文章编号　1674-2915(2012)01-0012-08

# 液晶自适应光学的研究进展

曹召良[1*]，李小平[2]，宣　丽[1]，穆全全[1]，胡立发[1]，彭增辉[1]，刘永刚[1]，姚丽双[1]
([1]中国科学院 长春光学精密机械与物理研究所 应用光学国家重点实验室，吉林 长春 130033;
[2]济源市教师进修学校 物理教研组，河南 济源 454650)

**摘要:** 概述了中科院长春光学精密机械与物理研究所(长春光机所)在液晶自适应光学方面的研究进展。针对液晶自适应光学技术存在的能量利用率低和校正频率慢的两大国际难题，液晶自适应光学研究组采取了一系列有效措施，不但攻克了能量利用率低的难题，且在校正频率方面也取得了质的飞跃。目前，系统能量利用率已从最初的 5% 提高到 85%，基本和变形镜自适应光学系统的能量利用率相当; 校正频率也从 5 Hz 提高到 140 Hz，接近了校正大气湍流的实用化水平。利用该研究成果，分别研制了针对中科院国家天文台 2.16 m 望远镜和长春光机所 1.2 m 望远镜的液晶自适应光学系统并对恒星进行了有效校正，使1.2 m望远镜对恒星的分辨能力提高至约 3 倍衍射极限。

**关　键　词:** 自适应光学; 液晶波前校正器; 校正频率; 大气湍流
**中图分类号:** TH74; O439　　**文献标识码:** A　　doi: 10.3788/CO.20120501.0012

# Recent progress in liquid crystal adaptive optical techniques

CAO Zhao-liang[1*], Li Xiao-ping[2], XUAN Li[1], MU Quan-quan[1], HU Li-fa[1],
PENG Zeng-hui[1], LIU Yong-gang[1], YAO Li-shuang[1]

(1. *State Key Laboratory of Applied Optics, Changchun Institute of Optics, Fine Mechanics and Physics, Chinese Academy of Sciences, Changchun* 130033, *China*;
2. *Physics Research Group, Jiyuan City Teachers Training School, Jiyuan* 454650, *China*)
* *Corresponding author, E-mail: caozlok@ciomp.ac.cn*

**Abstract:** Advances in Liquid Crystal Adaptive Optical Systems (LC AOS) are described for Changchun Institute of Optics, Fine Mechanics and Physics, Chinese Academy of Sciences (CIOMP, CAS) in this paper. For two bottlenecks of low energy utilization ratio and slow correction frequency in LC AOS problems, a series of effective methods are presented by the LC AOS working group. The low energy utilization ratio has been improved from 5% to 85%, which is similar to that of the deformable mirror based AOSs. Furthermore, the correction frequency of the LC AOS is also greatly improved from 5 Hz to 140 Hz, which is closed to the ability

**收稿日期:** 2011-10-19; **修订日期:** 2011-10-25
**基金项目:** 国家自然科学基金重点资助项目(No. 60578035)

of correction for atmospheric turbulence. According to these research results, two LC AOSs which correspond to a 2.16 meter Telescope( located at Xinglong Station of Beijing Astronomical Observatory) and a 1.2 meter telescope( located at CIOMP, CAS) are designed to correct the stars. Obtained results show that the resolution ability of the star for the 1.2 meter telescope is up to 3 times of the diffraction limitation.

**Key words:** adaptive optics; liquid crystal wavefront corrector; correction frequency; atmospheric turbulence

## 1　引　言

液晶自适应光学技术由于具备校正单元数多、价格低廉、制作容易、结构小巧等优势而备受关注,该技术的发展有望进一步推进自适应技术的发展和应用。液晶在光位相调制和波前校正方面的研究最早在前苏联展开。1979 年,A. A. Vasil´ev 等人研究了液晶空间光调制器的位相调制特性[1],并在 1983 年详细报道了液晶空间光调制器的应用前景[2]。1986 年,他们制作了 16 单元的电寻址液晶波前校正器,并实现了对一维畸变波前的校正[3]。1989 年,开始用于波前校正[4]。随后,液晶波前校正器的应用研究蓬勃发展。

1995 年,美国新墨西哥州立大学用液晶电视屏构成的偏振单色光液晶自适应光学系统雏形观察到了自适应校正效果[5],随后,开始了液晶自适应光学系统在大气湍流中的波面校正[6-8]和人眼视网膜成像校正[9-11]的探索研究。

在液晶自适应光学技术的研究中,最为关键的是液晶波前校正器的研究,液晶波前校正器存在的一些问题制约了其在自适应光学中的应用。起初,遇到的问题是校正量小,只有 1 μm 左右,而自适应光学系统通常要求校正量在 5 μm 以上。为了解决该问题,人们根据衍射光学的原理,提出 Phase Wrapping 方法,扩大液晶波前校正器的校正量至 10 μm 左右[12-13],满足了地基望远镜的波前校正量需求。

液晶波前校正器的另一个关键问题是光能量利用率低。由于液晶只能对线偏振光进行校正,而一般的观测目标都是非偏振或者部分偏振光,因此需要利用偏振片产生偏振光,但这导致接近一半的能量损失。针对该问题,G D Love 提出在液晶层后放置四分之一波片和反射镜使反射光中所有偏振方向的光波都相对入射光旋转 90°,从而使所有偏振方向的光程在一个液晶像素中都相等,实现对非偏振光的校正[14]。Meadowlark Optics公司根据该原理制作出了可以校正非偏振光的反射式液晶波前校正器[15],但这种方法使液晶波前校正器的校正波长减小了一半,色散问题更加严重,并且对垂直入射的条件要求很苛刻,使其应用更受限制,更重要的是液晶层后加入四分之一波片使驱动电压大大增高,现有的液晶器件集成电路工艺无法使用,液晶校正器的高像素密度优势丢失。后来 G D Love 又提出在一个液晶盒里灌注两层正交排列的液晶层来校正非偏振光[16],这种校正器基本解决了驱动电压问题,但前面两个问题仍存在。

液晶校正器还存在响应速度慢、校正频率低的问题。其刷新频率一般在几十赫兹,而望远镜自适应系统要求校正器的速度为千赫兹,因此液晶校正器很难实用。为了获得高响应速度,铁电液晶和双频液晶开始被考虑为校正器的液晶材料[17-19],其中双频液晶更被看好。美国应用技术协会与空军实验室联合对双频液晶波前校正进行了系列的研究工作,并将其成功应用在 400 km 轨道上的国际空间站观测,这是迄今为止最成功的液晶自适应光学系统应用实例[20]。该系统虽然使液晶响应速度得到实质性提高,但双频液晶的驱动电压还较高,不能与大规模集成电路匹配,使像素数受限,所以做成的自适应系统只有 91 像素。近两年,美国在集成电路技术上又取得了重要进步,D Gu等研制出大于 500 Hz、812 像素双频液晶波前校正器[18];美国 BNS 公司报道了 1 000 Hz、256 pixel × 256 pixel 的双频液晶空间光调制器[21],但这种高电压集成电路新技术目前还未公开。

国内关于液晶自适应光学的研究起步较晚,北京理工大学在 1999 年探讨了液晶空间光调制器在自适应光学中应用的可能性[22];2005 年报

道了静态波前畸变校正实验[23]，校正前波前畸变的峰谷(PV)和均方根(RMS)值分别为0.308λ和0.062λ(λ表示波长)，校正后达到0.254λ和0.036λ。

中科院长春光机所从2001年开始从事液晶自适应光学技术的研究工作，经过近十年的努力，解决了液晶自适应光学存在的技术瓶颈，已经取得了一系列成果，走在了国际前列。本文重点介绍长春光机所在液晶自适应光学方面的研究进展。

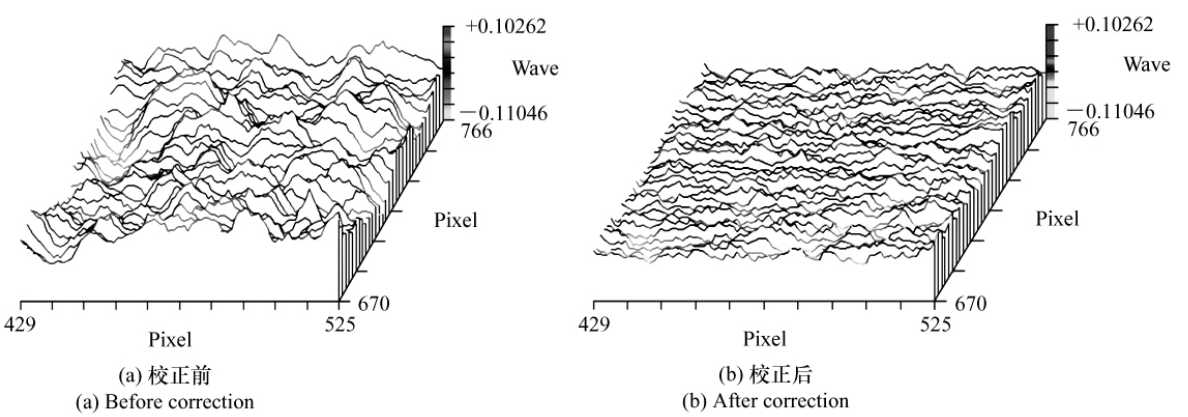
## 2 透射式液晶波前校正器的研制

2003年，长春光机所与吉林彩晶数码公司合作，联合研制640 pixel×480 pixel的透射式液晶波前校正器。利用吉林彩晶数码公司的薄膜晶体管(TFT)彩色液晶显示器生产线，采用生产线上的基板材料、各种镀膜材料和封装材料，制作了平行排列液晶器件。

为了获得平行排列的纯位相调制器件，首先去除基板上彩膜。把带有黑矩阵和三基色彩膜的玻璃基板，在优级纯的浓硫酸中浸泡后，放入去离子水中超声清洗，反复重复这个操作，直至将彩膜清洗干净而黑矩阵完整无损；然后，真空烘干，把这个基板重新镀制氧化铟锡(ITO)透明导电膜。在另一洁净的玻璃基板上镀制ITO透明导电膜，然后制作视频图形阵列(VGA)型TFT阵列，单元TFT所占面积为25 μm×55 μm，TFT阵列对角线尺寸为26.4 cm(10.4 in)，像素数为1 920×480均可独立控制，像素单元面积为85 μm×285 μm，像素间距为15 μm。

最后去除基板上的偏振片，并把原来的扭曲排列改为平行排列。具体步骤：分别在两块基板的TFT侧和ITO透明导电膜侧印刷聚酰亚胺(PI)膜，进行热处理后，在两基板的聚酰亚胺膜一面进行摩擦处理，并使形成液晶屏的上下基板的摩擦方向互为反平行。在镀有黑矩阵的基板上喷洒φ5 μm的玻璃球隔垫物，并使两基板上的摩擦方向互为反平行；然后平压两片基板，使胶框固化，形成液晶屏。向屏中注入所购液晶(RDP-92975，日本油墨公司)，封口，完成液晶波前校正器的制作。

利用研制的液晶波前校正器进行了位相调制量测量和波前校正实验。结果显示，位相调制量可达0.96λ(λ=633 nm)，满足Phase Wrapping方法的使用条件，因此可以获得远大于一个波长的位相调制量。利用该波前校正器在ZYGO干涉仪上进行了静态波前像差的校正实验。校正后，波前的PV和RMS值分别从0.213λ和0.036λ减小到0.070λ和0.01λ[24]。图1是校正前后波前的位相分布。




(a) 校正前
(a) Before correction

(b) 校正后
(b) After correction

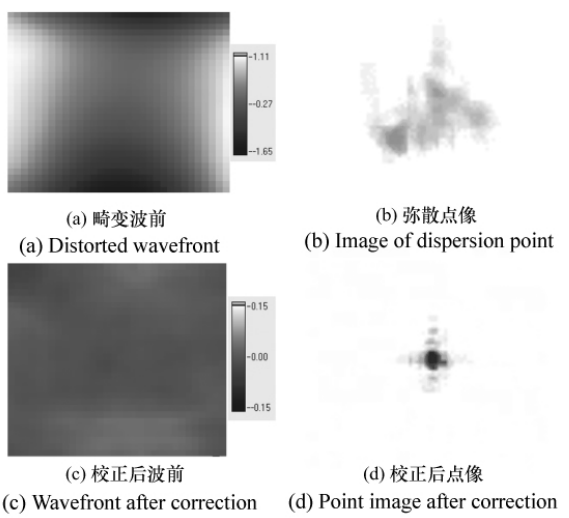
图1 波前位相分布

Fig. 1 Distribution of wavefront phase

## 3　液晶自适应校正实验验证

### 3.1　静态校正

由于透射液晶校正器存在体积庞大、操作不便等缺点，因此改用 TN 型反射式液晶校正器(LCOS)，它采用大规模集成电路技术，每个像素只有 19 μm。面积为 15 mm×20 mm，液晶校正器像素为 1 024×768。利用该校正器和哈特曼波前探测器组成液晶自适应系统，并在 2005 年首先进行静态畸变的校正实验。校正前后波前位相和点目标的成像变化如图 2 所示。经过闭环校正，畸变波前的 PV 和 RMS 值分别从 2.7λ 和 0.6λ 降低到 0.08λ 和 0.015λ。校正后，点目标的像从弥散斑变为近乎完美的矩形光阑的点衍射图像，说明该套液晶自适应系统可以获得高校正精度。校正后系统的斯特列尔比提高到 0.99[25]。




(a) 畸变波前
(a) Distorted wavefront

(b) 弥散点像
(b) Image of dispersion point

(c) 校正后波前
(c) Wavefront after correction

(d) 校正后点像
(d) Point image after correction

图 2　静态校正前后的波前和成像

Fig. 2　Wavefront and image for static correction

### 3.2　500 m 水平湍流校正

基于 TN 型液晶校正器的液晶自适应系统虽然实现了对静态畸变的高精度校正，但校正频率太低，只有 5 Hz，无法应用于大气湍流的校正实验。为此，从自适应系统的哈特曼探测器的探测频率、液晶校正器的响应时间、波前重构的计算时间 3 方面入手，研究了提高校正频率的方法，最终获得校正频率为 50 Hz 的液晶自适应光学系统。同时校正器也更换为响应速度更快的纯位相液晶校正器。利用该套液晶自适应系统，进行了 500 m水平湍流的校正实验[26]。

实验外场光路如图 3 所示，将发射白光的光纤束放置在距实验室 500 m，与实验室高度大致相当的另一个楼房的房间，利用光纤束和一个球面反射镜形成平行光来模拟无限远发光的物体。球面镜的口径为 235 mm、焦距为 500 mm，光纤束直径为 1 mm。实验室为接收端，设置一个口径为 250 mm、焦距为4.5 m的望远镜，光纤束的光经望远镜缩束后进入液晶自适应光学系统。经液晶自适应光学系统校正后，光纤束的每一个纤芯都能够分辨，如图 4 所示，说明能够有效校正水平湍流。

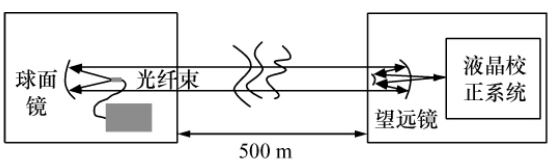
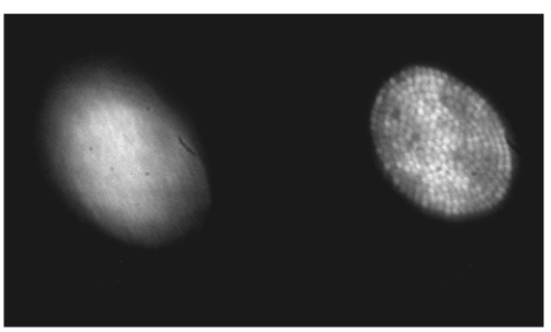



图 3　500 m 水平湍流校正实验光路

Fig. 3　Optical layout for correction of 500 m horizontal turbulence



(a) 校正前
(a) Before correction

(b) 校正后
(b) After correction

图 4　光纤束的像

Fig. 4　Image of fiber bundle

## 4　2.16 m 望远镜的液晶自适应光学系统

### 4.1　50 Hz 的液晶自适应系统

依据上述 50 Hz 液晶自适应系统，针对 2.16 m望远镜进行了对接方案和系统设计，并于 2008 年 3 月在中科院国家天文台兴隆观测基地

进行了垂直大气湍流层的校正实验[27]。该望远镜具备库德光路，因此为了操作方便，液晶自适应光学系统放置在库德房中。图5是液晶自适应光学系统实物图。

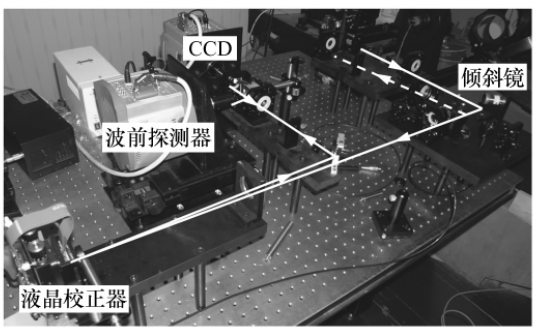



图5 2.16 m望远镜的液晶自适应光学系统

Fig. 5 Liquid crystal adaptive optical system for 2.16 m telescope

由于是首次进行垂直大气湍流的校正实验，选取了当时比较亮的恒星，双子座中的亮星北河三($\beta$ Gem)作为观测对象，视星等为1.14，张角约为0.004″。校正前后系统对$\beta$ Gem星所成的像如图6所示，成像曝光时间为2 ms。校正前，受到大气湍流的干扰，所成的像为一个大的弥散斑，光能量分布比较杂乱且能量较低；经过液晶自适应光学系统的校正，能量明显集中且形成一个尖峰，峰值光强比校正前提高1倍，光斑也明显变小。成像结果表明，经过液晶自适应光学系统的校正，虽然残差较大，但是光能明显集中，说明所用液晶自适应系统具备一定校正效果。不过由于校正频率太低，校正成像效果极不稳定。

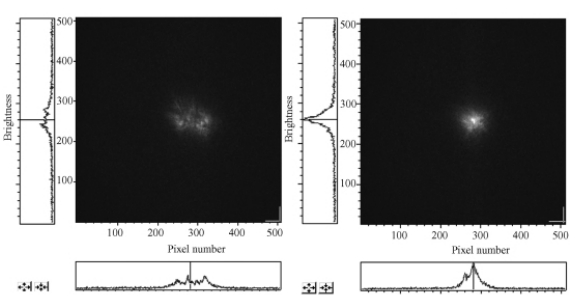



图6 液晶自适应系统对$\beta$ Gem星的校正成像

Fig. 6 Image of $\beta$ Gem in liquid crystal adaptive system

### 4.2 100 Hz的液晶自适应系统

针对液晶自适应系统校正频率慢、不能满足大气湍流校正的缺点，课题组对其进行了一系列改进。改进液晶校正器的电子学接口，加快了数据传输速度；提升液晶的响应速度，缩短了液晶校正器的响应时间；优化了波前重构方法，缩短重构时间。改进后，系统的闭环校正频率接近100 Hz，开环控制下的校正频率达到200 Hz。

利用改进的液晶自适应系统，2010年4月再次在2.16 m望远镜上进行了恒星自适应校正实验[28]。观测目标为牧夫座大角星($\alpha$ Boo)，视星等约为0等。由于校正频率的大幅提高，校正取得了显著的效果，在开环控制校正下星点像由原来的弥散状态迅速集中于一点且可以保持长时间的稳定。校正前后的星点像的三维光强分布如图7所示，可以看出，校正后能量明显集中。对校正前后星点像进行测量可以得出，校正之后星点亮度的半高全宽(FWHM)减小为原来的1/3，由星点FWHM宽度计算得到的大气相干长度由校正前的7 cm增加到校正后的21 cm。

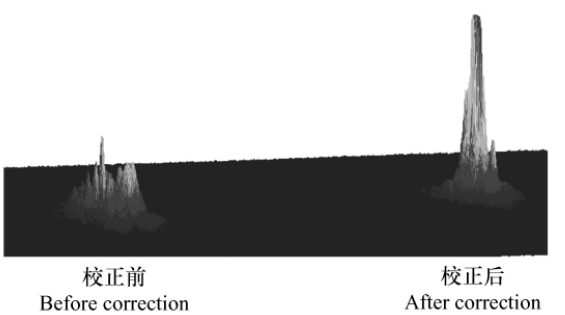



图7 校正前后星点像的三维光强分布

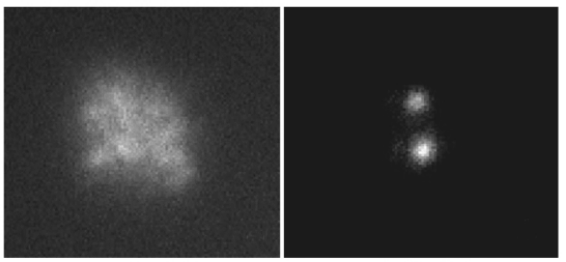
Fig. 7 Three dimension intensity distribution of star images before and after corrections

## 5 1.2 m望远镜液晶自适应光学系统

针对长春光机所的1.2 m望远镜，设计匹配了液晶自适应光学系统，以观测空中目标。进一步改进了关键计算部件GPU，利用自行研制的液晶材料再次提高了液晶校正器的响应速度，最终使得液晶自适应系统的校正频率可达140 Hz。根据这套新的液晶自适应系统，研发了与1.2 m望

远镜匹配的液晶波前校正系统。

2010 年 10 月在长春光机所园区的 1.2 m 望远镜上进行了自适应校正实验。校正前,首先对大气湍流进行了测量,大气相干长度约为 8 ~ 9 cm,Greenwood 频率约为 45 Hz。然后对双星 ζ Aqr 进行了自适应校正观测,其视星等分别为 4.3 和 4.5,两星角间距为 1.7″。自适应校正前后双星的像如图 8 所示,可以看出,经过校正,原本模糊一片的像变成了两个点像,清晰分辨出了双星。图 9 是校正前后双星像的光强变化情况,点是测量结果,实线是高斯曲线拟合结果。根据拟合结果,经过自适应校正,FWHM 提高了 4 倍,同时峰值能量也提高了 4.5 倍。但是校正后,系统的分辨率约为 3 倍衍射极限,说明还不能够完全应对该强度的湍流。

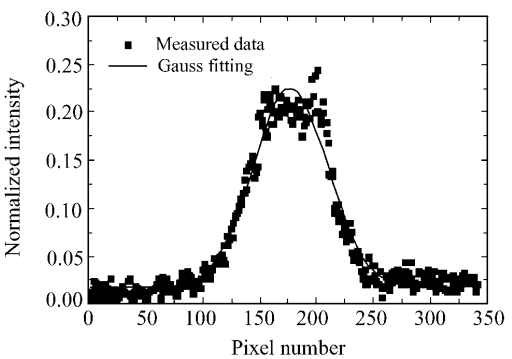


(a) 校正前
(a) Before correction

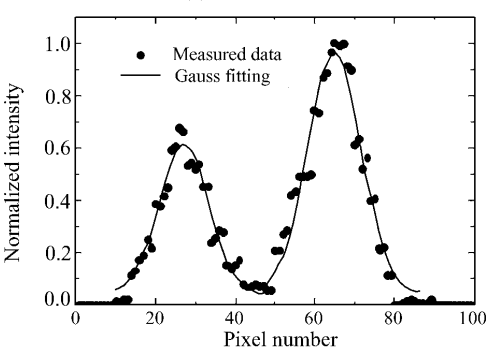
(b) 校正后
(b) After correction

图 8　双星的像

Fig. 8　Image of double star




(a) 校正前
(a) Before correction




(b) 校正后
(b) After correction

图 9　双星像的光强分布

Fig. 9　Intensity distribution of double star

## 6　结　论

本文概述了长春光机所的液晶自适应光学系统研究进展。长春光机所的液晶自适应光学研究组针对液晶自适应光学技术存在的能量利用率低和校正频率慢的两大国际难题,从 2001 年开始,持续进行研究约 10 年,攻克了能量利用率低的难题,且在校正频率方面也取得了质的飞跃。经过一系列研究,使能量利用率从最初的 5% 提高到 85%,基本和变形镜自适应系统相当。液晶自适应系统的校正频率从最初的 5 Hz 提高到 140 Hz,接近了校正大气湍流的实用化水平。该研究成果分别应用到了中科院国家天文台的 2.16 m 望远镜和长春光机所的 1.2 m 望远镜上,实现了对恒星的有效校正,最终获得了 1.2 m 望远镜的约 3 倍衍射极限的星点像。该研究成果在液晶自适应光学领域走在了世界的前列。

下一步的研究工作主要集中在液晶自适应系统的校正频率方面。通过对哈特曼探测器、波前数据处理、数据传输和液晶波前校正器的延时进一步改进,有望使液晶自适应系统的校正频率达 300 Hz,满足对大气湍流的实时校正。

## 参考文献:

[1]　VASIL´EV A A,ZHINDUILS A I,KOMPANETS I N,*et al*.. Optically controlled transparency in the form of a ferroelectric ceramic-photoconductor structure [J]. *Sov. J. Quantum. Elec.*,1979,9(6):757-761.

[2] VASIL´EV A A, KOMPANETS I N, PARFENOV A V. Progress in the development and applications of optically controlled liquid crystal spatial light modulators(review) [J]. *Sov. J. Quantum. Elec.*, 1983, 13(6): 689-695.

[3] VASIL´EV A A, NAUMOV A F, SCHMAL´GAUZEN V I. Wavefront correction by liquid crystal; devices [J]. *Sov. J. Quantum. Elec.*, 1986, 16(4): 471-474.

[4] VASIL´EV A A, VORONTSOV M A, KORYABIN A V, *et al.*. Computer controlled wavefront corrector [J]. *Sov. J. Quantum Elec.*, 1989, 19(3): 395-398.

[5] DOU R, GILES M K. Closed-loop adaptive-optics system with a liquid-cristal television as a phase retarder [J]. *Opt. Lett.*, 1995, 20(14): 1583-1585.

[6] BIRCH P M, GOURLAR J, LOVE G D, *et al.*. Real-time optical aberration correction with a ferroelectric liquid-crystal spatial light modulator [J]. *Appl. Opt.*, 1998, 37(11): 2164-2169.

[7] NEIL M A A, BOOTH M J, WILSON T. Closed-loop aberration correction by use of a modal Zernike wave-front sensor [J]. *Opt. Lett.*, 2000, 25(15): 1083-1085.

[8] MU Q Q, CAO ZH L, HU L F, *et al.*. Adaptive optics imaging system based on a high-resolution liquid crystal on silicon device [J]. *Opt. Express*, 2006, 14(18): 8013-8018.

[9] PRIETO P, FERN NDEZ E, MANZANERA S, *et al.*. Adaptive optics with a programmable phase modulator: applications in the human eye [J]. *Opt. Express*, 2004, 12(17): 4059-4071.

[10] VARGAS-MARTIN F, PRIETO P, ARTAL P. Correction of the aberrations in the human eye with liquid crystal spatial light modulators: limits to the performance [J]. *J. Opt. Soc. Am. A.*, 1998, 15(9): 2552-2562.

[11] MU Q Q, CAO ZH L, LI D Y, *et al.*. Liquid crystal based adaptive optics system to compensate both low and high order aberrations in model eye [J]. *Opt. Express*, 2007, 15(4): 1946-1953.

[12] THIBOS L N, BRADLEY A. Use of liquid-crystal adaptive-optics to alter the refractive state of the eye [J]. *Optometry and Vision Science*, 1997, 74: 581-587.

[13] CAO ZH L, XUAN L, HU L F, *et al.*. Investigation of optical testing with a phase-only liquid crystal spatial light modulator [J]. *Opt. Express*, 2005, 13: 1059-1065.

[14] LOVE G D. Liquid crystal phase modulator for unpolarized light [J]. *Appl. Opt.*, 1993, 32(13): 2222-2223.

[15] RESTAINO S R, DAYTON D, BROWNE S, *et al.*. On the use of dual frequency nematic material for adaptive optics systems: first results of a closed loop experiment [J]. *Opt. Express*, 2000, 6: 2-6.

[16] LOVE G D, RESTAINO S R, CARRERAS R C, *et al.*. Polarization insensitive 127-segment liquid crystal wavefront corrector [C]//*OSA Summer Topical Meeting on Adaptive Optics*, July 8-12 1996, Hawaii, USA, 1996.

[17] GU D, WINKER B, WEN B, *et al.*. Wavefront control with a spatial light modulator containing dual frequency liquid crystal [J]. *SPIE*, 2004, 5553: 68-82.

[18] NEIL M A A, BOOTH M J, WILSON T. Dynamic wave-front generation for the characterization and testing of optical systems [J]. *Opt. Lett.*, 1998, 23: 1849-1851.

[19] TAM E C, WU S, TANONE A, *et al.*. Closed-loop binary phase correction of an LCTV using a point diffraction interferometer [J]. *IEEE Phot. Tech. Lett.*, 1990, 2(2): 143-146.

[20] DAYTON D, GONGLEWSKI J, RESTAINO S, *et al.*. Demonstration of new technology MEMS and liquid crystal adaptive optics on bright astronomical objects and satellites [J]. *Opt. Express*, 2002, 10: 1508-1519.

[21] SERATI S, XIA X W, MUGHAL O, *et al.*. High-resolution phase-only spatial light modulators with sub millisecond response [J]. *SPIE*, 2003, 5106: 138-145.

[22] **阎吉祥. 液晶空间光调制器在自适应光学中的应用** [J]. **光学技术**, 1999(2): 3-4.
YAN J X. Application of spatial light modulators using liquid crystal in adaptive optics [J]. *Optical Technology*, 1999(2): 3-4. (in Chinese)

[23] **王治华, 俞信. 液晶空间光调制器相位调制测量及波前校正** [J]. **光学技术**, 2005, 31(2): 196-199.
WANG ZH H, YU X. Measuring of the phase modulation of liquid crystal spatial light modulator and the correcting of the wavefront [J]. *Opt. Technology*, 2005, 31(2): 196-199. (in Chinese)

[24] HU L F,XUAN L,LIU Y J,*et al*.. Phase-only liquid crystal spatial light modulator for wavefront correction with high precision [J]. *Opt. Express*,2004,12(26):6403-6409.

[25] CAO ZH L,MU Q Q,HU L F,*et al*.. High closed loop correction accuracy with a liquid crystal wavefront corrector [J]. *Chinese Physics Lett.*,2008,25:989-992.

[26] CAO ZH L,MU Q Q,HU L F,*et al*.. Correction of horizontal turbulence with nematic liquid crystal wavefront corrector [J]. *Opt. Express*,2008,16:7006-7013.

[27] CAO ZH L,MU Q Q,HU L F,*et al*.. Preliminary use of nematic liquid crystal adaptive optics with a 2.16-meter reflecting telescope [J]. *Opt. Express*,2009,17:2530-2537.

[28] LIU CH,HU L F,MU Q Q,*et al*.. Open-loop control of liquid-crystal spatial light modulators for vertical atmospheric turbulence wavefront correction [J]. *Appl. Opt.*,2011,50:82-89.

**作者简介: 曹召良**(1974—),**男,河南济源人,博士,副研究员,主要从事液晶自适应光学及衍射光学方面的研究**。
E-mail: caozlok@ciomp.ac.cn

## 向您推荐《液晶与显示》期刊

- **中文核心期刊**
- **中国最早创办的液晶学科专业期刊之一**
- **中国液晶学科和显示技术领域中综合性学术期刊**
- **中国物理学会液晶分会会刊,中国光学光电子行业协会液晶分会会刊**
- **英国《科学文摘》**(SA)、**美国《化学文摘》**(CA)、**俄罗斯《文摘杂志》**(PЖ)、**美国《剑桥科学文摘》**(CSA)、**"中国科技论文统计源期刊"等** 20 **余种国内外著名检索刊物和文献数据库来源期刊**

**《液晶与显示》由中国科学院长春光学精密机械与物理研究所、中国物理学会液晶分会和中国光学光电子行业协会液晶专业分会主办,科学出版社出版。**

**《液晶与显示》以研究报告、研究快报和综合评述等栏目集中报道国内外液晶学科和显示技术领域中最新理论研究、科研成果和创新技术,及时反映国内外本学科领域及产业信息动态,内容丰富,涵盖面广,信息量大,可读性强,是我国专业期刊发行量最大的刊物之一。**

**《液晶与显示》为双月刊,国内定价** 40.00 **元。国内邮发代号:** 12-203; **国外发行代号:** 4868BM。

**地 址: 长春市东南湖大路** 3888 **号**
**《液晶与显示》编辑部**
**邮 编:** 130033
E-mail: yjxs@ciomp.ac.cn

**国内统一刊号:** CN 22-1259/O4
**国际标准刊号:** ISSN 1007-2780
**电　话:** (0431) 6176059
**网　址:** www.yjyxs.com