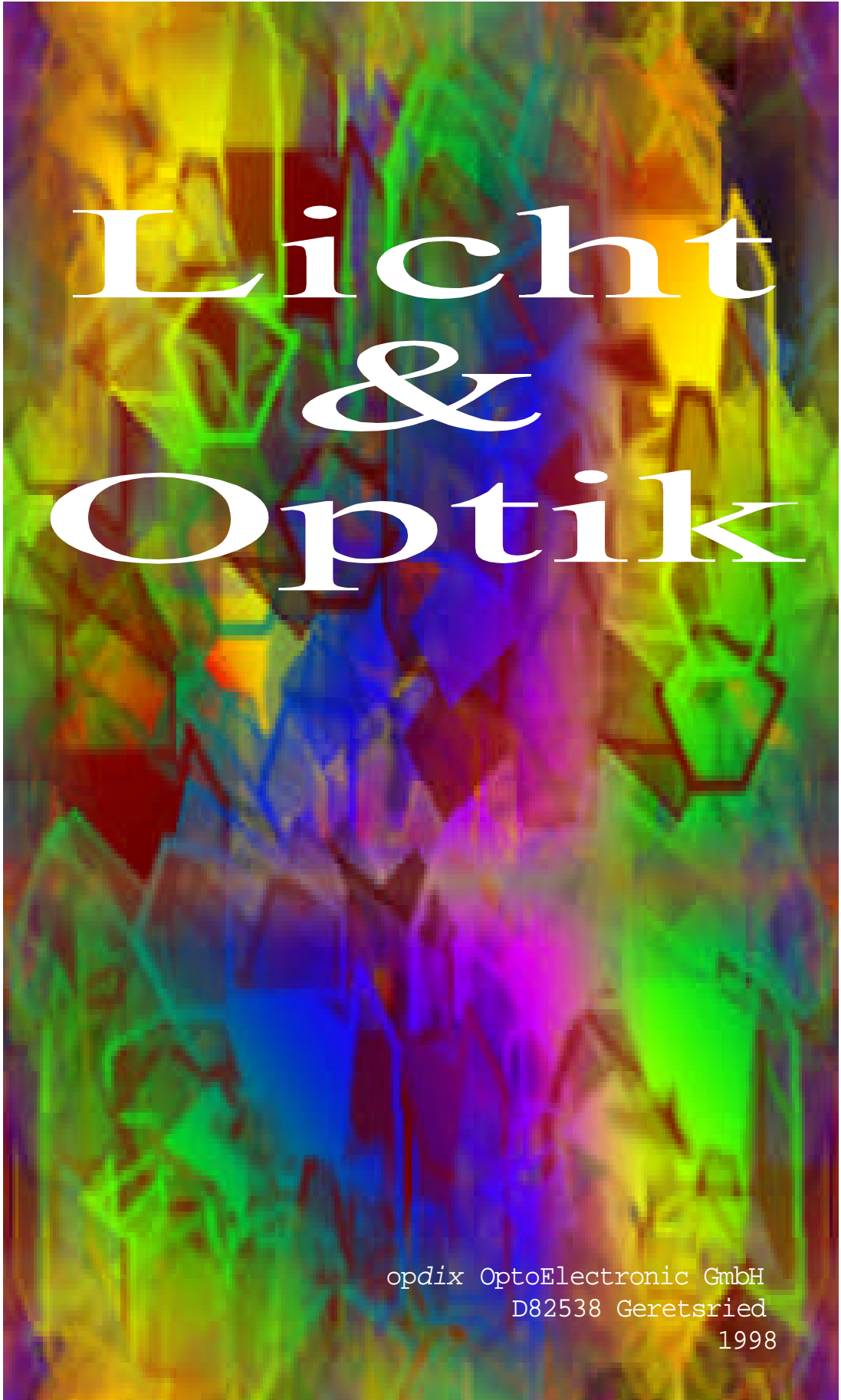


Licht & Optik



opdix OptoElectronic GmbH
D82538 Geretsried
1998

Licht&Optik

Übersicht

über

Lichtquellen und OptikModule

zur Bildverarbeitung

von

opdix OptoElectronic GmbH, Geretsried

Stand: 03/1998

1.0 Technische Einleitung

1.1 Sensorik

Für die MachineVision werden derzeit als Sensoren hauptsächlich CCD-Empfänger eingesetzt, die entweder als 2D-oder 1D-Arrays verfügbar sind.

LaserScanner werden in die Betrachtungen nicht mit einbezogen.

Die speziellen Eigenschaften der CCD-Sensoren müssen insbesondere bei der Beleuchtungsauswahl mit berücksichtigt werden, dies sind:

- Lichtempfindlichkeit
- Dynamikumfang der Belichtung
- Zeitverhalten
- Blooming, d.h. Spitzlichtempfindlichkeit

1.2 Grundsätzliche Beleuchtungsarten

Die Beleuchtungsarten kann man anhand verschiedener Parameter typisieren:

- **Geometrische Grundanlage**
 - 2D-flächige Ausleuchtung
 - Linienförmige Objektbeleuchtung
 - Punktförmige Lichtquelle
- **Zeitverhalten**
 - Gleichlicht
 - HF-moduliertes Licht
 - Blitz- bzw. Impulsbeleuchtung
- **Emissionsverhalten**
 - breitbandig weiß
 - breitbandig Plank'scher Strahler
 - schmalbandig
 - monochromatisch
 - monochromatisch-kohärent
- **Sonstiges**
 - Polarisation
- **Zusammenwirken mit Objekt und Abbildungsoptik**
 - diffus rückstreuendes / diffus transluzentes Objekt
 - transparentes / spiegelnd reflektierendes Objekt
 - Fluoreszenz
 - Köhler'sche Beleuchtung

1.3 Möglichkeiten der optischen Vorverarbeitung

Mit Blick auf industriell einsetzbare Verfahren, d.h. Verfahren die auch außerhalb des geschützten Bereiches akademischer Forschung erfolgreich funktionieren, bleiben nur noch eine Handvoll von „Tricks“ anwendbar. Die wichtigsten sind:

- **Strukturierte Beleuchtung**
 - Lichtschnitt
 - Moiré
- **Telezentrische Beleuchtung / Abbildung**
- **Verketteter Strahlengang (Köhler)**
 - mit/ohne Filtereingriff
- **Änderung optischer Parameter**
 - Änderung der Polarisation
 - Änderung der Wellenlänge (z.B. Fluoreszenz, selektive Absorption)
 - Änderung der Kohärenzeigenschaften (z.B. Dopplervershift)
- **Einsatz kohärenter Filterverfahren**
- **Einsatz kooperativer Objekte**

2.0 Industriell einsetzbare Lichtquellentypen

2.1 Hauptlampentypen

2.1.1 Leuchtstoffröhren

Leuchtstoffröhren sind sehr preiswert in einer großen Variationsbreite auf dem Markt verfügbar (siehe Kataloge von OSRAM oder General Electric)

Ihr Lichtstrom reicht aber im allgemeinen nicht für schnelle Oberflächeninspektionsaufgaben aus.

Die maximale Länge beträgt 2400 mm.

Alle Leuchtstoffröhren können mit HF-Vorschaltgeräten betrieben und so zusammen mit CCD-Kameras eingesetzt werden. Der 50/100Hz-Restbrumm beträgt je nach Qualität der HF-Versorgung nur noch 1-10% lichtseitig. Aus Kostengründen ist eine weitere Signalglättung problematisch.

Ihre Lebensdauer ist mit 8 000 bis 12 000 Stunden sehr hoch.

2.1.2 LEDs

LEDs sind in verschiedenen schmalbandigen Wellenlängenbereichen, aber auch in „weiß“ verfügbar. Die c_w -Leistungsabgabe (Gesamtlichtstrom) beträgt derzeit:

weiß: breitbandig:	2.0 mW @560nm
blau, 470 nm :	2.0 mW
blau-grün, 490-510 nm:	2.0 mW
grün, 525 nm :	1.5 mW
gelb, 590 nm:	3.0 mW
orange, 610 nm:	3.0 mW
rot, 660 nm:	4.0 mW
IR 1, 880 nm:	25.0 mW
IR 2, 940 nm:	4.0 mW
IR HighPower, 880nm:	50.0 mW (600 mW Puls!)

Der große Vorteil der LEDs liegt in ihrer guten Ansteuerbarkeit, die von ns-Pulsen bis zu DC geht. Hierdurch lassen sich leicht Blitzbeleuchtungen realisieren, die eine sehr hohe Lebensdauer aufweisen. Bei Impulsbetrieb können die LEDs analog zum Puls-Pausenverhältnis übersteuert werden.

Ein weiterer Vorteil ist die Flexibilität der geometrischen Anordnung, hierdurch sind applikationsspezifische Beleuchtungen sehr einfach realisierbar.

Nachteilig sind die z.T. sehr hohen Kosten und die teilweise noch etwas schwachen Lichtstärken

2.1.3 Metaldampflampen

Metaldampflampen bzw. Na-Hochdrucklampen sind mit elektrischen Anschlußleistungen bis zu 2000 W verfügbar, die Lichtausbeute liegt bei ca. 15%, d.h. 300W.

Sie können ebenfalls mit HF-Verschaltgeräten betrieben werden. Ihr Gesamtlichtstrom beträgt bis zu 200 000 Lumen.

Die Flächenleuchtdichte am Lampenkolben begrenzt die Einkopplung des Lichtstromes in Faserbündel. Nachteilig ist weiterhin das große Leuchtvolumen, hierdurch werden die Möglichkeiten der optischen Lichtführung stark eingeschränkt.

Die Lebensdauer liegt mit ca. 5000 Stunden Dauerbetrieb im industriell interessanten Bereich, gleiches gilt für den Preis pro Lampe.

Die Metaldampflampen sind mit Ausnahme der Na-Lampen voll farbtauglich, das Spektrum ist breitbandig weiß.

Nachteilig ist die teilweise starke Ozonbildung durch einen hohen UV-Anteil im Spektrum.

2.1.4 Halogenlampen

Halogenlampen haben eine geringe Lebensdauer (es sei denn sie werden mit Unterspannung betrieben) und einen geringen Wirkungsgrad (3-5%), d.h. die störende Restwärme ist sehr hoch.

Bei den nachstehenden Entwicklungen spielten die Halogenlampen keine Rolle.

2.1.5 Kurzbogenlampen

Kurzbogenlampen wären sehr gute Lichtquellen, da die optische Lichtführung aufgrund der kleinen Lichtquellenausdehnung sehr gut ist.

Leider verhindern Lebensdauer (1000-2000 h) und Preis weitgehend einen industriellen Einsatz.

2.2 Verfügbare Lichtquellen

- **Flächenlichtquelle FliQ**
- **Ringlichtquelle RiQ**
- **Linienlichtquelle LiLitube**
- **LED-Lichtquellen**
 - *LEDtile*
 - *LEDline*
 - *LEDline CL*
 - *LEDspot*
 - *LEDshadow*
 - *LEDriq*
- **HighPower-Lichtquellen**
 - *LiLiCSC*
 - *LiLiwide*
 - *LiLipar*
- **LinienMusterProjektor LMPI**

Bezeichnung:

Flächenlichtquelle - FliQ $m*n$

Geometrie:

2D-flächig

Aussehen



ca. Maße

von 50 x 80 mm, Höhe 65 bzw. 85 mm

bis

maximal: $m \times n$ mm Leuchtfeldgröße

Eingesetzte Lampen:

bevorzugt 7-mm Leuchtstoffröhren

oder bei Bedarf

das ganze Spektrum verfügbarer Leuchtstoffröhren

Zeitverhalten:

HF-moduliert, ggf. mit 50-Hz Unterdrückung

Spektrum:

weiß breitbandig

„Lichtstrom“

ca. 4-16 mW/cm^2

Einsatzgebiete

Insbesondere für 2D-MachineVision-Aufgaben.

Durchlichtbeleuchtung für Meßzwecke.

Flächige Auflichtbeleuchtung.

Bemerkungen

Optimierung der homogenen Leuchtfeldverteilung durch Korrekturfolien möglich

Bezeichnung:

Ringlichtquelle - RiQ d

Geometrie:

2D-rund

Aussehen

ca. Maße



von 120 mm

bis

maximal: 300 mm

Eingesetzte Lampen:

Ringleuchtstoffröhren

Zeitverhalten:

HF-moduliert, ggf. mit 50-Hz Unterdrückung

Spektrum:

weiß breitbandig bzw. farbig breitbandig

„Lichtstrom“

ca. 4 mW/cm²

Einsatzgebiete

Insbesondere für 2D-MachineVision-Aufgaben.

Schattenarme Auflichtbeleuchtung

Bemerkungen

-

Bezeichnung:

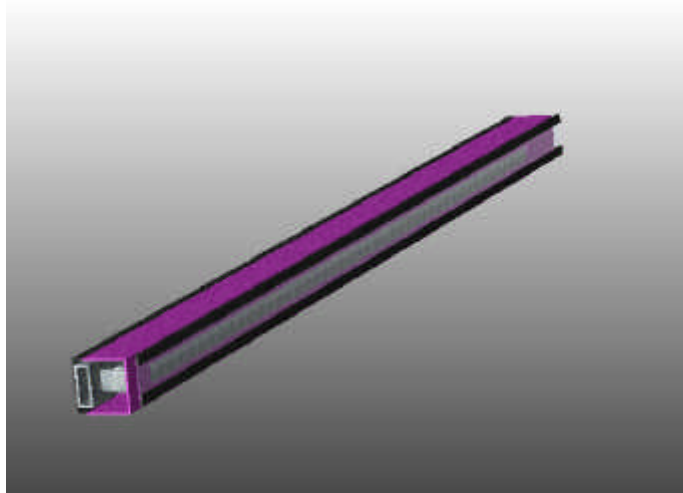
Linienlichtquelle - LiLitube l

Geometrie:

1D-lang

Aussehen

ca. Maße



von 1000 mm

bis

maximal: 2400 mm (mit einer Lampe)

Eingesetzte Lampen:

Leuchtstoffröhren (High Output)

Zeitverhalten:

HF-moduliert, ggf. mit 50-Hz Unterdrückung

Spektrum:

weiß breitbandig bzw. farbig breitbandig

„Lichtstrom“

Total pro Lampe: 15 000 lumen, An der Oberfläche bis ca. 8 mW/cm²

Einsatzgebiete

Insbesondere für 1D-MachineVision-Aufgaben.

Breitenmessung im Durchlicht

Bemerkungen

-Sondermaße durch Spiegelanreihung möglich

Bezeichnung:

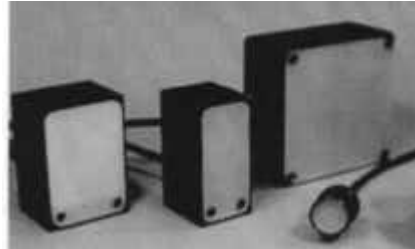
LED-Lichtquelle - LEDtile x*y

Geometrie:

2D-flächig, Kacheln anreihbar

Aussehen

ca. Maße



von 3 x3 mm

bis

maximal: m x n mm

Eingesetzte Lampen:

LEDs

Zeitverhalten:

DC, HF-moduliert oder Impulsartig ($t > 100$ ns)

Spektrum:

weiß breitbandig bzw. farbig schmalbandig, IR 880 + IR 940

„Lichtstrom“

2 bis ca. 9 mW/LED, leistungsstärkere LEDs im IR verfügbar (>1 W Pulsleistung)

Einsatzgebiete

Sehr gut applikationsspezifisch modifizierbar

Bemerkungen

Der teilweise hohe Preis/LED begrenzt den industriellen Einsatz

Langlebig

Bezeichnung:

LED-Lichtquelle - LEDline l

Geometrie:

1D- lang, ggf. Doppellinie

Aussehen

ca. Maße



von 3 mm

bis

maximal: n mm

Eingesetzte Lampen:

LEDs

Zeitverhalten:

DC, HF-moduliert oder Impulsartig ($t > 100$ ns)

Spektrum:

weiß breitbandig bzw. farbig schmalbandig, IR 880 + IR940

„Lichtstrom“

2 bis ca. 9 mW/LED, leistungsstärkere LEDs im IR verfügbar (>1 W Pulsleistung)

Einsatzgebiete

1D-CCD-Kamera-Applikationen, Kontaktscanner

insbesondere Positionsbestimmung, Breitenmessung, Kantenverfolgung,

Lochsuche

Bemerkungen

Der teilweise hohe Preis/LED begrenzt den industriellen Einsatz

Langlebig

Bezeichnung:

LED-Lichtquelle - LEDline III CL

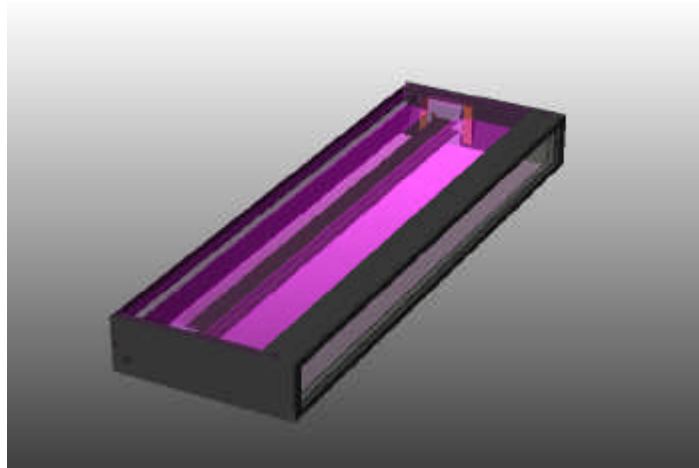
Geometrie:

1D- lang,

durch vorgesetzte Zylinderlinse wird in der Objektebene eine in der Breite einstellbare Lichtlinie erzeugt.

Aussehen

ca. Maße



von 250 x 75 x 100 mm

bis

maximal: 250 x 75 x n mm

Eingesetzte Lampen:

LEDs

Zeitverhalten:

DC, HF-moduliert oder Impulsartig ($t > 100$ ns)

Spektrum:

weiß breitbandig bzw. farbig schmalbandig, IR 880 + IR940

„Lichtstrom“

2 bis ca. 9 mW/LED, leistungsstärkere LEDs im IR verfügbar (>1 W Pulsleistung)

Einsatzgebiete

Lichtschnitt-Anwendungen, 3D-Messung

Bemerkungen

Der teilweise hohe Preis/LED begrenzt den industriellen Einsatz

Langlebig

Bezeichnung:

LED-Lichtquelle - LEDspot

Geometrie:

0D/2D

durch vorgesezte Optik wird eine Spotbeleuchtung erzeugt

Aussehen

N.A.

ca. Maße

Durchmesser: ca. 60 mm

Eingesetzte Lampen:

LEDs, insbesondere HighPower IR-LEDs

Zeitverhalten:

DC, HF-moduliert oder Impulsartig ($t > 100$ ns)

Spektrum:

weiß breitbandig bzw. farbig schmalbandig, IR 880 + IR940

„Lichtstrom“

2 bis ca. 9 mW/LED, leistungsstärkere LEDs im IR verfügbar (>1 W Pulsleistung)

Einsatzgebiete

Punktförmige Beleuchtung von ROIs

Bemerkungen

Langlebig

Bezeichnung:

LED-Lichtquelle - LEDshadow

Geometrie:

2D/1D

Aussehen

N.A.

ca. Maße

Durchmesser: max. 500 mm, im 1D-Fall bis 2000 mm darstellbar

Eingesetzte Lampen:

LEDs, insbesondere HighPower IR-LEDs

Zeitverhalten:

DC, HF-moduliert oder Impulsartig ($t > 100$ ns)

Spektrum:

weiß breitbandig bzw. farbig schmalbandig, IR 880 + IR940

„Lichtstrom“

2 bis ca. 9 mW/LED, leistungsstärkere LEDs im IR verfügbar (>1 W Pulsleistung)

Einsatzgebiete

durch einen verketteten Strahlengang vom Köhler-Typ sehr gut für meßtechnische Aufgaben einsetzbar, da durch die direkte Abbildung der Lichtquelle in den Sensor ein sehr hoher Wirkungsgrad erreicht wird.

Bemerkungen

Langlebig

Bezeichnung:

LED-Lichtquelle - LEDriq d

Geometrie:

2D

Aussehen

ca. Maße



Durchmesser: kundenspezifisch

Eingesetzte Lampen:

LEDs

Zeitverhalten:

DC, HF-moduliert oder Impulsartig ($t > 100$ ns)

Spektrum:

weiß breitbandig bzw. farbig schmalbandig, IR 880 + IR940

„Lichtstrom“

2 bis ca. 9 mW/LED, leistungsstärkere LEDs im IR verfügbar (>1 W Pulsleistung)

Einsatzgebiete

durch einen verketteten Strahlengang vom Köhler-Typ sehr gut für meßtechnische Aufgaben einsetzbar, da durch die direkte Abbildung der Lichtquelle in den Sensor ein sehr hoher Wirkungsgrad erreicht wird.

Bemerkungen

Langlebig

Bezeichnung:

HighPower-Lichtquelle - LiLiCSC

Geometrie:

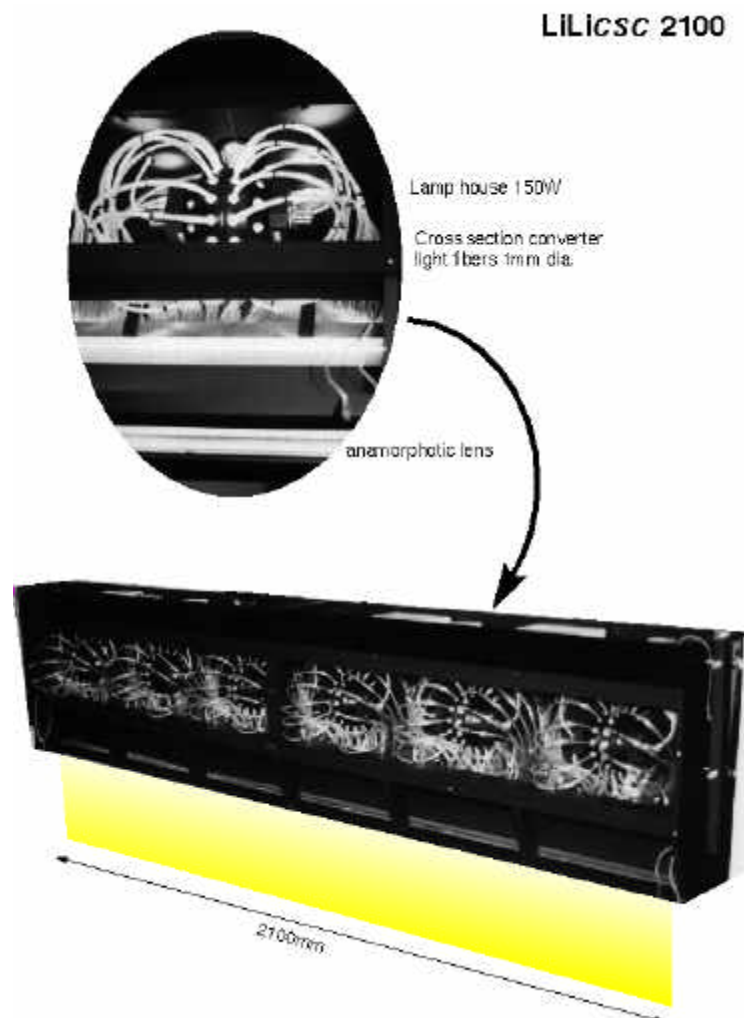
1D

Das Licht einer Metalldampf Lampe wird durch einen faseroptischen Querschnittswandler in eine Lichtlinie umgeformt.

Die Linienbreite und der Arbeitsabstand sind in Grenzen anpaßbar.

Aussehen

ca. Maße



Modullänge des Querschnittswandlers: max. 500 mm,

Module sind n-fach anreihbar

Eingesetzte Lampen:

Metalldampf Lampen: 70W, 150 W, 250 W, 400 W, 1000 W

Zeitverhalten:

HF-moduliert

Spektrum:

weiß breitbandig

„Lichtstrom“

Licht & Optik

An der Lampe: bis 100 000 lumen

Am Objekt: 20-50 mW/cm² pro cm-Lichtlinie (~ 100 kLux)

Einsatzgebiete

Oberflächeninspektion mit 1D-CCD-Kameras

Durch den Querschnittswandler auch für transparente bzw. reflektive
Oberflächengeeignet.

Der Querschnittswandler bietet die Möglichkeit winkelselektiv zu beleuchten.

Bemerkungen

-sehr teuer

Bezeichnung:

HighPower-Lichtquelle - LiLiwide

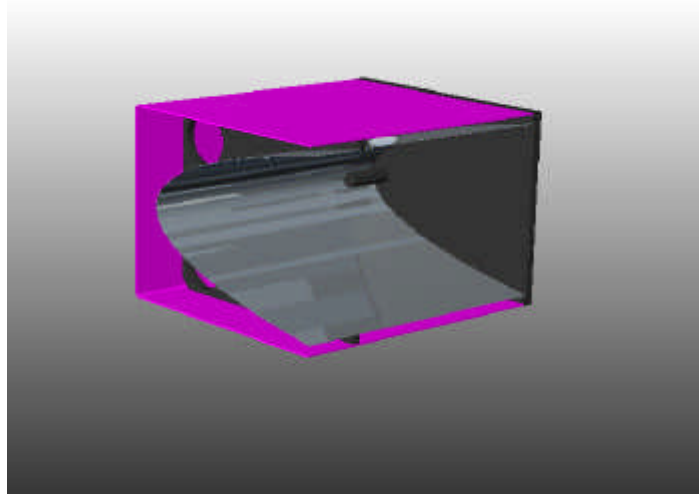
Geometrie:

1.5 D

Das Licht einer Metalldampf Lampe wird durch einen speziellen Ellipsoidreflektor in ein Lichtband umgeformt.

Aussehen

ca. Maße



Modullänge des Querschnittswandlers: max. 500 mm,
Module sind n-fach anreihbar

Eingesetzte Lampen:

Metalldampflampen: 150 W, 250 W, 400 W, 1500 W, 2000 W

Zeitverhalten:

HF-moduliert

Spektrum:

weiß breitbandig

„Lichtstrom“

An der Lampe: bis 200 000 lumen

Am Objekt: bis 500 mW/cm²

Einsatzgebiete

Oberflächeninspektion mit 1D-CCD-Kamera,
aber nur auf diffus streuenden Oberflächen

Bemerkungen

-Reflektor ist für jeden Arbeitsabstand gesondert zu berechnen und zu fertigen.

Max. sinnvoller Arbeitsabstand: ca. 1.75 m

Bezeichnung:

HighPower-Lichtquelle - LiLipar

Geometrie:

2 D

Das Licht einer Metalldampf Lampe wird durch einen speziellen Parabolreflektor in ein breites Lichtband umgeformt.

Aussehen

siehe Bild LiLiwide

ca. Maße

Modullänge des Querschnittswandlers: max. 500 mm,

Module sind n-fach anreihbar

Eingesetzte Lampen:

Metall dampflampen: 150 W, 250 W, 400 W, 1500 W, 2000 W

Zeitverhalten:

HF-moduliert

Spektrum:

weiß breitbandig

„Lichtstrom“

An der Lampe: bis 200 000 lumen

Am Objekt: bis 500 mW/cm²

Einsatzgebiete

Allgemeine Beleuchtungsaufgaben

Bemerkungen

Bezeichnung:

Linien-Muster-Projektor - LMP 1

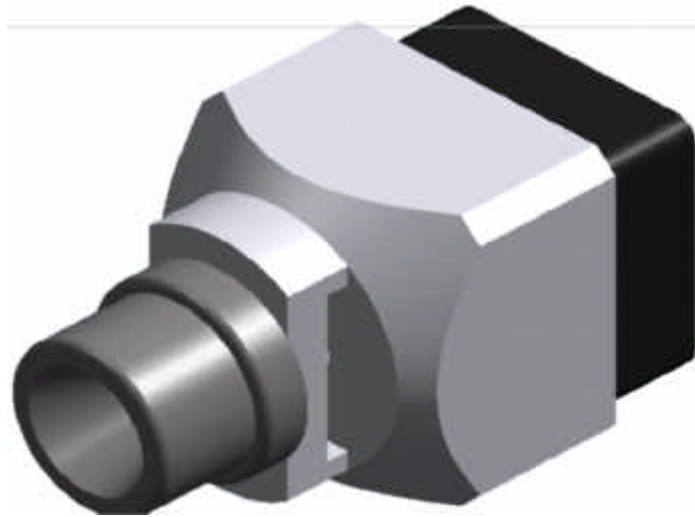
Geometrie:

1D/2 D

Das Licht einer Halogenlampe wird wie bei einem Diaprojektor über eine Maske auf das Objekt abgebildet.

Aussehen

ca. Maße



ca. 100 x 100 x 120 mm

Eingesetzte Lampen:

Halogenlampen: 20 W, 50 W

Zeitverhalten:

DC

Spektrum:

weiß breitbandig, Planck'sch

„Lichtstrom“

Durch Blende im Objektiv und über Netzteil regelbar

Einsatzgebiete

Allgemeine Beleuchtungsaufgaben

Meßtechnik

Bemerkungen

3.0 Optische Vorverarbeitung

In der praktischen Anwendung waren folgende optische Vorverarbeitungsverfahren erfolgreich:

- Strukturierte Beleuchtung, insbesondere Lichtschnitt bzw. Lichtkante
- Telezentrische Beleuchtung
- Telezentrische Abbildung
- Verketteter Köhlerstrahlengang

Alle anderen Möglichkeiten blieben im Bereich der bildgebenden bzw. bildverarbeitenden Verfahren ohne Bedeutung.

3.1 Strukturierte Beleuchtung

Hier wurden die Lichtquellen **LEDline CL** und **LMP1** erfolgreich eingesetzt.

Applikationen:

- Filmkantenprüfung im Mikrometerbereich
- Teilesortierung / Höhenvermessung

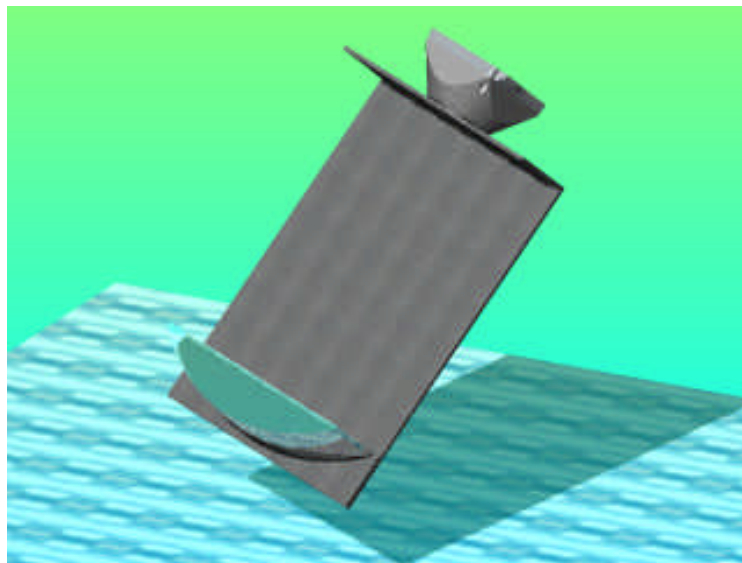
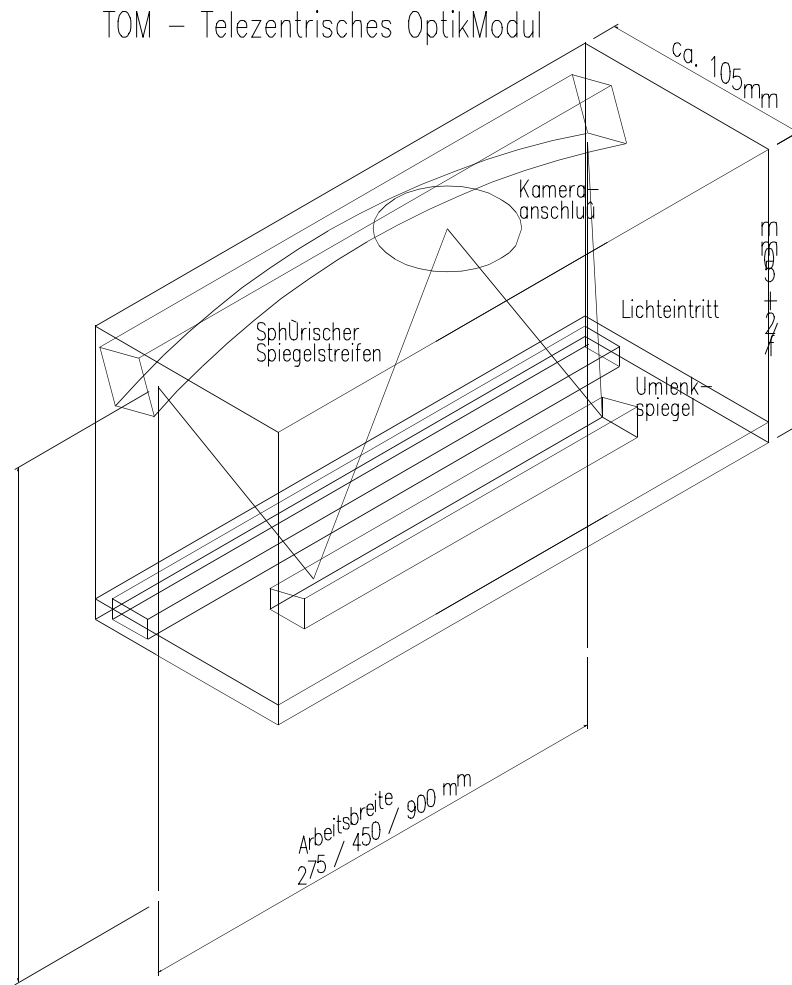
3.2 Köhlersche Beleuchtung

Ein Beispiel hierfür ist die LEDshadow, die zur Konturkontrolle eingesetzt wurde.

3.3 Telezentrische Optikmodule -TOM-

Aufbau:

Bild:



Licht & Optik

Ein TOM besteht aus einer großen Frontlinse bzw. einem großen Spiegelstreifen, der die Arbeitsbreite bestimmt.

Nachgeschaltet ist ein Standard-Abbildungsobjektiv, das die eigentliche Bildgebung vornimmt.

Arbeitsbreiten:

- 100 - 300 mm mit Linsen
- 250-2000 mm über Spiegel

Einsatzgebiete

Vermessung von hohen Objekten über breite Meßstellen

Lochsuche in dicken Materialien

Aufbau phasenempfindlicher Bahnabtastung, z.B. zur Glas-oder Folieninspektion