

Bild 1
A Gitterprojektor
A1 Gitterprojektion
A1.1 Detail von Bild **A1**
B Kamera Mit Makroobjektiv

Bild 1.1
 Messbild (Messobjekt mit projizierter strukturierter Linienbeleuchtung)

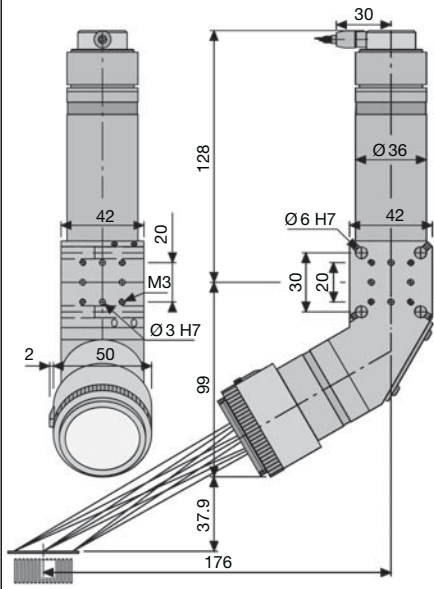
Bild 1.2
 Messbild mit Zusatzbeleuchtung

Maßbild

Precision Grid Projektor SK 5732

Leistungsdaten

Projektionsfeld	7 x 14 mm
Projektionswinkel	$\alpha = 30^\circ$
Struktur	15 Streifen
Lichtquelle	LED
Lebensdauer	30000 Stunden
Wellenlänge	650 ± 30 nm
Gewicht	700 g
Volumenmaß	110 x 226 x 52
Freier Arbeitsabstand	38 mm
Spannung/Stromaufnahme	5V / 300 mA



Precision Grid Projector SK 5732

Strukturierte Beleuchtung für 3D-Objektvermessung

- Gitterbild gleichmäßig scharf im gesamten Projektionsfeld durch 30° Projektion nach Scheimpflug
- Inkohärente Lichtquelle (Hochleistungs-LED, extern modulierbar) für Gitter-Abbildung ohne Speckle und ohne Beugungsstreifen
- Projektionsfeld von 14 mm x 7 mm
- Projektionsbedingter Höhenmessbereich ± 0.5 mm
- Höhenauflösung $< 4 \mu\text{m}$ mit Standard-Matrixkameras

Geringe Höhenunterschiede auf schwach strukturierten Objekten lassen sich mit dem Mehrlinien-Lichtschnittverfahren optisch vermessen. Ein Messraster wird dafür unter einem flachen Winkel schräg auf die Objektstruktur projiziert. Eine Matrixkamera zeichnet das Bild der aufgrund der Objektstruktur deformierten Linien auf, der Liniensversatz wird als Maß für die Höhenunterschiede ausgewertet.

Die Projektion des Messrasters erfolgt in Scheimpflug-Anordnung unter einem Winkel von 30° zur Objektebene (60° zur Kamerarichtung). Es werden gleichmäßig helle Gitterlinien mit rechteckigem Intensitätsprofil erzeugt.

Aufgrund der breitbandigen inkohärenten Lichtquelle ist die vom Precision Grid Projector erzeugte strukturierte Beleuchtung frei von den bei der Beleuchtung mit Laserstrahlquellen auftretenden Speckle.

Kenngrößen der 3D-Messung bei 1:1-Abbildung in Abhängigkeit von der Pixelgröße				
Sensorformat	1/3"	1/2"	2/3"	CMOS 1024
Pixelzahl horiz.	756	756	756	1024
Pixelgröße/ μm	6.3	8.5	11.6	10
Bildfeldbreite /mm	4.8	6.4	8.8	10.2
Höhenauflösung/ μm	3.7	4.9	6.7	5.8
Messbereich stetig / mm	± 0.5			
Messbereich unstetig / mm	0.58			

Schärfentiefe bei 1:1-Abbildung in Abhängigkeit von Objektivblendenzahl und Pixelgröße				
Blendenzahl	Schärfentiefe / mm			
2.8	0.07	0.09	0.13	0.11
4	0.10	0.14	0.19	0.16
4.5	0.11	0.15	0.21	0.18
5.6	0.14	0.19	0.26	0.22

Höhenauflösung des Messverfahrens

Die Höhenauflösung des Verfahrens wird durch den Einstrahlwinkel des projizierten Gitters und die Ortsauflösung der Matrixkamera festgelegt. Es gilt

$$\Delta h = \beta \Delta x \tan(\alpha)$$

wobei

- Δh : Die einer Sensor-Pixelbreite entsprechende Höhenänderung
- β : Vergrößerung, $\beta = \text{Objektbreite} / \text{Sensorbreite}$
- Δx : Pixelgröße in x-Richtung
- α : Einstrahlwinkel des projizierten Gitters relativ zur Objektebene (30°).

Beispiel:

1/3" CCD-Kamera mit 756 x 581 Pixeln, Format 4,8 mm x 3,6 mm
 Pixelgröße $\Delta x = 6,3 \mu\text{m}$, Vergrößerung $\beta = 1$,
 abgebildeter Objektbereich 4,8 mm x 3,6 mm

$$\Delta h = 1 \times 6,3 \mu\text{m} \times \tan(30^\circ) = 3,7 \mu\text{m}$$

Die Verschiebung einer Gitterlinie um 1 Pixel entspricht einer Höhenänderung von $3,7 \mu\text{m}$.

Durch die specklefrei auf die Objekt Oberfläche projizierten Gitterlinien können Subpixel-Algorithmen zur weiteren Steigerung der Auflösung verwendet werden. Die in der Praxis erreichte Auflösung wird von den Oberflächeneigenschaften des Objekts mit bestimmt. So setzt z.B. eine grobe Textur der Oberfläche die Genauigkeit der Kantenbestimmung und damit auch die Messgenauigkeit herab.

Messbereich

Beim Messbereich ist zwischen stetigen und unstetigen Höhenänderungen zu unterscheiden.

Bei unstetigen Höhenänderungen (Sprünge, Stufen) wird der Messbereich dadurch begrenzt, dass die deformierten Linien sich im Bild berühren. Dies ist gegeben wenn

$$\Delta H = \Delta L \tan(\alpha)$$

wobei

- ΔH : Die einem Gitterlinienabstand entsprechende Höhenänderung
- ΔL : Linienabstand
- α : Einstrahlwinkel des projizierten Gitters relativ zur Objektebene (30°).

Beispiel: Ein Linienabstand von 1 mm entspricht einer Höhenänderung von 0,58 mm.

Bei stetigen Höhenänderungen bleibt die Eindeutigkeit gewahrt, eine Linienverfolgung möglich. Die Schärfentiefe der Gitterprojektion beschränkt den Messbereich für stetige Höhenänderungen auf ca. ± 0.5 mm.