

具有可变电控光栅常数的液晶光栅

黄 翀*, 欧阳艳东
(汕头大学理学院, 广东 汕头 515063)

摘要:针对现有液晶光栅器件存在的光栅常数不能变化、电极尖端放电、边缘效应等缺点,设计了一种可转换光栅常数的液晶光栅。通过控制不同导电区的通断电,使液晶光栅不同区域产生透光与不透光,实现光栅常数的转换;液晶光栅梳状电极端部的圆弧状设计,避免了尖端放电现象,减小了边缘效应的影响。以 He-Ne 激光为光源,用 WGD-8A 型组合式多功能光栅光谱仪对所设计的液晶光栅器件进行了测量,结果表明:通过控制导电区的变化实现了光栅常数的转变,在 2~3.4 V 电压驱动下,具有 3 种不同光栅常数的液晶光栅的 1 级衍射光强逐渐增强,且其衍射光强的差值不断增大,达到了预期设计目的。设计的液晶光栅在视差栅栏、光栅尺等方面有好的应用前景。

关键词:液晶光栅;光栅常数;电控常数;圆端梳状电极

中图分类号:TN141.9 文献标识码:A doi:10.3788/CO.20120503.0296

Liquid crystal grating with variable and electrically controlled constants

HUANG Chong*, OUYANG Yan-dong

(College of Science, Shantou University, Shantou 515063, China)

* Corresponding author, E-mail: yuhuang@stu.edu.cn

Abstract: A liquid crystal grating (LCG) with variable grating constants is designed to make up for the shortcomings of existing gratings, such as fixed grating constant, electrode tip discharge and the electrode edge effect, *et al.* As a bias is applied to different conducting regions by a control module, the local transmittance is variable and location dependent, which may achieve the transition of grating constant. In addition, the arc-shape design for honeycomb electrode can efficiently avoid the point discharge near the tip and can reduce right-angle shape effect on the deflection texture. The LCG is tested by a WGD-8A grating multi-function analyzer with a He-Ne laser as the light source. The experimental results indicate that the grating constant can be changed by the control module. With the driving voltages of 2–3.4 V, the first order diffractive intensities and their difference values of the liquid crystal grating with three different grating constants increase gradually. This type of LCG can be widely applied in many devices, such as parallax barriers and grating rulers, which

are significant for the application and development of LCGs.

Key words: liquid crystal grating; grating constant; electrically controlled constant; honeycomb electrode of round tip

1 引言

近年来,利用液晶材料制作光电转换器件的技术发展较快,液晶光栅作为这类光电转换器件之一,在光学计算处理、三维图像显示、光束控制、光处理器、空间光通信等诸多领域倍受青睐,具有广泛的应用前景^[1-6]。目前光栅器件的光栅常数不能变化,若用不同常数的光栅,就必须进行更换,这不但给工作带来很多不便,且易引进定位误差。例如,在用双光栅尺^[7-8]测量不同精度的物体时,就需要更换不同常数的光栅,这不仅会影响测量精度,也给测量带来不便^[9]。又如,视差栅栏式立体显示技术^[11-10]是通过光栅来实现立体显示的奇列像素和偶列像素分别通过光栅进入左眼和右眼,再结合左眼和右眼图像形成景深,实现立体显示。但由于光栅常数的不可控,该技术只能限制在某个特定范围内观看,无法进行灵活调整,影响了立体显示的效果。

现有液晶光栅的电极条纹端部是直角状的,直角处的电荷分布比较密集,形成了很强的电场^[3],使得直角附近的液晶分子排列受到影响,会出现尖端放电现象以及更明显的边缘效应^[4-5],从而降低液晶光栅的性能。针对这个问题,本文设计一种光栅电极,提高了液晶光栅的质量。

2 光栅电极设计

液晶光栅的玻璃基板上的透明电极(ITO)设计如图1所示^[11-12],图1(a)、(b)分别为液晶光栅的上、下电极层,上、下电极层中间夹设着液晶,阴影部分刻有ITO电极,每个条纹电极宽度相等,均为 a ,条纹状ITO之间的空白部分间距亦相等,均为 b ,空白部分没有设置ITO电极。如图所示,A、B导电区均为梳状电极,两梳状电极相互交叉形成栅状电极。同样C、D导电区两个梳状电极相互交叉形成栅状电极。上电极层和下电极层相互对应,呈镜像对称设计。

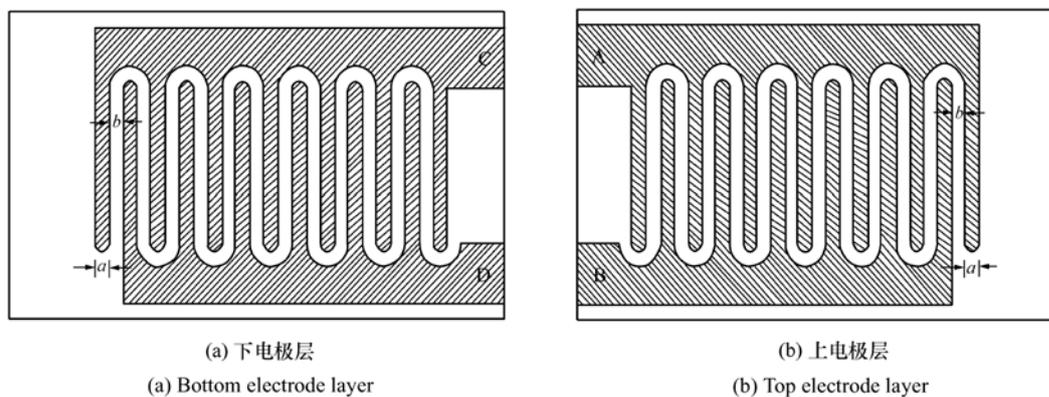


图1 新型液晶光栅电极图

Fig. 1 Schematic diagrams of electrodes of new type of liquid crystal grating

另一方面,如图1所示,梳状电极端部为圆弧状,这种设计能够避免直角状设计所带来的尖端放电现象,降低了电场边缘效应,提高了液晶光栅的性能。

3 工作原理

该新型液晶光栅的工作原理如图2(a)所示,

系统采用双掷开关和交流电源,当双掷开关处于断开状态时,将图1所示液晶光栅的上电极层 A 导电区和下电极层 C 导电区接通交流电源 V_{AC} , 液晶光栅的上电极层 A 导电区和下电极层 C 导电区之间形成电场,所夹设液晶层里的液晶分子的织构态和指向矢将发生改变。如图2(b)所示:液晶光栅的上下偏振片是互相平行的,上电极层 A 导电区和下电极层 C 导电区之间没有形成电场

的区域,液晶分子织构态和指向矢没有发生改变,垂直入射的光能够透过液晶光栅;而上电极层 A 导电区和下电极层 C 导电区之间形成了电场的区域,所夹设的液晶分子织构态和指向矢发生改变,则入射光不能通过。图2(a)中白色区域为透光部分,宽度为 b' , $b' = 3a$,不透光部分的阴影区域宽度为 a ,该液晶光栅此时的光栅常数为 d_1 , $d_1 = a + b' = a + 3a = 4a$ 。

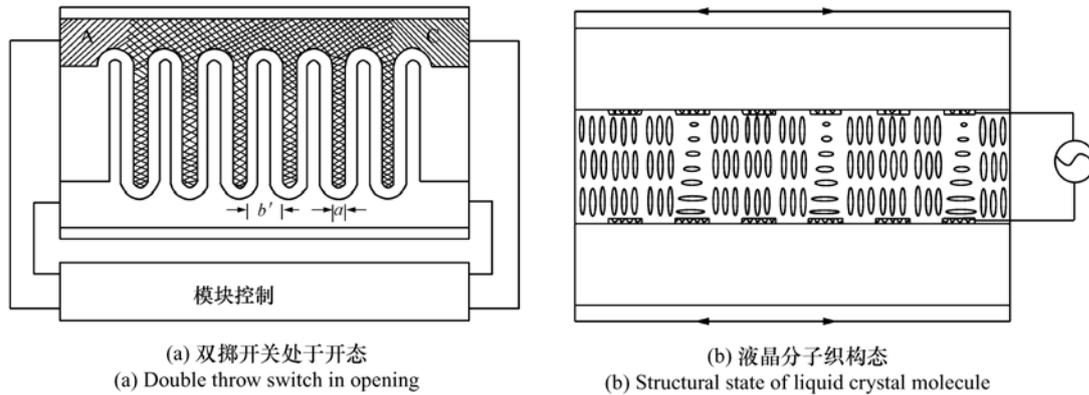


图2 新型液晶光栅原理图

Fig.2 Principle diagram of new type of liquid crystal grating

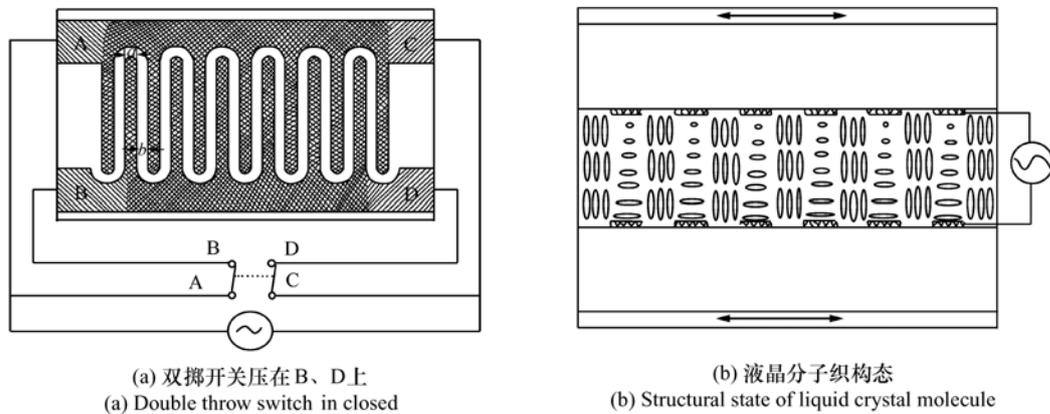


图3 电控常数可变的新型液晶光栅

Fig.3 New type of liquid crystal grating with variable and electronically controlled constants

如图3(a)所示,当双掷开关接通 B、D 时,将图1所示液晶光栅的上电极层 A 导电区和下电极层 C 导电区接通交流电源 V_{AC} , 液晶光栅的上电极层 B 导电区和下电极层 D 导电区接通交流电源 V_{BD} , 液晶光栅的上电极层 A、B 导电区和下电极层 C、D 导电区之间形成电场,所夹设液晶层

里的液晶分子织构态和指向矢发生改变。如图3(b)所示,液晶光栅的上下偏振片是互相平行的,在上电极层 A、B 导电区和下电极层 C、D 导电区之间形成电场之外的液晶分子织构态和指向矢没有发生改变,垂直入射的光能够透过液晶光栅;而 A、B 导电区和下电极层 C、D 导电区之间形

成电场的液晶分子织构态和指向矢发生改变,入射光将不能通过。图3(a)中白色区域为透光部分,宽度为 $b, b = a$,不透光部分的阴影区域宽度为 a ,则此时该液晶光栅的光栅常数为 $d_2, d_2 = a + b = a + a = 2a$ 。

因此,当接通交流电源,双掷开关断开时,液晶光栅的光栅常数为 $4a$,双掷开关接通 B、D 时,液晶光栅的光栅常数为 $2a$,这样就可以通过一个双掷开关控制液晶光栅上、下电极层中不同导电区的通断电来改变液晶光栅的光栅常数。

通过电路控制来改变液晶光栅的光栅常数是传统光栅所无法比拟的优点。以上只是在同一块光栅上实现了两种光栅常数的转换,下面对液晶光栅的电极进行重新设计以实现更多种光栅常数的转换。液晶光栅的上电极层和下电极层图形设计如图4所示,把上、下电极层的每一条电极条纹分别引出,再设计一个控制电路进行独立的控制,就可以在同一块光栅上实现更多种光栅常数的转换。

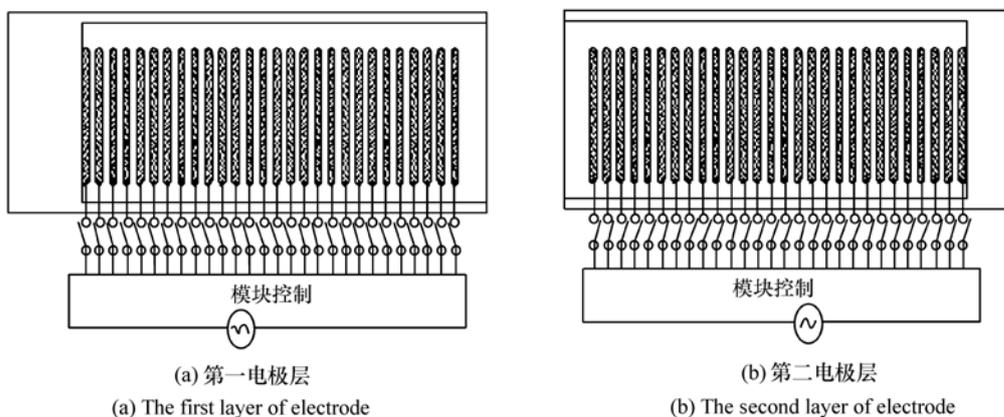


图4 电控多种常数的新型液晶光栅电极设计图

Fig. 4 Schematic diagrams of electrodes in new type of liquid crystal grating with different electronically-controlled constants

4 测量与分析

采用波长为 632.8 nm 的 He-Ne 激光作为光源,同时对液晶光栅施加频率为 100 Hz 的交流电,通过控制液晶光栅导电区,实现光栅常数的转变,并测出不同电压下不同光栅常数 1 级光斑衍射光强的变化情况,如图5所示。

由图5可知,在 $0 \sim 1.8\text{ V}$ 间,由于电压太低不足以驱动液晶分子的织构态发生变化,不同常数的液晶光栅的 1 级衍射光强保持不变。在 $1.8 \sim 2.0\text{ V}$ 处光强减小,这是由于液晶光栅电极之间的间隔很小,外加电场作用时在电极的边缘处存在边缘效应,实际电场作用区域不同于电极覆盖区域,使液晶光栅占空比发生改变,液晶光栅衍射效率也发生相应改变,从而影响液晶光栅的相位差分布和衍射效率等特性。在 $2 \sim 4\text{ V}$ 间,3

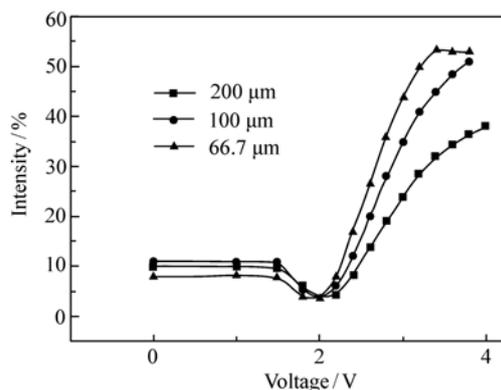


图5 不同光栅常数液晶光栅 1 级衍射光强比较
Fig. 5 The first order diffractive efficiency of liquid crystal grating with different grating constants

种不同光栅常数的液晶光栅的 1 级衍射光强逐渐增强,其中光栅常数为 $200\text{ }\mu\text{m}$ 的液晶光栅的光强最弱;光栅常数为 $66.7\text{ }\mu\text{m}$ 的液晶光栅的光强

最强;光栅常数为 100 μm 的液晶光栅的光强处在中间。而且在 2~3.4 V 间,3 种光栅常数的液晶光栅的 1 级衍射光强的差值不断增大,这是因为随着电压的增大,液晶分子偏转越来越多,衍射效果越来越明显,这与设计预期目的相吻合,说明通过控制液晶光栅导电区的通断电,能够实现液晶光栅常数的转变。

5 结 论

本文设计的具有可变电控光栅常数的新型液晶光栅能在同一块液晶光栅上实现不同光栅常数

的转换,既可以实现光栅常数的增加,又可以实现光栅常数的减少,一块液晶光栅可以起到多块光栅的作用,既节省了资源,也给工作带来了方便,使液晶光栅更广泛地应用于日常生活。当液晶光栅作为立体显示视差栅栏时,可电控改变视差栅栏光栅常数,进而扩大人眼观看立体显示的范围;在用于双光栅尺做高精度测量时,可以根据不同测量精度的需要自由切换光栅常数。此外,圆端梳状电极的设计,避免了直角状电极端产生的尖端放电现象,降低了电场边缘效应的影响,提高了光栅的质量。

参考文献:

- [1] 刘伟,尹涵春,夏军. 视差栅栏式立体显示器的三维空间发光特性研究[J]. 现代显示,2007(75):40-44.
LIU W, YIN H CH, XIA J. 3D optic characteristic research for stereoscopic display with parallax barrier[J]. *Adv. Display*, 2007(75):40-44. (in Chinese)
- [2] 寇志起,沈奕,李永忠,等. 中小尺寸自动立体显示器结构及视差栅栏设计的研究[J]. 现代显示,2007(71):40-45.
KOU ZH Q, SHEN Y, LI Y ZH, *et al.*. The research of design and structure for middle-small size autostereoscopic display [J]. *Adv. Display*, 2007(71):40-45. (in Chinese)
- [3] 岳晓萍,邢怀民. 静电平衡状态下的尖端放电机理[J]. 新乡师范高等专科学校学报,2001,15(2):70-71.
YUE X P, XING H M. Theory of point dischargy of current balanced condedor[J]. *J. Xinxiang Teachers College*, 2001, 15(2):70-71. (in Chinese)
- [4] 王俐,卢亚雄,黄子强,等. 电场边缘效应对液晶光栅特性的影响[J]. 液晶与显示,2007,22(1):61-64.
WANG L, LU Y X, HUANG Z Q, *et al.*. Influence of marginal effect of electric field on properties of liquid crystal grating [J]. *Chinese J. Liquid Crystals and Displays*, 2007, 22(1):61-64. (in Chinese)
- [5] GU L L, CHEN X N, JIANG W. Fringing field minimization in liquid crystal based high resolution switchable gratings[J]. *Appl. Phys. Lett.*, 2005, 87(20):2011061.
- [6] 黄翀,郭阳明,郑泽浩,等. 不同结构的电控双折射无刻痕光栅研究[J]. 光学与光电技术,2011,9(1):69-72.
HUANG CH, GUO Y M, ZHENG Z H, *et al.*. Study on different structure electrically controlled double refraction non-scratch diffraction grating[J]. *Optics & Optoelectronic Technology*, 2011, 9(1):69-72. (in Chinese)
- [7] 节德刚,刘延杰,孙立宁,等. 基于双光栅尺的高速高精度位移测量方法[J]. 光学精密工程,2007,15(7):1077-1083.
JIE D G, LIU Y J, SUN L N, *et al.*. A high speed and high precision displacement measurement method using double grating scales[J]. *Opt. Precision Eng.*, 2007, 15(7):1077-1083. (in Chinese)
- [8] 许良元. 光栅莫尔条纹在机床数控改造中的应用研究[J]. 光学与光电技术,2008,6(4):60-62.
XU L Y. Moire fringe of gratings and its application in lathe numerical controlling transformation[J]. *Optics Optoelectronic Technology*, 2008, 6(4):60-62. (in Chinese)
- [9] 刘洪兴,张巍,巩岩. 光栅参数测量技术研究进展[J]. 中国光学,2011,4(2):103-110.
LIU H X, ZHANG W, GONG Y. Progress in grating parameter measurement technology[J]. *Chinese Opt.*, 2011, 4(2):103-110. (in Chinese)
- [10] 王元庆. 光栅式自由立体显示器光学构成的理论研究[J]. 现代显示,2003,3(37):29-32.
WANG Y Q. Research on the optical principle auto-stereo display base on grid[J]. *Adv. Display*, 2003, 3(37):29-32. (in Chinese)

- [11] 马骥,刘永刚,阮圣平,等. 光刻法制备聚合物/液晶光栅[J]. 功能材料与器件学报,2003,9(3):309-311.
MA J,LIU Y G,RUAN SH P,*et al.*. Preparing polymer/liquid crystal grating by photolithography[J]. *J. Functional Materials and Devices*,2003,9(3):309-311. (in Chinese)
- [12] SUK W C,SHIN M,YOICHI T,*et al.*. Electrically tunable binary liquid crystal grating device consisting of homeotropic monodomain and non-aligned multidomain geometry[J]. *Org. Electronics*,2006,7:295-299.

作者简介:黄 翀(1960—),男,广东人,副教授,主要从事光电材料与器件方面的研究。E-mail:yuhuang@stu.edu.cn

《发 光 学 报》

—EI 核心期刊 (物理学类;无线电电子学、电信技术类)

《发光学报》是中国物理学会发光分会与中国科学院长春光学精密机械与物理研究所共同主办的中国物理学会发光分会的学术会刊。该刊是以发光学、凝聚态物质中的激发过程为专业方向的综合性学术刊物。

《发光学报》于1980年创刊,曾于1992年,1996年,2000年和2004年连续四次被《中文核心期刊要目总览》评为“物理学类核心期刊”,并于2000年同时被评为“无线电电子学、电信技术类核心期刊”。2000年获中国科学院优秀期刊二等奖。现已被《中国学术期刊(光盘版)》、《中国期刊网》和“万方数据资源系统”等列为源期刊。英国《科学文摘》(SA)自1999年;美国《化学文摘》(CA)和俄罗斯《文摘杂志》(AJ)自2000年;美国《剑桥科学文摘社网站》自2002年;日本《科技文献速报》(CBST, JICST)自2003年已定期收录检索该刊论文;2008年被荷兰“Elsevier Bibliographic Databases”确定为源期刊;2010年被美国“EI”确定为源期刊。2001年在国家科技部组织的“中国期刊方阵”的评定中,《发光学报》被评为“双效期刊”。2002年获中国科学院2001~2002年度科学出版基金“择重”资助。2004年被选入《中国知识资源总库·中国科技精品库》。本刊内容丰富、信息量大,主要反映本学科专业领域的科研和技术成就,及时报道国内外的学术动态,开展学术讨论和交流,为提高我国该学科的学术水平服务。

《发光学报》自2011年改为月刊,A4开本,144页,国内外公开发行。国内定价:40元,全年480元,全国各地邮局均可订阅。《发光学报》欢迎广大作者、读者广为利用,踊跃投稿。

地 址:长春市东南湖大路3888号
《发光学报》编辑部

邮 编:130033

电 话:(0431)86176862,84613407

E-mail:fgxbt@126.com

国内统一刊号:CN 22-1116/04

国际标准刊号:ISSN 1000-7032

国内邮发代号:12-312

国外发行代号:4863BM

http://www.fgxb.org