

光刻技术在金属板片刻蚀上的应用

宁建华

(西安航天动力研究所, 陕西 西安 710100)

摘 要: 介绍了应用双面自对准光刻技术刻蚀金属板片的工艺原理、方法、工艺参数的选取原则以及双面自对准光刻模具设计准则, 该项技术已成功应用于液体火箭发动机层板喷注器和膜片阀的研制和生产之中。

关键词: 光刻技术; 层板喷注器; 膜片阀

中图分类号: V434

文献标识码: A

文章编号: (2010) 01-0054-04

Application of photoetching technique in metal diaphragm

Ning Jianhua

(Xi'an Aerospace Propulsion Institute, Xi'an 710100, China)

Abstract: Technology principle, method and principle of parameters determination of double-face self-aligning photoetching technology in metal diaphragm were introduced in this paper. The technique has been applied in platelet injector and diaphragm valve of liquid rocket engines.

Key words: photoetching technique; platelet injector; diaphragm valve

0 引言

层板喷注器由精确分布着异型孔的多层金属板片组成, 金属板片型孔的双面精密加工是采用光刻工艺完成的。液体推进剂预包装贮箱上的膜

片阀金属膜片刻痕也是采用单/双面自对准光刻工艺完成。

1 光刻工艺简述

电子信息技术日新月异, 迅猛发展, 究其原

收稿日期: 2009-11-05; 修回日期: 2009-12-18。

作者简介: 宁建华 (1964—), 男, 研究员, 研究领域为光刻技术。

因是由于半导体工业集成电路设计和制造水平在不断提升和发展，而制造半导体集成电路的核心和关键技术就是光刻工艺。光刻工艺技术本身也在不断发展和更新。金属板片光刻技术是交叉性的边缘学科，是一种将图形精确复制和刻蚀技术相结合的综合性超精密加工工艺技术，该项技术将微电子领域的光刻技术与精密微机械加工技术相结合，形成了超精密加工，加工精度在微米量级，是 MEMS 的核心工艺技术。其工艺过程是：先用照像复印的方法，采用 400nm 均匀平行紫外光束，将光刻掩模上的图形精确地复印到涂在待刻蚀材料表面的光刻胶上面，然后在光刻胶的保护下对待刻蚀的材料进行选择化学刻蚀，从而在待刻蚀材料上得到所需要的几何型孔。

半导体工业电子和微电子领域是在半导体材料正面制造器件和集成电路的，因此所采用的光刻为单面光刻。层板喷注器、膜片阀膜片等均为双面自对准光刻，以获得良好的使用性能。目前金属板片上双面自动对准精度为 0.1 μm 。

层板喷注器光刻工序流程见图 1。



图 1 层板喷注器光刻工艺流程

Fig.1 Flow chart of platelet injector photoetching process

半导体工业的光刻与金属板光刻比较，各有特点，见表 1。

表 1 光刻技术应用比较

Tab.1 Comparison of photoetching technique applications

半导体工业的光刻		金属板光刻
光刻的材料	半导体材料,如:单晶硅、单晶锗、砷化镓等	金属材料,如:不锈钢、钛合金等
光刻对准形式	单面套刻	双面自对准光刻、单/双面自对准光刻
胶膜	薄,几百 Å;单面涂胶	厚, μm 量级;双面涂胶
刻蚀深度	Å 量级,不刻透	0.1~0.5mm,刻透不刻透
产品	半导体器件、集成电路、计算机芯片等	层板喷注器板片、金属膜片等
加工精度	亚微米纳米量级	微米量级

2 双面光刻原理及流程

双面自对准光刻工艺原理见图 2 所示。

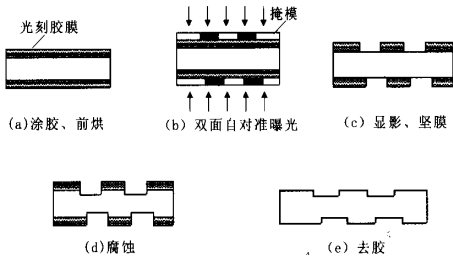


图 2 双面自对准光刻工艺原理简图

Fig.2 Schematic of double-face self-aligning photoetching principle

双面自对准以及单/双面自对准是通过专门设计的光刻模具实现的，光刻时，只要将涂覆并经过前烘的金属板片安装于该模具中，在光刻机上即可自动实现双面自对准光刻。

光刻流程见图 3。

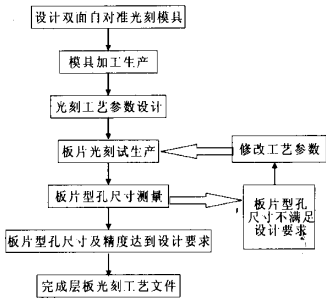


图 3 光刻流程图

Fig.3 Flow chart of photoetching process

3 光刻模具设计

光刻模具设计包括：夹具设计和版图设计。夹具设计为机械图纸设计，版图设计则要按照版图设计规范，根据待加工材料的腐蚀余量，依据按比例缩小理论进行设计。对于层板喷注器金属板片光刻来说，光刻模具要求为双面自对准模具，对于膜片阀金属膜片光刻来说，光刻模具要求为单/双面光刻模具。

金属膜片原理图见图 4。

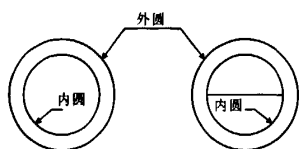


图 4 金属膜片原理图

Fig.4 Schematic diagram of metal diaphragm

由图 4 可见，内圆为承压刻痕，深度为母材厚度一半，由于要承压，所以不能刻透，该刻痕为单面光刻。外圆为膜片轮廓，要求刻透，所以为双面光刻。由此可见，金属膜片光刻应采用单/双面光刻模具。

4 光刻工艺流程设计

光刻工艺生产流程见图 5。

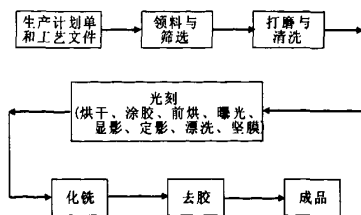


图 5 光刻工艺生产流程

Fig.5 Flow chart of products manufacture using photoetching technology

由图 5 可见，光刻工艺参数包括两个部分，即化学试剂配方和工作参数。

4.1 化学清洗

金属板片光刻为超精密加工技术，光刻图形转移精度为 \AA 量级，即原子、分子间距尺度量级，为了实现高精度精细加工，金属板片表面必须为原子洁净表面状态，为此，对金属板片必须进行化学清洗，清洗分三个步骤完成，即有机除油、化学清洗和去离子水清洗。根据相似相容理论，制定了金属板片化学清洗方案，该方案可提高板片表面清洗质量，确保了光刻精度。

4.2 双面涂胶

金属板片要求双面光刻，那么板片必须进行双面涂胶。影响胶膜厚度的因素有：分辨率、针孔密度和粘附力。

负性光刻胶胶膜越厚，分辨率则越低，为了减少针孔提高成品率，又需要较厚的胶膜。因此，在选择光刻胶的膜厚时，应折衷考虑分辨率和成品率之间的矛盾。试验表明，光刻胶膜越薄，抗蚀能力越差，腐蚀时产生的针孔密度就越大。当光刻胶涂层较厚时，由于曝光时大部分能量被上层光刻胶吸收，达不到光刻胶与金属板片的界面，引起下层光刻胶曝光不足，在显影过程中，底层光刻胶由于显影液的作用会发生膨胀甚至溶解，从而影响光刻胶与金属板片之间的粘附。

经过大量试验，在双面涂胶厚度、曝光量、留膜率以及成品率之间，确定了微米量级的胶层厚度、前烘工步特殊控制过程、前烘温度和时间等重要参数。

4.3 最佳曝光量的确定

曝光的目的是用尽可能短的时间使光刻胶充分感光，在显影后获得尽可能高的留膜率、近似于垂直的光刻胶侧壁和可控的条宽。留膜率越高，表明显影后保留的光刻胶越厚，抗蚀能力越强。负胶典型的留膜率在 90% 左右。

光刻胶的成像反差定义为留膜率特性曲线直线部分的斜率。反差大，表明光刻胶的侧壁形状陡直，分辨率高；反差小，则表明光刻胶的“灰度”高，容易使光刻胶产生“底膜”。

4.4 化学铣切

化学铣切即腐蚀。化铣工艺参数有：化铣液

配方、化铣温度和时间。

经过大量试验和研究,我们研制出了金属板片化铣配方,该配方含有:腐蚀剂、缓蚀剂、稳定剂、老化剂、促进剂等化学成分。在有效时段之内,其化学活性是稳定和持续的。

5 结束语

光刻工艺技术成功应用于层板喷注器所需的金属板片和膜片阀所需的金属膜片加工,其技术指标达到了设计要求,并已应用于实际生产。

光刻技术随着光刻理论以及光刻装备的不断发展,也在不断升级和发展,随着193nm、157nm及其更短波长的准分子激光光刻技术、同步辐射X射线光刻技术、极紫外光刻技术、电子束/离子束投影光刻技术的应用,光刻技术水平将会迈进纳米世界。

参考文献:

- [1] 宁建华. 光刻技术在流体动力密封研究中的应用[J]. 火箭推进, 2005, 31(4): 41-43.
- [2] 宁建华. 光刻膜片在膜片阀中的应用 [J]. 火箭推进, 2005, 31(1): 33-34.
- [3] 宁建华. 微推进与 MEMS 技术 [J]. 火箭推进, 2002, 28(3): 11-16.
- [4] 宁建华. 光刻技术在液体火箭发动机中的应用[J]. 火箭推进, 1992, (4): 74-77.
- [5] 宁建华. 微型胶体推力室阵列研究 [J]. 火箭推进, 2004, 30(增刊): 60-66.
- [6] 宁建华, 雷娟萍. 光刻技术在整体式层板催化剂床中的应用[J]. 火箭推进, 2006, 32(6): 43-47.
- [7] 庄同曾, 张安康, 黄兰芳. 集成电路制造技术—原理与实践[M]. 北京: 电子工业出版社, 1987.
- [8] 电子工业半导体专业工人技术教材编写组. 半导体化学[M]. 上海: 上海科学技术交流文献出版社, 1983.

(编辑: 陈红霞)

(上接第53页)

运用ALE算法对其进行了数值模拟,并对计算结果进行了分析,分析结果与文中所引文献相一致,与现有理论相符合。这说明,数值模拟方法实用性强,对于航天分离火工装置的设计和其它工程实践,提供了一种方便、有效的研究手段和方法。

参考文献:

- [1] 王凯民, 温玉全. 军用火工品设计技术[M]. 北京: 国防工

业出版社, 2006.

- [2] 时党勇, 李裕春, 张胜民. 基于ANSYS/LS-DYNA 8.1进行显式动力分析[M]. 北京: 清华大学出版社, 2005.
- [3] 吴硕, 杨清文, 杨玉林, 刘鹏. 线性聚能装药切割靶板的数值模拟[J]. 火炸药学报, 2006, 29(3): 77-80.
- [4] 李裕春, 吴腾芳等. 线型聚能装药射流形成过程的数值模拟[J]. 解放军理工大学学报(自然科学版). 2002, 03(3): 71-75.
- [5] 曹德青, 恽寿榕. 用ALE方法实现射流侵彻靶板的三维数值模拟[J]. 北京理工大学学报, 2000, 20(2): 45-49.
- [6] 白金泽. LS-DYNA3D理论基础与实例分析[M]. 北京: 科学出版社, 2005.

(编辑: 王建喜)