



法国 ALPAO 自适应光学

高速可变形镜



高速可变形镜

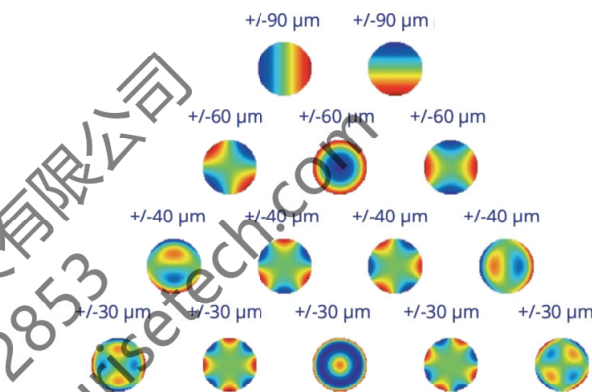


产品性能

- 通道数多： 最多可达 3228 个触动控制器
- 调制量大： 波前相位调制幅度超过 90 μm
- 稳定度高： +/-1% over 30s, <10nm RMS over hours
- 高动态范围： 响应时间小于 400 μs
- 镀膜质量高： R>97% @500nm- 2.0 μm
- 表面平整： 表面粗糙度 <15Å RMS
- 亚纳米步长精度
- 低磁滞： 磁滞误差小于 1%
- 单通道相位调制幅度>5.0 μm PTV
- 保护银（或其他高反射率涂层）
- 工作温度-10~35°C

变形镜，又称变形反射镜（DM），主要运用于各种自适应光学系统之中，主要用于校正波前畸变，它由很多驱动单元组合而成，每个驱动单元都有自己独立的控制器，在外加电压控制下，变形镜的镜面可以产生需要的形变量，从而对波前像差进行调制。变形镜是自适应光学系统中的重要部件之一。目前变形镜的主要应用领域涵盖了：天文领域、眼底成像、显微成像、自由空间光通信、自适应光学、激光波前校正、天文望远镜、天文观测，天文自适应，大气湍流校正，激光自适应，虹膜定位、波前像差校正，眼科成像、显微成像自适应、球差校正、自由空间光通信等。

ALPAO 公司 MEMS 变形镜结构紧凑、相较于其他的微变形反射镜具有波前调制量大低磁滞性<1%，高线性度>97%。相比于 MEMS 静电变形镜来说，电磁驱动变形镜相较于压电变形镜的优点在于其巨大的形变量，更高的调制精度。其产品参与的著名应用包括：实施于 8.2 米口径的 Subaru 望远镜上的 multi-object adaptive optics (MOAO)项目，2014 年获诺贝尔奖的 Betzig 实验室对斑马鱼大脑的成像，和 39 米 E-ELT 望远镜等。其中为 E-ELT 项目提供的一款变形镜达到 12000 单元！



ALPAO 是从法国 Joseph Fourier 大学独立出来的公司，在自适应光学领域已累积超过 10 年经验。主要开发电磁场驱动的 MEMS 驱动器，最高到 3228 个驱动器，行程达 90 μm ，表面质量<7nmRMS，采用目前世界上最先进的抛光工艺，表面粗糙度<1nm，变形镜的响应时间只有 400us，带宽可以达到 2KHz。

型号	通道数	尺寸		质量		镜面最大形变量			速度	
		孔径 Mm	厚度 Mm	面环平整度 Nm, RMS	倾斜 μm , PV	聚焦/散光 μm , PV	3x3 形变 μm , PV	响应 ms	带宽 Hz	
DM69-08	69	5.6	0.8	7	± 80	± 40	± 25	1.5	400	
DM69-15		10.5	1.5		± 60	± 40	± 25	0.8	800	
DM69-25		17.5	2.5		± 40	± 30	± 25	1.5	600	
DM69-50		35	5		25	± 40	± 30	± 25	1.5	600
DM97-08	97	7.2	0.8	7	± 80	± 40	± 25	1.5	400	
DM97-15		13.5	1.5		± 60	± 40	± 25	0.8	800	
DM97-25		22.5	2.5		± 40	± 30	± 25	1.5	600	
DM97-50		45	5.0		25	± 40	± 30	± 25	1.5	600
DM192	192	21	1.5	7	± 15	± 10	± 10	0.5	2000	
DM277	277	50	3.1	15	± 10	± 10	± 10	1	1100	
DM308	308	27	1.5	7	± 15	± 10	± 10	0.5	1800	
DM468	468	33	1.5		± 12	± 10	± 10	0.5	1600	
DM820	820	45	1.5		± 12	± 10	± 10	0.5	1600	
DM3228	3228	93	1.5		± 10	± 8	± 8	0.5	1200	

Large Aperture Deformable Mirrors (DMX)

DMX37	37	100	20.6	25	± 30	± 25	± 25	2	400
DMX61	61	130	20.6		± 50	± 40	± 25	2	400
DMX85	85	170	20.6		± 50	± 40	± 25	2	400

*备注：<2%磁滞；<3%非线性误差；



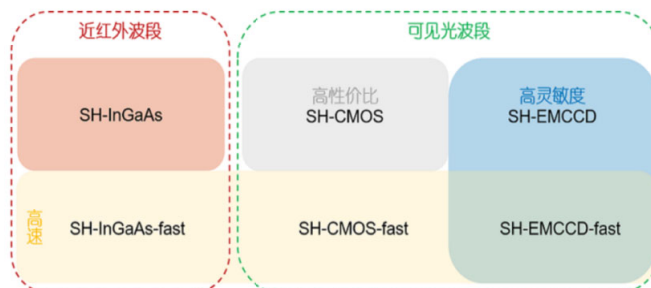
波前传感器

S-H 波前传感器



产品性能

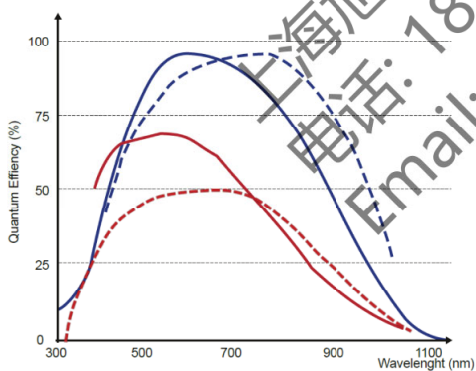
- 针对 AO 系统特殊优化
- 速度：频率最快 5K Hz，延迟最低小于 7.4μs
- 高灵敏度：SNR=1 时的光子通量，最少可以达到 3 光子数/帧/子孔径



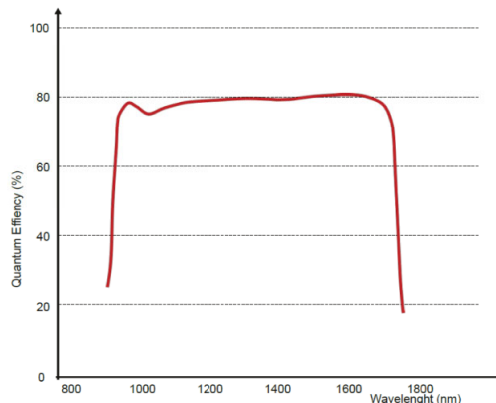
波前传感器(Shack-Hartmann 型)，通过一个微透镜数组，得到波前的局部斜率。从这个信息中，可以实时测量光强、位相、像差、PST、MTF 和其它参数。

致力于给用户完整自适应光学解决方案的法国 ALPAO 公司继 2017 年初首次推出可见光和红外波段的两款波前传感器以来，于同年年底再次发力，推出总计 11 款不同型号的波前传感器。这一系列产品专为自适应光学设计。为提高自适应光学闭环带宽，ALPAO 更是将缩短波前传感器的延迟时间作为工作重点。该系列产品涵盖不同工作波长、带宽和价格区间，给用户带来多样选择。

型号	尺寸		速度		量子效率	灵敏度		光学参数	
	采样点	透镜间距 μm	采样频率 Hz	最快频率 Hz		SNR=1 光子数/帧/子孔径	倾斜/离焦 μm, PV	重复性 nm RMS	光谱范围
SH-CMOS	50x50	96.6	119	449	67%	100	65/15	2	400-800
SH-CMOS fast	64x64	112	1733	37123	50%	1000	96/24	2	400-800
SH-sCMOS	64x64	114	514	2377	73%	80	150/37	2	400-800
SH-EMCCD	16x16	192	1025	2392	95%	3	13/3	2	400-800
SH-EMCCD fast	24x24	240	2067	2067	95%	5	45/11	2	400-800
SH-InGaAs fast	64x64	120	697	9590	80%	400	108/27	2	900-1700
SH-sCMOS UV	64x64	144	514	2377	80%	80	150/37	2	200-800



Typical Quantum Efficiency of SH-EMCCD (in blue), SH-EMCCD fast (in dash blue), SH-CMOS (in red) and SH-CMOS fast (in dash red)



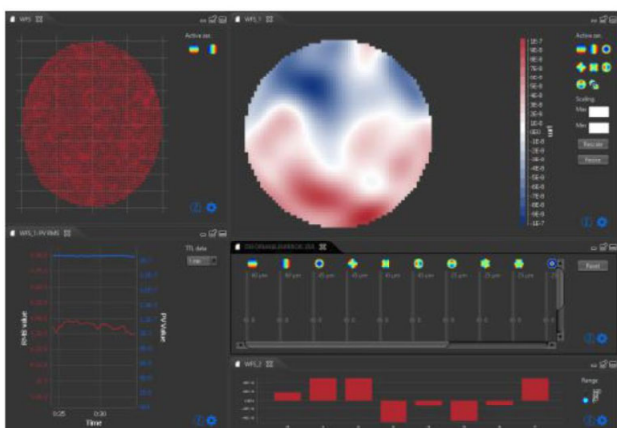
Typical Quantum Efficiency of SH-InGaAs fast (at 20°C, in red)

WFS	6x6	8x8	13x13	16x16	17x17	21x21	29x29	47x47	61x61
	DM69	DM97	DM192	DM277	DM308	DM468	DM820	-	DM3228
SH-CMOS	449	449	356	307	293	249	192	119	n/a
SH-CMOS fast	37123	28141	16616	13019	12329	9586	6025	2627	1877
SH-sCMOS	2377	2113	1653	1463	1408	1227	975	633	535
SH-EMCCD	2392	1888	1237	1025	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
SH-EMCCD fast	2067	2067	2067	2067	2067	2067	n/a	n/a	n/a
SH-InGaAs fast	9590	9590	4765	4765	3660	2910	1978	968	697
SH-sCMOS UV	2377	2113	1653	1463	1408	1227	975	633	535



闭环控制软件

ALPAO 闭环控制软件 (ACE)



- 界面友好，易于使用，可根据具体需要进行定制
- 闭环带宽可达 1.2 KHz，纯延迟时间约 1.5 ms
- 高度开放，所有中间及结果数据实时可得，方便植入自制算法

ALPAO Core Engine (ACE) 为法国 ALPAO 开发的一款灵活、开放、易用且实惠的自适应光学软件系统。作为基于对象的 Matlab® 工具箱，其内置函数让用户可对系统中所有光电设备进行参数设置、控制及监视。对首次接触自适应光学的初学者，通过 ACE 的用户图形界面即可轻松完成系统的闭环操作。而对高级用户，ACE 可成为用户开发自制算法和定制系统的绝佳工具。借助 ACE，使用 ALPAO 的可变形镜子和波前传感器将自适应光学回路闭合至 1200Hz。

自适应光学实时运算平台 (ACE fast)

天文光学、自由空间光通信等领域，需要对抗快速变化的大气湍流，因此通常对自适应光学系统的工作频率有较高要求。法国 ALPAO 于 2014 年首度推出的 ACE fast 是一个基于 Linux 系统 CPU 的实时运算平台 (RTC)，是一个专门应对顶级自适应光学系统带宽要求的运算解决方案。其超高工作频率、超短延迟时间及沿袭自 ACE 软件的高度开放、简单易学等特点，使它能在重大项目中的不负众望！

- 平行流水线的单步操作：可对每个处理环节中的输入/输出数据进行交互式操纵
- 所有数据的非侵入性监测：原始图像，质心/斜率数据，重构波前图，泽尼克系数
- 每个工作过程的参数设置：积分时间，CCD 增益，CCD 读出模式，门槛水平
- 用代码生成所有校准数据：如参考质心/斜率，影响矩阵，相机补偿的暗场
- 可用于多种系统结构：SISO, SIMO, MIMO
- 可配备大容量数据保存设备，用以保存运行过程中产生的所有数据



	ACE fast	ACE
配置	既有软件，也包含硬件部分，基于 Linux 系统的自适应光学系统实时运算控制平台	作为 Matlab 工具箱的自适应光学软件
最高工作频率	5K Hz	1.2K Hz
延迟时间	150 μs	1.5 ms

自适应光学套件及系统

ALPAO 自适应光学套件及系统

ALPAO 自适应光学系统是为您的应用和需求量身定制的系统。它们基于超过 20 年的 AO 系统经验，适用于许多应用。我们所有的组件都经过一起测试，以提供最佳的系统性能。任何选择的套件都可以调整并集成到一个完全定制的 AO 系统中。

ALPAO AO 套件是由 ALPAO 可变形镜 (DM)、ALPAO Shack-Hartman 波前传感器 (WFS) 和 ALPAO 软件 ACE 或 ALPAO 实时计算机 (RTC) 组成的自适应光学系统。所有设计都是为了完美地协同工作，根据您的应用，可以进行 100 多种套件配置。

- 包含自适应光学系统的核心三大部件
- 一站式购齐，采购省事省心
- ALPAO 所有型号变形镜、波前传感器可选
- 配置灵活多样，适应多种应用、不同性能和预算需求

