的微小机械零部件、光学元件以及控制电路等集成在同一个芯片上,但要完成MEMS的最终制作,仍然有各分体的组装问题,而最有希望实用的LIGA工艺及其它加工方法和制作工艺则只能制作零部件,欲完成MEMS整体的制作显然必须进行其构件的组装。

1 方案考虑及相关设想

微机械构件因其微小,显然组装它应在显微镜下进行。众所周知,倍数较大的显微物镜其工作距离一般都很短且焦深也很小,工作距离无法满足抓取微机械构件机械手对活动空间的需求,而焦深小会使得组装时有碍于纵向观察,为此需选取或研制既满足分辨率要求又满足工作距离和焦深要求的显微物镜。这是本项研究要解决的问题之一。

其次微机械构件由于小、轻、薄,有的还很脆(如硅制品等),如何抓取它使其不损坏、不变形显然是本研究应重点解决的问题。

另外组装时的环境要求、组装微机械构件对机械手移动的精度要求以及运动维数要求也是本研究需相应考虑和注意的问题。

综上所述,抓取微机械构件的方式及相应机械手的构成显然是需解决的核心问题。夹取是

可供选取的方式之一,考虑到微机械构件薄且脆,为了防止夹取引起变形甚至损坏,夹取力控制要求很严,夹取机构的设计和加工的难度也很大,在我们有限时间和有限的经费情况下难以采用。吸附是可供选取的又一方式,吸附又有真空吸附和静电吸附两种方式,如采用静电吸附,精细吸盘的加工要求高且无先例可借鉴,加之对于不同材料元件吸盘材料需不同,这又给操作带来不方便,故我们决定采取真空吸附方式抓取微机械构件。

吸附针尖可用金属做也可以用玻璃做。用金属做有关单位提出的研制费就使我们难以接受,加之研制周期长,且使用时因其部分挡光会给操作带来不便,因此我们采用玻璃针尖吸附微机械构件。

针尖的移动机构我们原打算采用移动精度 $1\mu\text{m}$ 可程序控制的三维移动的微位移机构,但由于我们进口的微位移机构三维中已损坏了两堆,修理费用昂贵,故我们在不影响装配精度情况下改用五维的手动机构。我们按上述考虑和设想已做了两年的工作,从已取得的结果来看已基本达到了预期目的。

2 吸附玻璃针尖的研制

由于欲吸附的微机械构件大者几百微米,小者不足 $100\mu\text{m}$,加之构件上有孔有槽,可吸附的面积直径不足 $80\mu\text{m}$,针尖的工作状态又是倾斜的即针尖的尖端要磨成斜角,这样一来吸附针尖的端面是一椭圆面,因此针尖的直径远小于 $80\mu\text{m}$ 。这么细的针尖要有一定的强度且有一定的弹性,这样磨制时不会破碎。但由于有了弹性,磨角度时无疑给角度控制增加了难度,又因针尖内径仅几十微米,磨沙很易阻塞,故不采用特殊的工艺是研制不出来的。

我们经过和外单位协作和自己的摸索已基本掌握了吸附针尖的研制技术且已制作了一小批玻璃吸附针尖(如图 1、a)。又为了尽量减小对面形的影响,我们还研制了中间有芯的针尖(如图 1、b)。

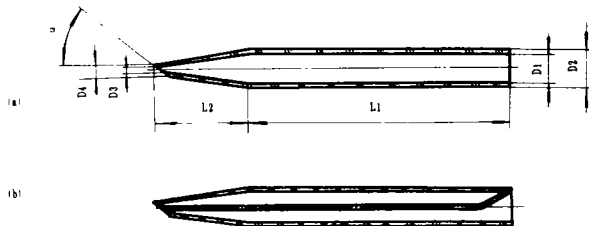


图 1 吸附针尖结构示意图

3 长工作距离和大焦深显微物镜的研究

组装微机械构件需在显微镜下进行,如显微镜系统能变倍定会给使用带来方便,但目前变倍显微镜系统还是一个待解决的课题。考虑到我们的使用情况,我们拟先装一个低倍大视场长工作距离的显微物镜,把等装件及基体初步调整到位,然后换上一个长工作距离和大焦深且能达到分辨率要求的较高倍数的显微物镜,最终完成组装。

通常 10 倍左右的消色差显微物镜其数值孔径 NA 为 $0.2\sim 0.3$,这类物镜均采用两个双胶合透镜组构成,工作距离只有 5mm 左右,虽然其分辨率基本可达到我们的使用要求,但工作距远远不足。为此我们在两个双胶合组的后面加一个负光焦距的双胶合组,这样一来整个物镜的光焦度变小,为保证整个物镜的数值孔径不变,分辨率不变,必须加大原来两胶合组的光

焦度,对应相对孔径增加,从而大大增加了系统校正的难度。

我们在 92 年设计的 $NA=0.15$, $F'=16.105$ 的 10 倍显微物镜的基础上重新设计了一个长工作距离的显微物镜,结构示意图如图 2 所示,其光学参数为:

放大倍率:	$\beta=12$ 倍
数值孔径:	$NA=0.235$
焦距:	$F'=13.58$
工作距离:	$l'=11.67$
视场:	$\Phi=3\text{mm}$
共轭距:	$l=182\text{mm}$

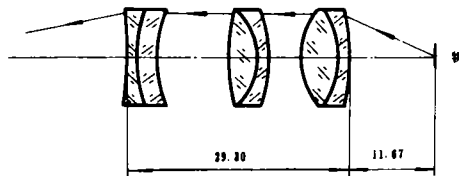


图 2 长工作距离显微物镜

为了节省时间,我们目前在组装装置上采用的是目前可满足使用要求的体视显微镜。

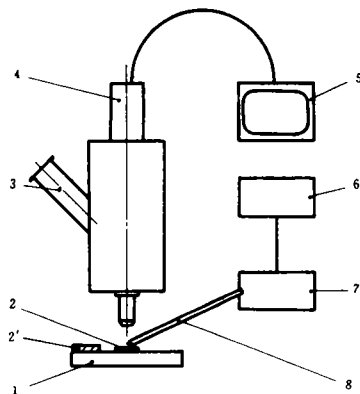
4 组装装置的描述

为了考核我们的方案和所取得的研究技术的效果,我们组合了如图 3 所示的微机械构件组装装置。

微机械构件组装装置包括工作台 1、置于工作台上的被组装的微小构件 2 及待装基体,显微镜 3 的物镜对准微机械构件 2 和基体,摄像机 4 的镜头调焦至显微镜的成像面并把所拍摄的像传送到监视器 5。作为吸附微机械构件的真空吸附针尖 8 安装在多维调整架 7 上并与真空—气动系统 6 连接。

通过监视器 5 观察,当使用粗动机构使构件和基体均在视场内时,换上高倍物镜,使用多维调整机构 7 移动吸附针尖 8 至微机械构件 2 处,开启真空—气动系统 6 抽真空,使其微机械构件 2 被吸附在吸附针尖 8 上,再移动吸附针尖 8,将微机械构件 2 带到待装位置处,去除真空就把微机械构件 2 放置在待装位置上,从而完成了该构件的组装。

我们现在组合的装置中没有摄像机 4 和监视器 5,观察是靠显微镜的 H 镜实现的。显微镜是体视显微镜(组装的构件较大,该显微镜已符合要求),故无需高倍长工作距离大焦深物镜,我们完成的设计可作为进一步研究的技术储备。



1: X—Y 工作台, 2: 微机械构件, 2': 基体, 3: 显微镜, 4: 摄像机, 5: 监视器, 6: 真空—气动系统, 7: 多维调整机构, 8: 真空吸附针尖

图 3 微机械构件组装装置

5 实验结果

我们使用我们研制的针管加针尖长度为 $30\sim 80\text{mm}$, 针管外径为 $\varphi 1.2\sim \varphi 1.5\text{mm}$, 内径为 $\varphi 0.8\sim \varphi 1.0\text{mm}$, 针尖处外径为 $\varphi 60\sim \varphi 90\mu\text{m}$, 内径为 $\varphi 60\sim \varphi 30\mu\text{m}$, 且在针尖处有一与针管中心线成 $30^\circ\sim 45^\circ$ 角磨平端面的吸附针尖, 在该装置上分别成功地组装过上海冶金所提供的外

径为 $\varphi 300\mu\text{m}$ 的几种转子,真空吸附力与理论计算基本相符,从而证明这种方式及所论及的技术是可行的。

总之我们在组装技术方面做了一些探讨,用玻璃吸附针尖吸附微机械构件进行组装是投资少的可行方式,从 MEMS 发展来看,做组装仪的研制是十分必要的,我们正在完善此项工作。

Study on Assembly Microelement for Micromechanics

Lu Dunwu, Shen Beijun and Wang Delin

*(Shanghai Institute of Optics and Fine Mechanics,
Chinese Academy of Sciences, Shanghai 201800)*

He Wei, Huang Liju

(Shanghai Tongji University, Shanghai 200092)

Abstract

In the paper, we study the methods of grabbing and releasing microelement and demands of optical observation system. We also design an assembly apparatus to assemble some micro-motors. The result is satisfactory.

Key words: Micromechanics, Microelements, Assembly