

用光致抗蚀剂作牺牲层材料制作可动微机械

周明宝

(中国科学院光电技术研究所, 微细加工光学技术国家重点实验室 成都 610209)

崔 铮 Prewett D P

(英国卢瑟福国家实验室微结构中心)

摘要 报道了用光致抗蚀剂作牺牲层材料制作可动微机械结构的一种新技术。用这种技术制作可动微机械, 动件和固定件同时制作。同现有的牺牲层材料相比, 光致抗蚀剂作牺牲层材料具有一些优越性。首先, 光致抗蚀剂能直接涂敷, 能直接光刻成形。此外, 用光致抗蚀剂作牺牲层材料不影响结构的厚度和材料的选择。工艺优化后, 结构洁净度、固定件与基片的结合强度及牺牲层去除速度都得到了改善。

关键词 光致抗蚀剂 牺牲层 可动微机械

1 引 言

近年来, 人们开发了多种制作微机械结构的新技术, 其中有些技术可用于制作可动微机械。在可动微机械中, 动件主要用于传递运动、执行指定的操作或控制其它动件的运动。

制作可动微机械, 动件可以单独制作, 然后通过对准与另外单独制作的固定件装配在一起^[1]。显然, 这种工艺比较复杂。特别是当结构尺寸较小时, 工艺变得很困难。

一般地, 可动微机械是用标准的牺牲层技术制作的。动件制作在牺牲层上, 然后去除掉牺牲层材料, 使动件释放。目前, 用作牺牲层的材料主要是金属, 如钛、铝、铬、铜等^[2-4], 这些材料不能直接光刻成形, 淀积耗时, 并且在用酸刻蚀去除时容易引起材料的兼容性问题。在多晶硅表面微机械中, 化学汽相沉积(CVD)形成的磷硅玻璃或氧化物常用作牺牲层材料^[5-7]。多晶硅是通过淀积形成的, 一般只有几微米厚, 将它用作结构材料, 微机械结构很薄, 强度低。此外, CVD形成的牺牲层, 淀积、成形和去除都是很费时的, 工艺过程也很复杂。

本文报道了一种简单的可动微机械制作技术。这种技术用光致抗蚀剂作为牺牲层材料。光致抗蚀剂可直接涂敷和成像。用它作牺牲层材料, 不影响结构的厚度和材料的选择。在对工艺

优化后, 制作出的微机械结构的洁净度、固定件与基片的结合强度得到了改善, 动作释放过程也大大加快了。

2 工艺流程

图1是工艺的基本流程。首先, 在基片上涂敷一层几微米厚的光致抗蚀剂, 然后用第一块掩模光刻成形。这层光致抗蚀剂牺牲层形成了动件的基座。牺牲层厚度是一个重复参数: 太厚, 有利于牺牲层的最后去除, 加快去除速度, 但是对图形质量不利; 相反地, 如果牺牲层偏薄, 可以改善图形质量, 但不利于动件的释放。牺牲层成形后, 淀积一层金属薄膜作为电铸电极, 然后在金属层上涂敷第二层光致抗蚀剂。这层抗蚀剂较厚, 目的是为了制作出较厚的微机械结构。用第二块掩模与第一层牺牲层图形对准, 曝光第二层光致抗蚀剂, 使之成形。利用第二层抗蚀剂图形作铸模, 通过微电铸形成微机械结构。然后用丙酮溶解掉第二层抗蚀剂, 用刻蚀液去除裸露后的金属层, 最后再去除掉牺牲层, 使动件释放出来, 从而可使之自由移动。

在早期的工作中, 上述工艺存在几个问题, 一个问题是动件释放时间过长。这是由于在经过一系列工序后, 抗蚀剂特性发生变化, 可溶性下降; 另一个原因是牺牲层是通过钻蚀去除的, 这比较费时。另一问题是在动件释放过程中, 微机械结构易于脱落。

为了加快动件释放过程, 我们提出了一种新方法, 其工艺过程是在第一层抗蚀剂牺牲层成形后, 在淀积金属前, 将牺牲层成形后, 在淀积金属前, 将牺牲层裸露在光束中再曝光一次。在以后的工序中, 牺牲层用显影液去除。采用这种方法, 动件释放过程大大加快了, 释放时间下降到了数十分钟, 远少于用丙酮溶解所需的时间。

由于铜具有较好的电镀特性, 常被用作电铸电极。但是我们发现我们的工艺中铜与基片之间的结合性较差, 铸出的微机械结构易于脱落。此外铜极易溶于已稀释的铬刻蚀液中, 这使工艺控制更加困难, 我们必须严格控制刻蚀液的浓度和刻蚀时间, 否则微机械结构更易产生脱落。我们尝试了用其他金属作电铸电极, 发现铬是比较合适的。铬与基片结合牢靠, 刻蚀过程容易控制, 因此是一种较为理想的材料。用铬作电铸电极, 我们制作出了一些外观较好的微机械结构。

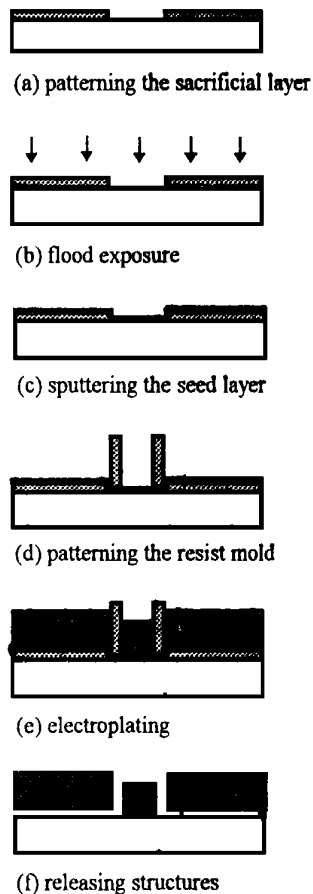


Fig. 1 Movable micro-mechanical structures fabrication process by using photoresist as sacrificial layers

3 实验结果

上述工艺不需要任何昂贵的、专门的设备,所需设备都是标准的、常用的、大多数实验都具有的,因此易于普及。利用这工艺,我们制作了一些微机械结构,如图2~4所示。

这些微机械结构都是用镍制造的,结构总高度为 $20\mu\text{m}$,结构与基片之间的间隙为 $4\mu\text{m}$,结构本身厚度为 $16\mu\text{m}$ 。牺牲层材料和抗蚀剂铸模都是AZ4562,它们通过普通的甩胶机EMS SPINNEP涂敷在基片和种子层上并利用掩模对准机MA750光刻成形。铜或铬用作电铸电极,其薄层用等离子体淀积机NORDIKO淀积而成,厚度为 100nm 。电铸后,抗蚀剂铸模,裸露的金属层和牺牲层应去除释放出动件。如果铜用作电铸电极,其蚀刻去除过程必须小心控制;如铬用作电铸电极,工序控制相对容易些。

牺牲层如果经过裸露曝光,可用显影液去除,否则用丙酮溶解。



Fig. 2 Micro springs fabricated by using photoresist as sacrificial layers

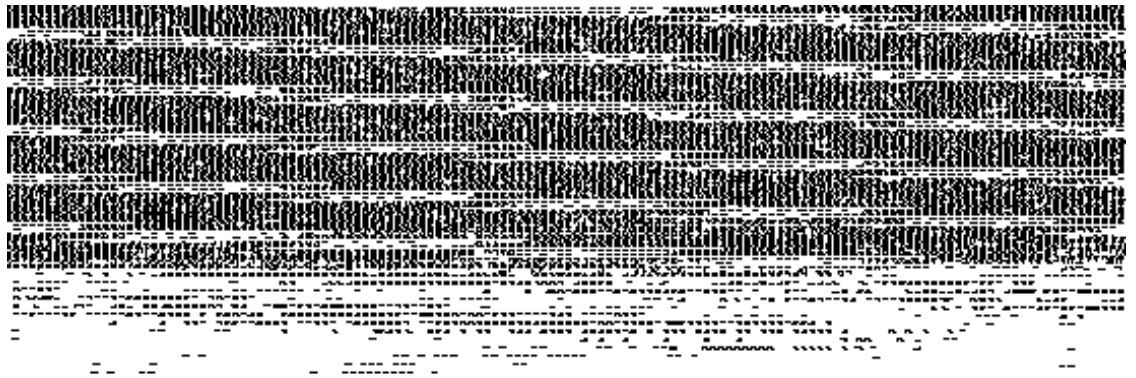


Fig. 3 Micro comb fingers fabricated by using photoresist as sacrificial layers

Fig. 4 Micro motor fabricated by using photoresist as sacrificial layers

制作图2~4所示结构只需两块掩模,一个用于制作牺牲层图形,一个用于制作抗蚀剂铸模图形。为了正确地将可动件制作在牺牲层基座上面,牺牲层图形应与抗蚀剂铸模图形对准。由于动件与位于其下的牺牲层基座的尺寸差远大于设备套刻精度,因此对准是容易实现的。

4 讨 论

在实验中,我们发现掩模图形不能精确地传递到厚层抗蚀剂中,抗蚀层中曝光部分明显地扩展。这主要是因为抗蚀层较厚。较厚的抗蚀剂的光刻不同于薄层抗蚀剂的光刻,有其本身的特殊性,目前我们正在对厚层光刻进行研究,试图弄清厚层光刻图形传递规律,为厚层光刻工艺、掩模设计提供指导作用。此外,我们还发现高纵横比、大厚度的抗蚀剂铸模在微电铸过程中容易变形,因此应采取措施提高抗蚀剂铸模的硬度和强度,以改善微机械结构的质量。

5 结 论

本文描述制作可动微机械结构的一种新技术。利用这种技术,制作了各种不同的可动微机械结构。这种技术不需要特殊的设备,工艺简单,并可用于制作大厚度的微机械结构。这是一种低价的微机械结构制作技术。

参 考 文 献

- 1 Rangelow, Hudek P. MEMS fabrication by lithography and reactive ion etching(LIRIE). *Microelectronic Engineering*, 1995, 27: 471 ~ 474
- 2 Burbaum C, Mohr J, Bley P. Fabrication of capacitive acceleration sensors by the LIGA technique. *Sensors and Actuators*, 1991, A25- A27: 613
- 3 Frazier, Ahn C H, Allen M G. Development of micromachined devices using polyimide-based processes. *Sensors and Actuators*, 1994, A45: 47
- 4 Maciossek, Lochel B, Quenzer H, et al. Galvanoplatting and sacrificial layers for surface micromachining. *Microelectronic Engineering*, 1995, 27: 503
- 5 Howe Roger T. Surface micromachining for microsensors and microactuators. *J Vac Sci Technol*, 1988, B6(6): 1809 ~ 1813
- 6 Mehregany, Gabriel K J. Integrated fabrication of polysilicon mechanisms. *IEEE transactions on electron devices*, 1988, 35(6): 719 ~ 723
- 7 Fan, Tai Y, Muller R S. Integrated movable micromechanical structures for sensors and actuators. *IEEE transactions on electron devices*, 1988, 35(6): 724 ~ 730

New Technology for Fabricating Movable Micromechanical Structures

ZHOU Ming-Bao

(*State Lab of Optical Technologies for Microfabrication,
Institute of Optics & Electronics, Chinese Academy of Sciences, Chengdu 610209*)

CUI Zheng , Prewett D P

(*Central Microstructure Facility, Rutherford Appleton Laboratory
Chilton, Didcot, Oxon OX110QX, UK*)

Abstract

This paper reports a simple process using photoresist as sacrificial layers to fabricate movable microstructures. Movable elements and fixed elements are fabricated simultaneously. The number of required masks is decreased to the least. Comparing with all the existing sacrificial layer materials, the photoresist being used as sacrificial layers has some advantages. The photoresist can be spin coated simply and patterned directly. Otherwise, using photoresist as sacrificial layers does not restrict the thickness of structures and the choice of materials. After some optimization have been taken, the cleanliness of the structures, the adhesion between the fixed elements and the substrate, the speed of the photoresist removal have been improved.

Key words: Photoresist, Sacrificial layers, Movable micromechanical structures

周明宝 男, 1965年12月出生, 1986年毕业于浙江大学, 现为中国科学院光电技术研究所博士研究生、副研究员。目前主要从事微机械、微光学、微电子单元技术研究。