

文章编号: 1001-3806(2004)05-0449-03

三甲川菁染料绿光高密度光存储研究

贺锋涛¹, 冯晓强¹, 张东玲², 王兰英³, 侯 洵¹

(1. 中国科学院 西安光学精密机械研究所 瞬态光学技术国家重点实验室, 西安 710068; 2. 河南大学 物理与信息光子学院, 开封 475001; 3. 西北大学 化学系, 西安 710069)

摘要: 利用旋涂法制备了三甲川菁染料掺杂高分子薄膜, 室温下采用波长为 532nm、数值孔径为 0.65 聚焦物镜的绿光存储装置研究了该染料薄膜的光存储特性。结果表明, 三甲川菁染料薄膜在 420nm~590nm 区域内有两个吸收峰, 可作为与 532nm 绿光半导体激光器相匹配的光存储材料。在激光功率为 15mW、刻录速度 1m/s 的条件下, 得到了记录线宽约 600nm、反射率对比度为 21% 的结果。

关键词: 三甲川菁; 高分子薄膜; 绿光; 光存储

中图分类号: TP333.4 **文献标识码:** A

High density optical storage property of cyanine dye by green laser

HE Feng-tao¹, FENG Xiao-qiang¹, ZHANG Dong-ling², WANG Lan-ying³, HOU Xun¹

(1. State Key Laboratory of Transient Optics and Technology, Xi'an Institute of Optics & Precision Mechanics, the Chinese Academy of Sciences, Xi'an 710068, China; 2. Institute of Physics & Information Photoelectronics, Henan University, Kaifeng 475001, China; 3. Department of Chemistry, Northwest University, Xi'an 710069, China)

Abstract: A cyanine dye polymer film is made by spin coated method, and the property of the film is studied with green light recording system with NA of 0.65 at room temperature. In the range of 420nm~590nm the film shows two strong absorption peaks, which means that this film can be used as optical storage material matching the recording system with the laser source of 532nm. A result of about 600nm recording line with 21% reflectivity contrast is obtained at 15mW laser power with the 1m/s recording velocity.

Key words: cyanine dye; polymer thin film; green light; optical recording

引 言

进入 21 世纪后, 随着科学技术的高速发展, 信息量与日俱增, 对信息存储的要求越来越高, 光存储技术自 70 年代开始研究和开发, 已经过了近 30 年的发展。与磁存储相比, 具有存储密度高、存储寿命长、信噪比高、读取速度快等一系列优点, 受到世界各国的普遍重视。相继投入大量人力、物力和财力进行研究, 使得近年来光存储技术不断取得重大突破, 已逐渐形成了一个巨大的高科技产业。

提高光存储密度是光存储发展的主要指标之一。在远场光记录中, 光存储的数据容量取决于光盘驱动器所用的激光器波长、物镜的数值孔径、数据记录格式, 以及光盘的物理尺寸和结构。其中激光

器波长 λ 和数值孔径 NA 将影响激光经光学聚焦后的最小光斑尺寸, 其大小受瑞利衍射极限的限制, 与激光波长成正比, 与聚焦物镜的数值孔径成反比, 存储密度则正比于 $(NA)^2$ 的平方, 所以, 要提高光存储的位密度, 缩短激光波长和增大物镜的数值孔径是两种有效途径^[1, 2]。

在短波长高密度光存储中, 存储介质是需解决的主要问题之一。光存储介质按其属性分为有机光存储材料和无机光存储材料, 无机光存储材料的缺点是光盘结构和制备方法复杂, 致使成本高, 且多数毒性大。有机光存储材料具有存储密度高、熔点及软化温度低、记录灵敏度高、光学和热变形性质可通过调节分子结构来改变等优点而倍受关注^[3~5], 与其它可用作光存储的有机染料相比, 菁染料及其衍生物具有吸收波长可调谐范围大, 在不溶解腐蚀有机聚碳酸酯基片的有机溶剂中溶解度大, 能方便使用设备简单, 生产效率高且成本的低的旋涂法制成薄膜等优点。菁染料种类繁多, 各类染料的性质和

作者简介: 贺锋涛(1974), 男, 博士研究生, 现从事高密度光存储方面的研究工作。

E-mail: hefengtao@163.net

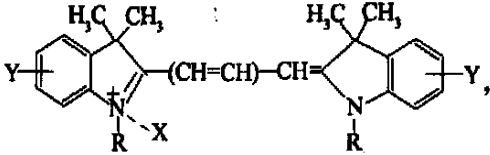
收稿日期: 2003-11-21; 收到修改稿日期: 2004-01-13

光存储性能差别很大。本文中采用三甲川菁染料作为存储介质,制备了三甲川菁染料掺杂的高分子聚甲基丙烯酸甲酯(PMMA)薄膜,并使用自研的532nm绿光存储装置对该薄膜动态存储特性进行了研究。

1 实验

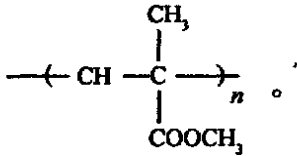
1.1 实验材料

实验材料采用三甲川菁染料,其分子式结构为:



其中,R为烷基,Y为卤素,X为阳离子。

本文中选用聚甲基丙烯酸甲酯(PMMA)作为掺杂高分子材料,其分子结构为:



1.2 薄膜的制备

按不同的质量比,将三甲川菁染料和高分子化合物(PMMA)的混合物溶解于分析纯的二丙酮醇中,超声波振荡至完全溶解、过滤,滤液用作涂膜溶液,利用旋涂法在匀胶机上成膜。基片为面积 $10\text{mm} \times 10\text{mm}$ 、厚度 1.2mm 的K9玻璃。所得薄膜在室温条件下置于暗处自然干燥24h。

1.3 光谱测定

室温下,利用正入射光束,在Perkin Elmer Lambda 9U V/VIS/NIR光谱仪上测定了三甲川菁染料薄膜态的吸收光谱。

1.4 532nm动态光存储装置

图1为波长532nm、聚焦物镜数值孔径0.65的

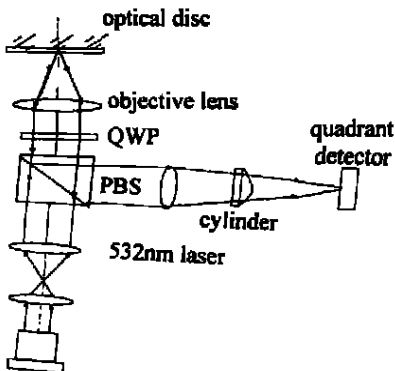


Fig. 1 Optical recording system with green laser source

绿光存储装置原理图。由532nm绿光激光LD发出的线偏振光,经过扩束镜后,穿过偏振分束镜PBS及1/4波片QWP,此波片的光轴与入射的线偏振光成 45° 夹角,经由1/4波片的作用而形成圆偏振光,最后通过物镜聚焦到光盘上,从光盘反射的圆偏振光经物镜,再一次通过1/4波片形成与原入射光相互垂直的线偏振光,此时激光束不再通过偏振分束镜,而是经过偏振分束镜后经柱面镜被四象限探测器QD所接收。柱面透镜的作用如图2所示,柱面透镜作为像散元件,可将光盘离焦量的变化转变成不同方向上光能的变化。光经柱面透镜后产生像散现象,在焦点附近像散光束出现轴向不对称性,在最佳焦点的两边出现水平方向和垂直方向的像散线,四象限光电探测器及四输入端加减运算电路可将这种不同方向上光能的变化转变成电信号,从而产生离焦误差信号。自动聚焦伺服执行机构根据这一聚焦误差信号,对聚焦物镜的位置进行调整,使得激光焦点正确聚焦在光盘信息存储面上,从而将信息存储在光存储面上。

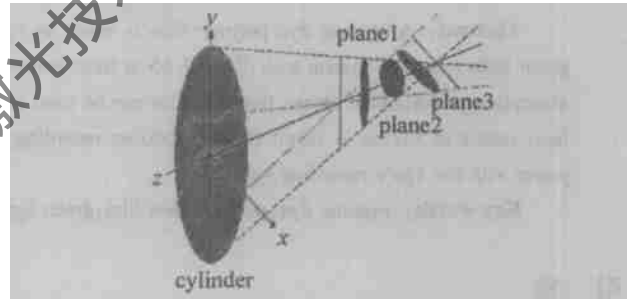


Fig. 2 Principle of astigmatism with cylinder

1.5 动态光存储性能的测定

动态光存储实验是评价光盘记录材料性能的重要手段。本文中利用上述装置对三甲川菁染料薄膜动态存储特性进行了研究,即在读写光束与记录介质间相对运动的情况下,测试膜片在激光辐照前后的反射率变化。

2 结果与讨论

2.1 三甲川菁染料薄膜态的吸收光谱

图3为优化的三甲川菁染料掺杂PMMA薄膜的吸收光谱(其中三甲川菁染料与高分子的质量比为15)。该薄膜吸收光谱范围为 $420\text{nm} \sim 590\text{nm}$,在该区域有两个吸收峰,分别为532nm和539nm。可以看出,该三甲川菁染料薄膜在532nm波长处具有较大吸收,可作为与532nm绿光相匹配的光盘记录材料。

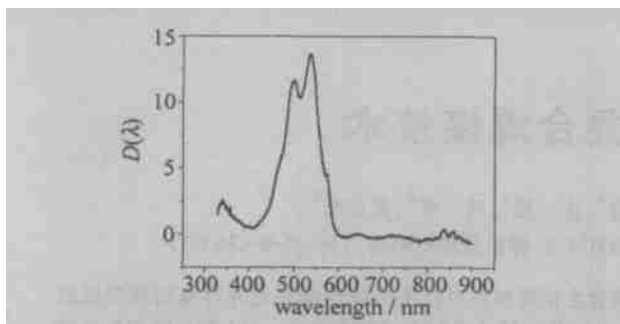


Fig. 3 The absorption spectra of penta methyl crynine thin film

2.2 薄膜的光存储实验结果

本文中采用不同激光功率对该三甲川菁染料薄膜进行了存储实验研究。采用金相反射显微镜的 $45\times$ 物镜,配合 CCD 图像采集处理系统对刻录结果进行了观察,图 4a~ 图 4c 是写入激光功率分别为 7.8mW, 11.2mW, 15mW 时在三甲川菁染料薄膜上的存储结果。在本实验系统中,刻录阈值约为 7.8mW。当激光功率小于刻录阈值时,光盘上没有明显的刻线,如当激光功率大于 7.8mW 时,光盘上便有明显的刻线,如图 4a~ 图 4c 所示。由图可知,在不同激光功率条件下,随着激光功率的增加,薄膜的反射率对比度均随之增加。当激光功率为 15mW 时,图像反射率对比度最高,为 21%;且线宽较小,约为 600nm,图 4c 所示为绿光在该薄膜存储的最佳功率,其刻录线速度为 1m/s。



Fig. 4 Recording line with different laser power
a-7.8mW b-11.2mW c-15mW

当采用波长 532nm、数值孔径为 0.65 的高数值孔径聚焦物镜,由衍射极限可知:理论上刻录的最小线宽约为 400nm。但在本系统中,由于聚焦误差、热扩散等因素的影响,使得记录的最小线宽约为 600nm,大于理论线宽。

激光束辐照在记录层中的三甲川菁染料染料分子时,分子吸收能量使该微区形态发生变化(成坑

或成泡等),从而与未作用的区域形成反差,达到信息存储的目的。所需能量与染料分子的物理性质,如熔点、稳定性和饱和蒸气压等有关。因此,为提高三甲川菁染料对热和光稳定性,在环上引入卤素或共轭链上引入桥环,能使染料结构更稳定。另外,含吡啶环的染料有较好的溶解度、反射率、灵敏度和保存性。为了进一步提高三甲川菁染料的耐光、耐热性能,可以采用添加单线态氧猝灭剂的方法^[6,7],这些单线态氧猝灭剂是过渡金属络合物和铵盐。

3 结束语

利用旋涂法制备了三甲川菁染料掺杂高分子薄膜,常温下对该薄膜的吸收光谱进行了测量,该薄膜在 420nm~ 590nm 区域有两个吸收峰,可作为与 532nm 的绿光半导体激光器相匹配的光盘记录材料。并采用波长 532nm、数值孔径为 0.65 的高数值孔径聚焦物镜的绿光存储装置对不同激光功率下三甲川菁材料存储特性进行研究。在激光功率为 15mW、刻录速度为 1m/s 刻录条件下,得到了记录线宽约 600nm、图像反射率对比度为 21% 的刻录结果。因此,三甲川菁染料可作为绿光高密度光存介

参考文献

- [1] KOZLOVSHY W J, DEWEY A G, JULIANA A *et al.* Optical recording in the blue using a frequency-doubled diode laser [J]. SPIE, 1992, 1663: 410~ 415.
- [2] MANSFIELD S M, STUDENMUND W R, KINO G S *et al.* High numerical aperture lens system for optical storage [J]. Opt Lett, 1993, 18(4): 305~ 307.
- [3] ROTH J P. Rewritable optical storage technology [M]. London: Meckler, 1991. 172~ 174.
- [4] LIU Z F, HASHIMOTO K, FUJISHIMA A. Photoelectrochemical information storage using an azobenzene derivative [J]. Nature, 1990, 347(18): 658~ 660.
- [5] MARDER S R, KIPPELEN B, JEN A K Y *et al.* Design and synthesis of chromophores and polymers for electro-optic and photorefractive applications [J]. Nature, 1997, 388(28): 845~ 851.
- [6] 曾万学,陈萍,盛丽琴 *et al.* 单重态氧猝灭剂对长链菁染料的光稳定作用 [J]. 中国科学, 1995, 25(6): 579~ 584.
- [7] 赵江,陈萍,李军 *et al.* 菁染料薄膜的光谱性能及稳定性的研究 [J]. 感光科学与光化学, 1997, 15(1): 59~ 65.

请向邮局订阅 2005 年度《激光技术》

国内统一刊号: CN51-1125/TN, 邮发代号: 62-74