



EVROPSKÁ UNIE  
Evropské strukturální a investiční fondy  
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání



## Kupní smlouva

uzavřená dle ust. § 2079 a násl. zákona č. 89/2012 Sb., občanského zákoníku, v aktuálním znění (dále jen „OZ“)

### 1. SMLUVNÍ STRANY

#### České vysoké učení technické v Praze – Fakulta strojní

se sídlem: Zikova 1903/4, PSČ 166 36 Praha 6

adresa fakulty: Technická 4, 166 07 Praha 6

IČO: 68407700

DIČ: CZ68407700

zastoupená: prof. Ing. Michaelem Valáškem, DrSc., děkanem

Bankovní spojení: \_\_\_\_\_, číslo účtu:

(dále jen "**Kupující**")

a

#### OptiXs, s.r.o.

se sídlem Křivoklátská 37, 199 00 Praha 9

zapsaná v obchodním rejstříku vedeném Městským soudem v Praze, oddíl C, vložka 212818

zastoupená Ing. Martinem Klečkou, jednatelem společnosti

Číslo účtu vedeného u správce daně:

IČO: 02016770

DIČ: CZ02016770

(dále jen "**Prodávající**")

(Kupující a Prodávající dále společně jen "**Smluvní strany**" nebo každý z nich samostatně jen "**Smluvní strana**").

uzavírají dnešního dne, měsíce a roku tuto kupní smlouvu (dále jen „**Smlouva**“)

## 2. ZÁKLADNÍ USTANOVENÍ

- 2.1. Prodávající bere na vědomí, že Kupující považuje účast Prodávajícího ve veřejné zakázce při splnění kvalifikačních předpokladů za potvrzení skutečnosti, že Prodávající je ve smyslu ustanovení § 5 odst. 1 OZ schopen při plnění této Smlouvy jednat se znalostí a pečlivostí, která je s jeho povoláním nebo stavem spojena, s tím, že případné jeho jednání bez této odborné péče půjde k jeho tíži. Prodávající nesmí svou kvalitu odborníka ani své hospodářské postavení zneužít k vytváření nebo k využití závislosti slabší strany a k dosažení zřejmě a nedůvodné nerovnováhy ve vzájemných právech a povinnostech Smluvních stran.
- 2.2. Prodávající se stal vítězem zadávacího řízení vyhlášeného Kupujícím dle zákona č. 134/2016 Sb., o zadávání veřejných zakázek (dále jen „ZZVZ“) na zakázku s názvem „**Anemometrický systém PIV pro neinvazivní měření rychlostních polí tekutin**“ (dále jen „**Zadávací řízení**“).
- 2.3. Výchozími podklady pro dodání předmětu plnění dle této Smlouvy jsou rovněž:
- (i) Zadávací podmínky Zadávacího řízení;
  - (ii) Technická specifikace;
  - (iii) nabídka Prodávajícího podaná v rámci Zadávacího řízení, a to v části, ve které předmět plnění technicky popisuje (dále jen „**Nabídka**“).
- (dále jen „**Výchozí podklady**“).
- 2.4. Prodávající prohlašuje, že disponuje veškerými odbornými předpoklady potřebnými pro dodání předmětu plnění dle Smlouvy, je k jeho plnění / dodání oprávněn a na jeho straně neexistují žádné překážky, které by mu bránily předmět této Smlouvy Kupujícím dodat.
- 2.5. Prodávající prohlašuje, že přejímá na sebe nebezpečí změny okolností ve smyslu ustanovení § 1765 odst. 2 OZ.
- 2.6. Smluvní strany prohlašují, že zachovají mlčenlivost o skutečnostech, které se dozvědí v souvislosti s touto Smlouvou a při jejím plnění a jejichž vyřazení by jim mohlo způsobit újmu. Tímto nejsou dotčeny povinnosti Kupujícího vyplývající z právních předpisů.
- 2.7. Prodávající bere na vědomí, že předmět plnění dle této Smlouvy je součástí projektu s názvem „Centrum pokročilých leteckých technologií“, reg. č. CZ.02.1.01/0.0/0.0/16\_019/0000826 (dále také jen „**Projekt**“), spolufinancovaného z prostředků Evropského strukturálního a investičního fondu v rámci Operačního programu Výzkum, vývoj a vzdělávání (dále jen „**OP VVV**“). Prodávající bere na vědomí, že jelikož je kupní cena financována z prostředků dotace, může mít nesplnění jakékoliv povinnosti Prodávajícího dopad na financování. Konstatování výdajů jako nezpůsobitelných, případné udělení odvodu či správních sankcí v důsledku porušení této povinnosti bude představovat škodu, která Kupujícím vznikla.

### 3. Předmět Smlouvy

3.1. Předmětem této Smlouvy je závazek Prodávajícího dodat Kupujícímu a převést na Kupujícího vlastnické právo k:

**Anemometrickému systému PIV pro neinvazivní měření rychlostních polí tekutin.**

Konkrétní parametry dodávaného přístroje jsou uvedeny v příloze č. 1 této Kupní smlouvy. (přístroj uvedený v odst. 3.1 dále jen jako „**přístroj**“).

3.2. Součástí plnění Prodávajícího je také:

- (i) doprava přístroje do místa plnění, jeho vybalení a kontrola,
- (ii) připojení přístroje k instalačním rozvodům v místě plnění včetně jeho uvedení do provozu a seřízení,
- (iii) demonstrace provozu přístroje a ověření parametrů požadovaných Kupujícím (a to formou demonstračního měření). Toto ověření bude součástí instalačního a předávacího protokolu. U kalibrovatelných zařízení bude přístroj dodán včetně kalibračního listu.
- (iv) zpracování a předání instrukcí a návodů k obsluze a údržbě přístroje v českém nebo anglickém jazyce Kupujícímu, a to elektronicky a v tištěné podobě,
- (v) provedení zaškolení osob určených Kupujícím k obsluze přístroje v českém jazyce (tzn. poskytnutí výkladu o konstrukci a funkci přístroje, předvedení obsluhy přístroje včetně postupů všech rutinních měření a údržby přístroje vykonávaných obsluhou přístroje, metodické vedení a kontrola školeného pracovníka/ů při praktickém nácviu obsluhy a údržby vykonávané obsluhou přístroje, přezkoušení školeného pracovníka a vystavení potvrzení opravňujícího školeného pracovníka k obsluze a údržbě přístroje),
- (vi) předání prohlášení o shodě dodaného přístroje se schválenými standardy,
- (vii) poskytnutí oprávnění k výkonu práva užít software (licenci) tam, kde je to pro řádné užívání předmětu plnění nezbytné či tak Prodávající požaduje dle této Smlouvy,
- (viii) vypracování seznamu dodaných položek pro účely kontroly,
- (ix) odvoz a likvidace nepotřebných obalů a dalších materiálů použitých Prodávajícím při plnění této Smlouvy,
- (x) záruční servis Prodávajícím, a to ve lhůtách uvedených v čl. 11 odst. 11.9,
- (xi) závazek zajištění servisních prohlídek,
- (xii) závazek zajištění náhradních dílů, a to po dobu 5 let ode dne uplynutí posledního dne záruční doby,
- (xiii) spolupráce s Kupujícím v průběhu realizace dodávky, spočívající mimo jiné i v kontrole připravenosti prostor pro instalaci přístroje,
- (xiv) závazek Prodávajícího k dodržování Pravidel OP VVV, včetně pravidel pro publicitu.

(přístroj dle odst. 3.1 a plnění dle odst. 3.2 tohoto článku Smlouvy dále i jako „**dodávka**“).

- 3.3. Kupující se zavazuje řádně a včas dodaný přístroj, služby a práce převzít a zaplatit za ně Prodávajícímu kupní cenu uvedenou v článku 5. této Smlouvy.
- 3.4. Prodávající výslovně souhlasí a zavazuje se Kupujícímu pro případ, že pokud ke splnění požadavků Kupujícího vyplývajících z této Smlouvy včetně jejích příloh a k řádnému provedení a provozu přístroje budou potřebné i další dodávky a práce výslovně neuvedené v této Smlouvě, tyto dodávky a práce na své náklady obstarat či provést a do svého plnění zahrnout bez dopadu na kupní cenu podle této Smlouvy.
- 3.5. Prodávající se zavazuje za podmínek stanovených touto Smlouvou řádně a včas na svůj náklad a na svoji odpovědnost dodat Kupujícímu přístroj do místa plnění a předat mu ho, a dále provést služby a práce specifikované v odst. 3.1 a 3.2 tohoto článku Smlouvy. Prodávající odpovídá za to, že přístroj a služby budou v souladu s touto Smlouvou, Výchozími podklady, platnými právními, technickými a kvalitativními normami, a že přístroj bude mít CE certifikát.

#### **4. Vlastnické právo**

- 4.1. Vlastnické právo přechází na Kupujícího převzetím přístroje. Převzetím se rozumí podpis předávacího protokolu o předání a převzetí přístroje oběma Smluvními stranami, kterým zároveň přechází na Kupujícího i nebezpečí škody na přístroji.

#### **5. Kupní cena a platební podmínky**

- 5.1. Kupní cena za předmět Smlouvy uvedený v článku 3 odst. 3.1. a 3.2. byla stanovena na základě Nabídky jako cena maximální a nepřekročitelná, a to ve výši **2.088.696,-** Kč bez DPH (slovy dva miliony osmdesát osm tisíc šest set devadesát šest korun českých) (dále jen „**kupní cena**“), plus 21% DPH ve výši 438.626,16 Kč (slovy čtyři sta třicet osm tisíc šest set dvacet šest korun českých a šestnáct haléřů), tj. celkem ve výši 2.527.322,16 Kč s DPH.
- 5.2. Kupní cena zahrnuje veškeré náklady spojené s plněním předmětu této Smlouvy, včetně nákladů na pojištění přístroje do doby jeho předání a převzetí. Kupní cena je nezávislá na vývoji cen a kursových změnách.
- 5.3. Kupní cena je za předmět plnění cenou nejvyšší přípustnou. Kupní cena může být měněna pouze písemným dodatkem k této Smlouvě, a to pouze v případě, že po uzavření Smlouvy a před termínem předání a převzetí přístroje dojde ke změně sazeb DPH (je možná výhradně změna výše DPH).
- 5.4. Kupní cenu se zavazuje Kupující uhradit Prodávajícímu takto:

100 % kupní ceny dle odst. 5.1 tohoto článku Smlouvy po předání a převzetí přístroje, o kterém bude mezi Smluvními stranami sepsán předávací protokol dle této Smlouvy. Bude-li

stoj převzat být i s jednou vadou nebo nedodělkem výslovně uvedenými v předávacím protokolu, bude 100 % kupní ceny uhrazeno až po odstranění této vady či nedodělku.

- 5.5. Lhůta splatnosti faktury je šedesát (60) dnů od data jejího doručení Kupujícímu. Zaplacením účtované částky se rozumí den jejího odeslání na účet Prodávajícího. Daňové doklady - faktury vystavené Prodávajícím podle této Smlouvy budou v souladu s příslušnými právními předpisy České republiky obsahovat zejména tyto údaje:
- (i) obchodní firmu/název a sídlo Kupujícího,
  - (ii) daňové identifikační číslo Kupujícího,
  - (iii) obchodní firmu/název a sídlo Prodávajícího,
  - (iv) daňové identifikační číslo Prodávajícího,
  - (v) evidenční číslo daňového dokladu,
  - (vi) rozsah a předmět plnění,
  - (vii) datum vystavení daňového dokladu,
  - (viii) datum uskutečnění plnění nebo datum přijetí úplaty, a to ten den, který nastane dříve, pokud se liší od data vystavení daňového dokladu,
  - (ix) cena plnění,
  - (x) prohlášení, že účtované plnění je poskytováno pro účely projektu s názvem „Centrum pokročilých leteckých technologií“, reg. č. CZ.02.1.01/0.0/0.0/16\_019/0000826, spolufinancovaného z prostředků Evropského strukturálního a investičního fondu v rámci OP VVV.
- 5.6. Daňové doklady - faktury musejí být v souladu s dohodami o zamezení dvojího zdanění, budou-li se na konkrétní případ vztahovat.
- 5.7. Kupující si vyhrazuje právo požadovat, aby cena plnění byla v rámci faktury uvedena ve struktuře položek jím předem určených. Tento požadavek musí Kupující Prodávajícímu sdělit v dostatečném předstihu.
- 5.8. Pokud daňový doklad – faktura nebude vystaven v souladu s platebními podmínkami stanovenými touto Smlouvou nebo nebude splňovat požadované zákonné náležitosti, je Kupující oprávněn daňový doklad - fakturu Prodávajícímu vrátit jako neúplnou, resp. nesprávně vystavenou, k doplnění, resp. novému vystavení ve lhůtě pěti (5) pracovních dnů od data jejího doručení Kupujícímu. V takovém případě Kupující není v prodlení s úhradou kupní ceny nebo její části a Prodávající vystaví opravenou fakturu s novou, shodnou lhůtou splatnosti, která začne plynout dnem doručení opraveného nebo nově vyhotoveného daňového dokladu - faktury Kupujícímu.
- 5.9. Kupující provede úhradu v rámci lhůty splatnosti na bankovní účet Prodávajícího uvedený na daňovém dokladu - faktuře pouze za předpokladu, že tento účet bude ke dni platby zveřejněný správcem daně. V případě, že tato podmínka nebude splněna, kupující uhradí pouze částku bez

DPH, a doplatek bude uhrazen Prodávajícím až po zveřejnění čísla účtu v registru plátců. V případě, že účet nebude zveřejněn po uplynutí lhůty stanovené Kupujícím, bude DPH uhrazeno místně příslušnému správci daně Prodávajícím. Nezaplacení DPH Kupujícím Prodávajícím z těchto důvodů není považováno za prodlení s placením kupní ceny.

5.10. Fakturační údaje Kupujícího jsou uvedeny v článku 1. této Smlouvy.

## **6. Termíny plnění předmětu Smlouvy**

6.1. Prodávající se zavazuje řádně zhotovit, obstarat, dodat, vyzkoušet, instalovat, předat Kupujícímu a demonstrovat funkčnost přístroje uvedeného v článku 3 odst. 3.1 této Smlouvy do 6 měsíců od nabytí účinnosti této Smlouvy.

6.2. Kupující se zavazuje ve sjednaném termínu řádně dodaný, vyzkoušený, nainstalovaný přístroj, jehož funkčnost Prodávající Kupujícímu v souladu s touto Smlouvou demonstroval, od Prodávajícího převzít, kdy o předání a převzetí bude mezi Smluvními stranami sepsán předávací protokol dle článku 8 této Smlouvy.

6.3. Kupující je povinen umožnit Prodávajícímu provedení instalace a demonstrace přístroje každý pracovní den v době od 8:00 do 17:00 hod. tak, aby mohl být ze strany Prodávajícího dodržen termín plnění uvedený v odst. 6.1 tohoto článku Smlouvy Kupující je oprávněn v případě změny svých provozních podmínek tuto dobu instalace a demonstrace omezit písemným pokynem Prodávajícímu. V takovém případě obě Smluvní strany v dodatku ke Smlouvě sjednají změnu termínu předání a převzetí.

## **7. Místo plnění**

Místem plnění je Praha, přičemž konkrétní místo v rámci Prahy určené přesnou adresou bude upřesněno Kupujícím na základě výzvy Prodávajícího, nejpozději však 14 dní před termínem plnění uvedeným v článku 6. odst. 6.1 Smlouvy (dále jen „*místo plnění*“).

## **8. Předání a převzetí prostor pro instalaci**

8.1. Prodávající je povinen písemně informovat Kupujícího o přesném termínu pro provedení instalace a demonstrace přístroje, a to alespoň 5 pracovních dnů předem tak, aby byl zachován termín plnění uvedený v článku 6. odst. 6.1 Smlouvy.

8.2. Kupující je povinen Prodávajícímu po uplynutí lhůty dle odst. 8.1 tohoto článku Smlouvy umožnit provedení instalace a demonstrace přístroje v prostorách pro instalaci. Kupující si vyhrazuje termín podle článku 6. odst. 6.1. Smlouvy jednostranně prodloužit písemným oznámením zaslaným Prodávajícímu na adresu uvedenou v článku 1. této Smlouvy, a to zejména v případě prodlení se stavební připraveností prostor pro instalaci. Takovéto prodloužení nebude považováno za prodlení Kupujícího s převzetím přístroje dle čl. 6.2.

Smlouvy a Prodávající v této souvislosti nemůže měnit sjednanou Cenu plnění, ani si účtovat jakékoliv další náklady, které by mu tímto vznikly.

- 8.3. V dostatečném předstihu před termínem pro provedení instalace a demonstrace přístroje je Prodávající povinen vyzvat Kupujícího ke kontrole prostor pro instalaci, aby byly v dostatečném předstihu zkontrolovány body pro napojení přístroje na rozvod elektřiny apod. a odstraněny tak případné nedostatky bránící instalaci a demonstraci přístroje v termínu uvedeném v článku 6. odst. 6.1. Tuto připravenost Prodávající Kupujícímu na jeho žádost písemně potvrdí.
- 8.4. Odchylně od § 2126 OZ Smluvní strany sjednávají, že Prodávající není oprávněn využít institutu svépomocného prodeje.

## **9. Další podmínky dodávky**

- 9.1. Při provádění dodávky postupuje Prodávající samostatně, avšak zavazuje se respektovat pokyny Kupujícího týkající se realizace předmětu plnění dle této Smlouvy.
- 9.2. Prodávající je povinen upozornit Kupujícího bez zbytečného odkladu na nevhodnou povahu věcí převzatých od Kupujícího nebo pokynů daných mu Kupujícím k provedení dodávky, jestliže tuto nevhodnost mohl Prodávající zjistit při vynaložení odborné péče.
- 9.3. Není-li ve Smlouvě stanoveno jinak, tak veškeré věci potřebné k plnění dle této Smlouvy je povinen opatřit Prodávající.
- 9.4. Prodávající je povinen dodat Kupujícímu přístroj (včetně případného SW) zcela nový, v plně funkčním stavu, v jakosti a technickém provedení odpovídajícím platným předpisům Evropské unie a odpovídajícím požadavkům stanoveným právními předpisy České republiky, harmonizovanými českými technickými normami a ostatními ČSN, které se vztahují k přístroji.
- 9.5. Prodávající prohlašuje, že přístroj, který dodá na základě této Smlouvy, zcela odpovídá podmínkám stanoveným ve Výchozích podkladech.
- 9.6. Prodávající se zavazuje, že v okamžiku převodu vlastnického práva k přístroji nebudou na přístroji váznout žádná práva třetích osob, a to zejména žádné předkupní právo, zástavní právo nebo právo nájmu.
- 9.7. Prodávající s ohledem na povinnosti Kupujícího vyplývající zejména ze ZZVZ a ze zákona č. 340/2015 Sb., o zvláštních podmínkách účinnosti některých smluv, uveřejňování těchto smluv a o registru smluv (zákon o registru smluv), souhlasí se zveřejněním veškerých informací týkajících se závazkového vztahu založeného mezi Prodávajícím a Kupujícím touto Smlouvou, zejména vlastního obsahu této Smlouvy.
- 9.8. Prodávající prohlašuje, že vůči němu není vedena exekuce a ani nemá žádné dluhy po splatnosti, jejichž splnění by mohlo být vymáháno v exekuci podle zákona č. 120/2001 Sb., o

soudních exekutorech a exekuční činnosti (exekuční řád) a o změně dalších zákonů, ve znění pozdějších předpisů, ani vůči němu není veden výkon rozhodnutí a ani nemá žádné dluhy po splatnosti, jejichž splnění by mohlo být vymáháno ve výkonu rozhodnutí podle zákona č. 99/1963 Sb., občanského soudního řádu, ve znění pozdějších předpisů, zákona č. 500/2004 Sb., správního řádu, ve znění pozdějších předpisů, či podle zákona č. 280/2009 Sb., daňového řádu, ve znění pozdějších předpisů.

- 9.9. Prodávající se zavazuje, že bude provádět pravidelné servisní prohlídky (bezpečnostně-technické kontroly) předepsané výrobcem a platnými právními předpisy, včetně aktualizace SW, včetně vstupní a následné validace nebo kalibrace parametrů; tyto úkony bude Prodávající v záruční době provádět bez vyzvání Kupujícího, včetně dodání potřebného materiálu a náhradních dílů, a to bez nároku na další úplatu nad rámec sjednané Ceny plnění. Prodávající se zároveň zavazuje v případě změn v softwaru obsaženého/dodávaného/instalovaného v dodávaném přístroji, v záruční době, k provedení instruktáže obsluhujícího personálu Kupujícího bez nároku na další úplatu nad rámec sjednané Ceny plnění.

## **10. Instalace, uvedení do provozu, demonstrace provozu přístroje a jeho předání a převzetí**

- 10.1. Součástí předání a převzetí přístroje na základě této Smlouvy je jeho instalace v prostorách pro instalaci, jeho seřízení v místě plnění a ověření správné funkce přístroje za účasti zástupců Kupujícího a Prodávajícího.
- 10.2. Za účasti zástupců Kupujícího dále Prodávající ověří, že přístroj dosahuje parametrů specifikovaných výrobcem a požadovaných Kupujícím v Technické specifikaci plnění a v této Smlouvě, a to demonstrací provozu přístroje po jeho řádném uvedení do provozu předepsaným postupem výrobce pro daný přístroj a po jeho kalibraci a kontrole správnosti provozu Prodávajícím. Bezvadné provedení výše uvedené demonstrace je podmínkou převzetí přístroje Kupujícím.
- 10.3. Pro účely předávacího řízení musí Prodávající předložit Kupujícím:
- (i) seznam předávaných součástí přístroje,
  - (ii) prohlášení Prodávajícího, že tento přístroj je v souladu s platnými právními předpisy, technickými normami a v souladu s Technickou specifikací plnění a obchodními podmínkami stanovenými v této Smlouvě,
  - (iii) návody k obsluze a údržbě, podmínky pro údržbu a ochranu přístroje v českém nebo v anglickém jazyce, a dále veškeré nezbytné doklady či příslušenství vztahující se k přístroji.
- 10.4. Nepředloží-li Prodávající Kupujícím všechny výše uvedené dokumenty, nepokládá se předmět plnění podle této Smlouvy za řádně dokončený a splňující podmínky k předání.

- 10.5. O průběhu předávacího a převjímacího řízení bude mezi Smluvními stranami sepsán předávací protokol, který bude obsahovat tyto povinné náležitosti:
- (i) údaje o Prodávajícím a Kupujícím,
  - (ii) popis přístroje, který je předmětem předání a převzetí,
  - (iii) termín, od kterého začíná běžet záruční lhůta,
  - (iv) prohlášení Kupujícího, zda dodávku přebírá nebo nepřebírá,
  - (v) uvedení zjištěných vad a termín pro jejich odstranění,
  - (vi) datum podpisu protokolu o předání a převzetí dodávky,
  - (vii) podpisy osob, které zastupují Smluvní strany ve věcech technických (viz čl. 15 této Smlouvy);  
(dále jen „**Předávací protokol**“).
- 10.6. Smluvními stranami musí být v předávacím protokolu konstatováno, že došlo k ověření správné funkce přístroje, k jeho instalaci, seřízení, k demonstraci provozu přístroje a zaškolení osob určených Kupujícím k obsluze přístroje.
- 10.7. Předáním přístroje stvrzeného podpisem kontaktních osob ve věcech technických podle této Smlouvy na Předávacím protokolu přechází na Kupujícího nebezpečí vzniklé škody na předaném přístroji, přičemž tato skutečnost nezbavuje Prodávajícího odpovědnosti za škody vzniklé v důsledku vad tohoto přístroje. Do doby předání a převzetí přístroje nese nebezpečí škody na přístroji Prodávající.
- 10.8. Kupující není povinen převzít přístroj, který by vykazoval vady a nedodělky, byť by samy o sobě ani ve spojení s jinými nebránily řádnému užívání přístroje. Nevyužije-li Kupující svého práva nepřevzít přístroj vykazující vady a nedodělky, uvedou Prodávající a Kupující v Předávacím protokolu soupis zjištěných vad a nedodělků, včetně způsobu a termínu jejich odstranění. Nedojde-li v Předávacím protokolu k dohodě mezi Smluvními stranami o termínu odstranění vad, platí, že tyto vady mají být odstraněny ve lhůtě 48 hodin ode dne předání a převzetí přístroje.
- 10.9. Má-li přístroj a/nebo jejich součásti vady, které nebylo možné zjistit při převzetí (skryté vady), a vztahuje-li se na ně záruční doba dle čl. 11 odst. 11.1 této Smlouvy, je Kupující oprávněn je uplatnit u Prodávajícího v této lhůtě. Vztahuje-li se na přístroj a/nebo jeho součásti záruční doba delší než dle čl. 11 odst. 11.1, je Kupující oprávněn takové skryté vady uplatnit u Prodávajícího v této delší záruční době.
- 10.10. V případě, že Prodávající oznámí Kupujícímu, že přístroj je připraven k předání a převzetí a v průběhu předávacího řízení se ukáže, že přístroj není připraven k předání Kupujícímu, je Prodávající povinen uhradit Kupujícímu veškeré náklady, které v souvislosti s neúspěšným předávacím a převjímacím řízením Kupujícímu vznikly.

## **11. Záruka a nároky z vad dodávky**

- 11.1. Záruční doba na přístroj je 24 měsíců.
- 11.2. Záruční doba začíná běžet dnem podpisu Předávacího protokolu o předání a převzetí přístroje Kupujícím. Je-li přístroj převzat, byť i jen s jednou vadou nebo nedodělkem, počíná běžet záruční doba ode dne odstranění poslední vady Prodávajícím.
- 11.3. U přístroje či jeho částí, které mají vlastní záruční listy, je záruční doba stanovena v délce tam vyznačené, nejméně však v délce uvedené v odst. 11.1 tohoto článku Smlouvy.
- 11.4. Požadavek na odstranění vady dodávky uplatní Kupující u Prodávajícího bez zbytečného odkladu po jejím zjištění, nejpozději však poslední den záruční lhůty, není-li jinde v této Smlouvě stanoveno výslovně jinak, a to písemným oznámením zaslaným odpovědnému zástupci ve věcech technických Prodávajícího uvedenému v této Smlouvě. I reklamace odeslaná Kupujícím v poslední den záruční lhůty se má za včas uplatněnou.
- 11.5. V písemné reklamaci Kupující uvede popis vady a způsob, jakým vadu požaduje odstranit. Kupující je oprávněn:
- (i) požadovat odstranění vad dodáním náhradního přístroje či jeho částí za vadný přístroj či jeho částí, nebo
  - (ii) požadovat odstranění vad opravou, jsou-li vady opravitelné, nebo
  - (iii) požadovat přiměřenou slevu z kupní ceny.
- 11.6. Volba mezi výše uvedenými nároky z vad dodávky náleží Kupujícímu. Kupující je dále oprávněn odstoupit od Smlouvy, je-li dodáním přístroje s vadami Smlouva porušena podstatným způsobem. Za podstatné porušení se považuje vždy situace, kdy dodávka (nebo její část) nedosahuje nebo v záruční době přestane dosahovat minimálních parametrů požadovaných Kupujícím a uvedených ve Výchozích podkladech nebo v této Smlouvě.
- 11.7. Prodávající se zavazuje reklamované vady dodávky bezplatně odstranit.
- 11.8. Prodávající se zavazuje zahájit úkony směřující k odstranění vady do 24 hodin ode dne obdržení reklamace od Kupujícího, v uvedené lhůtě se zavazuje reklamaci prověřit, diagnostikovat vadu, oznámit Kupujícímu, zda reklamaci uznává, a písemně sdělit Kupujícímu, zda je k odstranění vady nutný specializovaný náhradní díl. Doba sobot, nedělí a svátků se do lhůty dle věty první tohoto odstavce Smlouvy nezapočítává.
- 11.9. V případě, že k odstranění vady přístroje není nutné zajištění náhradních dílů, je Prodávající povinen vadu odstranit do 48 hodin ode dne obdržení reklamace. Doba sobot, nedělí a svátků se do lhůty dle věty první tohoto odstavce Smlouvy nezapočítává. Je-li k odstranění vady přístroje nutné zajistit na trhu v Evropském hospodářském prostoru (EEA) běžně dostupné náhradní díly přístroje, pak je Prodávající povinen vadu odstranit do 5 pracovních dnů ode dne

obdržení reklamace. Je-li k odstranění vady přístroje nutné prokazatelně zajistit specializované náhradní díly, pak je Prodávající povinen vadu odstranit do 4 týdnů ode dne obdržení reklamace, nedohodnou-li se Smluvní strany následně jinak. Za specializované náhradní díly jsou pokládány náhradní díly, které je nutné nechat vyrobit na zakázku, nebo náhradní díly, které nejsou běžně dostupné v Evropském hospodářském prostoru ve lhůtě pěti pracovních dnů ode dne obdržení reklamace.

- 11.10. Nevyřeší-li Prodávající reklamaci a současně neoznámí-li odstranění vady Kupujícímu nejpozději do 5 dnů ode dne uplynutí termínů uvedených v ustanovení čl. 11 odst. 11.8 a 11.9, má se za to, že vada je neodstranitelná a Kupující je oprávněn od smlouvy odstoupit.
- 11.11. I v případě, že Prodávající vadu neuzná, je povinen vadu odstranit, a to ve lhůtách uvedených v odst. 11.8 a 11.9 tohoto článku Smlouvy, nedohodnou-li se Smluvní strany jinak. V případě, že Prodávající vadu neuzná, bude oprávněnost reklamace ověřena znaleckým posudkem, který nechá zpracovat Kupující. V případě, že bude reklamace označena znalcem za oprávněnou, ponese Prodávající i náklady na vyhotovení znaleckého posudku. Prokáže-li se, že Kupující reklamoval vadu neoprávněně, je Kupující povinen uhradit Prodávajícímu účelně a prokazatelně vynaložené náklady na odstranění vady.
- 11.12. O odstranění reklamované vady sepiší Smluvní strany protokol, ve kterém potvrdí odstranění vady. O dobu, která uplyne ode dne uplatnění reklamace do odstranění vady, se prodlužuje záruční lhůta.
- 11.13. V případě, že Prodávající neodstraní vadu ve lhůtách uvedených v odst. 11.8 a odst. 11.9 tohoto článku Smlouvy, případně ve lhůtě sjednané Smluvními stranami, nebo pokud Prodávající odmítne vadu odstranit, je Kupující oprávněn nechat vadu odstranit na své náklady a Prodávající je povinen uhradit Kupujícímu náklady na odstranění vady, a to do 10 dnů poté, co jej k tomu Kupující vyzve. Tento postup Kupujícího však nezavazuje Prodávajícího odpovědnosti za vady a jeho záruka trvá ve sjednaném rozsahu.
- 11.14. Poskytnutí záruky se nevztahuje na vady způsobené neodborným zacházením, nesprávnou nebo nevhodnou údržbou, nedodržováním předpisů výrobců pro provoz a údržbu zařízení, které Kupující od Prodávajícího převzal při předání nebo o kterých Prodávající Kupujícího písemně poučil. Záruka se rovněž nevztahuje na vady způsobené hrubou nedbalostí nebo úmyslným jednáním.
- 11.15. Smluvní strany vylučují použití ust. § 1925 OZ, věta za středníkem. Právo z vadného plnění lze uplatnit souběžně s právem na náhradu škody.

## **12. Záruční a pozáruční servis, zajištění náhradních dílů k přístroji**

- 12.1. Prodávající je povinen v průběhu záruční doby provádět bezplatně veškeré servisní úkony přístroje, jejichž provedením podmiňuje platnost záruky, a to do 10 pracovních dnů ode dne

zaslání žádosti Kupujícího o provedení servisního úkonu odpovědnému zástupci Prodávajícího. Prodávající je povinen písemně upozornit Kupujícího minimálně 30 dnů předem o povinnosti provedení bezplatného servisního úkonu, jehož provedením podmiňuje platnost záruky. Prodávající je dále povinen před koncem záruční doby na písemnou žádost Kupujícího provést bezplatnou servisní prohlídku dodaného přístroje a jeho částí.

- 12.2. Prodávající se dále zavazuje po dobu 5 let ode dne uplynutí posledního dne záruční doby na přístroj zajistit Kupujícímu na jeho výzvu pozáruční servis formou servisních prohlídek za cenu v místě a čase obvyklou, a to nejpozději do 5 pracovních dnů ode dne doručení písemné výzvy Kupujícího k provedení pozáručního servisu, nedohodnou-li se Smluvní strany jinak.
- 12.3. Prodávající je povinen po dobu 5 let ode dne uplynutí posledního dne záruční doby na přístroj zajistit pro Kupujícího za úplatu dostupnost všech náhradních dílů k přístroji a jejich dodání Kupujícímu, a to do 4 týdnů ode dne jejich objednání Kupujícím, a to za cenu v době a místě obvyklou.

### **13. Smluvní pokuty**

- 13.1. V případě, že Prodávající bude v prodlení proti termínu předání a převzetí dodávky uvedenému v článku 6. odst. 6.1 této Smlouvy, je Kupující oprávněn účtovat Prodávajícímu smluvní pokutu ve výši 0,5 % z kupní ceny za každý i započatý den prodlení.
- 13.2. V případě, že Prodávající neodstraní řádně reklamovanou vadu přístroje ve lhůtě uvedené v článku 11. odst. 11.8 a odst. 11.9 nebo ve sjednané době, je Kupující oprávněn účtovat Prodávajícímu smluvní pokutu ve výši 2.000,- Kč za každou reklamovanou vadu, u níž je Prodávající v prodlení s odstraněním, a za každý započatý den prodlení. Pokud Prodávající neposkytne Kupujícímu pozáruční servis ve lhůtě uvedené v článku 12. odst. 12.2 či poruší povinnost uvedenou v článku 12. odst. 12.3, je Kupující oprávněn účtovat Prodávajícímu smluvní pokutu ve výši 2.000,- Kč za každý započatý den prodlení s poskytnutím pozáručního servisu/se splněním takové povinnosti, maximálně však do výše kupní ceny dle této Smlouvy.
- 13.3. Odstoupí-li Kupující od této Smlouvy v souladu s článkem 11 odst. 11.10, zavazuje se Prodávající uhradit Kupujícímu vzniklou škodu a zaplatit smluvní pokutu ve výši 100.000,- Kč (slovy sto tisíc korun českých).
- 13.4. Pokud Kupující neuhradí v termínech uvedených v této Smlouvě kupní cenu, je povinen uhradit Prodávajícímu úrok z prodlení v zákonné výši, ledaže Kupující prokáže, že prodlení s úhradou kupní ceny bylo způsobeno z důvodu opožděného uvolnění prostředků poskytovatelem dotace.
- 13.5. V případě, že přístroj či jakákoliv jeho část, která je předmětem dodávky na základě této Smlouvy, nebude dosahovat minimálně parametrů požadovaných Kupujícím a uvedených v Nabídce Prodávajícího, je Kupující oprávněn od Smlouvy odstoupit.

13.6. Povinná Smluvní strana musí uhradit oprávněné Smluvní straně smluvní sankce nejpozději do 15 kalendářních dnů ode dne obdržení příslušného vyúčtování od druhé Smluvní strany.

13.7. Smluvní strany vylučují použití ustanovení § 2050 OZ. Nárok na náhradu škody má Kupující vždy zachován.

#### **14. Ukončení Smlouvy**

14.1. Tuto Smlouvu lze ukončit splněním, dohodou Smluvních stran nebo odstoupením od Smlouvy z důvodů stanovených v zákoně nebo ve Smlouvě.

14.2. Kupující je dále oprávněn od Smlouvy odstoupit bez jakýchkoliv sankcí, nastane-li i některá z níže uvedených skutečností:

- (i) Kupujícímu bude odňata finanční dotace,
- (ii) Dojde-li k podstatnému porušení povinností uložených Prodávajícímu touto Smlouvou (viz odstavec 14.3 tohoto článku),
- (iii) Prodávající vstoupí do likvidace;
- (iv) Vůči majetku Prodávajícího probíhá insolvenční (nebo obdobné) řízení, v němž bylo vydáno rozhodnutí o úpadku, nebo byl insolvenční návrh zamítnut proto, že majetek nepostačuje k úhradě nákladů insolvenčního řízení, nebo byl konkurs zrušen proto, že majetek byl zcela nepostačující nebo byla zavedena nucená správa podle zvláštních právních předpisů,
- (v) Vyjde-li najevo, že Prodávající uvedl v Nabídce informace nebo doklady, které neodpovídají skutečnosti a které měly nebo mohly mít vliv na výsledek Zadávacího řízení, které vedlo k uzavření této Smlouvy (§ 223 odst. 2 ZZVZ),
- (vi) Bude-li Prodávajícímu uložena smluvní pokuta v maximální přípustné výši; nárok na zaplacení pokuty odstoupením z tohoto důvodu nezaniká.

14.3. Za podstatné porušení této Smlouvy bude považováno:

- (i) Prodlení Prodávajícího proti termínu předání a převzetí dodávky uvedenému v článku 6. odst. 6.1 této Smlouvy trvající déle než 1 měsíc;
- (ii) Přenechání/převod/přechod práv a povinností Prodávajícího z této Smlouvy na třetí osobu bez písemného souhlasu Kupujícího;
- (iii) Prodávající při plnění této Smlouvy opakovaně (soustavně) porušuje právní předpisy, regulace, technické standardy a normy České republiky či jiných států, k jejichž dodržování se touto Smlouvou zavázal;
- (iv) porušení této Smlouvy ze strany Prodávajícího takovým způsobem, že v jeho důsledku nemůže Kupující dostat cílům, pro které Smlouvu sjednal, nebo jestliže v důsledku takového jednání Prodávajícího vznikne Kupujícímu větší škoda;

- (v) pokud kdykoliv v průběhu záruční doby přestane přístroj splňovat parametry uvedené v příloze č. 1. této Smlouvy.

- 14.4. Prodávající je oprávněn od Smlouvy odstoupit v případě podstatného porušení Smlouvy Kupujícím. Za podstatné porušení Smlouvy se považuje nezaplacení kupní ceny v termínu stanoveném touto Smlouvou, ač Prodávající Kupujícího na toto porušení písemně upozornil a poskytl mu dostatečně dlouhou lhůtu k dodatečnému splnění této povinnosti.
- 14.5. Kupující je oprávněn od Smlouvy odstoupit i pouze ve vztahu k části plnění (dodávky).

## **15. Zástupci Smluvních stran, oznamování**

- 15.1. Prodávající jmenoval tohoto odpovědného zástupce pro komunikaci s Kupujícím ve věcech technických v souvislosti s předmětem plnění dle této Smlouvy:  
Ve věcech technických:
- 15.2. Není-li v této Smlouvě ujednáno jinak, veškerá oznámení, která mají nebo mohou být učiněna mezi Smluvními stranami podle této Smlouvy, musí být vyhotovena písemně a doručena druhé Smluvní straně oprávněnou zasilatelskou službou, osobně (s písemným potvrzením o převzetí) nebo doporučenou zásilkou odeslanou s využitím provozovatele poštovních služeb; má se za to, že takové oznámení došlo třetí pracovní den po odeslání, bylo-li však odesláno na adresu v jiném státu, pak patnáctý pracovní den po odeslání. V případě reklamace lze písemné oznámení zaslat také prostřednictvím e-mailu.

## **16. Doložka o rozhodném právu**

- 16.1. Tato Smlouva a veškeré právní vztahy z ní vzniklé se řídí výlučně právním řádem České republiky.
- 16.2. Smluvní strany berou na vědomí a uznávají, že v oblastech výslovně neupravených touto Smlouvou platí ustanovení OZ.
- 16.3. Veškeré spory vzniklé z této Smlouvy či z právních vztahů s ní souvisejících budou Smluvní strany řešit jednáním. V případě, že nebude možné spor urovnat jednáním, bude takový spor rozhodovat na návrh jedné ze Smluvních stran příslušný soud v České republice.

## **17. Práva duševního vlastnictví**

- 17.1. Tento článek se aplikuje pouze v případě, že součástí dodávaného přístroje je i software nezbytný pro jeho řádné užití/provoz, či v případě, že si Kupující v rámci specifikace předmětu plnění dodání softwaru stanovil.
- 17.2. Smluvní strany prohlašují, že se dohodly tak, že odměna Prodávajícího za poskytnutí licence k softwaru je již zahrnuta v kupní ceně dle čl. 5 této Smlouvy.
- 17.3. Prodávající prohlašuje, že poskytnutím licencí Kupujícímu neporušuje práva duševního vlastnictví třetích osob a že je oprávněn na Kupujícího licenci převést. V případě, že Prodávající nedodrží toto ustanovení, zavazuje se uhradit veškeré nároky třetích osob z důvodu porušení práv duševního vlastnictví třetích osob a dále náhradu škody způsobenou tím Kupujícímu.
- 17.4. Prodávající touto Smlouvou poskytuje Kupujícímu uživatelskou licenci k části předmětu plnění – softwaru jako nevýhradní, nepřenositelné a časově neomezené právo užívání této části předmětu plnění.
- 17.5. Prodávající prohlašuje, že je nositelem autorských práv k softwaru a neposkytnul dříve licenci k softwaru jako výhradní třetí osobě (ledaže nabyvatel výhradní licence udělil s uzavřením této smlouvy písemný souhlas), nebo je alespoň nositelem oprávnění k výkonu práva software užit způsobem, kdy může licenci v rozsahu dle této smlouvy poskytnout Kupujícímu.

## **18. Závěrečná ujednání**

- 18.1. Smluvní strany prohlašují, že vzájemná plnění dle této Smlouvy jsou v odpovídajícím poměru.
- 18.2. Tato Smlouva, včetně příloh, představuje úplnou a ucelenou smlouvu mezi Kupujícím a Prodávajícím.
- 18.3. Smluvní strany se dohodly, že Prodávající není oprávněn započíst svou pohledávku, ani pohledávku svého podlužníka, za Kupujícího proti pohledávce Kupujícího za Prodávajícím.
- 18.4. Prodávající není oprávněn postoupit pohledávku, která mu vznikne na základě této Smlouvy nebo v souvislosti s ní, na třetí osobu. Prodávající není oprávněn postoupit tuto Smlouvu ani z části třetí osobě.
- 18.5. Prodávající se zavazuje mít po celou dobu platnosti této Smlouvy sjednáno pojištění odpovědnosti za škodu způsobenou v souvislosti s výkonem podnikatelské činnosti, a to s limitem pojistného plnění minimálně ve výši kupní ceny za předmět této Smlouvy.
- 18.6. Pokud se jakékoliv ustanovení této Smlouvy později ukáže nebo bude určeno jako neplatné, neúčinné, zdánlivé nebo nevynutitelné, pak taková neplatnost, neúčinnost, zdánlivost nebo nevynutitelnost nezpůsobuje neplatnost, neúčinnost, zdánlivost nebo nevynutitelnost Smlouvy

jako celku. V takovém případě se Strany zavazují bez zbytečného prodlení dodatečně takové vadné ustanovení vyjasnit ve smyslu ustanovení § 553 odst. 2 OZ nebo jej nahradit po vzájemné dohodě novým ustanovením, jež nejbližší, v rozsahu povoleném právními předpisy České republiky, odpovídá úmyslu Smluvních stran v době uzavření této Smlouvy.

- 18.7. Tato Smlouva nabývá platnosti dnem jejího podpisu oprávněnými osobami obou Smluvních stran a účinnosti uveřejněním v Registru smluv.
- 18.8. Tuto Smlouvu lze doplnit nebo měnit výlučně formou písemných očíslovaných dodatků, opatřených časovým a místním určením a podepsaných oprávněnými zástupci Smluvních stran. Smluvní strany ve smyslu ustanovení § 564 OZ výslovně vylučují provedení změn Smlouvy v jiné formě.
- 18.9. Poruší-li Smluvní strana povinnost z této Smlouvy či může-li a má-li o takovém porušení vědět, oznámí to bez zbytečného odkladu druhé Smluvní straně, které z toho může vzniknout újma, a upozorní ji na možné následky; v takovém případě nemá poškozená Smluvní strana právo na náhradu té újmy, které mohla po oznámení zabránit.
- 18.10. Prodávající se za podmínek stanovených touto Smlouvou zavazuje:
- (i) archivovat veškeré písemnosti zhotovené pro plnění předmětu dle této Smlouvy a umožnit osobám oprávněným k výkonu kontroly Projektu, z něhož je plnění dle této Smlouvy hrazeno, provést kontrolu dokladů souvisejících s tímto plněním, a to po celou dobu archivace Projektu, minimálně však do konce roku 2033. Kupující je oprávněn po uplynutí 10 let od ukončení plnění podle této Smlouvy od Prodávajícího výše uvedené dokumenty bezplatně převzít;
  - (ii) jako osoba povinná dle ustanovení § 2 písm. e) zákona č. 320/2001 Sb., o finanční kontrole ve veřejné správě, v platném znění, spolupůsobit při výkonu finanční kontroly, mj. umožnit všem subjektům oprávněným k výkonu kontroly Projektu, zejména Řídicímu orgánu OP VVV, přístup ke všem dokumentům, tedy i k těm částem nabídek, smluv a souvisejících dokumentů, které podléhají ochraně podle zvláštních právních předpisů (např. obchodní tajemství), a to za předpokladu, že budou splněny požadavky kladené právními předpisy; tuto povinnost rovněž zajistí Prodávající u případných poddodavatelů Prodávajícího.
- 18.11. Tato Smlouva je sepsána v českém jazyce ve čtyřech (4) vyhotoveních, z nichž každé vyhotovení má povahu originálu. Každá ze Smluvních stran obdrží po dvou (2) vyhotoveních. Nedílnou součástí Smlouvy jsou tyto přílohy:
- Příloha č. 1: Technická specifikace,*
- Příloha č. 2: Nabídka Prodávajícího předložená v rámci Zadávacího řízení v části, která předmět plnění technicky popisuje.*

Smluvní strany stvrzují Smlouvu podpisem na důkaz souhlasu s celým jejím obsahem.

V Praze dne \_\_\_\_\_

V Praze dne \_\_\_\_\_

Za: **České vysoké učení technické v Praze,**  
**Fakulta strojní**

Za: **OptiXs, s.r.o.**

\_\_\_\_\_  
Prof. Ing. Michael Valášek, DrSc.,  
děkan Fakulty strojní

\_\_\_\_\_  
Ing. Martin Klečka,  
Jednatel

## Technická specifikace - Anemometrický systém PIV pro neinvazivní měření rychlostních polí tekutin

### Předmět plnění veřejné zakázky

Zadavatel při své činnosti již používá počítače typu PC, operační systém Windows 7 a 10 EN 64 bit, a sám používá i spolupracuje s vědeckými pracovišti (AV ČR v.v.i. a jiné technické univerzity), které používají PIV systémy pro měření rychlostních polí tekutin, které ukládají naměřená data ve formátu .DYNAMIX. Zadavatel rovněž používá softwarový balík Matlab a grafický balík Tecplot.

Předmětem plnění této veřejné zakázky je **planární laserový anemometrický systém (PIV, Particle Image Velocimeter) pro neinvazivní měření rychlostních polí tekutin** (dále jen „**Přístroj**“).

**Přístroj musí splňovat níže uvedené požadavky:**

#### 1. Základní požadavky:

- 1.1. možnost získávat bezkontaktním způsobem současně dvě složky celého rychlostního pole v tekutinách
- 1.2. možnost měřit rychlostní pole o velikosti od 4 x 6 cm do 40 x 60 cm, tolerance rozměrů  $\pm 10\%$ , tolerance poměru stran  $\pm 10\%$ ,
- 1.3. možnost ukládat, zpracovávat a analyzovat naměřená data pomocí aplikačního softwaru.

Podrobná specifikace jednotlivých komponent systému je uvedena níže:

#### 2. Optická část:

- 2.1. musí obsahovat dvojpulzní Nd:YAG laser s energií minimálně 2 x 200mJ při opakovací frekvenci alespoň 15 Hz,
- 2.2. cylindrická optika pro tvorbu měřicí světelné roviny musí umožňovat plynule nastavovat tloušťku měřicí světelné roviny,
- 2.3. cylindrická optika musí umožňovat nastavovat úhel divergence světelné roviny alespoň v sedmi stupních divergence,
- 2.4. cylindrická optika musí umožňovat odchýlení osy roviny světelného řezu o 90° od osy laserové hlavy (tedy obsahovat modul zrcadla 90°),
- 2.5. musí obsahovat jednu sCMOS kameru s minimálním rozlišením 5 Mpixel a minimální snímkovou frekvencí 35 Hz, doba mezi dvěma snímky kratší než 1 mikrosekunda, možnost parciálního odečítání části obrazu, frekvence snímků musí být alespoň 2,2krát vyšší než frekvence laseru,
- 2.6. musí obsahovat objektiv kamery, s ohniskovou vzdáleností 50mm  $\pm$  5mm a f/1,4 nebo lepší,

- 2.7. musí obsahovat objektiv kamery, s ohniskovou vzdáleností 80mm  $\pm$  5mm a f/1,4 nebo lepší.
- 2.8. objektivy a kamera musejí mít bajonet F-mount,
- 2.9. musí obsahovat interferenční filtr vhodný pro typ laseru Nd:YAG pro odstranění denního světla, kompatibilní s objektivy kamery,
- 2.10. musí obsahovat kvalitní stativ pro kameru, s nastavitelnou výškou, a s hlavou se třemi stupni volnosti.

### **3. Elektronická část:**

- 3.1. elektronika ovládání měření a sběru dat musí být na bázi PC-kompatibilního počítače, přičemž tento počítač je součástí dodávky,
- 3.2. součástí dodávky musí být karta sběru dat z kamery (frame grabber), umožňující plné využití vlastností kamery,
- 3.3. součástí dodávky musí být i elektronika synchronizace laseru a kamery,
- 3.4. možnost softwarového ovládání laserů i kamer z aplikačního softwaru,
- 3.5. součástí dodávky musí být systém analogového sběru dat, s nejméně čtyřmi kanály, s frekvencí vzorkování nejméně 2,5 MHz na kanál.

### **4. Softwarová část:**

- 4.1. software musí být způsobilý pracovat v operačním systému Windows 10 EN 64 bit,
- 4.2. software musí plně ovládat hardware měřicího systému, tedy laser, kameru i synchronizaci měření,
- 4.3. software musí vyhodnocovat ze získaných dat dvě složky pole rychlosti pomocí FFT,
- 4.4. software musí umožňovat zpracovávat naměřená rychlostní pole na veličiny obvykle používané v mechanice tekutin (střední a rms složky, složky vektorů rychlosti, pole vířivosti a další),
- 4.5. software musí být schopný definovat a generovat nepravoúhlé vyhodnocovací mřížky s tvarem a hustotou odpovídající struktuře proudění,
- 4.6. software musí umožňovat tzv. dynamické maskování pohybujících se předmětů v proudící tekutině („dynamic masking“),
- 4.7. software musí umožňovat použití distribuovaného zpracování naměřených dat na několika v síti propojených počítačích současně (tyto počítače nejsou součástí dodávky),

- 4.8. software musí být schopný exportovat výsledky a jejich zpracování do softwarového systému Matlab, a po zpracování v Matlabu data on-line importovat zpět do aplikačního softwaru k dalšímu zpracování a ukládání,
- 4.9. software musí umožňovat ukládat data a načítat uložená data také ve formátu souborů kompatibilním s formátem „.DYNAMIX“),
- 4.10. software musí umožňovat používání zákaznických skriptů pro tvorbu zákaznického zpracování dat („macro-programming interface“),
- 4.11. software musí obsahovat rovněž knihovnu předprogramovaných postupů zpracování naměřených obrazů („image processing library“),
- 4.12. software musí umožňovat ukládat analogová data společně s ukládáním naměřených hodnot proudových polí, a jejich časovou synchronizaci,
- 4.13. software musí umožňovat softwarové ovládání traverzeru typu „ISEL“ (který není součástí zakázky) přímo z aplikačního softwaru, a také tvorbu traverzačních plánů,
- 4.14. software musí být dodán alespoň se dvěma softwarovými permanentními licencemi, z nichž alespoň jedna bude umožňovat plné ovládání hardwaru systému (druhá licence může umožňovat pouze analýzu naměřených dat).

## **5. Ostatní:**

- 5.1. součástí dodávky musí být také generátor aerosolu DEHS pro PIV měření ve vzduchu, s velkým objemem dodávaného aerosolu,
- 5.2. součástí dodávky musí být alespoň 5 litrů DEHS (Di-Ethyl-Hexyl-Sebacic-Acid-Ester),
- 5.3. celé dodávané zařízení musí používat napájení ze standardní sítě 220/240 V, 50 Hz,
- 5.4. součástí dodávky musí být i měřicí počítač pro sběr, ukládání a zpracování dat, včetně příslušenství (klávesnice, myš, display),
- 5.5. součástí dodávky musí být i ochranné pracovní pomůcky – ochranné brýle pro vlnovou délku použitého laseru v počtu alespoň tří kusů,
- 5.6. součástí dodávky musí být i brýle pro seřizování optiky (útlum cca 90%) pro vlnovou délku použitého laseru v počtu alespoň dvou kusů.

# EverGreen, a state of the art laser for PIV



Tough, Rugged, Reliable.  
Simply easy to use



  
**EverGreen**  
**BIG SKY LASER SERIES.**

# User-friendly EverGreen

## FREES YOU TO CONCENTRATE ON THE ART OF PIV

### COMPACT AND PORTABLE

The EverGreen PIV system was designed to move with the experiment. It is at home in the lab, wind tunnel, and in the outside world. The most interesting flows and turbulence may not be in controlled environments.

#### + SINGLE HEAD: COMPACT SIZE

The EverGreen incorporates two lasers into a single rugged monoblock. Quantel fits this into the smallest footprint possible. Wrestling with two lasers and two power supplies is no longer necessary. Roll bar handles on the laser head allow you to grab and go to your next installation.

#### + SINGLE POWER SUPPLY: EASY CARRY HANDLE AND SMALL SIZE

The single Integrated Cooling and Electronic (ICE) unit is also small and portable. Closed loop water-to-air cooling avoids the need for an external water supply. This 18 kg (40 lbs) miniaturized ICE powers all the EverGreen models.

### QUICK SET-UP

There is no need to align or adjust. Faculty and students can concentrate on the science of PIV and not the tools. The EverGreen becomes a valuable instrument in the education of graduate students as it requires little training and supervision.

Industrial users value the savings from quick installation and integration.

#### + QUICK DISCONNECT CABLES

The single power cable and the water hoses quickly disconnect from the head and ICE allowing for rapid set up and transport. The focus at Quantel is on taking the lasers out of the laboratory and into "real world" applications. The laser head can be completely removed from its cabling via quick disconnects. The coolant lines self-seal allowing the operator to easily transport the laser head and ICE unit separately.

#### + INTUITIVE FRONT PANEL

A simple yet comprehensive front panel allows the user a selection of operating choices. A push of the button toggles the laser over to accept external trigger commands for more complete control.

#### + FULLY COMPATIBLE WITH COMMERCIAL PIV SYSTEMS

Integrates seamlessly with the imaging system, computer, and software.



## EASY INTERFACE

As well as supplying lasers for PIV to universities and other research institutions, Quantel works closely with the world's leading suppliers of complete PIV systems. The EverGreen fits flawlessly into existing or custom PIV systems.

### + COMPREHENSIVE INTERFACE: CONTROL PANEL, RS232, BNC EXTERNAL TRIGGERS

Easy access front panel, intuitive controls.

### + VERSATILE CONTROL

Fire one laser or both.

Choose the trigger source in single or double pulse mode.

Select internal flashlamp frequency.

Vary energy of each laser independently.

### + ALIGNMENT MODE

Laser energy can be attenuated for easy alignment of the external optics. Simply press the Alignment Mode button to toggle between low laser energy output setting and normal laser energy output.

This allows positioning of downstream optics without worry of optical damage.

### + UNIVERSAL OPTICAL MOUNTS

Attach light sheet optics directly to the laser head.





## TOUGH AND RUGGED

PIV researchers require a real world tool to study flows wherever they occur. This necessitates a laser that is as tough and rugged as the real world. Such a laser is born from the 20 years of the Big Sky Laser experience.

### + I-BEAM CONSTRUCTION

The EverGreen laser heads are all machined from a single block of aircraft grade aluminum in an I-beam configuration to ensure maximum stiffness, stability, and resistance to warping. All optics are hard mounted and, once aligned, are extremely resistant to misalignment. The folded resonator configuration places the output coupler and the rear mirror in the same plane. Any slight movement due to environment conditions occurs identically in both mirrors. Alignment is assured.

### + ROBUST BIG SKY OPTOMECHANICS

Proprietary beam combining optics ensures precision beam overlap to within +/- 100  $\mu$ rad, +/- 100  $\mu$ meters. This produces easy to use matching light sheet widths and thicknesses. Correlation noise is reduced.

### + VIBRATION TESTED DESIGN

Rugged design at home in the lab or wind tunnel. The EverGreen has undergone extensive shock and vibration testing to prove the integrity of its design and its stability to survive under harsh environmental conditions.

### + TEMPERATURE CYCLED

The EverGreen laser system is temperature cycled from 5 to 60°C and tested prior shipment. This ensures that optical components are seated and each unit performs to specifications over a wide operating range.

  
**EverGreen**  
BIG SKY LASER SERIES

## RELIABLE

Today's PIV user demands light, not a science project. The EverGreen is designed to deliver on the Big Sky Laser tradition of reliable, instantaneous laser light from the moment you take it out of the box. Laser reliability is further enhanced with the EverGreen's new maintenance free laser head and the lowest cost of ownership, ever.

### + MAINTENANCE FREE LASER HEAD

The EverGreen laser system is NitroSealed™ to make it impervious to contamination from seed particles, dust or humidity. There is never a need for the user to open the EverGreen laser head. All optics, alignment and flash lamps are warranted for two full years. No alignment or adjustment is necessary because your time is valuable.

### + LASER BRAIN

The laser brain makes switching heads simple, as calibration data is stored ready to be read by the ICE. This eliminates the need for matched head - ICE combinations.

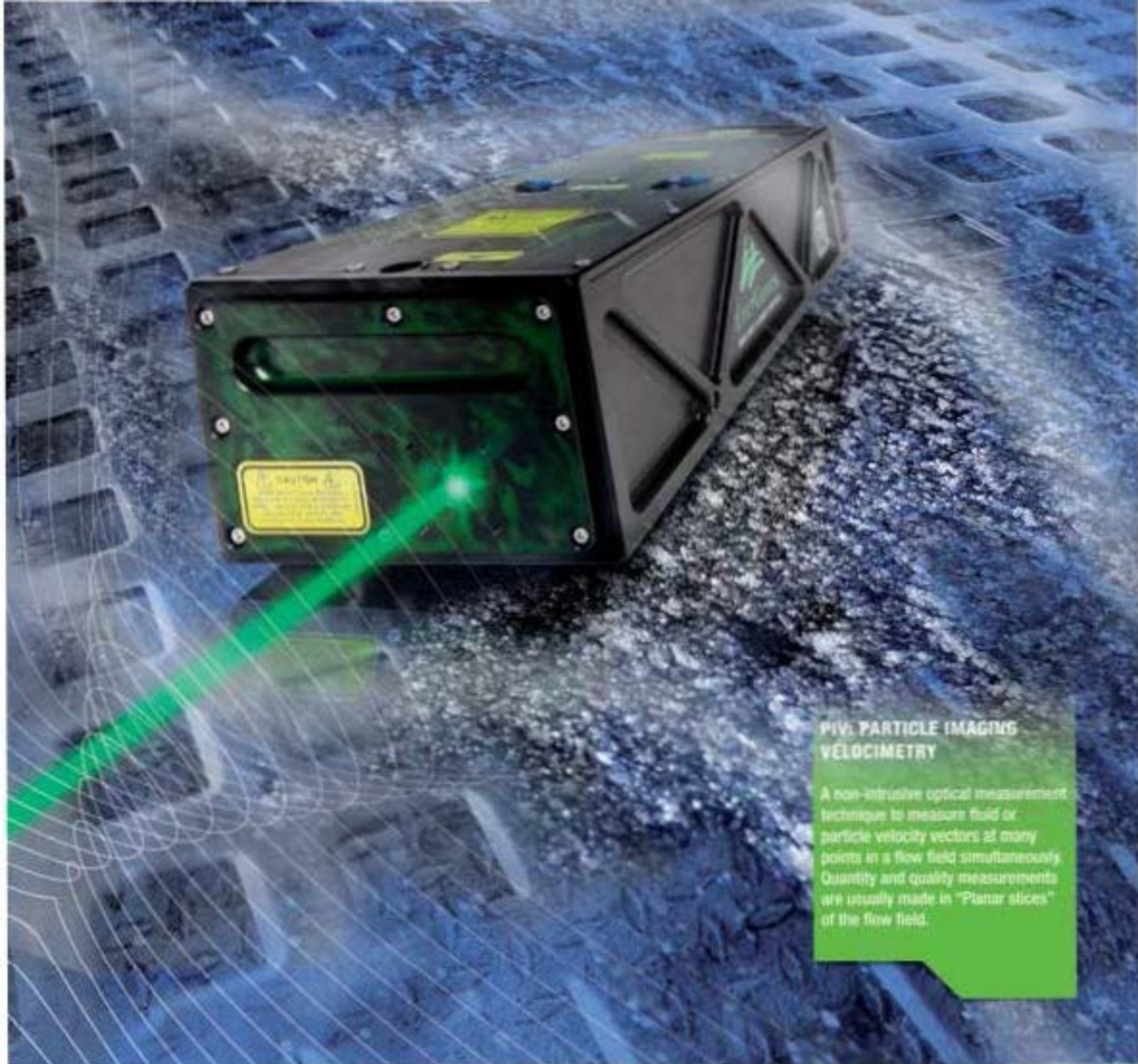
### + LOW COST OF OWNERSHIP

Only replace the deionization cartridge and water every 6 months. No maintenance required for the laser head during the warranty period.

### + COMPREHENSIVE 2-YEAR WARRANTY

Quantel prides itself on building quality products and supporting this product with exceptional service. Our lasers are designed for the user needing a rugged, reliable source for real-world applications. Our success is measured by the success of our customers. A key component of Quantel is a service organization centered on helping our customers. A service contract may be purchased with the laser or any time in the two year warranty period, without prequalification.





#### PIV: PARTICLE IMAGING VELOCIMETRY

A non-intrusive optical measurement technique to measure fluid or particle velocity vectors at many points in a flow field simultaneously. Quantity and quality measurements are usually made in "Planar slices" of the flow field.

### THE EVERGREEN FROM QUANTEL

Is a double pulsed laser system available in a choice of three energies: 70, 145 and 200 mJ at 532 nm.

These dual cavity lasers deliver two pulses of green light separated by user adjustable timing. The user precisely controls the temporal separation of each pulse from milliseconds to nanoseconds.

It is the ideal laser for Particle Imaging Velocimetry applications (PIV).



**EverGreen**  
BIG SKY LASER SERIES.



**Quantel - France**  
2 bis, avenue du Pacifique  
Z.A. de Courtaboeuf - BP 23  
91941 Les Ulis Cedex - France  
Tel. +33 (0)1 69 29 17 00

**Quantel - USA**  
601 Haggerty Lane  
Bozeman, MT 59715 - 2001 - USA  
Tel. +1 406 586 0131 / +1 877 QUANTEL

**Quantel - Germany**  
Am Wolfsmantel 46  
91058 Erlangen - Germany  
Tel. +49 (0) 9131 94088-15

E-mail : [quantel@quantel.fr](mailto:quantel@quantel.fr)

CE



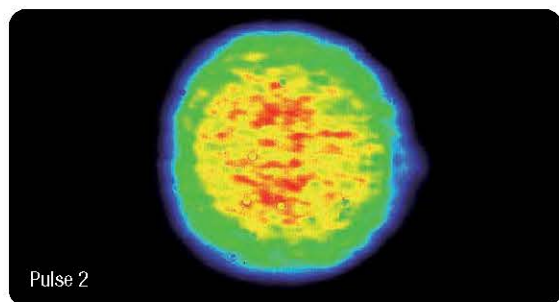
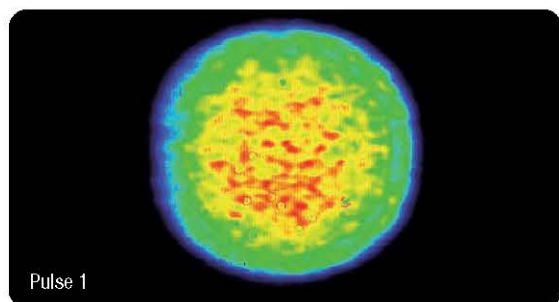
## A state of the art laser for PIV



### MAIN FEATURES

- GRAB AND GO HANDLES
- SYSTEM PARAMETERS STORED IN LASER HEAD
- BUILT TO WITHSTAND HARSH ENVIRONMENTS
- TEMPERATURE CYCLED & VIBRATION TESTED
- QUICK CONNECT UMBILICALS

### NEAR FIELD IMAGE



### DIMENSIONS

1 Integrated Cooling and Electronic (ICE)  
18 kg [40 lbs]

A 500 mm [19.7"]

B 406 mm [16"]

C 236 mm [9.3"]

2 Optical laser head  
7 kg [15.5 lbs]

A 102 mm [4"]

B 151 mm [6"]

C 400 mm [15.75"]



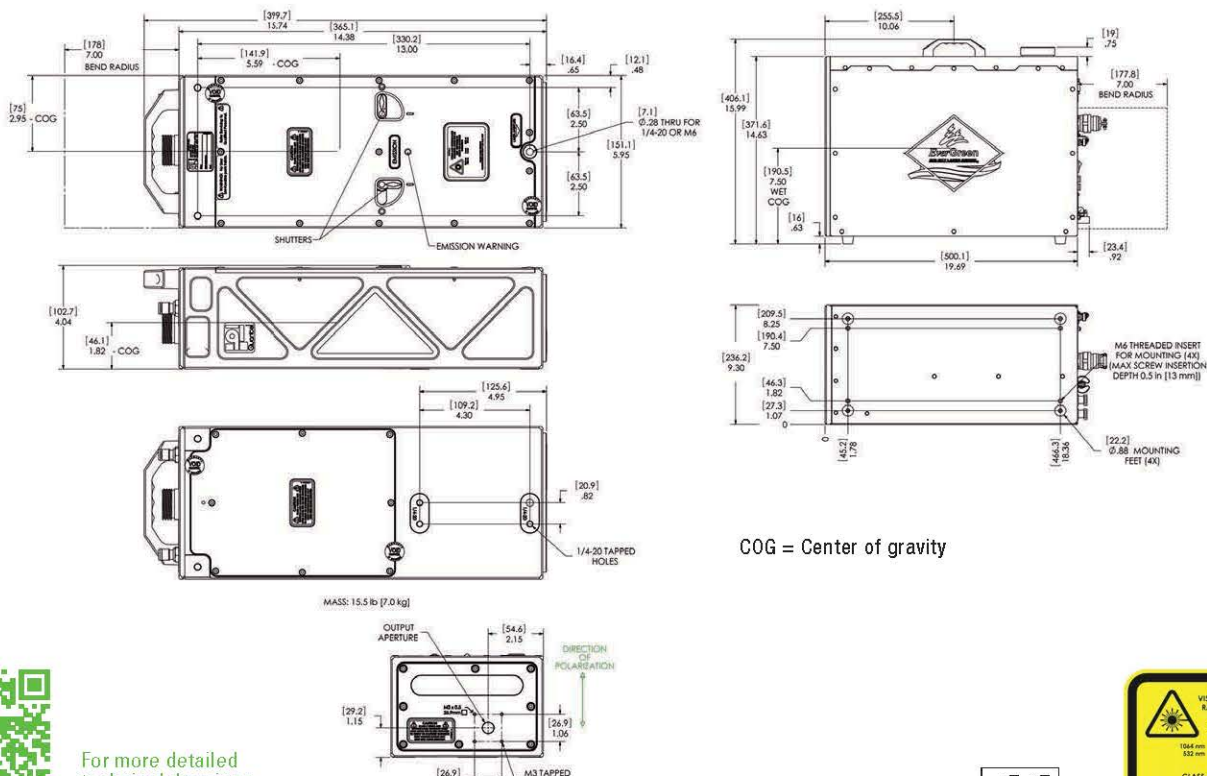
# TOUGH, RUGGED, RELIABLE. SIMPLY EASY TO USE

MODEL	EverGreen 70	EverGreen 145	EverGreen 200	EverGreen 25100	EverGreen 30266
Wavelength (nm)	532				266
Pulse repetition rate (Hz)	15			25	15
Energy (mJ)*	70	145	200	100	30
Pulse-to-pulse Energy stability (% RMS)	< 2.5		< 2		< 3
Energy drift Over 8 hours (%)	10				
Pulse width (ns)**	≤ 11	≤ 10			
Near field beam Diameter (mm)	< 5.0	< 6.35	< 6.35	< 5.0	< 6.35
Beam divergence (mrad)***	< 4				
Shot to shot Pointing stability (µrad)	< 100				
Far field beam Overlap (µrad)	± 100				
Near field beam Overlap (µm)	± 100				
Polarization	linearly polarized, vertical				
Spectral purity (%)	> 98				N/A, 266 nm collinear with residual 532 nm
Near field beam profile	flat-top, uniform				

Operational temperature range	18°C - 28°C
Storage temperature range	5°C - 50°C
Power requirements	100-240 VAC 50-60 Hz universal input
Flashlamps lifetime	100 million shots
Coolant	distilled / deionized water
Triggers	5 V nominal into 50 Ω or 5 V nominal into high-impedance, user selectable
Laser head operation	laser head assembly can operate in any orientation
Laser head sealing	sealed to IP 67 specification Do not submerge in water.
Power supply sealing	sealed to IP 21 specification
Laser vibration compliance	MIL-STD-810F Procedure 1 Category 10
Cable length	3 meters (9.84 feet) optional 10 meters (32.81 feet)

## All specifications are at 15 Hz or 25 Hz

\* Double pulsed system: energy given for each pulse \*\* FWHM at nominal energy \*\*\* Full angle containing 86.5% energy



For more detailed technical drawings, please visit [www.quantel-laser.com](http://www.quantel-laser.com)



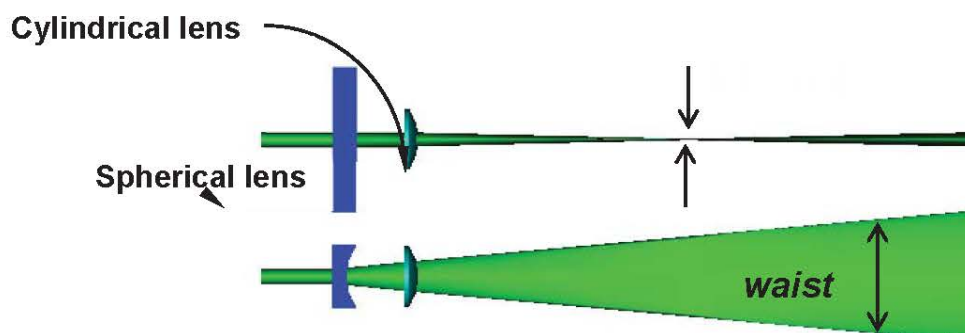
# Model 610026 Laser light sheet optics With continuous adjustable focusing

## Model 610026 Light Sheet Optics



The Modular 610026 light sheet optics has the capability to allow continuously adjustable focal length between 300 mm to 4000mm, generating an extremely uniform beam thickness from the laser. The light sheet optics can handle high power laser beams up to 500mj, with beam diameter of up to 9mm. This capability allows Model 610026 to be used in the study of large wind tunnels with long focusing distance.

Two cylindrical lenses are provided with the Modular light sheet optics. The cylindrical lens diverges the incident laser beam in one direction, creating a flat sheet of light. The divergence is controlled by the focal length of the lens (i.e. the shorter the focal length, the faster the sheet diverges). The cylindrical lenses can also be used in combination (for example the -25 and -14) to give additional divergences, up to 50 degrees.



## Specifications

Light Sheet Thickness	Variable beam waist. Light sheet thickness is dependent on the laser beam thickness and the focal lens used.
Sheet Focusing Range	300mm to 4000 mm (Dependent on beam diameter and beam divergence)
Optical Transmission	> 95%
Optical Wavelength	400 nm to 550 nm Suitable for use on Nd:YAG (532nm) and YLF lasers (527 nm)
Maximum Input Beam Diameter	9 mm
Polarisation	Not affected by the polarity of the laser beam coming out from the laser
Cylindrical Lenses	
-15 mm Lens	25 degrees divergence
-25 mm Lens	14 degrees divergence
Dimensions	
Diameter	Ø 0.05 m
Length	0.08 m

\* Specifications are subject to change without notice.

Dimensions of the light sheet thickness and height at the Waist position at some discrete focusing locations (based on beam diameter of 5 mm)

Spherical	100 mm			200 mm			500 mm			1000 mm			2000 mm		
Cyl (mm)	t (µ)	h (mm)	D (°)	t (µ)	h (mm)	D (°)	t (µ)	h (mm)	D (°)	t (µ)	h (mm)	D (°)	t (µ)	h (mm)	D (°)
-12.7	10.6	41	19.9	21	88	23.3	53	230	25.2	106	466	25.9	212	939	26
-25	10.6	18	6.9	21	42	10.3	53	114	12	106	234	13	212	474	13
-50				21	18	3.4	53	54	5.5	106	114	6.2	212	234	6.5
-100							53	24	2.1	106	54	2.7	212	114	3.1
-200							53	9	0.34	106	24	1.0	212	54	1.4

t: Thickness of the light sheet at the waist in µm

h: Height of the light sheet at the waist in mm

D: Divergence of the light sheet in degrees



UNDERSTANDING, ACCELERATED

TSI Incorporated – Visit our website [www.tsi.com](http://www.tsi.com) for more information.

USA	Tel: +1 800 874 2811	India	Tel: +91 80 67877200
UK	Tel: +44 149 4459200	China	Tel: +86 10 8219 7688
France	Tel: +33 4 91 11 87 64	Singapore	Tel: +65 6595 6388
Germany	Tel: +49 241 523030		

# LASERPULSE™ SYNCHRONIZER MODEL 610036

The LaserPulse Synchronizer Model 610036 from TSI is a programmable master timing control unit for use in Particle Image Velocimetry (PIV), and countless other related applications. As the master controller for system components, it automates control of the timing between laser pulses, camera exposure times, camera interfaces, and any external device during system set-up and image acquisition with an amazing 0.25 ns resolution. The Synchronizer enables the system to be completely computer-controlled using USB or RS-232 interface. Signals for the laser flash lamps and Q-switches, the camera, and the frame grabber are generated and automatically synchronized for accurate image acquisition through TTL and time domain trigger signal input and output, with a total of ten programmable output/input channels.



## Applications

The Model 610036 Synchronizer can be used for the following global analysis applications:

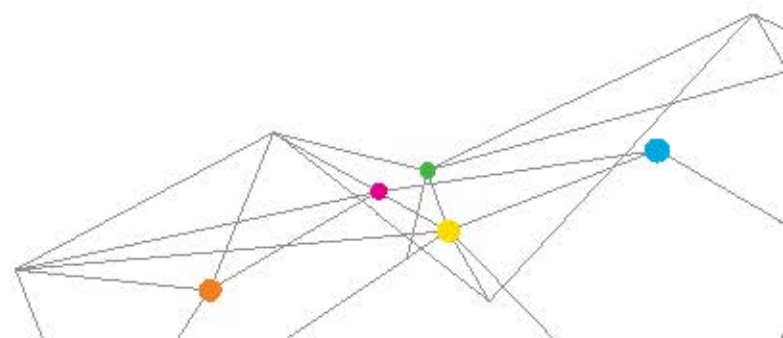
- + Particle Image Velocimetry (PIV)
- + Planar Laser-Induced Fluorescence (PLIF)
- + Time Resolved Particle Image velocimetry (TR-PIV)
- + Volumetric 3D Velocimetry (V3V)
- + MicroPIV
- + Spray Analysis and Global Sizing Velocimetry (GSV)

## Features

- + 8 independent output channels; 2 input channels
- + 250 pico second time resolution
- + Simultaneous control of multiple cameras
- + External triggering for phase-locking measurements
- + Trigger signals for PIV, PLIF, and high-speed lasers
- + Trigger signals for high resolution and high speed cameras
- + Programming through INSIGHT 4G™ Data Acquisition, Analysis and Display Software
- + Digital front panel display of settings



UNDERSTANDING, ACCELERATED



## SPECIFICATIONS

### LASERPULSE™ SYNCHRONIZER MODEL 610036

#### INSIGHT 4G™ Global Imaging, Analysis, and Display Software Platform

The INSIGHT 4G package features all of the tools needed for even the most advanced global imaging measurements, from our patented processing algorithms to the most elaborate data analysis features available. The INSIGHT 4G software platform utilizing the Windows 7 64-bit operating system provides the most powerful computing to help your flow diagnostics. Taking advantage of the Macro programming, analysis of multiple sets of experimental data can be analyzed easily and automatically. The 64-bit environment, plus the distributed processing capability over a network of computers, can also provide results more quickly.

For PIV measurements, the pulse delay time and the time between pulses necessary to collect frame-straddled images are controlled by the Synchronizer via TSI's INSIGHT 4G software.

For PLIF or other specialized imaging experiments, the Synchronizer can drive the cameras in a long exposure mode, integrating the collected light signal over multiple laser pulses or pulse-pair cycles. Simultaneous PIV/PLIF experiments can also be coordinated via the Synchronizer, providing complete control of 3 cameras (two for stereoscopic PIV measurements and one for PLIF) as well as the laser flash lamps and Q-switches. The Model 610036 Synchronizer can operate in an external trigger mode, for phase-locking PIV or PLIF measurements to some external event or periodic trigger.

Pulse Generation	
Delay	0 - 5,000 s
Pulse width	10 ns to 1,000 s
Resolution	0.25 ns
Timebase	100 MHz, Low jitter PL
RMS jitter	<50 ps
Outputs	
Outputs	TTL/CMOS, Adjustable 2 - 20 V, 35 V (optional)
Impedance	50 Ohms
Slew Rate	>0.5 V/ns
Overshoot	<100mV + 10% of pulse amplitude
Amplitude	2.0 - 10 VDC into 1 Kohm load 1.0 - 10 VDC into 50 ohms
External Trigger	
Rate	DC to 5MHz
Threshold	500 mV to 15 V
Input range	60 V Peak
Trigger slope	rising or falling edge
RMS jitter	50 ps
Hardware	
Communication to computer	USB, RS-232
Operating voltage	120/240 VAC, 50-60 Hz
Dimensions (H x W x D)	8 x 4.75 x 10.5 in (20.3 x 12 x 26.7 cm)
Weight	2.5 lb. (1.1 kg)

Specifications are subject to change without notice.



UNDERSTANDING, ACCELERATED

TSI Incorporated - Visit our website [www.tsi.com](http://www.tsi.com) for more information.

USA	Tel: +1 800 874 2811	India	Tel: +91 80 67877200
UK	Tel: +44 149 4 459200	China	Tel: +86 10 8219 7688
France	Tel: +33 491 118764	Singapore	Tel: +65 6595 6388
Germany	Tel: +49 241 523030		

# Zyla sCMOS

Introducing Zyla 4.2 PLUS

82% QE and Industry Fastest Speed



## NEW ZYLA 4.2 PLUS

- 4.2 megapixel sCMOS
- 82% QE, optimized for all fluorophores
- 0.9 e<sup>-</sup> read noise
- 100 fps (53 fps USB 3.0)
- 33,000:1 dynamic range

## ZYLA 5.5

- 5.5 megapixel sCMOS
- Rolling & True Global Shutter
- 1.2 e<sup>-</sup> read noise
- 100 fps (40 fps USB 3.0)
- 25,000:1 dynamic range



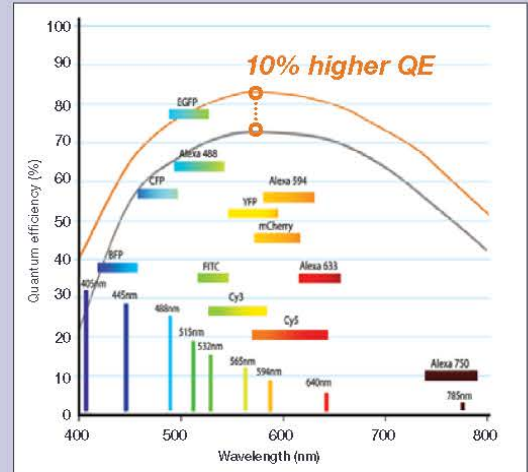
- ✓ QE Boosted to 82%
- ✓ Industry fastest USB 3.0 speeds
- ✓ >99.8 % Quantitative Linearity

# KEY INNOVATIONS OF THE NEW ZYLA 4.2 PLUS

## 1 QE Boosted to 82%

The latest-generation sCMOS sensor delivers a further 10% boost in QE, providing excellent broad coverage of the VIS/NIR region.

- ✓ Optimized for a broad range of fluorophores
- ✓ Reduced exposure times & faster frame rates
- ✓ Reduced phototoxicity / photobleaching
- ✓ Lower fluorophore concentrations – more accurate physiology



[Click here](#) to find out more about the Zyla 4.2 PLUS.



## 4 Application Modes

- LightScan PLUS** – Adapts the Rolling Shutter scan mode to applications such as Scanning LightSheet Microscopy and Line Scan Confocal
- FCS Mode** – Achieve up to 26,041 fps, ideal for Fluorescence Correlation Spectroscopy

## 2 Market Leading Speed

Superior data transfer efficiency and Zyla's unique 12-bit high speed mode combine to deliver an incredible 53 fps through super-convenient USB 3.0, up to 77% faster than competitor sCMOS cameras.

With this capability, speed is on tap to allow you to follow faster dynamic processes with improved temporal resolution. Opt for the Camera Link version to access up to a blistering 100 fps (full resolution).

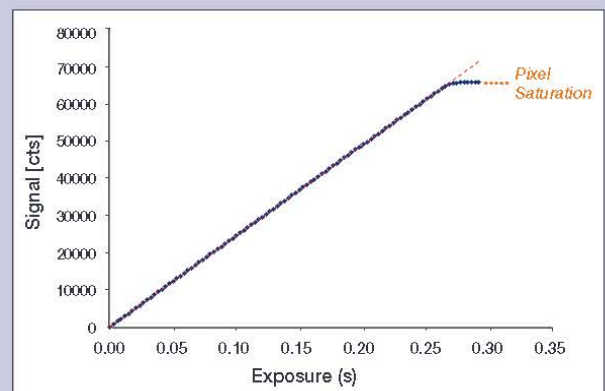
- ✓ Industry fastest USB 3.0 frame rates
- ✓ Unique 12-bit mode for even faster speeds
- ✓ Up to 77% faster (full resolution) than competing sCMOS
- ✓ Unique ROI processing capability – Faster ROI speeds
- ✓ Follow faster temporal processes with a super-convenient USB 3.0 camera

Mode	Competing sCMOS USB 3.0	Zyla 4.2 PLUS USB 3.0
12-bit/ Full resolution	Not available	53 fps
16-bit/ Full resolution	30 fps	40 fps
12-bit/ 1024 x 1024	Not available	200 fps
16-bit/ 1024 x 1024	60 fps	160 fps

## 3 Market Leading Quantitative Linearity

Zyla 4.2 PLUS uses enhanced on-head intelligence to deliver market-leading linearity of > 99.8%, for unparalleled quantitative accuracy of measurement across the full dynamic range.

- ✓ Better than 99.8% linearity
- ✓ Increased quantitative accuracy



# FEATURES & BENEFITS

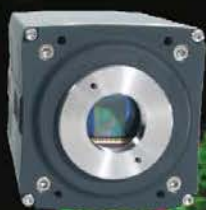


Andor's Zyla sCMOS camera platform offers high speed, high sensitivity and high resolution imaging performance. The remarkably light and compact, thermoelectrically-cooled design, integrates perfectly into both laboratory and OEM applications alike. Zyla is ideally suited to many cutting edge experiments that push the boundaries of speed and sensitivity.

The unprecedented value and flexibility of the Zyla means it is also re-defining the concept of a 'workhorse' camera, rapidly displacing interline CCDs as the gold standard microscope detector.

Feature	Benefit
<b>NEW</b> QE <sub>max</sub> boosted to 82%	Highest available photon capture efficiency across visible/NIR, optimized for all common fluorophores. Shorter exposures, reduced phototoxicity, lower dye concentrations for more accurate physiology.
~ 1 e <sup>-</sup> Read Noise	Noise floor down to 0.9e <sup>-</sup> . Lower detection limit than any CCD
<b>NEW</b> Market leading USB 3.0 speed	Superb USB 3.0 data transfer efficiency and Zyla's unique 12-bit high speed mode deliver up to 53 fps full resolution, 77% faster than competing sCMOS. Follow dynamic processes with improved temporal resolution.
100 fps (Camera Link)	Zyla offers '10-tap' CameraLink for maximum sustained frame rates. (Burst to 4GB on-head memory on Neo).
5.5 & 4.2 megapixel sensor formats and 6.5 μm pixels	Extremely sharp resolution over a 22 mm (Zyla 5.5) and 19 mm (Zyla 4.2 PLUS) diagonal field of view. Ideal for cell microscopy, astronomy and area scanning applications.
Rolling and Global shutter (Zyla 5.5)	Maximum exposure and readout flexibility across all applications. Global Shutter for 'interline CCD mode' freeze frame capture of fast moving/changing events.
Extended Dynamic Range	Unique 'dual gain amplifier' sensor architecture offering dynamic range of up to 33,000:1.
12-bit and 16-bit modes	12-bit Mode for smaller file size and absolute fastest frame rates through USB 3.0; 16-bit mode for full dynamic range
<b>NEW</b> Better than 99.8% linearity	Unparalleled quantitative measurement accuracy across the full dynamic range.
Very Low Fan Vibration	Implemented on both models. Designed with vibration sensitive experiments in mind, such as super-resolution microscopy
LightScan PLUS	Maximise fluorescence signal and confocality concurrently in applications such as Scanned Light Sheet Microscopy and Line Scanning Confocal Microscopy
<b>NEW</b> FCS Mode	Fluorescence Correlation Spectroscopy requires the fastest possible speed from a minimal height ROI. Zyla 4.2 PLUS outputs a sustained 26,041 fps from a 2048(h) x 8(v) ROI.
Dark Noise Suppression (DNS) technology	Extremely competitive low darkcurrent of 0.14 e/pix/sec with fan cooling. Maintains low noise advantage across range of exposure conditions.
TE cooling to 0° C in up to 30 °C ambient	Ideal for OEM integration into enclosed systems.
Compact and Light	Ideal for integration into space restrictive set-ups. Ideal for OEM.
<b>NEW</b> GPU Express	Simplify and optimize data transfers from camera to Graphical Processing Unit (GPU) card to facilitate accelerated GPU processing as part of the acquisition pipeline.
Dynamic Baseline Clamp	Ensure quantitative stability
Hardware Timestamp	FPGA generated timestamp with 25ns accuracy.

## Zyla 5.5



**Zyla 5.5** is truly unique in offering **both Rolling and true Global shutter** capability in one sensor. Global shutter offers 'snapshot' imaging capability, whereby all pixels in the area are exposed simultaneously, and is directly analogous to that which is available in interline CCDs. True Global shutter is only available through the '5T' (5-transistor) sensor design exploited in the Zyla 5.5 offering greater application flexibility and is ideal for tight synchronization with microscope peripheral devices such as z-stage or switchable light source.

Please see **page 6** for a further comparison of Rolling shutter and Global shutter modes.

# Zyla

## THE BIOLOGIST'S CHOICE

Zyla sCMOS has proven a superb camera choice for the biologist and microscopist. Many simply see the Zyla as an **amazing value**, superb price/performance 'workhorse' camera with which to replace their existing interline CCD and **upgrade** the performance of their fluorescence microscope. Others are driven by distinct **application performance criteria** that only sCMOS can answer.

### Quality, Throughput, Performance, Accessibility...

- **High Sensitivity & Wide Dynamic Range** – quantify very weak and very bright structures with one image.
- **Superb Image Quality** – high resolution and uniform backgrounds for publication quality imaging.
- **Capture Everything** – the larger field of view matches that of modern microscopes. Achieve better statistics and higher throughput in high content experiments.
- **Blazingly Fast** – more and more studies of cell processes require greater temporal resolution.
- **GPU Express** – for real time processing.
- **Ease of use** – designed to get you up and imaging with minimal fuss.
- **Flexible** – fast or slow, big or small, weak or bright... Zyla is adaptable for all of your imaging challenges.

### Example Areas of Application

#### Physiology / Ion Imaging

The fast frame rate and excellent sensitivity of Zyla is ideally suited to the particular needs of ion signalling microscopy. Zyla 4.2 PLUS offers superlative sensitivity at speed, but electrophysiology may require the Global Shutter exposure mode of Zyla 5.5 to ensure temporal correlation across the whole image.

#### Super Resolution Microscopy

The low vibration, high QE, low noise and speed capability of Zyla 4.2 PLUS (USB 3.0 and Camera Link) is well suited to the particular detection criteria of single molecule based 'STORM / PALM' approaches, and is used by some as an alternative to EMCCDs for this purpose. Note, this should be considered distinct from the general needs of single molecule microscopy, which are best served by back-illuminated EMCCD cameras (see Andor iXon EMCCD range). Capability to switch off interpolative filtering and provision of custom blemish maps. **GPU Express** for real time data processing.

#### High Content Screening

Zyla sCMOS yields markedly improved throughput and statistical validity of data in high content analysis. For example, a larger field of view results in analysis of more cells per image, wider dynamic range means a field of variable intensity cells can be quantified in only one acquisition, and higher sensitivity results in reduced acquisition times. **GPU Express** for real time data processing. For further information, view this article: [highcontentreview.com/scmos/](http://highcontentreview.com/scmos/)

#### Light Sheet Microscopy

Andor sCMOS cameras have been at the forefront of innovative Light Sheet Microscopy development and significantly the Zyla 4.2 PLUS is now equipped with **LightScan PLUS**.

**LightScan PLUS**, ensures the user has additional control and flexibility over the functionality of the rolling shutter scan mode. **LightScan PLUS** allows the user to scan their scanning light source from the top to the bottom of the sensor, or vice versa, in one continuous sweep. In addition to this, **FlexiScan** permits the independent adjustment of scan row height ('slit height') and line scan speed, allowing signal strength and confocality to be optimized concurrently. **CycleMax**, ensures the fastest frame rates can be achieved with no dead time and no need to reset the laser for each alternate frame. **GPU Express** for real time data processing.

#### Cell Motility

The motile cell is captured extremely well by the speed and resolution of the Zyla. Generally, the rolling shutter of Zyla 4.2 PLUS is suited, but care must be taken of distortive effects if the cell is moving particularly fast. For example, it has been noted that the Zyla 5.5 in global shutter mode was required to image motile sperm cells.

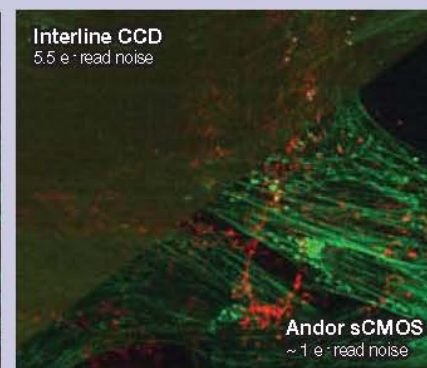
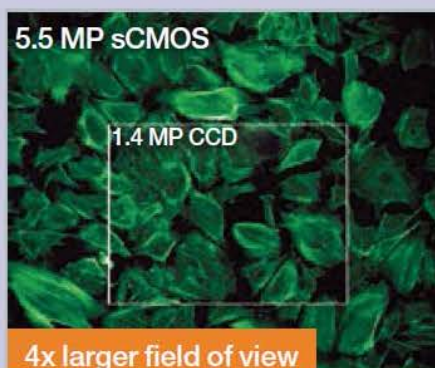
#### TIRF Microscopy

The Zyla's fine pixel resolution, great sensitivity, large field of view and fast imaging speed offers a superb choice of platform for following/tracking fast processes at the cell membrane. Multi-wavelength TIRF may benefit from Zyla 5.5 in global shutter.

### Upgrade your microscope performance using Zyla sCMOS

Zyla remains within the same price bracket as interline CCDs, yet offers remarkable performance improvements:

- 4x more pixels
- 5x more sensitive
- 10x more dynamic range
- 16x faster



# Zyla

## THE PHYSICIST'S CHOICE

Zyla sCMOS has become a well established detector amongst physicists, biophysicists and astronomers, the advanced combination of speed, sensitivity and dynamic range enabling new ground to be broken.

### Performance & Adaptability

- **Dual Amplifier** – novel pixel architecture means you don't need to pre-select gain. Access lowest read noise and full well depth simultaneously.
- **1 000 fps** – Access extremely fast frame rates through user definable Region of Interest control, suited to many applications within the physical sciences.
- **GPU Express** – for real time processing.
- **Global Shutter** – Zyla 5.5 offers this important mode that completely avoids spatial distortion, and ensures temporal correlation across all regions of the sensor. Achieve sub-microsecond inter-frame gaps in PIV applications.
- **Low darkcurrent** – low read noise is complimented by extremely competitive darkcurrent, also ensuring minimized hot pixel blemishes.
- **Cooling options** – standard Zyla 5.5 camera air cools to 0°C at up to +30°C ambient. Water cooled option available on request.
- **Blemish correction maps and advanced control** – Andor provide the capability to turn off/on blemish correction for those who prefer to perform this themselves. Bespoke blemish maps can also be provided.
- **Compact and Light** – the extremely small volume footprint of Zyla renders it adaptable to intricate optical set-ups.

### Example Areas of Application

#### Particle Imaging Velocimetry (PIV)

The true Global Shutter mode of Zyla 5.5 facilitates an inter-frame gap of down to 100 ns.

#### Lucky / Speckle Imaging

Zyla's fast frame rate and large field of view are ideal for this resolution enhancing technique. **GPU Express** for real time data processing.

#### Solar Astronomy

Fast frame rates, wide dynamic range and great linearity present a very formidable solution to the specific detector needs of next generation large solar telescopes.

#### Bose Einstein Condensation

The QE profile of Zyla is very good in the red/NIR region, ideal for BEC of Rb.

#### Adaptive Optics

Accessing > 1000 fps using ROIs renders the Zyla an ideal Wavefront detector. Use with data splitter to enable direct data access.

#### Fluorescence Correlation Spectroscopy

Superb temporal resolution from small ROIs are excellent for accurately measuring diffusion coefficients.

#### X-ray / Neutron Tomography

The Zyla can be readily lens coupled to scintillators and phosphors, presenting a high resolution, sensitive and fast solution for tomography.\*



sCMOS image of M81 and M82 in Ursa Major. Courtesy of Jin Ma, Xinglong Observatory, National Astronomical Observatory of Chinese Academy of Sciences.



#### \*Zyla HF - Fiber Optic coupled Zyla

Check out Andor's new Zyla HF Fiber Optic coupled camera, superb for fast indirect X-Ray applications such as tomography or non-destructive testing.

# ROLLING & GLOBAL SHUTTER

The **Zyla 5.5** uniquely offers both Rolling and *true* Global Shutter exposure modes. This provides superior application and synchronization flexibility and the ability, through global exposure, to closely emulate the familiar 'Snapshot' exposure mechanism of interline CCDs.

## Key Benefits of *True* Global Exposure

Global exposure in particular is viewed as an important mode for the biologist, as its benefits are deeply synergistic with the core imaging requirements of live cell microscopy.

- **NO Spatial Distortion** – avoiding the spatial distortion risk of rolling exposure
- Recommended for **3D / 4D microscopy** – Tight syncing to **peripheral switching devices**
- **Higher Signal to Noise** due to **reduced dead time** – the entire exposure cycle can be used
- **Simplicity** – all the benefits of an '**interline exposure mode**'
- **Continuous or Pulsed** light sources
- **Sub-microsecond inter-frame gaps** in **PIV applications**

## 'Simulated' Global Exposure in Zyla 4.2 PLUS

[Click here](#) to read more about this mode and other Frequently Asked Questions on Rolling and Global Exposure modes.

## Rolling & Global Shutter Mechanisms

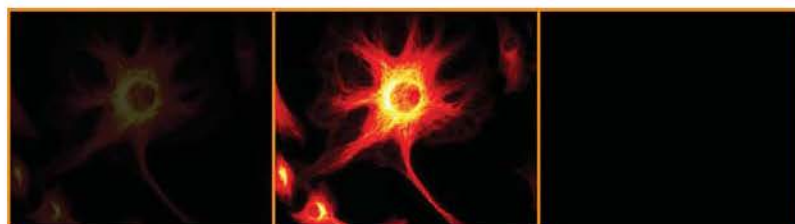
Rolling and *true* Global Shutter modes describe two distinct types of exposure and readout sequence.

In rolling shutter, available in Zyla 4.2 PLUS and Zyla 5.5, different lines of the array are exposed at different times as the read out 'wave' sweeps through the sensor. 10 ms is required at the start to 'activate' the sensor to expose, and then 10 ms is required at the end to readout the sensor. Use when not synchronizing to peripheral devices AND only when there is a minimal risk of spatial distortion from moving samples.

In *true* global shutter, available in Zyla 5.5, each pixel in the sensor begins the exposure simultaneously and ends the exposure simultaneously. This provides a true 'Snapshot' exposure capability for moving samples that is both 'photon-efficient' and easy to synchronize to, especially useful for 3D / 4D microscopy. Zyla 4.2 PLUS, while utilizing a rolling shutter sensor, offers a *Simulated* Global Exposure mechanism to overcome risk of spatial distortion. This mechanism is more elaborate and less photon/time efficient than *true* Global Shutter.

[Click here](#) to read more about Rolling and Global shutter modes on our Zyla camera.

### Global Shutter exposure and readout (single scan)

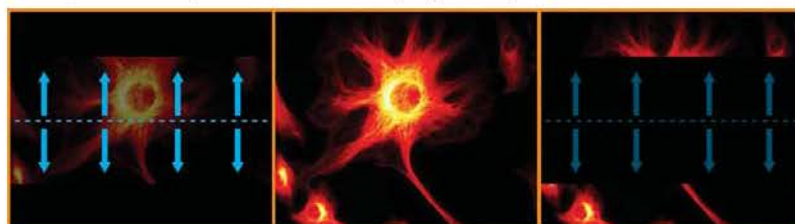


Exposure Start

Exposure

Exposure End

### Rolling Shutter exposure and readout (single scan)



Exposure Start

Exposure

Readout

For further information of Rolling and Global Shutter, please access the following technical notes through the Andor Learning Centre: 1) Rolling and Global Shutter 2) Synchronizing to Rolling and Global Shutter sCMOS cameras

## LightScan PLUS for Zyla 4.2 PLUS

### Key Benefits:

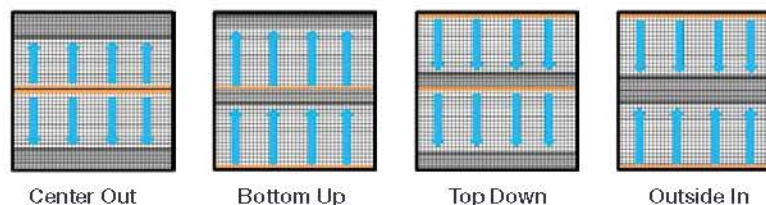
- independent control of scan row height ('slit height') and line scan speed.
- optimize signal to noise AND confocality concurrently
- scan synchronization output for easy syncing to laser beam

### CycleMax

- maximum frame rates with reduced dead-time, no need to reset scan laser for each alternate frame

[Click here](#) to find out more about LightScan PLUS.

### Simultaneous Readout Direction Options



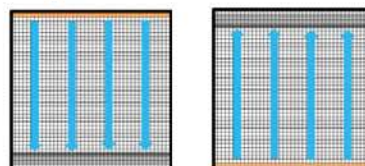
Center Out

Bottom Up

Top Down

Outside In

### Sequential Readout Direction Options



Top Down

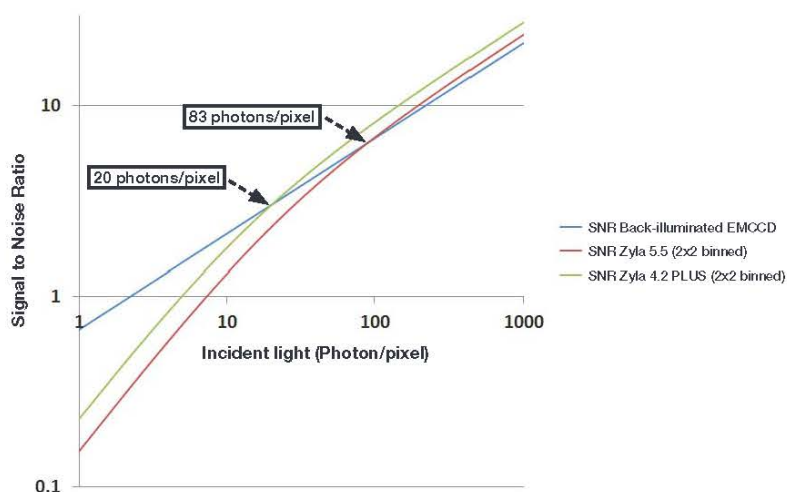
Bottom Up

# sCMOS or EMCCD?

Since the market introduction of sCMOS technology by Andor, the question of the performance comparison against the more established Electron Multiplying CCD (EMCCD) has been common.

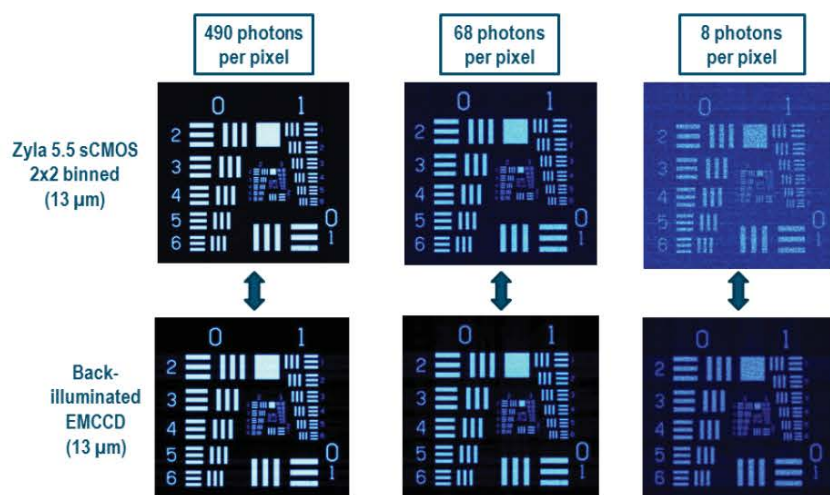
Being a very fast, low noise technology, sCMOS does hold some potential to offer an alternative technology to these single photon sensitive detectors across some applications and techniques, including to an extent, super-resolution microscopy and TIRF microscopy. Whilst the read noise of sCMOS is very low compared to CCDs, EMCCD technology holds the distinct advantage of being able to practically eliminate read noise, rendering them single photon sensitive.

After the first few years of sCMOS being in the market, we are concluding that the primary applications for which EMCCDs were originally purchased, such as single molecule detection and low light spinning disk confocal microscopy, are continuing to benefit from this ultrasensitive technology. EMCCDs offer a raw sensitivity that cannot be surpassed in the very low light regime. However, EMCCDs remain relatively expensive, so they will always be considered a more selective, 'high-end' solution.



**Figure 1**

Plot of Signal to Noise Ratio versus Incident Photon Intensity, comparing back-illuminated EMCCD iXon 888 (13  $\mu\text{m}$  pixel size) to 2x2 binned Zyla sCMOS cameras (13  $\mu\text{m}$  pixel size after binning). An average QE value for each sensor between 500-750 nm was used.



**Figure 2**

Images at a range of incident light intensity, acquired using back-illuminated EMCCD iXon 888 and Zyla 5.5 sCMOS cameras (2x2 binned pixels). At low light intensities, the Signal to Noise Ratio advantage of the EMCCD is apparent.

# TECHNICAL SPECIFICATIONS

## MODEL SPECIFIC SPECIFICATIONS<sup>\*1</sup>

Model	Zyla 5.5	Zyla 4.2 PLUS
<b>Sensor type</b>	Front Illuminated Scientific CMOS	
<b>Active pixels (W x H)</b>	2560 x 2160 (5.5 Megapixel)	
<b>Sensor size</b>	16.6 x 14.0 mm 21.8 mm diagonal	
<b>Pixel readout rate (MHz)</b>	200 (100 MHz x 2 sensor halves) 560 (280 MHz x 2 sensor halves)	
<b>Read noise (e<sup>-</sup>) Median [rms] <sup>*2</sup></b>	<b>Rolling Shutter</b>	<b>Rolling Shutter</b>
	<b>Global Shutter</b>	<b>Global Shutter</b>
	@ 200 MHz	@ 216 MHz
	@ 560 MHz	@ 540 MHz
<b>Maximum Quantum Efficiency <sup>*3</sup></b>	60%	
<b>Sensor Operating Temperature</b>		
<b>Air cooled</b>	0°C (up to 30°C ambient)	
<b>Water cooled</b>	-10°C*	
<b>Dark current, e<sup>-</sup>/pixel/sec @ min temp <sup>*4</sup></b>		
<b>Air cooled</b>	0.14	
<b>Water cooled</b>	0.04	
<b>Readout modes</b>	Rolling Shutter and True Global Shutter (Snapshot)	
<b>Maximum dynamic range</b>	25,000:1	
<b>Photon Response Non-Uniformity (PRNU)</b>	< 0.5%	
<b>Pre-defined Region of Interest (ROI)</b>	2048 x 2048, 1920 x 1080, 1392 x 1040, 512 x 512, 128 x 128	
<b>User defined ROI granularity</b>	1 pixel **	
<b>Data range</b>	12-bit (fastest USB 3.0 speeds) and 16-bit (maximum dynamic range)	
<b>Interface options</b>	USB 3.0 <sup>*9</sup> Camera Link 10-tap	

\* Cooling temperature must be above the dew point

\*\* Minimum ROI size possible: 16 x 12 in 12-bit mode and 12 x 12 in 16-bit mode

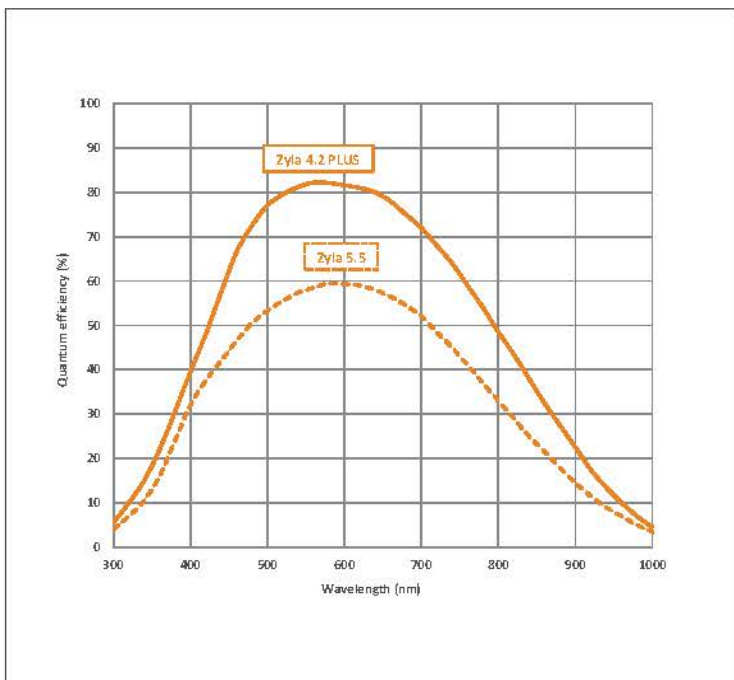
## GENERAL SPECIFICATIONS<sup>\*1</sup>

<b>Pixel size (W x H)</b>	6.5 µm
<b>Pixel well depth (e<sup>-</sup>)</b>	30,000
<b>Linearity (% , maximum) <sup>*5</sup></b>	Better than 99.8%
<b>MTF (Nyquist @ 555 nm)</b>	45%
<b>Pixel binning</b>	Hardware binning: 2 x 2, 3 x 3, 4 x 4, 8 x 8
<b>Anti-blooming factor</b>	x 10,000
<b>I/O</b>	External Trigger, Fire, Fire n, Fire All, Fire Any, Arm
<b>Trigger Modes</b>	Internal, External, External Start, External Exposure, Software Trigger
<b>Software Exposure Events<sup>*6</sup></b>	Start exposure - End exposure (row 1), Start exposure - End exposure (row n)
<b>Hardware timestamp accuracy</b>	25 ns
<b>Internal memory</b>	1 GB

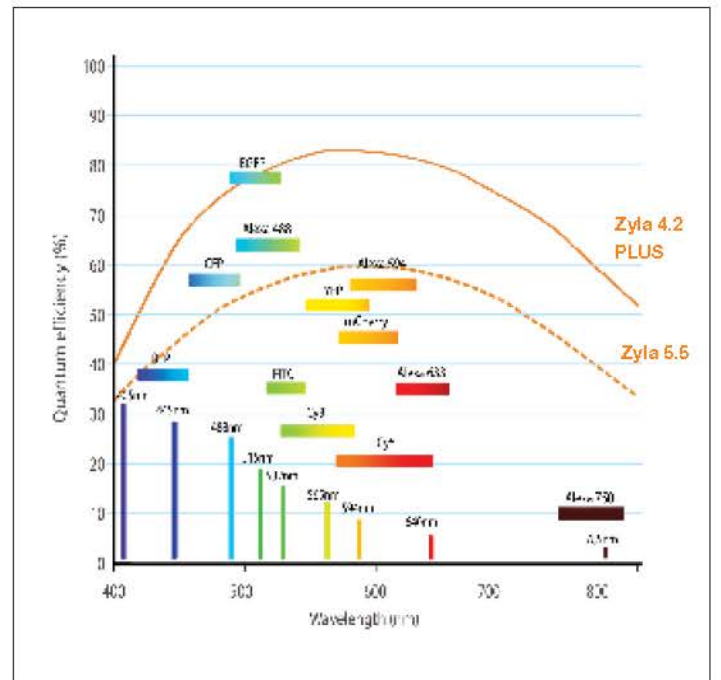
## FRAME RATE TABLE - 12-BIT (16-BIT)<sup>7</sup>

Array Size	Zyla 5.5 USB 3.0		Zyla 5.5 10-tap		Zyla 4.2 PLUS 10-tap	Zyla 4.2 PLUS USB 3.0
	Rolling Shutter	Global Shutter	Rolling Shutter	Global Shutter	Rolling Shutter	Rolling Shutter
2560 x 2160	40 (30)	40 (30)	100 (75)	49 (49)	-	-
2048 x 2048	53 (40)	52 (39)	105 (98)	52 (52)	101 (101)	53 (40)
1920 x 1080	107 (80)	98 (80)	200 (200)	97 (97)	192 (192)	107 (80)
512 x 512	422 (422)	201 (201)	422 (422)	201 (201)	406 (406)	406 (406)
128 x 128	1691 (1691)	716 (716)	1691 (1691)	716 (716)	1627 (1627)	1627 (1627)
2048 x 8 (FCS mode)	13568 (10176)	4008 (4008)	27057 (27057)	4008 (4008)	26041 (26041)	13568 (10176)
1024 x 8 (FCS mode)	27057 (27057)	4008 (4008)	27057 (27057)	4008 (4008)	26041 (26041)	26041 (26041)

## QUANTUM EFFICIENCY (QE) CURVE<sup>3</sup>



## QE VS. FLUOROPHORE EMISSIONS



## GPU Express

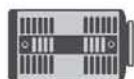


The Andor GPU Express library has been created to simplify and optimize data transfers from camera to a CUDA-enabled NVidia Graphical Processing Unit (GPU) card to facilitate accelerated GPU processing as part of the acquisition pipeline. GPU Express integrates easily with SDK3 for Windows, providing a user-friendly but powerful solution for management of high bandwidth data flow challenges; ideal for data intensive applications such as Light Sheet Microscopy, Super-Resolution Microscopy and Adaptive Optics.

- Enhanced convenience, afforded by simple, optimized GPU data management
- Optimal data throughput
- Superb, easily accessible documentation and examples.

## CREATING THE OPTIMUM PRODUCT FOR YOU

### Step 1. Select the camera type



Camera Type

Description	Code
ZYLA 4.2 PLUS, 4.2 Megapixel, Rolling shutter, 100 fps, Camera Link 10-tap	ZYLA-4.2P-CL10
ZYLA 4.2 PLUS, 4.2 Megapixel, Rolling shutter, 53 fps, USB 3.0	ZYLA-4.2P-USB3
ZYLA 5.5, 5.5 Megapixel, Rolling and Global shutter, 100 fps, Camera Link 10-tap	ZYLA-5.5-CL10
ZYLA 5.5, 5.5 Megapixel, Rolling and Global shutter, 40 fps, USB 3.0	ZYLA-5.5-USB3

For water cooled option, add **-W** to your selected camera code

### Step 2. Select the required accessories



Accessories

Description	Order Code
CS-mount adapter	ACC-MEC-05609
F-mount adapter	ACM-05574
Auto extension tubes (set of 3) for C-mount	OA-ECMT
Auto extension tubes (set of 3) for Nikon F	OA-ENAF
Re-circulator for enhanced cooling performance	XW-RECR
Oasis 160 Ultra compact chiller unit	ACC-XW-CHIL-160
5 meter Camera Link connector cable. Order x2 if using with Zyla Camera Link 10-tap models.	ACC-ASE-02992
10 meter active Camera Link connector cable, including power supply. For use with Zyla 10-tap Camera Link models.	ACC-ASE-06962
30 meter fibre-optic extender solution for use with Zyla Camera Link 10-tap models.	ACC-ZYLFOX-10TAP-30M
100 meter fibre-optic extender solution for use with Zyla Camera Link 10-tap models.	ACC-ZYLFOX-10TAP-100
15 meter active USB 3.0 connector cable (power supply not required). For use with Zyla USB 3.0 models.	ACC-ASE-06887
50m fibre optic USB 3.0 extender solution including power supply. For use with Zyla USB 3.0 models.	ACC-ASE-08762
100m fibre optic USB 3.0 extender solution including power supply. For use with Zyla USB 3.0 models.	ACC-ASE-07860
PC Workstation for up to 100 fps continuous spooling to hard drives, acquiring up to 120,000 12-bit full resolution images: Dell T7910XL, 2.6 GHz Eight Core, 8 GB RAM, 4 x 250GB SSD hard drive configured in RAID 0.	WKST-1 WIN
PC Workstation for up to 100 fps continuous spooling to RAM, acquiring up to 6,000 12-bit full resolution images: Dell T5810, 3.5 GHz Quad Core, 64 GB RAM.	WKST-3 WIN

For further information on PC workstations for Zyla, please refer to the technical note [PC Specifications for sCMOS](#)

### Step 3. Select the required software



Software

The Zyla also requires at least one of the following software options:

**Solis Imaging** A 32-bit and fully 64-bit enabled application for Windows (7 and 8) offering rich functionality for data acquisition and processing. AndorBasic provides macro language control of data acquisition, processing, display and export.

**Andor iQ** A comprehensive multi-dimensional imaging software package. Offers tight synchronization of the camera with a comprehensive range of microscopy hardware, along with comprehensive rendering and analysis functionality. Modular architecture for best price/performance package on the market.

**Andor SDK3** A software development kit that allows you to control the Andor sCMOS cameras from your own application. Available as 32 and 64-bit libraries for Windows (7 and 8) and Linux. Compatible with C/C++, LabView and Matlab.

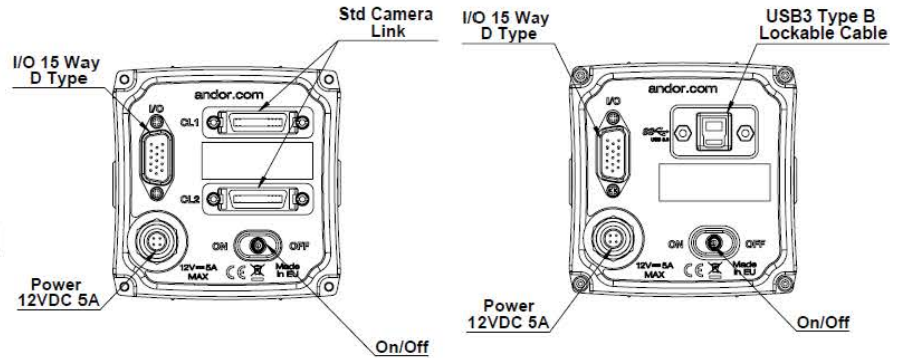
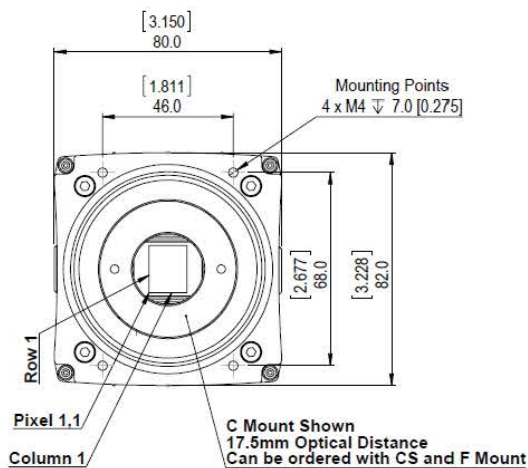
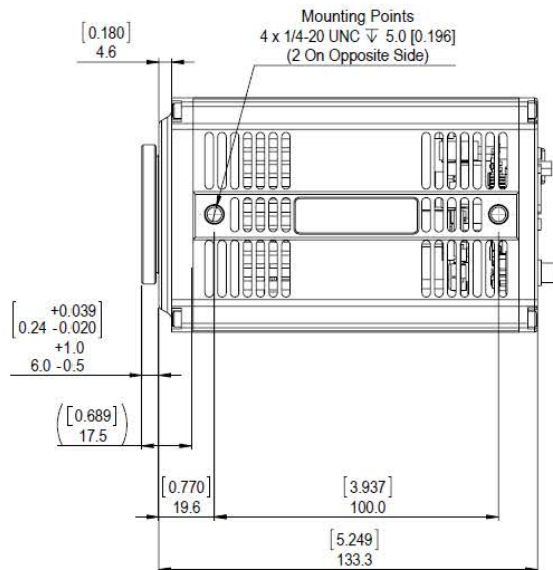
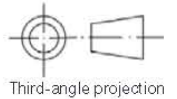
**GPU Express** Andor GPU Express library has been created to simplify and optimize data transfers from camera to a CUDA-enabled NVidia Graphical Processing Unit (GPU) card to facilitate accelerated GPU processing as part of the acquisition pipeline. Integrates easily with Andor SDK3 for Windows.

**Third party software compatibility**

Drivers are available so that the Zyla can be operated through a large variety of third party imaging packages. See Andor web site for detail: [andor.com/software/](http://andor.com/software/)

## PRODUCT DRAWINGS

Dimensions in mm [inches]



**Note:** Please leave 70mm minimum for the bend radius of the USB 3.0 cable.

**Weight:** 1,000 g [2 lbs 3 oz]

Product drawings of the water cooled Zyla can be found at <http://www.andor.com/watercooledzyla>

## CONNECTING TO THE ZYLA

### Camera Control

Connector type: 3 meter Camera Link 10-tap connectors or USB 3.0. (Longer lengths available as accessories).

### TTL / Logic

Connector type: 15 way D Type with TTL I/Os for External Trigger, Frame Readout and Fire Pulse

### REGULATORY COMPLIANCE

- RoHS compliant
- EU EMC Directive
- EU LV Directive
- IEC 61010-1 CB Scheme

### EXTERNAL POWER SUPPLY COMPLIANCE

- UL-certified for Canada and USA
- Japanese PSE Mark

### POWER SUPPLY REQUIREMENTS

- Power: +12 VDC  $\pm$  5% @ 5A
- Ripple: 200 mV peak-peak 0 - 20 MHz
- 100 - 240 VAC 50/60 Hz external power supply
- Power Consumption: 12V @ 5A Max, 12V @ 2.5A Nominal

## 15-WAY D-TYPE PINOUTS

1	ARM	Output
2	Aux_Out_1*	Output
3	FIRE row n	Output
4	FIRE row 1	Output
5	Aux_Out_2	Output
6	Ground	GND
7	External Trigger	Input
8	Spare Input	Input
9	Reserved	N/A
10	Reserved	N/A
11	Reserved	N/A
12	Reserved	N/A
13	Reserved	N/A
14	Reserved	N/A
15	Reserved	N/A

\* Aux\_Out\_1 is configurable as Fire, Fire n, Fire All or Fire Any. Refer to the Zyla hardware manual.



# ORDER TODAY

Need more information? At Andor we are committed to finding the correct solution for you. With a dedicated team of technical advisors, we are able to offer you one-to-one guidance and technical support on all Andor products. For a full listing of our regional sales offices, please see: [andor.com/contact](http://andor.com/contact)

Our regional headquarters are:

### EUROPE

Belfast, Northern Ireland  
Phone +44 (28) 9023 7126  
Fax +44 (28) 9031 0792

### JAPAN

Tokyo  
Phone +81 (3) 6732 8968  
Fax +81 (3) 6732 8939

### NORTH AMERICA

Concord, MA, USA  
Phone +1 (860) 290 9211  
Fax +1 (860) 290 9566

### CHINA

Beijing  
Phone +86 (10) 8271 9066  
Fax +86 (10) 8271 9055

### ITEMS SHIPPED WITH YOUR CAMERA

**For Camera Link 10-Tap Models:** 1 x Camera Link Card and 2 x 3 meter connector cables.

**For USB 3.0 models:** 1 x USB 3.0 PCIe Card and 1 x 3 meter USB 3.0 cable (Type A to B)  
1 x Power supply with mains cable  
1 x 7-way Multi I/O timing cable, offering Fire, External Trigger and Arm (3 meter)  
1 x Quick Start Guide  
1 x CD containing Andor user guides  
1 x Individual system performance sheet

### FOOTNOTES:

- Specifications are subject to change without notice
- Figures are typical unless otherwise stated.
  - Readout noise is for the entire system and is taken as a median over the sensor area excluding any regions of blemishes. It is a combination of sensor readout noise and A/D noise.
  - Quantum efficiency of the sensor at 20°C as supplied by the manufacturer.
  - Dark current measurement is taken as a median over the sensor area excluding any regions of blemishes.
  - Linearity is measured from a plot of Signal vs. Exposure Time over the full dynamic range.
  - Software Exposure Events provide rapid software notification (SDK only) of the start and end of acquisition, useful for tight synchronization to moving peripheral devices e.g. Z-stage.
  - The maximum frames/s table for Zyla indicate the maximum speed at which the device can acquire images in a standard system at full frame and also a range of sub-array size, for both rolling and global shutter readout modes (Zyla 5.5), 12-bit single amplifier (rates also apply to dual amplifier 16-bit for Zyla 4.2). Note that the write speed of the PC hard drive can impose a further restriction to achieving sustained kinetic series acquisition.
  - 'Global Clear' is an optional keep clean mechanism that can be implemented in rolling shutter mode, which purges charge from all rows of the sensor simultaneously, at the exposure start. The exposure end is still rolling shutter. It can be used alongside the Fire All output of the camera and a pulsed light source to simulate Global Exposure mechanism, albeit less efficiently than the true Global Shutter exposure mode of Zyla 5.5. Furthermore Global Clear differs from true Global Shutter in that it can only be used in 'non-overlap' readout mode, i.e. sequential exposure and readout phases rather than simultaneous.
  - Zyla USB 3.0 models should work with any modern USB 3.0 enabled PC/laptop (provided hard drives or RAM is sufficient to support data rates) as every USB 3.0 port should have its own host controller. Zyla USB 3.0 models also ship with a USB 3.0 PCI card as a means to add a USB 3.0 port to an older PC, or as a diagnostic aid to interoperability issues or to ensure maximum speed.



### MINIMUM COMPUTER REQUIREMENTS:

- 2.68 GHz Quad Core
- 4GB RAM (increase RAM if to be used for continuous data spooling)
- Hard Drive:  
Minimum 450 MB/s continuous write for USB 3.0 models  
Minimum 850 MB/s continuous write for Camera Link 10-tap models
- PCI Express x4 or greater for USB 3.0 models
- PCI Express x8 or greater for Camera Link 10-tap models
- Windows (7 or 8) or Linux
- \* See technical note entitled: 'PC Specifications for sCMOS'
- \*\* Note, Andor supply PC workstations for Zyla, see page 10.

### Operating and Storage Conditions

- Operating Temperature:  
Zyla 5.5: 0°C to 30°C ambient  
Zyla 4.2: 0°C to 27°C ambient
- Relative Humidity: < 70% (non-condensing)
- Storage Temperature: -10°C to 50°C

### Power Requirements

- Please refer to page 11



Windows is a registered trademark of Microsoft Corporation

# PIV Mode for Neo and Zyla

## Introduction

This tech note details how to integrate the Andor Scientific CMOS (sCMOS) family of cameras, Neo and Zyla, into a Particle Imaging Velocimetry (PIV) setup.

The acquisition type described can be configured either in Andor Solis acquisition software or through use of the Andor Software Development Kit (SDK3). It is also possible to use 3rd party acquisition software environments such as LabView or MaLab. The Neo and Zyla both house a 5.5 megapixel sCMOS sensor, the unique architecture of the sensor presenting the only sCMOS device with both true global shutter and rolling shutter exposure modes, read noise down to 1 electron rms, dynamic range of up to 30,000:1 and full frame rates of up to 100 fps in rolling shutter, 50 fps in global shutter. The global shutter exposure mechanism will be utilized in a PIV double exposure configuration, offering an inter-frame time that is optically measured down to  $< 1 \mu\text{s}$ .

Assumptions regarding the PIV set-up:-

- The camera can be externally triggered and the length of exposure cycle controlled through the period of the input TTLs [External Exposure Trigger mode]
- The laser, or illuminating source, can be independently triggered.
- Sequences of images pairs are required having minimal temporal delay (down to sub-microsecond) between images within a pair.

### PIV Technique and Typical Setup.

PIV is an optical method of flow visualization used in research and industry to obtain velocity measurements and related properties in fluids. Temporal resolution is a key parameter in this technique.

A PIV set-up typically includes the following equipment:-

- Camera with lens
- Triggerable pulsed laser
- Cylindrical Lens
- Synchronization Unit
- PIV seed Particles

The laser's beam is fan-tailed by a cylindrical lens to illuminate a plane of the sample which is imaged by the camera. The laser and camera are integrated using a device, such as the synchronization unit shown above, which will act as the master timing control unit.

The camera is configured to acquire a pair of exposures (although multiple exposure pairs can be configured) of the sample plane with minimal delay between the exposures. The length of the camera exposure is normally not a key requirement, with relatively long exposures commonly being used. The synchronization unit provides two pulses to the laser, or illuminating source, causing it to fire, once near the end of the exposure of the first image and then again at the beginning of the second exposure. The key timing parameter is the time  $\Delta t$  between the illumination pulses as this determines the temporal resolution for the two images, which are then processed to produce a suitable vector map derived from this time differential.

The technique usually requires some particles to be seeded into the medium in order to be observed. These particles enable the flow of the medium to be observed without altering the movement. These particles are illuminated, normally by a laser pulse or strobe, to enable their location to be imaged.

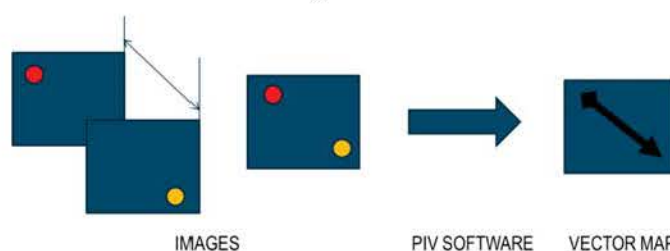


Figure 3: Image Processing

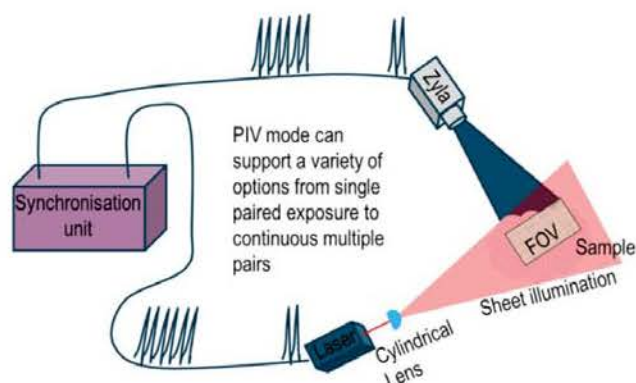


Figure 2: Typical PIV Setup

### Configuring the Camera for PIV

To use the Zyla or Neo sCMOS cameras for PIV we recommend the following camera settings:-

- Global Shutter
- External Exposure Triggering
- Overlap ON (meaning exposure to light while simultaneously reading out charge from previous exposure)
- 560 MHz readout speed (this is the maximum readout speed available)
- Kinetic sequence of 2 images or more (multiple of 2)

*Note: other settings can be selected as required.*

Figure 4 illustrates how the camera operates when combining Global shutter, External Exposure Trigger and Overlap readout mode, as recommended for PIV integration.

Global Shutter mode, which can also be thought of as a ‘snapshot’ exposure mode, means that all pixels of the array are exposed simultaneously. All pixels in the array are cleared of charge using the Global Clear before the exposure begins. At the start of the exposure each pixel simultaneously begins to collect charge and is allowed to do so for the duration of the exposure time. At the end of exposure, each pixel transfers the accumulated charge simultaneously to its read out node. Global Shutter requires a reference frame to be read out of the sensor in addition to the signal frame to generate a single image, therefore effectively halving the frame rate that would have been achieved in Rolling Shutter mode.

Combining Global Shutter with Overlap Mode means that a pair of camera exposures can be acquired ‘back to back’, separated only by the time to transfer charge into the readout node, referred to as the Charge Transfer time. This minimized gap between two subsequent exposures renders this configuration ideal for PIV operation.

The parameters shown in the Figure 4 are described as follows:

- **FIRE:** In Global Shutter mode, the FIRE output indicates the exposure period, which is identical for all pixels. This pulse is available to the user via the FIRE output pin.

*NOTE: In Global Shutter Mode the behaviour of FIRE Row n, FIRE ALL and FIRE ANY are identical to that of FIRE and therefore not shown in the diagrams for clarity.*

- **ARM:** The ARM output from the camera is used for external triggering mode to indicate when the camera is ready to accept another incoming trigger pulse.
- **Global Clear:** Global Shutter uses Global Clear to initiate the first exposure. When this pulse is HIGH, charge is drained from every pixel thus preventing the accumulation of charge on the sensor. When the pulse is LOW, any photo-electrons generated are accumulating within the pixels, ready for transfer to the sense nodes and subsequent readout. The falling edge indicates the start of an exposure.
- **Charge Transfer:** This signal indicates when charge in the pixel is transferred to the measurement node, effectively ending the exposure. The charge is transferred while the pulse is HIGH and is shown in the diagrams.
- **Frame Read Out Phase:** This signal indicates when reference and signal frames are read out of the sensor.

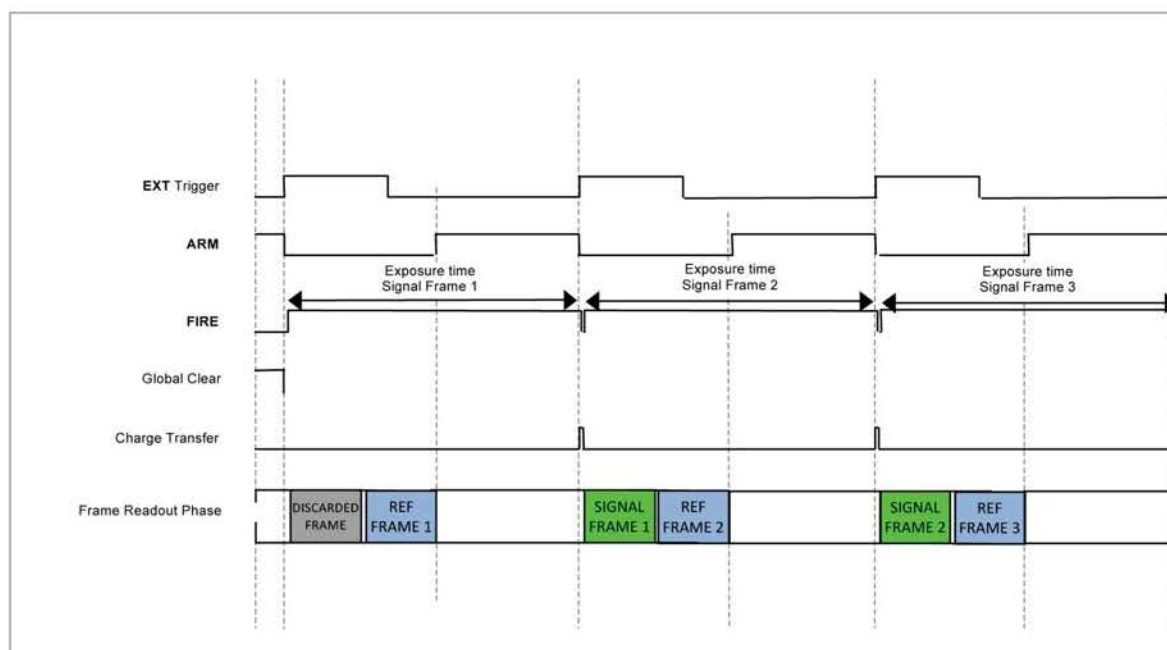


Figure 4: Timing diagram illustrating Global Shutter with External Exposure triggering

In external triggering overlap mode, every positive edge of an external input TTL will trigger a Signal Frame read out and start a new exposure. The period of the external trigger pulse defines the cycle time. Note that when an acquisition sequence starts, the first positive edge of the trigger will initiate the first exposure, and internally the camera will perform a signal read and discard the frame. The subsequent positive trigger edge will end the first exposure, and initiate a new frame read out. The minimum exposure time is approximately the time to read out two frames. See synchronization section for further detail. If the period of the external trigger is less than the minimum exposure time some positive edges will be ignored.

In the timing diagram Figure 4, there is a small delay between the rising edge of the External Exposure Trigger and the actual start of the camera's next exposure. This delay is due to the Charge Transfer time. The Charge Transfer Time for the specific readout speeds that are available in the Appendix, Table 2. Note that while the electronic signals indicate a charge transfer time of 2  $\mu$ s at 560 MHz readout speed, when the time between 2 subsequent frames is measured by optical means, it is apparent the practical time between frames can be considered on the order of 100 - 250 ns. This is described in more detail later.

The timings can be estimated using the Tables 1 and 2 supplied in the Appendix. A more detailed timing scheme is illustrated in Figure 5, assuming a full 5.5MP frame readout at 560 MHz readout speed; faster frame rate speeds can be achieved if a smaller ROI is selected.

As mentioned, the period of this trigger defines the cycle time. The first rising edge triggers the start of the exposure, and the subsequent trigger, assuming it has occurred after the minimum exposure time, ends the exposure and starts the next exposure cycle. The relationship between the exposure and the external trigger is shown in the schematic. Please note, it is important that both start and end triggers are available to complete the required exposures.

As can be seen in Figure 5, the external exposure trigger initiates the exposure cycle. This commences with the Charge Transfer Pulse then the exposure begins, please note the exact duration of the exposure time is therefore the period of the external exposure trigger minus the charge transfer time. Once the second external exposure trigger arrives, the present exposure is terminated and the next exposure cycle begins.

The ARM output from the cameras can prove very useful when optimizing PIV synchronization. ARM indicates when the camera is ready to accept a new trigger and it only goes high when the camera has finished the processing of two frames. These two frames consists of the signal frame from the previous exposure (if this is the first exposure this signal frame is discarded) and the reference frame from the present exposure, as shown in the timing diagram in Figure 4. This defines the minimum exposure that can be readout.

## External Exposure Trigger Mode

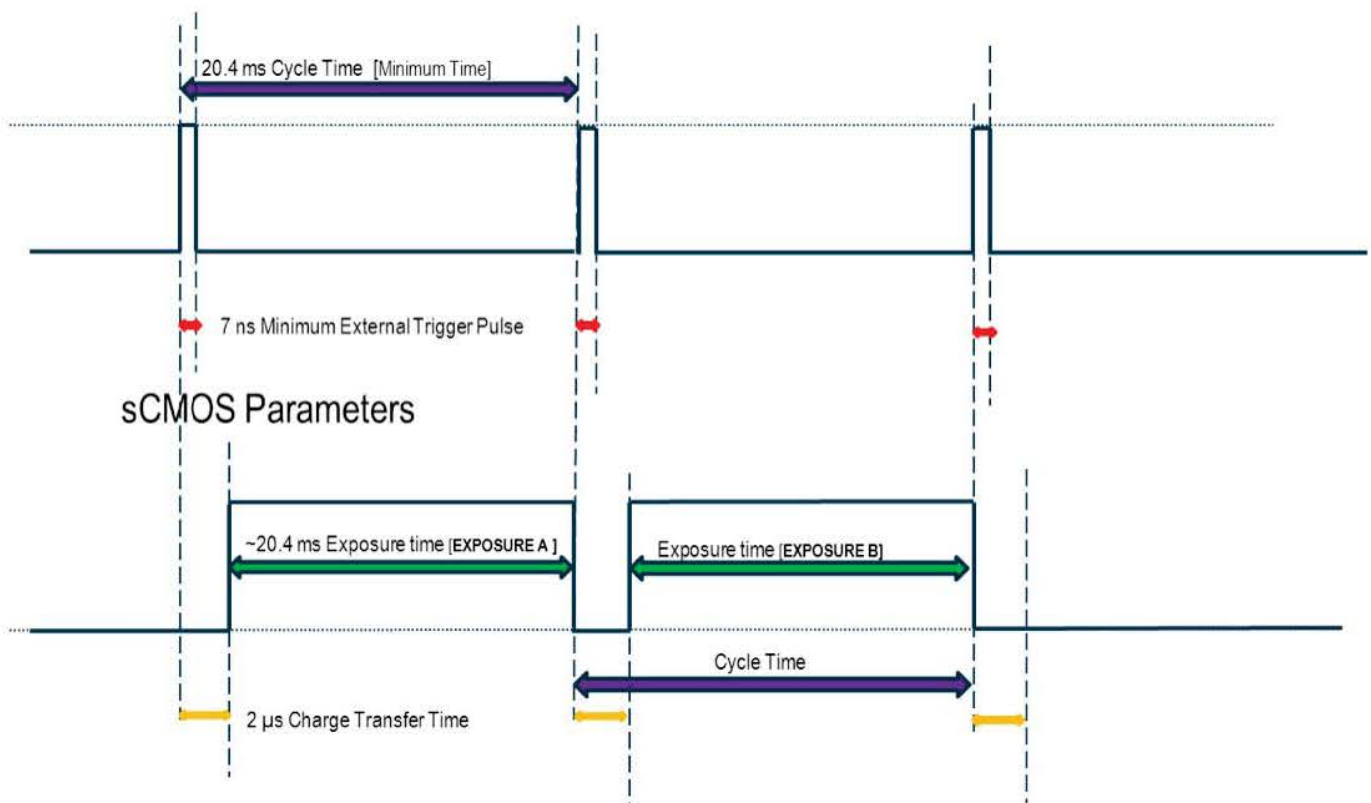
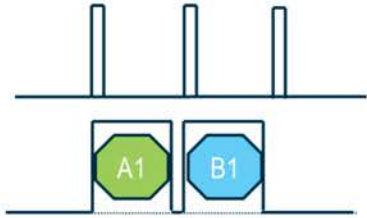


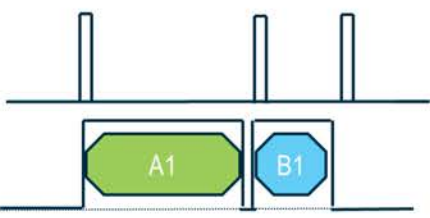
Figure 5: External Exposure Trigger Mode Timings for Neo, 560 MHz, full array, minimum exposure

**Examples of External Trigger Pulses**

External exposure triggering allows for a wide variety of sequences to be easily setup, allowing the user to select their own optimal mode of operation. The diagrams below show a selection of external trigger sequences in which the camera can be configured to capture images. In the individual diagrams the top trace represents the external trigger pulses, shown relative to the individual acquired images in the bottom trace. The images are identified with 'A' or 'B' and a number, to indicate their position within the pair and the sequence. This is only a selection of example setups and is far from complete; other combinations can also be used but are not shown here.



*Figure 6a: Classic PIV Mode, Single Pair*  
 This is the most basic setup, two images taken back to back with minimum delay between exposures



*Figure 6a: Classic PIV Mode, Single Pair*  
 This is the most basic setup, two images taken back to back with minimum delay between exposures



*Figure 6c: Long sequence of paired PIV images.*  
 The images do not need to be single pairs but can be setup in long sequences. The exposure time can be varied image to image if required.



*Figure 6d: Paired sequence with long delays between paired images.*  
 In this case a set of images is required with a long delay between their capture. This would require an extra exposure to be taken and the image discarded by the user.

## APPENDIX

### 1. Recommended Software Versions for PIV acquisition

The enhanced camera timings features which augment a PIV mode of operation have been added to the Andor Software as detailed below. Please note if an earlier version is used than stated below, there will be a jitter between every inter-exposure period amounting to approximately 1 row readout (10  $\mu$ s).

Camera	Trigger Jitter	Software Version
Zyla and Neo	Start Only	Solis 4.22 + SDK3 3.5. or later

Table 1: Software Version with PIV Mode

### 2. Timing Tables for FULL Sensor Array

Parameter	560MHz	
	Neo	Zyla
Inter-frame	84.3 $\mu$ s	83.2 $\mu$ s
Charge Transfer Time [CTT]	2 $\mu$ s	2 $\mu$ s
Row	9.37 $\mu$ s	9.24 $\mu$ s
Frame	10.1 ms	9.98 ms
Clock Cycle	3.57 ns	3.52 ns

Table 2: Software Version with PIV Mode

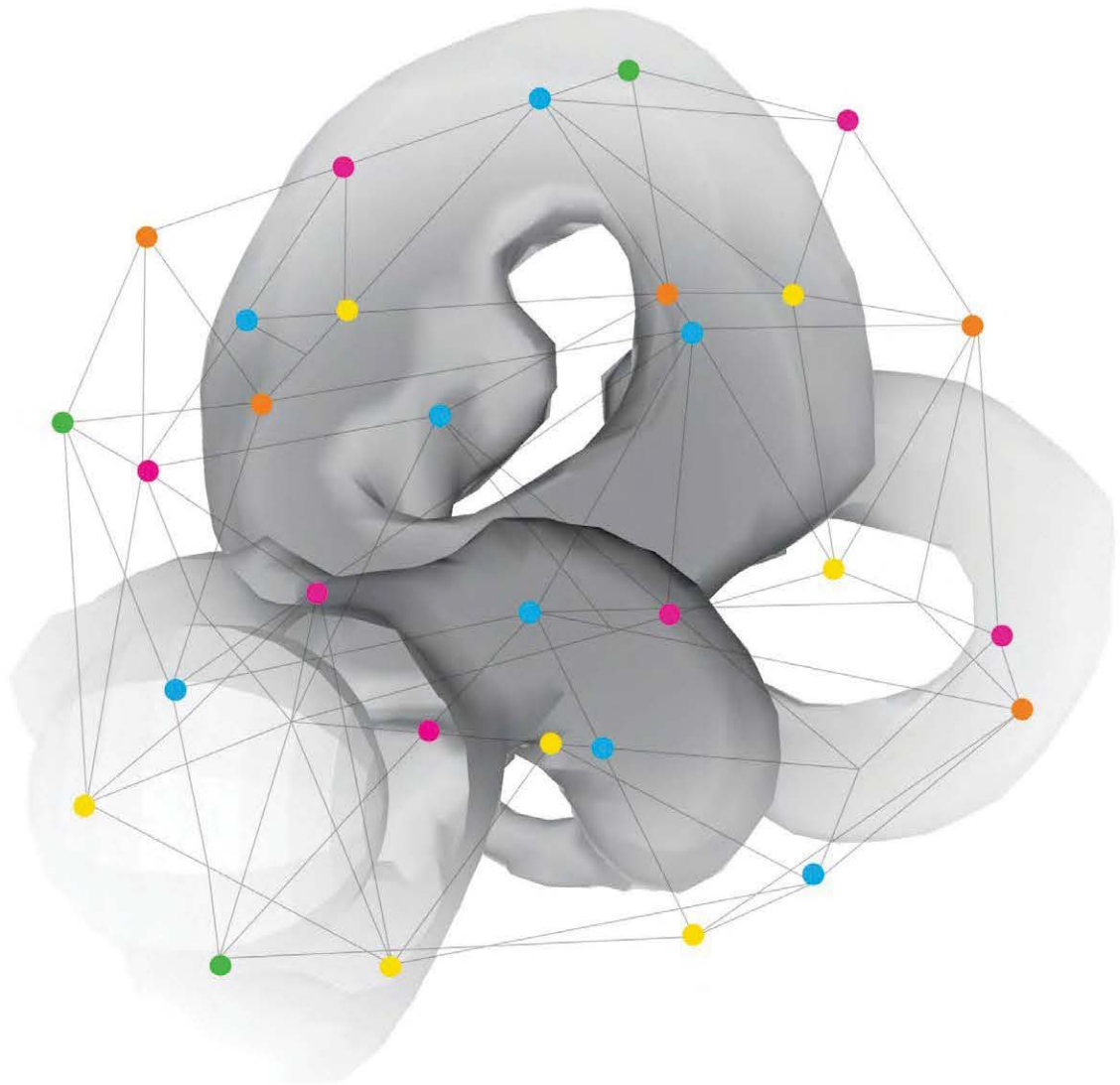
Parameter	Timing Functions		Sensor Readout Speed 560MHz	
	minimum	maximum	Neo	Zyla
Exposure Minimum [Ext Trig period]	2 frames + 2 interframes		20.4 ms	20.13 ms
Cycle Time [Ext Trig period]	2 frames + 2 interframes + CTT		20.4 ms	20.13 ms
Acquisition Start Delay		1 row	9.37 $\mu$ s	9.24 $\mu$ s
Ext Trigger Pulse Width	2 sensor speed clock cycles		7 ns	7 ns
Fire Low Period	20 sensor speed clock cycles		71 ns	70 ns
Trigger Jitter		1 row	9.37 $\mu$ s	9.34 $\mu$ s

Table 3: The timing functions, using the unit timings, with the actual timings for the parameter for the available readout speeds

# PARTICLE IMAGE VELOCIMETRY (PIV) AND VOLUMETRIC VELOCIMETRY (V3V) SYSTEMS

---

VERSATILE, UPGRADEABLE FLUID MECHANICS  
MEASUREMENT SOLUTIONS



UNDERSTANDING, ACCELERATED

# FULL SPECTRUM OF GLOBAL VELOCITY SYSTEMS

TSI offers the full spectrum of global velocity measurement instrumentation, ranging from simple flow visualization systems, to state-of-the-art quantitative three-dimensional three component (3D3C) volumetric systems, to allow you to conduct the most detailed diagnostics of your gaseous and liquid flow research. When high temporal resolution is required, systems with time-resolved capability can be employed to provide four-dimensional information to get the complete picture and analysis of the flow fields.



## FLOW VISUALIZATION SYSTEM

### Components

- + Camera
- + LED illuminator or CW laser
- + Insight 4G™ Software

### Results

- + Quantitative flow profile and structure

### Key for Upgradeability

The systems designed by TSI are flexible and also upgradeable. In fact, a simple flow visualization system using a single camera can be easily upgraded to a PIV system, stereo PIV system, or to a 3D3C V3V system for volumetric measurements.



## PIV 2D2C SYSTEM

### Components

- + Camera
- + Pulsed Nd: YAG Laser
- + Synchronizer
- + Insight 4G Software

### Results

- + Quantitative two dimensional velocity field of U and V components
- + Mean, turbulent intensity, vorticity
- + Time series and spectral information

## STEREO PIV 2D3C SYSTEM

### Components

- + Cameras
- + Stereo Assembly
- + Synchronizer
- + Insight 4G Software Module

### Results

- + Planar quantitative 3D velocity field of U, V and W components
- + Mean, turbulent intensity, vorticity
- + Time series and spectral information



FROM  
2D PIV ADD



## VOLUMETRIC PIV 3D3C SYSTEM

### Components

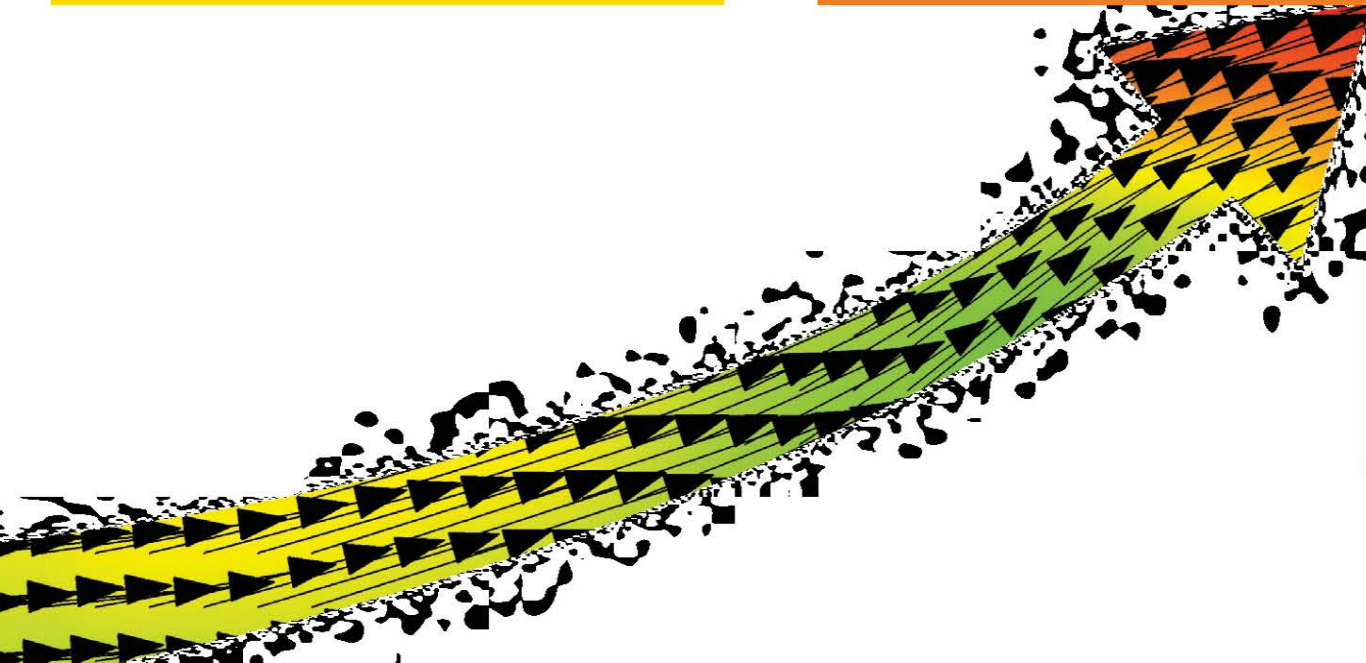
- + High-Speed Cameras (Qty 3 or 4)
- + High-Resolution Cameras (Qty 3 or 4)
- + Flexible Mount for 3- or 4-Camera Arrangement, V3V-CS Frame or V3V-TS Frame
- + V3V Calibration
- + Synchronizer
- + Insight V3V 4G Software Module

### Results

- + Time-resolved volumetric quantitative 3D velocity field of U, V and W components
- + Mean, turbulent intensity, vorticity and second-order quantities
- + Time series and spectral information of the volumetric flow field



FROM  
2D PIV ADD



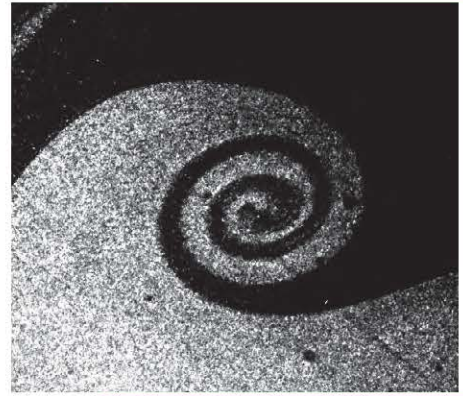
# QUALITATIVE FLOW VISUALIZATION SYSTEMS

Performing flow visualization can serve as the first step toward more detailed flow analysis. Flow visualization starts with a simple system arrangement using a camera, an illumination system, and the Insight 4G™ software, to give a general understanding of the flow structure and behavior. Some of the major system components are given in the table below.

## Features and Benefits

- + Obtain good understanding of the flow structure
- + Help to solve some practical problems
- + Simple to use and cost effective
- + No calibration and synchronization required
- + Upgradeable to more sophisticated quantitative systems

Component	Description
<b>Camera</b>	Powerview series of high resolution camera; or high speed CMOS cameras
<b>Illumination System</b>	Pulsed or continuous LED illumination; CW solid state laser; pulsed Nd:YAG laser with low energy
<b>Software</b>	Insight 4G for image capture and image presentation



Flow visualization



Flow visualization

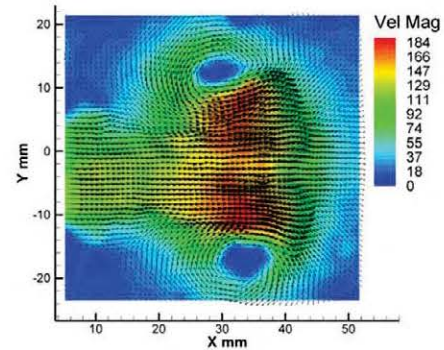
# QUANTITATIVE PARTICLE IMAGE VELOCIMETRY (PIV) SYSTEMS

As the next step from the qualitative flow visualization system, additional components can be employed by the PIV system. PIV, as planar imaging technique, is very useful to provide the quantitative information of the flow field in a two-dimensional plane, giving the two components of the velocity. Higher order flow statistics, such as vorticity and turbulent stress, can easily obtained to explore the details of the flow.

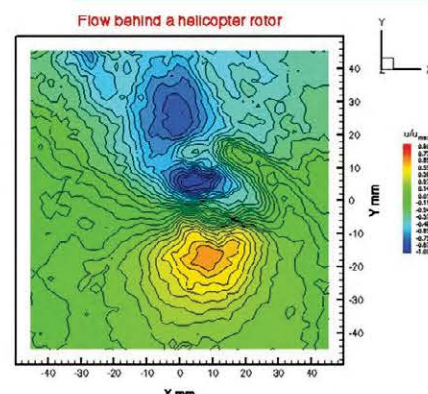
## Features and Benefits

- + Quantitative results on two components of velocity in the flow field
- + Instantaneous information and ensemble averaged of the flow structure
- + Explore the smallest turbulent structure with complete macro-scale capability
- + High-resolution cameras for high spatial resolution results
- + High-speed camera with different time-resolved capabilities for desired temporal resolution
- + Upgradeable to stereo PIV and volumetric V3V systems

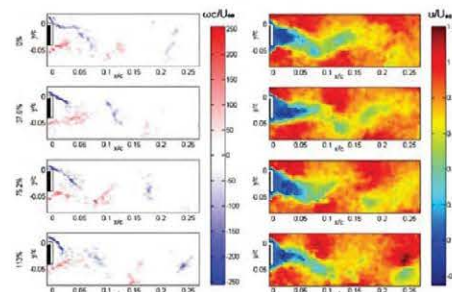
	Standard PIV system with high resolution camera	Time-resolved PIV system (<200 Hz)	Time-resolved PIV system (>1000 Hz)
<b>Camera</b>	Powerview Plus series of high resolution CCD cameras	Powerview series of mid-speed high resolution CMOS cameras	High resolution high speed CMOS cameras
<b>Laser</b>	Pulsed dual cavity Nd:YAG laser from 65 mJ to 400 mJ or higher energy output at 15 Hz	Pulsed dual cavity Nd:YAG laser with 50mJ or 100 mJ energy output at 50 Hz or 100 Hz	Pulsed dual cavity Nd:YAG or Nd:YLF high speed laser with 10 mJ, 20mJ, or 30 mJ energy output at 1000 Hz or higher
<b>Synchronization</b>	Synchronizer timing unit with 0.2 ns resolution		
<b>Image capture and analysis software</b>	Insight 4G image capture and Analysis software package		



Unsteady vortex ring



Flow Behind a rotor



Time-Resolved PIV Downstream of an Airfoil with a Gurney Flap

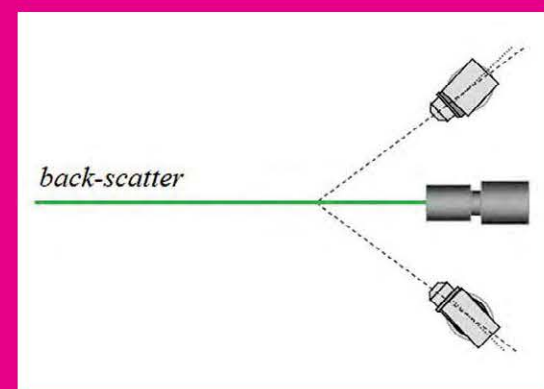
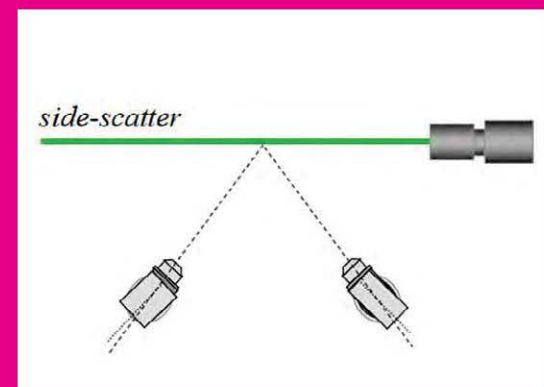
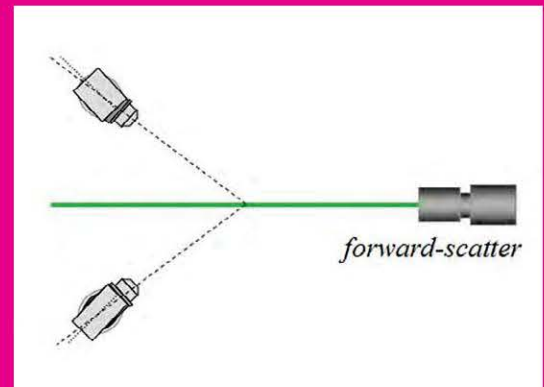
Ref. Troolin D.R., Longmire E.K., Lai W.T. (2006) "Time-resolved PIV analysis of flow over a NACA 0015 airfoil with Gurney flap," Experiments in Fluids, 41, pp. 241-54.

# QUANTITATIVE STEREO PARTICLE IMAGE VELOCIMETRY (SPIV) SYSTEMS

The measurement of the two components of velocity using planar is helpful for the understanding of the flow field. However most of the flows are three dimensional in nature, so it is essential to be able to measure all the three components to obtain the complete picture of the flow. The stereo PIV system arrangement allows the third component of velocity in the measurement plane to be taken, giving the full picture of the flow field in the plane. Volumetric flow measurement techniques, such as the one used in the V3V system, is the best approach to get the velocity components in the volume of interest, providing the complete understanding of the flow structure and development.

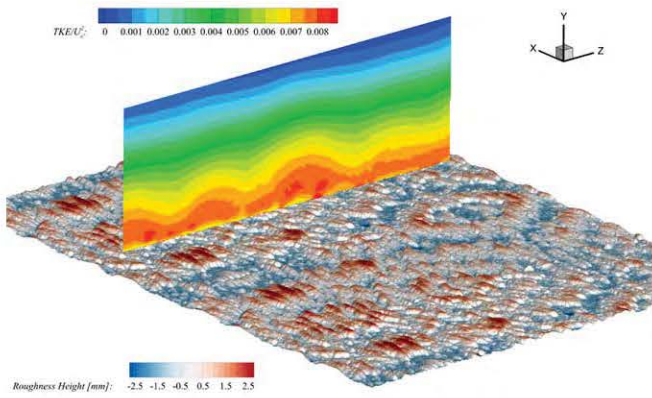
## Features and Benefits

- + Complete three velocity components in a plane
- + Higher order derivatives can be obtained based on the velocity components
- + Adding one camera to the PIV to form the stereo PIV configuration
- + Stereo configuration requires calibration to resolve perspective and optical distortion
- + Easy to operate with Scheimpflug camera arrangement and single plane calibration
- + Self corrected calibration mapping function to generate highly accurate results
- + System can be translated to map pseudo-volumetric three components of velocity
- + Upgradeable to the true volumetric V3V system

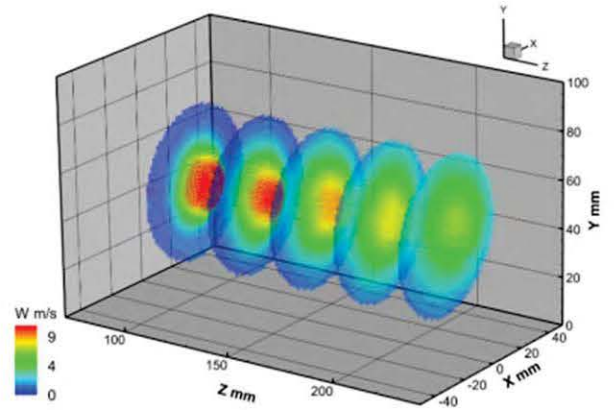


Various camera – laser arrangements for stereo PIV

	Standard stereo PIV system	Time-resolved stereo PIV system (<200 Hz)	Time-resolved PIV system (>1000 Hz)
<b>Camera (one additional camera)</b>	Powerview Plus series of high resolution CCD cameras	Powerview series of mid-speed high resolution CMOS cameras	High resolution high speed CMOS cameras
<b>Laser</b>	Pulsed dual cavityNd:YAG laser from 65 mJ to 400 mJ or higher energy output at 15 Hz	Pulsed dual cavityNd:YAG laser with 50mJ or 100 mJ energy output at 50 Hz or 100Hz	Pulsed dual cavityNd:YAG orNd:YLF high speed laser with 10 mJ, 20mJ, or 30 mJ energy output at 1000 Hz or higher
<b>Scheimpflug stereo mount and calibration target</b>	Model 640054 stereo PIV assembly	Model 640061 stereo PIV assembly	Model 640058 stereo PIV assembly for high speed camera
<b>Synchronization</b>	Synchronizer timing unit with 0.2 ns resolution		
<b>Image capture and analysis software</b>	Insight 4G image capture and Analysis software package		

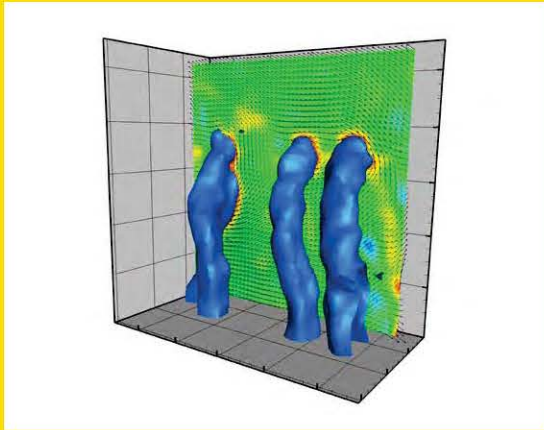


Courtesy of: University of Illinois at Urbana Champaign



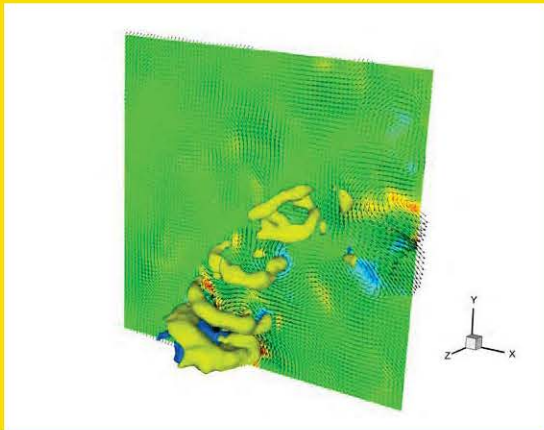
Velocity Profile of a Jet Flow

# VOLUMETRIC V3V (3D3C) SYSTEMS



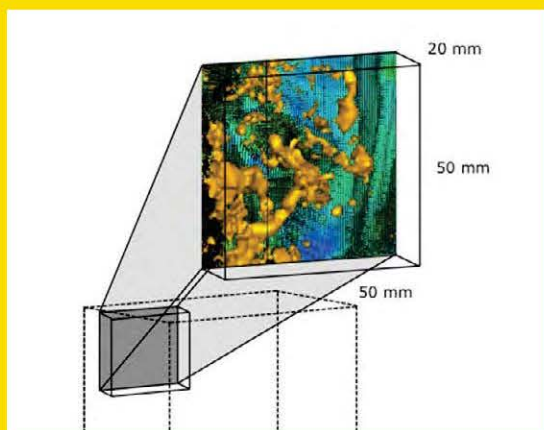
Tip vortices from a rotating turbine blade.

Ref. Chamorro L, Troolin D, Lee S, Arndt R, Sotiropoulos F (2013) Three dimensional flow visualization in the wake of a miniature axial-flow hydrokinetic turbine, *Exp in Fluids*, 54:1459.



Wake Produced by a Jellyfish

Ref. Gemmell BJ, Costello J, Colin S, Dabiri J, Adhikari D, Troolin D, Sheng J, Longmire E (2012) "Position Control in Jellyfish: Abandoning radial symmetry to create inclined, asymmetric vortex rings," 2012 Ocean Sciences Meeting, Salt Lake City, UT, February 20-24, 2012.



Tip vortices from a rotating blade measured by the V3V-9000-TS

A volumetric system able to capture all the three velocity components in the volume is the ultimate solution for flow research. The results provide the complete information of the flow structure including mean velocity, vorticity, turbulent information and higher order derivatives and statistics.

The design of the volumetric V3V system takes advantage of the many components employed in the PIV or stereo PIV system. In other words, you can easily upgrade the PIV or stereo PIV system to V3V system for the 3D3C measurements. Once you have the V3V system, you have the flexibility to configure a regular PIV or stereo PIV system, making for a complete solution for your flow research.

Two versions of the V3V systems are provided, the V3V-9000-TS and the V3V-9000-SC, featuring:

- + Selectable measurement volume between  
50 mm x 50 mm x 20 mm and 140 mm x 140 mm x 100 mm
- + Typical spatial resolution from 2.5 mm<sup>3</sup> to below 1.0 mm<sup>3</sup>
- + Capture rates from 7.5 Hz to 90 Hz
- + Ease-to-use and robustness; system aligned ready for  
measurements in <30 minutes from mounting
- + Fast result analysis using the Insight V3V™ 4G  
software package



	V3V-9000-TS	V3V-9000-CS	
<b>Camera</b>	+ PowerView 4MP with 30 fps, + PowerView 8MP with 10 fps, + PowerView 4MP-180 with 180 fps	+ PowerView 4MP with 30 fps, + PowerView 8MP with 10 fps, + PowerView 4MP-180 with 180 fps	High speed camera with 1Mpixel to 4 Mpixel and frame rate up to 20 kHz + PowerView 4MP with 16 fps, + PowerView 8MP with 8.5 fps, + PowerView 16MP with 3.1 fps + PowerView 29MP-LS with 2.0fps
<b>Laser</b>	+ Pulsed dual cavity Nd:YAG laser with 200 mJ or higher at 15 Hz + Pulsed dual cavity Nd:YAG laser with 100 mJ energy output 100 Hz	+ Pulsed dual cavity Nd:YAG laser with 200 mJ or higher at 15 Hz + Pulsed dual cavity Nd:YAG laser with 100 mJ energy output 100 Hz	High speed pulsed lasers + Dual-cavity Nd:YAG laser with up to 400 W power and 50 kHz pulse rate + Dual-cavity Nd:YLF laser with up to 100 W power and 5 kHz pulse rate + Dual-cavity Nd:YAG laser with 100 mJ energy and pulse frequency up to 100 Hz  Low-speed Nd:YAG laser + Dual-cavity laser up to 400 mJ energy per pulse and pulse frequency of up to 15 Hz
<b>Calibration system</b>	V3V-CALL-TS calibration module; target of 100 mm by 100 mm with dot spacing of 2 mm	V3V-CAL calibration module; target of 200 mm by 200 mm with dot spacing of 5 mm	V3V-CAL calibration module; target of 200 mm by 200 mm with dot spacing of 5 mm and 100 mm by 100 mm target with dot spacing of 2 mm
<b>Precision Frame</b>	V3V-9000-TS mount with camera lenses	V3V-9000-CS mount with camera lenses	Flexible frame arrangement using Bosch rails
<b>Synchronization</b>	Synchronizer timing unit with 0.2 ns resolution		
<b>Capture and analysis software</b>	Insight V3V 4G image capture and analysis software package		
<b>Sample Applications</b>	+ Turbulent Structure measurements + Boundary layer flows + Flows interaction with airfoil	+ Coherent Structure measurements + Wake flows; propellor flows + Flows of biolocomotive	+ Turbulent boundary layers + Flow/body interactions + Internal flows + Biological flows

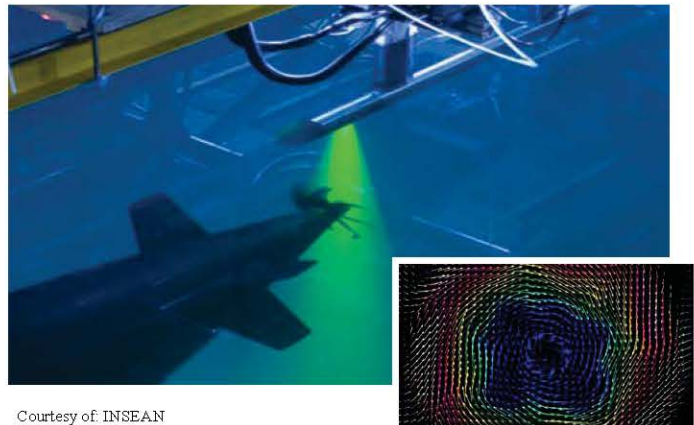
THE MOST ADVANCED  
VOLUMETRIC PIV SYSTEM  
FOR LARGE MEASUREMENT  
VOLUME AND HIGH SPATIAL  
RESOLUTION.

# SPECIALIZED PIV SYSTEMS

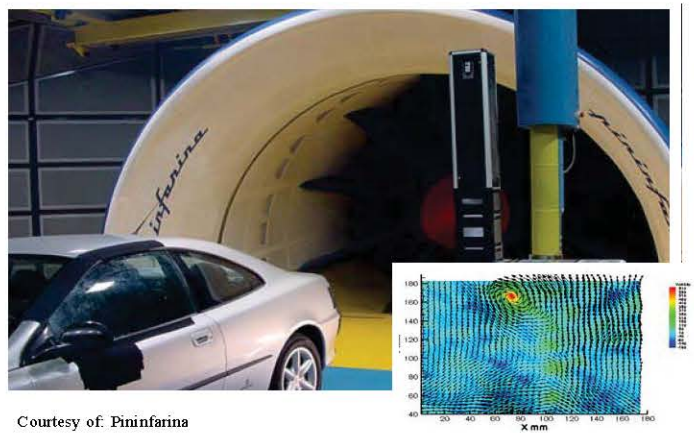
Different circumstances may require the PIV or stereo PIV to be configured for specific applications. TSI offers many specialized designs to adapt to your measurement requirements, such as:

- + Tow tank underwater stereo PIV system
- + Wind tunnel integrated stereo PIV system
- + MicroPIV systems for microchannel flows

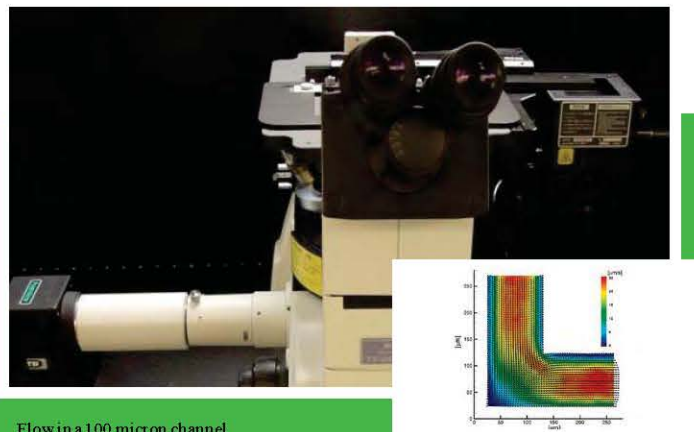
Many of the components making up of these specialized systems are the same components employed in the regular PIV and stereo PIV systems listed in the previous pages. As such, upgrading from a regular system to the specialized system is straight forward and easy. Consequently high resolution camera or high speed camera can be used to provide you with results of high spatial resolution and/or high temporal resolution. With the wide variety of camera and laser selections as indicated in the earlier pages, we can provide you with the best and flexible system configuration to meet your research needs.



Courtesy of INSEAN



Courtesy of Piniinfarina



Flow in a 100 micron channel

# RANGE OF SYSTEM CAPABILITIES

System	Velocity range	Capture Rate	Field of View	Fluid medium
PIV	Up to 1500 m/s	Up to 30 Hz	Up to 1 m by 1 m plane	Air and water
TR-PIV	Up to 500 m/s	Up to 20,000 Hz	Up to 20 cm by 20 cm plane	
Stereo PIV	Up to 1500 m/s	Up to 30 Hz	Up to 1 m by 1 m plane	
TR-stereo PIV	Up to 500 m/s	Up to 20,000 Hz	Up to 20 cm by 20 cm plane	
V3V	Up to 1000 m/s	Up to 15 Hz	Volume size of 300 mm x 300 mm x 120 mm	
TR-V3V	Up to 500 m/s	Up to 10,000 Hz	Volume size of 80 mm x 80 mm x 30 mm	

## CAMERA AND LASER SELECTION GUIDE

Camera	Pixel Resolution	Velocity range	Frame rate	Applications
<b>Powerview series of high resolution CCD camera</b>	4M, 8MP, 11M, 16 M and 29 M pixels	Up to 1500 m/s	1 to 30 fps depending on the resolution	Air and water flows for PIV, Stereo and V3V
<b>Powerview high resolution mid speed CMOS cameras</b>	4millionpixels	Up to 200 m/s	1 to 180 fps	Air and water flows for PIV, stereo PIV, V3V and TR-V3V
<b>High resolution high speed CMOS cameras</b>	1M, 2M and 4M pixels	Up to 500 m/s	1 to 20,000 fps depending on the resolution	Air and water flows for TR-PIV, TR-stereo PIV

Laser	Pulse rate	Energy Output	Illumination area	Applications
<b>Nd:YAG Dual cavity high energy laser</b>	0 to 15 Hz	65 mJ to 450 mJ	Up to 1 m by 1 m plane or volume with 140 mm <sup>3</sup>	Air and water flows for PIV, stereo PIV and V3V
<b>Nd:YAG Dual cavity laser</b>	0 to 100 Hz	50 to 100 mJ	Up to 50 cm by 50 cm plane or volume of 100 mm <sup>3</sup>	Air and water flows for PIV, stereo PIV and TR-V3V
<b>Nd:YLF or Nd:YAG dual cavity high speed laser</b>	0 to 20,000 Hz	1 mJ to 30 mJ	Up to 20 cm by 20 cm plane	Air and water flows for TR-PIV and TR-stereo PIV

## SUPPORTING SYSTEM COMPONENTS

There are many supporting system components which can be used with the PIV, stereo PIV, and V3V systems to cater to your experimental setup. Such components are easily adapted to optimize your measurement systems. A list of the components are given in the table below, and further describe their unique functionality and benefit to your measurements.

Component	Functions
<b>Light sheet optics</b>	Generate divergent or collimated laser light sheet with focusing to provide thin sheet thickness for 532 nm and also UV wavelength range
<b>Laser light delivery system</b>	Enclosed laser beam light arm with 1.8 m in length for 532 nm for energy up to 500 mJ; Laser light guide with 2 m in length for energy up to 70 mJ
<b>Camera lens</b>	Nikon based camera lenses to provide various focal distance (28 mm to 205 mm) and aperture for all cameras for PIV, stereo PIV and V3V; microscope lens to allow for high magnification imaging
<b>LED illumination</b>	LED based illumination system with pulsed and continuous mode, wavelength is 532 nm, to generate light sheet or volumetric illumination when appropriate optics is used
<b>Seed particles</b>	Various seed particles with various sizes and specific gravities to be used for gaseous and liquid flows
<b>Seed particle generator</b>	Devices to disperse seed particles in gas or liquid, can be used in atmospheric and high pressure environments
<b>Camera filters</b>	Filters to be used with the camera lens to remove extraneous light and background noise
<b>Traverse system</b>	1D, 2D and 3D traverse system to allow the PIV, stereo PIV or V3V to be traversed to map out the flow field

Specifications subject to change without notice.

TSI and the TSI logo are registered trademarks, and  
Insight 4G and Insight V3V are trademarks of TSI Incorporated.



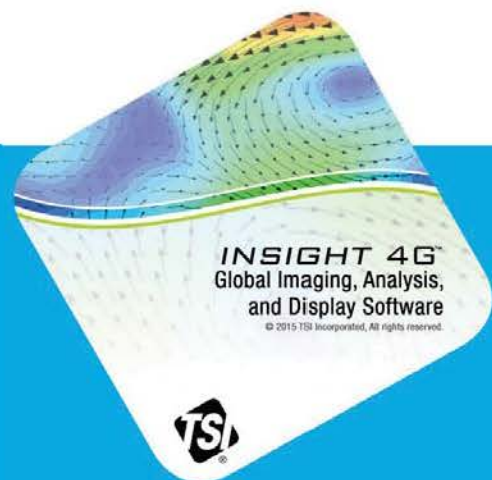
UNDERSTANDING. ACCELERATED

TSI Incorporated - Visit our website [www.tsi.com](http://www.tsi.com) for more information.

USA	Tel: +1 800 874 2811	India	Tel: +91 80 67877200
UK	Tel: +44 149 4 459200	China	Tel: +86 10 8219 7688
France	Tel: +33 141 19 21 99	Singapore	Tel: +65 6595 6388
Germany	Tel: +49 241 523030		

# INSIGHT 4G™ SOFTWARE

TSI's Insight 4G™ Software is the complete, powerful, and accurate software package for Global Imaging acquisition, analysis, and display for fluid mechanics research.



## The Complete Package for:

- + Particle Image Velocity (PIV)
- + Stereo Particle Image Velocimetry (Stereo PIV)
- + Time-Resolved Particle Image Velocimetry (TR-PIV)
- + MicroPIV
- + Planar Laser Induced Fluorescence (PLIF)
- + Global Sizing Velocimetry (GSV) and Spray Analysis
- + Size and Shape Analysis (SSA)

## Applications

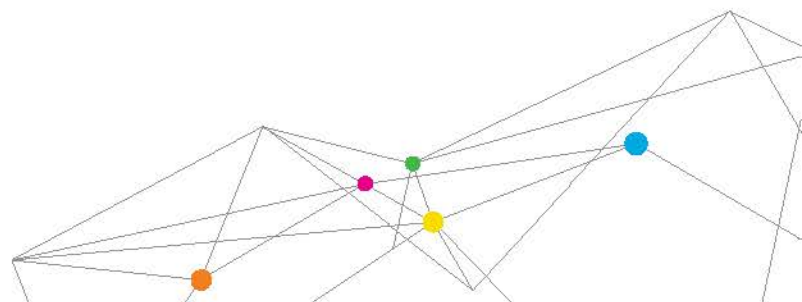
- + Hydrodynamic
- + Aerodynamic
- + Spray Diagnostic
- + Turbulence Research
- + Combustion Research
- + Fundamental Research and Development

## Features and Benefits

- + Windows® 7 and 64-bit OS Compatible, Up to 192 GB RAM
- + Robust and easy to use
- + Fast processing speed
  - Turbo Mode to increase processing speed
  - Distributed processing through Ethernet connection
- + Uncertainty analysis for PIV processing
- + Dynamic morphological masking (DMM) to remove objects in the image field
- + Batch Macro Processing across different experiments
- + Traceability of all Processing Steps
- + File management streamlined
- + Full hardware control from the user interface
- + Integrated TecPlot package for data manipulation and presentation
- + MATLAB Dynamic Runtime for incorporation of MATLAB programs



UNDERSTANDING, ACCELERATED

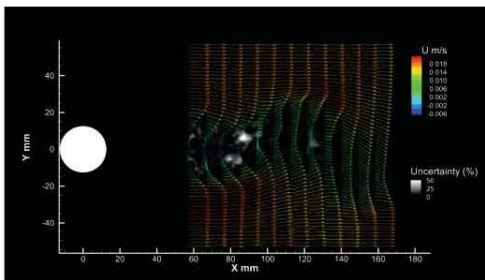


# SPECIFICATIONS

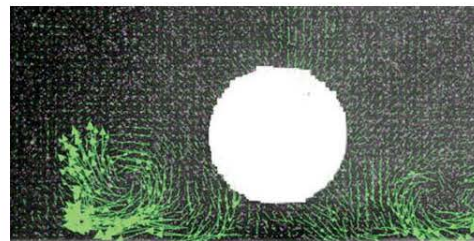
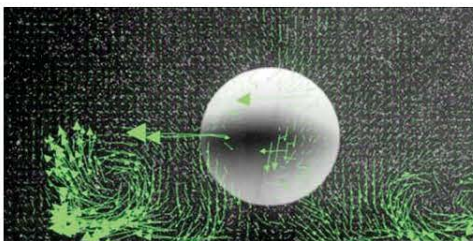
## INSIGHT 4G® SOFTWARE

Base Software	
Insight 4G	This base software is needed for a new system
Insight4G-MOD	This base software is needed when additional modules are required. It is used for upgrading system capability for previously purchased system (with the Insight 4G purchased)
Insight4G-UP	This base software is used for upgrade from old versions of Insight 3G and 4G. Modules used with the old version of Insight 3G and 4G remain compatible with Insight 4G and need not be ordered again.
Insight 4G-11-UP	Upgrade from older version of Insight 4G to the new version of Insight 4G Version 11

Module	System							
	PIV	Micro PIV	TR-PIV	StereoPIV	TR-PIV Stereo	PLIF	SSA	GSV
Module4G-2DPIV	+	+	+	+	+			
Module4G-STRPIV				+	+			
Module4G-PLIF						+		
Module4G-SSA							+	
Module4G-GSV								+



Contour plot of uncertainty of flow behind a cylinder.



Dynamic morphological masking removes large, non-physical vectors in masked regions.

Specifications are subject to change without notice.

Insight 4G is a trademark and TSI and the TSI logo are registered trademarks of TSI Incorporated.

Microsoft and Windows are registered trademarks of Microsoft Corporation in the United States and/or other countries.



UNDERSTANDING, ACCELERATED

TSI Incorporated - Visit our website [www.tsi.com](http://www.tsi.com) for more information.

USA Tel: +1 800 874 2811 India Tel: +91 80 67877200  
 UK Tel: +44 149 4 459200 China Tel: +86 10 8219 7688  
 France Tel: +33 141 19 21 99 Singapore Tel: +65 6595 6388  
 Germany Tel: +49 241 523030

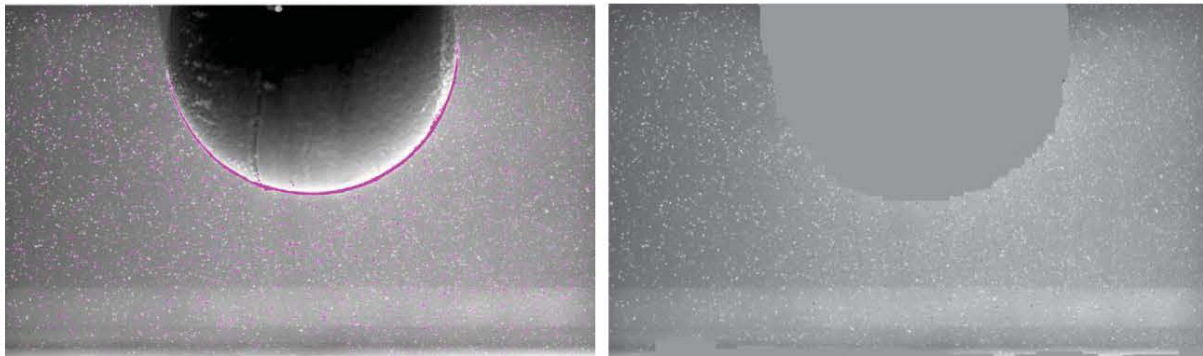
# DYNAMIC MASKING FOR PIV IMAGES

APPLICATION NOTE PIV-018 (US)

In complex fluid flows, time-stationary or moving object(s) can be found in a PIV image. Some examples include the flow around an airfoil, flow around a moving fish, or the flow field inside a piston-driven engine. Unfortunately, the object(s) occupying the image can adversely affect the PIV processing of an entire image, and so it is always recommended to have to object(s) removed.

Stationary or moving object(s) inside the flow field commonly have laser reflections along their edges and strong intensity gradients within the object, which generate erroneous vectors. It is pertinent to have the object(s) taken away so the processing of the entire image will only generate a vector field that is truly representative of the image. When higher order statistics are required, an accurate vector field is important, as any erroneous vectors will provide incorrect results.

The Dynamic Masking algorithm is designed to isolate any stationary or moving object by generating a mask for each object from the original image ensemble. Subsequently, PIV processing does not take place within the masked regions for internal flow cases. The dynamic masking algorithm can be applied to steady-state PIV with stationary object(s) and time-resolved PIV where object(s) are moving in time.



Right: Raw PIV image. Left: Dynamic mask with high intensity pixel values on edges masked out.

## How to Apply Dynamic Masking in Insight 4G™ Software

To apply a Dynamic masks, access the “Process Masks” menu and select the “Dynamic” tab. The image processing techniques employed create a gray scale image that is viewed by default. When the object to be masked is obvious in the gray scale, simply set the threshold at the proper pixel intensity and select “View Mask” to preview the dynamic mask.

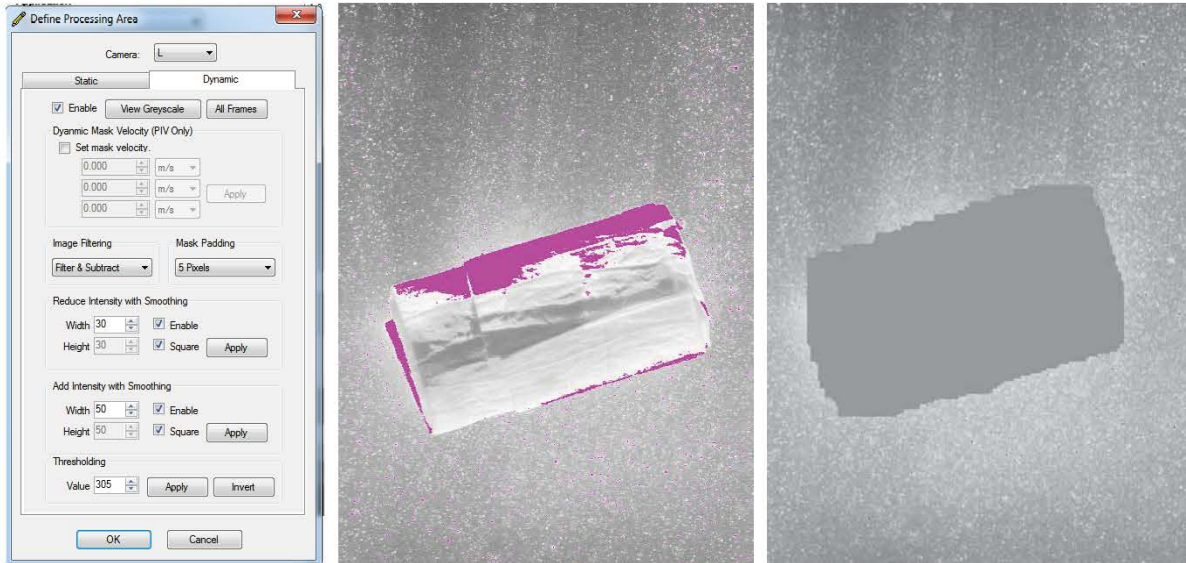
Dynamic masks are created during processing, Insight 4G software’s Dynamic Masking algorithms require very little processing time. Insight 4G software also outputs the Dynamic Mask as a convenient viewable bitmap image.

TSI and TSI logo are registered trademarks of TSI Incorporated.  
INSIGHT 4G is a trademark of TSI Incorporated.



## Dynamic Masking Setup

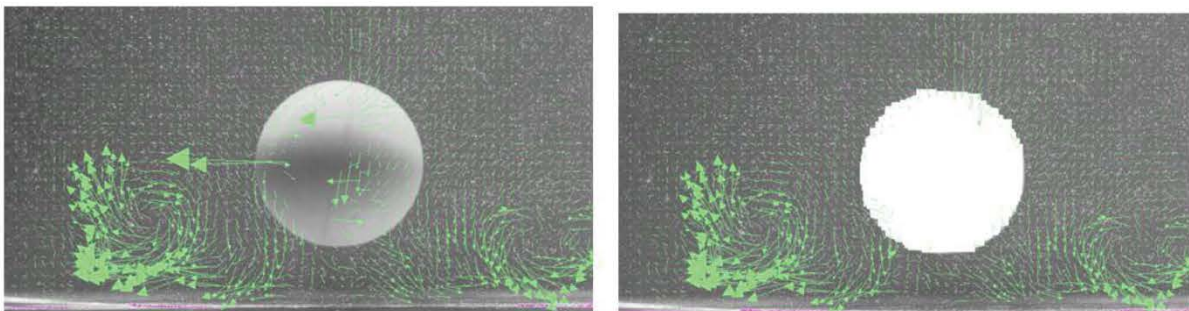
Dynamic Masking in Insight 4G software is robust enough to handle objects with complex shapes and textures, but also simple enough to operate for quick, accurate masking results. The dynamic masking setup menu (shown below) allows the user to modify parameters that govern the Dynamic Masking algorithm and receive instant feedback.



Left : Dynamic Masking Setup Form; Center: Raw PIV image; Right: Corresponding dynamic mask.

## Dynamic Masking Effect on PIV Processing

Once a dynamic mask is applied to the PIV image, non-physical vectors (due to large intensity gradients on or near the object) are removed. Since the objects to be masked can come in a variety of shapes and sizes, it is sometimes possible an interrogation window will contain both particle images and a dynamic mask. To help retain as much information about the flow as possible, the Dynamic Mask also receives an average pixel intensity so that correlations near object boundaries are preserved.



Dynamic masking removes large, non-physical vectors in masked regions.



UNDERSTANDING, ACCELERATED

TSI Incorporated – Visit our website [www.tsi.com](http://www.tsi.com) for more information.

USA Tel: +1 800 874 2811  
UK Tel: +44 149 4 459200  
France Tel: +33 4 91 11 87 64  
Germany Tel: +49 241 523030

India Tel: +91 80 67877200  
China Tel: +86 10 8219 7688  
Singapore Tel: +65 6595 6388

# UNCERTAINTY ANALYSIS FOR PIV MEASUREMENTS

APPLICATION NOTE PIV-017 (A4)

The uncertainty of a measurement is the interval in which the actual error is present. For Particle Image Velocimetry (PIV), the error depends on the PIV algorithm being employed, user inputs, flow characteristics, and experiment setup. Since these factors vary in time and space, they lead to PIV capturing inconsistent errors throughout the flow field.

Charonko & Vlachos found PIV uncertainty is correlated with image quality.<sup>1</sup> Local image quality contains many possible sources of error in an experiment including the PIV algorithm (interrogation window size, pixel displacement, image pre-processing, etc.). The primary measure of local image quality is the Primary Peak Ratio (PPR). The PPR is the ratio between the primary peak in the correlation map and the second highest peak; uncertainty is inversely correlated to the PPR.

TSI's uncertainty algorithm was validated by creating synthetic PIV images from a Direct Numerical Simulation (DNS) of a fully-developed turbulent channel flow. The synthetic images included light sheet thickness variations and the flow was three-dimensional with strong out-of-plane velocities. Insight 4G™ software was used to calculate velocity vectors that were then compared with the DNS baseline. Figure 1 shows that the uncertainties from our algorithm correctly predict the actual errors at two confidence intervals.

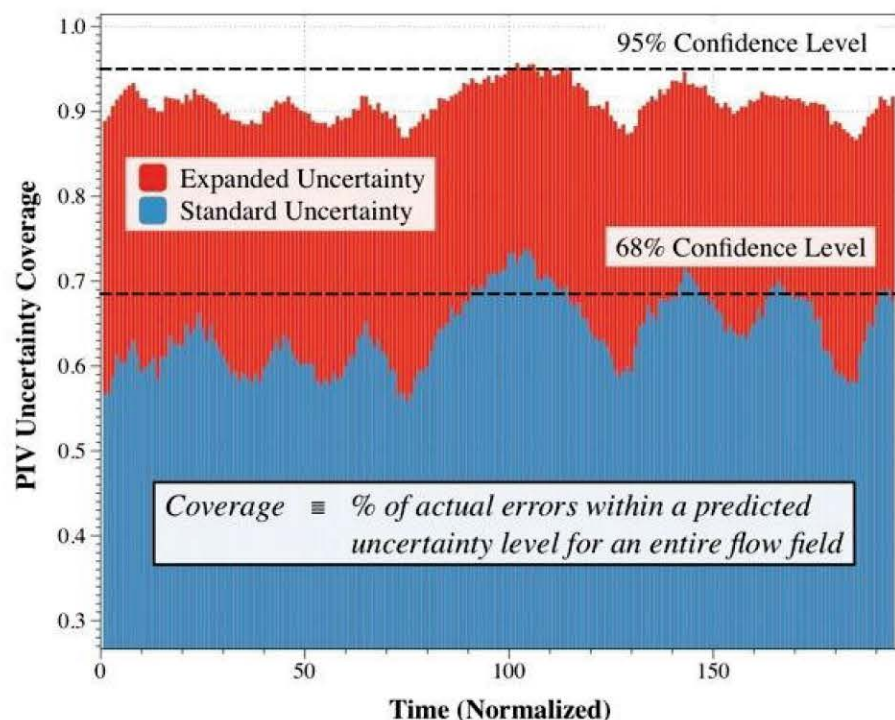


Figure 1: Expanded and standard uncertainty coverage of a turbulent channel flow with known errors.

<sup>1</sup>Charonko, & Vlachos, P. (2013). Estimation of Uncertainty Bounds for Individual Particle Image Velocimetry Measurements from Cross-Correlation Peak Ratio. *Measurement of Science*, 24.

TSI and TSI logo are registered trademarks of TSI Incorporated.  
INSIGHT 4G is a trademark of TSI Incorporated.  
Tecplot is a registered trademark of Tecplot, Inc.



## Calculating Uncertainty with Insight 4G™ Software

The magnitude of uncertainty can be calculated with the following equation:

$$|unc|^2 = \left( M \exp \left( -\frac{1}{2} \left( \frac{PPR - 1}{s} \right)^2 \right) \right)^2 + (A * PPR^\beta)^2 + (C)^2$$

$M, s, A, \beta, c$  are fitting coefficients for Insight 4G™ software. The results will be measures of uncertainty based upon the multiple sources of error in PIV image processing.

## Exporting Uncertainty in Insight 4G Software

To export the calculated uncertainty levels in Insight 4G™ software, access the PIV processing window, select the “Advanced>>” tab and export either (or both) uncertainty levels, as shown in Figure 2.

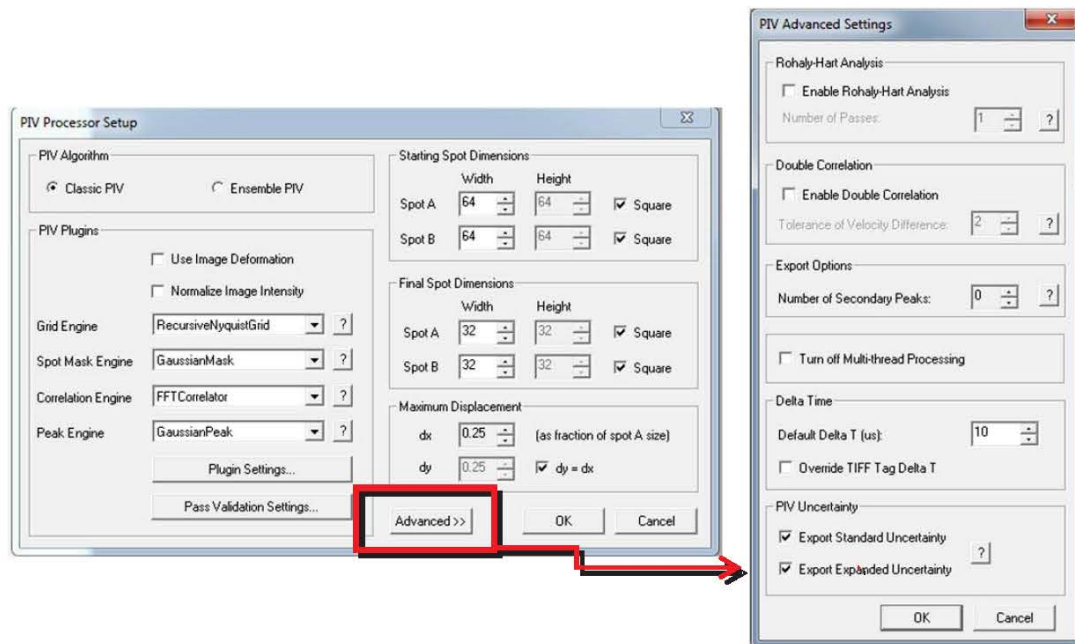


Figure 2: Exporting the standard and expanded levels of uncertainty in Insight 4G software.

Once activated, uncertainties are viewable in Tecplot® as contours. In Figure 3, instantaneous values of relative uncertainty are plotted along with time-resolved vectors of velocity.

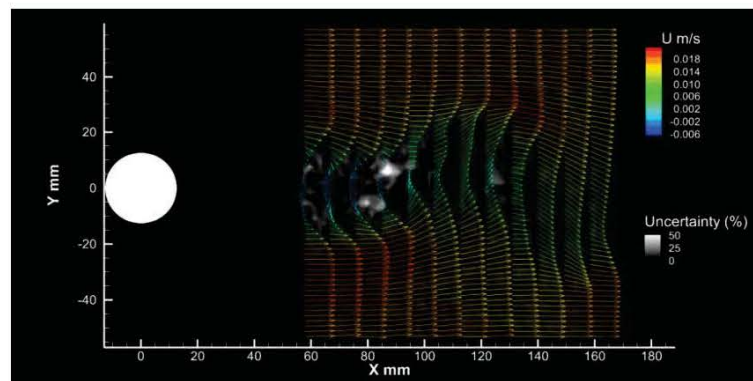


Figure 3: Contour plot of relative uncertainty of flow behind a cylinder



TSI Incorporated – Visit our website [www.tsi.com](http://www.tsi.com) for more information.

USA	Tel: +1 800 874 2811	India	Tel: +91 80 67877200
UK	Tel: +44 149 4 459200	China	Tel: +86 10 8219 7688
France	Tel: +33 4 91 11 87 64	Singapore	Tel: +65 6595 6388
Germany	Tel: +49 241 523030		

# SUPER RESOLUTION PARTICLE VELOCIMETRY

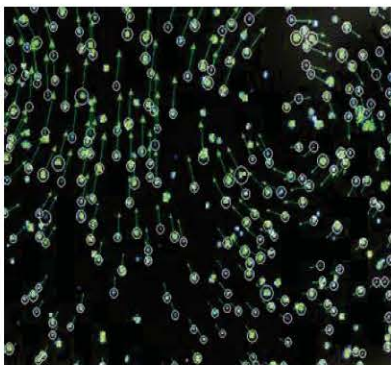
APPLICATION NOTE (A4)

The Super Resolution Particle Velocimetry approach provides the velocity field information with the highest possible spatial resolution and superior accuracy. The analysis approach is included in the Insight 4G™ Global Imaging Software package.

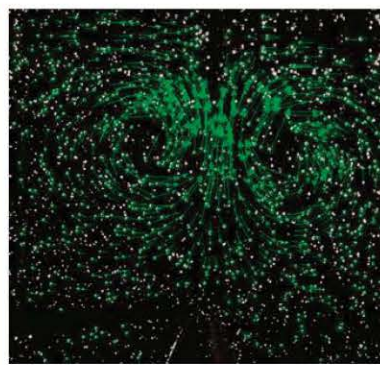
The processing approach employs a multi-step processing scheme to extract the velocity field with the hybrid method of correlation and tracking techniques. In Particle Image Velocimetry (PIV), velocity values obtained at each interrogation region represent the velocity of the group of particles within each region. The ability to go from the velocity for the group of particles to the velocity of each individual particle within the interrogation region, separately, represents the highest possible spatial resolution. From a pair of image fields, the analysis process is given as follows

- Multi-pass correlation to get estimate of the vector field which accounts for flow motion in translation, rotation, and deformation
- The estimate vector field providing the direction for particle tracking technique to get vector for each possible particle pair
- Identifying each particle using unique image processing tools
- Tracking each particle motion using the powerful ICP Scheme
- Solving the particle correspondence using a robust iterative convergent process
- Providing an accurate data set with super spatial resolution using embedded match validation
- Interpolating the randomly analyzed vectors to vector field in a regular grid locations for higher order flow statistics, like vorticity and Reynolds stress

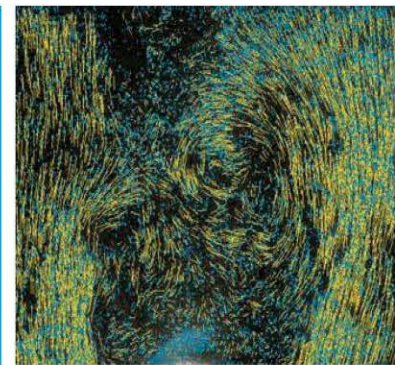
A typical vector map using the super resolution analysis is shown in Figure 1. The figure demonstrates the ability to get each vector for almost every particle in the flow field. Results are given in Figures 2 and 3 for the super resolution technique applied to a vortex flow and circulating flow, respectively.



**Figure 1:**  
Result of the Flow Field from  
Super Resolution Analysis



**Figure 2:**  
Individual Particle Vector Field  
for a Vortex Flow

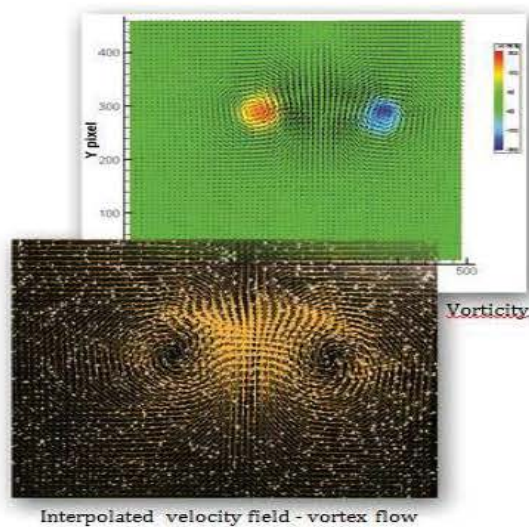


**Figure 3:**  
Individual Particle Vector Field  
for a Circulating Flow

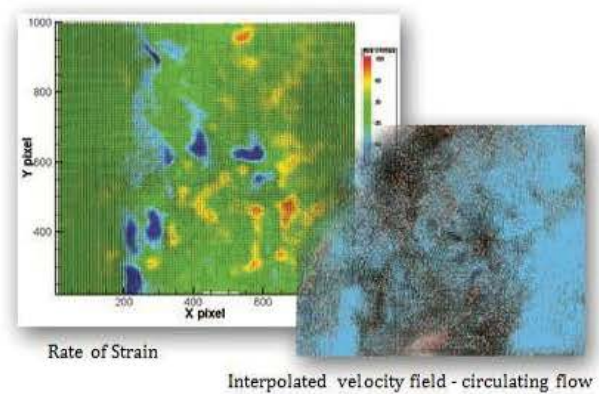
## Statistics, Data Analysis, and Interpretation from the Velocity Field

Detailed statistical properties of the flow are computed, generally using velocity values available in a regular or equally spaced grid arrangement. Special interpolation schemes have been developed to arrive at the super resolution velocity field in a regular grid format from the individual particle image velocity field. This ability to get the velocity field in a regular grid format is selectable in the Insight 4G software package.

In Super Resolution Particle Velocimetry, the interpolation on a regular grid is performed adapting the Delaunay Triangulation method combined with a powerful bi-cubic scheme, providing a robust scheme to go from the individual particle velocity field to the velocity field values at evenly spaced grid locations. Figure 4 provides the vector field in the uniform grid locations and the vorticity plot based on the vector plot field. Figure 5 shows similar results with the vector field in uniform grid and its rate of strain plot.



**Figure 4:**  
Vector Field in Regular Grid Locations and its  
Vorticity Plot of the Vortex Flow

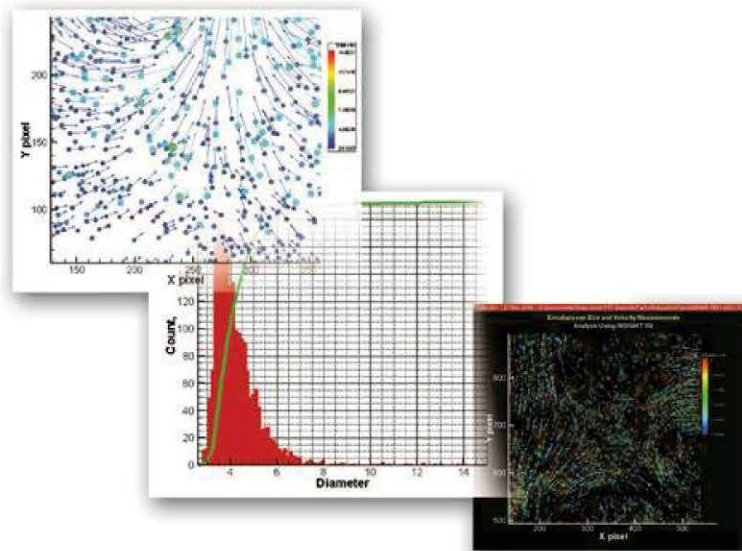


**Figure 5:**  
Vector Field in Regular Grid Locations and its Rate  
of Strain Plot of the Circulating Flow

## Velocity Field with Particle Image Size

In many practical flow situations, the size of the particle in addition to the velocity field is of interest. During the process of determining the velocity field with super resolution, individual particles are identified along with their velocity. Thus, in Super Resolution Particle Velocimetry, the size of each particle image is also obtained along with the particle velocity. From these, size histograms, correlation of size and velocity, estimation of flux, and other statistical properties can be estimated.

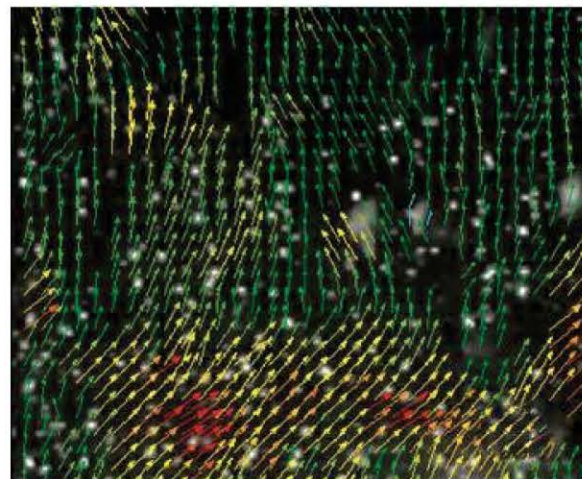
One of the major advantages of having size information is its application to multiphase flow analysis. Based on the size information, average velocity and other statistical properties of particles within a selected size range can be estimated. This sub-ranging of data based on size and velocity enables one to study transport, particle dynamics, and other related aspects. This approach can be further extended to separate the phases and obtain their velocity, size distribution, and associated properties. Figure 6 shows the particle size distribution analyzed using the super resolution approach.



**Figure 6:**  
Particle Size Information Obtained from the Super Resolution Technique

## Multiphase Flow Analysis

Another unique feature of the Super Resolution Particle Velocimetry is the analysis of multiphase flows. Solid particles in liquid flows, spray droplets in gases, and gas bubbles in liquids represent some common examples of multiphase flows that are of interest. With Super Resolution Particle Velocimetry, sub-ranging based on image size can be advantageously used to separate the phases. Further, separating or removing the sub-ranged images enables one to examine the image field for each phase separately. The result is the ability to study the flow dynamics, transport, and interactions in great detail for each phase. These are only some of the abilities of the innovative new Super Resolution Particle Velocimetry approach. Figure 7 demonstrates the ability to “remove” the large bubbles in the flow field with the subsequent flow field to be calculated without the “bubbles”.



**Figure 7:**  
Velocity Flow Field with the Bubbles Removed  
in Multiphase Situation



TSI Incorporated – Visit our website [www.tsi.com](http://www.tsi.com) for more information.

USA	Tel: +1 800 874 2811	India	Tel: +91 80 67877200
UK	Tel: +44 149 4 459200	China	Tel: +86 10 8219 7688
France	Tel: +33 4 91 11 87 64	Singapore	Tel: +65 6595 6388
Germany	Tel: +49 241 523030		

# OIL DROPLET GENERATORS MODELS 9307 AND 9307-6

TSI's Oil Droplet Generators Model 9307 and 9307-6 produce large quantities of oil droplets for seeding flows when making Particle Image Velocimetry (PIV) or Laser Doppler Velocimetry (LDV) measurements. They are ideal for seeding high-speed flows during PIV measurements when large numbers of seed particles are required. Both atomizers work best with olive oil.



TSI's Oil Droplet Generators are a general-purpose atomizers that utilizes a Laskin nozzle to generate droplets for flow seeding. Pressurized air atomizes oil in the generator reservoir to produce the droplets. An internal impactor plate blocks large droplets from getting into the droplet stream exiting the device, allowing it to generate particles with a reasonably narrow size distribution.

Generally, a larger particle output volume can be obtained without seriously affecting the droplet size range by increasing the inlet pressure. A lockable regulator with pressure gauge provides an easy way to control the inlet air pressure. Both models are equipped with an external gauge which indicates the oil level in the atomizer chamber.

## Applications

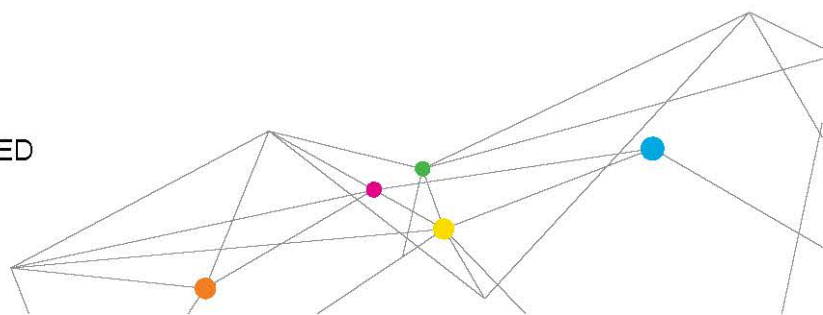
- + PIV or LDV measurements in high-speed flows
- + Wind tunnel experiments
- + Seeding large flow areas

## Features and Benefits

- + Variable droplet output for seed density optimization
- + Generates large number of droplets for seeding high-speed flows
- + Reasonably narrow size distribution



UNDERSTANDING, ACCELERATED



## SPECIFICATIONS

### OIL DROPLET GENERATORS MODELS 9307 AND 9307-6

#### Supply Air Pressure

Minimum 170 kPa (25 PSI)  
Maximum 2720 kPa (400 PSI)

#### Supply Air Temperature

Normal Operation 20°C (70°F)  
Maximum 65°C (150°F)

#### Inlet Air (operating) Pressure

Normal Operation 170 kPa (25 PSI)  
Maximum 550 kPa (80 PSI)

#### Maximum Back Pressure

10 kPa (1.5 PSI)

#### Air Supply Line

Length 1.2 m (4 ft)  
Connector Quick-coupler  
Type Parker 1/4 in. H2C Male

#### Aerosol Flow Rate

9307 301/min (normal operation)  
9307-6 10001/min (normal operation)

#### Mean Droplet Size

1 micron for olive oil (typical)

#### Aerosol Outlet Pipe (9307)

Outside Diameter 1.59 cm (0.625 in.)  
Inside Diameter 0.95 cm (0.375 in.)

#### Aerosol Outlet Pipe (9307-6)

Outside Diameter 2.5 cm (1 in.)  
Inside Diameter 2.4 cm (0.93 in.)

#### Dimensions (Height x Diameter)

9307 39.5 cm (15.5 in.) x 15 cm (5.9 in.)\*  
9307-6 48 cm (18.9 in.) x 23 cm (9 in.)\*\*

#### Weight

9307 3.9 kg (8.5 lb)  
9307-6 13.2 kg (29 lb)

\* Add 2.9 cm (1.1 in.) for sight glass.

\*\* Add 8.5 cm (3.35 in.) for regulator.

Specifications are subject to change without notice.

TSI and the TSI logo are registered trademarks of TSI Incorporated.

#### TO ORDER

##### Small-Scale Powder Disperser

Specify	Description	9307-
1	System with single jet	
9307-6	System with six jets	



UNDERSTANDING. ACCELERATED

TSI Incorporated - Visit our website [www.tsi.com](http://www.tsi.com) for more information.

USA	Tel: +1 800 874 2811	India	Tel: +91 80 67877200
UK	Tel: +44 149 4 459200	China	Tel: +86 10 8251 6588
France	Tel: +33 4 91 11 87 64	Singapore	Tel: +65 6595 6388
Germany	Tel: +49 241 523030		