

MO-PVA 与 EO-PVA 膜片双色光子存储*

武鹏飞** 费浩生 魏振乾 韩力

(吉林大学物理系, 长春 130023)

摘 要 首次用 MO-PVA、EO-PVA 两种样品, 在 514 nm 波长光激发下, 实现了 633 nm 可擦除光存储, 并研究了写入光束对预激发光的依赖关系, 用四能级双色光子共振模型对各种实验现象进行了解释。

关键词 双色光子, 光存储。

1 引 言

在目前所用的全息类照相胶片和实时全息记录介质中, 光谱灵敏区大都在 400~500 nm 附近或更短。这就是说, 要想在这些介质内存储信息, 必须要使用庞大的短波长激光器, 这就限制着它们在光计算, 光集成中的应用, 现在还没有长于 700 nm 响应的单光子体全息记录介质^[1]。而目前最有希望在光集成中应用的微型半导体激光器的波长大都在红光或红外波段^[2]。因此, 寻找长波光存储介质已迫在眉睫。1981 年 Bjorkund 等人用 Carbazole(咔唑)分子实现了双色光子存储^[3], 但当时的预激发光束和写入光束分别为 333.6 nm 和 488 nm, 而且用来做存储的介质感光后生成一种光反应产物, 是不可逆的过程, 所以不能用在实时存储中。本文用甲基橙(Methyl Orange, 简称 MO), 乙基橙(Ethyl Orange, 简称 EO)两种有机偶氮分子分别掺杂在聚乙烯醇(Polyvinyl Alcohol, 简称 PVA)中制成的 MO-PVA 和 EO-PVA 两种膜片首次实现了在 514 nm 光激发下、633 nm 可擦除光存储, 并给出了合理的解释。

2 实 验

实验装置图如图 1 所示, 光束 1、2、3 为 He-Ne 的 633 nm 光, 功率各为 0.1 W/cm²。其中快门 1 控制写入光束 2 和 3, 经过快门 2 的光束是 Ar⁺ 514 nm 光, 功率为 0.3 W/cm², 其光斑覆盖 1、2、3 三束光的交叠区, 探测光 1 读出的信号经半反镜 M₃ 输入到接收装置。

实验发现, 只有 633 nm 光束 1、2、3 照射样品时, 将不会产生信号, 但此时若打开 514 nm 激光光束, 图 1 中“4”的位置便有衍射信号输出。本文分三种情况研究了这种信号输出。

1) 先打开快门 2, 用 514 nm 光激发样品约 1 秒钟, 然后打开快门 1, 即打开 633 nm 写

* 本课题得到国家“863”高技术计划、国家自然科学基金资助。

** 现地址: 南开大学现代光学研究所, 天津 300071。

收稿日期: 1993 年 11 月 7 日; 收到修改稿日期: 1994 年 5 月 16 日

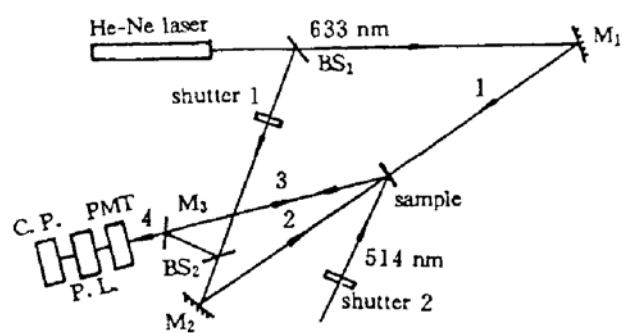


Fig. 1 Experimental set-up

入光束 2 和 3, 这时观测到有信号输出 ($t = 4$ s), 当信号增长达到饱和时 ($t = 26$ s 处), 关闭 514 nm 光, 此时信号不是马上衰减, 而是出现一尖峰, 上升很快, 然后从峰顶向下慢慢衰减, 两种样品的实验结果分别如图 2(a) 和图 3(a) 所示。

2) 用 514 nm 光预激发后, 打开快门 1, 当信号增长达到饱和时, 同时关闭激发光与写入光 ($t = 26$ s 处), 不出现尖峰, 而按原强度衰减, 分

别如图 2(b) 和图 3(b) 所示。

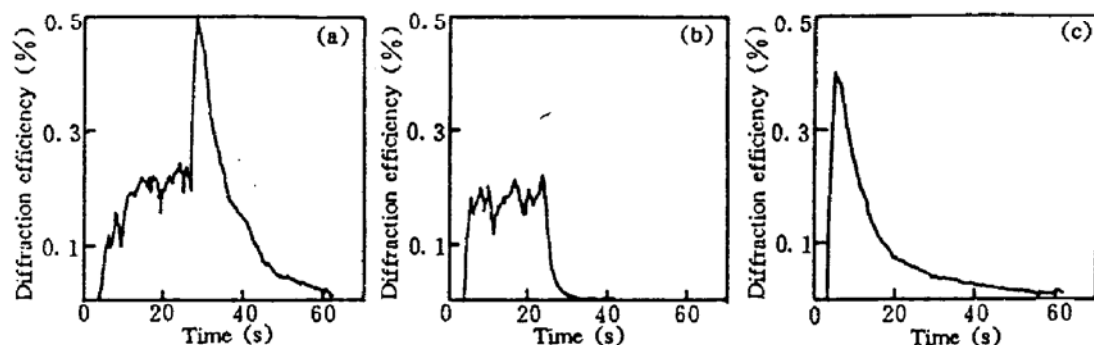


Fig. 2 Time evolution of the diffraction efficiencies in MO-PVA under three different conditions, using 633 nm writing and reading beams and 514 nm pre-exciting beam

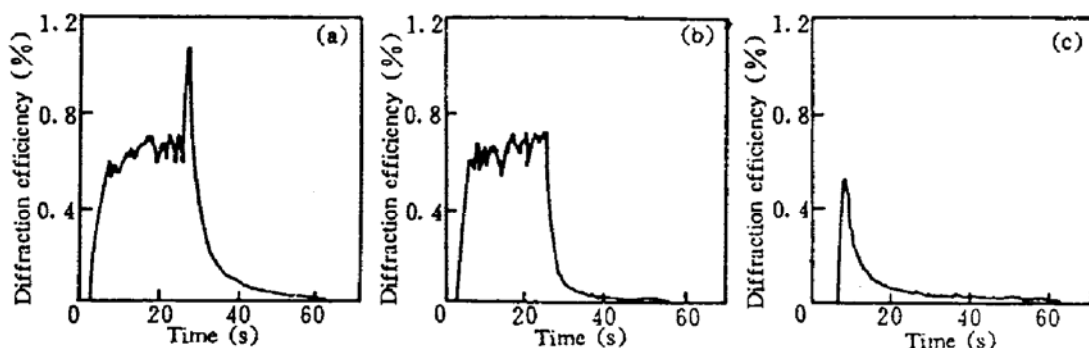


Fig. 3 Time evolution of the diffraction efficiencies in EO-PVA under three different conditions, using 633 nm writing and reading beams and 514 nm pre-exciting beam

3) 关闭 514 nm 激发光后, 间隔一段时间(约几秒)打开快门 1, 此时为一尖峰: 信号很快增至最大, 然后开始衰减。分别如图 2(c) 和图 3(c) 所示。

上述三种情况中, 关闭激发光和写入光后, 信号并不完全衰减到零, 而是保持较弱的衍射信号, 这就是永久存储成分。实验证实在室温下永久光栅可以保持半年以上, 并且存储在样品中的信息可用 Ar^+ 514 nm (或 488 nm, 或其它非相干短波光源)、加热 (80°C 左右) 方法擦除, 而在同一位置可以再次写入信息, 写-擦-写重复周期约千次。

3 解释及结论

所研究的两种样品 MO 和 EO 均属偶氮类有机分子, 分子结构如图 4 所示。



Fig. 4 Chemical structures of MO and EO

它们都具有亚稳结构,能级结构如图 5 所示。其中能级 S_1 - S_2 (对应图 6 谱线中的吸收峰, MO: 450 nm, EO: 460 nm) 对 514 nm 吸收较强烈,而对 633 nm 不吸收,亚稳态的吸收 (T_1 - T_2) 相对红移,对 633 nm 红光吸收,当 514 nm 足够强时,也将吸收。

用此能级结构可以很容易解释实验上所观察到的各种现象: 514 nm 首先把照射区的分子(MO 或 EO)均匀地激发到 S_2 态,然后跃迁到 T_1 ,若 514 nm 光足够强, T_1 上一些分子也可布居到 T_2 态。当写入光束照射样品激发区时,由于 T_1 - T_2 对 633 nm 光吸收,使干涉条纹亮区的 T_2 态分子比暗区多,这对

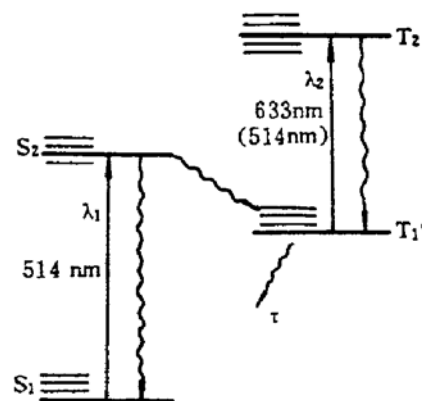


Fig. 5 Energy level for MO and EO

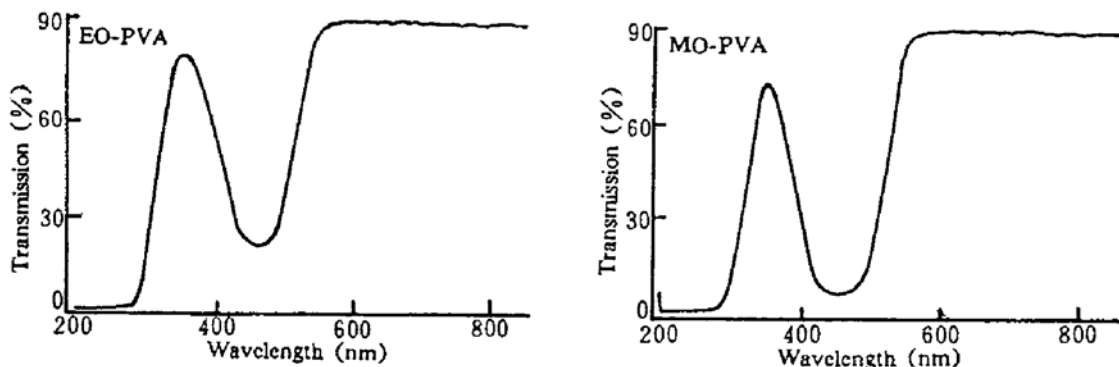
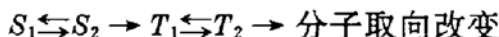


Fig. 6 Transmission spectra for MO and EO

633 nm 读出光束 1 而言,便是一个吸收光栅,因此能产生衍射信号。当关闭 514 nm 光时,靠其激发到 T_2 态的分子会迅速回到 T_1 态,这些新增的分子加强了光栅的形成,因此在图 2(a)、3(a)中关闭 514 nm 光时,出现一尖峰,此后 T_1 态上新增的分子渐渐衰减,吸收光栅也变弱。如果同时关闭 514 nm 光和 633 nm 写入光, T_1 态上新增的分子只均匀分布在样品表面,对光栅的形成无贡献,因而无尖峰出现。另外,由于亚稳态分子衰变需较长时间,所以关闭 514 nm 光后的一定时间内,打开写入光束仍有信号产生,即为实验现象 3) 中的情况。

在上述三种情况中,1、2、3 三束光都打开时的信号是实时存储信号,当写入光束 2 和 3 关闭后是永久存储阶段。因此,在上述实时存储中包含着永久光栅的建立过程。实验结果表明,激发光及写入光束关闭后,永久存储信号并不变成零。作者认为它与 514 nm 存储情况一样,都是由于分子的取向排列形成的位相光栅所致^[4]。区别在于:这里的预激发光只是起到把分子布居到亚稳态的作用,写入光束再选择地把分子激发到 T_2 态(光栅亮区的分子被激发),在这个能级上,分子具有足够的能量“转动”,其取向基于光栅干涉场中的偏振态,动力学过程可描述为:



而在光栅暗区的分子取向不变化。这样有序与无序的分子对读出光的折射率不同,因而形成了位相光栅。当关闭写入光后,由于膜片中 PVA 对偶氮分子的束缚作用,这种光栅可以保持住,并且可用 633 nm 光再现而不会擦除,因为此时分子都已经重新回到了基态,对 633 nm 不再吸收。但用 514 nm (或 488 nm) 光照射光栅时,由于分子对它们吸收,使分子获得能量,发生取向的再次变化,导致原来写入的光栅消失,即信息被擦除;从实验上可看到用圆偏振光擦除较快,这也从侧面证实了分子存在取向。另外,用加热方法能擦除光栅,这可以解释

为分子的热运动加剧, 直接导致分子取向无序。EO-PVA 样品的写入和擦除都快于 MO-PVA 样品。

比较存储实验 1)、2)、3) 三种情况, 可以看出 1) 的实时与永久存储效果最佳(衍射效率最强), 因为这种情况下被 514 nm 激发到 T_1 和 T_2 态的分子对光栅形式都做出了贡献。

总之, 这种双色光子存储方法具有单光子存储所不具备的优点, 且在某种程度上弥补了单光子存储的不足: 在短波光(可以是非相干光)泵浦下, 写入光的波长可明显红移。其次, 写入光与读出光可以是同一波长, 而不影响存储的信息。另外, 这种双色光子存储方法无疑为寻找新型存储材料提供了新的方向。

参 考 文 献

- [1] 张存林, 于美文, 用全息方法研究光化学和光物理过程. 光学技术, 1992, (2): 22~26
- [2] T. Tamir, *Integrated Optics*, second corrected and updated edition, New York, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 1979: 271~279
- [3] G. C. Bjorklund, Chr. Bräucle, D. M. Burland *et al.*, Two-photon holography with CW laser. *Opt. Lett.*, 1981, 6(4): 156~161
- [4] P. Rochon, J. Gosselin, Optically induced and erased birefringence and dichroism in azoaromatic polymers. *Appl. Phys. Lett.*, 1992, 60(1): 4~5

Biphoton Storage in MO-PVA and EO-PVA Films

Wu Pengfei Fei Haosheng Wei Zhenqian Han Li

(Department of Physics, Jilin University, Changchun 130023)

(Received 7 November 1993; revised 16 May 1994)

Abstract We realized firstly the 633 nm erasable optical storage in two samples, MO-PVA and EO-PVA, by using pre-excitation of a 514 nm Ar⁺ laser, and studied the relationship between pre-exciting beam and writing beams. The various experimental phenomena were explained with the model of four-energy level and Biphoton resonance.

Key words biphoton, optical storage.