

图5 氩离子激光印制的透镜相息图的焦斑
(放大率 $M \approx 4.1$)

聚焦照片, 可以看到前者的焦点比后者规则。实验中也观察前者对白光照明物成像比后者清晰, 所以用非相干光源在 As_2S_3 膜上制作相息图与相干光源相比, 具有光照均匀, 装置简单, 无相干噪声等优点。

用高压汞灯在 As_2S_3 膜上印制的透镜相息图能对白光照明物体成像(图6), 具有和普通透镜相同的功能, 而且制作工艺简单、省时。同时 As_2S_3 膜很薄, 接近理想的薄透镜, 可采用波动光学的设计方法。很明显这里的透镜相息图对白物所成的像还不如普通胶合透镜的质量高。这是由于 As_2S_3 膜层及玻璃基底厚度都不

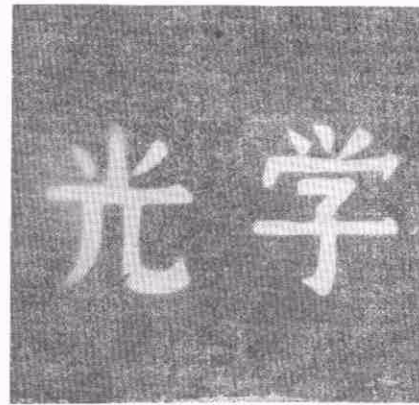


图6 透镜相息图对白光照明物体的成像

够均匀, 印制时位相控制还有误差, 因而有不规则分布的背景等。成像虽观察到色散现象, 但对像质影响较小。原因是 As_2S_3 膜很薄, 对于不同波长由色散而引起的光学厚度的差别很小的缘故。

本工作得到中国科学院上海硅酸盐研究所张干城、陈学贤、盛连根等同志的协助, 在此深表谢意。

参 考 文 献

- [1] V. P. Koronkevich et al., *Optical Information Processing*, Plenum Press, New York and London, (1976), 153—169.
- [2] 陈岩松、明海、姜长山, *光学学报*, 1-3(1981), 193—288.
- [3] 张干城等人, *硅酸盐学报*, 7-1(1979), 11.

用脱水热磷酸抛光石榴石铁氧体单晶

曹克定 李顺芳 张鹏翔

(中国科学院物理研究所)

一、引 言

越来越多的应用和研究要求铁氧体单晶有光洁、无损的表面, 如磁畴观察^[1,2]、铁磁共振线宽测量等^[3]。传统的机械抛光很难满足这些要求。无论多么小心, 在机械抛光的表面上总要留下一层厚度正比于抛光粉粒度的损伤层,

这里晶格畸变严重, 内应力很大。

根据研究单晶铁氧体的要求及球形样品的特点, 我们摸索出适于抛光的磷酸热过程, 并设计了相应的抛光设备。对 YIG, BiCaVIG, 掺 In 的 BiCaVIG 的抛光结果表明, 化学抛光后的样品表面光亮清洁, 球形度无明显变化, 铁磁共振线宽一般下降 0.3—1.0 Oe。尤其引人注目的是, 铁磁共振线宽的方向各向异性大大减小, 趋于

消失。这不仅给应用这类材料做调谐谱振子(如电调滤波器)带来方便,也为解释线宽各向异性的起源提供了线索。

二、实验设备和工艺过程

实验的主要设备如图1所示。它由炉子及温度控制部份和样品支架及振动部份组成。要求炉子能在450℃的温度下工作,控温精度要求约±1℃。磷酸盛在由耐腐蚀材料做成的坩埚中(本实验用白金坩埚)。样品小球放在带孔的小白金坩埚中。小坩埚与振动源用氧化铝杆连接起来,浸入磷酸中。最初的实验中没有采用振动装置,而是采用正转、反转小坩埚的方法。这样,样品小球容易贴在坩埚壁上,造成抛光不均匀,样品的球形度变坏。为了克服这一不足,采取了振动坩埚的作法。用继电器或马达带动凸轮,使小坩埚以20次/秒左右的频率、5mm的振幅上下振动。这样,被抛光的小球在较长的时间内悬在抛光液中,整个球面受到均匀抛光。采取这一措施后,成品率和抛光效果均有明显改善。样品小坩埚直径10mm、高1.5mm,大部份地方打有直径小于0.5mm的小孔,以增加磷酸交换的速度。

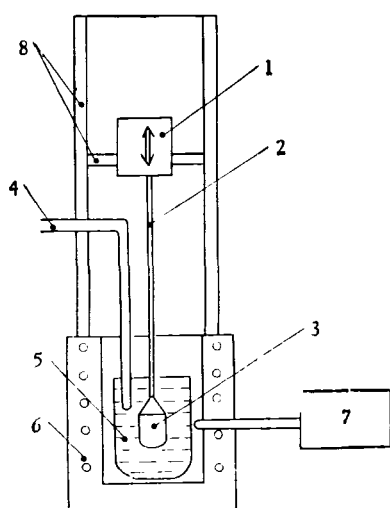


图1 抛光设备简图

1. 振动源; 2. 氧化铝连杆; 3. 样品小坩埚;
4. 测温热电偶; 5. 热磷酸和坩埚; 6. 加热电炉;
7. 控温系统; 8. 支架及滑块

所用磷酸为二级,含 H_3PO_4 约85%,其余主要是水。加热到150℃,磷酸中的水开始挥发。加热到200℃以上明显沸腾,开始脱水过程,形成焦磷酸及 $H_{n+2}P_nO_{3n+1}$ ($n \geq 1$)。加热到300℃以上逐渐变为偏磷酸 HPO_3 。这时坩埚中的液体不再象正磷酸那样容易流动,而是成了无色透明软质的胶体。若冷到室温,流动性已经很差了。但它适于抛光。脱过水的磷酸,还可能再吸水变成正磷酸,因此重复使用抛光液时应注意保存。

未脱水的磷酸主要表现为腐蚀作用,温度升高腐蚀性略有降低。但用未经脱水的磷酸在300℃下抛光晶体时,表面也受到严重的腐蚀。经过脱水处理的磷酸,主要是偏磷酸,腐蚀性大大降低,适于抛光。抛光速率随温度增加而增加。脱水温度越高,同一温度下抛光速率越低,这很可能是流动性下降引起的。在这些实验的基础上,我们选择了如下的磷酸热过程,得到了好的抛光效果。先以1小时的时间把磷酸从室温加热到脱水温度,在350—400℃范围内保持1小时,然后降到250—280℃之间的抛光温度,达到热平衡后即可进行抛光。

要进行化学抛光的样品应先做机械抛光。化学抛光前将样品在酒精中清洗干净,放入小白金坩埚后,要先予热再进入磷酸,以免温差过大引起样品炸裂。予热的方法很简单,可用酒精灯烘烤也可在热磷酸液面上停留片刻。不同成份的样品抛光时间不同,一般2—5min即可。为了不使小球继续受到抛光,从磷酸中提出的小坩埚连同样品小球要立即放入碱性溶液中,以中和粘在样品上、残存于坩埚中的磷酸。再经清水冲洗,化学抛光即告完成。

三、结果和讨论

表1是抛光良好样品的抛光条件与铁磁共振线宽。线宽的数据是从标准的3cm,铁磁共振设备上测得的。显而易见,多数材料的线宽下降约0.3—1.0 Oe。

我们还比较了化学抛光前后(110)面内铁

表1 抛光条件与抛光前后的铁磁共振线宽

样 品	$4\pi M_s$ (Gs)	抛光温度 (°C)	抛光时间 (min)	抛光前 ΔH (Oe)	抛光后 ΔH (Oe)	备 注
YIG	1740	250	5	0.6—1.3	0.4—0.6	化学抛光前样品均用
I_{11} -BiCaVIG 77-2-1	640	250	3	1.6—2.4	1.0—1.2	$3\mu m$ 粒度砂轮
BiCaVIG	500	250	3	1.7—2.1	0.8—0.9	机械抛光

磁共振线宽与晶体取向关系的差别，即 ΔH 的方向各向异性变化。结果表明，多数情况下线宽各向异性明显下降，有些样品趋于消失(见图2)。这就提出一种可能：这些材料中线宽各向异性是由机械抛光的表面引起的。为了证实这一猜想，我们把化学抛光过的样品再度机械抛光。果然，除线宽增加之外，线宽各向异性又出现了(见图3)。这说明，这些材料中至少有相当大一部份的线宽各向异性来源于表面的机械损伤层。

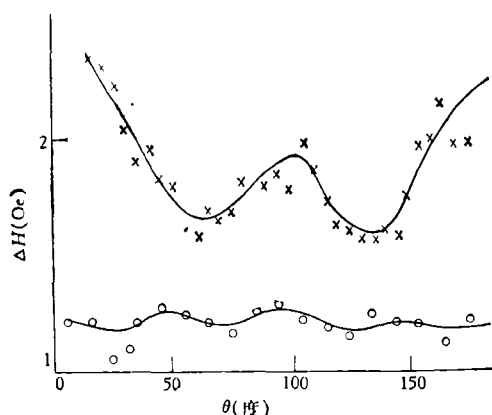


图2 机械抛光(3 μ)和化学抛光后 ΔH 及 ΔH 各向异性的比较
(样品: BiIn 77-2-1)
○化学抛光; ×机械抛光

应该指出，经过化学抛光的单晶球对调试 YIG 器件是很有利的。在 YIG 器件(如电调滤波器)的调整中，两个铁氧体单晶振子应作如下调整，器件的指标才最好，即晶体相对外场取向一致，并均取线宽极小的方向，这时谐振频率相同，损耗最小。这往往要经过反复多次调试才能达到^[4]。化学抛光后 ΔH 各方向相同，去掉了一个调整因素，器件的调试简化了。此外，这一

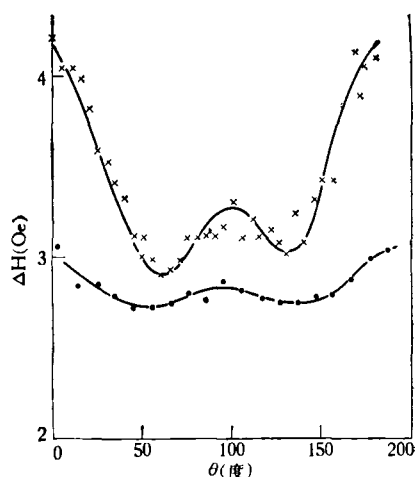


图3 化学抛光后再度机械抛光时 ΔH 和 ΔH 各向异性再增大
(样品: BiIn 76-16-14)
●化学抛光; ×机械抛光

改进对器件实现温度稳定轴工作也是重要的。一般温度稳定轴在 $[0, 8, 13]$ 或 $[2, 2, 5]$ 方向^[5]， ΔH 各向异性时，这并不是 ΔH 最小的方向。因此要在温度稳定轴工作，就要增加损耗。 ΔH 各向异性消失，这个问题就不存在了。

作适当改进，该抛光系统还可用于块状样品的平面抛光以及其它类型的单晶材料(如光晶石铁氧体)的抛光。

参 考 文 献

- [1] H. Kronmuller, AIP Conf. Proc., **10** (1972), 1006.
- [2] Chang P. H. (张鹏翔) and G. Schroeder, *Phys. Stat. Sol. (a)*, **47** (1978), 397.
- [3] R. C. Le Craw, F. G. Spencer, C. S. Porter, *Phys. Rev.*, **110** (1958), 311.
- [4] 中国科学院物理研究所 205 组, 钇铁石榴石谐振子电调滤波器, 科学出版社, (1972).
- [5] 贾惟义、张鹏翔, 物理学报, **25**(1976), 225.