

准 LIGA 工艺技术在加工微金属齿轮中的应用*

姚劲松 王志勤 王飞 宣明 梁静秋 王一凡

(中国科学院长春光学精密机械研究所, 长春 130021)

摘要 三维微细加工中的 LIGA 技术是被国际上公认为最有发展前途的一种微机械零部件加工工艺技术,但在我国与之配套的辅助工艺尚不完善,因而限制了其发展速度。我们采用准 LIGA 工艺技术,以常规的紫外光刻方法,成功地制成了具有较高深宽比的微金属齿轮。

关键词: 微型机械; LIGA 工艺; 准 LIGA 工艺; 微齿轮

1 概 述

微型机械的研究以其巨大的开发潜力和发展前景在世界各工业化国家得以迅猛发展,并引起广泛的重视。自德国卡尔斯鲁核中心(KFK)提出了 LIGA 工艺(含深层同步辐射 X 射线光刻,电铸成形及铸塑三个工艺过程),以来,美、日的某些研究机构都以 LIGA 技术作为加工制作微型机械零部件的重点研究课题。但由于该技术需要高能量的同步辐射 X 射线进行光刻,设备投资高,还不能更广泛的采用这种技术。在中国也是如此,除了北京高能所和合肥市中国科大之外,均不具备 X 射线光刻的条件。为了开拓微机械三维刻蚀技术,如能采用与 LIGA 技术近似的成果,将会大大地推动微机械研究工作。

2 准 LIGA 技术的加工工艺流程

准 LIGA 工艺技术是把常规的近紫外光刻扩展应用到厚抗蚀层(15~80 μm)的光刻中,在此基础上铸出三维立体金属零件,并保持其微米级的分辨率。整个工艺包括两个步骤:一是获得高深宽比胶模图形的光刻工艺;二是电铸工艺。我们采用此工艺制作出厚度为 15 微米,外径 400 微米的微金属齿轮。

其工艺过程如下(参见图 1):

* 国家自然科学基金资助课题

收稿日期:1995年4月7日

2.1 高深宽比胶模图形的光刻工艺

2.1.1 基片的制备。

在已经化学清洗干净的玻璃片或硅片上,采用磁控溅射的方法溅射 1-2 μm 的铜膜作为电铸时的导电层和牺牲层。要求铜膜与工件表面结合牢固,膜层致密。

2.1.2 光刻胶的涂敷。

选用正性光刻胶(AZ1350 系列),在室温 25 $^{\circ}\text{C}$ 时,采用旋转涂敷法,在转速为 2000rpm,通过四次涂敷,涂层厚度可达 15 μm 。为了达到陡峭的胶膜,曝光时,掩膜与光刻胶之间必须要有良好的接触。光源采用 400W 反射型高压汞灯,其波长为 300nm~450nm。在此波长范围内汞灯的相对光强较高,与光刻胶(AZ1350)的最大光谱灵敏度的波长接近(如图 2、图 3 所示)所以光刻时可以达到最佳效果。曝光时间约 4 分钟,在浓度为 5%NaOH 显影溶液中显影,图形清晰边缘比较陡直,在坚膜工序中,要保持光刻图形结构,坚膜温度要严格控制,对 AZ1350 正性胶而言,温度为 130 $^{\circ}\text{C}$ ±5 $^{\circ}\text{C}$ 。经上述工艺,我们作出最大直径 400 μm ,厚为 15 μm ,边缘陡直的微齿轮胶膜。如图 4 所示。

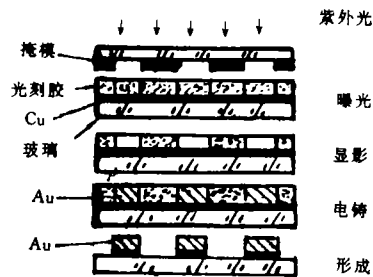


图 1 准 LIGA 加工工艺流程图

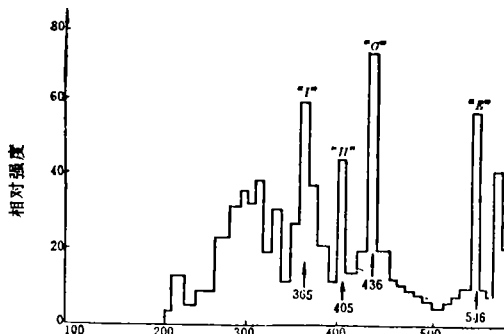


图 2 高压汞灯的光强频谱特性

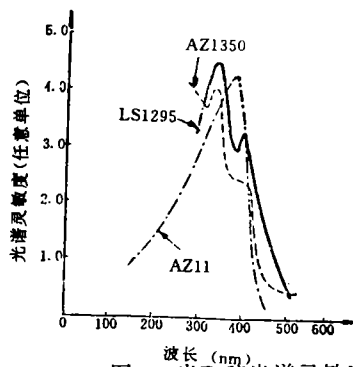


图 3 光刻胶光谱灵敏度

2.2 电铸工艺

把承载光刻胶膜结构的金属(Cu)基底作为阴极进行电铸。电解的金属离子淀积在金属基底上生成金属层,并逐渐填满光刻胶外表结构间隙,制成金属结构,由于在电铸过程中光刻胶结构是非导体,所以金属电铸的沉积过程是均匀的。

电铸完成后,将电铸成型的金齿轮版,放入光刻胶剥离液中,进行去胶处理。再将铜膜作为牺牲层,放入三氯化铁溶液中,腐蚀掉铜膜,最后制成外径为 400 μm ,厚度为 15.7 μm 的微金属齿轮。如图 5 所示。

3 结果与讨论

图 5 是由准 LIGA 工艺制作的微型金齿轮的局部的 SEM 照片。由于对光刻及电铸工艺条件进行了优选,所以金镀层表面平整,边缘陡直。

实验表明:光刻胶曝光厚度与光刻胶的灵敏度及光强特征波长有关;边缘的陡直度是由紫

外光束的平行性、光刻胶的感光速度及显影时间等因素所决定的。

4 结束语

准 LIGA 技术的出现,使我们获得了一种应用常规工艺制作高深宽比微结构的方法。经过多次旋转可得到厚的

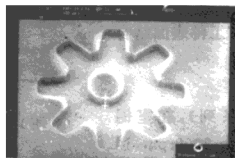


图4 光刻胶模 SEM 照片

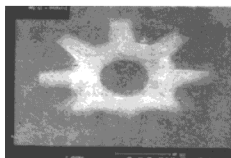


图5 微金属齿轮 SEM 照片

抗蚀剂层,通过深层光刻可得到高深宽比的胶膜,三维金属结构由电铸形成。准 LIGA 工艺技术有很大的发展前景,但目前仍受光源及光刻胶的制约,如能开发高能紫外光源及深紫外光刻胶对准 LIGA 技术的研究工作将起较大的推动作用。

参 考 文 献

- [1] 王立鼎,微机械. 光机情报增刊,1992. 8
- [2] 王阳元,集成电路工艺基础. 高等教育出版社,1972
- [3] 王志勤,LIGA 工艺探讨. 光学精密工程,1993,1(6),67—70
- [4] 王效东,镍微齿轮加工工艺初步研究. STC-93

Application of Quasi-LIGA Process to Machining Metal Micro-gears

Yao Jinsong, Wang Zhiqin, Wang Fei, Xuan Ming,
Liang Jingqiu and Wang Yifan

(Changchun Institute of Optics and Fine Mechanics, Chinese
Academy of Sciences, Changchun 130021)

Abstract

In three-dimensional micro-machining, LIGA process is the most prospective technology which is applied to micro-part machining in MEMS. But in our country the supplementary technology is not perfected, so LIGA process is restricted. We have adopted the quasi-SIGA process, which is based on the Conventional ultraviolet photoetching, to manufacture the high aspect ratio metal microgears Successfully.

Key words: MEMS, LIGA process, Quasi-LIGA process, Microgears