

研究简报

硫砷玻璃光存储记录材料*

中国科学院上海硅酸盐化学与工学研究所
玻璃半导体小组

早在四十年代,就有人对硫砷玻璃的透红外性能进行过研究。但是作为激光全息记录介质来研究还仅仅是近几年来的事情^[1,2]。我们全组同志遵照伟大领袖毛主席关于“**中国人民有志气,有能力,一定要在不远的将来,赶上和超过世界先进水平**”的教导,在批林批孔运动的推动下,坚持走“**独立自主、自力更生**”的道路,经过一年多的努力,终于在 1974 年 10 月份成功地在硫砷玻璃介质上实现了激光全息存储。在直径约 1mm 的点子内存储了《在社会主义大道上前进》的一页文字(见图 1)。再现后文字清晰,黑白分明,至今已有半年,尚未发现明显变化。

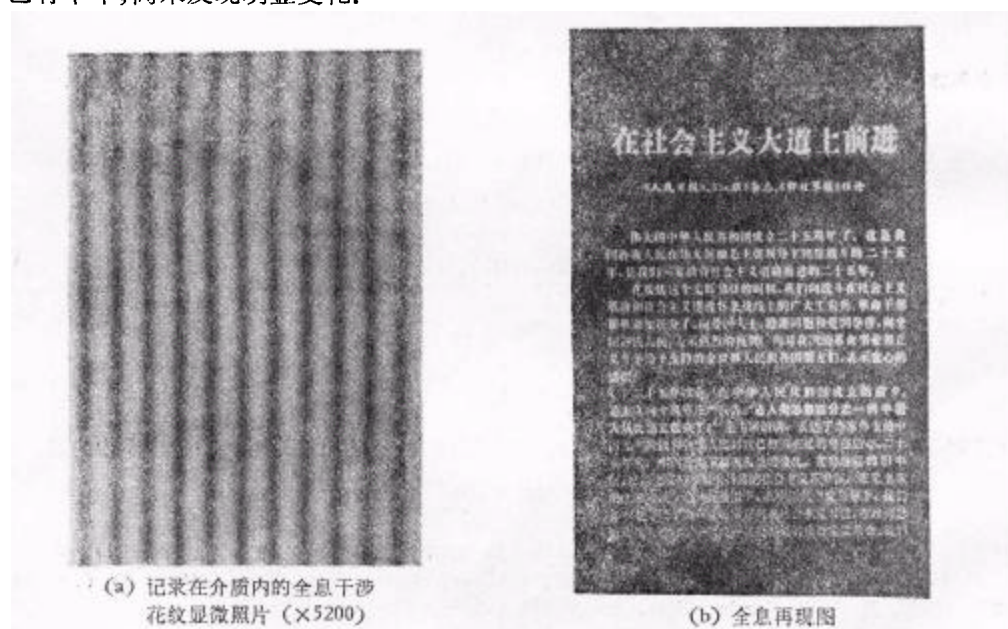


图 1

我们的实验表明,硫砷玻璃激光存储介质具有下列特点:

* 1975 年 5 月 7 日收到。

1. 信息写入后不需要显影和定影, 即能实时显示;
2. 分辨率高(大于 2000 条/mm);
3. 制作容易, 成本低, 并能获得大面积均匀薄膜;
4. 可反复写入和擦除;
5. 具有较高的衍射效率¹⁾(目前最高值超过 50%)。

因此, 该材料为激光全息技术在光存储器、干涉量度学、信息处理、图象显示、资料存储等应用领域提供了新的有希望的记录介质。

二

1. 材料制备和成膜工艺

以一定配比的硫砷原料粉末(纯度为 5N), 在干燥氮气气氛中精确称量, 称量精度为 1mg. 装入石英安瓶, 于 10^{-4} 托真空度下封口, 然后把安瓶放入水平转炉中熔制, 700°C 保温 24 小时. 出炉时用水或空气冷却, 即成块状玻璃. A-5, A-6 玻璃易失透. 再以此为原料, 采用了以下两种方法成膜。

(1) 热压法 将硫砷玻璃块样放在两片显微镜载玻片中, 首先进行 150°C 的低温预热, 然后再升温加压成厚膜. 这种方法可以避免产生组份偏离. 我们制得了面积约为 $2-3\text{cm}^2$, 厚度约为 $100\mu\text{m}$ 的厚膜, 硫砷配比不同的几种厚膜的透光曲线如图 2 所示, 其中硫含量依次由 A-1 到 A-6 递增。

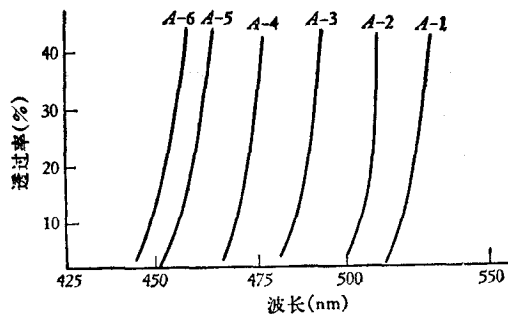


图 2 硫砷系玻璃厚膜的透光曲线

(2) 真空沉积法 把块状硫砷玻璃研磨成粉末, 装在特制的钽舟内, 在真空度 $\leq 2 \times 10^{-5}$ 托下进行蒸发, 时间为 1 小时, 在载玻片上沉积成厚度为 $10-15\mu\text{m}$ 的薄膜, 面积可达十几平方厘米. 其透光曲线如图 3 所示。

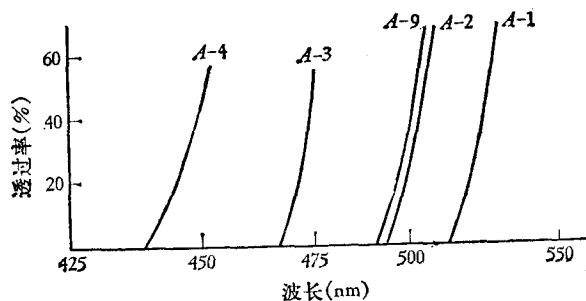


图 3 硫砷玻璃薄膜的透光曲线

1) 衍射效率指衍射光强占入射光强的百分比值。

2. 信息的写入, 读出和擦除

硫砷玻璃全息光存储的实验光路示于图 4. 利用该装置, 可以将需要的信息记录(写入)在硫砷玻璃记录介质内, 并可立即进行读出.

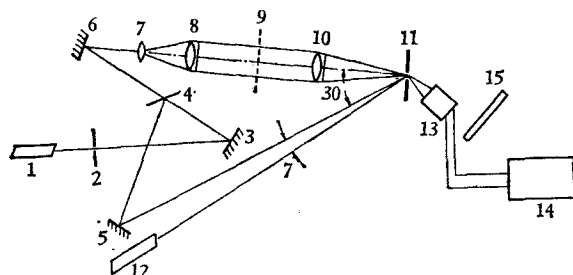


图 4 硫砷玻璃全息光存储实验光路

- 1——氦离子激光器； 2——滤光片； 3, 5, 6——反射镜； 4——分束器；
7, 8, 10——光学组合器； 9——信号板； 11——硫砷玻璃记录介质；
12——氦氖激光器； 13——硅光电池探测器； 14——x-y 函数记录仪；
15——屏幕

(1) 信息的写入 选择单模的氦离子激光器 1, 其输出 $4880 \text{ \AA}$ 的激光先通过滤光片 2 (需要低功率辐照时用), 再经过反射镜 3 到达分束器 4. 使激光输出分为两束, 一束是物光, 由反射镜 6 使光通过光学组合器件 7, 8 和 10, 把信号板 9 的信息聚焦在硫砷玻璃记录介质 11 上, 聚焦点的直径约为 $0.5-1 \text{ mm}$. 另一束光是参考光, 通过反射镜 5 射到硫砷玻璃记录介质上. 两束光会聚成一点, 从而在硫砷玻璃记录介质 11 上记录了干涉图样.

(2) 信息的读出 如图 4 所示, 在参考光束一侧安置单模氦氖激光器 12, 其偏离角约为 7° 左右. 当氦氖激光照射在记录点上时, 通过衍射, 实时显示了记录的信息. 衍射光投射在屏幕 15 上可直接进行观察, 或用感光材料直接拍摄再现的全息图象, 如图 1 所示.

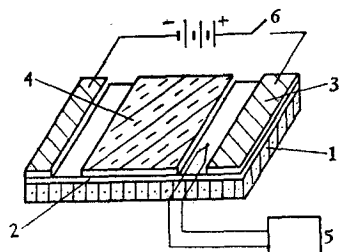


图 5 擦除装置

- 1——载玻片； 2——透明电极；
3——银电极； 4——硫砷膜；
5——UJ-23 电位差计； 6——开关

图 4 中 13 为硅光电池探测器, 用以测定辐照点位置的衍射强度. 衍射效率与时间的关系可通过 x-y 函数记录仪 14 来记录.

(3) 信息的擦除 信息的擦除是通过图 5 所示加热装置进行的. 借助于导电玻璃, 通电加热到 200°C 左右, 即可把已记录的信息全部擦除. 此写入、擦除过程曾重复多次而未发现恶化.

三

我们的实验结果如下:

1. 厚膜的光存储效应

实验结果列于表 1. 从中可以看出, 在室温下, 用相同的激光输出功率对不同编号的

样品进行全息记录时, 硫砷玻璃的衍射强度随着硫含量的增加而增加。

表 1 室温下, 相同激光输出功率下样品的最高衍射强度(格数相对值)

编 号	A-1	A-2	A-3	A-4	A-5	A-6
最高衍射强度 (格数相对值)	12	10	40	490	198	1880

选择 A-4 厚膜试样, 利用图 5 的热擦除装置进行加热, 观察全息记录过程中热的作用, 实验结果列于表 2。氩离子激光输出功率约为 0.1mW, 会聚光点直径约 1mm。

表 2 室温和加热到 65℃ 时样品 A-4 的衍射光强

样 品 温 度 (℃)	辐 照 时 间 (sec)	出 光 时 间* (sec)	最大衍射光强 $I_{\max}$ (格数相对值)	加 热 时 间** $\tau_{\max}$ (sec)
室温	270	60	100	
65	20	3	290	420
65	30	6	840	465
65	60	3	1960	270

* 出光时间: 当眼睛看到屏幕上出现氩氦衍射光点时所需的时间。

** 加热时间 $\tau_{\max}$: 从开始照光至达到 $I_{\max}$ 时所需的加热时间。

从表 2 可看出 65℃ 与室温下相比, 样品出光时间减少 10—20 倍, 而衍射光强度却增加几倍至二十倍。

实验过程中, 还发现随着辐照时间不断增加, 衍射光强有一个先增加再减弱的过程。这个变化过程波动甚大。

硫砷玻璃厚膜虽有成型工艺简单、组份偏离小等优点, 但均匀性差, 易出现小气泡, 成像清晰度不够理想。

2. 薄膜的光存储效应

图 6 表示室温下氩离子激光器输出功率为 5mW 时, 不同组份薄膜样品的辐照时间与衍射效率的关系。

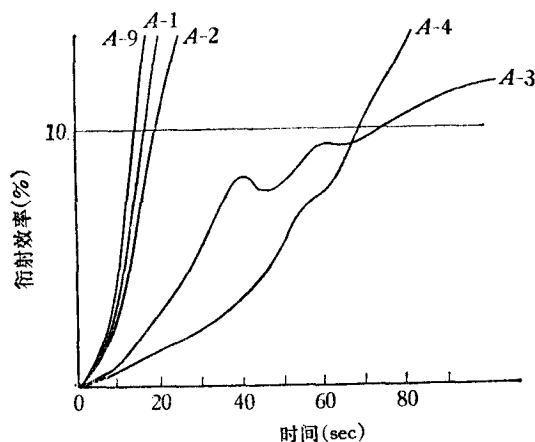


图 6 不同组份薄膜样品的辐照时间与衍射效率的关系

从图 6 中可看出,室温下,随着硫含量的减少,从一开始照光至达到相同衍射效率(如 10%) 时所需的时间就短. 而 A-9 最短. A-9 是硫砷配合料中加入少量的第三种元素. 说明材料的配方对感光灵敏度有较明显的影响.

表 3 不同条件下,达到 10% 衍射效率时需要的辐照时间

样 品 编 号	室 温	70℃
	达到 10% 时所需要的时间 (sec)	
A-1	45	12
A-2	50	28
A-9	30	4

表 3 表示 A-1, A-2 和 A-9 三种样品室温和 70℃ 下达到 10% 的衍射效率所需要的时间. 从表中可以看出,加热可提高灵敏度,而不同组份加热所引起的效果也不一样,以 A-9 为最明显.

图 7 和图 8 分别表示 A-1 和 A-9 样品在不同温度下衍射效率和辐照时间的关系. 从中可以看出,薄膜与厚膜一样,热作用提高了衍射光强.

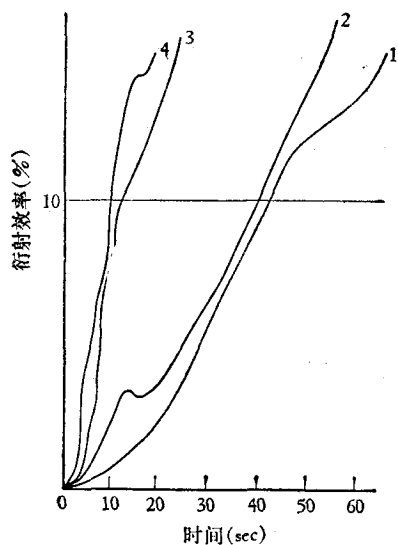


图 7 试样 A-1 在不同温度下衍射效率与辐照时间的关系

1——室温; 2——46℃;
3——70℃; 4——83℃

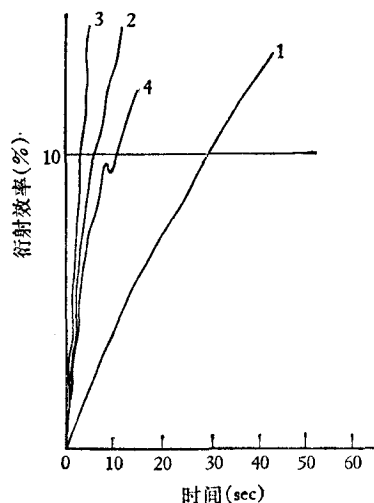


图 8 试样 A-9 在不同温度下衍射效率与辐照时间的关系

1——室温; 2——60℃;
3——70℃; 4——80℃

图 9 表示 A-1, A-2 和 A-9 三种试样均在加热下它们的辐照时间与衍射效率的关系. 说明灵敏度跟材料的组份有密切关系. 实验结果与室温下得出的结论是一致的.

图 10 是氩离子激光器输出功率为 0.6 mW 时, 加热条件下各组份样品的辐照实验结果. 这同样表明热作用下的衍射光强比室温条件下有所提高. 而各组份对温度的敏感性随着 A-3, A-4, A-2, A-1 和 A-9 依次增大.

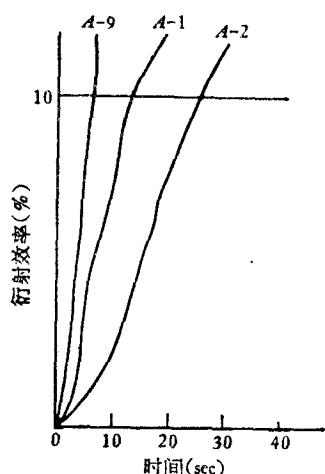


图9 三种试样加热时衍射效率与辐照时间的关系

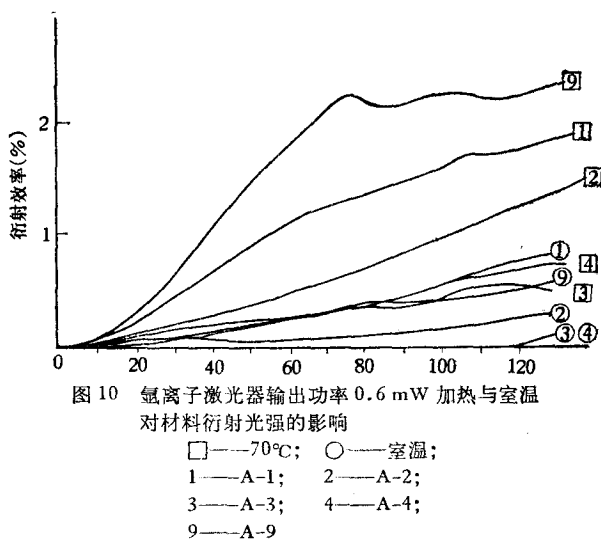


图10 氩离子激光器输出功率0.6 mW 加热与室温对材料衍射光强的影响

四

目前普遍认为硫砷玻璃的激光全息存储效应是由于激光引起玻璃膜内部结构变化,使得照光部份的折射率与未照光部份的折射率有较大的变化($\Delta n \approx 0.1$ 左右),以至产生位相型全息干涉图样,故衍射光强较一般振幅型全息为强。

从上面的实验结果可以看出:

1. 在同一个硫砷系统内,组份不同对氩离子激光器的灵敏度也不同。当在硫砷两元系玻璃中,适当加入第三种元素后,灵敏度会有较明显的变化。

2. 成膜工艺对性能影响较大。硫砷系中各样品组份与灵敏度的关系,反映在厚膜和薄膜的实验结果上。在厚膜样品中,随着硫含量的增加,灵敏度提高;而在薄膜中则相反,随着硫含量的增加,灵敏度降低。看来,由于成膜工艺不同,使膜的内部结构有很大差别。

3. 加热适当,无论对薄膜还是厚膜都能使样品的灵敏度有不同程度的提高。在薄膜中以 A-9 最为明显,从室温的 30 sec 提高到 70°C 时的 4 sec 钟就可以达到 10% 的衍射效率。这是因为适当加热使得玻璃网络结构松动,有利于激光作用下在微小区域移动。也就是说,加热使得材料“活化”,使激光功率可降低。但当加热温度过高时不仅无益,甚至会把已经记录的信息全部擦除。这是因为过高的热能使得由于激光产生的网络位移不易保持在某一状态,甚至完全打乱(即擦除)。当擦除后,降至适当温度,材料又回原始的网络状态,故又能重新写入。

4. 关于信息存储时间,试样的信息写入已超过半年,迄今没有发现什么明显变化。进一步的寿命试验还需继续研究。

5. 目前材料的灵敏度还较低,有待于今后从材料配方、成膜工艺、器件结构、光路设计等方面探索。尤其是存储机理值得深入探讨,以便从机理上来判断材料的灵敏度。

参 考 文 献

- [1] R. G. Brandes, F. P. Laming, A. D. Pearson, *Appl. Optics* 9 (1970), 1712.
- [2] S. A. Keneman, *Appl. Phys. Letters*, 19 (1971), 205.