

微纳米薄膜的悬浮腐蚀法^{*}

陈绍凤 夏善红 宋青林 张建刚

(中国科学院电子学研究所 传感技术国家重点实验室, 北京 100080)

摘要: 介绍了一种腐蚀薄膜的研制方法及其装置. 为制备带有各种金属引线及电极的大面积超薄悬浮薄膜(厚度: 50~500nm, 1~5 μ m; 面积: 3mm \times 2mm, 10mm \times 5mm)提供了一种有效的方法. 提高成品率 30%, 具有装置结构简单、支架体积小、质量轻、易于加工、操作方便、经济耐用、造型可根据器件需要加工设计等优点.

关键词: 悬浮; 薄膜; 腐蚀

PACC: 7390; 0710

中图分类号: O484.1

文献标识码: A

文章编号: 0253-4177(2003)S0-0104-03

1 引言

微纳米世纪的到来,使加工技术不断面临新的挑战.对于微纳米复杂的图形加工需要研究新的加工方法,原有的仪器设备和加工方法需要不断改进和更新,才能迎合科技发展的需要.田昭武教授等提出约束刻蚀技术^[1](confined etchant layer technique, CELT)用于三维超微(纳米)图形复制加工的新型技术和刘品宽老师电化学微加工系统^[2]等微纳米加工技术的研究给微机电系统(MEMS)提供了很好的技术,也给了作者很多的启发,作者通过多次试验,提出了单面悬浮^[3]腐蚀法及其小型装置,可以腐蚀出带有多种金属引线的 Si₃N₄ 超薄型(50~500nm; 1~5 μ m)大面积(3mm \times 2mm; 10mm \times 5mm)薄膜.本文介绍了单面悬浮腐蚀法及其小型装置.

2 单面悬浮腐蚀法

各向异性腐蚀是硅片进行深加工的常用方法,对于单面腐蚀法腐蚀硅片,作者采用的方法之一是把硅片用黑胶粘在不锈钢基座上,其作用是保护带有金属引线的一面,使其不暴露在腐蚀液中.当硅片

腐蚀成薄膜后,需要清除黑胶,采用负胶清洗剂浸泡,将黑胶溶解,腐蚀后只剩下 0.05~1 μ m 左右厚的氮化硅薄膜.上述方法经常遇到的问题是:由于黑胶的粘滞度大,当黑胶由固态溶解成液态时,体积将发生膨胀,氮化硅薄膜由于受到黑胶膨胀力作用而造成机械性破裂损伤;当薄膜厚度很薄时,由于硅片厚度的不均匀性和腐蚀不均匀性而使薄膜局部的硅残留甚至造成薄膜的破裂.即使能腐蚀出完整的薄膜,由于滞留在薄膜上的黑胶较难去掉,需采用酸性或碱性的腐蚀液清除,将导致一些金属引线遭到破坏(如:镍、镍铬、铜、铈铜等),无法得到完整的器件.当薄膜厚度已经是 10 μ m 以下时,进行腐蚀将难以控制,造成 Si₃N₄ 薄膜机械性的破裂仍是经常发生的,结果无法得到完整的薄膜.

为了解决上述问题得到完整的薄膜,本文采用了两种有效的方法,使表面上带有金属引线的一面得到保护.一种方法是在带有金属引线的一面涂上其它保护材料;另一种方法就是悬浮腐蚀法.悬浮腐蚀法就是使样品带有金属引线的一面暴露在空气中,而样品的另一面浸泡在腐蚀液中进行腐蚀.由于硅片与腐蚀液发生化学反应时,会有大量的氢气产生,氢气聚积在硅片和腐蚀液体之间,造成腐蚀液不能接触到硅片,产生腐蚀速率缓慢或者腐蚀不均匀.同时薄膜下面的氢气大量聚积,其气体的压力不断

^{*} 国家重大基础研究(973)(编号:G1999033102)和国家自然科学基金资助项目(批准号:60172001)

陈绍凤 女,1947 年出生,高级工程师,从事电真空和微传感技术研究.

增大,气体对薄膜的破坏力也比较大.为了提高腐蚀速度和得到良好的样品,可以两种方法结合使用,分为两步:首先用黑胶-沥青保护带有金属引线薄膜的一面,腐蚀到剩下约 $10\sim 20\mu\text{m}$ 时,将其取下,将黑胶清洗干净,此时薄膜还有一定的厚度,易于清洗;然后再进一步用悬浮腐蚀法进行腐蚀,可以确保多种金属引线薄膜的形成而不破裂.此方法将为超薄型的微米/纳米薄膜的加工提供一种有效的方法.当腐蚀液温度为 $70\sim 80\text{C}$ 时,其腐蚀速率是浸在腐蚀液中腐蚀的四分之一左右.

3 单面腐蚀法及其装置

作者设计加工了用于单面悬浮腐蚀的小型装置,其结构包括:恒温加热设备、玻璃烧杯和聚四氟支架.其作用是恒温加热设备,主要保持恒温.玻璃烧杯主要放置支架和腐蚀液,如图1所示.支架放在腐蚀液中,在支架上面放置器件,其中支架有一些上

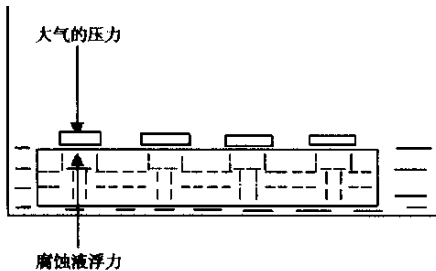


图1 硅片在支架上受力情况示意图

Fig. 1 Schematic analysis of silicon flake on the bracket

下互通的孔(可根据器件的大小而作),孔与孔之间有沟槽贯通.其优点是:当腐蚀时,把硅片放在支架上,硅片的一面充分接触腐蚀溶液,反应产生的气体由设备的沟槽排出,可以随时补充腐蚀液体.由于液体的流动而形成的动态平衡也可起到搅拌作用,使硅片腐蚀均匀;而硅片的另一面得到保护,不接触腐蚀液体,上面暴露的金属引线或电极不会被损坏.硅片浮在腐蚀液上面进行腐蚀,提高了薄膜的成品率约30%.聚四氟支架如图2所示,可根据硅片尺寸

和所需器件的大小而定,且比较易于加工制作,具有支架体积小、质量轻、易于加工、操作方便、经济耐用、造型可根据器件需要加工设计等优点.

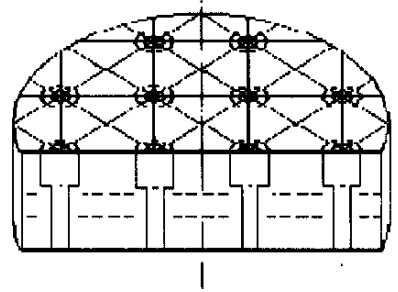


图2 腐蚀支架

Fig. 2 Bracket for etching

4 结论

本文介绍了单面悬浮腐蚀法可以制备大面积超薄悬浮薄膜,并有效地保护了薄膜上的金属电极,使薄膜腐蚀成品率提高约30%.这一关键技术的突破将会提高其他微细加工方法的工艺水平.悬浮腐蚀法和小型装置已经申请了中国发明专利^[3](现正在受理中),目前作者正在进行更深入的相关实验的研究.

参考文献

- [1] Tian Z W, Feng Z D, Tian Z Q, et al. Confined etchant layer technique for two-dimensional lithography at high resolution using electrochemical scanning tunneling microscopy. *Faraday Discussion*, 1992, 94: 37
- [2] Liu Pinkuan, Qu Dongsheng, Zhang Xiufeng, et al. Research on the system of electrochemical micromachining. *Piezoelectrics & Acoustooptics*, 2001, 23: 48 (in Chinese) [刘品宽, 曲东升, 张秀峰, 等. 电化学微加工系统的研究. *压电与声光*, 2001, 23: 48]
- [3] Chen Shaofeng, Zhang Jiangang, Xia Shanong. A method for one-side suspending ultra-thin film etching. Chinese patent [陈绍凤, 张建刚, 夏善红. 单面悬浮腐蚀薄膜的方法. 中国发明专利(现正在受理中)]

A Method for Suspending Ultra-Thin Film Etching^{*}

Chen Shaofeng, Xia Shanhong, Song Qinglin and Zhang Jiangan

(State Key Laboratory of Transducer Technology, Institute of Electronics, The Chinese Academy of Sciences, Beijing 100080, China)

Abstract: A method of thin film etching and the relevant equipment are introduced. A way of fabricating large-area suspending ultra-thin films (thickness of them: $50\sim 500\text{nm}$, $1\sim 5\mu\text{m}$; area of them: $3\text{mm}\times 2\text{mm}$, $10\text{mm}\times 5\text{mm}$) with metal electrodes is provided. Rate of finished products will increase by 30 per cent. The equipment has many advantages such as simple structure, small volume, light weight, low cost, easy to process, convenient to operate, and is capable of design and manufacture its form according to the need of devices.

Key words: suspending; thin film; etching

PACC: 7390; 0710

Article ID: 0253-4177(2003)S0-0104-03

^{*} Project supported by National 973 Program (No. G1999033102) and National Natural Science Foundation of China (No. 60172001)

Chen Shaofeng female, was born in 1947, senior engineer. She is engaged in the research on the electric vacuum and micro-transducer technology.