

文章编号:1004-4213(2010)10-1816-4

BR-D96N 薄膜共线全息图像存储实验研究*

阎肃¹, 门克内木乐^{1,†}, 宁安琪¹, HAMPP Norbert²

(1 内蒙古大学 物理科学与技术学院, 呼和浩特 010021)

(2 Institute of Physical Chemistry, University of Marburg, D-35032 Marburg, Germany)

摘 要:利用一种生物光致变色材料—基因突变菌紫质 BR-D96N 薄膜的光致变色特性, 实现了可擦写式共线全息图像存储实验. 对于光密度为 3.0 的 BR-D96N 薄膜, 在 700 mW/cm² 的记录光强下(波长为 632.8 nm, 物光、参考光光强比为约 1:1.2), 全息图建立的最佳曝光时间约为 3s, 最佳再现光强约为 50 mW/cm², 全息图寿命约为 10 min. 实验表明:共线全息存储技术光学系统简单, 系统体积小, 受存储环境的影响低, 并能够实现高密度存储; 同时也实验验证了 BR-D96N 薄膜具有响应速度快, 感光灵敏度高, 擦写次数高, 稳定耐用, 使用方便等优点, 可以作为一种较灵敏的可擦写共线全息记录介质.

关键词:细菌视紫红质; BR-D96N; 共线全息存储; 可擦写式存储

中图分类号: O436.1; O438.1

文献标识码: A

doi: 10.3788/gzxb20103910.1816

0 引言

光信息存储技术是当今信息时代的研究热点之一. 光信息存储的研究包括存储技术和存储材料两大领域.

在光信息存储技术领域, 全息存储技术由于具有高冗余度, 高存取速率、高存储密度、高寻址速度等显著优点, 占据着不可或缺的地位^[1]. 其中共线光全息存储技术(也称为同轴式光全息存储技术)是利用物光与参考光沿同一光轴传播, 用同一只显微物镜记录、再现信息的方式来完成图像信息存取过程的一种全息存储技术^[1]. 共线光全息存储技术与传统的非共线光全息存储技术相比, 具有以下几个优点^[2-3]: 1) 可以减小存储系统体积; 2) 由于物光和参考光光束经过同一光路, 对环境的振动、温度变化和气流变化所产生的共膜干扰是相同的, 可以被抑制, 不仅对存储环境要求降低, 而且可以提高存储准确度; 3) 由于是在光焦点处进行存储, 如同与傅里叶全息存储技术, 光记录点小, 存储密度高. 因此共线光全息存储技术成为大容量、高速度、小型化及低成本光学存储器的最佳候选技术^[2-5].

2006 年 12 月份美国 Inphase 公司研制的第

一款全息光盘及其驱动器上市, 其容量为 300GB^[6]. 日本 Optware 公司, 2000 年成功地将偏振共线(Polarized collinear)技术用于光存储, 并在“ODS 2004”上首次展示了使用全息光盘的记录播放装置和相应光学头等. 在 2006 年 6 月份, Optware 公司推出一种全息万能卡(Holographic Versatile Card: HVC), 容量为 30GB^[4]. 而这些全息光盘与全息卡为一次性记录多次读出型光盘(HVD-R), 可擦重写式全息存储器件(HVD-RW)还在研究当中. 全息记录材料的性能是可擦重写式全息存储设备商品化的最关键因素. 有机光致变色材料具有无需显影定影、成本低廉的优点, 从而在可擦重写式全息存储领域显示出了很大的潜力^[7-8]. 其中生物分子材料细菌视紫红质(简称菌紫质或 BR)是自然界中发现的具有独特光致变色特性的光敏蛋白质, 其优点是经过自然界的长期优化选择, 具有极好的抗疲劳性(循环使用次数大于 100 万次)、感光灵敏度高和稳定耐用^[8]. 有不少研究小组进行了菌紫质的全息存储应用研究^[8-11], 但是目前还没有看到有关菌紫质共线全息存储的研究报告.

本文在一种基因改性菌紫质(BR-D96N)^[9]薄膜上进行了共线光全息图像存储实验研究, 实验结果表明, BR-D96N 有望成为一种新型的实时共线全息记录材料.

1 材料和方法

1.1 实验材料

实验材料为 BR-D96N 薄膜, BR-D96N 是一种

* 国家自然科学基金(60867001)、内蒙古自治区高等学校科学研究(NJZZ07007)、内蒙古大学高层次人才启动基金、中科院“光化学转换与功能材料”重点实验室开放基金资助

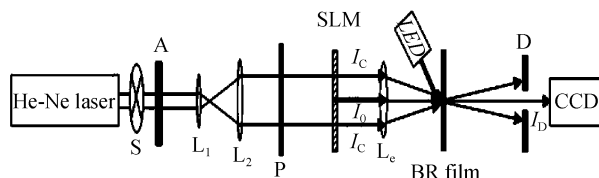
[†] Tel: 0471-4992967 Email: py_menkenei@imu.edu.cn
收稿日期: 2010-02-03 修回日期: 2010-04-19

具有长亚稳态寿命的新型基因改性菌紫质材料.它是用天门冬酰胺(N)替换第96号天门冬氨酸(D)产生的BR变异体,其M态寿命可以延长到数分钟.相对于野生型BR或化学增强型BR(M态寿命在毫秒到秒量级),其显著的优点是光致变色效应明显、M态寿命长、感光灵敏度高^[8].

实验材料由德国马尔堡大学提供.从基因定点突变的嗜盐菌(*Bacterium Salinarum*)中提取紫膜(BR-D96N),经蔗糖梯度法纯化和超声破碎,以一定的浓度均匀掺入到高分子聚合物中(如明胶或聚乙烯醇),然后将该聚合物密封到两片平行的光学玻璃之间,形成均匀透明的聚合物薄膜.薄膜的厚度约80 μm , $(5 \times 5)\text{cm}^2$ 方形. BR-D96N 样品基态(B态)的吸收峰在568 nm,光密度3.0,在633 nm处的吸光度为1.02. M态为其长寿命亚稳中间态,吸收峰在407 nm,在室温下的寿命约为15 min.

1.2 实验方法

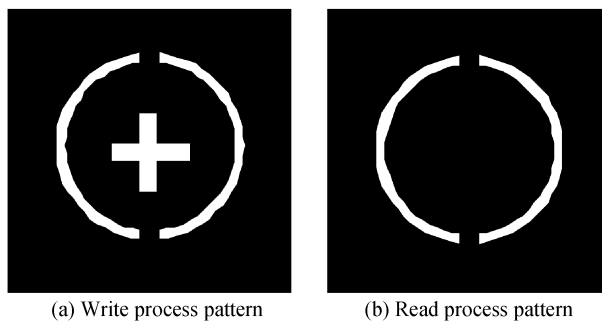
共线全息存储实验光路如图1,其中S为电子快门;A为衰减片; $L_1 \sim L_3$ 为透镜;P为偏振片;SLM为空间光调制器(透明片);D为光阑.记录和读出光源为He-Ne激光器;擦除光源为紫外激光二极管.将非偏振He-Ne激光(波长为632.8 nm、2 mW)经过透镜 L_1 和 L_2 扩束准直,投射到作为空间光调制器的透明片SLM上.在记录过程中,SLM上的图像如图2(a),中间“十”字为物光信息,环绕的两个半圆环为参考光图案.经过SLM后,光束中既有参考光 I_C 又有物光 I_O (物光、参考光光强分别为 $I_O = 318 \text{ mW}/\text{cm}^2$ 和 $I_C = 382 \text{ mW}/\text{cm}^2$, $I_O : I_C \approx 1 : 1.2$),再经过透镜 L_3 (焦距为70 mm)成像于CCD光敏面上.在 L_3 的焦点处, I_C 与 I_O 相交干涉,此处放置了记录介质菌紫质薄膜(BR film),可以记录全息图.在再现过程中,SLM上显示的图案切换成如图2(b)所示的仅有周围参考光 I_C 的图案(挡住物光图案).原参考光 I_C 作为再现光(再现光光强约为 $50 \text{ mW}/\text{cm}^2$)通过透镜聚焦在记录介质上并再现出物光信息图案,衍射光 I_D 由CCD拍摄.所记录全息图的直径约0.2 mm,如图3.其中电子快门S用于控制曝光时间(本实验中最佳曝光时间为3 s),连续可调衰减片A用于调节 I_O 、 I_C 强度(记录时较强,读出时较弱),偏振片P用来控制 I_O 、 I_C 偏振方向(本实验中竖直方向),在CCD前有一光阑A,用来遮挡住参考光的透射光(0级衍射),只让衍射光 I_D (+1级衍射)通过.记录的全息图经紫光(I_E)擦除后可重复多次使用.



S: Shutter; A: Attenuators; $L_1 \sim L_3$: Lens; P: Polarizer; SLM: Special light modulator (Mask); D: Diagram

图1 共线全息实验光路

Fig. 1 Experiment setup of collinear holography



(a) Write process pattern

(b) Read process pattern

图2 共线全息存储实验中空间光调制器上显示的图像

Fig. 2 Patterns display on SLM used in the collinear holographic storage experiment

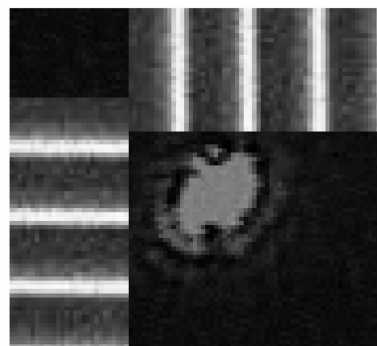


图3 共线全息图大小测量

Fig. 3 Size measurement of the collinear hologram

2 结果与讨论

图4是同线偏振记录条件下,在BR-D96N薄膜上进行的共线全息图像存储实验结果.图4(a)是原始物像,图4(b)是记录在薄膜上的共线光全息图经过原参考光再现读出的衍射像.可以看到,利用BR-D96N生物膜基态B和亚稳态M的光致变色反应,可以实现可擦写式共线光全息存储.在 $700 \text{ mW}/\text{cm}^2$ 记录光强下(物光、参考光光强分别为 $I_O = 318 \text{ mW}/\text{cm}^2$ 和 $I_C = 382 \text{ mW}/\text{cm}^2$, $I_O : I_C \approx 1 : 1.2$),全息图建立的最佳曝光时间约为3 s.当物光和参考光关闭后,记录的全息图经过约10 min消失(CCD探测不到衍射像).由于再现光对所记录光栅具有破坏作用,弱再现光擦除效果较弱,但并不能得到高衍射光强,强再现光擦除效果太强,衍射光强衰减太快,因此若要得到高衍射光强和较长时间的再现,存在着最佳再现光强约为 $50 \text{ mW}/\text{cm}^2$.

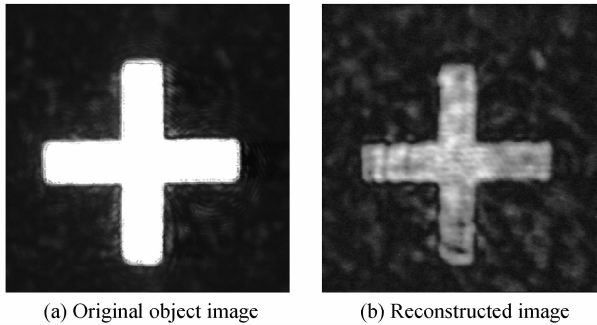


图 4 共线全息存储实验中原始物象与衍射像

Fig. 4 Object image and the reconstructed image of collinear recording hologram

但是由于共线全息存储是在光焦点处进行存储,光记录点小(直径约 0.2 mm),衍射像较弱,使得进入 CCD 的再现光杂散光(噪音)显得很强烈,信噪比较低,但这部分噪音可以通过正交偏振记录的方法来降低。但正因为光记录点小,共线全息存储密度很高。

同时,可看出共线全息存储系统相比传统的“双光束干涉记录方式”,光路简单,体积小;并且物光和参考光光束经过同一光路,对环境的振动、温度变化和气流变化所产生的共膜干扰是相同的,可以被抑制,降低了存储环境的影响。

实验证明样品经 100 次擦写后,存储的图像质量无显著变化。Hampp 等人曾测量出擦写次数可达 100 万次以上^[8]。并且样品使用三年以上性能没有发生明显变化,具有良好的热稳定性。

3 结论

利用基因改性细菌视紫红质 BR-D96N 薄膜的光致变色特性,实现了可擦写式共线全息技术图像记录和再现。通过对菌紫质 BR-D96N 薄膜进行共线全息图像存储实验,结果表明共线光全息存储技术光学系统简单,系统体积小,受存储环境的影响低,并能够实现高密度存储;同时也实验验证了 BR-

D96N 薄膜具有响应速度快,感光灵敏度高,擦写次数高,稳定耐用,使用方便等优点,可以作为一种较灵敏的动态可擦写共线全息记录介质。

参考文献

- [1] TAO Shi-quan. Holographic optical storage[M]. Beijing : Beijing Industrial University Press, 1998: 31-37.
陶世荃. 光全息存储[M]. 北京:北京工业大学出版社,1998: 31-37.
- [2] HORIMAI Hideyoshi, TAN Xiao-di, LI Jun. Collinear holography[J]. *Applied Optics*, 2005, **44**(13): 2575-2579.
- [3] YU Yeh-wei, CHENG Chih-yuan, HSIEH Shu-ching, et al. Point spread function by random phase reference in collinear holographic storage[J]. *Optical Engineering*, 2009, **48**(2): 020501-1-020501-2.
- [4] Optware to Release 30 GB Holographic Card for Less than MYM1 at the End of 2006. [2005-6-8]. http://techon.nikkeibp.co.jp/english/NEWS_EN/20050608/105586/.
- [5] HORIMAI Hideyoshi, TAN Xiao-di. Advanced collinear holography[J]. *Optical Review*, 2005, **12**(2): 90-92.
- [6] InPhase Technologies plans to ship Holographic Disc Drive in July. [2007-2-13]. [http://www.digitalproductionbuzz.com/news.php?newsid=1189&RECORD_INDEX\(newsopinion\)=101](http://www.digitalproductionbuzz.com/news.php?newsid=1189&RECORD_INDEX(newsopinion)=101).
- [7] FAN Mei-gong. Photon mode optical storage and photochromic materials[J]. *Progress In Chemistry*, 1997, **9**(2): 170-178.
樊美公. 光子存储原理与光致变色材料[J]. *化学进展*, 1997, **9**(2): 170-178.
- [8] HAMPP N. Bacteriorhodopsin as a photochromic retinal protein for optical memories[J]. *Chemical Reviews*, 2000, **100**(5): 1755-1776.
- [9] BARNHART D, KOEK W, HAMPP N, et al. Bacteriorhodopsin as a high-resolution, high-capacity buffer for digital holographic measurements[J]. *Measurement Science and Technology*, 2004, **15**(4): 639-646.
- [10] CHAN V, KOEK W, BARNHART D, et al. Application of holography to fluid flow measurements using bacteriorhodopsin (bR) [J]. *Measurement Science and Technology*, 2004, **15**(4): 647-655.
- [11] LI Ying, MENKE Neimule, LI Rong-ping, et al. Holographic image storage and optical image processing with BR-D96N film[J]. *Acta Photonica Sinica*, 2008, **37**(2): 257-261.
丽英,门克内木乐,李蓉萍,等. BR-D96N 薄膜全息图像存储与图像处理研究[J]. *光子学报*, 2008, **37**(2): 257-261.

Collinear Holographic Image Storage with BR-D96N Film

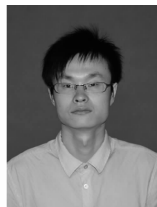
YAN Su¹, MENKE Neimule¹, NING An-qi¹, HAMPP Norbert²

(1 *School of Physical Science and Technology, Inner Mongolia University, Huhhot 010021, China*)

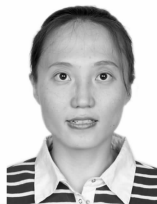
(2 *Institute of Physical Chemistry, University of Marburg, D-35032 Marburg, Germany*)

Abstract: Rewritable collinear holographic image storage was realized in a genetically mutated bacteriorhodopsin BR-D96N film by using its photochromic property. For a BR-D96N film with 3.0 optical density, under 632.8 nm, 700 mW/cm² recording light (optical reference ratio is about 1 : 1.2), the optimum recording time is about 3 s, the optimum reconstruction light intensity is about 50 mW/cm², and the safetime of the hologram is about 10 min. The experiment shows that, in collinear holographic storage system, simple optical setup, small volume, low environmental effect and the high density storage can be realized; and it is proved that the BR-D96N film has advantages like short storage time, high light sensitivity, high reversibility, long-term stability and easy used, which can be used as a higher sensitive rewritable collinear holographic storage media.

Key words: Bacteriorhodopsin; BR-D96N; Collinear holography; Rewritable storage



YAN Su was born in 1981. He is working towards the M. S. degree in School of Physical Science and Technology of Inner Mongolia University. His research interests focus on collinear holographic storage.



MENKE Neimule was born in 1980. She graduated from Xi'an Institute of Optics and Precision Mechanics, Chinese Academy of Sciences with the Ph. D. degree in 2005. Now she works at School of Physical Science and Technology, Inner Mongolia University. Her research interests focus on optical storage of organic photochromic materials.