

Einleitung

Wellenlängenbereiche

MMS Familie
CGS Familie
MCS FLEX Familie
PGS Familie

Software

Einsatzgebiete

Definitionen und Erklärungen

E-Mail

www.zeiss.com

ZEISS Spektrometermodule

Kompendium Produkte, elektronische Komponenten
und Softwarelösungen



Informationen zur Interaktivität
auf dieser Seite



Erläuterndes Produktvideo
auf youtube.com



Seitennavigation
Eine Seite zurück | Eine Seite vor



Einleitung

Wellenlängenbereiche

MMS Familie
CGS Familie
MCS FLEX Familie
PGS Familie

Software

Einsatzgebiete

Definitionen und Erklärungen

Der Moment, in dem Sie feststellen,
dass Ihre Erwartungen noch übertroffen wurden.
Für diesen Moment arbeiten wir.



// SPEKTROMETERMODULE
MADE BY ZEISS

Einleitung

Wellenlängenbereiche

MMS Familie
CGS Familie
MCS FLEX Familie
PGS Familie

Software

Einsatzgebiete

Definitionen und Erklärungen



Einleitung

Ihre Applikation – unser Antrieb

Ein klassisches Spektrometer bzw. ein klassischer Monochromator besteht aus einem dispersiven Medium, Ein- und Ausgangsspalt sowie abbildenden Elementen, die einen parallelen Strahlengang erzeugen. Zur Aufnahme eines Spektrums muss ein Detektor hinter dem Austrittsspalt das Licht sequenziell aufnehmen, während das disperse Element oder der Ausgangsspalt bewegt wird. Eine solche mechanische Bewegung benötigt Zeit und ist störanfällig. Für viele Anwendungen – besonders in der Industrie – sind jedoch kurze Messzeiten und Unempfindlichkeit gegen äußere Einflüsse von großem Vorteil. Deshalb wurde bei ZEISS Ende der siebziger Jahre mit der Entwicklung von Diodenzeilenspektrometern begonnen, die anstelle des Austrittsspalts eine Diodenzeile besitzen und, diesen ersetzend, simultan ein komplettes Spektrum in Sekundenbruchteilen aufnehmen und bewegliche Bauteile damit überflüssig machen. Das Konzept der Spektrometermodul-Familie von ZEISS basiert darauf, das optisch-mechanische Design sowie die Anzahl der Bauteile auf das physikalische Minimum zu reduzieren und daneben eine möglichst große Anzahl gleicher Bestandteile für die verschiedenen Versionen zu benutzen. ZEISS hat in den letzten Jahren eine Vielzahl von unterschiedlichsten Spektrometermodulen für die unterschiedlichsten

Anwendungen und Ansprüche entwickelt, die alle einen entscheidenden Vorteil haben: Alle Spektrometermodule sind fest miteinander verbunden. Dies bedeutet eine sehr hohe Unempfindlichkeit gegenüber mechanischen Erschütterungen und somit eine hohe Zuverlässigkeit. Zudem ist der ganze Aufbau wartungsfrei, d. h. eine Nachkalibration ist nicht notwendig. Grundlage für die hohe Qualität der Spektrometer ist das technologische Know-how bei ZEISS für mathematische Designs, Strukturierung (Gitterherstellung und Replikation), Beschichtung und Materialbearbeitung. Denn nicht zuletzt sind die Verbindungstechniken entscheidend für die hohe Unempfindlichkeit gegen Einflüsse wie Erschütterungen und vor allem Temperaturänderungen.

Folgende Spektrometermodul-Familien wurden bei ZEISS entwickelt:

- **MMS** Monolithisches Miniatur-Spektrometer
- **CGS** Kompakt-Gitter-Spektrometer
- **MCS FLEX** Multi-Channel-Spektrometer
- **PGS** Plangitter-Spektrometer





Bei Klick auf den jeweiligen Wellenlängenbereich
gelangen Sie zu den technische Daten des entsprechenden Produktes.

Einleitung

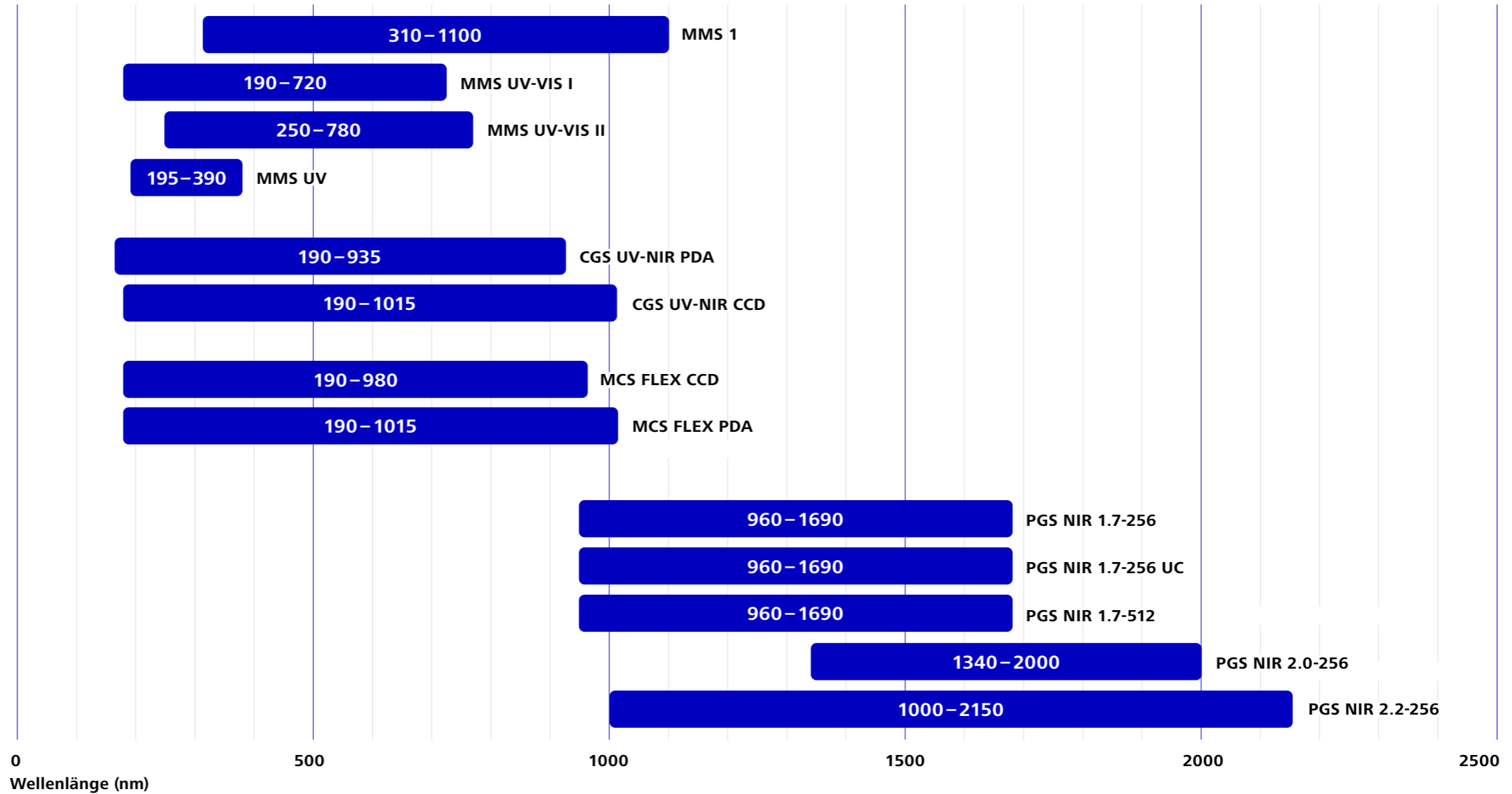
Wellenlängenbereiche

MMS Familie
CGS Familie
MCS FLEX Familie
PGS Familie

Software

Einsatzgebiete

Definitionen und Erklärungen



E-Mail

Einleitung

Wellenlängenbereiche

MMS Familie

- Technische Daten
- Betriebselektronik

CGS Familie

MCS FLEX Familie

PGS Familie

Software

Einsatzgebiete

Definitionen und Erklärungen



E-Mail

MMS Familie

Monolithisch kompakt

Die äußerst kompakte Bauweise ist signifikant für die Spektrometer der MMS Familie. Da für viele Anwendungen kein hohes Auflösungsvermögen, aber eine hohe Reproduzierbarkeit notwendig ist, sind kleine Baugrößen möglich.

Optische Komponenten der MMS Familie

- abbildendes Gitter
- Faserquerschnittswandler als optischer Eingang
- Diodenzeile als opto-elektronischer Ausgang

sind um einen Zentralkörper angeordnet und mit diesem verklebt. Der Zentralkörper ist je nach Version als Glaskörper oder Titanhohlkörper designed. Die beiden für die Schnittstellen wichtigen Komponenten Querschnittswandler und Detektor sind beibehalten.

Zentralkörper

Beim MMS 1 ist der Zentralkörper ein linsenähnlicher Glaskörper. Das abbildende Gitter ist direkt auf diesen Glaskörper repliziert, somit unverrückbar, optimal geschützt gegen Staub und Gase. Der Einsatz eines optisch dichteren Mediums erlaubt zudem wegen der größeren Apertur den Einsatz von kleineren Gittern und bewirkt damit geringere Abbildungsfehler.

Aus Gründen der Transmission ist bei den UV-sensitiven Modulen der massive Glaskörper durch einen Hohlkörper ersetzt worden, an den Gitter und Detektor verklebt sind. Die Gesamtstabilität wird durch das Röhrendesign nicht beeinträchtigt; die temperaturbedingte Drift der Wellenlänge ist sogar noch reduziert worden.

Gitter

Bei den Gittern für die MMS Familie selbst handelt es sich um sogenannte holografisch geblazte (Wirkungsgrad optimierte) Flat-field-Gitter. Diese bei ZEISS im Stehwellenverfahren hergestellten Gitter erreichen wesentlich höhere Wirkungsgrade (für unpolarisiertes Licht) als Gitter mit sinusoidalem Profil. Neben der dispersiven Funktion muss das Gitter den Eingangsspalt auf die Detektorzeile abbilden. Über die räumliche Variation der Furchendichte und gekrümmte Furchen wird erreicht, dass Kommafehler korrigiert werden und die Fokalkurve geebnet wird (Flat-field) und damit optimal an die flache Detektorstruktur angepasst ist. Selbst bei der vorliegenden kleinen Schnittweite werden noch ebene Spektren von über 6 mm Länge erzielt. So kann für die VIS- und die UV-VIS-Version das gleiche Gitterdesign verwendet werden. Das Originalgitter besitzt das Effizienzmaximum bei ca. 220 nm. Wegen der größeren optischen Dichte verschiebt sich beim VIS-Modul die Effizienzkurve um den Faktor des Brechungsindex.

Querschnittswandler

Zur weiteren Optimierung der Lichtstärke dient ein Faserbündel-Querschnittswandler. Der Eingangsspalt wird durch die lineare Anordnung der Einzelfasern erzeugt (Spalthöhe h , bedingt durch Anzahl der Einzelfasern, Spaltbreite b – Kerndurchmesser). Dieser ist an die Pixelgröße der verwendeten Diodenzeile und an die Abbildungs- und Dispersionseigenschaften des Flat-

field-Gitters angepasst. So werden Lichtstärken am theoretischen Limit erreicht. Der Querschnittswandler ist integraler Bestandteil des Spektrometer-Designs und somit nicht einfach abzuändern. Es besteht aber die Möglichkeit, die Länge der Faser sowie die Auslegung des Eingangs zu ändern. Außerdem ist zu beachten, dass Quarzfasern, wie sie bei älteren MMS UV-Modulen (VIS) verwendet werden, bei Bestrahlung mit tiefem UV-Licht unter 220 nm sogenannte Solarisationszentren bilden. Das heißt: Die Transmission der Fasern nimmt bei Bestrahlung mit hochenergetischem Licht ab. Dieser Effekt tritt um so stärker und eher auf, je kürzer die Wellenlänge (höhere Photonenenergie), je größer die Intensität und je länger die Belichtungszeit ist. Auch oberhalb von 220 nm bis 250 nm kann dadurch die Transmission eingeschränkt werden. Dieser Solarisationseffekt lässt sich durch Ausheizen nur teilweise wieder rückgängig machen, kann aber durch häufige Referenzmessungen korrigiert werden. Für Messungen unterhalb von 225 nm besteht die Möglichkeit, die MMS-Module mit solarisationsstabilisierten Fasern auszustatten. Bei den Standardmodulen ist unbedingt der Einsatz eines WG 225-Filters mit 3 mm Dicke empfohlen!

Detektor

MMS

In der MMS Familie ist die Silizium-Diodenzeile S3904-256Q von Hamamatsu eingebaut. Lediglich das MMS 1 NIR enhanced verwendet den Hamamatsu-Typ S8381-256Q. Durch die Verwendung eines kürzeren Spezialgehäuses ist der Aufspaltwinkel sehr klein, was ein effizientes Gitterdesign ermöglicht. Dies ist zusammen mit der ca. 6 mm Spektrallänge beim Wechsel zu einem anderen Detektor zu berücksichtigen. Zur Unterdrückung der 2. Ordnung ist die Diodenzeile direkt mit einem dielektrischen Kantenfilter beschichtet.

Folgende Module stehen zur Verfügung:

Modul	Spektralbereich (nm)
MMS 1	310 – 1100
MMS UV-VIS	190 – 720 oder 250 – 780
MMS UV	195 – 390



Einleitung

Wellenlängenbereiche

MMS Familie

Technische Daten
Betriebelektronik

CGS Familie
MCS FLEX Familie
PGS Familie

Software

Einsatzgebiete

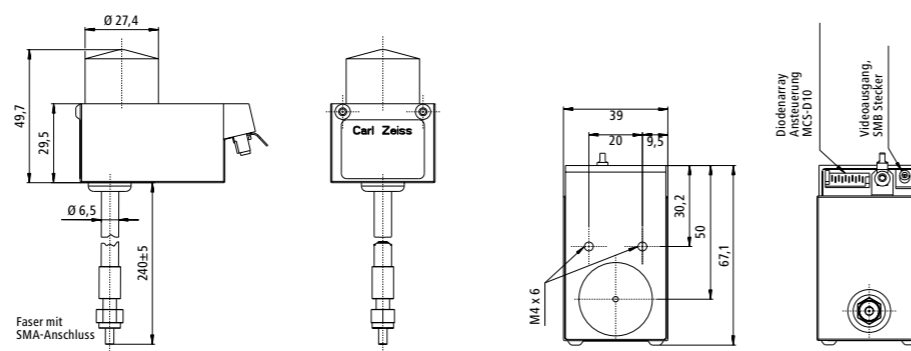
Definitionen und Erklärungen

E-Mail

MMS 1

Technische Daten

Optischer Eingang	eingangsseitig rund	Faserbündel aus ca. 30 Quarzglasfasern mit 70 µm Kerndurchmesser, ausgelegt als Querschnittswandler Durchmesser: 0,5 mm NA = 0,22 (gleichmäßiges Ausleuchten des Akzeptanzwinkels) gefasst in SMA-Stecker
	ausgangsseitig linear	70 µm x 2500 µm (Eintrittsspalt)
Gitter		Flat-field, 366 l/mm (im Zentrum)
Diodenzeile		Hersteller: Hamamatsu Typ: S 3904-256Q im Spezialgehäuse (S 5713) (S 8381-256Q für MMS 1 NIR enhanced)
		Pixelanzahl: 256
Spektralbereich		310 nm – 1100 nm Spezifikationen für den Bereich 360 nm – 900 nm (UV-VIS enhanced) 400 nm – 1000 nm (NIR enhanced)
Wellenlängengenauigkeit		0,3 nm
Temperaturdrift		< 0,01 nm/K
Spektraler Pixel-Abstand		$\Delta\lambda_{\text{Pixel}} \approx 3,3 \text{ nm}$
Auflösung		$\Delta\lambda_{\text{FWHM}} \approx 10 \text{ nm}$
Empfindlichkeit		$\approx 10^3 \text{ Vs/J}$
Streulicht		$\leq 0,8 \%$ mit Halogenlampe für UV-VIS enhanced Transmission bei 450 nm mit Filter GG 495
		$\leq 0,2 \%$ mit Halogenlampe für NIR enhanced Transmission bei 650 nm mit Filter RG 695
Abmessungen	mit Gehäuse	70 x 50 x 40 mm ³
	Querschnittswandler (äußere Länge)	240 mm Standard, bis 1 m erhältlich

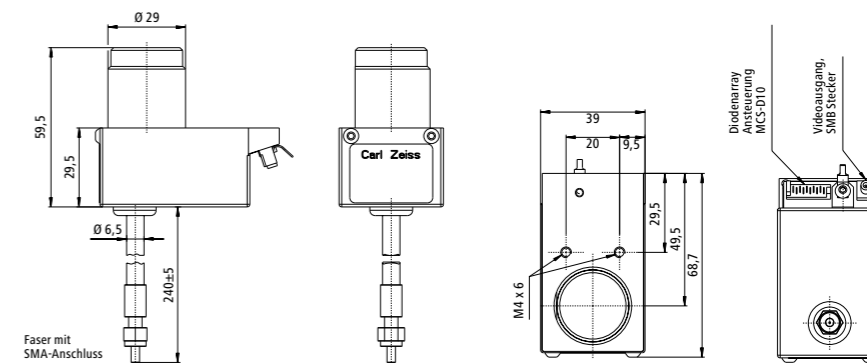


Bestellnummer	Bezeichnung	Wellenlängenbereich	Beschreibung
224001-9001-000	MMS 1 UV-VIS enh.	310 – 1100 nm	PDA mit 256 Pixeln, 240 mm externe Faserlänge
224001-9011-000	MMS 1 UV-VIS enh.	310 – 1100 nm	PDA mit 256 Pixeln, 180 mm externe Faserlänge
000000-1233-038	MMS 1 NIR enh.	310 – 1100 nm	S8381 PDA mit 256 Pixeln, 240 mm externe Faserlänge

MMS UV-VIS I / UV-VIS II

Technische Daten

Optischer Eingang	eingangsseitig rund	Faserbündel aus ca. 30 Quarzglasfasern mit 70 µm Kerndurchmesser, ausgelegt als Querschnittswandler Durchmesser: 0,5 mm NA = 0,22 (gleichmäßiges Ausleuchten des Akzeptanzwinkels) gefasst in SMA-Stecker
	ausgangsseitig linear	70 µm x 2500 µm (Eintrittsspalt)
Gitter		Flat-field, 366 l/mm (im Zentrum), geblazt für ca. 220 nm
Diodenzeile		Hersteller: Hamamatsu Typ: S 3904-256Q im Spezialgehäuse
		Pixelanzahl: 256
Spektralbereich	UV-VIS I	190 nm – 720 nm Spezifikationen für den Bereich 220 nm – 720 nm
	UV-VIS II	250 nm – 780 nm Spezifikationen für den Bereich 250 nm – 780 nm
Wellenlängengenauigkeit		0,5 nm
Temperaturdrift		$\leq 0,006 \text{ nm/K}$
Spektraler Pixel-Abstand		$\Delta\lambda_{\text{Pixel}} \approx 2,2 \text{ nm}$
Auflösung		$\Delta\lambda_{\text{FWHM}} \approx 7 \text{ nm}$
Empfindlichkeit		$\approx 10^3 \text{ Vs/J}$
Streulicht		$\leq 0,3 \%$ mit Deuteriumlampe Transmission bei 310 nm mit NaNO ₂ -Lösung (50 g/l)
Abmessungen	mit Gehäuse	67 x 60 x 40 mm ³
	Querschnittswandler (äußere Länge)	240 mm Standard, bis 1 m erhältlich



Bestellnummer	Bezeichnung	Wellenlängenbereich	Beschreibung
224000-9001-000	MMS UV-VIS I	190 – 720 nm	PDA mit 256 Pixeln, 240 mm externe Faserlänge
000000-1410-176	MMS UV-VIS I	190 – 720 nm	PDA mit 256 Pixeln, 240 mm externe Faserlänge, solarisationsarm
000000-1090-197	MMS UV-VIS II	250 – 785 nm	PDA mit 256 Pixeln, 240 mm externe Faserlänge

Einleitung

Wellenlängenbereiche

MMS Familie

Technische Daten
Betriebelektronik

CGS Familie
MCS FLEX Familie
PGS Familie

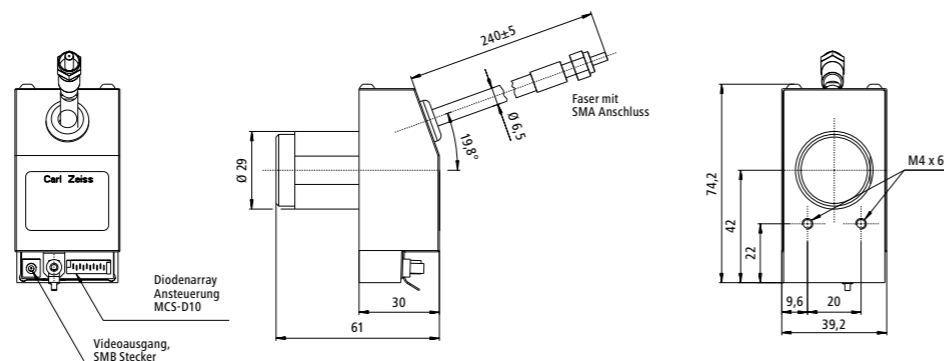
Software

Einsatzgebiete

Definitionen und Erklärungen

MMS UV
Technische Daten

Optischer Eingang	eingangsseitig rund	Faserbündel aus ca. 15 Quarzglasfasern mit 70 µm Kerndurchmesser, ausgelegt als Querschnittswandler Durchmesser: 0,4 mm NA = 0,22 (gleichmäßiges Ausleuchten des Akzeptanzwinkels) gefasst in SMA-Stecker
	ausgangsseitig linear	70 µm x 1250 µm (Eintrittsspalt)
Gitter		Flat-field, 1084 l/mm (im Zentrum), geblazed für ca. 220 nm
Diodenzeile		Hersteller: Hamamatsu Typ: S 3904-256N im Spezialgehäuse Pixelanzahl: 256
Spektralbereich		195 nm – 390 nm Spezifikationen für den Bereich 220 nm – 390 nm
Wellenlängengenauigkeit		0,2 nm
Temperaturdrift		< 0,005 nm/K
Spektraler Pixel-Abstand		$\Delta\lambda_{\text{Pixel}} \approx 0,8 \text{ nm}$
Auflösung		$\Delta\lambda_{\text{FWHM}} \approx 3 \text{ nm}$
Empfindlichkeit		$\approx 10^3 \text{ Vs/J}$
Streulicht		$\leq 0,3 \%$ Deuteriumlampe Transmission bei 240 nm mit NaJ-Lösung (10 g/l)
Abmessungen	mit Gehäuse	70 x 60 x 40 mm ³
	Querschnittswandler (äußere Länge)	240 mm Standard, bis 1 m erhältlich



Bestellnummer	Bezeichnung	Wellenlängenbereich	Beschreibung
224002-9020-000	MMS UV	195 – 390 nm	PDA mit 256 Pixeln, 240 mm externe Faserlänge
000000-1392-178	MMS UV	195 – 390 nm	PDA mit 256 Pixeln, 240 mm externe Faserlänge, solarisationsarm



E-Mail

Einleitung

Wellenlängenbereiche

MMS Familie

- Technische Daten
- Betriebselektronik
- CGS Familie
- MCS FLEX Familie
- PGS Familie

Software

Einsatzgebiete

Definitionen und Erklärungen

E-Mail

www.zeiss.com



MMS
Betriebselektronik

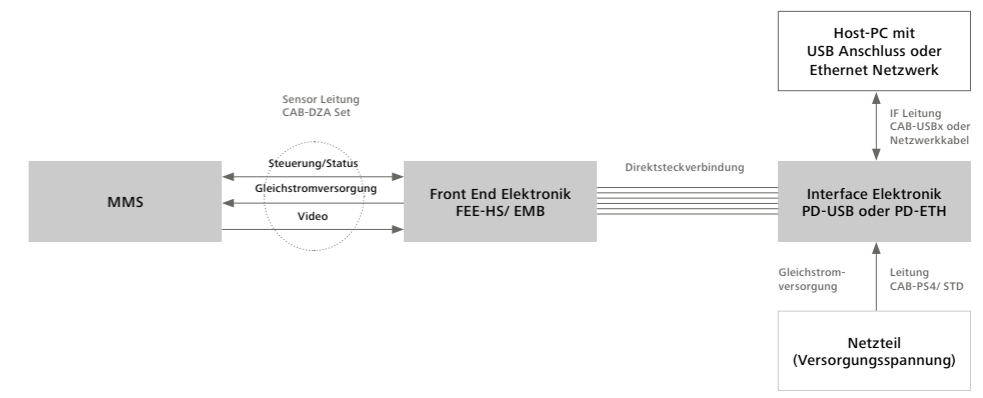
Konfigurationsübersicht



USB / Ethernet Konfiguration

Für die PC-Standardchnittstellen stehen eine USB und eine Ethernet Elektronik bereit. Die USB-basierende Elektronik wird extern durch ein zusätzliches Netzteil versorgt (self-powered USB Gerät). Die Verbindung mit dem PC erfolgt über ein Standard USB-Kabel. Wir empfehlen die Verwendung eines

Hi-Speed USB Anschlusses (USB 2.0 oder 3.0). Alle Elektronik-leiterkarten sind für den Einbau in ein Kundengehäuse ausgelegt. Externe ± 12 VDC und + 5 VDC Versorgungsspannungen müssen vom Benutzer bereitgestellt werden.



Einleitung

Wellenlängenbereiche

MMS Familie

CGS Familie

Technische Daten

Betriebelektronik

MCS FLEX Familie

PGS Familie

Software

Einsatzgebiete

Definitionen und Erklärungen

E-Mail

www.zeiss.com



CGS UV-NIR Familie

Mehr als man vermutet

Die CGS UV-NIR Spektrometer sind eine Klasse für sich. Äußerst kompakt und robust, wahlweise mit PDA oder CCD Detector ausgestattet, erlauben sie den Nutzern mit einem Maximum an Qualität und einem Optimum an spektraler Effizienz zu messen.

Optische Komponenten der CGS Familie

- abbildendes Gitter
- optischer Eingang
- CCD oder PDA als opto-elektronischer Ausgang

Das CGS besteht aus einem abbildenden Gitter, einem optischen Eingang und einer ungekühlten CCD Empfängerzeile oder einem Silizium-Photodiodenarray (PDA). Die CCD Empfängerzeile hat eine elektrische Shutterfunktion, die minimale Integrationszeiten und dadurch eine hohe Sensitivität ermöglicht. Die PDA bedingt ein extrem niedriges Rauschen, welches für ein hohes Signal-Rauschverhältnis auch bei niedrigen Lichtverhältnissen sorgt. Kernstück des Spektrometers ist ein geblazetes Flat-Field-Gitter für Lichtdispersion und Abbildung. Aus der Gesamtanordnung ergibt sich ein spektraler Pixelabstand von 0,4 nm/Pixel bei CCD Detektor und 0,7 nm/Pixel für den PDA Detektor. Damit wird eine spektrale Auflösung kleiner als 3 nm nach dem Rayleigh-Kriterium erreicht. Der optische Eingang ist modulseitig ein optischer Spalt (erhältlich in verschiedenen Breiten) und kundenseitig ein SMA-Stecker. Alle optischen Teile sind in einem Gehäuse aus Aluminium fixiert.

Die Spektrometermodule sind kompakt und thermisch stabil und eignen sich damit hervorragend für industrielle Anwendungen. Ihre ausgezeichnete thermische Stabilität und ein sehr geringes Streulicht garantieren auch unter rauen Bedingungen zuverlässige Messergebnisse. Die CGS Spektrometermodule ergänzen die Produktfamilien der MMS und MCS Spektrometermodule.

Das neue CGS-Spektrometer verbindet Vorteile der MMS und der MCS Spektrometer:

- Hohe Auflösung
- Hohe Empfindlichkeit
- Sehr gutes Signal/ Rauschverhältnis
- Hoher Dynamikbereich
- Kleine Baugröße

Einsatzgebiete

Die Anwendungen sind aufgrund des flexiblen Designs sehr vielfältig. Sie lassen sich nach den Messprinzipien, nach den Einsatzgebieten oder nach zu untersuchenden Materialien einteilen.

Wichtigster Vorzug sind aber die Kompaktheit und die Unempfindlichkeit gegen äußere Einflüsse. So lassen sich die Module sehr prozessnah einbauen. In den meisten der nachfolgend erwähnten Applikationen ist eine On-line-Kontrollmöglichkeit gegeben.

Folgende Module stehen zur Verfügung:

Modul	Spektralbereich (nm)
CGS UV-NIR CCD	190 – 1015
CGS UV-NIR PDA	190 – 935



Einleitung

Wellenlängenbereiche

MMS Familie
CGS Familie

Technische Daten
Betriebelektronik
MCS FLEX Familie
PGS Familie

Software

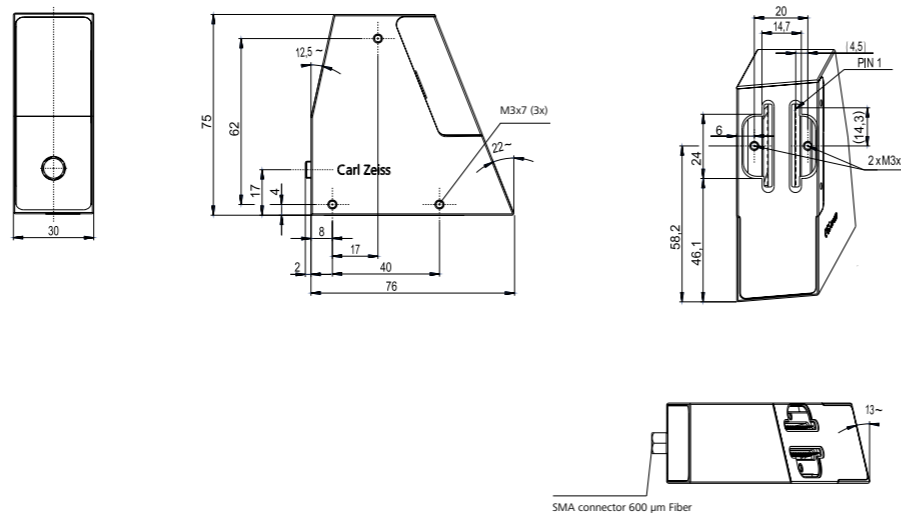
Einsatzgebiete

Definitionen und Erklärungen

CGS UV-NIR CCD

Technische Daten

Optischer Eingang	SMA-Stecker Optischer Spalt 50 µm (kann auf Kundenwunsch variiert werden) NA = 0,22 (gleichmäßiges Ausleuchten des Akzeptanzwinkels) 600 µm Monofaser kundenseitig empfohlen)
Gitter	Flat-field 534 l/mm (im Zentrum), geblazed für ca. 230 nm
Spektralbereich	190 nm – 1015 nm
Auflösung (FWHM) mit 50 µm Spalt	UV-VIS < 2,2 nm NIR < 2,5 nm
Streulicht (ASTM 387-04)	3 AU bei 240 nm mit Deuteriumlampe (Absorption A ₁₀ von NaI)
Integrationszeit (abhängig von Betriebselektronik)	min. 30 µs
Sensor	Hamamatsu S11156, Back-thinned CCD, 2048 Pixel Detektorhöhe: 1 mm Pixelpitch: 14 µm
Gehäusegröße L X B x H	78 x 30 x 75 mm ³

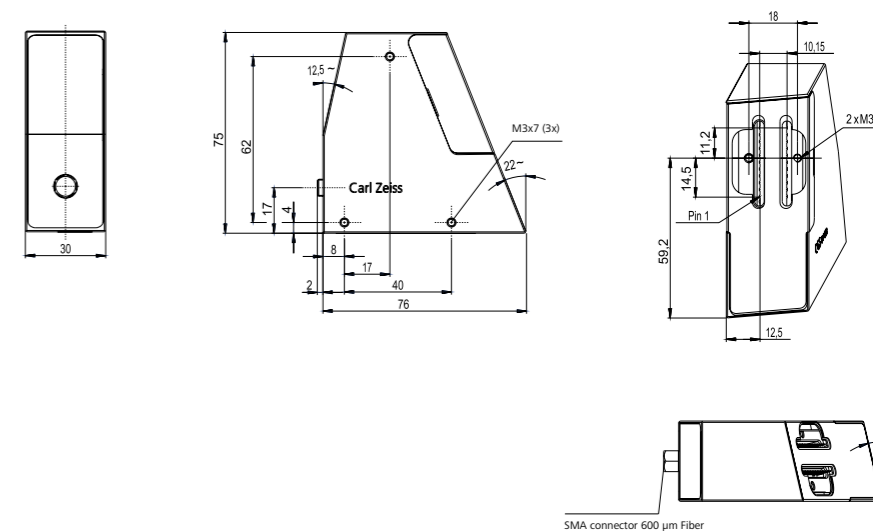


Bestellnummer	Bezeichnung	Wellenlängenbereich	Beschreibung
000000-1794-791	CGS UV-NIR CCD	190 – 1015 nm	Back-thinned CCD, 2048 Pixel

CGS UV-NIR PDA

Technische Daten

Optischer Eingang	SMA-Stecker Optischer Spalt 40 µm (kann auf Kundenwunsch variiert werden) NA = 0,22 (gleichmäßiges Ausleuchten des Akzeptanzwinkels) 600 µm Monofaser kundenseitig empfohlen)
Gitter	Flat-field 534 l/mm (im Zentrum), geblazed für ca. 230 nm
Spektralbereich	190 nm – 935 nm
Auflösung (FWHM) mit 50µm Spalt	UV-VIS < 2,0 nm NIR < 2,0 nm
Streulicht (ASTM 387-04)	3 AU bei 240 nm mit Deuteriumlampe (Absorption A ₁₀ von NaI)
Integrationszeit (abhängig von Betriebselektronik)	min. 500 µs
Sensor	Hamamatsu S3903, 1024 pixel
Gehäusegröße L X B x H	78 x 30 x 75 mm ³



Bestellnummer	Bezeichnung	Wellenlängenbereich	Beschreibung
000000-2034-897	CGS UV-NIR PDA	190 – 935 nm	Hamamatsu S3903, NMOS linear image sensor, 1024 Pixel

E-Mail

Einleitung

Wellenlängenbereiche

MMS Familie
CGS Familie

Technische Daten
Betriebselektronik
MCS FLEX Familie
PGS Familie

Software

Einsatzgebiete

Definitionen und Erklärungen

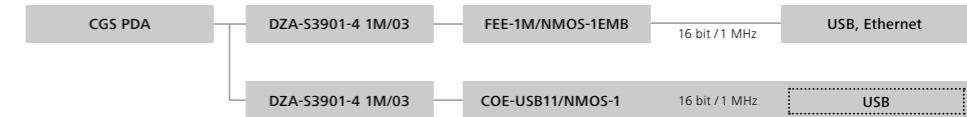
E-Mail

www.zeiss.com



CGS UV-NIR PDA Betriebselektronik

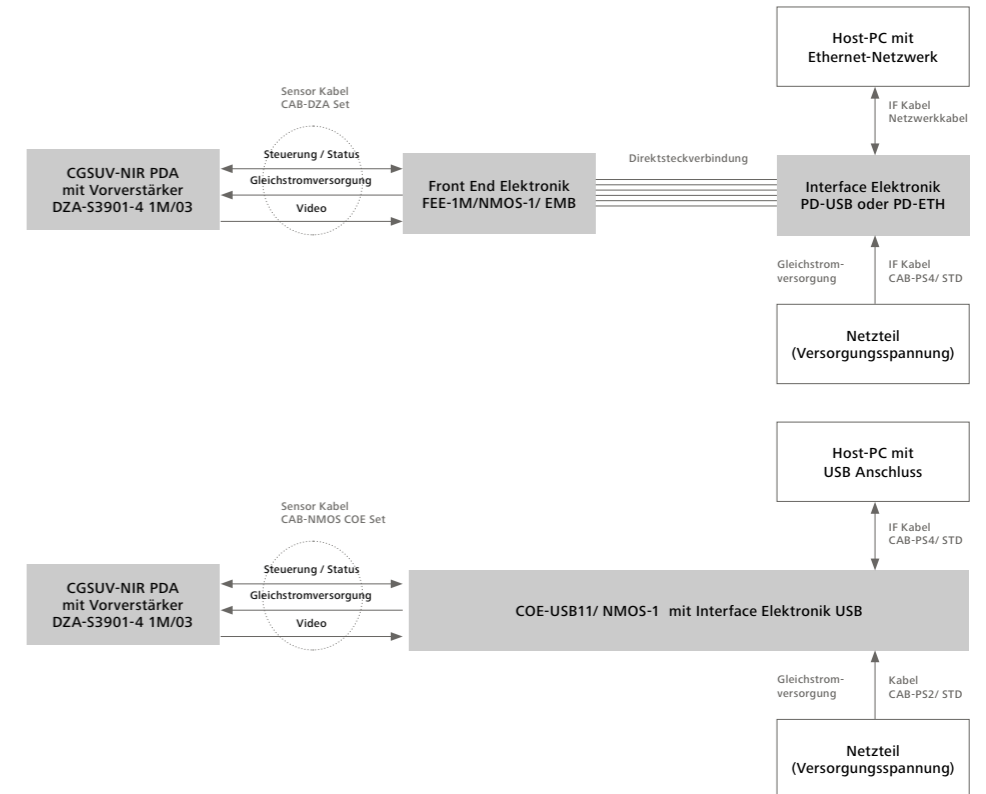
Konfigurationsübersicht



USB / Ethernet Konfiguration

Für die PC-Standardschnittstellen stehen eine USB und eine Ethernet Elektronik bereit. Die Interface Elektronik (USB bzw. Ethernet) wird extern durch ein Netzteil versorgt (self powered). Die Verbindung der USB-basierenden Elektronik mit dem PC erfolgt über ein Standard USB-Kabel. Für diese Konfiguration ist ein Hi-Speed USB Anschluss (USB 2.0 oder 3.0) erforderlich.

Ethernet-basierende Konfigurationen werden über ein Standard Ethernetkabel (PatchKabel) an Netzwerke oder über ein Cross-Over Ethernet Kabel direkt an PCs oder Laptops angeschlossen. Alle Elektronikleiterkarten sind für den Einbau in ein Kundengehäuse ausgelegt. Die externe +5 VDC Versorgungsspannung muss vom Benutzer bereitgestellt werden.



Einleitung

Wellenlängenbereiche

MMS Familie
CGS Familie

Technische Daten
Betriebselektronik

MCS FLEX Familie
PGS Familie

Software

Einsatzgebiete

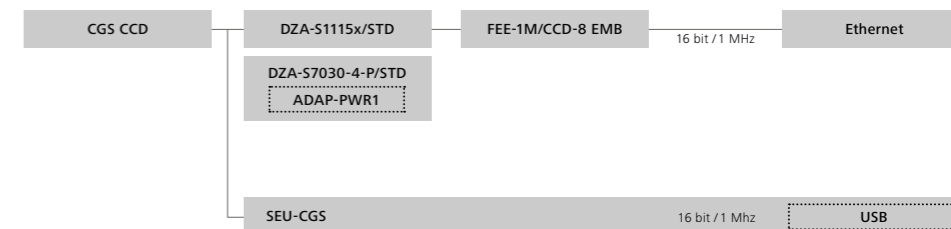
Definitionen und Erklärungen



CGS UV-NIR CCD

Betriebselektronik

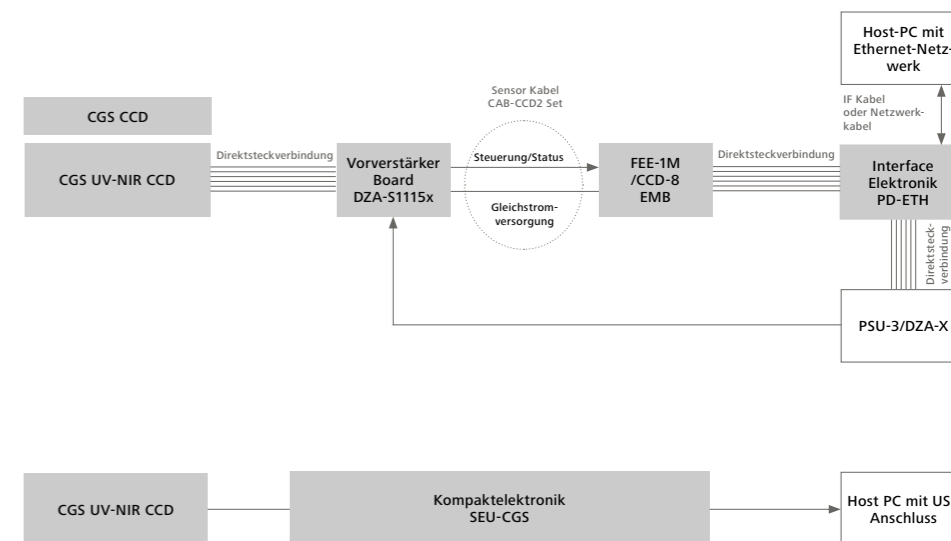
Konfigurationsübersicht



USB / Ethernet Konfiguration

Für die PC-Standardschnittstellen stehen eine USB und eine Ethernet Elektronik bereit. Die Interface Elektronik (USB bzw. Ethernet) wird extern durch ein Netzteil versorgt (self powered). Die Verbindung der USB-basierenden Elektronik mit dem PC erfolgt über ein Standard USB-Kabel. Für diese Konfiguration ist ein Hi-Speed USB Anschluss (USB 2.0 oder 3.0) erforderlich. Ethernet-basierende

Konfigurationen werden über ein Standard Ethernetkabel (PatchKabel) an Netzwerke oder über ein Cross-Over Ethernet Kabel direkt an PCs oder Laptops angeschlossen. Alle Elektronik-leiterkarten sind für den Einbau in ein Kundengehäuse ausgelegt. Die externe + 5 VDC Versorgungsspannung muss vom Benutzer bereitgestellt werden.



E-Mail

www.zeiss.com

Einleitung

Wellenlängenbereiche

MMS Familie

CGS Familie

MCS FLEX Familie

Technische Daten

Betriebselektronik

PGS Familie

Software

Einsatzgebiete

Definitionen und Erklärungen

E-Mail

www.zeiss.com



MCS FLEX Familie

Unaufhaltsam

Die MCS FLEX Familie bietet Spektrometer, die neben ihrer hohen Reproduzierbarkeit ein gutes Auflösungsvermögen besitzen. Für ein robustes Design sind alle optischen Komponenten über einen Zentralkörper fest miteinander verbunden.

Optische Komponenten der MCS FLEX Familie

- abbildendes, aberrationskorrigiertes Gitter
- Faserquerschnittswandler oder Spalt als optischer Eingang
- Diodenzeile bzw. gekühlte back-thinned CCD als optoelektronischer Ausgang

Auch bei der MCS FLEX Familie definiert das unterschiedliche Design des Zentralkörpers die Anwendung. Querschnittswandler und Detektor können für die verschiedenen Versionen beibehalten werden.

Zentralkörper

Der Zentralkörper der MCS FLEX Spektrometer besteht aus Gründen der thermischen Stabilität aus einer speziellen Aluminium-Legierung (Ausdehnungskoeffizient $\alpha \sim 13 \text{ E}^{-6}$). Das aberrations-korrigierte Gitter, der Querschnittswandler (bzw. mechanische Spalt) als optischer Eingang und der Detektor sind über diesen Körper miteinander verbunden, welcher für eine hervorragende Stabilität und Zuverlässigkeit sorgt. Das Hohlkörperdesign erlaubt den Einsatz des MCS FLEX für das komplette Spektrum des UV-NIR.

Gitter

Bei den Gittern für die MCS FLEX Familie handelt es sich ebenfalls um sog. holografisch geblazte (Wirkungsgrad optimierte) Flat-field-Gitter. Durch zusätzliches Ionenstrahlätzen wurde das Maximum der Gittereffizienz auf die verschiedenen Wellenlängenbereiche optimiert. Über die Aberrationskorrektur der Gitter werden ebene Spektren über eine Länge von 25 nm erzielt. Die Gitterfläche ist so dimensioniert, dass Licht einer Faser mit einer $NA = 0,22$ abgebildet werden kann.

Querschnittswandler

Zur weiteren Optimierung der Lichtstärke dient ein Faserbündel-Querschnittswandler. Der Eingangsspalt wird durch die lineare Anordnung der Einzelfasern erzeugt (Spalthöhe h , bedingt durch Anzahl der Einzelfasern, Spaltbreite b – Kerndurchmesser). Dieser ist an die Pixelgröße der verwendeten Diodenzeile und an die Abbildungs- und Dispersionseigenschaften des Flat-field-Gitters angepasst. Damit werden Lichtstärken am theoretischen Limit erreicht. Der Querschnittswandler ist integraler Bestandteil des Spektrometer-Designs und somit nicht einfach abzuändern. Es besteht aber die Möglichkeit, die Länge der Faser sowie die Auslegung des Eingangs zu ändern. Außerdem ist zu beachten, dass Quarzfasern, wie sie bei älteren MCS FLEX UV-Modulen (VIS) verwendet werden, bei Bestrahlung mit tiefem UV-Licht unter 220 nm sog. Solarisationszentren bilden. Das heißt, die Transmission der Fasern nimmt bei Bestrahlung mit hochenergetischem Licht ab. Dieser Effekt tritt um so stärker und eher auf, je kürzer die Wellenlänge (höhere Photonenenergie), je größer die Intensität und je länger die Belichtungszeit ist. Auch oberhalb von 220 nm bis 250 nm kann

dadurch die Transmission eingeschränkt werden. Dieser Solarisationseffekt lässt sich durch Ausheizen nur teilweise wieder rückgängig machen, kann aber durch häufige Referenzmessungen korrigiert werden. Für Messungen unterhalb von 225 nm besteht die Möglichkeit, die MCS FLEX-Module mit solarisationsstabilisierten Fasern auszustatten. Bei den Standardmodulen ist unbedingt der Einsatz eines WG 225-Filters mit 3 mm Dicke empfohlen!

Detektor

MCS FLEX PDA

Bei den MCS FLEX PDA wird die Silizium-Diodenzeile S3904-1024Q von Hamamatsu eingebaut. Zur Unterdrückung der 2. Ordnung ist die Diodenzeile direkt mit dielektrischen Kantenfiltern beschichtet.

Modul	Spektralbereich (nm)
MCS FLEX PDA	190 – 1015

MCS FLEX CCD

Bei den MCS FLEX CCD werden back-thinned CCDs S7031-1006Q von Hamamatsu eingebaut. Back-thinned CCDs zeichnen sich durch eine direkte Empfindlichkeit gegenüber UV-Licht aus. Zur Reduzierung des Dunkelstroms besitzt dieser Detektor ein integriertes Peltierelement, welches extern angesteuert werden muss. Die vom Peltierelement abgeführte Wärme gelangt beim MCS FLEX CCD über einen Kupferblock zum lüftergeköhlten Kühlkörper.

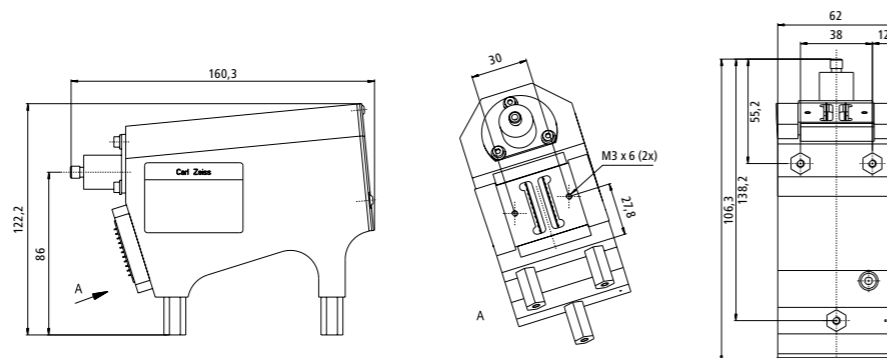
Modul	Spektralbereich (nm)
MCS FLEX CCD	190 – 980



MCS FLEX PDA

Technische Daten

Optischer Eingang	Querschnittswandler
Querschnittswandler	Durchmesser: 0,5 mm NA = 0,22 (gleichmäßiges Ausleuchten des Akzeptanzwinkels) gefasst in SMA-Stecker
Gitter	Flat-field 248 l/mm (im Zentrum), geblazt für ca. 250 nm
Diodenzeile	Hersteller: Hamamatsu Typ: S 3904-1024Q Pixelanzahl: 1024
Spektralbereich	190 – 1015 nm
Wellenlängengenauigkeit	0,5 nm
Temperaturdrift	≤ 0,009 nm/K
Spektraler Pixel-Abstand	$\Delta\lambda_{\text{Pixel}} \approx 0,8 \text{ nm}$
Auflösung	$\Delta\lambda_{\text{FWHM}} \approx 3-4 \text{ nm}$
Streulicht	≤ 0,1 % bei 340 nm mit Deuteriumlampe (Transmission von NaNO ₂ Lösung, 50 g/l, 1 cm)
Gehäusegröße L X B x H	160,3 x 62 x 122,2 mm

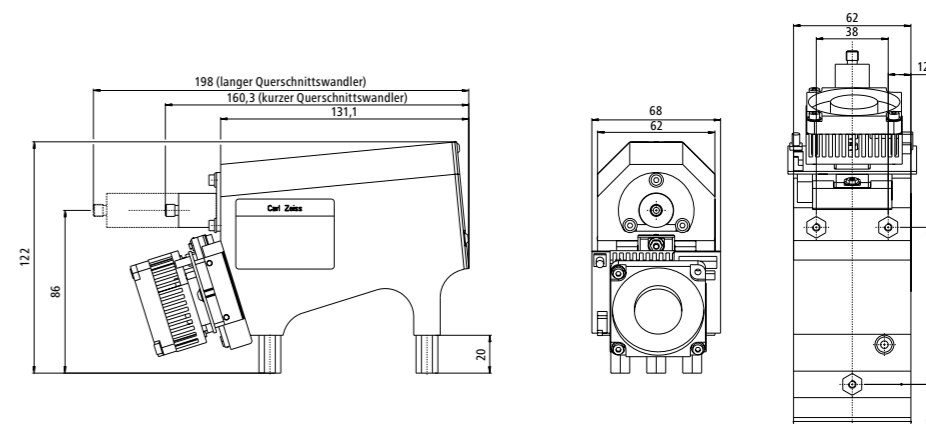


Bestellnummer	Bezeichnung	Wellenlängenbereich	Beschreibung
000000-1459-276	MCS FLEX UV-NIR	190 – 1015 nm	PDA mit 1024 Pixeln

MCS FLEX CCD

Technische Daten

Optischer Eingang	Querschnittswandler
Querschnittswandler	Durchmesser: 0,5 mm NA = 0,22 (gleichmäßiges Ausleuchten des Akzeptanzwinkels) gefasst in SMA-Stecker
Gitter	Flat-field 248 l/mm (im Zentrum), geblazt für ca. 250 nm
Diodenzeile	Hersteller: Hamamatsu Typ: S 7031-1006 Pixelanzahl: 1044 x 64
Spektralbereich	190 – 980 nm
Wellenlängengenauigkeit	0,5 nm
Temperaturdrift	≤ 0,009 nm/K
Spektraler Pixel-Abstand	$\Delta\lambda_{\text{Pixel}} \approx 0,8 \text{ nm}$
Auflösung	$\Delta\lambda_{\text{FWHM}} \approx 3-4 \text{ nm}$ (UV-NIR Version)
Streulicht	≤ 0,1 % bei 340 nm mit Deuteriumlampe (Transmission von NaNO ₂ Lösung, 50 g/l, 1 cm)
Gehäusegröße L X B x H	198 x 68 x 122 mm (langer Querschnittswandler) 160,3 x 68 x 122 mm (kurzer Querschnittswandler)



Bestellnummer	Bezeichnung	Wellenlängenbereich	Beschreibung
000000-1423-352	MCS FLEX CCD UV-NIR	190 – 980 nm	mit CCD Detektor Hamamatsu S7031 mit 1024 (1044) x 64 Pixeln, kurzer Querschnittswandler
000000-1761-535	MCS FLEX CCD UV-NIR	190 – 980 nm	mit CCD Detektor Hamamatsu S7031 mit 1024 (1044) x 64 Pixeln, langer Querschnittswandler

Einleitung

Wellenlängenbereiche

MMS Familie

CGS Familie

MCS FLEX Familie

Technische Daten

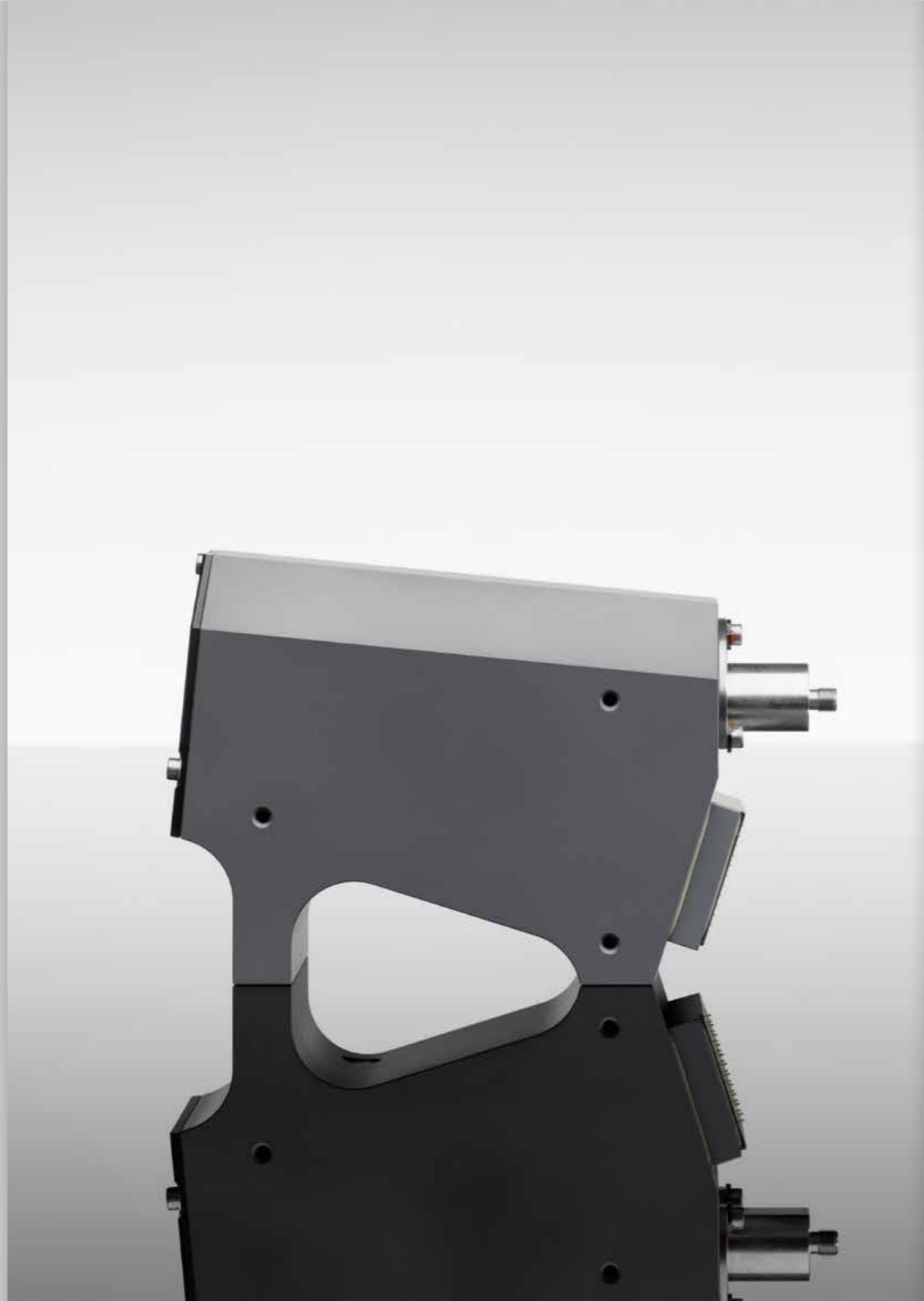
Betriebselektronik

PGS Familie

Software

Einsatzgebiete

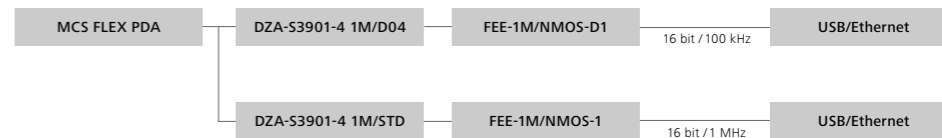
Definitionen und Erklärungen



MCS FLEX PDA

Betriebselektronik

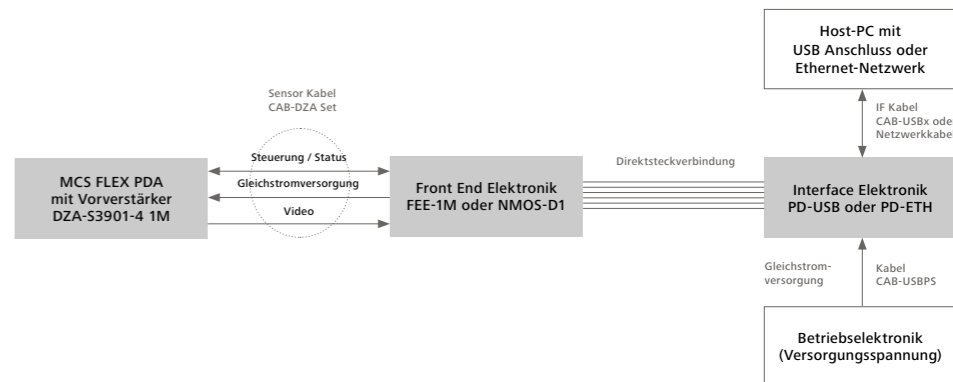
Konfigurationsübersicht



USB / Ethernet Konfiguration

Für die PC-Standardschnittstellen stehen eine USB und eine Ethernet Elektronik bereit. Die USB-basierende Elektronik wird extern durch ein zusätzliches Netzteil versorgt (self-powered USB Gerät). Die Verbindung mit dem PC erfolgt über ein Standard USB-Kabel. Wir empfehlen die Verwendung eines Hi-Speed USB 2.0

Anschlusses (kompatibel zum Standard USB 1.1). Für die Verwendung der schnellen FEE-1M ist die Hi-Speed USB Kommunikation erforderlich. Alle Elektronikleiterkarten sind für den Einbau in ein Kundengehäuse ausgelegt. Die externe + 5 VDC Versorgungsspannung muss vom Benutzer bereitgestellt werden.



Einleitung

Wellenlängenbereiche

MMS Familie

CGS Familie

MCS FLEX Familie

Technische Daten

Betriebselektronik

PGS Familie

Software

Einsatzgebiete

Definitionen und Erklärungen

E-Mail

www.zeiss.com



MCS FLEX CCD

Betriebselektronik

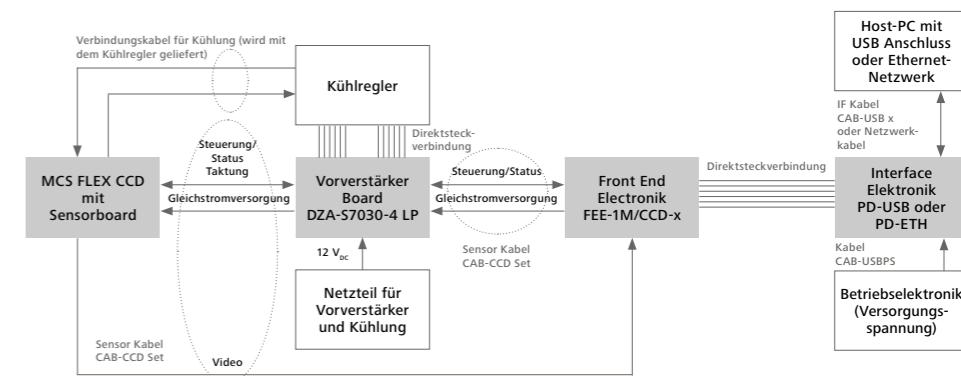
Konfigurationsübersicht



USB / Ethernet Konfiguration

Für die PC-Standardschnittstellen stehen eine USB und eine Ethernet Elektronik bereit. Die USB-basierende Elektronik wird extern durch ein zusätzliches Netzteil versorgt (self-powered USB Gerät). Die Verbindung mit dem PC erfolgt über ein Standard USB-Kabel. Wir empfehlen die Verwendung eines

Hi-Speed USB 2.0 Anschlusses (kompatibel zum Standard USB 1.1). Alle Elektronikleiterkarten sind für den Einbau in ein Kundengehäuse ausgelegt. Die externe + 5 VDC Versorgungsspannung muss vom Benutzer bereitgestellt werden.



Einleitung

Wellenlängenbereiche

MMS Familie

CGS Familie

MCS FLEX Familie

PGS Familie

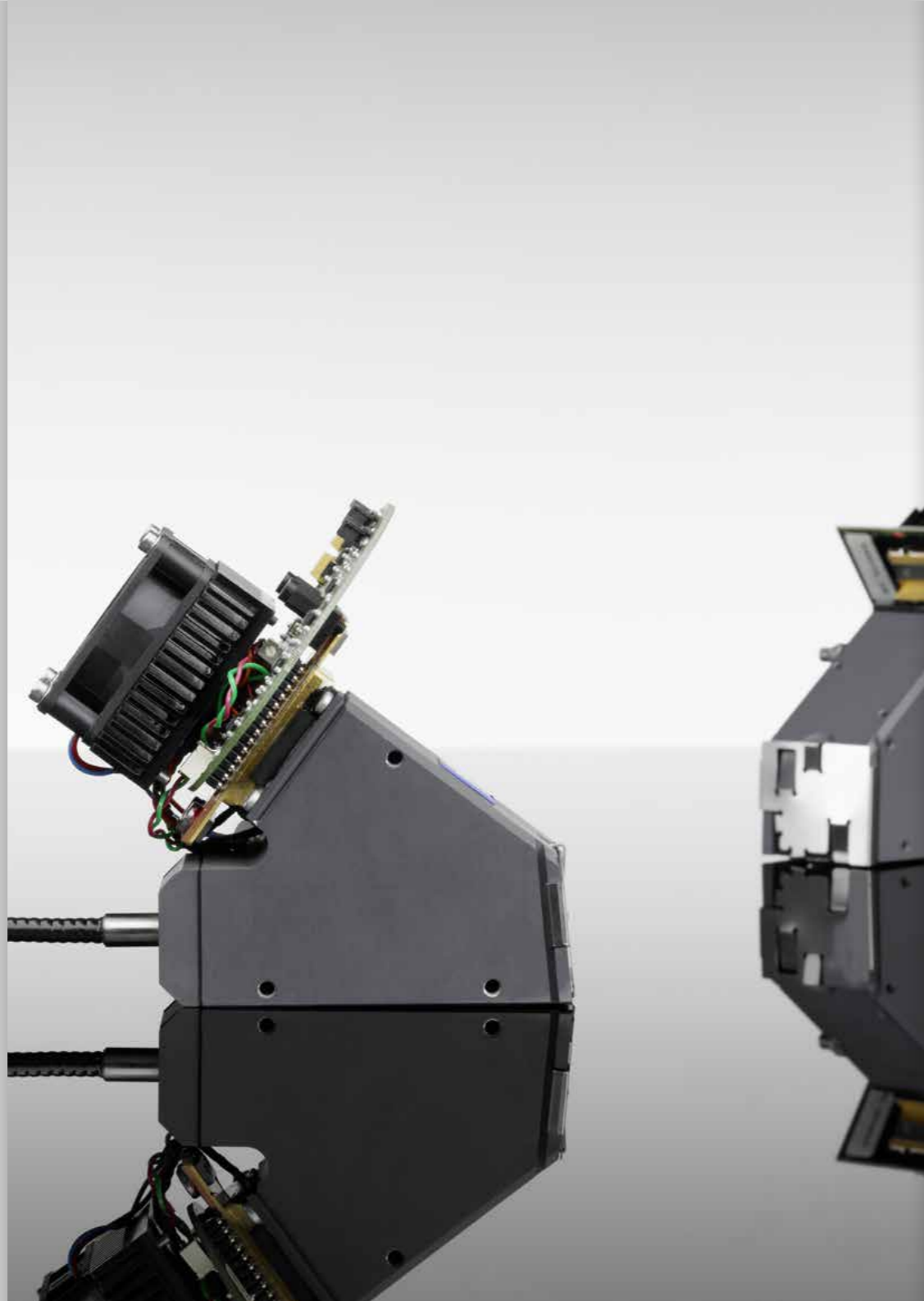
Technische Daten

Betriebselektronik

Software

Einsatzgebiete

Definitionen und Erklärungen



PGS Familie

Die NIR Spezialisten

Die Spektrometer der PGS-Familie sind für die Verwendung im NIR ausgelegt. Als Detektormaterial kommt in diesem Wellenlängenbereich InGaAs (Indium-Gallium-Arsenid) zum Einsatz. Die spezielle Kombination von asphärischer Kollimator- und Fokussierlinse gestattet die Verwendung von für das NIR optimierten Plangittern unter Beibehaltung einer guten Flat-field-Korrektur der spektralen Abbildung. Im Hinblick auf die Langzeitstabilität sind alle optischen Bauteile fest miteinander verbunden.

Optische Komponenten der PGS-Familie

- Geblatztes Plangitter
- Asphärische Linsen
- Monofaser mit Spalt als optischer Eingang
- Gekühlte InGaAs-Fotodiodenarray als optoelektronischer Ausgang

Zentralkörper

Bei der PGS-Familie wird eine spezielle Aluminium-Legierung (Ausdehnungskoeffizient $\alpha \sim 13\text{E} - 6$) für den Zentralkörper verwendet. Dieser Körper ist Träger für das geblatzte Gitter und die asphärische Kollimator- und Fokussierlinse. Die Eingangsfaser und der Detektor mit dem Zentralkörper fest verbunden, was eine hervorragende Stabilität garantiert.

Gitter

Bei den Gittern für die PGS-Familie handelt es sich um mechanisch geteilte bzw. holografisch belichtete Plangitter. Das Maximum der Effizienz ist auf den speziellen Wellenlängenbereich im NIR angepasst. Die Gitterfläche ist mit dem freien Durchmesser der Linsen so dimensioniert, dass das Licht einer Faser mit einer NA von bis zu 0,37 abgebildet wird.

Eingangsfaser

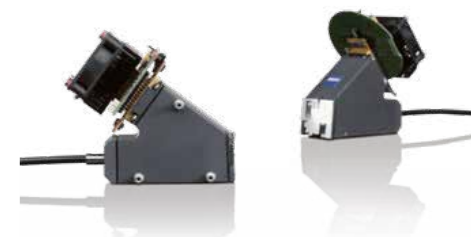
Die Einkopplung des Lichtes erfolgt standardmäßig über eine Monoquarzfasern. Diese Fasern besitzen einen Durchmesser von 600 μm und eine $\text{NA} = 0,22$. Am Ende der Faser ist ein Spalt mit einer Höhe von 500 μm (NIR 1.7) bzw. 250 μm (NIR 2.2) angebracht. Die Spaltenhöhen sind auf die Pixelhöhen der InGaAs-Zeilen abgestimmt. Eine Querschnittswandlung des Lichts zur Erzeugung eines höheren Eintrittsspalt, wie sie bei Modulen mit Siliziumdetektoren verwendet wird, ist aufgrund der geringeren Detektorhöhe der InGaAs-Zeilen nicht notwendig.

Detektor

Im Bereich des Naheninfrarot kommen InGaAs-Detektoren zum Einsatz. Für die Module des PGS NIR werden Zeilen mit InGaAs für den Bereich bis 1,7 μm und extended InGaAs für den Bereich bis 2,2 μm eingesetzt. Es stehen hier Zeilen mit einer Elementanzahl von 256 und 512 (nur 1,7 μm) Pixeln zur Verfügung. Für die extended InGaAs-Zeilen wird in Abhängigkeit vom Wellenlängenbereich ein Ordnungsfiler zur Unterdrückung der 2. Beugungsordnung auf die Zeile aufgebracht.

Folgende Module stehen zur Verfügung:

Modul	Spektralbereich (nm)
PGS NIR 1.7-256 UC	960 – 1690
PGS NIR 1.7-256	960 – 1690
PGS NIR 1.7-512	960 – 1690
PGS NIR 2.0-256	1340 – 2000
PGS NIR 2.2-256	1000 – 2150



E-Mail

www.zeiss.com

Einleitung

Wellenlängenbereiche

MMS Familie

CGS Familie

MCS FLEX Familie

PGS Familie

- Technische Daten
- Betriebselektronik

Software

Einsatzgebiete

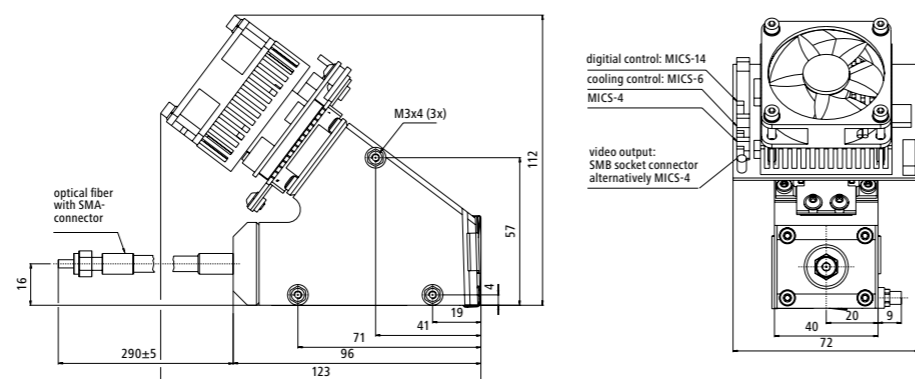
Definitionen und Erklärungen

E-Mail

PGS NIR 1.7-512

Technische Daten

Optischer Eingang	eingangsseitig rund	Faser bestehend aus Infrasil-Quarzglas Durchmesser: 0,6 mm Länge 300 mm NA = 0,22 (gleichmäßiges Ausleuchten des Akzeptanzwinkels) gefasst in SMA-Stecker
	ausgangsseitig linear	Spaltbreite: 80 µm
Filter	950 nm Kantenfilter	
Gitter	Plangitter, 484 l/mm, geblazt für ca. 1,2 µm	
Diodenzeile	Hersteller:	Hamamatsu
	Typ:	S9204
	Pixelanzahl:	512
Spektralbereich	960 – 1690 nm	
Wellenlängengenauigkeit	± 1 nm	
Temperaturdrift (10–40°C)	< 0,012 nm/K	
Spektraler Pixel-Abstand	$\Delta\lambda_{\text{Pixel}} \approx 1,5 \text{ nm}$	
Auflösung	$\Delta\lambda_{\text{FWHM}} \approx 7 \text{ nm}$	
Streulicht	≤ 0,1 % als Transmission von 10 mm Wasser bei 1405 nm (gemessen mit Halogenlampe)	
Gewicht	ca. 590 g	
Betriebstemperatur	0 – 40°C (Standard, abhängig von Kühlelektronik)	
Lagertemperatur	-40 – +70°C	
Minimaler Biegeradius der Faser (bei Lager und Transport)	50 mm	
Minimaler Biegeradius im Betrieb (für Wellenlängenrichtigkeit)	100 mm	

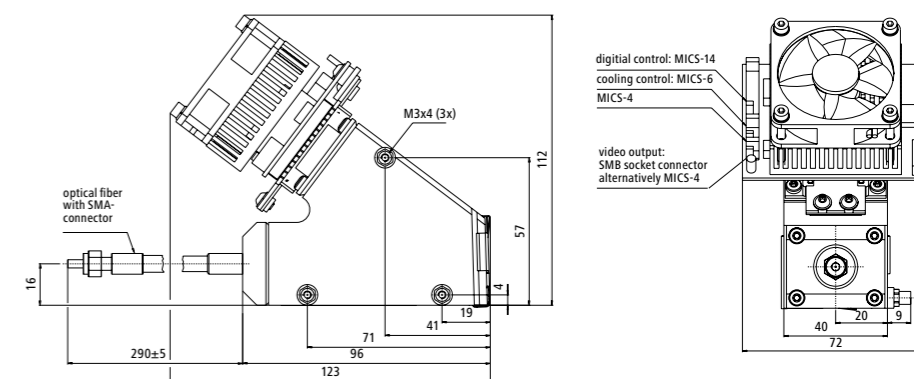


Bestellnummer	Bezeichnung	Wellenlängenbereich	Beschreibung
000000-1307-412	PGS NIR 1.7 t1-512	960 – 1690 nm	NIR Speltralsensor, Peltier gekühlt, InGaAs-PDA bis 1,7 µm 512 Pixel, Dispersion 1,5 nm/Pixel, 300 mm externe Faserlänge

PGS NIR 1.7-256

Technische Daten

Optischer Eingang	eingangsseitig rund	Faser bestehend aus Infrasil-Quarzglas Durchmesser: 0,6 mm Länge 300 mm NA = 0,22 (gleichmäßiges Ausleuchten des Akzeptanzwinkels) gefasst in SMA-Stecker
	ausgangsseitig linear	Spaltbreite: 80 µm
Filter	950 nm Kantenfilter	
Gitter	Plangitter, 484 l/mm, geblazt für ca. 1,2 µm	
Diodenzeile	Hersteller:	Hamamatsu
	Typ:	S 9203-256
	Pixelanzahl:	256
Spektralbereich	960 – 1690 nm	
Wellenlängengenauigkeit	± 1 nm	
Temperaturdrift (10–40°C)	< 0,012 nm/K	
Spektraler Pixel-Abstand	$\Delta\lambda_{\text{Pixel}} \approx 3 \text{ nm}$	
Auflösung	$\Delta\lambda_{\text{FWHM}} \approx 8 \text{ nm}$	
Streulicht	≤ 0,1 % als Transmission von 10 mm Wasser bei 1405 nm (gemessen mit Halogenlampe)	
Gewicht	ca. 590 g	
Betriebstemperatur	0 – 40°C (Standard, abhängig von Kühlelektronik)	
Lagertemperatur	-40 – +70°C	
Minimaler Biegeradius der Faser (bei Lager und Transport)	50 mm	
Minimaler Biegeradius im Betrieb (für Wellenlängenrichtigkeit)	100 mm	



Bestellnummer	Bezeichnung	Wellenlängenbereich	Beschreibung
000000-1381-397	PGS NIR 1.7 t1-256	960 – 1690 nm	NIR Spektralsensor, Peltier gekühlt, InGaAs-PDA bis 1,7 µm 256 Pixel, Dispersion 3,0 nm/Pixel, 300 mm externe Faserlänge

Einleitung

Wellenlängenbereiche

MMS Familie

CGS Familie

MCS FLEX Familie

PGS Familie

Technische Daten
Betriebelektronik

Software

Einsatzgebiete

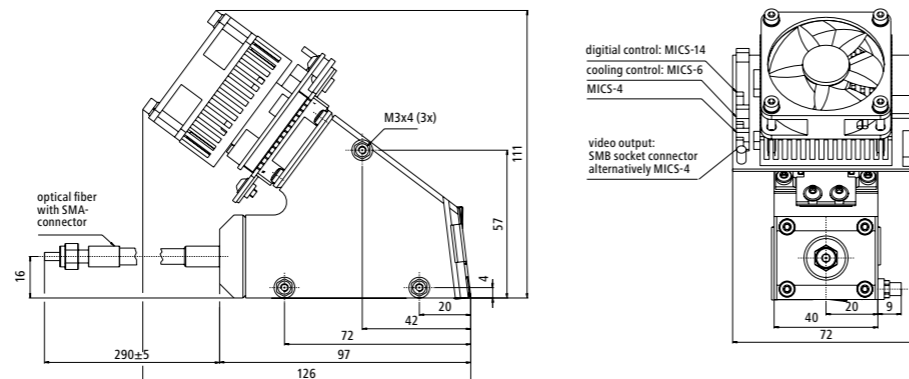
Definitionen und Erklärungen

E-Mail

PGS NIR 2.0-256

Technische Daten

Optischer Eingang	eingangsseitig rund	Faser bestehend aus Infrasil-Quarzglas Durchmesser: 0,6 mm Länge 300 mm NA = 0,22 (gleichmäßiges Ausleuchten des Akzeptanzwinkels) gefasst in SMA-Stecker
	ausgangsseitig linear	Spaltbreite: 80 µm
Filter	1350 nm Kantenfilter	
Gitter	Plangitter, 484 l/mm, geblazt für ca. 1,4 µm	
Diodenzeile	Hersteller:	Hamamatsu
	Typ:	G 9206
	Pixelanzahl:	256
Spektralbereich	1340 – 2000 nm	
Wellenlängengenauigkeit	± 1 nm	
Temperaturdrift (10–40°C)	< 0,012 nm/K	
Spektraler Pixel-Abstand	$\Delta\lambda_{\text{Pixel}} \approx 3$ nm	
Auflösung	$\Delta\lambda_{\text{FWHM}} \approx 8$ nm	
Streulicht	≤ 0,1 % als Transmission von 10 mm Wasser bei 1405 nm (gemessen mit Halogenlampe)	
Gewicht	ca. 590 g	
Betriebstemperatur	0 – 40°C (Standard, abhängig von Kühlelektronik)	
Lagertemperatur	-40 – +70°C	
Minimaler Biegeradius der Faser (bei Lager und Transport)	50 mm	
Minimaler Biegeradius im Betrieb (für Wellenlängenrichtigkeit)	100 mm	

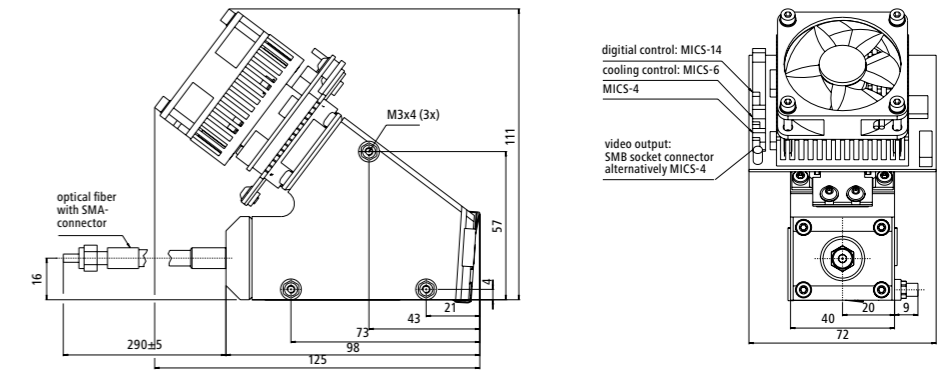


Bestellnummer	Bezeichnung	Wellenlängenbereich	Beschreibung
000000-1396-757	PGS NIR 2.0 t2	1340 – 2000 nm	NIR Spektrolsensor, Peltier gekühlt, Extended InGaAs-PDA bis 2,2 µm 256 Pixel, Dispersion 5 nm/pixel, 300 mm externe Faserlänge

PGS NIR 2.2-256

Technische Daten

Optischer Eingang	eingangsseitig rund	Faser bestehend aus Infrasil-Quarzglas Durchmesser: 0,6 mm Länge 300 mm NA = 0,22 (gleichmäßiges Ausleuchten des Akzeptanzwinkels) gefasst in SMA-Stecker
	ausgangsseitig linear	Spaltbreite: 80 µm
Filter	950 nm Kantenfilter	
Filter für 2.Ordnung auf Detektor	Ja	
Gitter	Plangitter, 300 l/mm, geblazt für ca. 1,4 µm	
Diodenzeile	Hersteller:	Hamamatsu
	Typ:	G 9206
	Pixelanzahl:	256
Spektralbereich	1000 – 2150 nm	
Wellenlängengenauigkeit	± 1 nm	
Temperaturdrift (10–40°C)	< 0,012 nm/K	
Spektraler Pixel-Abstand	$\Delta\lambda_{\text{Pixel}} \approx 5$ nm	
Auflösung	$\Delta\lambda_{\text{FWHM}} \approx 16$ nm	
Streulicht	≤ 0,1 % als Transmission von 10 mm Wasser bei 1405 nm (gemessen mit Halogenlampe)	
Gewicht	ca. 590 g	
Betriebstemperatur	0 – 40°C (Standard, abhängig von Kühlelektronik)	
Lagertemperatur	-40 – +70°C	
Minimaler Biegeradius der Faser (bei Lager und Transport)	50 mm	
Minimaler Biegeradius im Betrieb (für Wellenlängenrichtigkeit)	100 mm	

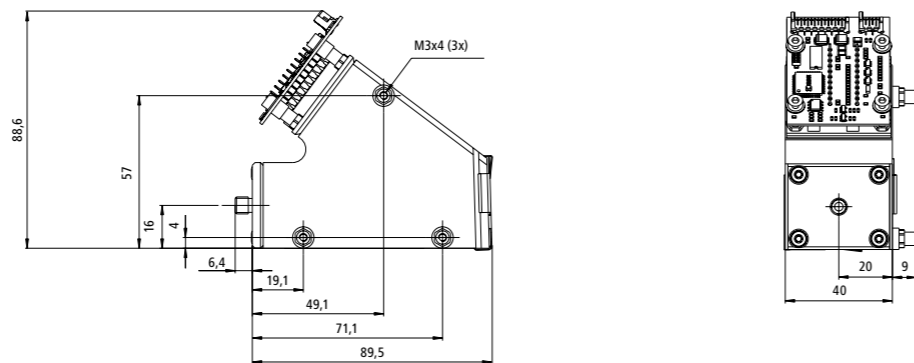


Bestellnummer	Bezeichnung	Wellenlängenbereich	Beschreibung
000000-1332-256	PGS NIR 2.2 t2	1000 – 2150 nm	NIR Spektrolsensor, Peltier gekühlt, Extended InGaAs-PDA bis 2,2 µm (256 Pixel, Dispersion 5 nm/Pixel, 300 mm externe Faserlänge)

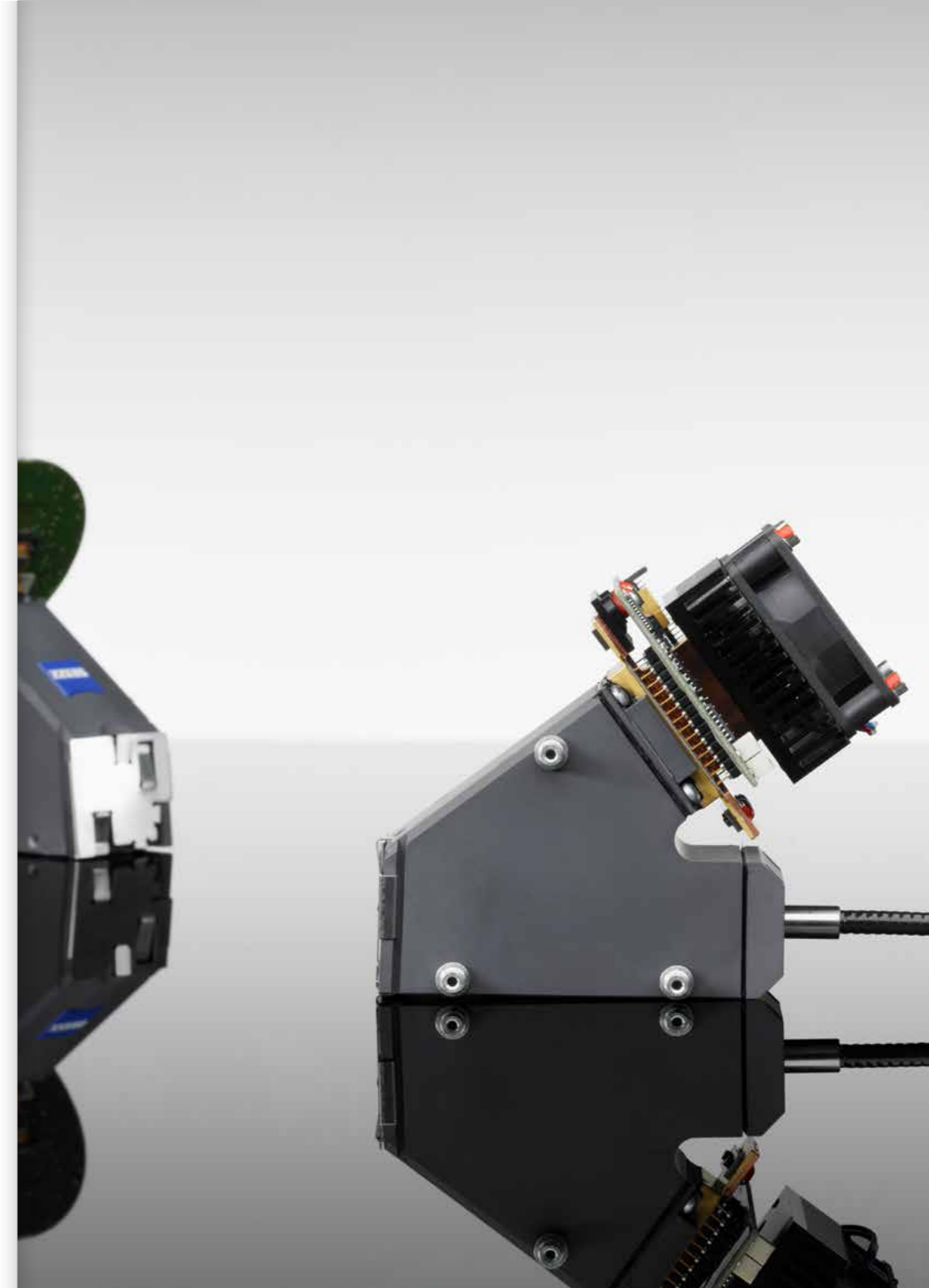
PGS NIR 1.7-256 UC

Technische Daten

Optischer Eingang	eingangsseitig rund	FSMA 905 NIR-Lichtleiter mit Kerndurchmesser $\geq 600 \mu\text{m}$, NA = 0,22 bis 0,37 empfohlen Spaltbreite: $80 \mu\text{m}$
	ausgangsseitig linear	
Filter		950 nm Kantenfilter
Gitter		Plangitter, 484 l/mm, geblazed für ca. $1,2 \mu\text{m}$
Diodenzeile		Hersteller: Hamamatsu Typ: G9211-01SPL Pixelanzahl: 256
Spektralbereich		960 – 1690 nm
Wellenlängengenauigkeit		$\pm 1 \text{ nm}$
Temperaturdrift (10 – 40°C)		$< 0,012 \text{ nm/K}$
Spektraler Pixel-Abstand		$\Delta\lambda_{\text{Pixel}} \approx 3 \text{ nm}$
Auflösung		$\Delta\lambda_{\text{FWHM}} \approx 8 \text{ nm}$
Streulicht		$\leq 0,1 \%$ als Transmission von 10 mm Wasser bei 1405 nm (gemessen mit Halogenlampe)
Gewicht		ca. 590 g
Betriebstemperatur		0 – 40°C (Standard, abhängig von Kühlelektronik)
Lagertemperatur		-40 – +70°C



Bestellnummer	Bezeichnung	Wellenlängenbereich	Beschreibung
000000-2109-070	PGS NIR 1.7-256 UC	960 – 1690 nm	NIR Spektroskop, ungekühlt, InGaAs-PDA bis $1,7 \mu\text{m}$ 256 Pixel, Dispersion 3 nm/pixel, 300 mm externe Faserlänge



Einleitung

Wellenlängenbereiche

MMS Familie
CGS Familie
MCS FLEX Familie
PGS Familie
Technische Daten
Betriebselektronik

Software

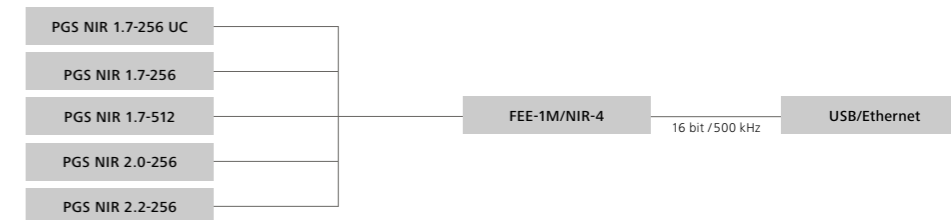
Einsatzgebiete

Definitionen und Erklärungen



PGS Betriebselektronik

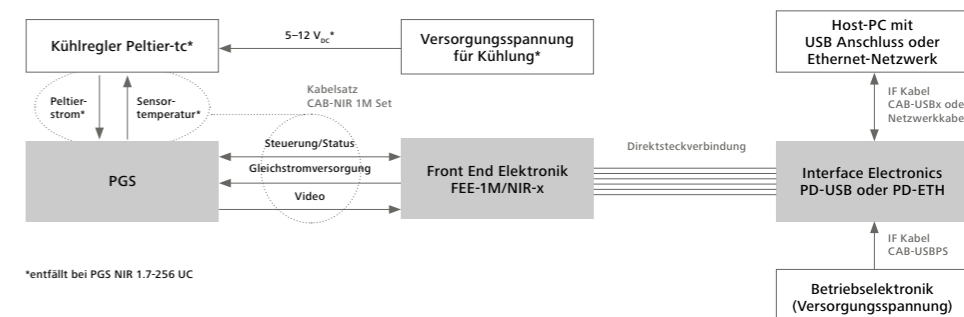
Konfigurationsübersicht



USB / Ethernet Konfiguration

Für die PC-Standardschnittstellen stehen eine USB und eine Ethernet Elektronik bereit. Die USB-basierende Elektronik wird extern durch ein zusätzliches Netzteil versorgt (self-powered USB Gerät). Die Verbindung mit dem PC erfolgt über ein Standard USB-Kabel. Wir empfehlen die Verwendung eines

Hi-Speed USB 2.0 Anschlusses (kompatibel zum Standard USB 1.1). Für die Verwendung der schnellen FEE-1M ist die Hi-Speed USB Kommunikation erforderlich. Alle Elektronikleiterkarten sind für den Einbau in ein Kundengehäuse ausgelegt.



*entfällt bei PGS NIR 1.7-256 UC

E-Mail

www.zeiss.com

Softwarelösungen

Mitten im Prozess

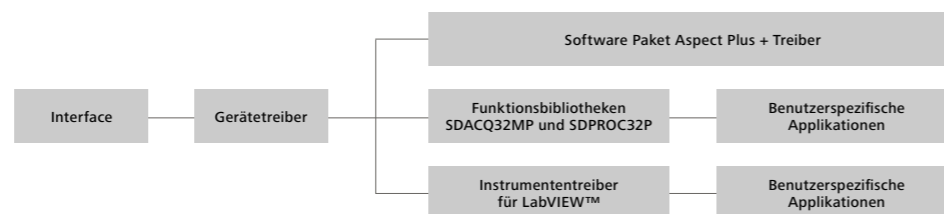


Die Architektur der Softwareprodukte zur Spektraldatenaufnahme und -verarbeitung basiert auf einer modularen Struktur. Damit wird sie vielfältigen kundenspezifischen Anforderungen gerecht und gestattet eine flexible Anpassung an unterschiedliche Hardwarekonfigurationen. Für die verschiedenen Betriebselektroniken sind Gerätetreiber für Windows 2000, XP und Vista verfügbar.

Neben den Gerätetreibern für PC-Bus Interface steht das universelle, mit umfangreichen Funktionen ausgestattete Programmpaket Aspect Plus zur Verfügung. Für die einfache Einbindung in kundenspezifische Applikationen wird außerdem ein Programmier-Interface für die Funktionsbibliothek SDACQ

32 MP mit direkter Unterstützung von C/C++/Visual Basic und Delphi bzw. ein LabVIEW™-Treiber für die Programmierung in einer LabVIEW™-Umgebung angeboten. Zusätzlich besteht die Möglichkeit mit der Funktionsbibliothek SDPROC32 die Programmierung bereits mit fertigen Menüstrukturen für die Datenaufnahme, die Konfiguration und die Parametereingabe aufzubauen.

Die Funktionsbibliothek SDACQ32MP spricht diese Gerätetreiber direkt an und liefert eine hardwareunabhängige Sammlung an Funktionen, welche die Konfiguration der Betriebselektroniken sowie die Aufnahme von Spektraldaten ermöglichen.



Modulares Softwarepaket zur Spektralanalyse

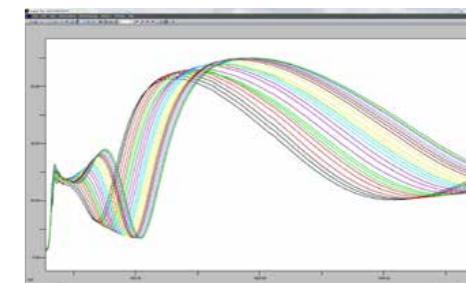
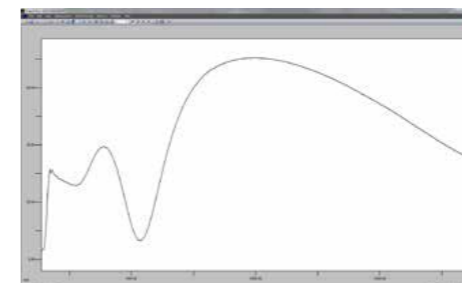
Aspect Plus

Allgemein

Aspect Plus ist eine komplexe und flexible spektralanalytische Software für MS Windows. Sie ist modular aufgebaut und kann um spezielle Optionen erweitert werden. Mit Aspect Plus können spektrale Messungen mit den Spektrometern von ZEISS durchgeführt und ausgewertet werden. Umfangreiche Funktionen von der Messung bis zum formatierten Ausdruck erleichtern die analytische Auswertung.

Benefits

- Available in multiple languages (English, French, German, Italian, Portuguese, Spanish), other languages to follow
- More than one spectrometer can be controlled simultaneously
- Support of calibrations (chemo metric models) created using standard chemo metric software such as GRAMS, UNSCRAMBLER® or UCAL
- Filter function for the elimination of outlying spectra
- Communication via OPC for integration into production line control
- Use of pre-defined products or creation of user specific products as desired
- Calculation, evaluation and integration into higher-ranking process environment
- Control of events via Digital I/O



Bestellnummer	Bezeichnung	Beschreibung
263259-5020-026	Aspect Plus	Windows Spektrometer Software
000000-1242-401	Aspect Plus Treiber für PC und USB	Aspect Plus Treiber für tec5 Elektronik Windows 2000 und XP

Einleitung

Wellenlängenbereiche

MMS Familie
CGS Familie
MCS FLEX Familie
PGS Familie

Software

Einsatzgebiete

Definitionen und Erklärungen

Einsatzgebiete

Die Anwendungen sind aufgrund des flexiblen Designs sehr vielfältig. Sie lassen sich nach den Messprinzipien, nach den Einsatzgebieten oder nach zu untersuchenden Materialien einteilen. Wichtigster Vorzug sind aber die Kompaktheit und die Unempfindlichkeit gegen äußere Einflüsse. So lassen sich die Module sehr prozessnah einbauen. In den meisten der nachfolgend erwähnten Applikationen ist eine On-line-Kontrollmöglichkeit gegeben.

Messprinzipien:

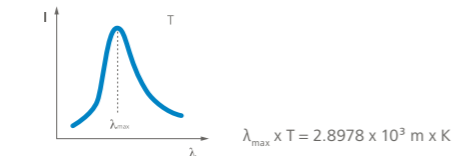
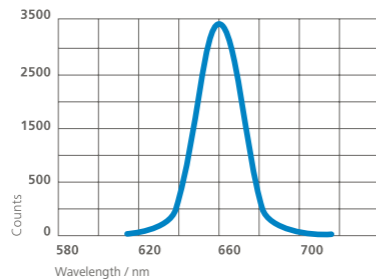
1. Emission
2. Diffuse Reflexion
3. Reflexion
4. Transmission – Absorption
5. Weißlichtinterferenz

Emission

Zur Bestimmung der spektralen Emission einer Lichtquelle wird ein Teil des Lichts in das Spektrometermodul eingekoppelt. Aufgrund der hohen Lichtempfindlichkeit ist es in vielen Fällen ausreichend, das Einkopplfaserbündel in die Nähe der Lichtquelle zu bringen. Zur Optimierung kann eine achromatische Sammellinse verwendet werden.

Beispiele

- Kontrolle von Lampen (Alterung)
- Bestimmung der Wellenlänge von LEDs oder (abstimmbar) Lasern
- Lumineszenz, Fluoreszenz
- Monitoring des Sonnenspektrums, von Verbrennungen, Entladungen oder Plasmen
- Temperaturbestimmung T gemäß Wienschem Verschiebungsgesetz: z. B.: 3000 K \leftrightarrow 966 nm



Voraussetzungen

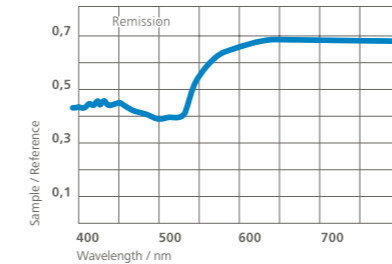
Die für die Größe des Moduls sehr hohe Wellenlängengenauigkeit ermöglicht mithilfe der Sub-Pixel-Auflösungsprozedur eine genaue Bestimmung der Wellenlänge von Lichtquellen, die eine Linie emittieren wie z. B. LEDs (Kalibrierung). Zur Analyse von Emissionen, die sehr viele, spektral eng beieinander liegende Linien enthalten, sind die Spektrometermodule nicht geeignet.

Diffuse Reflexion

Die diffuse Reflexion (von rauen Oberflächen) liefert Informationen über die Farbe der Oberfläche. Neben dem Spektrometer sind die Lichtquelle sowie die Anordnung (Winkel zur Oberflächennormale) des Spektroalsensors wichtig. Meist wird eine breitbandig emittierende Lichtquelle wie z. B. eine Halogenlampe benutzt. Auch in diesem Fall ist es oft ausreichend, den Querschnittswandereingang ohne zusätzliche Optik in die Nähe der zu messenden Oberfläche zu bringen.

Beispiele

- Farbmessung an verschiedensten Oberflächen (Materialien)
- Beschichtungszustand
- Papierqualitätsbestimmung



Voraussetzungen

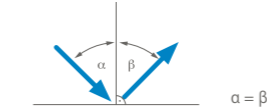
Die Spektrometermodule sind speziell für die Farbmessung entwickelt worden. Ihre hohe Reproduzierbarkeit und Lichtstärke bei mäßiger spektraler Auflösung entsprechen genau den Anforderungen.

Reflexion

Reflexion ist ein Spezialfall der diffusen Reflexion und bezieht sich auf das gerichtet reflektierte Licht von streulichtarmen „glatten“ Oberflächen. Neben dem Sensor ist eine Lichtquelle notwendig. Es muss beachtet werden, dass die Reflektivität stark vom Winkel α abhängt. Einfachster Aufbau für Messungen unter 0° C ist mit der Verwendung eines speziellen Lichtleiters zu erreichen, der zugleich das Licht zuführt und das Licht zum Detektor weiterleitet.

Beispiele

- Beschichtungen allgemein
- Vergütungen von Oberflächen mittels Metallen oder dielektrischen Beschichtungen
- Ellipsometrie
- Bestimmung von Fettanteilen in Fleisch und Wurstwaren
- Ermittlung des Feuchtigkeitsgehaltes in Getreide, Lebensmitteln und Zellstoffen
- Kunststoffidentifikation für Recycling und Entsorgung



Voraussetzungen

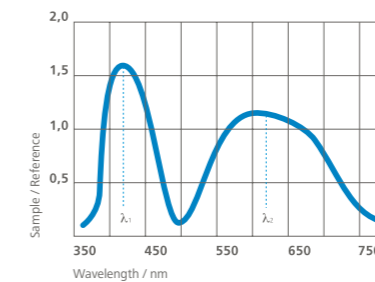
Viele Reflexionsspektren weisen keine allzu scharfen Strukturen auf. Hohe absolute Wellenlängengenauigkeit ist daher in vielen Fällen wesentlich wichtiger als ein gutes spektrales Auflösungsvermögen.

Weißlichtinterferenz

Durch Einstrahlung von Weißlicht entstehen an optisch transparenten Schichten Interferenzen, da für bestimmte Wellenlängen der Gangunterschied gerade das Vielfache der optischen Schichtdicke n x d beträgt (λ₁, λ₂: Lage der Extrema, Abstand eine Periode). Bei bekanntem Brechungsindex n lässt sich daraus die geometrische Schichtdicke d ermitteln. Aufgrund der Faserschnittstelle ist eine einfache Ankopplung an Mikroskope möglich oder ein Anflanschen an Beschichtungsanlagen. Bei bekannter Schichtdicke d lässt sich umgekehrt die Dispersion n(λ) ermitteln.

Beispiel

- Schichtdickenmessung an Fotolacken, Folien und dielektrischen Schichten



E.g. MMS 1, n = 1,5
d_{max} ≈ 25 μm, d_{min} ≤ 0,2 μm 2 n x d = λ₁ x λ₂ / (λ₁ - λ₂)

Voraussetzungen

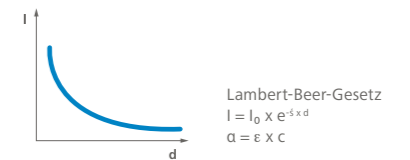
Zur genauen Bestimmung der Dicke ist wiederum eine hohe absolute Genauigkeit der Wellenlänge erforderlich. Die maximal messbare Dicke ist mit dem spektralen Auflösungsvermögen (Trennung zweier Interferenzmaxima) gekoppelt, die minimale Dicke mit dem zu erfassenden Spektralbereich (Darstellung zumindest einer halben Periode). Die Bestimmung noch dünnerer Schichten (Auswertung von weniger als einer halben Periode) setzt die Kenntnis von absoluten Intensitätswerten voraus.

Transmission

Die Durchstrahlung von Material einer Dicke d liefert Informationen über die spektrale Abhängigkeit der Absorptionskonstante α(λ) (I₀: eingestrahle Intensität, I(d): transmittierte Intensität). Eintauchsonden, mit Fasern an eine Lichtquelle und an ein Spektrometermodul gekoppelt, stellen die einfachste Art dar, die Konzentration c von Flüssigkeiten zu messen. Diese hängt über den Extinktionskoeffizienten ε mit der Absorptionskonstante zusammen. Ansonsten empfiehlt es sich, einen kollimierten Strahlengang aufzubauen. Allerdings ist es auch möglich, im direkten Kontakt des Querschnittswandereingangs mit dem zu messenden Objekt zu arbeiten.

Beispiele

- Vermessung von Filtern (Farbfilter, Interferenzfilter)
- Konzentrationsbestimmung von Flüssigkeiten
- Ermittlung des Zucker- und Alkoholgehaltes in Getränken
- Qualitätskontrolle in der Petrochemie



Voraussetzungen

Auch hier sind in vielen Fällen weniger eine sehr hohe spektrale Auflösung als vielmehr eine sehr gute Wellenlängengenauigkeit sowie eine große dynamische Auflösung wichtig, wie sie die MMS-Module bieten.

Einleitung

Wellenlängenbereiche

- MMS Familie
- CGS Familie
- MCS FLEX Familie
- PGS Familie

Software

Einsatzgebiete

Definitionen und Erklärungen

Definitionen und Begriffserklärungen

Wichtigstes Auswahlkriterium für ein Spektrometer ist der benötigte Spektralbereich, welchen das Spektrometer abdecken muss. Dieser ist meist eindeutig. Hingegen sind die beiden anderen wichtigen Kriterien eines Spektrometers – die spektrale und die intensitätsbezogene (dynamische) Auflösung – selten genug eindeutig definiert.

Spektrale Auflösung

Folgende vier Begriffe firmieren unter der Bezeichnung „spektrale“ Auflösung:

1. Rayleigh-Kriterium – $\Delta\lambda_{\text{Rayleigh}}$ (DIN-Vorschrift)
2. Linienbreite, meist Halbwertsbreite oder Full Width bei Half Maximum – $\Delta\lambda_{\text{FWHM}}$
3. Sub-Pixel-Auflösung (auch „Software-Auflösung“)
4. Pixeldispersion – $\Delta\lambda/\text{Pixel}$

Eine sinnvolle Definition ergibt sich aus der Anwendung. Im Wesentlichen existieren drei verschiedene Aufgaben eines Spektrometers, die natürlich auch zusammen auftreten können:

1. Trennung zweier oder mehrerer Linien innerhalb eines Spektrums – Zusammensetzungen analysieren
2. Bestimmung der Linienform – meistens Ermittlung der Breite einer Linie oder Bande (FWHM oder $1/e^2$ -Breite)
3. Vermessung einer Linie bzgl. Peakwellenlänge und Intensität im Maximum – z. B. Emissionslage ermitteln.

Spektrales Auflösungsvermögen

Für die Trennung von Spektrallinien ist nach DIN das Rayleigh-Kriterium relevant. Es sagt aus, wie groß der spektrale Abstand zweier Linien $\Delta\lambda_{\text{Rayleigh}}$ sein muss, damit beide als voneinander getrennt erkannt werden. Dabei muss die spektrale Breite der einzelnen Linien $\Delta\lambda_{\text{Linie}}$ (s. o.) deutlich geringer sein als ihr Abstand. Dies ist die einzige signifikante Definition zum spektralen Auflösungsvermögen.

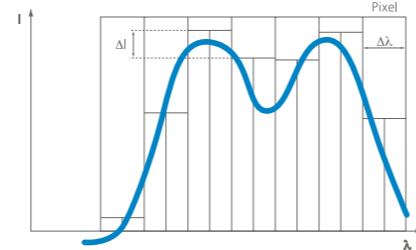
2 Linien mit $I_{\text{max},1} = I_{\text{max},2}$ sind getrennt, wenn $\Delta I_{\text{Einsattelung}} \geq 19\%$.

Spektrallinienbreite

Damit die Breite einer Spektrallinie $\Delta\lambda_{\text{Linie}}$ gemessen werden kann, muss die Verbreiterung dieser Linie durch das Spektrometer geringer sein als die spektrale Breite der Linie selbst. Dazu ist es wichtig, diese durch das Spektrometer verursachte Verbreiterung $\Delta\lambda_{\text{FWHM}}$ zu kennen. Diese Eigenschaft hängt mit dem Rayleigh-Kriterium zusammen.

$$\Delta\lambda_{\text{FWHM}} = \lambda_2(I_{\text{max}}/2) - \lambda_1(I_{\text{max}}/2)$$

$$\Delta\lambda_{\text{FWHM}} \approx 0.8 \times \Delta\lambda_{\text{Rayleigh}}$$



Wellenlängengenauigkeit

Zur Bestimmung der absoluten spektralen Lage λ – mit einer gewissen Genauigkeit $\Delta\lambda_x$ – einer einzelnen Linie bedarf es eines Spektrometers mit mindestens dieser absoluten Wellenlängengenauigkeit $\Delta\lambda_x$. Dieser Parameter hängt von der Positionsgenauigkeit der Ausleselemente (Pixel oder Spalt/Detektor) ab bzw. von der Stabilität dieser Position (s. u.), charakterisiert durch die Reproduzierbarkeit. Dagegen hängt die absolute Wellenlängengenauigkeit nur indirekt von den dispersiven und fokalen Eigenschaften des Spektrometers ab und ist im klassischen Sinn keine „Auflösung“. Die Stabilität (oder Reproduzierbarkeit) eines Spektrorensenors hängt von der mechanischen Stabilität und der temperaturbedingten Wellenlängendrift ab. Erstere ist bei den Spektrometermodulen völlig unkritisch und die Drift ist so gut wie vernachlässigbar.

Dispersion

Die Angabe von $\Delta\lambda / \text{Pixel}$ ($= \Delta\lambda_{\text{Pixel}}$) hat nichts mit spektraler Auflösung zu tun, sondern ist nichts anderes als die Linear-dispersion eines Diodenzellen-Spektrometers. Pixeldispersion und spektrale Auflösung sind über die Breite des Eingangsspalts und die Abbildungseigenschaften des Spektrometers verknüpft: Für den Fall, dass der Eingangsspalt auf ca. 3 Pixel abgebildet wird, entspricht das Dreifache der Pixeldispersion ungefähr $\Delta\lambda_{\text{Rayleigh}}$.

$$\Delta\lambda_{\text{Rayleigh}} \approx 3 \times \Delta\lambda_{\text{Pixel}}$$

Besonderheiten von Diodenzellenspektrometern (DZS)

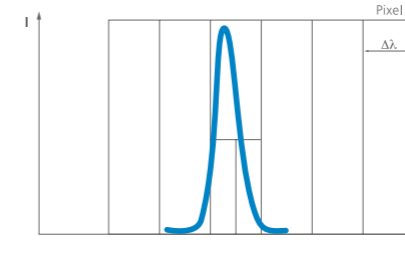
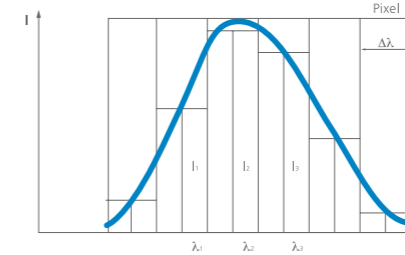
Spektrale Auflösung

Bedingt durch die feste Lage der Pixel bzgl. der Wellenlänge des eingestrahlten Lichts, ergeben sich Unterschiede bei der Auflösung gegenüber Monochromatoren/Spektrometern mit beweglichen Elementen. Die Auflösung im Sinne von „Trennen zweier benachbarter Linien“ hängt von der relativen Lage dieser Linien bzgl. der Pixel ab:

Wenn zwei nah beieinander liegende Linien so auf die Pixel abgebildet werden, dass das Minimum auf das mittlere Pixel (I_2) fällt und die Maxima auf die beiden Nachbarpixel (I_1, I_3) fallen, lassen sich die Linien trennen, wenn die angezeigte Intensität

$I_2 < 0,81 \times I_1$ (I_3) ist. $\Delta\lambda$ beträgt dann gerade 2 Pixel ($2 \times \Delta\lambda_{\text{Pixel}}$). auch die Lage der Maxima entspricht ziemlich genau den Zentralwellenlängen der angezeigten Pixel.

Falls das Maximum einer Linie allerdings auf die Trennungslinie zweier Pixel (I_1, I_2) abgebildet wird, bedarf es insgesamt 4 Pixel, um eine eindeutige Reduzierung der Pixel-Intensitäten feststellen zu können. Beide Pixel sehen annähernd die gleiche Intensität, so dass eine Reduzierung auf 81 % erst im nächsten Pixel (I_3) angezeigt wird. Dabei liegen die realen Maxima weniger als 3 Pixel auseinander. Das DZS zeigt allerdings einen spektralen Abstand von $3 \times \Delta\lambda_{\text{Pixel}}$ an, da eine Diodenzelle nur diskrete Werte mit der Schrittweite der Pixeldispersion erfassen kann. Zur Auswertung werden insgesamt 4 Pixel benötigt.



Sub-Pixel-Auflösung

Die Ermittlung der Peakwellenlänge λ_{max} (und/oder -intensität I_m) erfordert die Abbildung der zu vermessenden Spektrallinie auf mindestens drei Pixel. Mit drei Wertepaaren Intensität pro Pixel $I_{1,2,3}$ und der Zentralwellenlänge der dazugehörigen Pixel $\lambda_{1,2,3}$ lässt sich die Linie z. B. relativ einfach durch eine Parabel anpassen. Die Parabel-Gleichung liefert dann den Scheitelpunkt mit den Angaben zur Peakwellenlänge und -intensität. Die Genauigkeit dieser Methode hängt im Wesentlichen von der absoluten Genauigkeit der Zentralwellenlänge ab. In einem Diodenzellen-Spektrometer ist diese im Prinzip nahezu beliebig genau zu bestimmen – letzten Endes kann jedes Pixel einzeln kalibriert werden. Entscheidend ist allerdings die Stabilität. Ansonsten hat die Angabe der Wellenlänge nur bis zur nächsten Erschütterung

oder Temperaturänderung Bestand. Ist die Abbildung (und die Dispersion) eines DZS so gewählt, dass weniger als drei Pixel beleuchtet werden, so lässt sich keine Extremwertbestimmung durchführen. Hier liegt ein Paradoxon vor: Eine vermeintlich günstigere Situation – eine Linie ist am Ausgang sehr schmal – liefert eine wesentlich größere Ungenauigkeit. Wird z. B. eine Linie nur in ein Pixel abgebildet, beträgt die spektrale Unsicherheit $\Delta\lambda_{\text{Pixel}}$.

Parabel-Gleichung $I(\lambda) = a \times \lambda^2 + b \times \lambda + c$

Koeffizienten
 $a = (I_3 + I_1 - 2 I_2) / 2 \Delta\lambda^2$
 $b = (I_3 - I_1) / 2 \Delta\lambda - 2a \times \lambda$
 $c = I_2 - a \times I_2^2 - b \times I_2$

Maximum bei $\lambda_{\text{max}} = -b / 2a$

Bestimmung der Halbwertsbreite

Der Parabel-Fit liefert auch eine qualitative Angabe zur Halbwertsbreite. Dazu muss nur $I_{\text{max}}/2$ in die Parabel-Gleichung eingesetzt werden. Es existieren nur geringe Abweichungen zwischen der Halbwertsbreite eines Parabel- und der eines Gauß-Fits.

Auch die durch ein DZS angezeigte Halbwertsbreite hängt von der relativen Lage einer Linie zu den einzelnen Pixeln ab und ist eine periodische Funktion von dieser Position mit Periodenlänge 1 Pixel. Unsere Spezifikationen beziehen sich auf die „worst case“-Werte.

Adäquater, aber aufwendiger, sind Fits mit Gauß- oder Lorentz-Kurven, die den realen Spektralverteilungen besser entsprechen. Diese haben außerdem den Vorteil, dass die daraus berechnete Halbwertsbreite nicht von der relativen Lage zu den Pixeln abhängt.

$$\Delta\lambda_{\text{FWHM}} = 2[(b/2a)^2 - (c - I_{\text{max}})/a]^{1/2}$$

Intensitätsauflösung

Um Intensitäten zu messen, sind folgende Eigenschaften von Interesse, die voneinander abhängen:

- Relativ:
- Kleinste nachweisbare Änderung
 - Stabilität des Signals
 - Nachweisbereich oder Dynamik
 - Linearität

- Absolut:
- Geringste nachweisbare Lichtmenge oder Sensitivität

E-Mail

Einleitung

Wellenlängenbereiche

MMS Familie
CGS Familie
MCS FLEX Familie
PGS Familie

Software

Einsatzgebiete

Definitionen und Erklärungen

Genauigkeit

Messungen geringster Änderungen und Stabilität hängen unmittelbar voneinander ab und sind im Wesentlichen durch das Rauschen innerhalb der Elektronik gegeben, da die Stabilität des „Lichtwegs“ bei den meisten Spektrometern gewährleistet ist. Wie bei allen Größen ist es auch hierbei wichtig, wie ein Wert – hier im wahrsten Sinne des Wortes – ermittelt wird. Für die Spektrometermodul-Angaben z. B. wird eine Integrationszeit von 10 ms gewählt und die Standardabweichung $\Delta\sigma$ über 20 Aufnahmen berechnet. Dies liefert ein Maß für die Genauigkeit ΔI , mit der ein Intensitätswert bestimmt werden kann.

$$\Delta I = I_{\text{Rausch}} = \Delta\sigma$$

Dynamik und Intensitätsänderungen

Die Dynamik wird als Verhältnis zwischen Sättigungswert $I_{\text{Sätt}}$ und dem Rauschen I_{Rausch} $\leftrightarrow \Delta\sigma$ verstanden, und entspricht damit dem Signal-Rausch-Verhältnis S/N. (Der nutzbare Bereich wird noch durch den Dunkelstrom reduziert.) S/N hängt nicht allein vom Detektor ab, sondern auch von der Digitalisierung, die die kleinste Schrittweite vorgibt, in die ein gemessenes Signal zerlegt werden kann.

$$\text{Dynamik} = S/N = I_{\text{Sätt}} / I_{\text{Rausch}}$$

Das schwächste Glied in der Kette bestimmt natürlich das zu erreichende Signal-Rausch-Verhältnis. Mit einem 14-Bit Wandler z. B. – dies entspricht 16384 Schritten oder Inkrementen – und einem Rauschen von $\Delta\sigma = 1$ Count lässt sich ein Signal (voll angesteuert) wirklich in 16384 Schritte unterteilen. Die geringste messbare Änderung ist somit 1/16384 des Sättigungssignals. Bei einem Rauschen von 4 Counts herrscht auch eine Unsicherheit von 4 Counts, d. h. es lassen sich als definitive Änderung nur 4/16384 des Sättigungssignals messen bzw. das Signal lässt sich in 4096 Schritte sinnvoll unterteilen.

An dieser Stelle sei angemerkt, dass ein hoher Dynamikbereich nur dann etwas nutzt, wenn der Detektor entsprechend hoch angesteuert wird: Man sollte immer versuchen, hohe Lichtpegel zu erreichen, wobei die hohe Empfindlichkeit der ZEISS-Spektrometer von Vorteil ist.

$$\text{Dynamik} = \text{Bereich ADC}/\Delta\sigma$$

Linearität

Diese Aussagen gelten exakt nur für eine ideale Linearität des Detektors und der nachgeschalteten Elektronik, d. h. wenn die gemessene Ladung genau linear von der eingestrahlenen Intensität abhängt. Für eine quantitative Aussage ist die Angabe der zugelassenen Abweichung nötig. Glücklicherweise verhalten

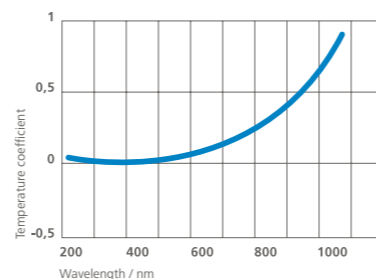
sich moderne Halbleiterdetektoren in weiten Bereichen nahezu perfekt linear. Vor dem Erreichen der Sättigung (der Extremfall einer Nichtlinearität) ist aber die Zunahme des gelieferten Stromes (Informationsträger der Intensität) nicht mehr linear zu der Anzahl der Photonen, die auf das fotosensitive Material treffen. Der Linearitätsbereich ist deswegen kleiner als der Dynamikbereich.

Externe Einflüsse

Wie aus der Grafik zu entnehmen ist, bewirkt eine Änderung der Temperatur T keine Empfindlichkeitsänderung, im Bereich bis 1100 nm steigt die Sensitivität bei Temperaturerhöhung sogar an. Auch für InGaAs-Fotodiodenzellen ändert sich bei Temperaturen zwischen - 50 und + 50 °C die Empfindlichkeit um weniger als 1 % im Bereich von 1 bis 1,55 µm. Lediglich außerhalb des genannten Bereiches kommt es durch unterschiedliche Beschichtung zu einem stärkeren Temperatureinfluss. (Sinkende Temperatur bewirkt reduzierte Empfindlichkeit an der Bandkante).

Auch zeigen die verwendeten Fotodiodenzellen keine Verschlechterung des Signal-Rausch-Verhältnisses, Allein der Dunkelstrom I_{Dunkel} steigt mit zunehmender Temperatur, was eine Verringerung des Dynamikbereichs bedeutet. Daher werden Detektoren, insbesondere InGaAs-Diodenzellen oft gekühlt. In diesem Zusammenhang darf nicht vergessen werden, dass die zu messenden Lichtmengen ebenfalls Schwankungen unterworfen sind. Die Instabilität der Beleuchtungsquelle ist oft der begrenzendende Faktor.

$$I_{\text{Dunkel}}(T+7K) = 2I_{\text{Dunkel}}(T)$$



Empfindlichkeit

Die „kleinste nachweisbare Änderung“ ist eine relative Angabe. Wesentlich schwieriger ist die Angabe der kleinsten nachweisbaren Lichtmenge überhaupt, oder: Wie viele Photonen benötigt man, damit die Nachweiselektronik eine Änderung sieht? Die Schwierigkeiten ergeben sich aus der Bestimmung der Lichtstärke einer Lichtquelle und der Einkopplungseffizienz. Zudem sind diese wellenlängenabhängig. Zum einen direkt, weil alle Komponenten wellenlängenabhängige Effizienzen besitzen – auch die Einkopplung; zum anderen, weil die Bandbreite für die Empfindlichkeitsmessungen von ausschlaggebender Bedeutung

ist. Am einfachsten ist noch der Fall einer sehr schmalbandigen Lichtquelle, wie es die meisten Laser sind. Liegt die Bandbreite deutlich unter der Spektrometerbandbreite, ist die Situation zu mindest eindeutig. Der MMS-Wert von über 10¹³ Counts/Ws ist mit einem roten HeNe-Laser gemessen worden.

Streulicht

Die Angabe eines Streulichtwerts ist nur im Zusammenhang mit der Messvorschrift sinnvoll. Streulichtwerte für die Spektrometermodule werden mit drei verschiedenen Lichtquellen bestimmt, um die verschiedenen spektralen Anteile im Streulicht bzw. Falschlicht zu ermitteln: Deuterium-Lampe für UV- und Halogen-Lampe für den VIS-NIR-Bereich.

Der Streulichtpegel ist das Verhältnis der jeweiligen Messung mit GG495- und KG3-Filter zum maximalen Nutzsignal und demzufolge für den Kurzwellenlängen-Bereich angegeben. Hierbei zeigt sich, dass bei den Spektrometermodulen die wesentlichen Streulichtanteile aus dem NIR kommen. Dies hat den Vorteil, dass diese Anteile gut zu filtern sind, da sie spektral „weit weg“ liegen. Für das PGS NIR reduziert sich der Streulichtwert auf 0,1 % (gemessen mit Halogenlampe bei 1450 nm, RG 850 Filter und 10 mm Wasserabsorption).

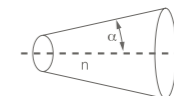
Streulicht beeinflusst den Dynamikbereich, da durch Falschlicht nicht mehr der volle Dynamikbereich zur Verfügung steht. Änderungen in der verursachenden Nutzstrahlung schlagen allerdings nur im Verhältnis des Streulichtanteils durch: z. B. bedeuten 10 % Änderung der Nutzstrahlung eine Änderung von 10⁻⁴, wenn der Streulichtanteil bei 1 Promille liegt. Falls die verursachende Strahlung nicht benutzt wird, kann durch Filterung der Anteil weiter reduziert werden. Eine Blockung von 10³ führt dann im beschriebenen Fall insgesamt zu einer Änderung von 10⁻⁷. Die Messung geringster Änderungen wird damit nur sehr gering beeinträchtigt, da das Rauschen meistens viel stärker ist. Zudem lässt sich bei bekanntem Verursacher-signal der Streulichtanteil „herausrechnen“.

Optische Schnittstelle

Schnittstellen müssen mechanisch und optisch definiert sein. Eine sinnvolle mechanische Schnittstelle in der Optik ist die SMA-Steckverbindung wie sie auch bei allen Modulen verwendet wird. Zusammen mit dem wohldefinierten Lichtleitwert eines Faserbündels ergibt dies eine eindeutige Schnittstelle.

Lichtleitwert

Der Lichtleitwert G ist das Produkt aus Lichteintrittsfläche F und dem Öffnungs- bzw. Raumwinkel ζ des Lichtbündels, wobei noch der Brechungsindex n berücksichtigt werden muss. Der erste Faktor entspricht dem Faser(bündel)querschnitt, der zweite ergibt sich aus der numerischen Apertur NA. Im Fall der MMS-Familie berechnet sich der Lichtleitwert zu $G = 0,157 \text{ mm}^2\text{sr}$.



$$G = F \times \zeta \times n^2$$

$$\zeta = 2\pi \times (1 - \cos \alpha)$$

$$\alpha = \arcsin NA$$

Zur optimalen Anpassung einer vorhandenen Lichtquelle (ob Faser, Lampe, Abbildungssystem) empfiehlt es sich, zunächst den zugehörigen Lichtleitwert zu bestimmen. Aus dem Vergleich mit dem MMS Lichtleitwert lässt sich die mögliche Kopplungseffizienz abschätzen. Zu berücksichtigen sind weiterhin 4 % Fresnel-Verluste (Index-Sprung an der Glasfaser).

Transmissionssteigerung

Setzt man runde Strahlquerschnitte voraus, ergibt sich durch die Verwendung von Querschnittswandlern (QSW) im Vergleich zum klassischen Spalt eine Transmissionssteigerung $\eta_{\text{FF, QSW}} / \eta_{\text{FF, Spalt}}$. Diese lässt sich aus dem Verhältnis des durch den QSW transmittierten Lichts zu dem durch einen rechteckförmigen Spalt transmittierten Licht errechnen.

Beim QSW ist der transmittierte Anteil durch den Füllfaktor $\eta_{\text{FF, QSW}}$ gegeben. Der Füllfaktor ist definiert als optisch wirksame Fläche A_{eff} zur beleuchteten Gesamtfläche A_{Apt} . A_{eff} ist beim QSW das Produkt aus Faserkernquerschnitt mit Durchmesser d_{Faser} und der Anzahl der Fasern N beim Spalt die Fläche aus Spaltbreite b und Spalthöhe h. Die Gesamtfläche ist die Kreisfläche mit Durchmesser $d_{\text{Spalt}} = h$.

$$\eta_{\text{FF, QSW}} = N \times d_{\text{Faser}}^2 / d_{\text{Apt}}^2$$

$$\eta_{\text{FF, Spalt}} = 4 b / (\pi \times d_{\text{Spalt}})$$

$$\eta_{\text{FF, QSW}} / \eta_{\text{FF, Spalt}} = 16 \text{ (MMS)}$$

Optimierung eines Diodenzellen-Spektrometers

Neben der Auswahl möglichst effizienter Bauteile (geblaztes Gitter, Querschnittswandler, empfindliche Diodenzelle) müssen Dispersion, Abbildungseigenschaften, Eingangsspalt und Pixelgröße und -abstände aufeinander abgestimmt werden. Entscheidend für die Lichtempfindlichkeit ist, dass – bei monochromatischem Licht – nur die für die spektrale Auflösung gerade etwas mehr als 2 Pixel beleuchtet werden. Das Gitter bildet in erster Näherung 1:1 ab, d. h. der Eingangsspalt sollte 2 bis 3 Pixel breit sein. Werden mehr Pixel beleuchtet, werden das Signal-Rausch-Verhältnis und die Sensitivität schlechter (1 Pixel erfasst eine zu geringe Bandbreite). Werden weniger als 3 Pixel beleuchtet, verschlechtert sich die Wellenlängengenauigkeit. So ist z. B. die Wahl von 70-µm-Einzelfasern für den QSW der MMS-Module nahezu ideal für eine Pixelbreite von 25 µm. Die Anzahl der Fasern ergibt sich aus der Pixelhöhe geteilt durch den Außendurchmesser der Einzelfasern.

Einleitung

Wellenlängenbereiche

MMS Familie
CGS Familie
MCS FLEX Familie
PGS Familie

Software

Einsatzgebiete

Definitionen und Erklärungen

Der Moment, in dem Sie sich ihrer Verantwortung
absolut sicher sein können.
Für diesen Moment arbeiten wir.

// SPEKTROMETERMODULE
MADE BY ZEISS

E-Mail

www.zeiss.com



Einleitung

Wellenlängenbereiche

MMS Familie
CGS Familie
MCS FLEX Familie
PGS Familie

Software

Einsatzgebiete

Definitionen und Erklärungen

Carl Zeiss Spectroscopy GmbH

Carl-Zeiss-Promenade 10
07745 Jena, Germany

Phone: + 49 3641 64-2838
Fax: + 49 3641 64-2485

Email: info.spectroscopy@zeiss.com
www.zeiss.com/spectroscopy

E-Mail

www.zeiss.com