

# SIS1-x/FMR



## HIGH SPEED FRAMING MODE RECORDER

**14-BIT DYNAMIK** ◀  
**BIS ZU 1 MILLION BILDER/S** ◀  
**BILDSEQUENZAUFNAHME** ◀



Das Scientific Imaging System SIS1-x/FMR ist ein hochauflösendes Kamerasystem, speziell entwickelt für die High Speed Bildsequenzaufnahme mit 14-Bit Dynamik durch spezielle Bildsensorbetriebsarten zur Aufzeichnung schnell ablaufender Vorgänge. Auf Grund eines speziellen Bildsensors mit einer Bildzone und mehreren lichtundurchlässig abgedeckten Speicherzonen ist die Bilderfassung mit der so genannten Framing-Betriebsart von bis zu 1 Million Bildern/s gegeben, unter gleichzeitiger Beibehaltung der herausragenden technischen Spezifikationen des Scientific Imaging Systems.

Features	
<b>Höchste Bildrate</b> ▶	Framing Modus zur Bildsequenzaufnahme von bis zu 1 Million Bildern/s. Durch die Nutzung von 2048 Bildzeilen des Bildsensors sind längere Bildserien möglich.
<b>Höchste Sensitivität</b> ▶	Höchster Rauschabstand von bis zu $4e^7$ /Pixel/s durch die spezielle "correlated double sampling" Signalverarbeitung.
<b>14(18)-Bit Digitalisierung</b> ▶	Auflösung mit 16.384 Graustufen, 64-fach besser als mit 8-Bit Systemen vorteilhaft für fotometrische Messungen und kontrastarme Strukturen. Verminderung von statistischem Rauschen durch Bildakkumulation für Aufnahmen mit 15-Bit Dynamik. Optionale 18-Bit Digitalisierung mit 16-Bit Übertragung für 19-Bit Dynamik.
<b>Fotometrische Linearität</b> ▶	Proportionalität des Meßsignals zur Intensität des einfallenden Lichtes besser als 0,4%, optimierbar mittels Korrekturtabellen auf Linearitäten $< 0,1\%$ .
<b>Hohe Bildauflösung</b> ▶	Insgesamt 2 Megapixel nutzbare quadratische Bildpunkte mit den Frametransfer-Bildsensoren Philips FT18 bzw. FTT1010. 6 Megapixel nutzbare quadratische Bildpunkte mit dem Fullframe-Bildsensor Philips FTF3020.
<b>Externe Zeitsteuerung</b> ▶	Asynchroner Bildsequenzstart und externe Bildsequenzsteuerung durch externe Steuereingänge. Beliebige auch zeitlich nichtlineare Bildaufnahmeserien möglich.
<b>Super Pixel Auslesen</b> ▶	Zusammenfassen der Ladungen mehrerer Pixel (Binning) auf dem CCD mit einmaligem Auslesen erhöht linear den Rauschabstand bei reduzierter räumlicher Auflösung.
<b>Anti-Blooming Funktion</b> ▶	Bei Überbelichtung der Pixel um mehr als das 200fache, wird ein Überlaufen der Ladungen zu benachbarten Bildpunkten weitgehend vermieden.
<b>Hohe Photonenkapazität</b> ▶	Das Signal-Rauschverhältnis ist ab mittleren Intensitäten nur von der Photonenstatistik $S/N = \sqrt{\lambda S}$ bestimmt. Eine hohe Dynamik erfordert also eine hohe Elektronenkapazität.
<b>100% Füllfaktor</b> ▶	Für exakte Intensitätsmessungen sind vollflächig sensitive Bildsensoren vorteilhaft, da sonst feine Bildstrukturen zu Moiré-Effekten führen.
<b>WinSIS-Software</b> ▶	WinSIS6 für WinXP/2000/NT/9x für komplexe Messapplikationen kontrolliert alle Kamerafunktionen und die Belichtungssteuerung. Die intuitive Bedienung aller Bildverarbeitungsfunktionen mit Projektdefinitionen und Makrofähigkeiten (nur WinSIS6) erlaubt eine schnelle Realisierung komplexer Prozessabläufe ohne lange Einarbeitungszeiten. SDK für eigene Programmierung vorhanden.

## SIS1 – HIGH SPEED FRAMING MODE RECORDER

In vielen Bereichen der Wissenschaft und Technik gibt es schnell ablaufende Vorgänge, die zur Untersuchung bildmäßig erfasst und ausgewertet werden müssen. Mit der konventionellen Videotechnik sind die Möglichkeiten durch die niedrige Bildwiederholrate begrenzt, solche Bewegungsvorgänge aufzuzeichnen.

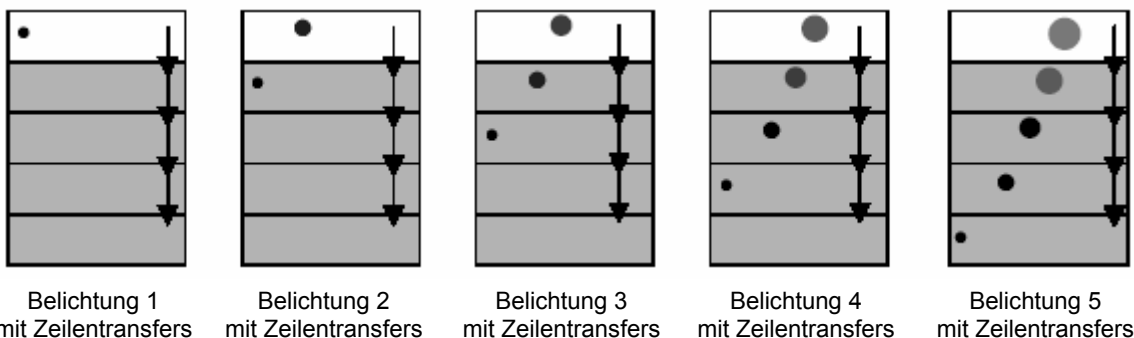
Zur Registrierung von extrem schnell bewegten Objekten oder transienten Zuständen wurden bisher fotografische Methoden eingesetzt. Neben den hohen Kosten solcher Systeme ist dieses oft ein mühsames und umständliches Verfahren, weil die Entwicklung der Filme und die Extraktion der darauf enthaltenen Informationen soviel Zeit benötigt, dass eine Einwirkung auf die Untersuchung zur Optimierung der Versuchsparameter unmöglich ist, ganz abgesehen von dem oft notwendigen, zusätzlichen Aufwand zur Digitalisierung der Bildinformation.

Spezielle Videokameras - insbesondere Kameras mit selektiv auslesbaren CMOS Bildsensoren und mehreren Ausgangskanälen - erreichen hohe Bildraten bei Pixelfrequenzen > 60MHz.

Schnelle zeitaufgelöste Bildaufnahmen für photometrische Anwendungen erfordern jedoch in den meisten Fällen eine hohe Dynamik und Linearität bezüglich der Abhängigkeit der einfallenden Photonen zur digitalisierten Bildintensität.

CCD-Bildsensoren sind aufgrund ihrer internen Struktur und Organisation unter Ausnutzung spezieller Bildsensorbetriebsarten zur Aufzeichnung schnell ablaufender Vorgänge geeignet. Mit der so genannten „Framing“ Betriebsart wird die gesamte Bildsensorfläche in Bildstreifen unterteilt, indem die nicht zu belichtende Bildzone lichtundurchlässig abgedeckt wird. Es entsteht also ein Frametransfer-Bildsensor mit mehreren Speicherzonen, deren Zahl gleich der Gesamtzahl der Bildsensorzeilen dividiert durch die Zeilenzahl des Einzelbildes ist.

## FRAMING PRINZIP



Als Beispiel ist ein Bildsensor zu 4/5 lichtdicht abgedeckt, so dass insgesamt 4 Frametransfer-Speicherzonen (grau unterlegt) entstehen. Bei einem Frametransfer-Bildsensor, bei dem sowohl die Bildzone als auch die Speicherzone gleich aufgebaut sind, kann man zur Aufteilung z.B. von einem 1024 x 1024 Bildsensor also 2048 Bildzeilen ausnutzen. Die Belichtungsphase wird meist durch einen Shutter wie z.B. ein schaltbarer Bildverstärker oder durch eine gepulste Lichtquelle realisiert, so dass auch die nicht abgedeckte Bildzone als zusätzlicher Bildspeicher genutzt werden kann, da außerhalb der Belichtungsphase keine Photonen auf diesen immer sensitiven Bereich fallen.

Nach Belichtung des sensitiven Bildstreifens wird entsprechend der Zeilenanzahl des Bildstreifens die Bildinformation durch die gleiche Anzahl von Zeilentransfers in den abgedeckten Bereich transferiert, wobei mit einem Zeilentransfer immer alle Zeilen um eine Zeile in Richtung Ausleseregister geschoben werden. Dieser Vorgang wird Bildstreifen für Bildstreifen sequentiell solange wiederholt, bis der gesamte Bildsensor belichtet ist. Danach wird die gesamte Bildinformation in der selben Weise ausgelesen, wie beim Normalbetrieb des Scientific Imaging Systems SIS1, so dass alle seine Spezifikationen erhalten bleiben, wie z.B. die Dynamik von 14/16-Bit, die hohe Linearität und die sehr hohe Sensitivität durch das geringe Ausleserauschen.



## FRAMING FEATURES

Der Start der Bildsequenzaufnahme, vor dem der Bildsensor laufend gelöscht wird, ist völlig asynchron mit einer Anfangsverzögerung von  $<1 \mu\text{s}$  durch einen externen Triggereingang wählbar. Mit einem externen Steuereingang kann daraufhin der Zeilentransfer durch einen externen Timer beliebig gesteuert werden, so dass man sehr flexibel die verschiedensten Ablaufsteuerungen realisieren kann. Insbesondere kann man für zeitlich nicht lineare Vorgänge den Bildsequenzzeitablauf entsprechend den jeweiligen experimentellen Anforderungen anpassen, um genau die wesentlichen Informationen zu den bildinteressanten Zeiten zu erfassen. Zur anwenderfreundlichen Steuerung wird der Zeilentransfervorgang durch den internen Step-On-Clock Sequenzer SOC mit der maximalen, für die einzelnen Bildsensoren unterschiedlichen Zeilentransferfrequenz solange durchgeführt, solange der externe Ablaufsteuerimpuls anliegt, so dass in einfacher Weise auch komplexe zeitliche Abläufe realisiert werden können. Ist der Ablaufsteuerimpuls kürzer als die einzelne Zeilentransferzeit, kann auch jede Zeile einzeln transferiert werden, so dass z.B. zeitlich logarithmische Bildaufnahmesequenzen angewendet werden können.

Für die maximal möglichen Bildraten gelten folgende einfache Beziehungen:

$$\begin{aligned} \text{Max. Bildrate [kHz]} &= 1000 / (\text{Zeilentransferzeit} \times \text{Einzelbildzeilen}) \\ \text{Einzelbilder/Sequenz} &= \text{Zeilenzahl des Bildsensors} / \text{Einzelbildzeilen} \end{aligned}$$

In der Tabelle sind als Beispiel die maximalen Bildsequenzraten für das Scientific Imaging System SIS1-p18/HSR bei den verschiedenen Zeilentransferraten aufgeführt, wobei jede Zeile immer 1024 Bildpunkte enthält. Für die allgemeinen Spezifikationen gelten die Informationen des SIS1-p18 mit dem Philips Bildsensor FT18.

Transferzeit für 1 Zeile [ $\mu\text{s}$ ]	Max. Bildrate [KHz]				
	1024 Bilder a. 1 Bildzeile	256 Bilder a. 4 Bildzeilen	64 Bilder a. 16 Bildzeilen	16 Bilder a. 64 Bildzeilen	4 Bilder a. 256 Bildzeilen
1	1000	250	62.5	15.625	3.9
2	500	125	31.25	7.8125	1.95
4	250	62.5	15.625	3.9	0.975

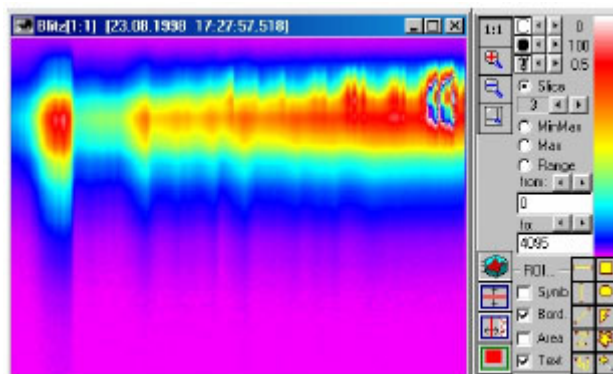
Die Bildraten eines einzeiligen Bildes liegen im MHz-Bereich. Um die gleiche Bildpunktastastfrequenz mit linearen Sensoren zu verwirklichen, wäre der Einsatz von Zeilensensoren mit ca. 1GHz Pixelfrequenz und einer Digitalisierungsdynamik von 14/16-Bit notwendig, was in absehbarer Zukunft nicht realisierbar erscheint. Diese hohe Dynamik ist jedoch für photometrische Anwendungen notwendig.

Die Framing-Technologie ist wegen der streifenförmigen Bildform, deren Bildseitenverhältnis von der für die Untersuchung notwendigen Anzahl von Bildern abhängt, besonders für lineare Bewegungen geeignet, da dann die lange Bildseite in Bewegungsrichtung justiert werden kann und sich somit eine optimale räumliche Ausnutzung der Bildfläche für den Bewegungsablauf ergibt.

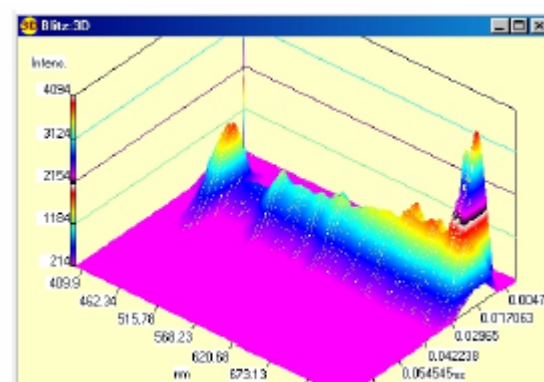
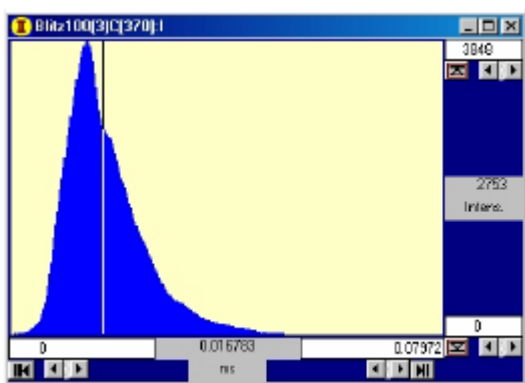
Beim vorgestellten System können die Bilder unmittelbar betrachtet und mit einem leistungsfähigen Softwarepaket ausgewertet werden, so dass online Regelungen der Versuchsbedingungen möglich sind. Bei wiederholbaren Vorgängen können zusätzlich auch Sequenzen von diesen Bildsequenzen erfasst, oder die Bildsequenzintensitäten zur Signalmittelung aufaddiert werden.

## KINETISCHE SPEKTROSKOPIE

Ein wichtiger Sonderfall ist die kinetische Spektroskopie. Hierbei wird je nach Eintrittspalthöhe des Spektrometers die erzeugte spektrale Intensitätsverteilung des zu untersuchenden Lichtes auf eine oder wenige Zeilen des Bildsensors abgebildet, so dass spektrale Änderungen bis in den Submikrosekunden-Zeitbereich mit hoher spektraler Auflösung gemessen werden können. Bei entsprechend guter Ortsauflösung und gutem Streulichtverhalten des Spektrometers ist es nicht notwendig, den Bildsensor zur Fixierung der Bildzone abzudecken, so dass die Bildhöhe flexibel z.B. mit der Eintrittspalthöhe an die verfügbare Lichtintensität angepasst werden kann.



Als Beispiel ist das zeitliche, spektrale Verhalten der Lichtemission einer Blitzlampe gezeigt. Der Eintrittsspalt des verwendeten Flatfield-Spektrometers wird durch die direkte Einkopplung einer Lichtwellenleiterfaser mit 0,05mm Durchmesser realisiert, der etwa die ersten beiden Bildzeilen des Bildsensors beleuchtet, so dass keine weitere Abdeckung notwendig war. Die x-Richtung ist die Wellenlängenachse, die durch die spektrale Dispersion des Flatfield-Gitters gegeben ist. Die y-Richtung ist die Zeitachse von 0 bis 0,08ms mit einer Zeitauflösung von 250ns/Zeile. Man erkennt die Anfangsverzögerung und hiernach das spektrale zeitlichen Verhalten der verschiedenen Emissionsprozesse während der Blitzlichtentladung.



Die Auswertung wird mit dem leistungsfähigen Bildverarbeitungsprogramm WinSIS 5 durchgeführt. Als Beispiel sind die Spektralkurven zu den verschiedenen Zeiten als Intensitätsprofile dargestellt. Rechts ist eine dreidimensionale Darstellung gezeigt. Natürlich stehen alle Daten zum Export im ASCII-Format zur Verfügung, so dass eine Vielzahl weiterer Applikationen unterstützt werden.

**THETA SYSTEM** Elektronik GmbH

Rathausstraße 13  
D-82194 Gröbenzell  
Tel +49 (0)8142-4678 0  
Fax +49 (0)8142-4678 90  
info@theta-system.de  
www.theta-system.de