

推拉型偶氮化合物的多重图像存储*

魏振乾 朱新羽 戴振庭 费浩生 杨延强 杨庆鑫 孙桂娟

(吉林大学物理系 长春 130023)

提要 将新合成的推拉型偶氮化合物掺入聚甲基丙烯酸甲脂(PMMA)中制成薄膜器件,用其实现了多重存储,获得了良好的实时和长时的多重图像信息存储,并实现了联想存储。对有关机理给出了合理的分析。

关键词 偶氮化合物,多重存储,图像存储

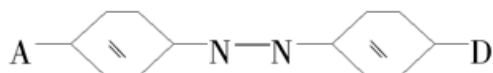
1 引言

近年来,由于光计算、光信息处理、存储与显示等新兴科技领域的要求,可重复使用的低功率实时光存储器件已成为当前研究的重要课题^[1-3]。图像处理,尤其是实时多重图像处理具有重要的实用价值。有机材料在其研究中,由于其一系列优点而占有重要的地位。已发现多种有机材料具有光存储特性^[4-6],但已实现多重图像存储的却极少,尤其是可见光波长区域。我们用新合成的推拉型偶氮化合物掺杂在聚甲基丙烯酸甲脂中制成薄膜器件,实现了多重图像存储,本文还对联想图像存储作了研究。

2 样品的结构及光谱特性

合成了一种新型推拉型偶氮化合物。其吸收光谱及分子结构式如图 1 所示。

所谓推拉型偶氮化合物是为了与其它类型的偶氮苯分子体系比较,这类体系在电场作用下的电子转移倾向比较明显,并有较低($\pi-\pi^*$)电子激发态能量,此类材料具有良好的非线性特性,且易于制成掺杂类薄膜。结构式可简化表示为



将此材料掺入聚甲基丙烯酸甲脂(PMMA)中制成薄膜器件,故以下简称 AD-PMMA 器件材料。从材料的吸收光谱知其对 400.0~600.0 nm 光有较大吸收,吸收峰在

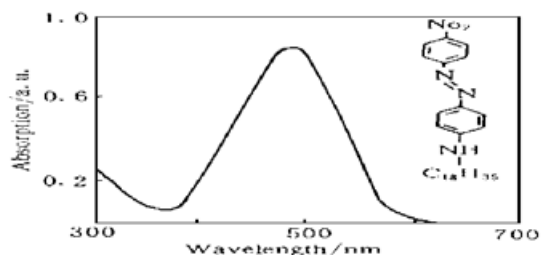


图 1 推拉型偶氮化合物的吸收光谱
右上角为该分子结构式

Fig. 1 An absorption spectrum of the push-pull azobenzene compound
The molecular structure is shown in the right side of the figure

* 国家自然科学基金资助课题。

490.0 nm 左右,对 Ar^+ 激光 488.0 nm 吸收较强。但对 He-Ne 激光 632.8 nm 则处于非共振吸收区,吸收很小,我们研究的多重存储和联想存储正是在此区域的非线性光学行为。

3 实验装置和原理

我们曾对该 AD-PMMA 材料的一般存储性能和非线性光学特性进行了研究^[7,8]。本文研究了 AD-PMMA 材料的多重存储性能和联想存储性能。为证实该材料样品可以实现多重存储,用图 2 装置进行了三重光点实时、永久存储的摄影记录。由此装置的结构可以看出,因 r, w 为对打光束,而 1 则可看作是探测光束,由相位共轭理论可知,由 $r, w, 1$ 光束构成的光路可认为是典型的 DFWM 装置,它也是一个实时存储系统。只有当 $r, w, 1$ 三束光皆存在时,才能产生与 1 传播方向相反的相位共轭波,这也即是实时存储信号光波。光束 2, 光束 3 则可以分别给出光多重存储的第二重、第三重存储信息。在图 2 光路中各光路阻挡元件图中未标。在光电存储特性研究中,可只从光束 1(仅光束 1 中有取样片)取出存储信号,加入二重、三重存储时,是为了监测其单重存储信号的竞争影响及时间特性。因光电存储特性装置不适于同时监测三重存储信号、实时和永久存储信号,故采用图 2 所示的装置进行摄影记录,现在三光路 1, 2, 3 中皆存取样片,可同时取出信号,调整使同时投射到一暗箱底片下,则可进行拍照记录,获得的照片如图 3 所示。

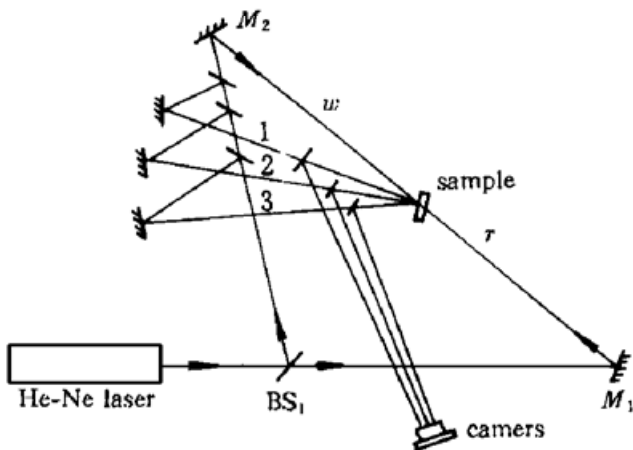


图 2 多重存储的实验装置

Fig. 2 Experimental setup of multiple storage

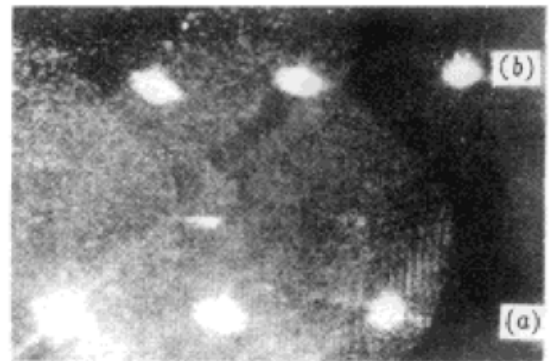


图 3 三重存储的照片

Fig. 3 Photograph of triplicate storage

由图 2, 图 3 可以看到, 现装置得到的只是多重光点信息。为确证 AD-PMMA 有多重图像存储的能力, 我们按图 4 装置来获得二重图像存储信息。原图 2 光束 1, 光束 2 增加了图像信息; 由 M_2 反射的光线经倒置望远镜扩束后成平行光束, 被存储的图像(可是文字、摄影片、图像等)掩模板放在其后, 再后面为一倾斜放置的取样片。以反射从样品上产生的与入射信号光相位共轭的带有存储图像信息的信号光, 在取样片与样品间还有一个会聚镜, 它将带有图像信息的平行光会聚到 AD-PMMA 样品上。从取样片取出的图像信息, 不用成像可直接投射到暗箱底片上拍摄成照片, 光束 2 同光束 1 同样增加图像装置, 则同时获得了二重图像信息。

为研究图像存储关联联想的情况, 我们将图 4 实验装置作了改变, 将两个扩束图像系统按图 5 的装置安装在两个写相干光路上。和图 2, 图 4 比较可以看出, 那时的参考光束是平面波情况, 而现在则是信号光、参考光都是被调制的光波。设二写光束复振幅用 E_w, E_1 表示, 则从

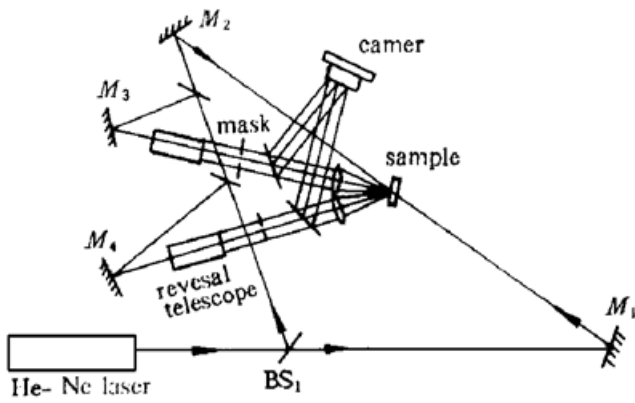


图 4 多重图像存储的实验装置

Fig. 4 Experimental setup of multiple image storage

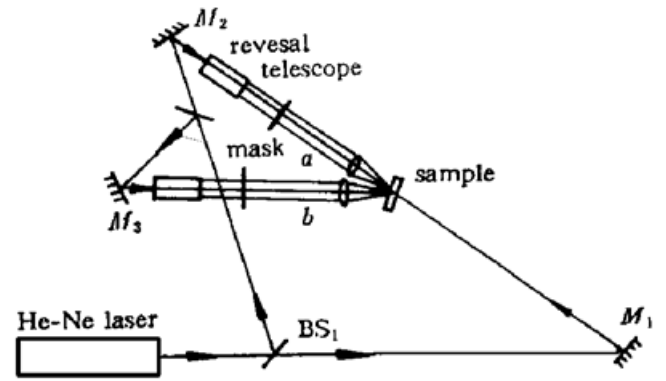


图 5 联想图像存储的实验装置

Fig. 5 Experimental apparatus for associative image storage

全息理论可知此全息光栅传递函数为

$$T \propto E_w E_1^* + E_w^* E_1 + E_w E_w^* + E_1 E_1^* = E_w E_1^* + E_w^* E_1 + |E_w|^2 + |E_1|^2 \quad (1)$$

设再现光束为 E , 则全息衍射的复振幅为

$$E_4 = ET \propto EE_w E_1^* + EE_w^* E_1 + EE_w E_w^* + EE_1 E_1^* \quad (2)$$

当 $E = E_1$ 时, 则(2) 式中第一项 $EE_w E_1^* = |E_1|^2 E_w \propto E_w$, 这表明复振幅 E_w 被再现; 当 $E = E_w$ 时, (2) 式中第二项 $EE_w E_1^* = |E_w|^2 E_1 \propto E_1$, 这表明复振幅 E_1 被再现。这说明用 E_1 可以联想到 E_w , 用 E_w 可以联想到 E_1 , 我们将这些性质综述为复振幅 E_1, E_w 的关联联想存储, 在关联存储中, 它们可以相互再现对方。

4 实验结果及分析

用图 4 的二重图像存储装置, 可摄得如图 6, 图 7 两张照片。图 6 为实时存储二重图像照片, 掩模 a 上刻有“王”字, 模具 b 为刻有 CHI 的模板, 两光束的光强和光程近于相等, 夹角约为 15° , 该片曝光时间为 40 s。图 7 为永久存储图像照片, 即先实时存储一段时间后, 关闭写光束 20 s 后, 用读光束读取存储信号, 曝光 1 min。

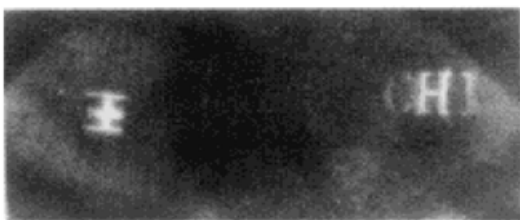


图 6 实时双重图像存储照片

Fig. 6 Photograph of real-time double image storages



图 7 永久双重图像存储照片

Fig. 7 Photograph of long-time double image storages

从此照片结果及图 3 可以看到, AD-PMMA 材料不仅可存储多重光点, 而且可以存储多重图像, 从这几个照片也可看出, 实时存储具有比永久存储更强的信号光(图 3 中上部三光点为永久存储, 下部三个光点为实时存储), 实时信号所以比永久信号强不能仅从存储机理上进

行解释。偶氮(Azobenzene)类材料的光存储机制是由两方面因素决定的,一个是光致异构造成的异构分子光栅,一个是偏振激光造成的光致电极化分子取向光栅^[7,8]。在实时和永久存储中二者都起一定作用,故实时和永久存储信号强度的差别,还要从非线性光学物理上进行解释。实时是DFWM光路,不仅永久存储产生的信号包括在内,而且还有着动态DFWM的实时信号,所以这时是永久和动态实时信号的叠加,故比永久的强,实时存储观测只能通过DFWM进行,而存储则既可通过DFWM实现,也可以单纯用全息光路实现,此永久存储可以存几分、几小时,如果断续读取信号,此永久存储可以存几天甚至更长,这要看样品的存放条件,暗置、低温有利于长时存储。

图8为利用图4装置(此时 r 光路可以不用)获得的联想存储照片,这时只能是在永久存储状态观测,图8(a)为挡住光束 b ,在样品后的 b 光束方向拍得,用mask a之文字“王”再现“CHI”,而图8(b)为挡住光束 a ,在样品后的 a 光束方向拍得。用“CHI”再现文字“王”。虽然从照片可看出,用“王”再现“CHI”时并没有将“CHI”全部再现出来,产生的原因与光扩束后字母大小光照程度不均, H 为中央区,光照均匀且强,与来自“王”的光波有最好的共同作用区,所以关联存储联想程度高,联想再现好,相比之下“C”,“I”则要差多了。

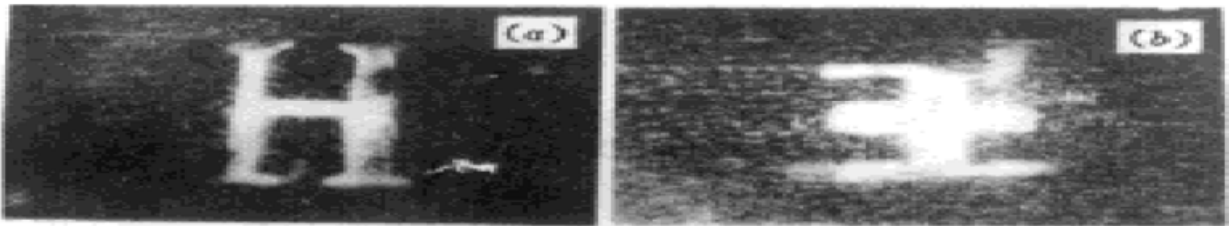


图8 联想图像存储

(a) 用汉字“王”联想CHI的照片; (b) 用CHI联想汉字“王”的照片

Fig. 8 Associative image storage

(a) photograph with 王 (Chinese character Wang) associating CHI10;

(b) photograph with CHI associating 王 (Chinese character Wang)

实验中注意到,仅摄取单重图像时,相同条件获得的强度,大于二重图像存在时同一监测单重图像之强度,这可称为多重存储之间的竞争。对这种现象的解释要涉及到AD-PMMA材料的存储机理,光致的分子异构和取向的再分布形成存储,是一个分子行为,分子在AD-PMMA材料中有一个确定的分子聚集密度,皆单重存储时,在存储区内皆是其可利用的分子,而二重存储时,因有共同的参考光,故可利用的分子有部分被二重存储利用,使存在的单重可利用分子减少,故使监测之单重存储信号变弱。用于存储图像重数越多,此竞争现象表现得越明显。尽管如此,多重存储仍不失为一个增加存储密度的可用方法。

多重存储还可以用另一种实验装置做,即不摆放多重光路,而只摆放单重光路,通过旋转样品本身来实现多重存储。但具体实验研究的结果表明,这种方法对多重图像存储在实验上很难实现,但对多重光点存储,却有一定的研究价值。

致谢 此工作中使用的AD-PMMA样品是中国科学院感光所沈玉全、傅兴发、邱玲等同志合成的,在此向他们深表感谢。

参 考 文 献

- 1 V. P. Pham, G. Manivannan, R. A. Lessard *et al.*. New azo-dye-doped polymer systems as dynamic holographic recording media. *Appl. Phys. A*, 1995, **60**: 239~ 242
- 2 N. C. R. Holme, P. S. Ramanujam, S. Hvilsted. 10 000 optical write, read, and erase cycles in an azobenzene sidechain liquid-crystalline polyester. *Opt. Lett.*, 1996, **21**(12): 902~ 904
- 3 Jean J. A. Couture. Polarization holographic characterization of organic azo dyes/PVA films for real time applications. *Appl. Opt.*, 1991, **30**(20): 2858~ 2866
- 4 Setsuo Kobayashi, Kishiro Iwasaki, Hiroshi Sasaki *et al.*. Organic optical storage medium with a read-out stability under 1 mW laser irradiation. *Japan. J. Appl. Phys.*, 1991, **30**(B): L114~ L116
- 5 Robert C. Hoffman, Richard S. Potember. Organometallic materials for erasable optical storage. *Appl. Opt.*, 1989, **28**(7): 1417~ 1421
- 6 Alan G. Chen, David J. Brady. Real-time holography in azo-dye-doped liquid crystals. *Opt. Lett.*, 1992, **17**(6): 441~ 443
- 7 Wei Zhenqian, Fei Haosheng, Bao Xinxian *et al.*. Study of nonlinear optical characters of push-pull azobenzene compounds. *Journal of Infrared and Millimeter Waves* (红外与毫米波学报), 1995, **14**(4): 310~ 316 (in Chinese)
- 8 Wei Zhenqian, Fei Haosheng, Bao Xinxian *et al.*. Storage characteristics of push-pull azobenzene compounds. *Acta Optica Sinica* (光学学报), 1995, **15**(10): 1394~ 1398 (in Chinese)

Multiple Image Storage in Push-pull Azobenzene Compounds

Wei Zhenqian Zhu Xinyu Dai Zhenting

Fei Haosheng Yang Yanqiang Yang Qingxin Sun Guijuan

(Physics Department, Jilin University, Changchun 130023)

Abstract The newly synthesized push-pull azobenzene compounds were doped in the PMMA film. Their multiple storage characters were studied. The excellent real-time and long time double image storages were obtained. The associative memory image storage was achieved. Furthermore, the storage mechanism is explained.

Key words azobenzene, compound, multiple image storage, associative memory