

Entwicklungen auf dem Gebiet der Optik und Einfluss auf die Lichttechnik

Wolfgang Karthe

Fraunhofer Institut Angewandte Optik und
Feinmechanik

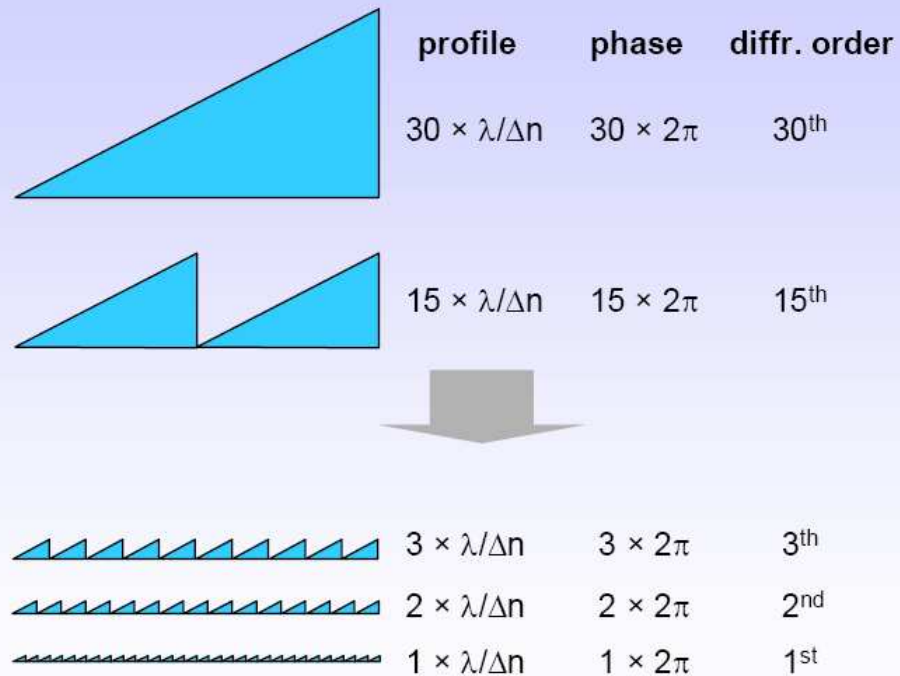


Gliederung:

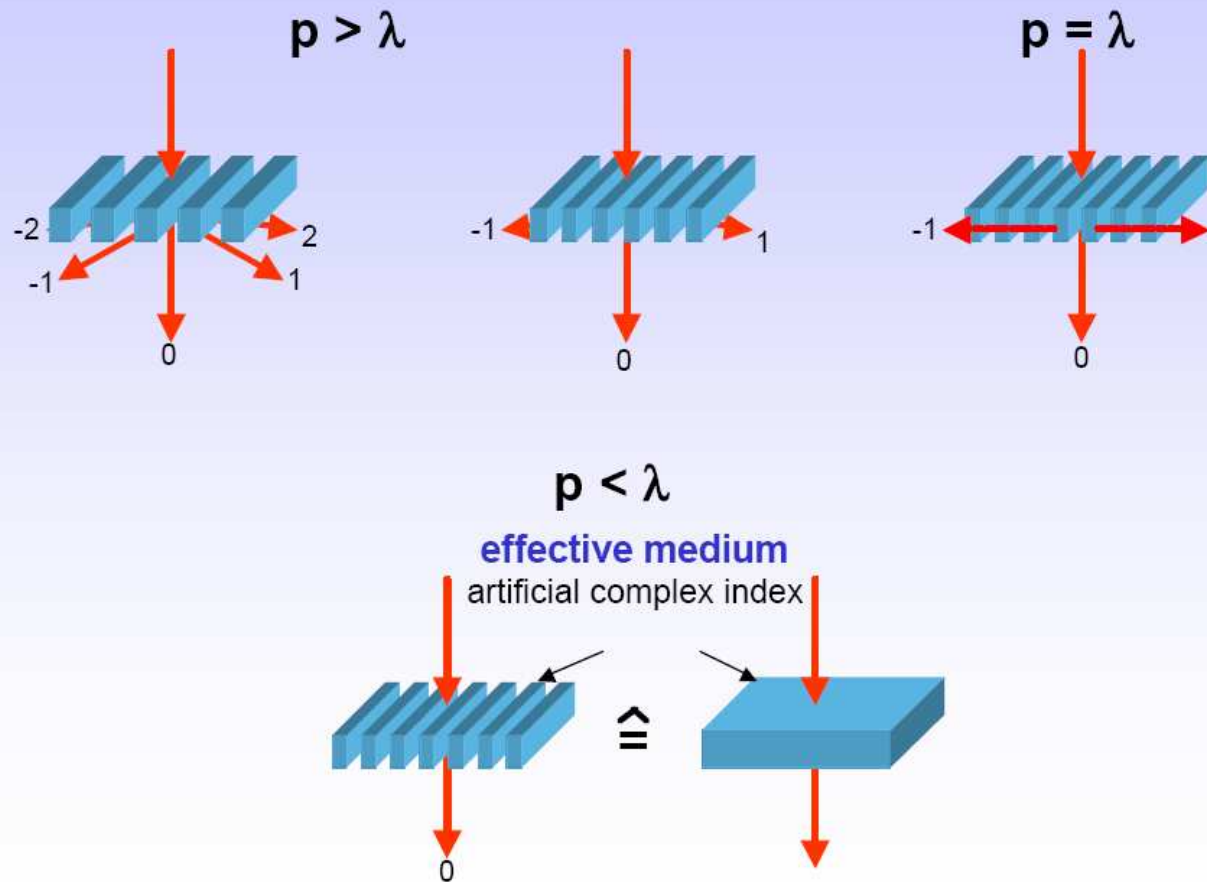
- Einführung
- Grundlagen der Mikrooptik
- Informationsgewinnung (Kameras, strukturierte Beleuchtung)
- Informationswiedergabe / Visualisierung
- Hinterleuchtung
- Laserquellen / Strahlformer
- Informationsspeicherung
- Effektive Medien / Mottenaugeneffekt
- Technologie



The transition from refractive to diffractive



The decrease of the grating period



E. – Bernhard Kley, FSU-Jena/IAP

Archivierungsangaben

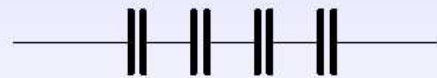
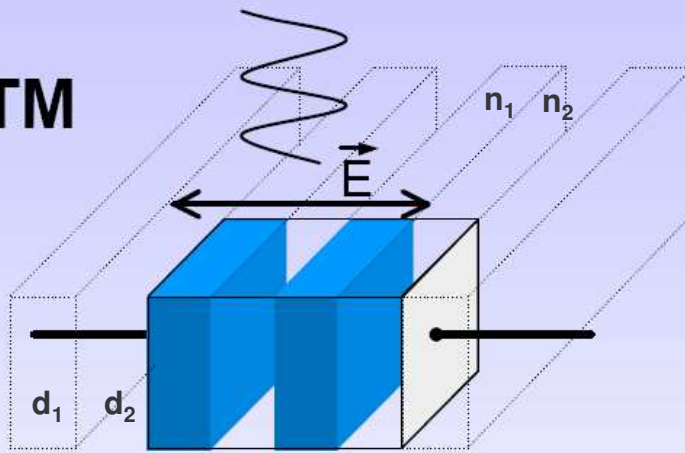
Seite 4



Fraunhofer
Institut
Angewandte Optik
und Feinmechanik

Effective Medium Theory

TM



$$1/C_1 + 1/C_2 + 1/C_3 + 1/C_4 = 1/C_{TM}$$

$$\frac{1}{n_{\perp}^2} = f_1 \frac{1}{n_1^2} + f_2 \frac{1}{n_2^2}$$

$$f_i = d_i / (d_1 + d_2)$$

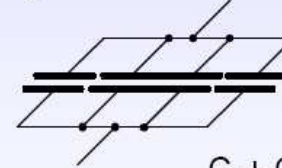
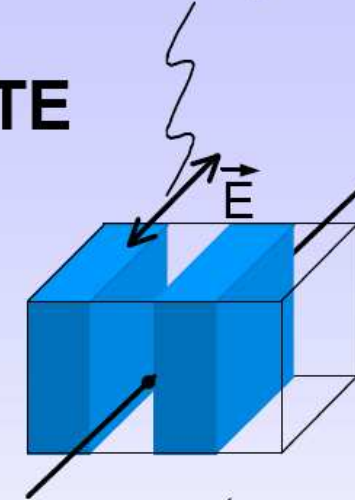
$$n = \sqrt{\epsilon}$$

$$C_{TM} \neq C_{TE}$$

$$\bar{\epsilon}_{TM} \neq \bar{\epsilon}_{TE}$$

$$n_{TM} \neq n_{TE}$$

TE



$$C_1 + C_2 + C_3 + C_4 = C_{TE}$$

$$n_{\parallel}^2 = f_1 n_1^2 + f_2 n_2^2$$

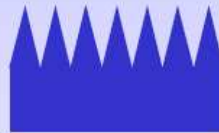
Effects:

Birefringence

Polarization

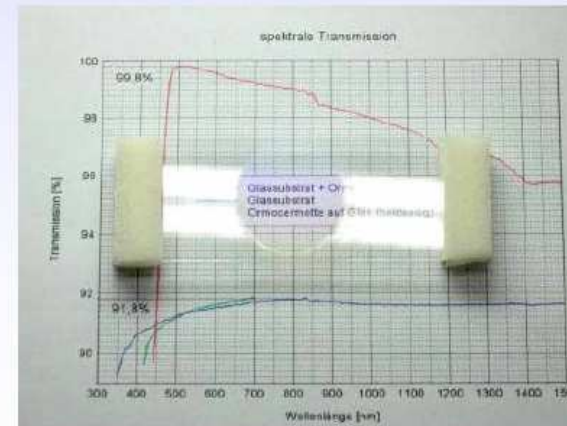
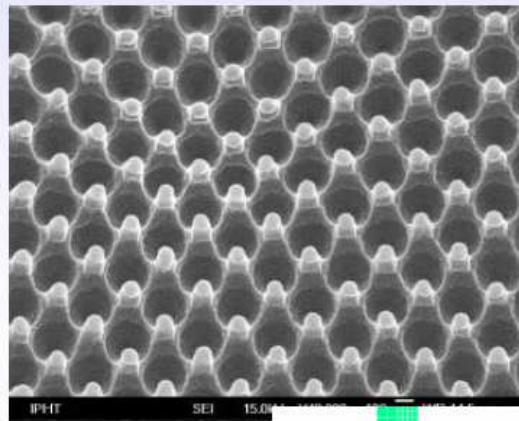
Effective Medium

vertical refractive index control → soft index transition → antireflection



Application: antireflective surfaces (hot embossing, Fresnel Optics GmbH Apolda)

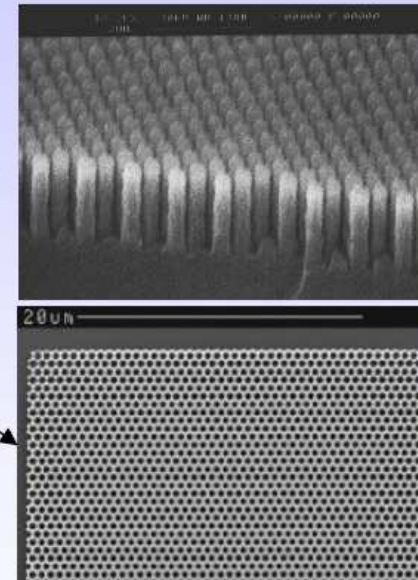
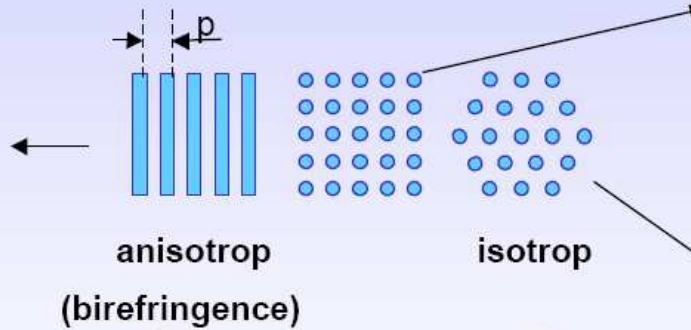
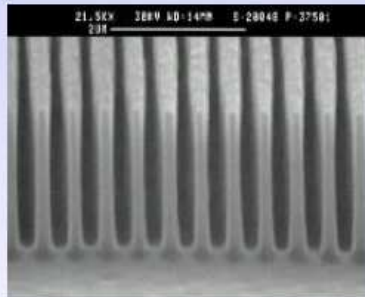
Conic grating profile for a soft index transition



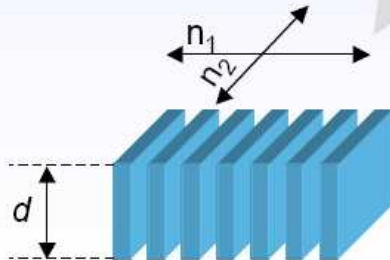
Effective Medium

Uniform control of the refraction index

- symmetry → isotropy
- filling factor → effective index

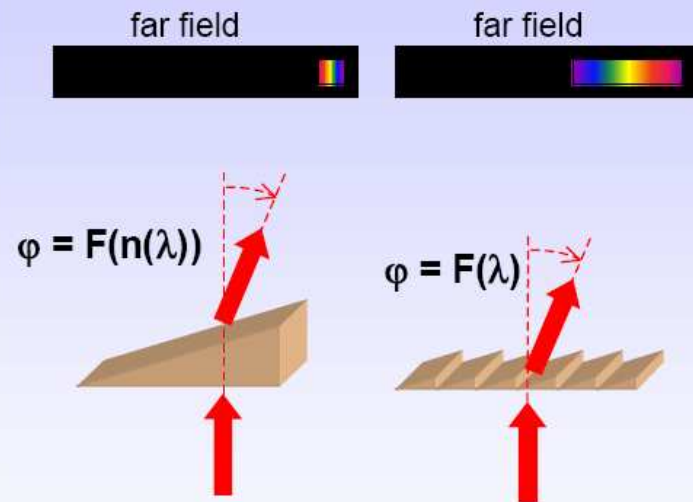


Courtesy of S. Schröder,
IPHT Jena

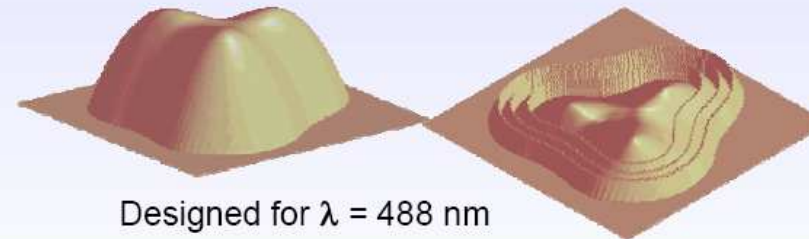
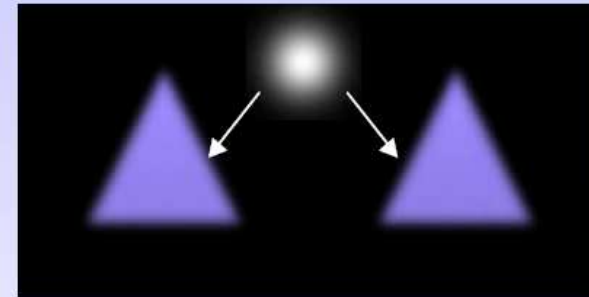


Problem: Diffractive or refractive?

Wavelength splitting



Beam shaping



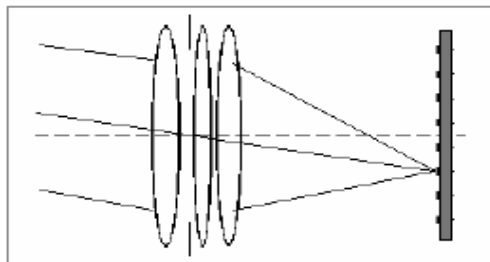
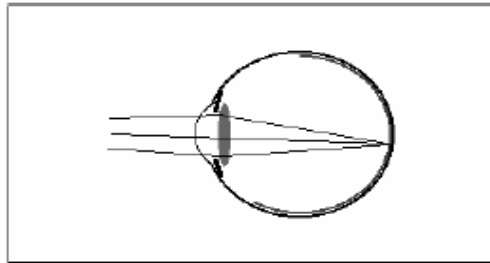
high efficiency - efficiency control - wavelength separation/multiplexing - shallow surface profile - ...

The application makes the choice

Fabrication technologies are challenged

Natürliche Bildsensoren und ihre technischen Äquivalente

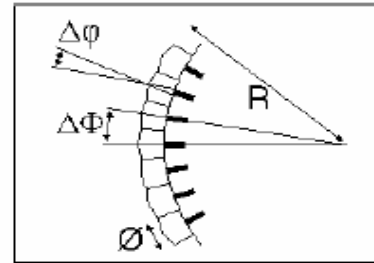
Single Aperture Eyes



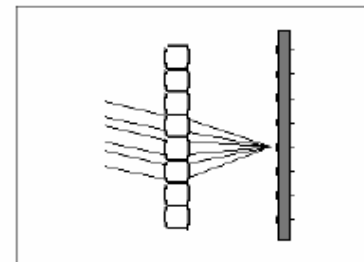
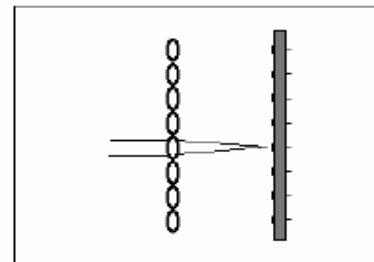
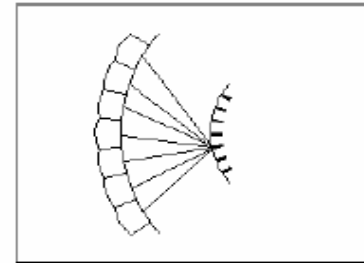
Klassische
abbildende
Systeme

Compound Eyes

Apposition



Superposition

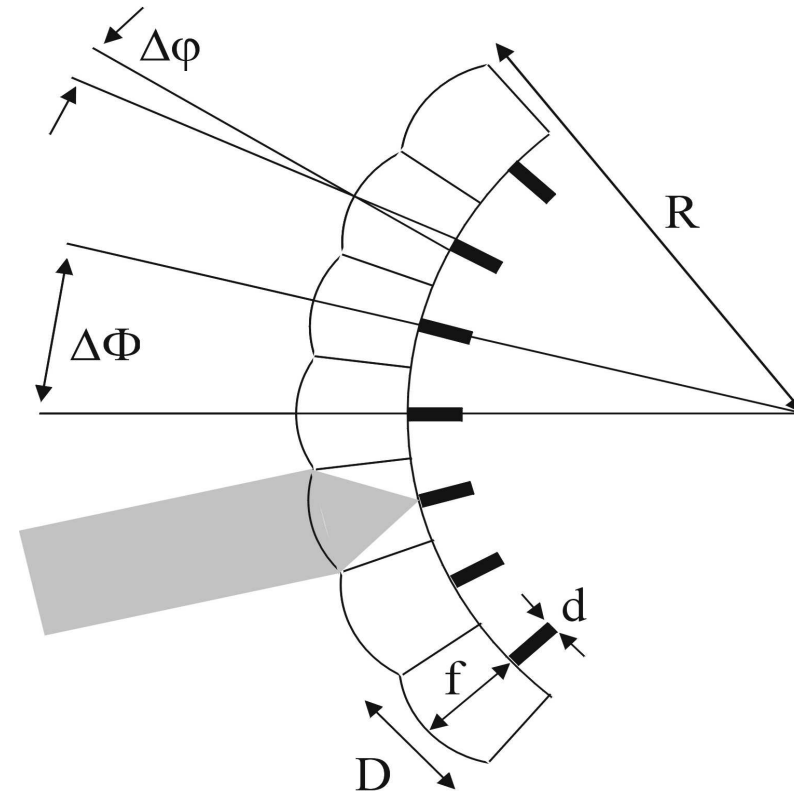
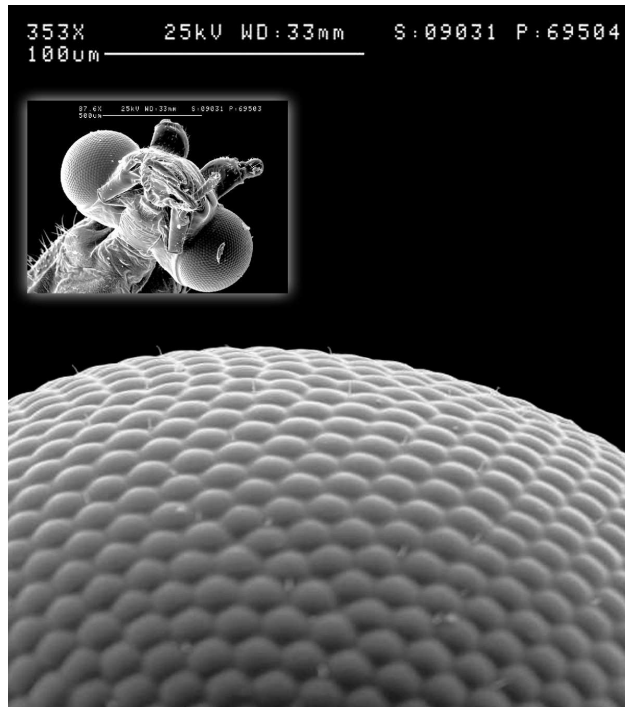


Eignung für mikrooptische Herstellungstechnologien der
Objektive (→ Mikrolinsenarrays)

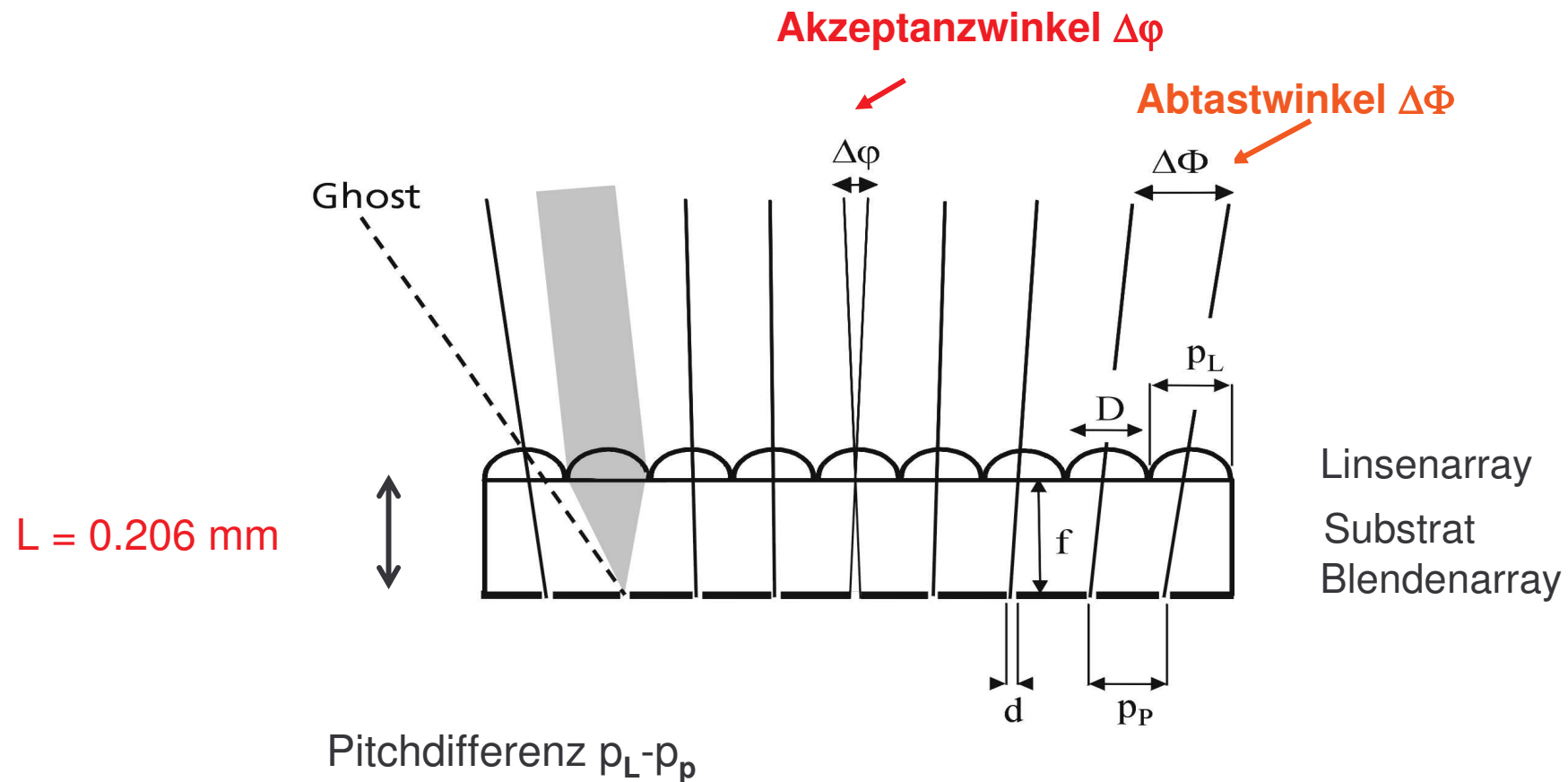
Natur:
Rezeptoren auf
gekrümmten Oberflächen

Technik:
Rezeptoren auf ebenen
Oberflächen →
Bildfeldwölbung

Natürliches Appositionsauge



Prinzip künstlicher Appositions-Facettenaugen



J. Duparré, P. Dannberg, P. Schreiber, A. Bräuer, and R. Völkel, "Bilderfassungssystem und dessen Verwendung," Pat. DE 10 2004 003 013.8 (2004).

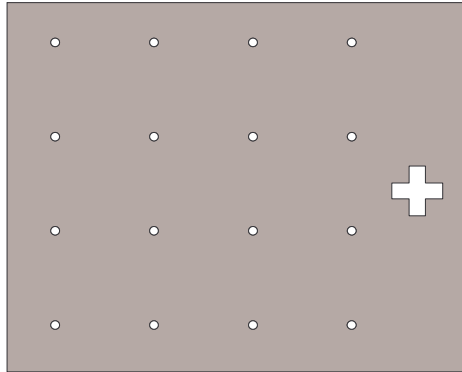
Archivierungsangaben

Seite 11

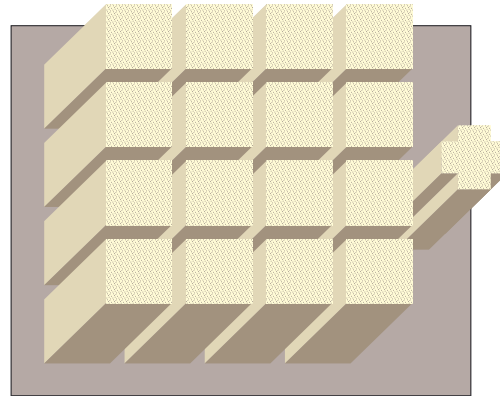


Fraunhofer
Institut
Angewandte Optik
und Feinmechanik

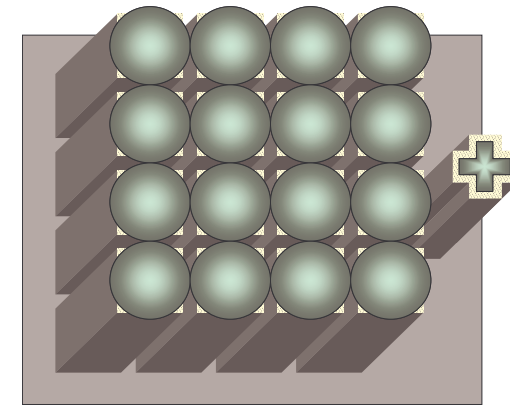
Herstellung optisch isolierter Kanäle aus Fotolack



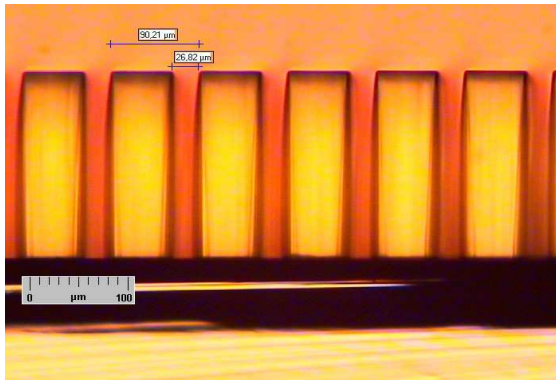
Metallschicht mit
Lochblenden auf
Substrat



SU8-Zwischenschicht,
lateral strukturiert

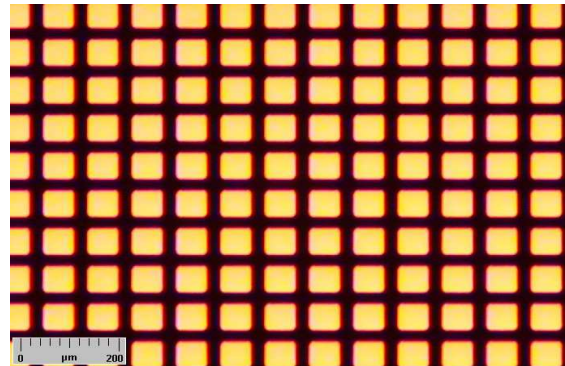


Gräben mit schwarzem Polymer ausfüllen,
Mikrolinsen abformen

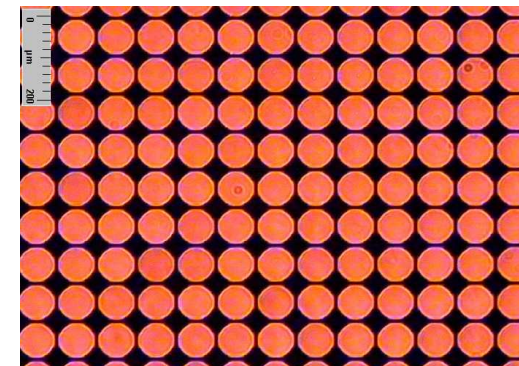


Seitenansicht der Türme

Archivierungsangaben

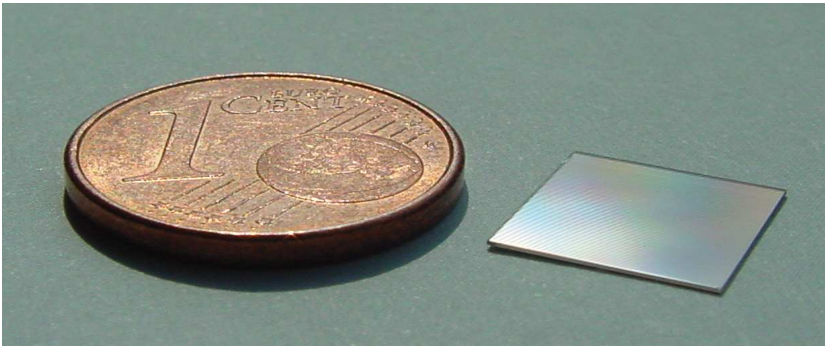


Gräben gefüllt

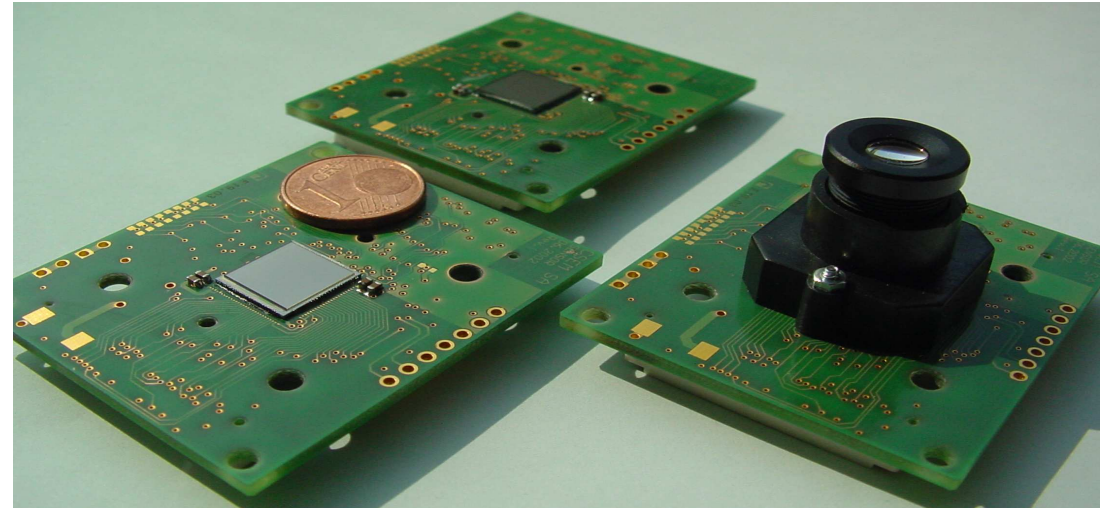
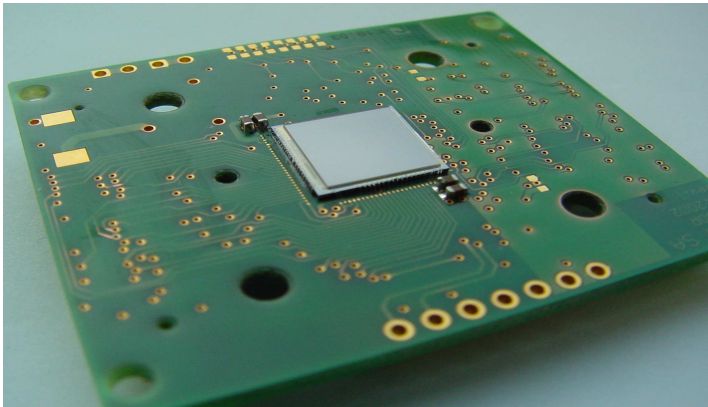


Mikrolinsen abgeformt

Objektiv und Kamera



Facettenaugen-Objektiv



Sensor-Board + Facettenaugen-Objektiv,
mit Standardobjektiv zum Vergleich

Sensor-Board + Facettenaugen-Objektiv

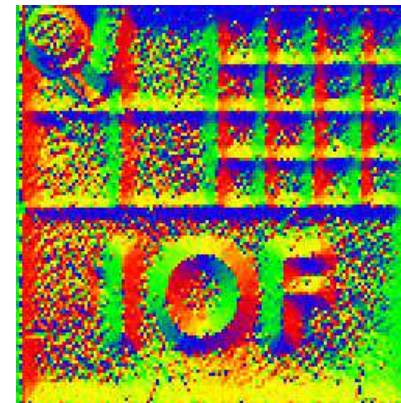
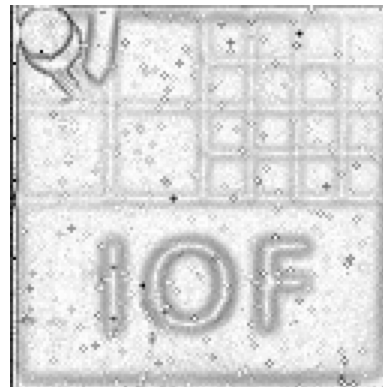
Sensor: CSEM Neuchâtel

Testbilder (keine Nachverarbeitung!)

Gesichtserkennung:



Möglichkeiten der Sensorausgabe:



Archivierungsangaben

Intensität

Kontrast

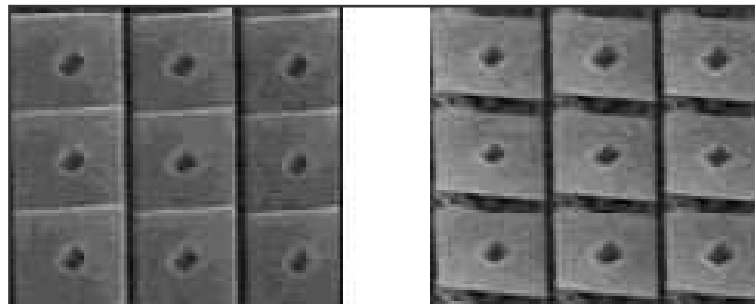
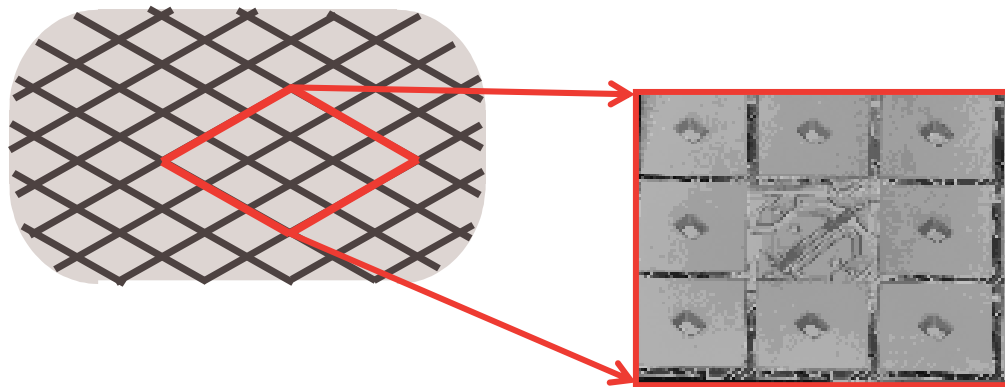
Kantenorientierung

Seite 14

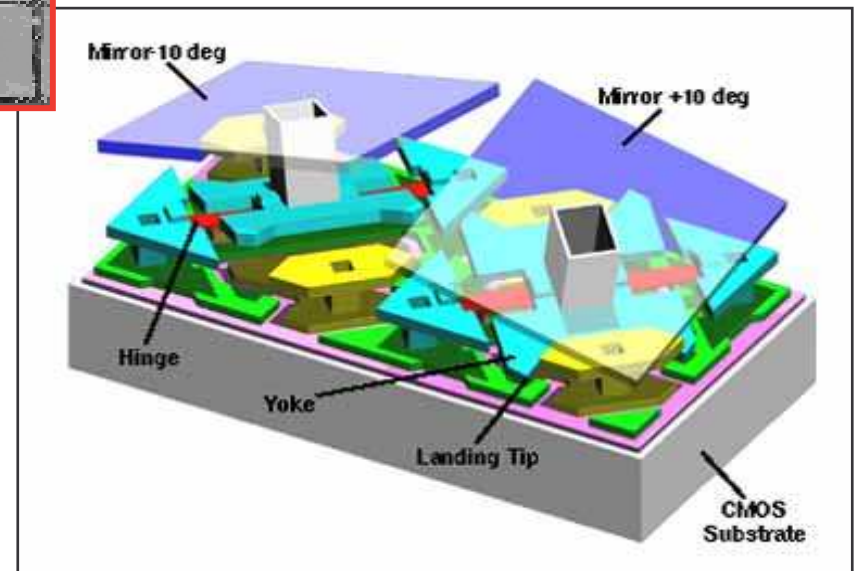


Fraunhofer Institut
Angewandte Optik
und Feinmechanik

Reflektierende Mikrodisplays - DMD



Texas Instruments



Archivierungsangaben

Seite 15



Fraunhofer
Institut
Angewandte Optik
und Feinmechanik

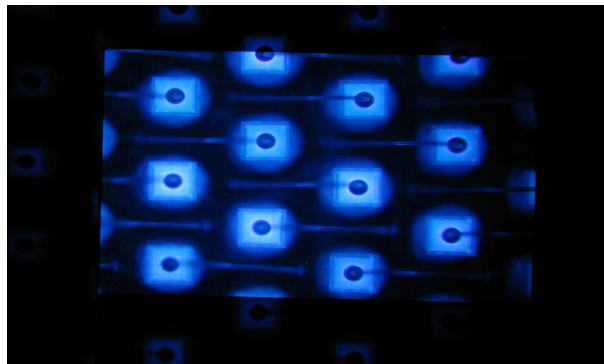
Gesichtsfeldscanner



LED - Beleuchtungssysteme



Head-up display (HUD, Siemens)



LED-Array
Blau
(Fa.OSRAM)

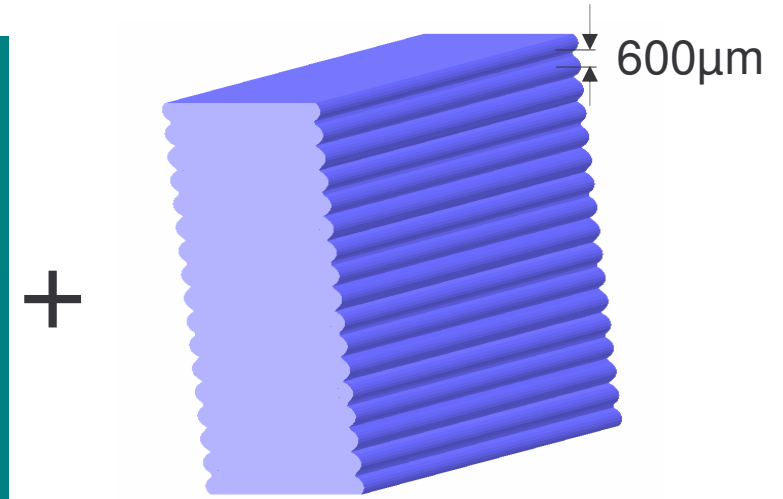
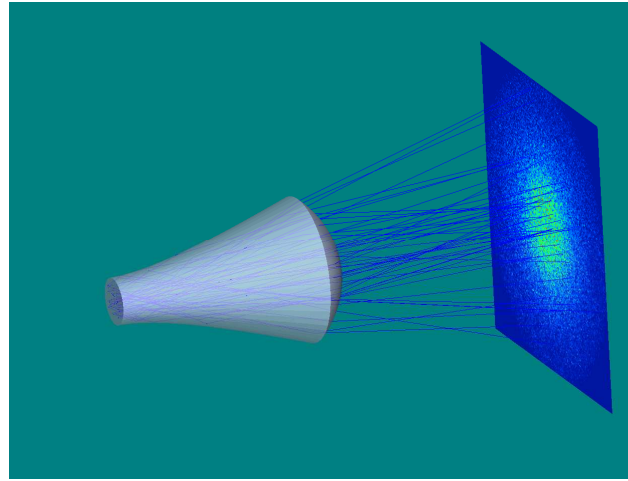
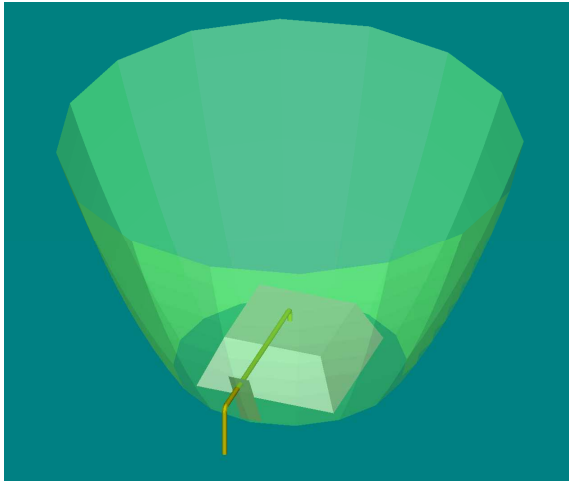


Mobiltelefon-Projektoren

Photonen in Nutzrichtung bringen !
=> Primär- und Sekundäroptik



LED - Beleuchtungssysteme



Primäroptik: Lichtkonzentrator: Länge 3 mm =>
80% Intensität in $\pm 20^\circ$
Nacktchip < 10%

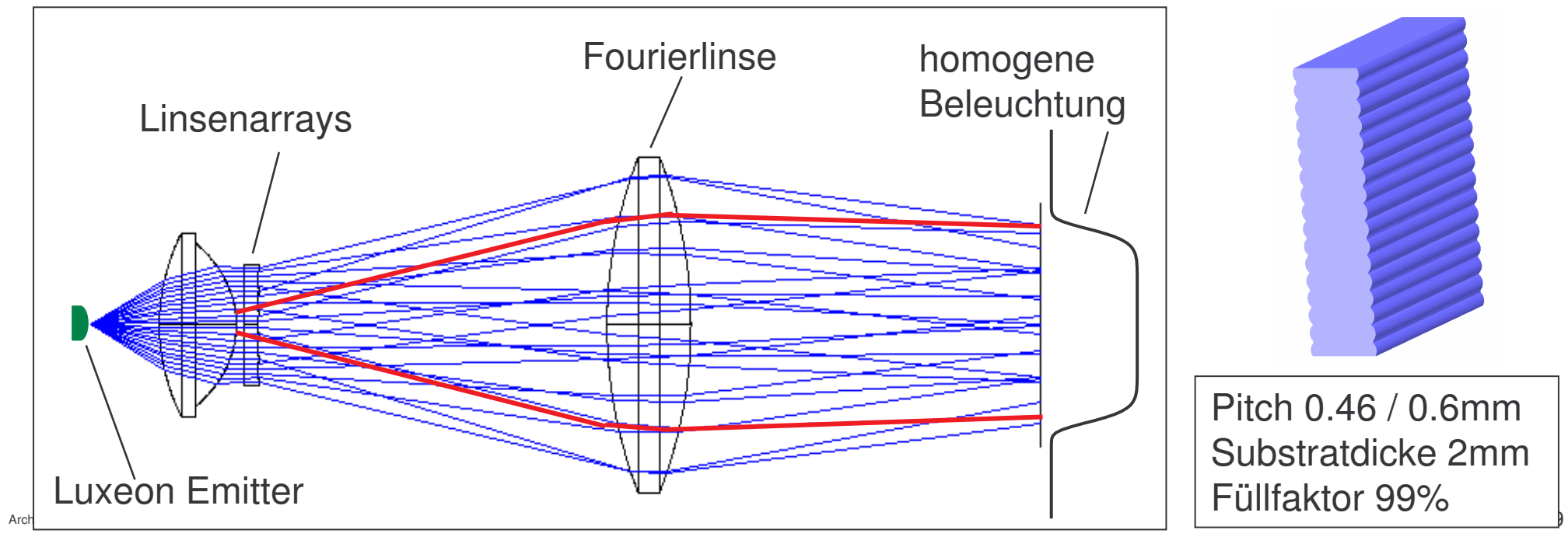
Sekundäroptik
Lithografie + Ätzen (z.B.)

Problem: Herstellung der Lichtkonzentratoren im (Wafer-) Array,
lithografisch nicht möglich

Homogenisierung von LED-Strahlung

Ansatz: Miniaturisierung durch Verschachtelung von Homogenisierung und Farbkombination

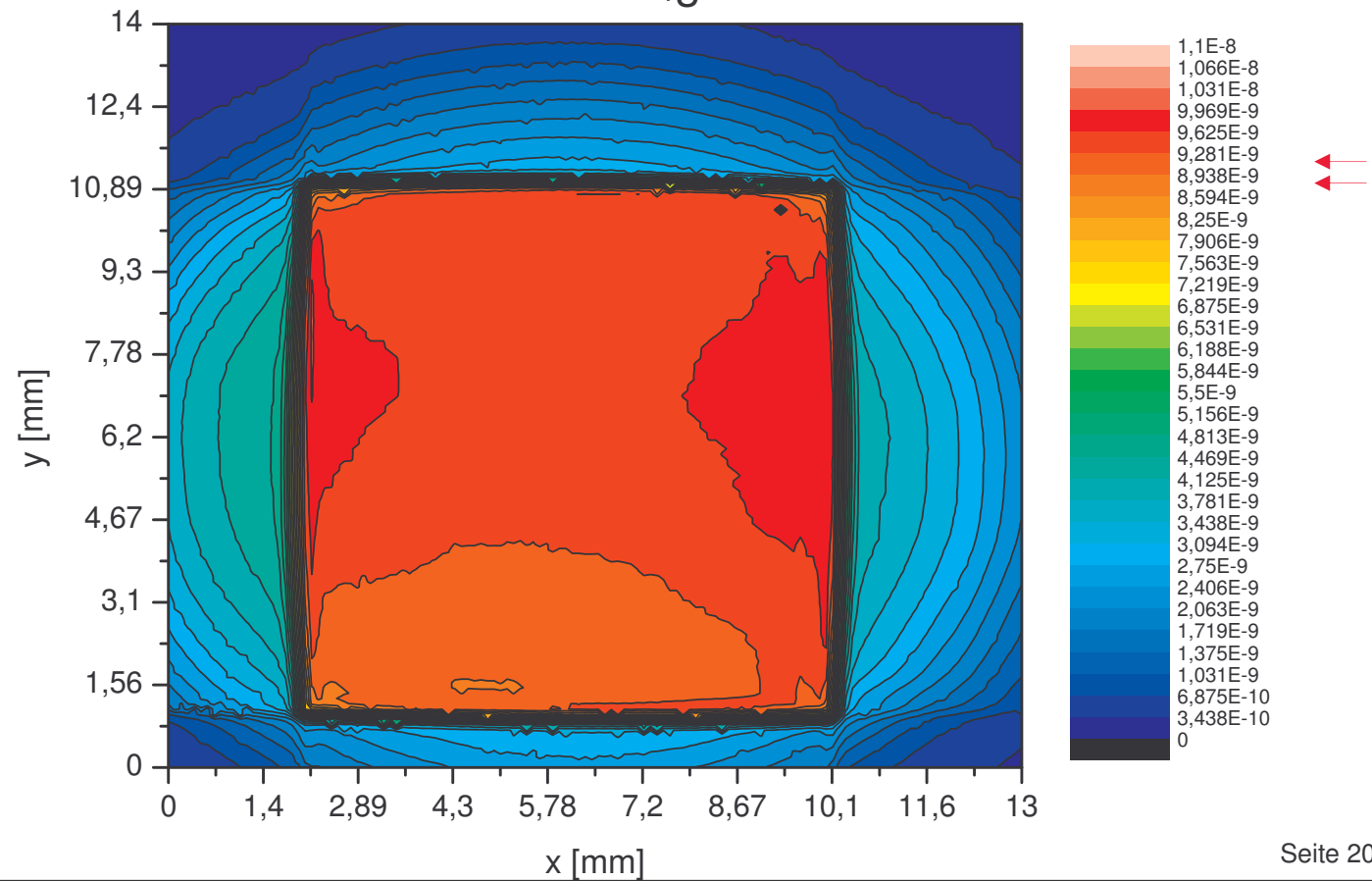
Tandem-Linsenarrays



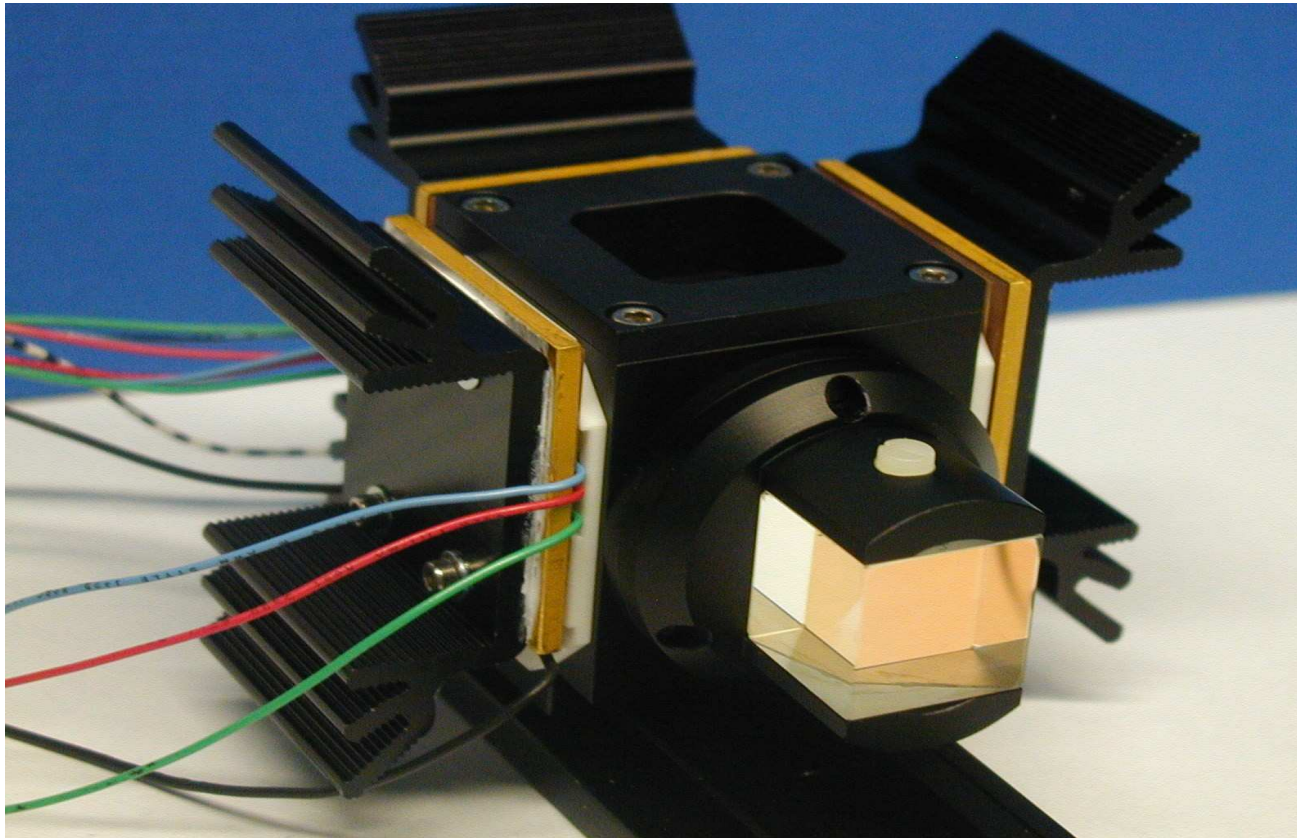
LED-Homogenisierung - Messung

Luxeon LED,grün

Besser 5% p.v.
über 8x8 mm²



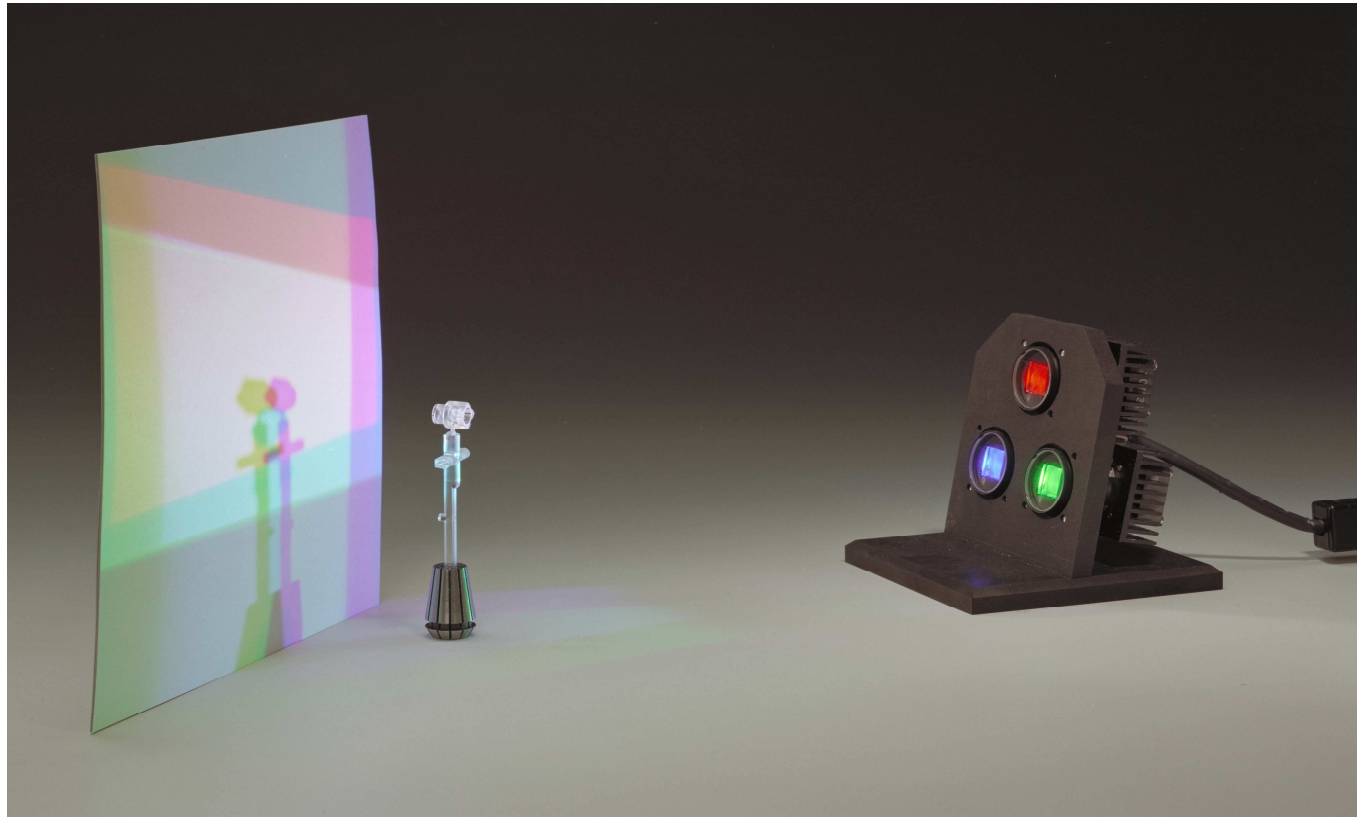
3-Farben LED-Modul für Beleuchtungsanwendungen



Weißlichterzeugung durch homogenisierte RGB LED-Strahlung

Luxeon-LED (RGB)
Tamdem-Linsenarrays

Homogenisierung
besser 5% p.v.



Mikrooptik-Modul: 7 mm lang

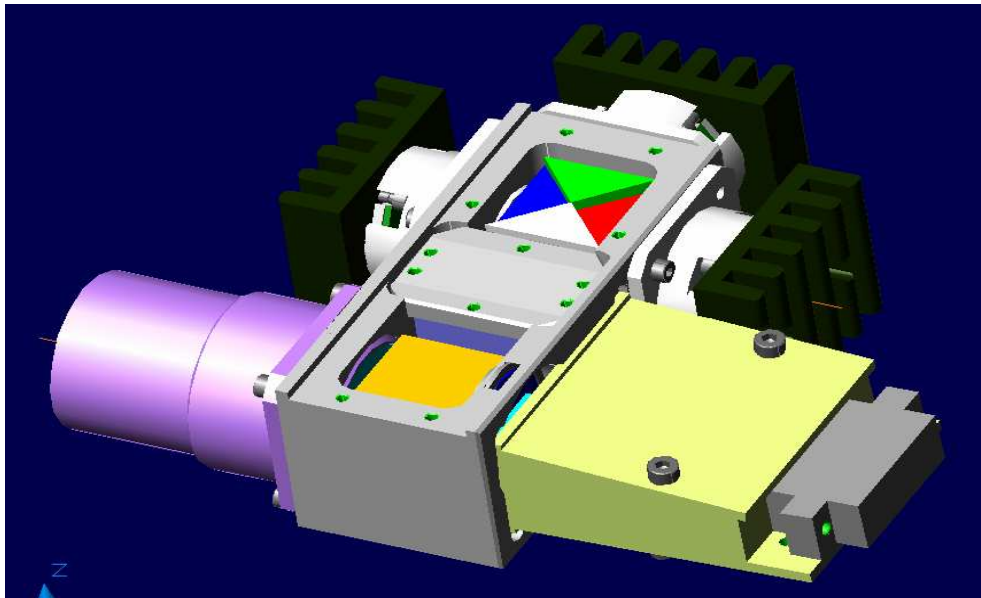


LCoS-Projektor mit LED's

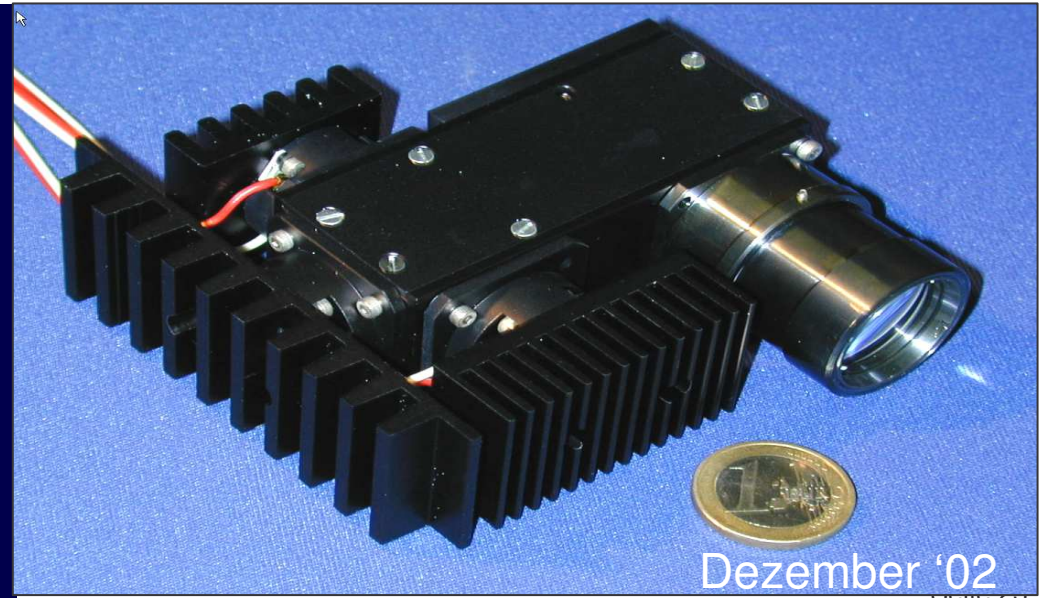
DigiPro

- Luxeon-LEDs
- kompaktere Bauform
- angepasste Optikkomponenten (ColorCube, Polteiler)
- angepasstes Objektiv (Zeiss)

LCoS-Projektor (Konstruktion)



LCoS-Projektor (Beleuchtungseinheit)



Fraunhofer Institut
Angewandte Optik
und Feinmechanik

Pocket Imager

LCoS basiert



Carl Zeiss Jena GmbH

SVGA (800 x 600)

Masse: < 450 g

Helligkeit: > 25 lm

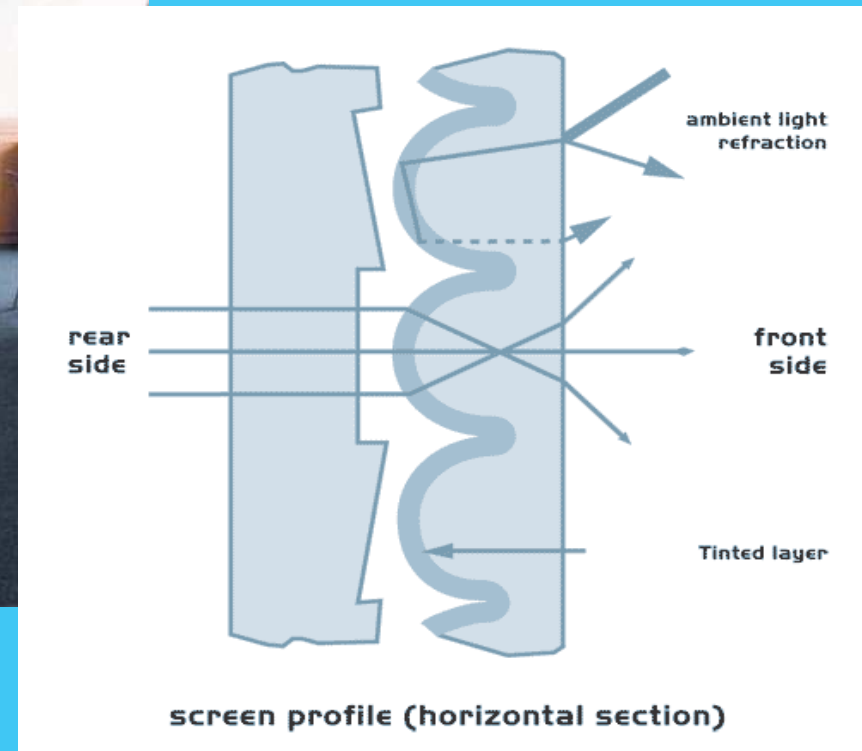
Leistungsaufnahme: < 30 W

Akku-Laufzeit: > 2 h





dnp denmark



Hinterleuchtungstechnik

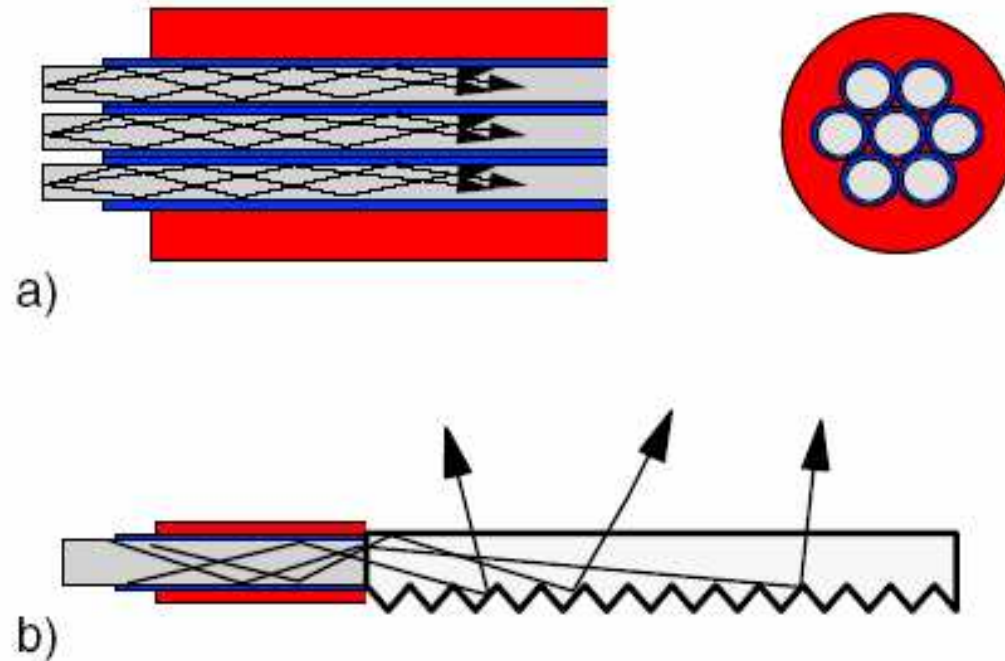


Abb.1a,b: Lichtleitung im Faserbündel (oben) und massiven Lichtleiter (unten)

Ringbeleuchtung (PKW)

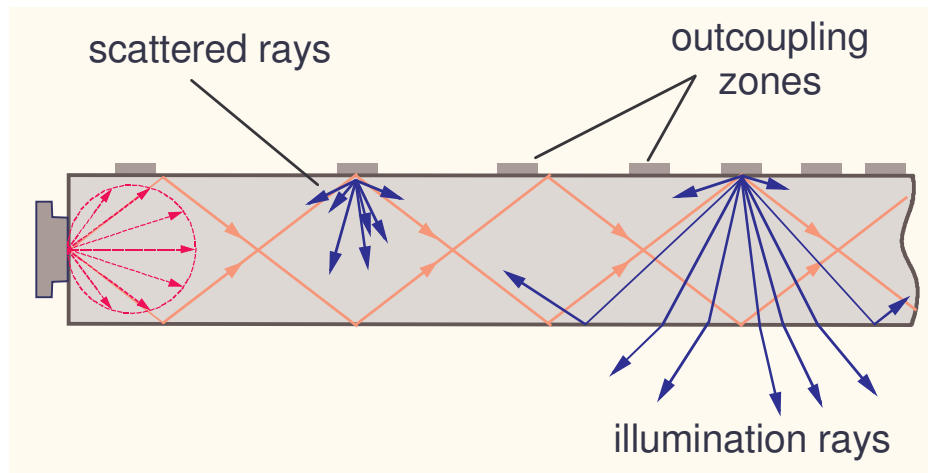


C.Lüder DGaO-Proceedings 2004

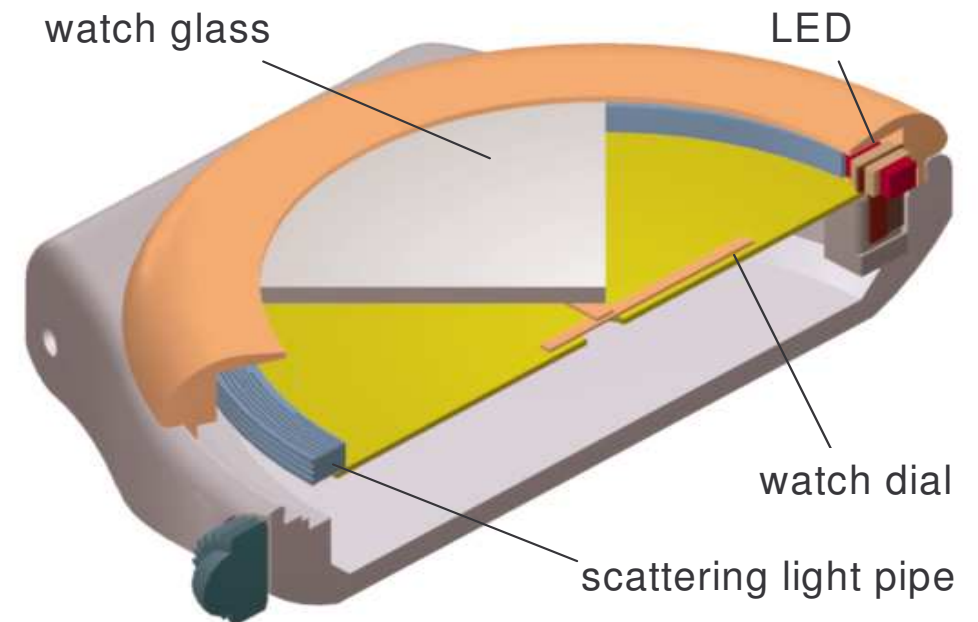
Abb.4: *Lichtleitringe als Positionslicht, versorgt mittels flexibler Lichtleiterbündel*



Illumination light pipes



Europ. Patent EP860755A1 (1998)
Europ. Patent EP99109018.4 (1999)



Archivierungsangaben



Fraunhofer Institut
Angewandte Optik
und Feinmechanik

TFT-LCD Hinterleuchtung



Figure 20: 17" TFT-LCD with RGB backlighting

OSRAM Opto Semiconductors 2004

Archivierungsangaben

Seite 29



Fraunhofer
Institut
Angewandte Optik
und Feinmechanik

Mikrooptische Module für Halbleiterlaser(arrays)

Laser:

Emitterbreite: 100 ... 200 μm
Leistung: mW ... 50W CW
Wellenlänge: 635 ... 980nm
Abstrahlung:

fast axis Singlemode, Gauss
Divergenz 25 ... 40° FWHM
slow axis Multimode, Top-hat
Divergenz 5 ... 15° FWHM

Laserarrays:

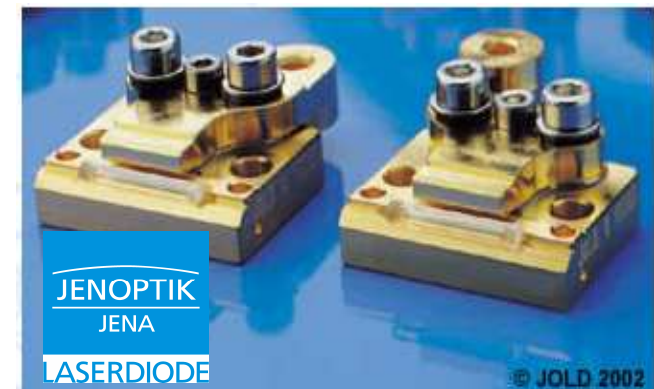
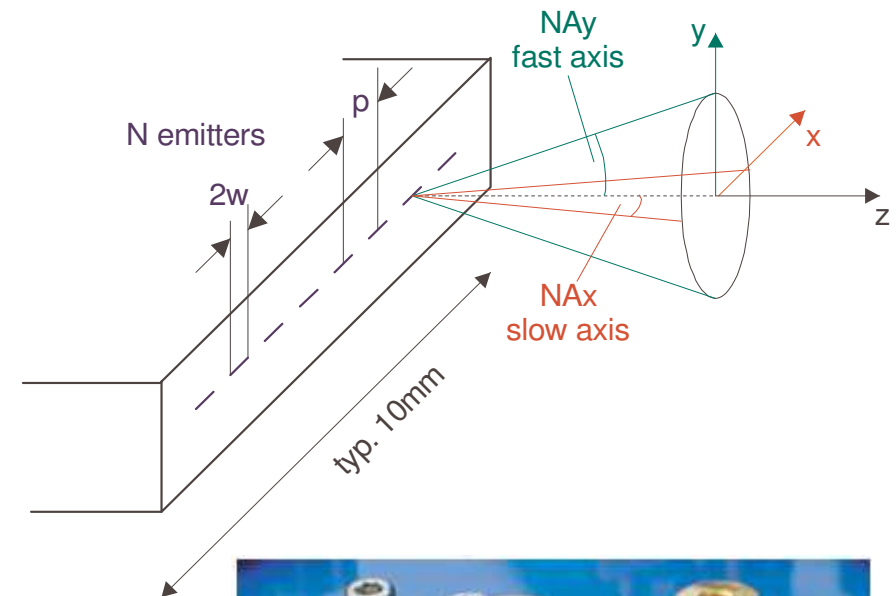
Emitterpitch: 200 ... 500 μm

Mikrooptische Module für Abbildung der Laser(arrays)

auf LL-Faser oder Digital Imager (LCoS, DMD)

Strahlformung zu zirkularer Intensitätsverteilung

(Gauß, Top-hat)



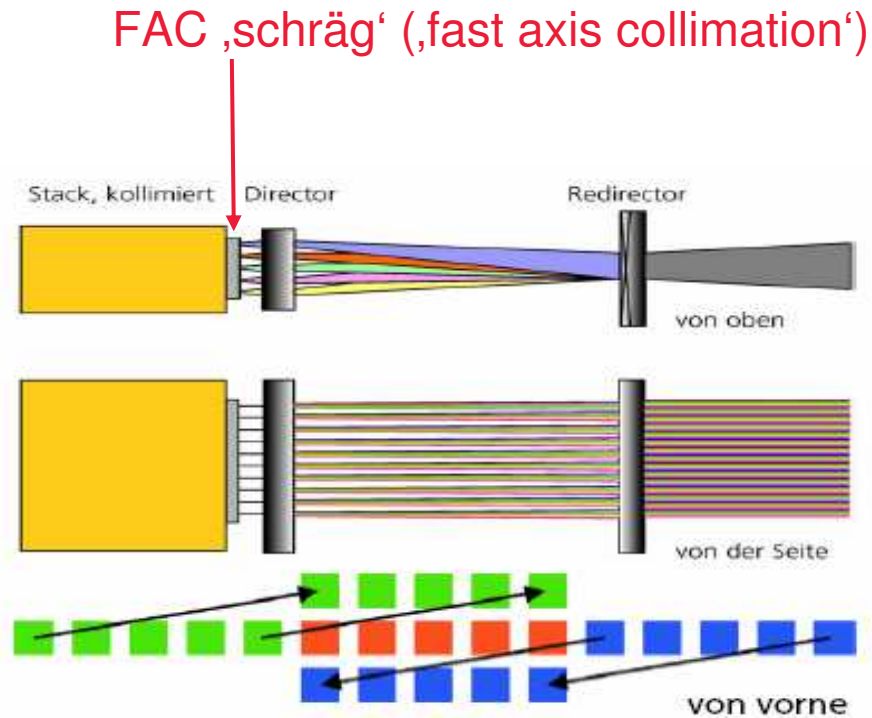
Archivierungsangaben



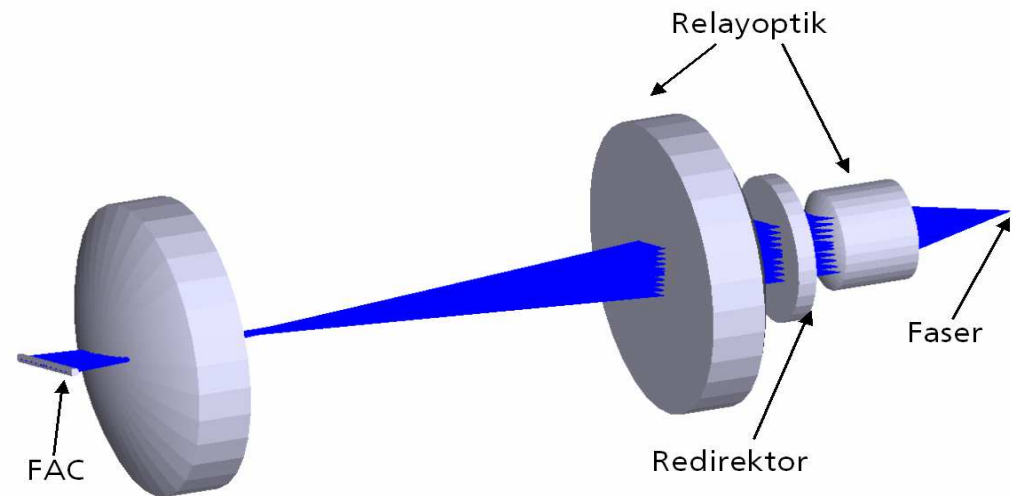
Fraunhofer
Institut
Angewandte Optik
und Feinmechanik

Strahlformung durch Schrägstrahlabbildung

Prinzip



Design

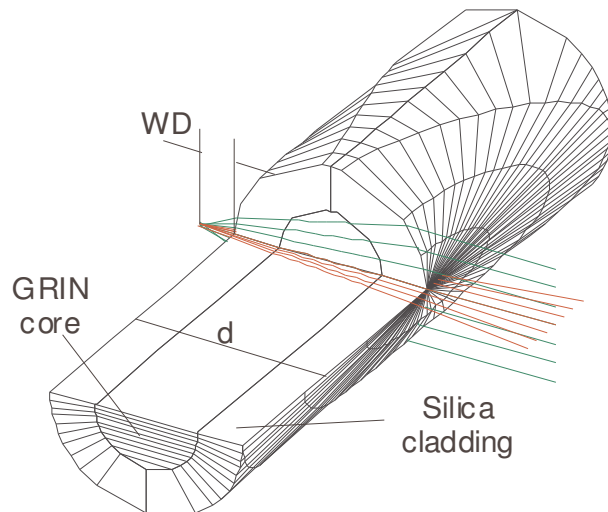


Strahlformung mit Schrägstrahlabbildung

Mikrooptische Elemente

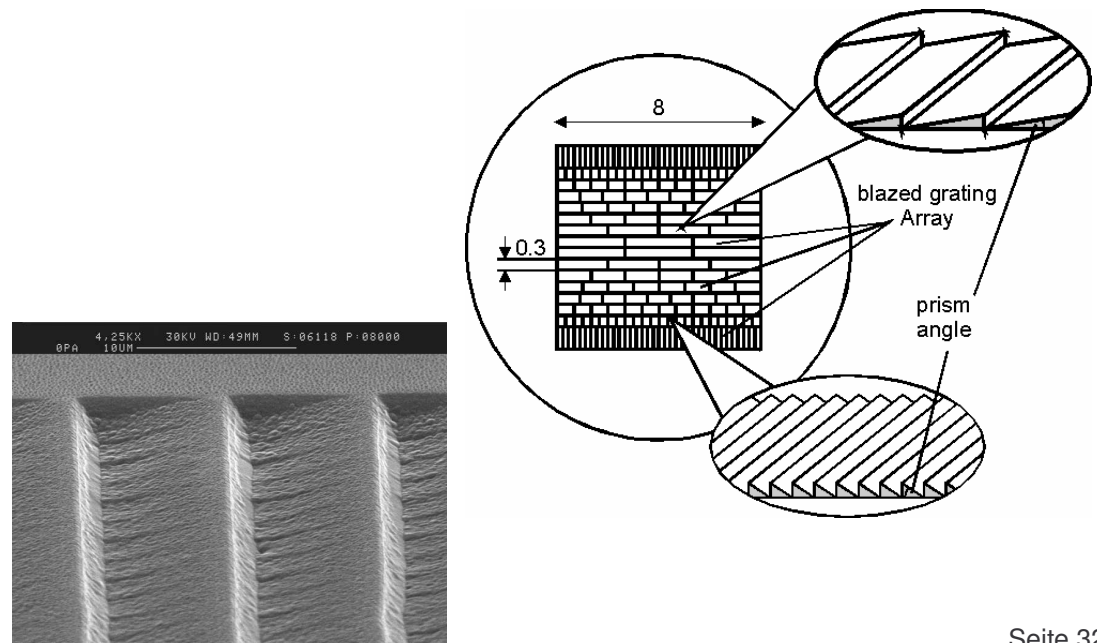
FAC (fast axis collimation)-Linse

hohe NA
keine off-axis Aberrationen ($5...10^\circ$)
montiert mit sub- μm Präzision



Präzise Redirektor-Prismen

Array geblazter Gitter >> Beugungseffizienz optimiert



Archivierungsangaben

Seite 32



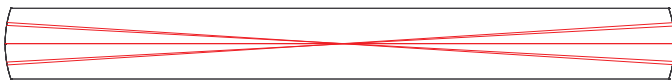
Fraunhofer
Institut
Angewandte Optik
und Feinmechanik

Strahlformung mit Beam Twister

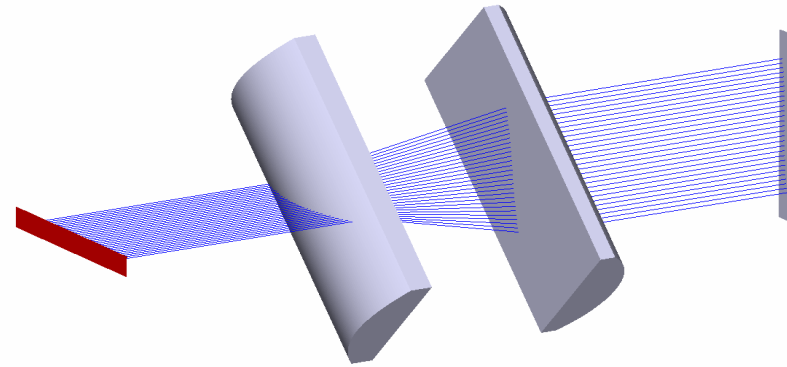
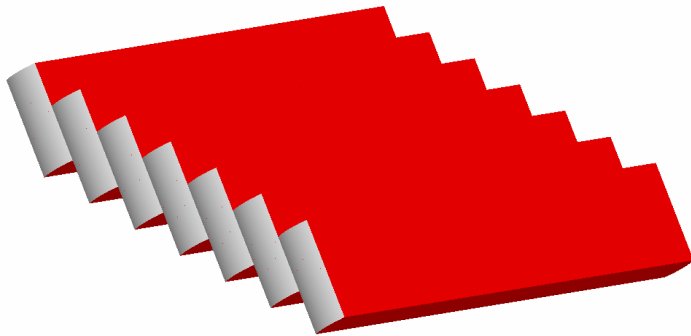
IOF (Projekt NOVALAS)

Wirkprinzip:

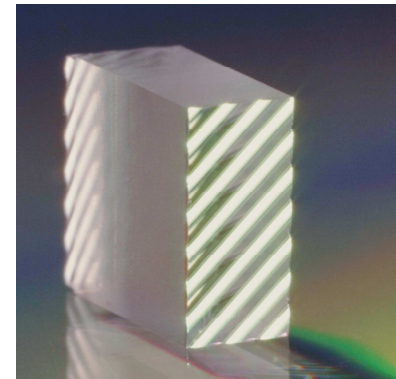
Zwei 45° geneigte Zylinderlinsen
in 2f Abstand



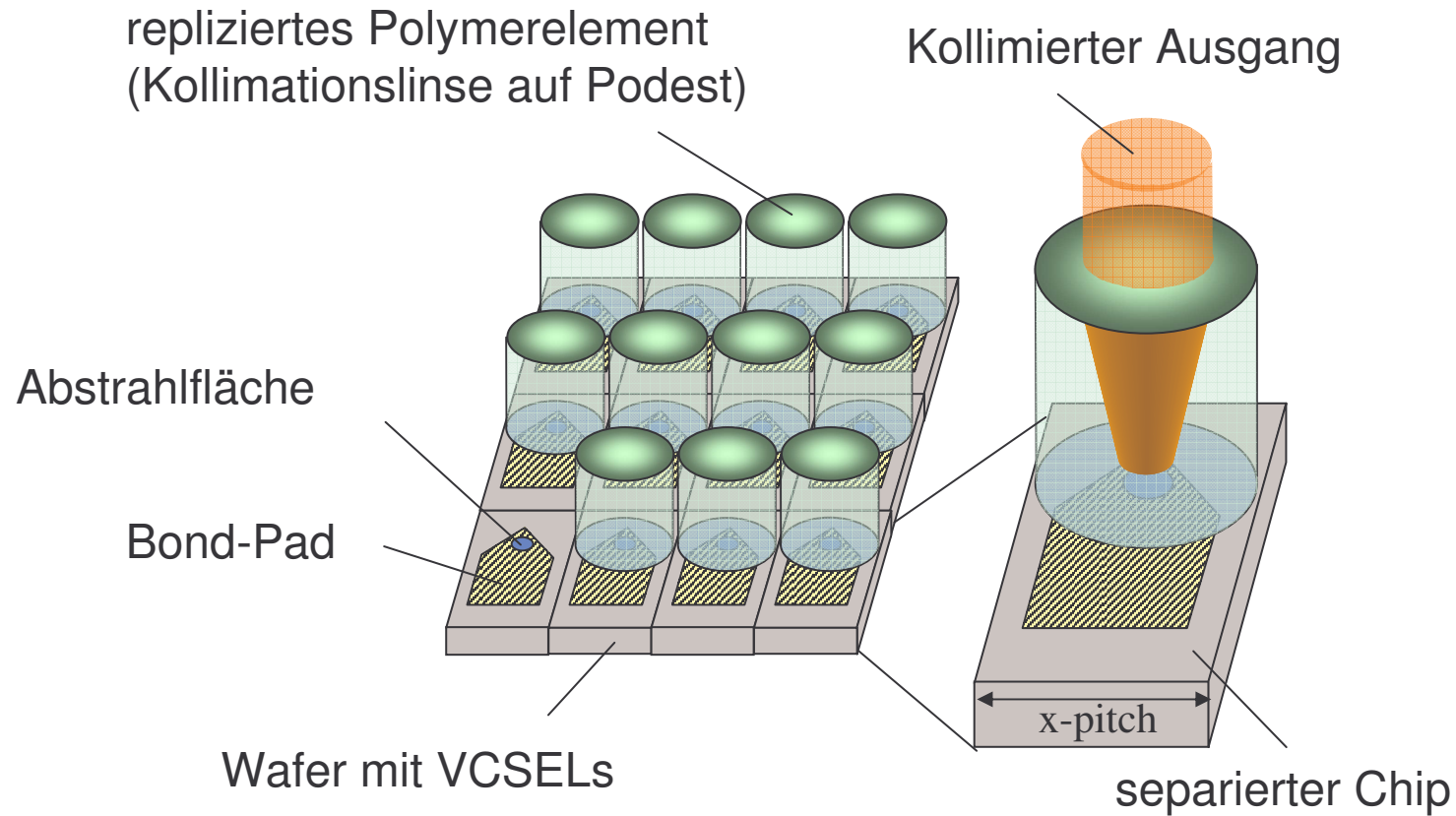
Array (N-Emitter)



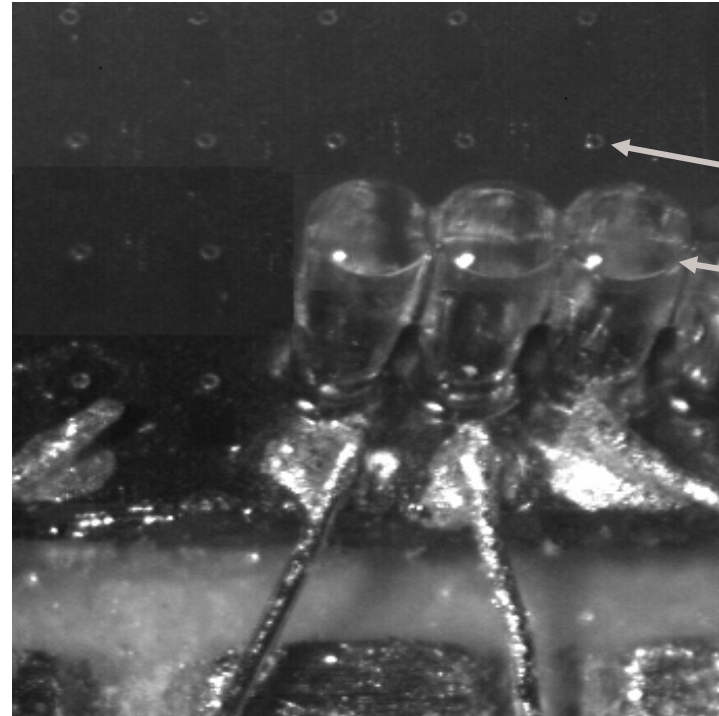
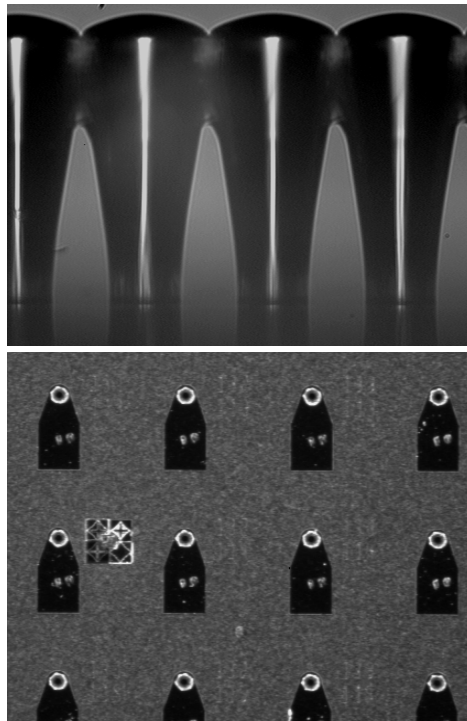
Realisierung:
Sphärische Reflowlinsen, zweiseitig
abgeformt



Wafer-scale-VCSEL-Kollimation



Linsenarray auf VCSEL



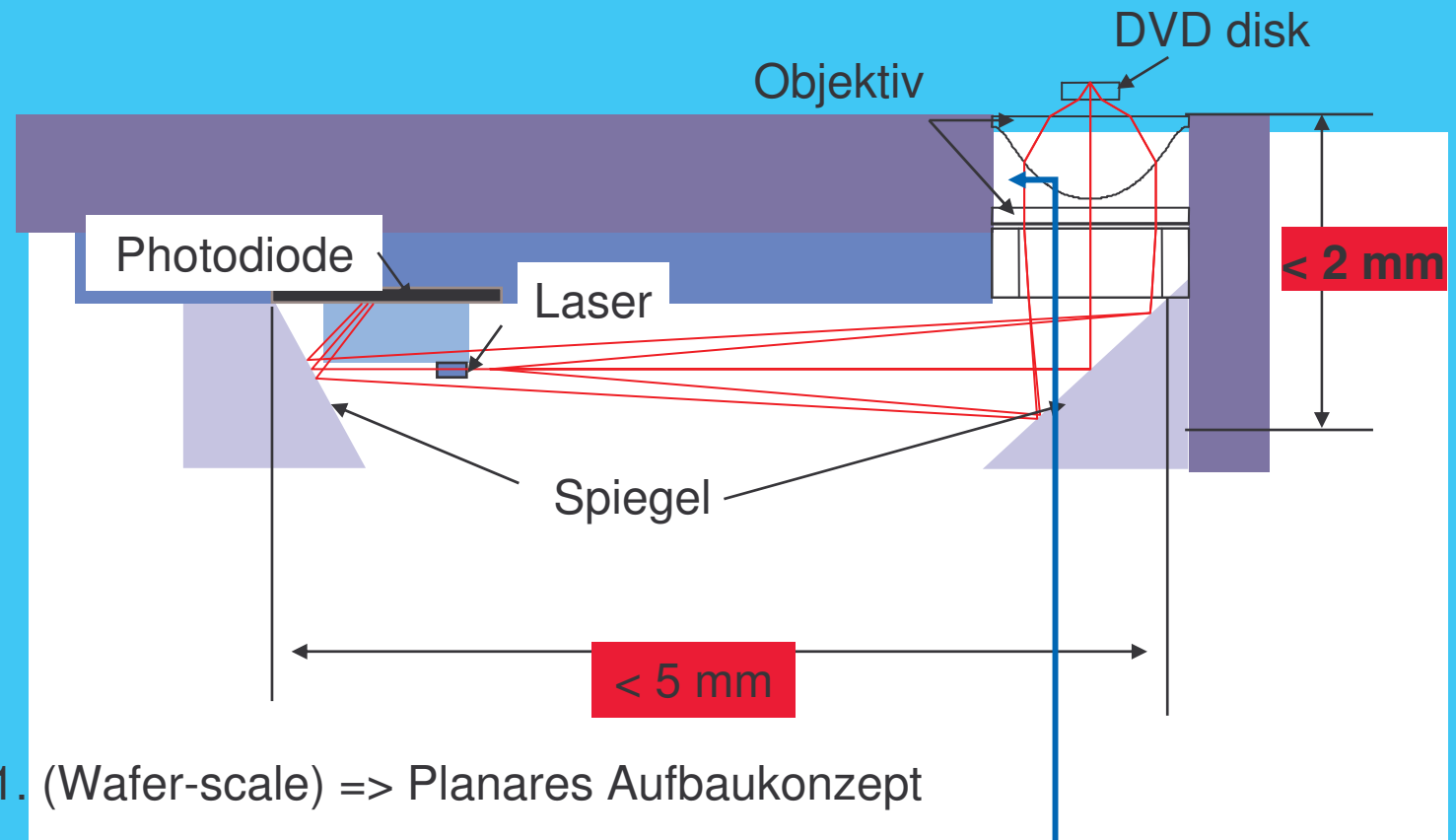
VCSEL-Endfläche

Reihe von
Mikrolinsen
Pitch 250 μ m

$R_c = 240\mu\text{m}$, Höhe der Polymerstruktur = 750 μm
berechnete Bündeldivergenz $\sim 1^\circ$

Tendenzen – DVD Pickup → Hybride Mikrooptiken

Volumenreduktion



Tendenzen:

1. (Wafer-scale) => Planares Aufbaukonzept
2. **Hybride Mikrooptik-Elemente**

Hybride Mikrooptik für DVD Pickup

Quarz

Beispiel

Frontlinse

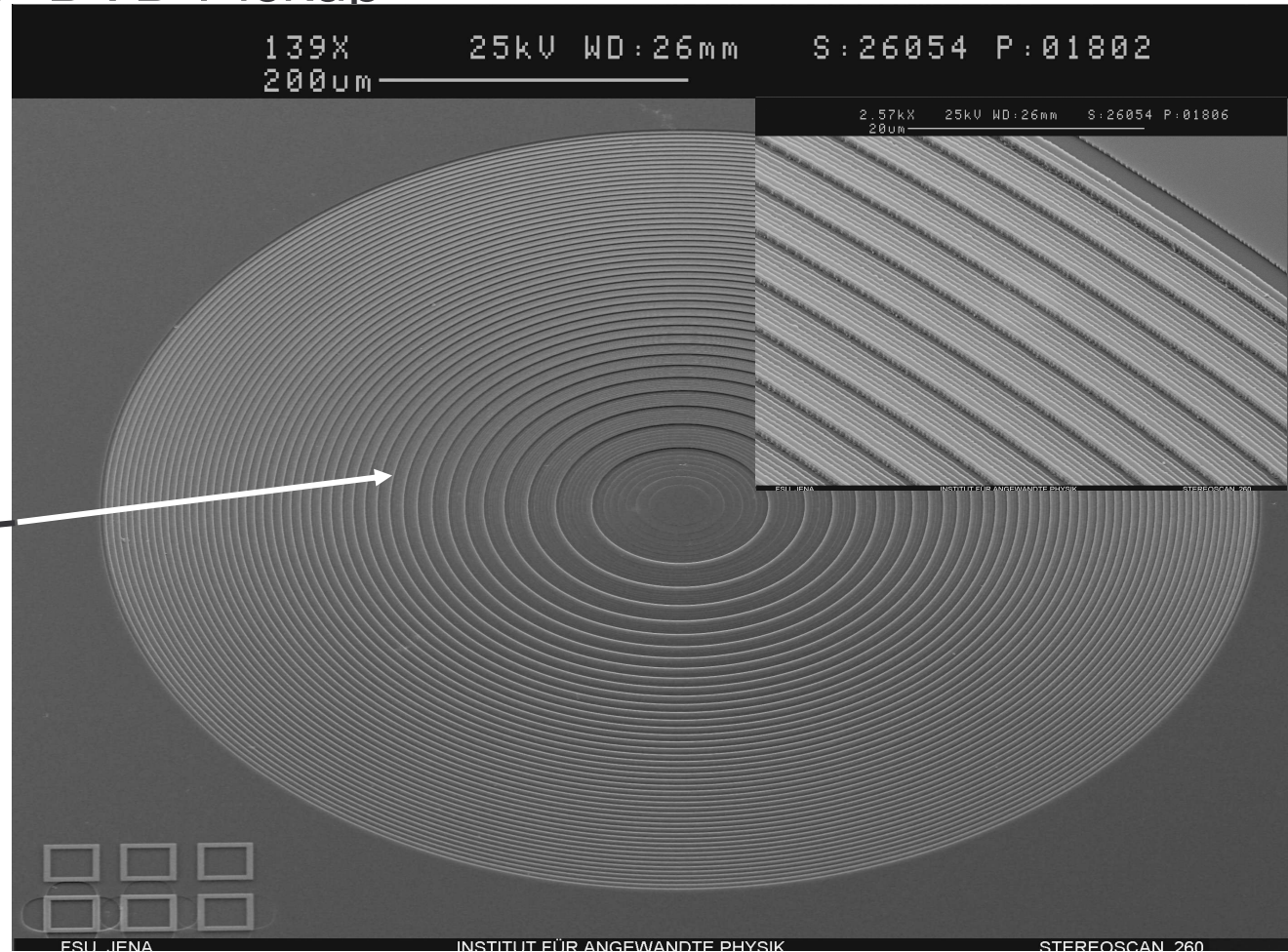
$\lambda = 404 \text{ nm}$

DOE

Beugungseffizienz 85,4 %

(Resultat

Kley (IAP), Zeitner (IOF))



A

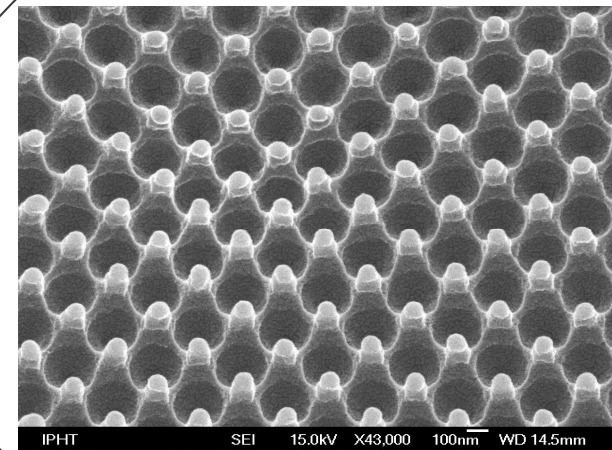
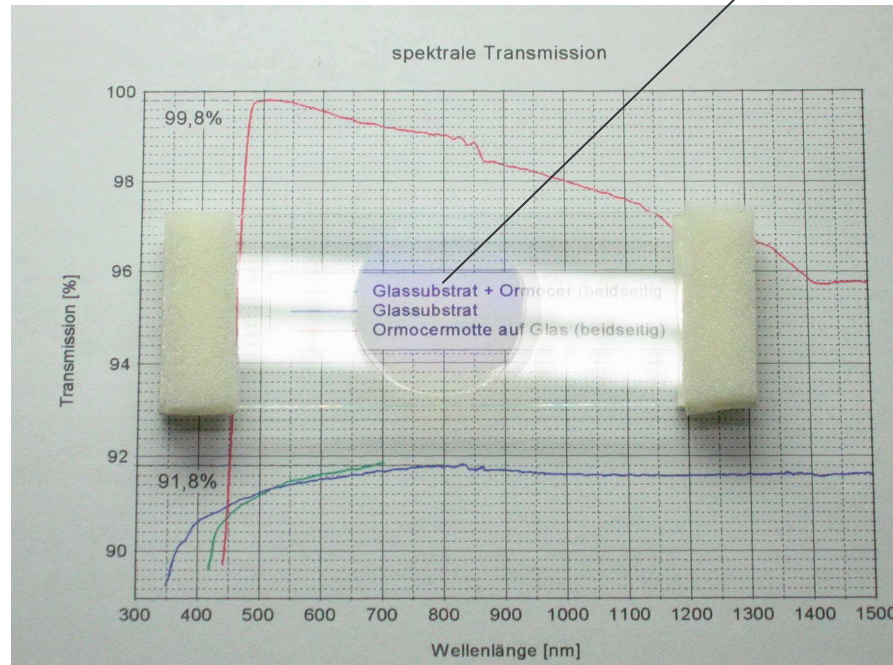
Seite 37



Fraunhofer

Institut
Angewandte Optik
und Feinmechanik

Nanostrukturen (Ormocer-Replikation) zur Entspiegelung



AR- Mottenauge

Entspiegeltes Gitter in Quarzglas

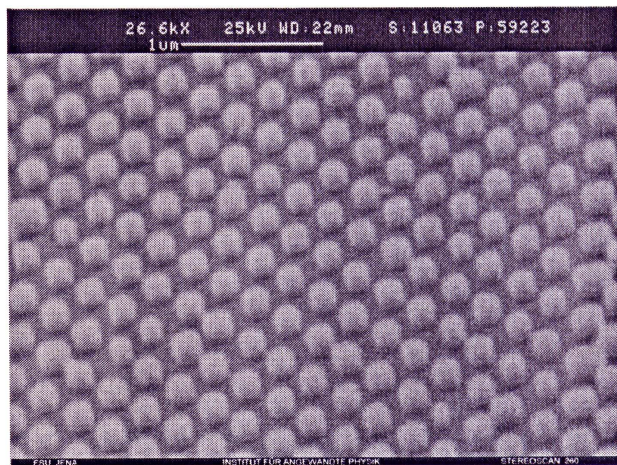


Fig.2: SEM-picture of binary dots

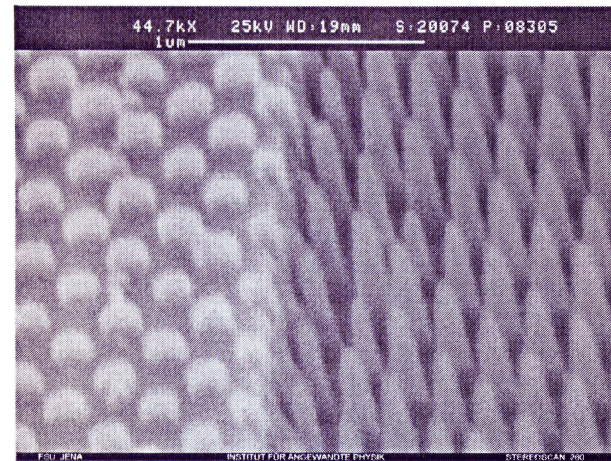


Fig.4: SEM-picture of fabricated gratings

Erhöhte Auskopplung aus LED

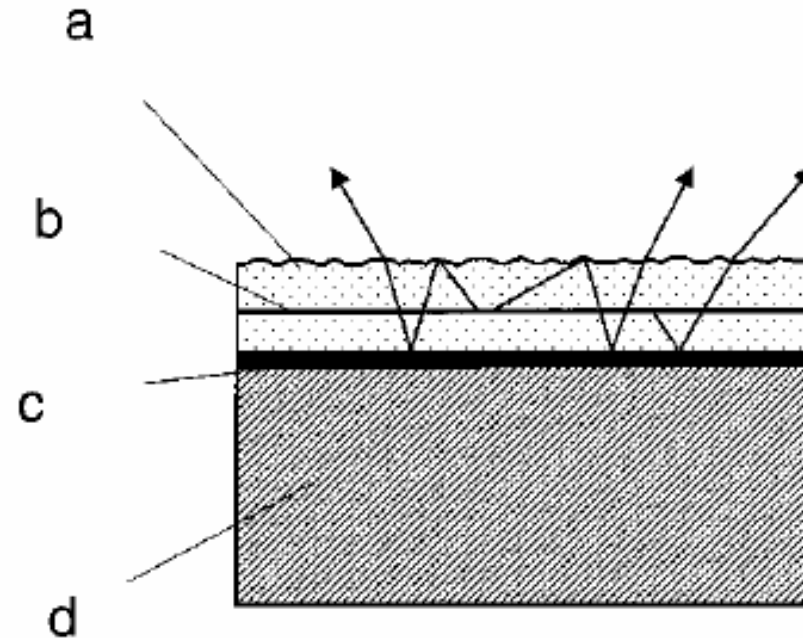


Fig. 8. Principle of operation of an LED with metallic reflector. (a) Rough surface, (b) thin active layer, (c) metallic mirror, and (d) carrier.

K.Streubel et al. IEEE J Selct.Top.QE 8 (2002) p 321 ff

Archivierungsangaben

Seite 40



Fraunhofer
Institut
Angewandte Optik
und Feinmechanik

LED-Auskoppeloberflächen

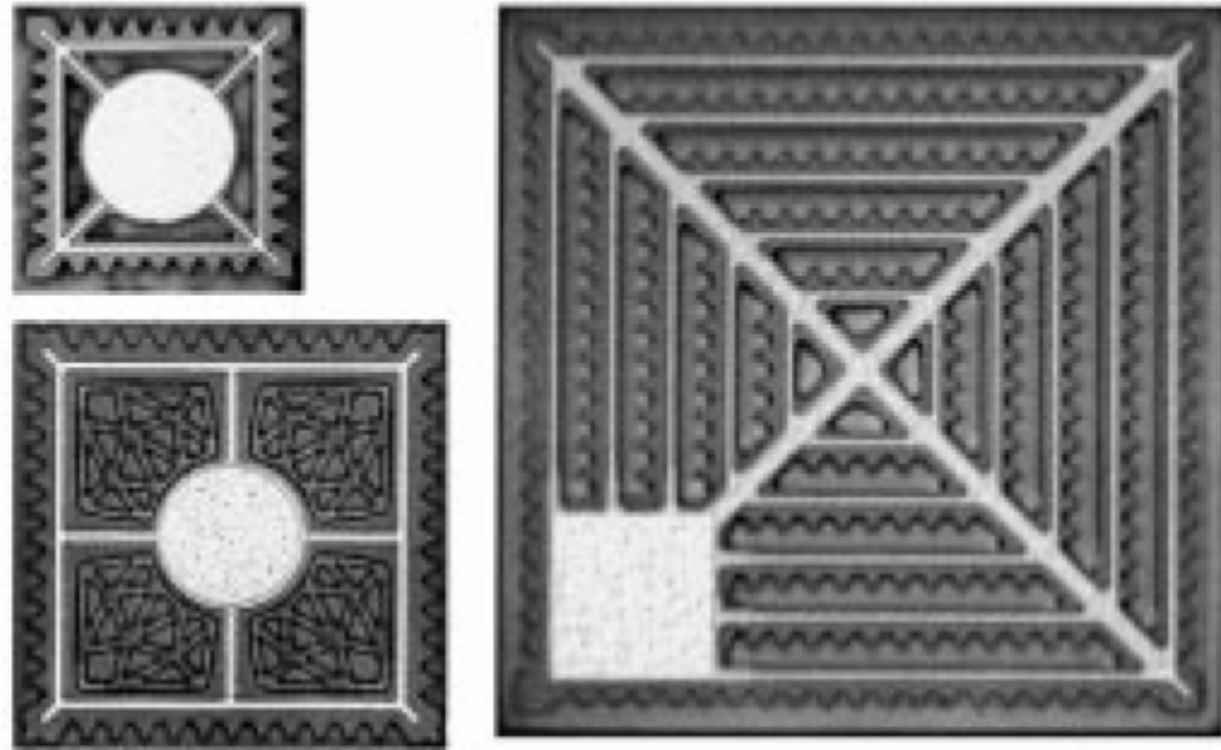


Fig. 4. Top-view images of surface-structured OSRAM chips. Various chip sizes have been fabricated with similar luminous efficiencies, demonstrating the scalability of the concept.

K.Streubel et al. IEEE J

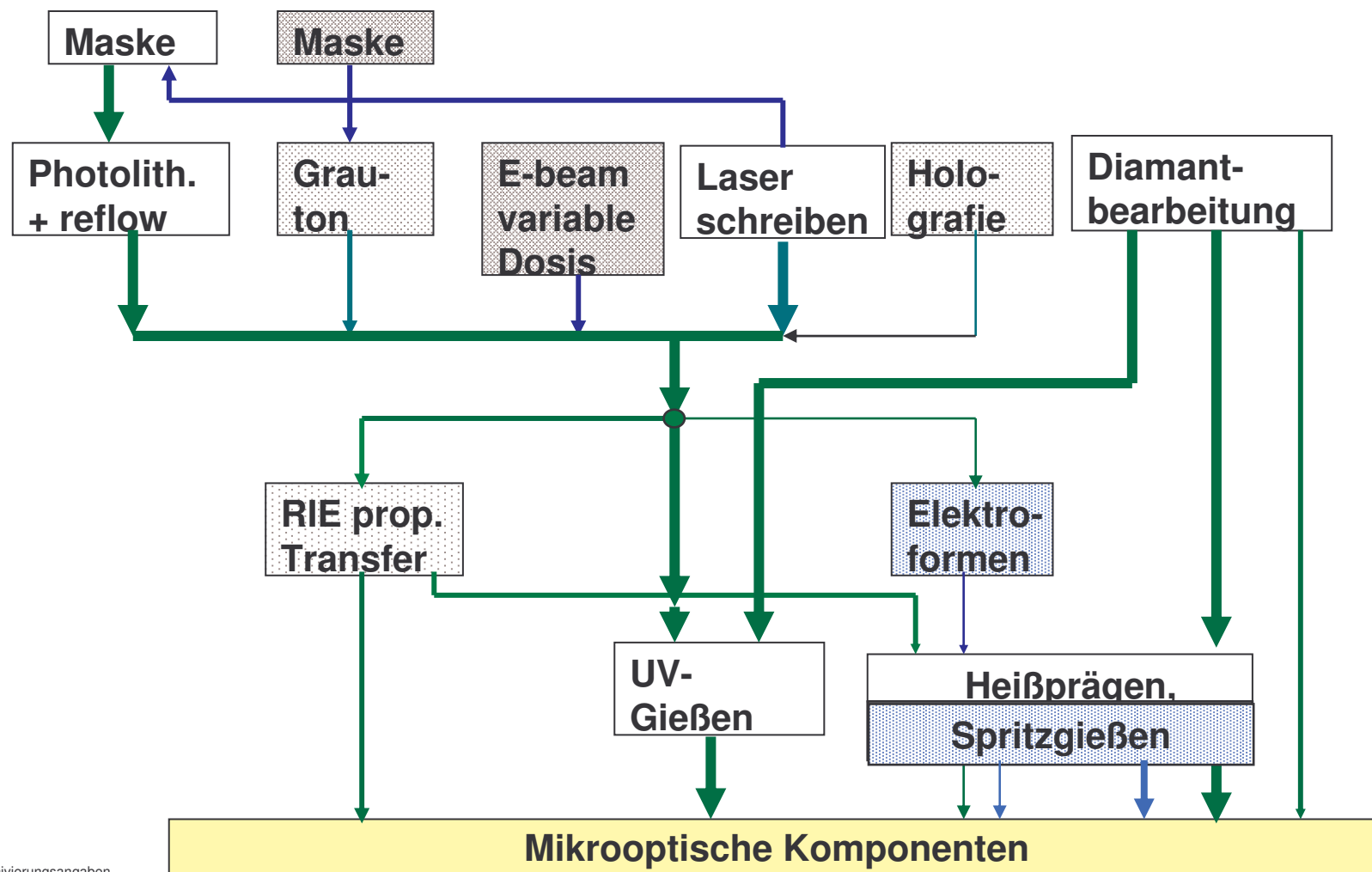
Selct.Top.QE **8** (2002) p 321 ff

Archivierungsangaben

Seite 41

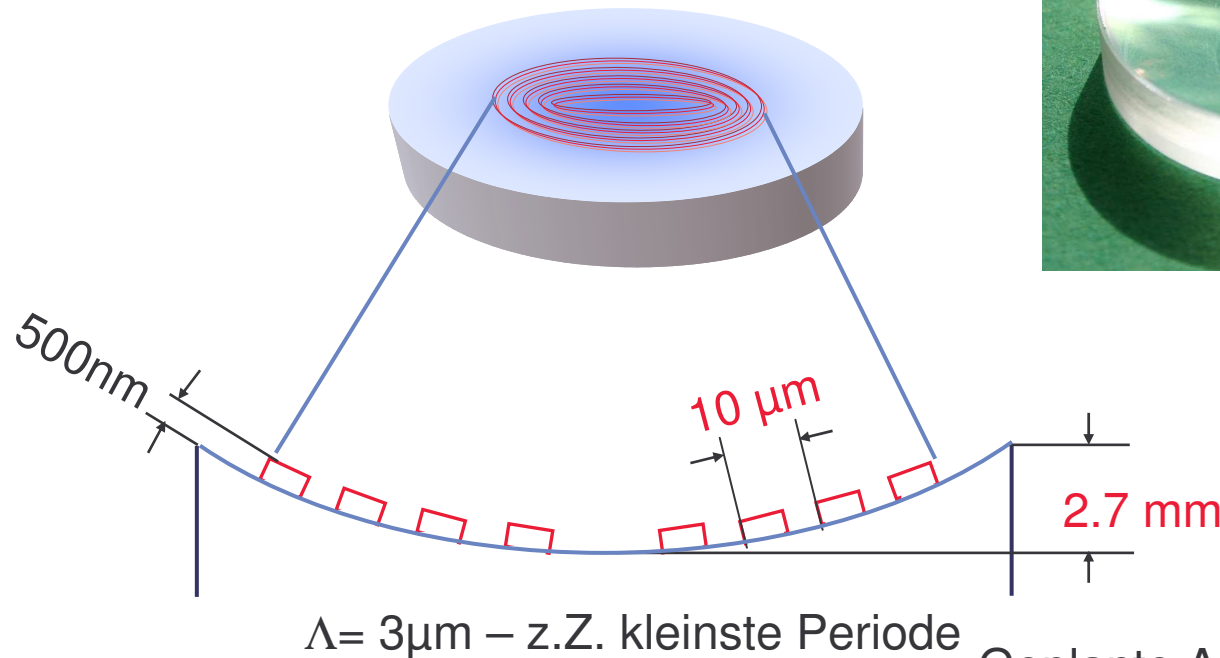


Fraunhofer Institut
Angewandte Optik
und Feinmechanik



Diffraktive Strukturen auf gekrümmten Flächen

radial symmetrisch

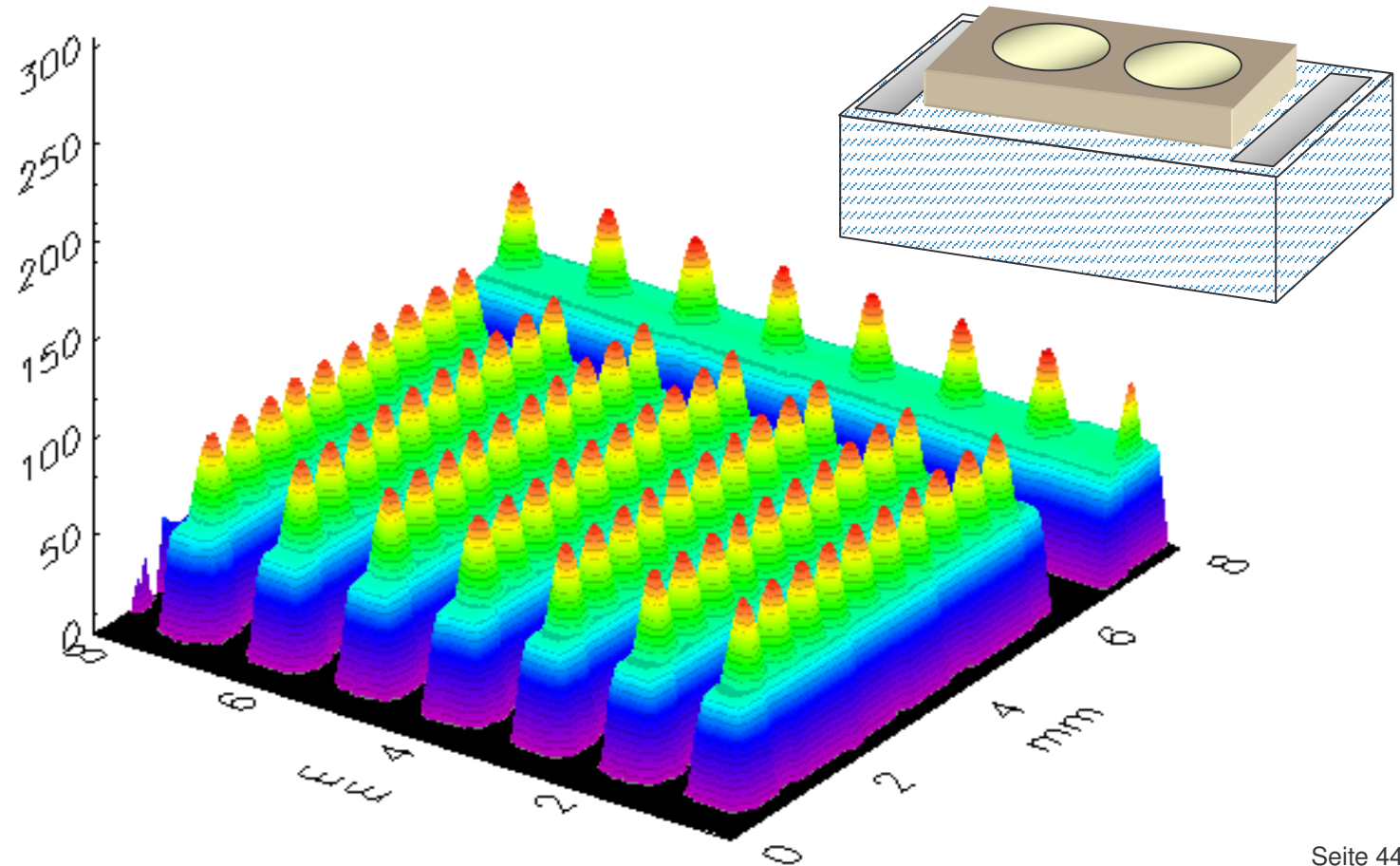


IOF: Laserschreiber (NT), auch SPDT

Geplante Anwendung: Near-to-eye display

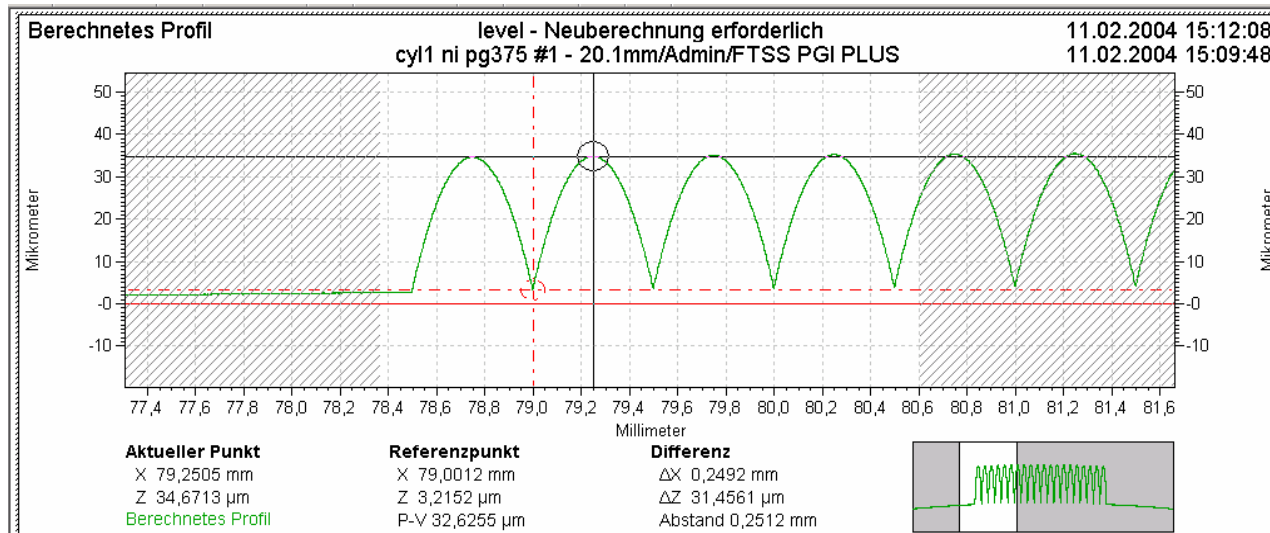
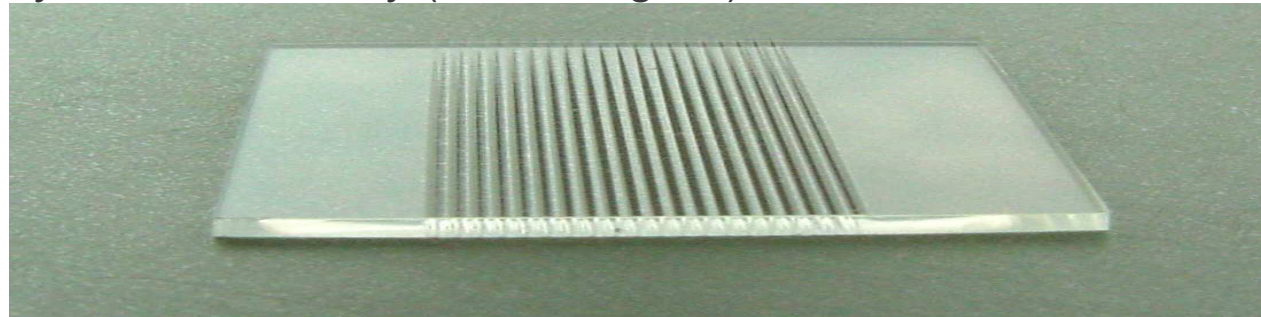
Linsenarray

Präpariert für Trennen
mittels Wafersäge



Glaspressen mit Nanometer-Präzision

Zylinderlinsenarray (Werkzeug: Ni)



Danksagung:

A.Bräuer

P.Dannberg

J. Duparre

E.B.Kley

P.Schreiber

U.Zeitner

