

用锡盘抛光 $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ 单晶的初步实验研究*

陈俊盼 蔡 立

(长春光学精密机械学院, 长春 130022)

高宏刚 陈 斌 曹健林

(中国科学院长春光学精密机械研究所应用光学国家重点实验室, 长春 130022)

摘要 概述了抛光 $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ 单晶的意义、介绍了用锡盘抛光 $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ 单晶的实验装置、描述了抛光实验过程、研究了抛光时间和抛光液酸碱度对工件表面粗糙度的影响。通过改变抛光时间及抛光液 pH 值, 可使 $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ 单晶工件表面粗糙度优于 0.4 nm rms。

关键词: $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ 单晶; 锡盘; 抛光

1 引 言

随着光学和光电子学的发展, 新型高性能、高精密、高集成的光电子系统的不断涌现, 对晶体表面的性能提出了越来越高的要求。由于 $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ 单晶具有许多优良的特性^[1], 如: 硬度高、熔点高、透光性良好、热传导性和电绝缘性优良、化学性能稳定等, 因此 $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ 单晶具有广泛的用途。它可用于激光器的窗口和反射镜, 半导体硅的外延基片, 半导体 GaN 的外延衬底材料等。这些应用都对晶体表面提出了超光滑的要求。因此, 必须进行 $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ 单晶抛光的实验研究。

国外对 Al_2O_3 单晶的加工工艺的许多研究达到了相当的水平。日本 Y. Namba 曾用机械抛光法^[2]和浮法抛光法^[3]进行过此方面的研究, 加工工件的粗糙度已达 0.2~0.3 nm rms 的水平。德国 O. Weis 等人^[4-5]用直接接触超精密抛光法进行了研究, 在 Talystep 上的测量结果

为 0.05 nm rms。美国^[6]也用机械化学抛光对晶体进行了加工, 结果为 0.5 nm rms。在国内, 西工大、洛阳 404 所都对 $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ 单晶加工工艺进行过研究。我们在研究浮法抛光实验样机^[7]的基础上, 开展了用锡盘抛光 $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ 单晶的实验研究, 取得了初步的实验结果。

2 实验装置及抛光过程

我们采用了浮法抛光原理样机^[7]进行了 Al_2O_3 单晶抛光研究。工件在磨盘上方, 二者均浸于抛光液中; 磨盘由主轴驱动旋转, 工件由另一电机驱动, 独立地绕自身轴与主轴同向旋转; 工件不在磨盘上往复摆动。

在实验中, 采用纯度达 99.9% 的锡磨盘。锡盘表面有周期性的矩形槽, 槽脊表面由钻石刀车出精细螺线, 如图 1 所示。这样的结构使得在抛光时磨盘上能够保存抛光液, 容易散发抛光时产生的热量, 以及能软化磨盘的硬度, 使工件与磨盘的面形更易吻合。

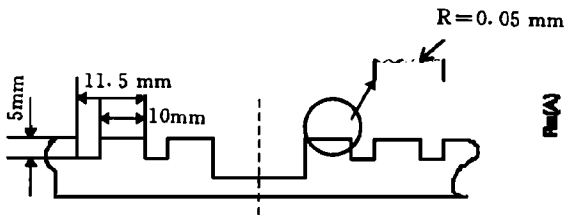


Fig. 1 The groove structure of tin lap

进行实验的样片为 $\Phi 30$ mm 的 $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ 单晶, 单晶 Al_2O_3 片已经过预抛光, 表面粗糙度为 1 nm rms。将样片粘在玻璃垫板上作为工件盘, 每次粘三片, 间隔 120° 分布。将粒度为 50 nm、浓度为 15% 的 SiO_2 胶体液与去离子水混合成浓度为 3.5% 的抛光液, 抛光液应浸没锡盘, 并使主轴工作时抛光液的凹液面在锡磨盘上。工件在锡盘上进行抛光, 选定主轴转速 80 rpm, 工件轴与主轴转动方向相同, 速度接近主轴转速^[8], 抛光液温度 18°。

影响抛光结果的因素很多, 包括磨盘的表面结构、主轴转速、抛光时间、抛光液浓度、pH 值、温度等。现阶段只是初步做了抛光时间及抛光液 pH 值对表面粗糙度的影响。对 $\Phi 30$ mm 的 $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ 单晶工件进行单因素抛光实验。

在相同温度、压力、浓度、主轴转速和工件轴转速的条件下, 单改变抛光时间, 每抛光 2 h (最后一次抛光 4 h) 取下工件在触针式轮廓仪 Talystep 上进行检测, 每个样片测 2 点, 3 个样片的粗糙度随时间变化的曲线如图 2 所示, 从图中可以得出结论: 抛光时间越长, 工件的粗糙度值越小, 表面性能越好。单改变抛光液 pH 值, 在 pH 值等于 5、7、9、11、13 时分别抛光, 每抛光 4 个小时后在 WYKO 非接触式表面轮廓仪上检测, 如表 1 所示, 从中得出结论: pH 值对加工工件的粗糙度没有太大影响。由于触针式轮廓仪 Talystep 和 WYKO 非接触式表面轮廓仪

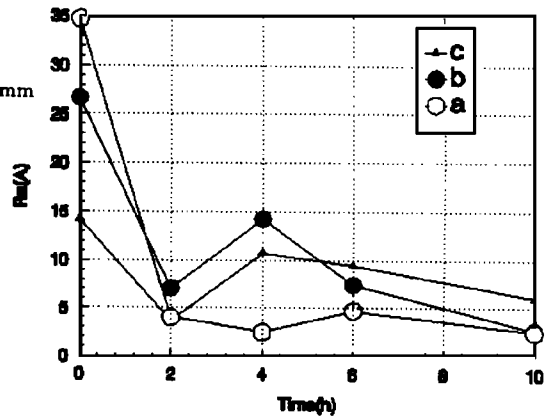


Fig. 2 The results of measurements with Talystep

上具有不同的横向空间频率, 其对同一表面的测量结果不具有可比性。图 3 是抛光后工件的测量结果。

Table 1 The results of measures with WYKO (nm rms)

steps	original values	pH= 5	pH= 13	pH= 9	pH= 11	pH= 7
1#	0.87	0.64	0.63	0.53	0.53	0.60
2#	0.81	0.71	0.43	0.45	0.49	0.46
3#	0.84	0.92	0.67	0.77	0.71	0.55

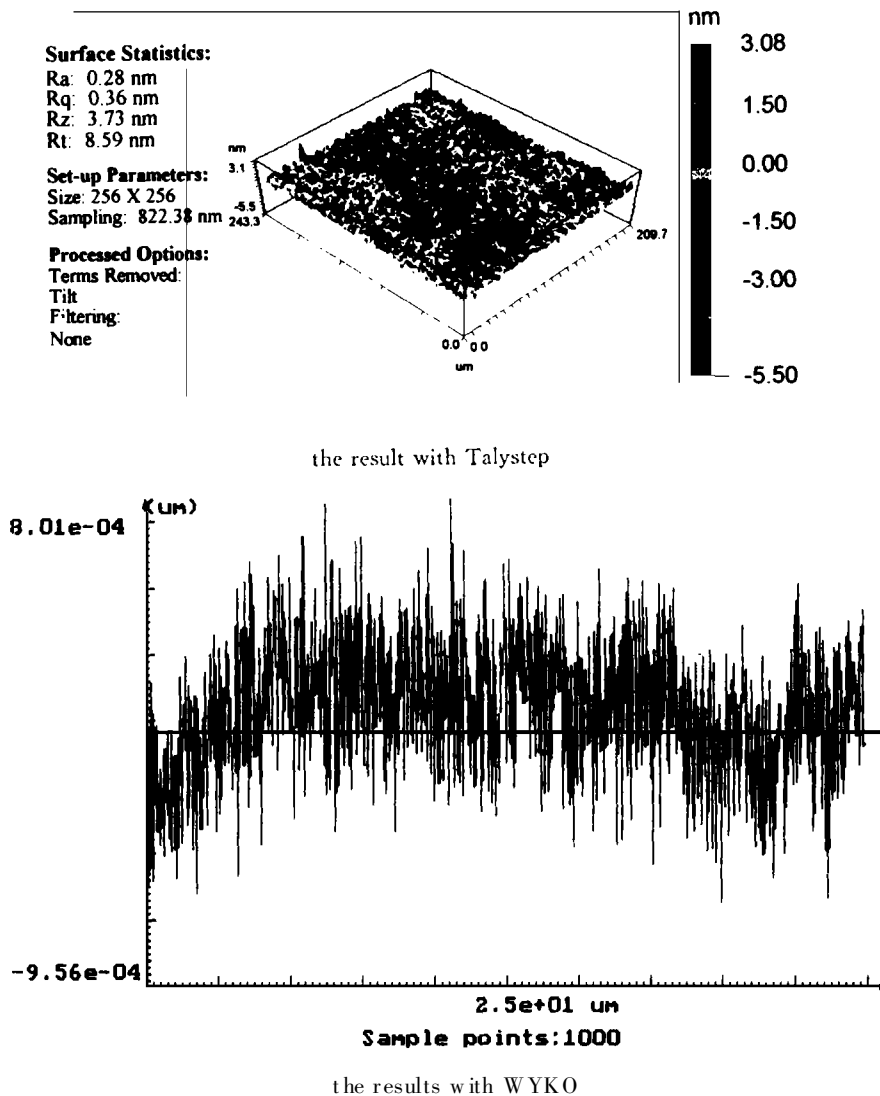


Fig. 3 The results of measurements after polishing

3 结 论

通过在浮法抛光原理样机上进行对 $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ 单晶在锡盘上的超光滑抛光实验, 得出如下

结论:

1. 用锡磨盘可以超光滑抛光 $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ 单晶;
2. 抛光时间越长, 工件的粗糙度值越小, 表面性能越好;
3. 抛光液 pH 值对加工工件的粗糙度没有太大影响。

致谢

本实验全部工作应用光学国家重点实验室内进行, 得到了短波段组王占山、马月英两位老师及各位同学的大力支持和帮助, 在此, 作者表示感谢。

参 考 文 献

- [1] 王崇鲁. 白宝石单晶. 天津: 天津科技出版社, 1983
- [2] Namba Y. T suwa H. Ultra-fine of Sapphire Single Crystal. Ann. CIRP. 1977, **26**: 325 ~ 329
- [3] Namba Y et. Float Polishing of Optical Materials. Appl Opt, 1987, **26**: 696 ~ 703
- [4] Weis O. Direct Contact Superpolishing of Sapphire. Appl Opt, 1992, **31**(22) : 4355 ~ 4362
- [5] Hader B, Weis O. Superpolishing of Sapphire: A Method to Produce Atomically Flat and Damage Free Surfaces. Surface Science, 1989, **220**: 118 ~ 130
- [6] Prochnow Eberhard, Eddwards F. Preparing Precision Ultrafine Sapphire Surface: A Practical Method. Appl Opt, 1986, **25**(16): 2639 ~ 2640
- [7] 高宏刚, 曹健林, 陈星旦. 浮法抛光亚纳米级光滑表面. 光学学报, 1995, **15**(6): 824 ~ 825
- [8] 裴庆魁, 高宏刚. 平面高速精磨中的均匀磨削. 光学机械, 1991, **4**: 27 ~ 31

Preliminary Study of Superpolishing Sapphire Single Crystal Using Tin Lap

Chen Junpan, Cai Li

(Changchun Institute of Optics and Mechanics, Changchun 130022)

Gao Honggang, Chen Bin, Cao Jianlin

(Changchun Institute of Optics & Fine Mechanics Chinese Academy of Sciences
the State Key Laboratory of Applied Optics, Changchun 130022)

Abstract

This paper is summary about the significance of polishing single crystal $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$, introduces the machine and the experiment process of polishing single crystal $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ using tin lap, the influence of polishing time and pH value of polishing liquid to the surface roughness of workpieces, After polishing, the surface roughness is better than 0.4 nm rms.

Keywords: $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ single crystal, Tin lap, Polishing

陈俊盼 女, 1974年3月出生, 1995年毕业于长春光机学院光电工程系, 现攻读该校的硕士学位, 主要研究方向为“光学精密加工及检测技术”。