

## 2.3 高速成像

### 2.3.1 高速摄像机

美国 Vision Research 公司是高速照相机的专业生产厂家，其推出的 Phantom 系列涵盖了多种规格，可以满足大多数科研高速成像的需求，广泛用于燃烧场，流场等的 PIV,LIF,PTV,DIC 等应用测量

#### Phantom 高速摄像产品核心技术

- 先进的 CMOS 设计及制造技术，满足不同应用需求
  - 像素尺寸：5.6um, 10um, 20um, 28um
  - 分辨率：640x480, 1280x800, 1280x1024, 1280x1280, 2560x1600, 2048x1952, 4096x2304
- 超高感光灵敏度（ISO12232 Ssat）：最高 100000T，保证高速低曝光下的图像质量
- 最高拍摄速率：绝大多数产品高达 600000fps 最高拍摄速率
- 超大存储容量：VEO 系列最高 72GB，UHS 系列最高 288GB
- 超高速下载：10Gb 以太网（VEO 系列、UHS 系列）600MB/s 下载速率
- Cinemag 技术：512GB（v 系列），8TB（UHS 和 Flex4K）
  - 1Gpx/s 大容量非易失直接拍摄和存储功能
  - 1GB/s 超高速下载速率
- EDR 专利技术：同一帧图像中可以设置两个曝光时间，过曝区域自动调用低曝光时间，有效扩展动态范围



#### UHS-12 系列（V1212/V1612/V2012/V2512），主要特点

- 超高拍摄速率：最高可达 1280x800@25700fps，最高拍摄速率高达 670000fps（V2512）
- 支持最高达 288GB 高速内存
- 高达 28um 像元尺寸，具备超高感光灵敏度 100000T ISO12232SAT 标准
- 支持最高 8TB Cinemag V 大容量非易失存储，1Gpx/s 拍摄速率下连续记录时间超过 1 小时
- 标配千兆以太网和 10Gb 超高速下载接口，图像下载速率高达 600MB/s



#### UHS-40 系列（V1840/V2640），主要特点

- 超高拍摄速率：2048x1952@6600fps，1024x976@25000fps 最高拍摄速率高达 300000fps（V2640）
- 支持最高达 288GB 高速内存
- 13.5um 像元尺寸，binning 模式下 27um 像元尺寸，兼顾低速高分辨率，高速高感光度要求
- 支持最高 8TB Cinemag V 大容量非易失存储，1Gpx/s 拍摄速率下连续记录时间超过 1 小时
- 标配千兆以太网和 10Gb 超高速下载接口，图像下载速率高达 600MB/s
- 可选模式：标准（CDS）模式；标准 Binned 模式；高速（HS）模式；高速 BF 模式；高速 Binned 模式，满足不同应用场景拍摄需求



#### VEO410/VEO710，主要特点

- 12 位百万像素 CMOS 传感器，像素尺寸 20umx20um
- 拍摄速率：VEO410: 1280x800@5200fps，最高拍摄速率高达 600000fps  
VEO710: 1280x800@7400fps，最高拍摄速率高达 680000fps
- 支持最高达 72GB 高速内存
- 标配千兆以太网和可选配 10Gb 超高速下载接口，图像下载速率高达 600MB/s
- EDR 曝光控制可在 1 帧图像中设置 2 种曝光时间，有效扩展动态范围，避免强光对成像的影响



#### VEO340/VEO640，主要特点

- 12 位四百万像素 CMOS 传感器，像素尺寸 10umx10um
- 拍摄速率：VEO340: 2560x1600@800fps，最高拍摄速率高达 280000fps  
VEO640: 2560x1600@1400fps，最高拍摄速率高达 350000fps
- 支持最高达 72GB 高速内存
- 标配千兆以太网和可选配 10Gb 超高速下载接口，图像下载速率高达 600MB/s
- EDR 曝光控制可在 1 帧图像中设置 2 种曝光时间，有效扩展动态范围，避免强光对成像的影响

主要型号参数列表:

型号	v2012	v2640	VEO 410	VEO 710	VEO 640
最高分辨率 @ 拍摄速率	1280×800 @22600 帧 / 秒	2048×1952@4855 帧 / 秒 (标准) 2048×1952@6600 帧 / 秒 (高速)	1280× 800 @5200 帧 / 秒	1280× 800 @7400 帧 / 秒	2560× 1600 @1400 帧 / 秒
最高拍摄速率	651150 帧 / 秒(标准); 1000000 帧 / 秒(可选)	303460 帧 / 秒	600000 帧 / 秒	680000 帧 / 秒(标准); 1000000 帧 / 秒(可选)	350000 帧 / 秒
传感器参数	像素数: 1280× 800 像元大小: 28μ m 传感器尺寸 (mm): 35.8× 22.4 灵敏度: 100000 黑白 10000 彩色	像素数: 2048× 1952 像元大小: 13.5μm, 传感器尺寸 (mm): 27.6× 26.3 灵敏度: 标准模式 :80000 黑白; 16000 彩色; 高速模式 :64000 黑白; 16000 彩色; 高速 BF 模式 :12500 黑白; 2500 彩色; 标准 / 高速 Binned 模式 :125000 黑白	像素数: 1280× 800 像元大小: 20μ m 传感器尺寸 (mm): 25.6× 16.0 灵敏度: 40000 黑白; 10000 彩色	像素数: 1280× 800 像元大小: 20μ m 传感器尺寸 (mm): 25.6× 16.0 灵敏度: 40000 黑白; 10000 彩色	像素数: 2560× 1600 像元大小: 10μ m 传感器尺寸 (mm): 25.6× 16.0 灵敏度: 40000 黑白; 6400 彩色
曝光	最短曝光时间: 1μs (标准); 290ns (可选) 快门类型: 电子快门, 全域 EDR 曝光控制: 1 帧图像可设置 2 种曝光时间 自动曝光控制: 自适应调节曝光时间	最小曝光时间: 1μs; 499ns/142ns(可选) 快门类型: 电子快门; 全域 EDR 曝光控制: 1 帧图像可设置 2 种曝光时间 自动曝光控制: 自适应调节曝光时间 PIV 曝光模式	最小曝光时间: 1μs 快门类型: 电子快门; 全域 EDR 曝光控制: 1 帧图像可设置 2 种曝光时间 自动曝光控制: 自适应调节曝光时间 PIV 曝光模式	最小曝光时间: 1μs (标准) 300ns(可选) 快门类型: 电子快门; 全域 EDR 曝光控制: 1 帧图像可设置 2 种曝光时间 自动曝光控制: 自适应调节曝光时间 PIV 曝光模式	最小曝光时间: 1μs 快门类型: 电子快门; 全域 EDR 曝光控制: 1 帧图像可设置 2 种曝光时间 自动曝光控制: 自适应调节曝光时间 PIV 曝光模式
内存容量 / 记录时间	1280x800@22600 帧 / 秒: 72G (2.24s); 144G (4.47s); 288G (8.95s)	2048×1952@4855 帧 / 秒: 72G (2.66s) 144G (5.31s) 288G (10.62s); 2048×1952@6600 帧 / 秒: 72G (1.95s) 144G (3.91s) 288G (7.81s)	1280×800@5200 帧 / 秒: 18G (2.42s) 36G (4.84s) 72G (9.68s)	1280×800@7400 帧 / 秒: 18G (1.70s) 36G (3.40s) 72G (6.80s)	1280× 800@3200 帧 / 秒: 18G (3.93s) 36G (7.86s)
存储卡	CineMag V (可选): 2TB/8TB	CineMag V (可选): 2TB/8TB	CFast 2.0: 最大 256GB	CFast 2.0: 最大 256GB	——
触发	触发点可控 (前 / 后触发记录); IBAT; 软件触发; OCC 触发; 硬件触发 (BNC); Burst 模式	触发点可控 (前 / 后触发记录); IBAT; 软件触发; OCC 触发; 硬件触发 (BNC); Burst 模式	触发点可控 (前 / 后触发记录); IBAT; 软件触发; OCC 触发 (VEO 410S); 硬件触发 (BNC)	触发点可控 (前 / 后触发记录); IBAT; 软件触发; OCC 触发 (VEO 710S); 硬件触发 (BNC)	触发点可控 (前 / 后触发记录); IBAT; 软件触发; 硬件触发 (BNC)
时间精度 / 帧同步	独立 FSYNC BNC 同步端口, 支持内部 / 外部时钟源; IRIG in/out; Ready output; Strobe output	时间精度: 11.36ns。独立 FSYNC BNC 同步端口, 支持内部 / 外部时钟源; IRIG in/out; Ready output; Strobe output	时间精度: 20ns。独立 FSYNC BNC 同步端口, 支持内部 / 外部时钟源; IRIG in/out	时间精度: 20ns。独立 FSYNC BNC 同步端口, 支持内部 / 外部时钟源; IRIG in/out	时间精度: 20ns。独立 FSYNC BNC 同步端口, 支持内部 / 外部时钟源; IRIG in/out
通讯接口	千兆以太网; 10Gb 以太网	千兆以太网; 10Gb 以太网	千兆以太网 (标准); 10Gb 以太网 (可选) Fischer (VEO 410S); RJ45 (VEO 410L)	千兆以太网 (标准); 10Gb 以太网 (可选) Fischer (VEO 710S); RJ45 (VEO 710L)	千兆以太网 (标准); 10Gb 以太网 (可选) Fischer (VEO 640S); RJ45 (VEO 640L)

先锋公司也可根据客户特殊需要帮忙定制满足客户要求的像增强模组, 以配合用户现有的相机比如高速相机, EMCCD, CMSO 相机等完成升级!

可提供内容包括:

- 不同像增强器口径尺寸: 25mm, 40mm, 75mm;
- 耦合中继镜: 1:1, 2:1;
- 小型脉冲同步延迟模块: 精度 <10ns;
- 不同增益大小: 单级 MCP: 10<sup>3</sup>, 双极 MCP: 10<sup>6</sup>
- 不同门控大小: 5ns, 10ns, 100ns 等
- 增强器电源



高速 ICCD 实例 (配合 Phantom 高速相机 VEO710L)



先锋公司定制像增强模块 (25mm 口径)