

动态全息三维显示研究最新进展

曾超 高洪跃 刘吉成 于瀛洁 姚秋香 刘攀 郑华东 曾震湘

Latest developments of dynamic holographic three-dimensional display

Zeng Chao Gao Hong-Yue Liu Ji-Cheng Yu Ying-Jie Yao Qiu-Xiang Liu Pan Zheng Hua-Dong
Zeng Zhen-Xiang

引用信息 Citation: [Acta Physica Sinica](#), 64, 124215 (2015) DOI: 10.7498/aps.64.124215

在线阅读 View online: <http://dx.doi.org/10.7498/aps.64.124215>

当期内容 View table of contents: <http://wulixb.iphy.ac.cn/CN/Y2015/V64/I12>

您可能感兴趣的其他文章

Articles you may be interested in

数字显微全息重建图像的景深扩展研究

[Study on extending the depth of field in reconstructed image for a micro digital hologram](#)

物理学报.2015, 64(11): 114209 <http://dx.doi.org/10.7498/aps.64.114209>

基于数字全息图的光纤折射率测量研究

[Refractive Index Measurement Research for Optical Fiber Based on Digital Hologram](#)

物理学报.2015, 64(6): 064204 <http://dx.doi.org/10.7498/aps.64.064204>

基于菌紫质 F 态的永久光存储研究

[F-state based permanent optical data storage in bacteriorhodopsin film](#)

物理学报.2015, 64(2): 024218 <http://dx.doi.org/10.7498/aps.64.024218>

LiNbO₃:Cu:Ce 晶体非挥发全息存储性能的理论研究

[Theoretical studies on nonvolatile holographic recording for LiNbO₃:Cu:Ce crystals](#)

物理学报.2012, 61(18): 184205 <http://dx.doi.org/10.7498/aps.61.184205>

掺杂 TiO₂ 纳米颗粒的抗收缩光致聚合物全息特性的研究

[Study of holographic characteristics of TiO₂ nanoparticles dispersed resisting shrinkage photopolymer](#)

物理学报.2011, 60(4): 044213 <http://dx.doi.org/10.7498/aps.60.044213>

专题: 液晶光学及应用

动态全息三维显示研究最新进展*

曾超 高洪跃[†] 刘吉成 于瀛洁 姚秋香 刘攀 郑华东 曾震湘

(上海大学机电工程与自动化学院精密机械工程系, 应用光学与测量实验室, 上海 200072)

(2015年3月9日收到; 2015年6月6日收到修改稿)

全息三维显示是真三维显示技术, 其原理是利用光学干涉记录和衍射再现将物体或场景的三维信息全部重建出来, 所以观看全息三维图像与观看真实物体或场景的效果一样. 近期全息研究领域有一些突破性的成果被报道, 将推动全息显示的应用不断走向成熟. 本文将重点介绍基于光学材料和空间光调制器为全息图承载载体的动态全息三维显示最新发展状况. 虽然动态全息三维显示研究仍然存在挑战, 但最近研究中已经利用光学材料实现了实时动态全息三维视频显示, 这为未来实现大尺寸、高分辨率、彩色全息真三维视频显示提供了可能.

关键词: 全息三维视频显示, 超快液晶膜, 实时全息显示, 真三维显示

PACS: 42.40.Ht, 42.70.Ln, 42.40.-i

DOI: 10.7498/aps.64.124215

1 引言

全息三维显示是真三维显示技术, 最近成为三维显示研究的热点之一. 当前的三维显示技术, 如戴眼镜式分光立体显示、裸眼分光立体显示和体三维显示等, 都存在一定缺陷, 使三维显示无法达到应用普及的水平. 全息技术^[1-8]可记录和再现真实物体或场景的全部信息(包括振幅信息和相位信息). 因此, 这种技术可以让观察者在裸眼的情况下观察到类似实物自然散射的光, 即所有的色彩及深度信息. 全息三维显示(也称全像三维显示)可分为静态和动态两种形式. 静态全息技术已基本成熟, 开始走向三维显示应用, 多见于展览展示、广告宣传等.

动态全息显示技术虽然不够成熟, 但应用前景非常广阔, 使其成为全息和三维显示领域的研究热点. 目前, 动态全息有两种实现形式: 基于全息材料和基于空间光调制器衍射实现全息显示. 这两种动态全息显示方式都有一些关键技术问题需要深入的科学研究予以解决. 根据两种技术的发展态

势, 基于全息材料的动态全息三维显示研究被广泛看好, 其更有望实现大尺寸、高清晰、真彩色全息三维显示. 近几年, 科学家们将目光瞄准了这一研究领域, 并有一些重要成果出现, 其有望成为未来全息真三维电视的主流技术. 本文将阐述全息三维显示发展的最新进展. 静态全息三维显示已经走向应用, 并在不断完善中. 动态全息三维显示还处于研究阶段, 但近年的一些科研突破为其真正走向应用带来很大希望. 所以本文将重点介绍动态全息三维显示的最新研究发展, 希望能为这一领域的研究人员提供参考.

2 全息三维显示原理

全息技术是利用干涉方法使三维物体表面散射光波的全部信息(振幅和相位)储存在记录介质中, 当再用同样的可见光照射全息图时, 由于衍射原理, 可以再现出原始物光波, 即干涉记录, 衍射再现. 全息记录与再现原理如图1所示. 干涉场分布不仅包含物体的振幅信息(也称为色彩信息), 还包含物体的相位信息(也称为深度信息). 利用感光材

* 国家自然科学基金(批准号: 11474194, 11004037, 61101176)和上海市自然科学基金(批准号: 14ZR1415500)资助的课题.

[†] 通信作者. E-mail: gaohy1et@i.shu.edu.cn

料来记录干涉场的分布, 可以达到记录物光波信息的目的. 全息再现是利用一束满足特定条件的光束再现出全息介质中的物波, 构成与原物波完全相同的新的波继续传播, 从而形成三维立体像. 全息技术可以真正实现物体的三维重建, 与分光立体显示和体三维显示具有本质的区别, 如图 2 所示. 分光立体显示视频内容在拍摄时取左右摄像机对的距

离为固定值 (在亚洲约为 6.2—6.3 cm, 在欧洲约为 6.5 cm), 而不同人的左右眼距离是不同的, 所以分光立体显示视频内容不能满足所有人的视觉习惯, 很多人看后会感到不适. 体三维显示一般采用高速旋转屏, 其成像质量受屏的影响, 并且危险性很高. 所以全息三维显示技术是比较理想的真三维显示技术.

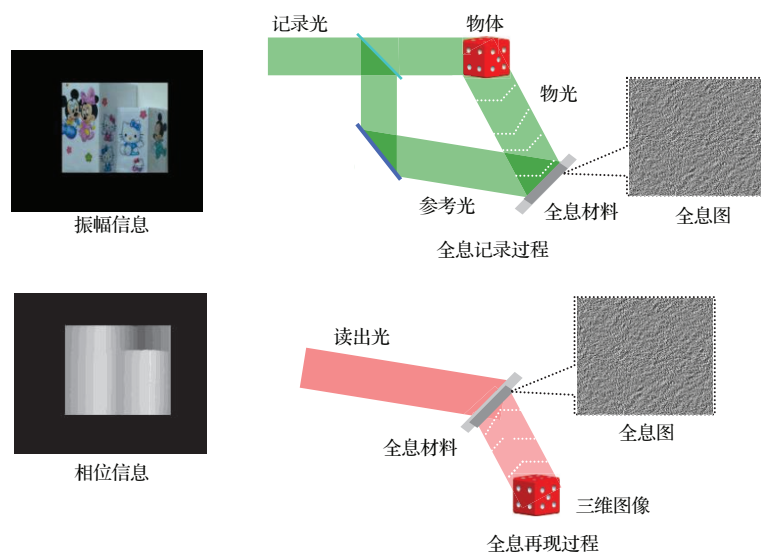


图 1 全息记录与再现

Fig. 1. Holographic recording and reconstruction.

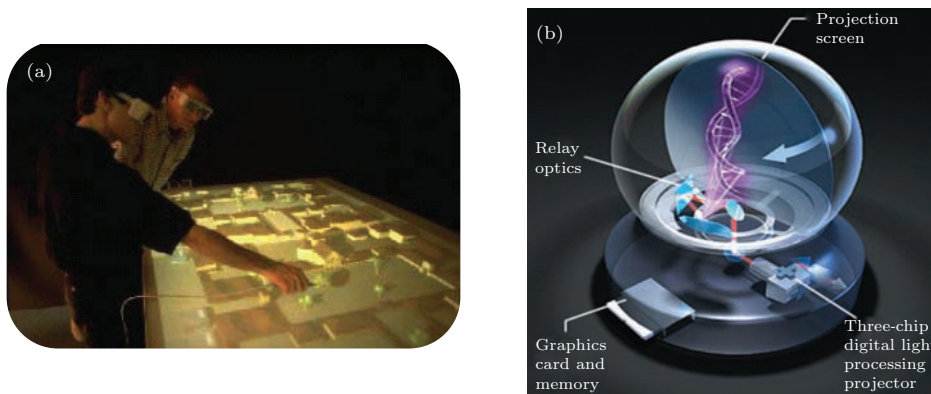


图 2 (a) 分光立体显示和 (b) 体三维显示

Fig. 2. (a) Stereoscopic display and (b) volumetric three-dimensional display.

3 静态三维全息图证明全息显示的优势

静态三维全息图已经向我们展现了全息显示的神奇之处. 图 3 所示为英国科学家 Hans Bjelkhagen 等制作的一张全息图, 该图拍摄于第九届国际显示全息展览会 (ISDH2012). 图中是由左向右从不同角度拍摄的照片, 仿佛是一个真实的佛像在画

框中, 但其实这只是一张厚约 2 mm 的薄板, 其中记录了一幅全息图. 静态全息图是将包含物体表面的亮暗、色彩、景深等信息的全息光场记录在全息材料中, 然后利用读出光照射全息图, 经过光学衍射就从全息材料中读取取出物体的全息三维立体图像. 全息图只要裸眼观看就能获得大视角和大景深的三维图像, 与观看真实物体的效果非常相似. 因此, 静态全息图已经引起了广泛关注, 其在三维图像显示方面具有广阔的应用.



图3 静态三维全息图(由左向右拍摄的不同角度的照片)

Fig. 3. Static holographic three-dimensional displays (different view angles of the same display).

4 动态全息技术的最新研究进展

正是由于全息技术在三维显示方面的优势, 越来越多的人致力于研究动态全息显示技术. 其中包括两个方向: 一是利用空间光调制器衍射实现的三维图像再现, 如声光调制器、数字微反镜器件和液晶空间光调制器的使用; 二是对新型动态全息材料的探索与研究.

4.1 基于空间光调制器实现的动态全息显示

基于空间光调制器实现全息视频显示的成果不断被报道. 2004年, Qinetiq公司使用多个空间光调制器的方法实现了全息彩色视频, 显示尺寸为140 mm^[9]. 这一成果的另一项突破是数字全息技术与积分成像技术的结合应用. 2005年, Choi等^[10]将集成技术与数字全息立体显示系统相结合, 提高了数字全息显示系统的可视角度. 2013年, Xu等^[11]利用多空间光调制器拼接技术实现了较大尺寸的帧率为60 Hz的全视差全息三维显示, 图4所示为利用24台空间光调制器实现对角尺寸为10英寸的全息三维视频显示. 同年, Smalley等^[12]开发了一种基于各向异性泄漏模式调制器的全息视频显示器, 如图5所示, 该成果有效降低了数字全息三维显示的成本. 2014年, Sasaki等^[13]报道了基于16台空间光调制器实现对角尺寸为85 mm、水平视角为5.6°、刷新为20 fps的动态全视差全息三维显示, 如图6所示. 与Xu等^[11]采用空分复用技术实现彩色显示的做法不同, Sasaki等^[13]利用时分复用技术实现全息彩色显示. 为了实现大尺寸全息显示的目标, 基于空间光调制器的全息显示尺寸还应继续增大, 三维显示分辨率有待提高, 由于空间光调制器自身结构的特点, 这

些也是空间光调制器研究中遇到的最大问题, 有待解决.



图4 全彩色全视差全息再现图像^[11]

Fig. 4. Reconstructed full-color full-parallax three-dimensional holographic image^[11].

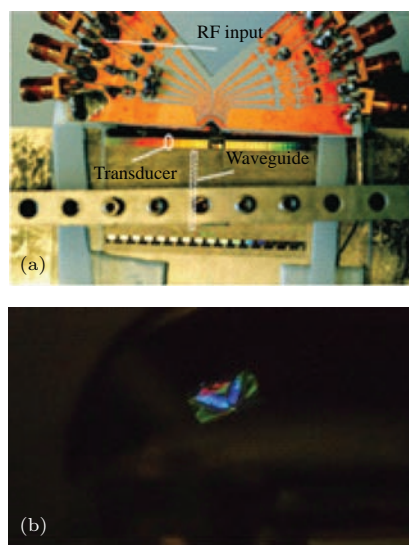


图5 (a) 各向异性的泄漏模式调制器; (b) 彩色全息图^[12]
Fig. 5. (a) Anisotropic waveguide modulator and (b) color holographic display^[12].

国内的学者也展开了利用空间光调制器实现全息三维视频显示的研究, 并取得一定进展. 清华大学荣彰等^[14]研究了利用数字微反射镜将傅里叶变换计算全息编码图记录到全息干板上. 北京理工大学Zhang等^[15]研究了基于纯相位调制硅基液晶的全息投影显示. 安徽大学刘凯峰等^[16]基于新型

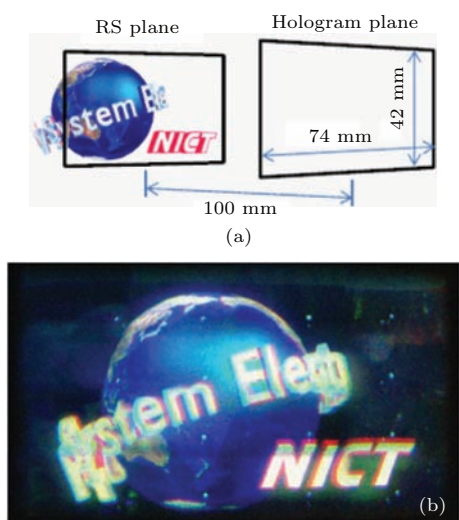


图6 (a)重建物像参数设计; (b)视频帧率的重建结果,地球中心在重建平面后27 mm处^[13]

Fig. 6. (a) Design values of the displayed objects and (b) reconstructed three-dimensional image at video rate. The centre of the earth is 27 mm behind the reconstruction plane^[13].

空间光调制器反射型硅基液晶进行全息光电再现. 沈川等^[17]分析了基于不同空间光调制器实现彩色全息的方法及系统. 上海大学郑华东等研究了真彩色三维物体的计算全息光电再现方法以及彩色全息显示中液晶空间光调制器相位调制偏差的矫正方法^[18-20],开发了基于视觉的手指与全息影像交互系统^[21],并取得较好的交互效果. 中国科学院光电研究院王皓等^[22]提出了一种扩大基于空间光调制器的计算全息再现像的方法. 四川大学唐文华等^[23]研究了基于空间光调制器的时分复用方法实现真彩色全息显示. 装甲兵工程学院梁浩聪等^[24]

研究了提高三维物体再现像质量的方法. 浙江师范大学王辉等^[25]探讨了计算全息三维显示的信息量简化问题,并取得一定成果.

4.2 基于全息材料实现的动态全息技术

对全息材料的研究是全息三维视频显示的另一个重要研究方向. 在这方面研究中,全息材料的可刷新速率、使用寿命、显示尺寸、分辨率、衍射效率等是实现全息三维视频显示非常重要的物理参数,而无法在全息材料中实现视频刷新一直是一个最大的技术瓶颈. 近年来,很多专家学者针对材料开展动态全息研究. 2002年,希腊科学家 Papazoglou等^[26]开发了一套利用光折变晶体实现动态全息显示的全息系统,再现像尺寸为1 mm. 然而,光折变晶体难以生长,从而导致大尺寸的全息显示无法实现. 2010年,《Nature》报道了美国 Blanche等^[27]在光折变聚合物中实现刷新时间为2 s的近实时动态全息显示成果,显示尺寸为4英寸×4英寸,如图7所示. 2012年,日本 Kinashi等^[28]报道了光折变聚合物材料中刷新时间为0.2 s的准实时动态(即刷新频率为5 Hz)全息显示结果,如图8所示. 同年, Ishii等^[29]利用光致变色材料作为全息介质实现动态全息刷新,如图9所示,但其全息图完全擦除时间需要上百毫秒,如图9(b)所示,实现视频刷新有图像拖尾等缺陷. 上述这些成果是动态全息显示研究近年最新的进展,但对于像全息电视这类要求实时更新全息图的显示系统,这些材料仍需要进一步提高.

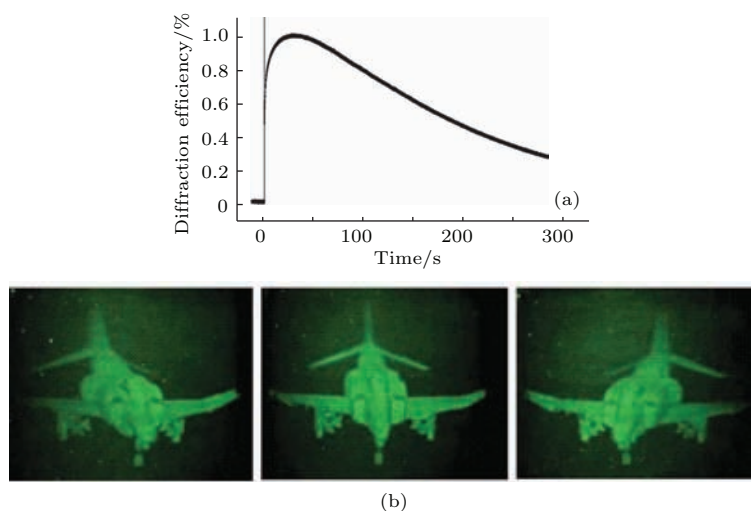


图7 (a)纳秒脉冲写入的动态全息衍射效率曲线; (b)拍摄的同一幅全息图左侧、正面和右侧照片^[27]

Fig. 7. Panel (a) is diffraction efficiency dynamics under single nanosecond pulse writing; panel (b) shows images from a hologram observed by the camera when pointed to the left, straight ahead, and to the right, respectively^[27].

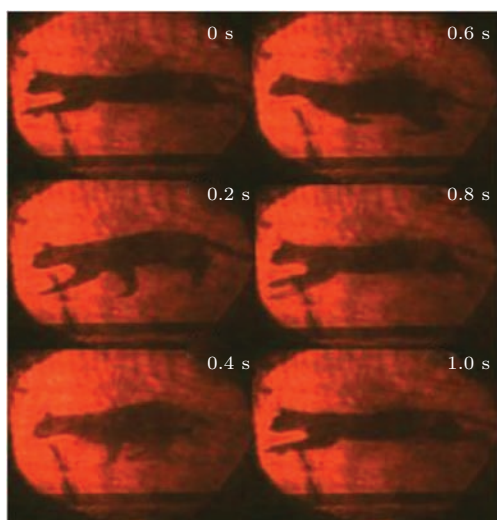


图8 光折变聚合物薄膜中的动态全息图像, 每0.2 s更新一幅图像 [28]

Fig. 8. Photographs showing dynamic holographic images via photorefractive polymeric composite film at 0.2 s intervals [28].

在动态全息介质的研究方面, 国内学者报道的成果比较少见. 上海大学高洪跃博士于2004年攻读博士期间利用超快液晶薄膜实现了全息响应时间在毫秒量级的实时动态全息显示, 突破了动态全息显示的技术瓶颈, 真正实现了无串扰的全息视频刷新 [30,31], 如图10和图11所示. 此全息液晶材料中全息图的建立和自擦除时间均在1 ms左右. 利用这种材料实现60 Hz全息视频显示(25 Hz及以上即为视频)时, 两幅全息图之间不会有任何串扰 [32,33]. 这一突破被美国麻省理工大学的Michael Bove教授评价为是“人类向全息视频显示迈进的重要一步”, 2012年, 此成果还被国际信息显示学会(Society for Information Display)评为国际显示领域11大亮点技术之一, 并在美国著名显示杂志《Information Display》上以封面文章和特刊形式报道. 这一成果为开发大尺寸、高分辨率、真三维全息视频显示器奠定了重要基础.

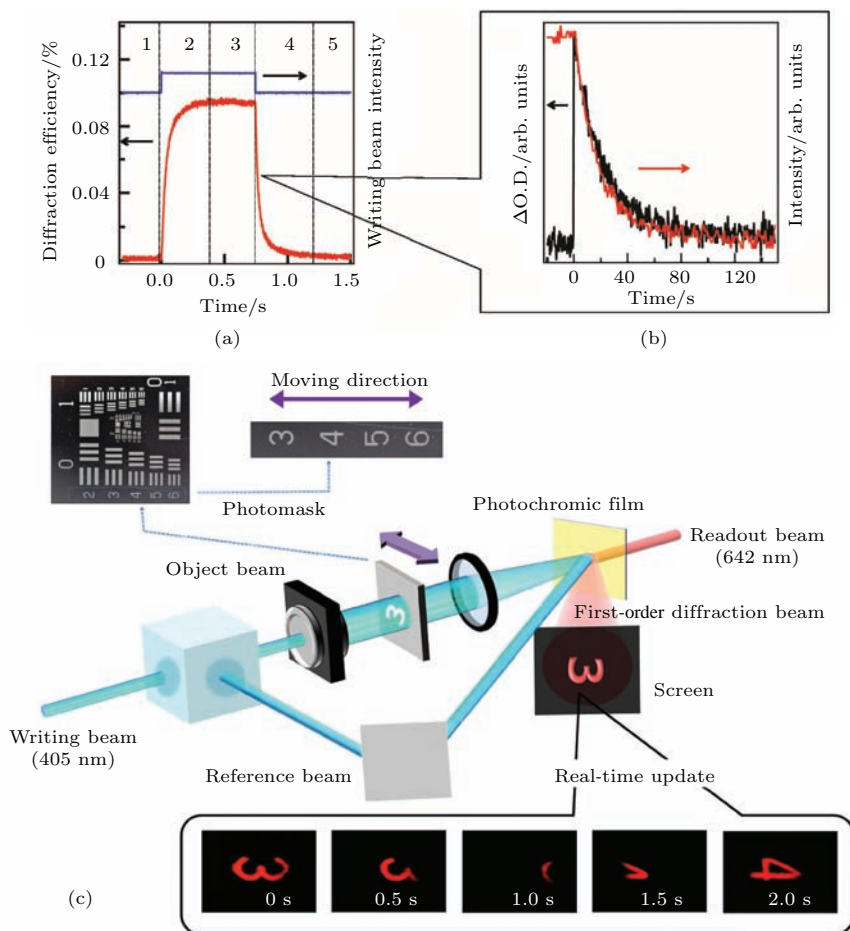


图9 (a) 衍射效率曲线; (b) 衍射光强延迟曲线(红色)和光致变色材料颜色延迟曲线(黑色); (c) 实验光路与实时全息显示二维图像 [29]

Fig. 9. (a) Real-time diffraction efficiency profiles for the first-order diffracted light; (b) decay profile of the first-order diffracted light intensity (red line) and that of the colored species of the photochromic polymer film (black line); (c) optical setup for the real-time holographic recording and the real-time development of the two-dimensional holographic images [29].

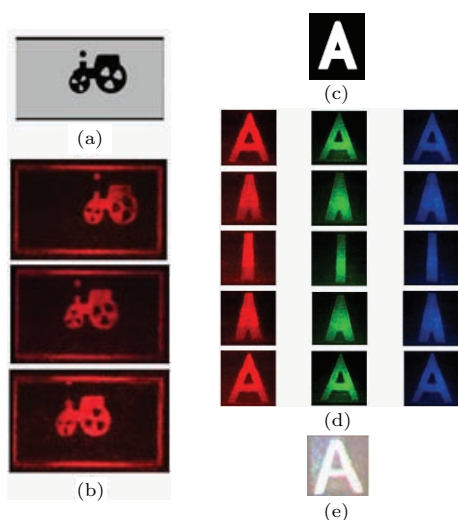


图 10 (a) 输入视频截图; (b) 超快液晶薄膜中全息衍射视频截图; (c) 入射视频截图; (d) R/G/B 单色全息视频图像; (e) RGB 模式彩色全息视频图像

Fig. 10. (a) Incident image on the computer screen; (b) snapshots from holographic video; (c) incident image on the computer screen; (d) snapshots from R/G/B holographic video displaying a moving image; (e) color holographic video.

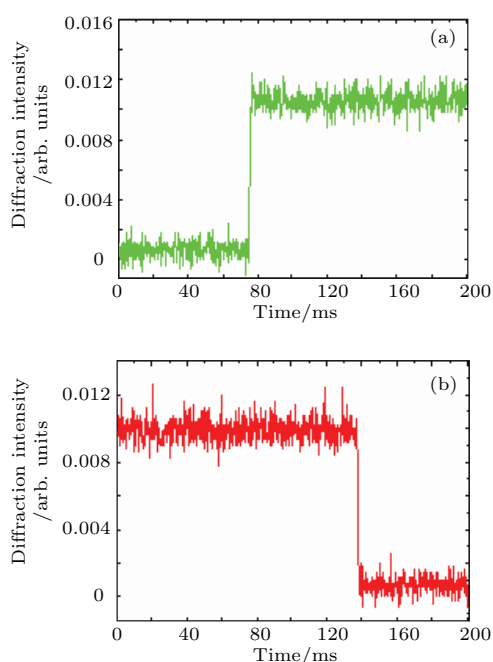


图 11 在超快速液晶膜全息图的 (a) 建立和 (b) 自擦除过程^[31]

Fig. 11. Panels (a) and (b) are the hologram formation and self-erasure processes in super-fast liquid crystal film, respectively^[31].

5 结论与展望

全息三维显示技术以其原理的优越性被认为是未来的终极显示技术. 目前, 静态的全息三维显

示技术已经比较成熟, 在某些方面得到了具体应用, 但由于制作成本等因素, 静态三维全息产品仍未得到大规模的应用. 动态全息三维显示一直处于研究阶段, 因其在视频三维显示中的巨大应用前景, 近年来引起了极大关注. 基于空间光调制器的动态数字全息显示受到器件本身及技术局限的影响, 要实现大尺寸、高分辨率和低成本的显示效果具有较大难度. 基于动态全息材料的光学全息显示技术受到全息材料性能的影响, 主要包括材料的响应速度、衍射效率及制作成本等. 光学全息被认为是最有望实现大尺寸、高清晰、全息真三维视频显示的技术. 其中, 全息材料的刷新速率又是决定材料能否实现全息视频显示的关键因素. 这一问题研究中, 我国率先在光学材料中实现了视频刷新全息显示, 证明中国在实时动态光学全息显示研究方面已经走在了世界前列. 目前, 国内外研究人员在动态全息显示领域取得了很大进展, 将会为实现全息显示技术的市场化这一愿景奠定良好的基础. 总之, 全息显示是一门集光学、计算科学、材料科学等交叉的技术, 各个方面是相互促进与制约的关系, 必须全面推进, 才能最终将全息显示技术市场化. 希望本文能有助于全息研究者掌握国内外最新的全息研究进展, 为全息研究工作提供参考.

参考文献

- [1] Benton S A, Bove Jr V M 2008 *Holographic Imaging* (New York: Wiley-InterScience) p5
- [2] Poon T C 2006 *Digital Holography and Three-Dimensional Display* (Berlin: Springer) p16
- [3] Pan Y, Xu X, Liang X, Lum Z A, Zheng R, Lwin P P M Y 2013 *Proc. SPIE* **8644** 86440F
- [4] Gao H Y, Pu H, Gao B, Yin D, Liu J, Gan F 2009 *Appl. Phys. Lett.* **95** 201105
- [5] Li J C, Tu H Y, Yeh W C, Gui J B, Cheng C J 2014 *Appl. Opt.* **53** G222
- [6] Gao H Y, Liu J C, Gan F, Ma B 2009 *Appl. Opt.* **48** 3014
- [7] Gao H Y, Zhou Z X 2007 *Proc. SPIE* **6595** 65950W
- [8] Ren X B, Zhai T R, Ren Z, Lin J, Zhou J, Liu D H 2009 *Acta Phys. Sin.* **58** 3208 (in Chinese) [任晓斌, 翟天瑞, 任芝, 林晶, 周静, 刘大禾 2009 物理学报 **58** 3208]
- [9] Stanley M, Smith M A G, Smith A P 2004 *Proc. SPIE* **5249** 297
- [10] Choi K, Kim J, Lim Y 2005 *Opt. Express* **13** 10494
- [11] Xu X W, Liang X N, Pan Y C, Zheng R T, Abel Lum Z M 2013 *Proc. SPIE* **8644** 864409
- [12] Smalley D E, Smithwick Q Y J, Bove Jr V M, Barabas J, Jolly S 2013 *Nature* **498** 313
- [13] Sasaki U, Yamamoto K, Wakunami K, Lchihashi Y, Oi R, Senoh T 2014 *Sci. Rep.* **4** 6177

- [14] Zhang R, Shu L, Yan H, Li T, Xu J 2010 *Semiconductor Optoelectron.* **31** 936 (in Chinese) [荣彰, 林舒, 黄严, 李滔, 徐晶 2010 半导体光电 **31** 936]
- [15] Zhang H, Xie J H, Liu J, Wang Y T 2009 *Chin. Opt. Lett.* **7** 1101
- [16] Liu K F, Shen C, Zhang C, Wei S 2014 *Acta Photon. Sin.* **43** 0509003 (in Chinese) [刘凯峰, 沈川, 张成, 韦穗 2014 光子学报 **43** 0509003]
- [17] Shen C, Wei S, Liu K F, Zhang F, Li H, Wang Y 2014 *Lasers Optoelectron. Prog.* **51** 030005 (in Chinese) [沈川, 韦穗, 刘凯峰, 张芬, 李浩, 王岳 2014 激光与光电子进展 **51** 030005]
- [18] Zheng H D, Yu Y J, Wang T, Dai L M 2009 *Chin. Opt. Lett.* **7** 1151
- [19] Zheng H D, Yu Y J, Dai L M, Wang T 2010 *Acta Phys. Sin.* **59** 6145 (in Chinese) [郑华东, 于瀛洁, 代林茂, 王涛 2010 物理学报 **59** 6145]
- [20] Yu Y J, Dai L M, Zheng H D, Wang T 2010 *Lasers Optoelectron. Prog.* **47** 100901 (in Chinese) [于瀛洁, 代林茂, 郑华东, 王涛 2010 激光与光电子进展 **47** 100901]
- [21] Yu Y J, Li Y L, Zheng H D 2009 *Electro-opt. technol. appl.* **24** 61 (in Chinese) [于瀛洁, 李雨浪, 郑华东 2009 光电技术应用 **24** 61]
- [22] Wang H, Bi Y, Li F, Qi Y 2013 *Chin. J. Lasers* **40** 0309001 (in Chinese) [王皓, 毕勇, 李芳, 亓岩 2013 中国激光 **40** 0309001]
- [23] Tang W H, Wang D, Wang J, Wang Q H 2014 *Optoelectron. Technol.* **34** 136 (in Chinese) [唐文华, 王迪, 王军, 王琼华 2014 光电子技术 **34** 136]
- [24] Liang H C, Jiang X Y, Niu S L, Yan X P, Zhao K 2014 *Opt. Tech.* **40** 230 (in Chinese) [梁浩聪, 蒋晓瑜, 牛树来, 闫兴鹏, 赵镡 2014 光学技术 **40** 230]
- [25] Wang H, Jin H Z, Wu D Y, Li Z G 2014 *Chin. J. Lasers* **41** 0209012 (in Chinese) [王辉, 金洪震, 毋东远, 李志光 2014 中国激光 **41** 0209012]
- [26] Papazoglou D G, Loulakis M, Siganakakis G, Vainos N A 2002 *Opt. Express* **10** 280
- [27] Blanche P A, Bablumian A, Voorakaranam R, Christenson C, Lin W, Gu T, Flores D, Wang P, Hsieh W Y, Kathaperumal M, Rachwal B, Siddiqui O, Thomas J, Norwood R A, Yamamoto M, Peyghambarian N 2010 *Nature* **468** 80
- [28] Kinashi K, Wang Y, Tsujimura S, Sakai W, Tsutsumi N 2012 *OSA Technical Digest JM3A.58*
- [29] Ishii N, Kato T, Abe J 2012 *Sci. Rep.* **2** 819
- [30] Gao H Y 2007 *Ph. D. Dissertation (Haerbing: Harbin Institute of Technology)* (in Chinese) [高洪跃 2007 博士学位论文(哈尔滨: 哈尔滨工业大学)]
- [31] Gao H Y, Li X, He Z, Su Y, Poon T C 2013 *J. Phys.: Conf. Ser.* **415** 012052
- [32] Gao H Y, Liu J C, Poon T C 2013 *OSA Technical Digest DTh2A.1*
- [33] Gao H Y, Liu J C, Poon T C 2013 *Society for Information Display Symposium Digest of Technical Papers* **44** 1321

SPECIAL ISSUE — Liquid crystal photonics and applications

Latest developments of dynamic holographic three-dimensional display*

Zeng Chao Gao Hong-Yue[†] Liu Ji-Cheng Yu Ying-Jie Yao Qiu-Xiang
Liu Pan Zheng Hua-Dong Zeng Zhen-Xiang

(Laboratory of Applied Optics and Metrology, Department of Precision Mechanical Engineering, School of Mechatronic Engineering and Automation, Shanghai University, Shanghai 200072, China)

(Received 9 March 2015; revised manuscript received 6 June 2015)

Abstract

Holographic three-dimensional (3D) display is a true 3D display technique, which can provide realistic image of a real object or a scene because holography has the ability to reconstruct both the intensity and phase information, i.e., the wave front of the object or scene. Therefore, it could allow the observers to perceive the light as it is scattered by the real object itself without any special eyewear, which is quite different from other 3D display techniques, such as stereoscopic displays and volumetric 3D displays. In this paper, the achievements and developments of the latest new holographic 3D displays are presented. Holographic 3D displays can be divided into static holographic 3D displays and dynamic holographic 3D displays. Here, we briefly introduce the principle of holographic 3D display technique and static holographic 3D displays, and focus on dynamic holographic 3D displays. Large-size, high-resolution and color static holographic 3D displays have already been successfully fabricated and applied in some areas, such as holographic 3D maps and holographic 3D images. However, dynamic holographic 3D displays based on both optical materials and spatial light modulators (SLMs) are still under research, which is a challenge to their applications. Some holographic researchers study the holographic 3D displays based on the SLMs for large-size and large view angle display, but it is difficult to realize them because of limitations of SLMs and there still needs much effort to solve these problems in SLMs. Other holographic researchers work on dynamic holographic materials, such as inorganic crystals, photorefractive polymer, photochromic material etc. The response time and diffraction efficiency are key factors to these materials. Compared with other holographic media, liquid crystals with super-fast response time (about 1 ms) have been reported, which makes it possible to realize video refresh-rate holographic displays. The achievements of dynamic holography, which are helpful for holographic 3D video applications, are presented. Recently, real-time dynamic holographic display has been obtained in super-fast response liquid crystal films, which makes it possible that large-size, high-definition, color holographic 3D video displays are developed by using these liquid crystal films in the future.

Keywords: holographic three-dimensional video display, super-fast liquid crystal film, real-time holographic display, true three-dimensional display

PACS: 42.40.Ht, 42.70.Ln, 42.40.-i

DOI: 10.7498/aps.64.124215

* Project supported by the National Natural Science Foundation of China (Grant Nos. 11474194, 11004037, 61101176) and the Natural Science Foundation of Shanghai, China (Grant No. 14ZR1415500).

[†] Corresponding author. E-mail: gaohylet@i.shu.edu.cn