

# Workshop Diffractive Optics

15<sup>th</sup> June 2009

- Production Techniques
- Application-Notes
- Standard DOEs and Other Designs
- Additional Information



[www.lasercomponents.com](http://www.lasercomponents.com)

LASER COMPONENTS GmbH  
Werner-von-Siemens-Str. 15  
82140 Olching / Germany





Liebe Teilnehmer,

wir freuen uns, dass Sie unser Angebot nutzen und an dem Workshop „Diffraktive Optische Elemente“ teilnehmen, den LASER COMPONENTS nun zum vierten Mal in Folge zusammen mit seinem Partner Holo/OR anbietet. Wir freuen uns besonders, Ihnen zum ersten Mal auch einen Beitrag des LZH - Laser Zentrum Hannover - präsentieren zu können.

Diffraktive optische Elemente - DOEs - eröffnen vielfältige Anwendungsmöglichkeiten. Sie punkten sowohl beim Einsatz mit Hochleistungslasern als auch bei Anwendungen, bei denen höchste Präzision gefragt ist. In Industrie und Medizintechnik werden sie mit zunehmender Beliebtheit verwendet.

Bei der Entwicklung Ihres Systems ist es hilfreich, einiges über die Eigenschaften der verschiedenen DOEs zu wissen. Kennen Sie den Unterschied zwischen geradzahligen und ungeradzahligen Strahlteilern oder Matrizen - und dabei meine ich nicht den mathematischen Hintergrund.

Stellen Sie Ihre Fragen direkt an den Entwickler Moshe Bril. Unsere Produktspezialistin Barbara Herdt wird zusammen mit Ihnen das optimale Produkt für Ihre Anwendung finden oder ggf. einen Entwicklungsauftrag platzieren. Bei uns erhalten Sie Standardprodukte ebenso wie kundenspezifische Lösungen.

Ich wünsche Ihnen viel Freude an dem Workshop

Patrick Paul



- Geschäftsführer -

## Ihre Referenten und Ansprechpartner



### **Moshe Bril, Holo/OR**

Moshe Bril erlangte seinen Master in experimenteller Physik am Laser Centre der Freien Universität (VU) von Amsterdam. Weitere Stationen waren das Weitzmann-Institut in Rehovoth und die Hebrew Universität in Jerusalem. Der Physiker ist Salesmanager bei Holo-Or Ltd in Rehovot, Israel. Zu seinem Aufgabenbereich gehört neben den vertrieblichen Tätigkeiten die Entwicklung von Produkten für neue Applikationen. Die Forschungsschwerpunkte liegen im Bereich der diffraktiven Optiken, Laser und angewandten Physik.

Moshe Bril  
Sales and Marketing  
Holo/Or, Ltd.  
Science Park Rehovot Building 13b  
POB 1051  
Rehovoth 76114, Israel  
Tel.: +972-8-9409687 EXT-104  
Fax: +972-8-9409606  
E-Mail: mbril@holoor.co.il  
Website: www.holoor.co.il



### **Barbara Herdt, LASER COMPONENTS GmbH**

Seit Anfang 2005 zuständig im Vertrieb für Laseroptiken bei LASER COMPONENTS. Davor Optik-Entwicklung und Projektbetreuung für Medizinische Messgeräte und Teleskope für die Raumfahrt. Studium physikalische Technik an der FH München. 15 Jahre Entwicklungserfahrung für abbildende Optiken sowie Optiken für die Messtechnik.

Barbara Herdt  
Produktionsingenieurin  
Laseroptik und Zubehör  
LASER COMPONENTS GmbH  
Werner-von-Siemens-Str. 15  
82140 Olching/Germany  
Tel.: +49 8142/2864-41  
Fax: +49 8142/2864-11  
E-mail: b.herdt@lasercomponents.com  
Website: www.lasercomponents.com

## Workshop Diffractive Optics



Laser 2009

**HOLO/OR**



[www.lasercomponents.com](http://www.lasercomponents.com)

© LASER COMPONENTS / Holo/Or, 2009

## Contents

---

- Overview
- Building Blocks
- Production Techniques
- Application-Notes
- Standard DOEs and Other Designs
- (Break)
- Application Examples
- Show Operation
- Open Discussion

**HOLO/OR**



[www.lasercomponents.com](http://www.lasercomponents.com)

Moshe Brill

Workshop Laser 2009

Page 2

## Overview

---

### LASER COMPONENTS GmbH

- Specialized production and distribution of high-tech components for the opto-electronics and laser industry
- In-house production
  - Laser Optics
  - Optics Production
  - Laser Diodes
  - Assembled Fiber Optics
  - Pulsed Laser Diodes
  - Avalanche Photodiodes
  - Laser Diode Modules
  - Calibration Laboratory
  - Spectroscopic Application Laboratory
- Holo/Or is distributed since 1995 in Germany by Laser Components



Moshe Brill

[www.lasercomponents.com](http://www.lasercomponents.com)

Workshop Laser 2009

Page 3

## Overview

---

### History of Holo/OR

- Founded in 1989 by Israel Grossinger Pioneer in commercial diffractive optics
- Pioneer in software/automation of design of diffractive optics
- Holds key patents
- Works with most of the largest laser companies in the US, Japan and Germany



Moshe Brill

[www.lasercomponents.com](http://www.lasercomponents.com)

Workshop Laser 2009

Page 4

## Overview

---

### Industries

- Large OEM returning customers in
  - Surgical/Medical Laser
  - Esthetical Laser
  - Cigarette manufacturing Machines
  - Semiconductor Inspection
  - Automotive Laser
  - Laser Cutting, Welding, Perforating
  - Defense



Moshe Brill

[www.lasercomponents.com](http://www.lasercomponents.com)

Workshop Laser 2009

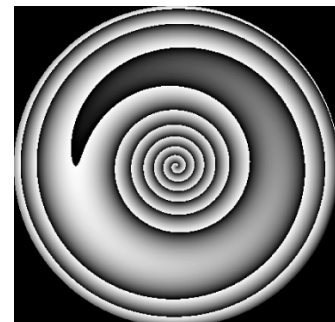
Page 5

## Overview

---

### Diffractive Optics Building Blocks

- Tailored solution
- Less optical surfaces
- High efficiency
- Inexpensive replication techniques



Ring focuser



Moshe Brill

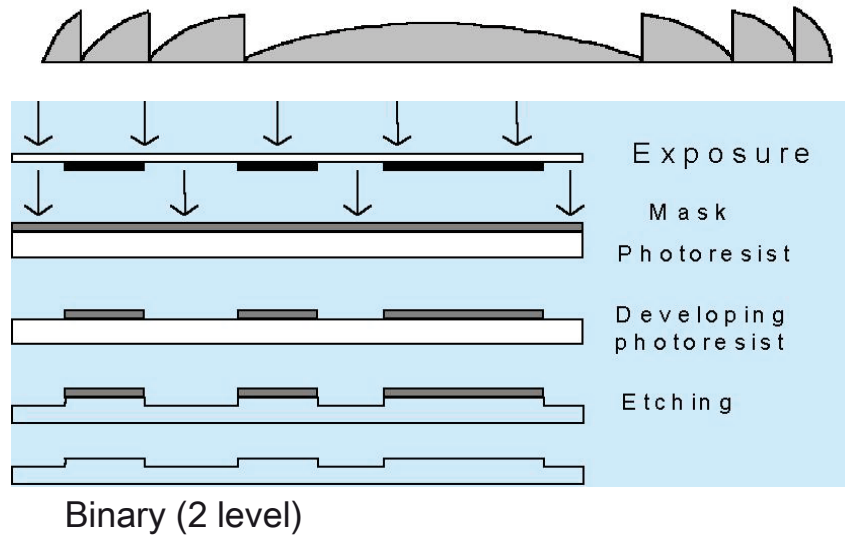
[www.lasercomponents.com](http://www.lasercomponents.com)

Workshop Laser 2009

Page 6

## Production Technique

### Lithography Process



**HOLO/OR**

**LASER  
COMPONENTS**

Moshe Brill

[www.lasercomponents.com](http://www.lasercomponents.com)

Workshop Laser 2009

Page 7

## Production Technique

### Diffractive Optics Building Blocks

- Theoretical power distribution between diffraction orders

Blazed	Efficiency ( $\epsilon_1/\epsilon$ )
Continuous profile	100 %
16 level	98.7 %
8 level	95 %
4 level	81.1 %

**HOLO/OR**

**LASER  
COMPONENTS**

Moshe Brill

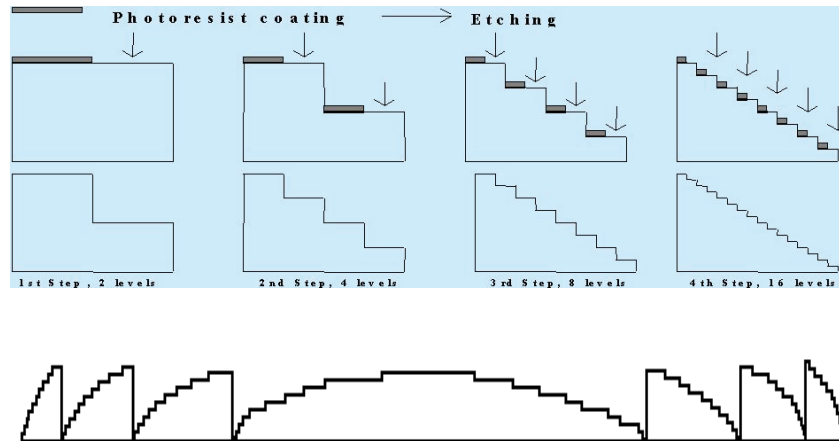
[www.lasercomponents.com](http://www.lasercomponents.com)

Workshop Laser 2009

Page 8

## Production Technique

### Production Mask Generation



**HOLO/OR**

**LASER COMPONENTS**

Moshe Brill

[www.lasercomponents.com](http://www.lasercomponents.com)

Workshop Laser 2009

Page 9

## Production Technique

### Etching Substrates

- Popular substrates
  - Fused Silica
  - ZnSe
  - Sapphire
  - ZnS
  - Si
  - GaAs
  - Chrome

### Etching Substrates

- Development
  - Cu
  - CaF<sub>2</sub>

**HOLO/OR**

**LASER COMPONENTS**

Moshe Brill

[www.lasercomponents.com](http://www.lasercomponents.com)

Workshop Laser 2009

Page 10

## Production Technique

### Mass Production

- Replication in plastics
- Large wafers
- Large batch size



Moshe Brill

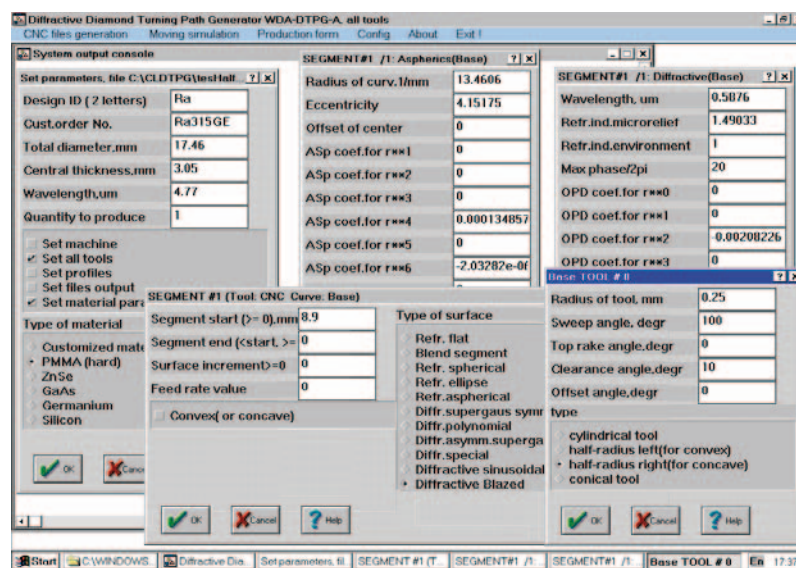
www.lasercomponents.com

Workshop Laser 2009

Page 11

## Production Technique

### Design and Simulation Software



Moshe Brill

www.lasercomponents.com

Workshop Laser 2009

Page 12

## Application Notes

---

- Laser perforation with diffractive beam-splitters
- NXM splitters
- HM5 – homogenizers
- On-line beam profiler – sampler
- Top-Hat
- Stable top
- Vortex lens



Moshe Brill

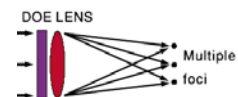
[www.lasercomponents.com](http://www.lasercomponents.com)

Workshop Laser 2009

Page 13

## Diffractive Beam Splitter

---



### Laser Perforation

- Laser perforation applications:
  - Plastic and metal sheets in the packing industry (Enhancing shelf life of foods)
  - Paper/carton, metal foil to enable easy tear-off
  - Filters for cigarettes
  - Tubes for liquid or gas drainage
  - Pre-weakening of metal sheets for airbags in the car industry



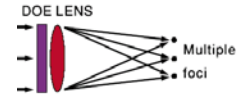
Moshe Brill

[www.lasercomponents.com](http://www.lasercomponents.com)

Workshop Laser 2009

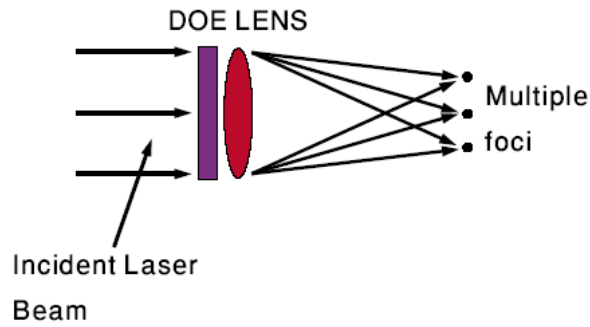
Page 14

## Diffractive Beam Splitter



### Laser Perforation

- Operation DOE:



**HOLO/OR**

**LASER  
COMPONENTS**

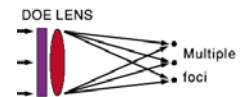
Moshe Brill

[www.lasercomponents.com](http://www.lasercomponents.com)

Workshop Laser 2009

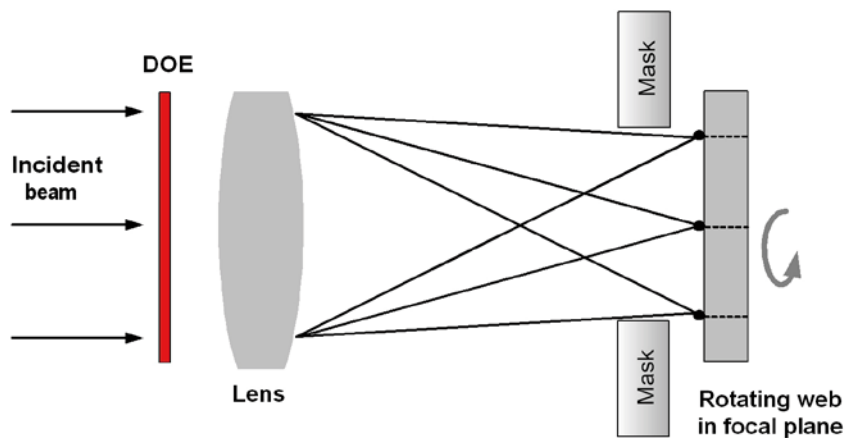
Page 15

## Diffractive Beam Splitter



### Laser Perforation

- Typical Set-Up:



**HOLO/OR**

**LASER  
COMPONENTS**

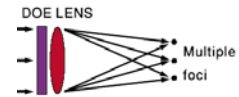
Moshe Brill

[www.lasercomponents.com](http://www.lasercomponents.com)

Workshop Laser 2009

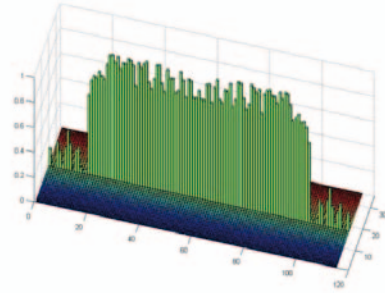
Page 16

## Diffractive Beam Splitter



### Laser Perforation

- Benefits – Comparing with scanner:
  - Small footprint
  - Fast/high throughput
  - Simultaneous perforation Material can't move
  - Well defined pitch
  - Less moving parts
  - High damage thresholds



**HOLO/OR**

**LASER  
COMPONENTS**

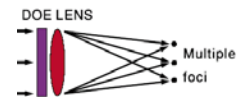
Moshe Brill

[www.lasercomponents.com](http://www.lasercomponents.com)

Workshop Laser 2009

Page 17

## Diffractive Beam Splitter



### Laser Perforation

- Additional characteristics:
  - Power uniformity  
+/-1% for 1 X 2  
Other designs maybe less uniform
  - Optional Ar/Ar coated
  - Insensitive for X-Y-Z displacement,
  - Rotation sensitive

**HOLO/OR**

**LASER  
COMPONENTS**

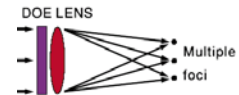
Moshe Brill

[www.lasercomponents.com](http://www.lasercomponents.com)

Workshop Laser 2009

Page 18

## Diffractive Beam Splitter



### Laser Perforation

- Design considerations:
  - Unwanted orders / Masking
  - Heat / Ventilation
  - Alignment of part / Notches
  - Footprint / Compound element
  - Boundaries / Limited separation angle

**HOLO/OR**

**LASER COMPONENTS**

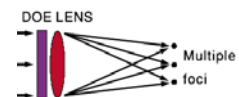
Moshe Brill

[www.lasercomponents.com](http://www.lasercomponents.com)

Workshop Laser 2009

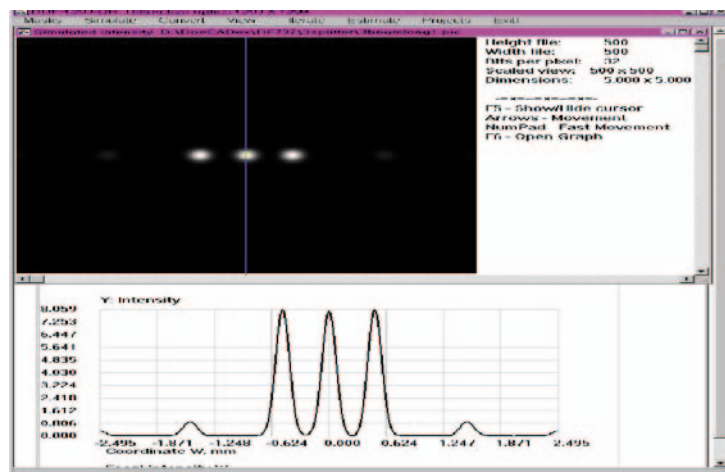
Page 19

## Diffractive Beam Splitter



### Laser Perforation

- Typical Performance Simulation  
86% efficiency



**HOLO/OR**

**LASER COMPONENTS**

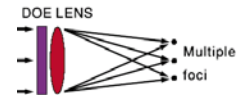
Moshe Brill

[www.lasercomponents.com](http://www.lasercomponents.com)

Workshop Laser 2009

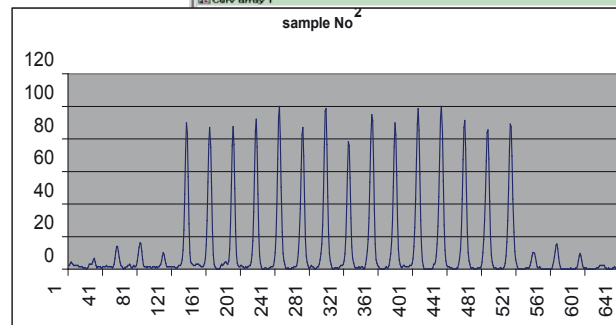
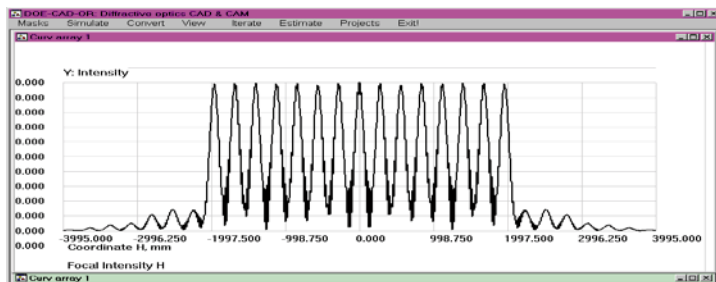
Page 20

## Diffractive Beam Splitter



### Laser Perforation

- Typical Performance  
90% Efficiency



**HOLO/OR**

**LASER COMPONENTS**

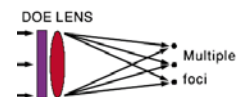
Moshe Brill

[www.lasercomponents.com](http://www.lasercomponents.com)

Workshop Laser 2009

Page 21

## Diffractive Beam Splitter



### Laser Perforation

- Typical Performance

Element Type	Energy in desired beams	Angle Accuracy in mRad	Uniformity between beams	Energy in the original beam	Energy in strongest single unwanted angle
2 Spots	79%	0,02	±0.5%	<1%	4,5%
3 Spots	84%	0,02	±5%	28% (desired)	3,2%
9 Spots	75%	0,02	~±20%	11% (desired)	4%
15 Spots	85%	0,02	~±25%	6% (desired)	1%

Uniformity depends on design

Optimization on uniformity instead of efficiency is possible

**HOLO/OR**

**LASER COMPONENTS**

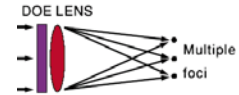
Moshe Brill

[www.lasercomponents.com](http://www.lasercomponents.com)

Workshop Laser 2009

Page 22

## Diffractive Beam Splitter



### Laser Perforation

- Selected standard 1 X N splitters

Part No.	Type	Refractive substrate		Incident beam parameters		Spot Separation if used with	
		Material	Dia.	Wave-length	Angle separation	f= 50 mm	f= 100 mm
				in $\mu\text{m}$	in degrees	in mm	
DS-002-A-Y-A	Double-spot	ZnSe	1.1"	10,6	2,7	2,36	4,72
TS-004-A-Y-A	Triple-spot	ZnSe	1.1"	10,6	1,35	1,18	2,36
DS-006-I-Y-A	Double-spot	Fused Silica	1.0"	1,064	2,53	2,21	4,42

- Other standard: 1x4, 1x5, 1x6, 1x7, 1x8, 1x9, 1x11, 1x15, 1x20, 1x27, 1x81

**HOLO/OR**

**LASER COMPONENTS**

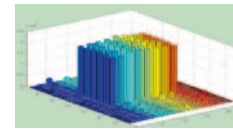
Moshe Brill

[www.lasercomponents.com](http://www.lasercomponents.com)

Workshop Laser 2009

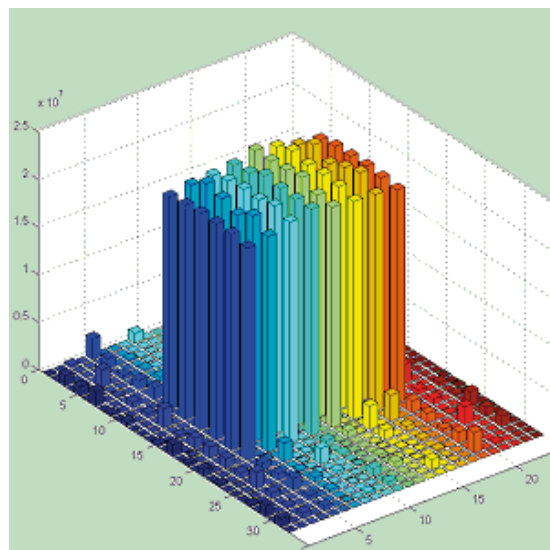
Page 23

## Diffractive 2D Beam Splitter



### N x M Splitters

- N x M Applications:
  - Skin resurfacing
  - Hole drilling
  - 3D-camera
  - Quadruple illumination
  - Parallel processing



**HOLO/OR**

**LASER COMPONENTS**

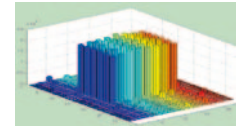
Moshe Brill

[www.lasercomponents.com](http://www.lasercomponents.com)

Workshop Laser 2009

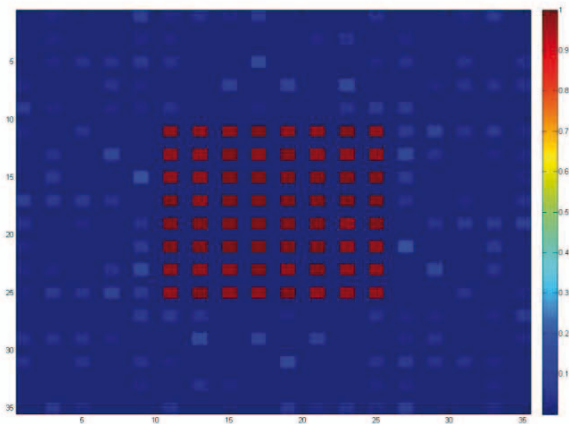
Page 24

## Diffractive 2D Beam Splitter



### N x M Splitters

- Operation
- Set-up
- Characteristics
- Benefits versus scanner
  - Similar to 1 x N



High Uniformity 8x8 Splitter

**HOLO/OR**

**LASER  
COMPONENTS**

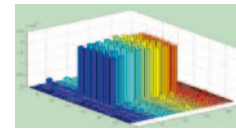
Moshe Brill

[www.lasercomponents.com](http://www.lasercomponents.com)

Workshop Laser 2009

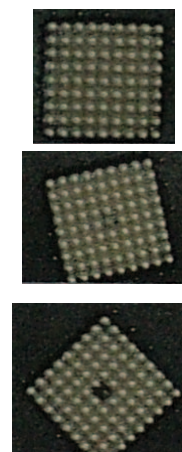
Page 25

## Diffractive 2D Beam Splitter



### N x M Splitters

- Design Considerations
  - Less in unwanted order – Masking less needed
  - Amount in zero order – Can it be less or more
  - Non symmetric; Odd X Odd; Eve X Eve
  - Eve versus odd # of spots



**HOLO/OR**

**LASER  
COMPONENTS**

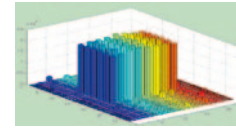
Moshe Brill

[www.lasercomponents.com](http://www.lasercomponents.com)

Workshop Laser 2009

Page 26

## Diffractive 2D Beam Splitter



### N x M Splitters

- Selected Standard Elements

Wavelength [nm]	Type	Sep. angle [Degree]	Typical Uniformity	Typical efficiency
10600	2X2	10	±10%	70-75%
10600	9X9	1.4	±20%	70-75%
2940	9X9	0.6	±20%	70-75%
1320	7X7	0.88	±20%	70-75%
532	4X4	0,69	±20%	70-75%

- Also:
  - 5x5, 8x8, 49x49, 6x8, 3x85, etc.
  - 755 nm, 808 nm, 1550 nm, 9250 nm

**HOLO/OR**

**LASER COMPONENTS**

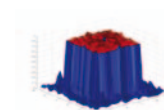
Moshe Brill

www.lasercomponents.com

Workshop Laser 2009

Page 27

## Homogenizer HM5



### Hair-Tattoo removal

- New HM5
- Applications:
  - Hair-tattoo removal
  - Laser ablation
  - Hot spot reducer

New (HM5 / RD)	Old (HM/ED)

**HOLO/OR**

**LASER COMPONENTS**

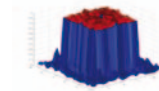
Moshe Brill

www.lasercomponents.com

Workshop Laser 2009

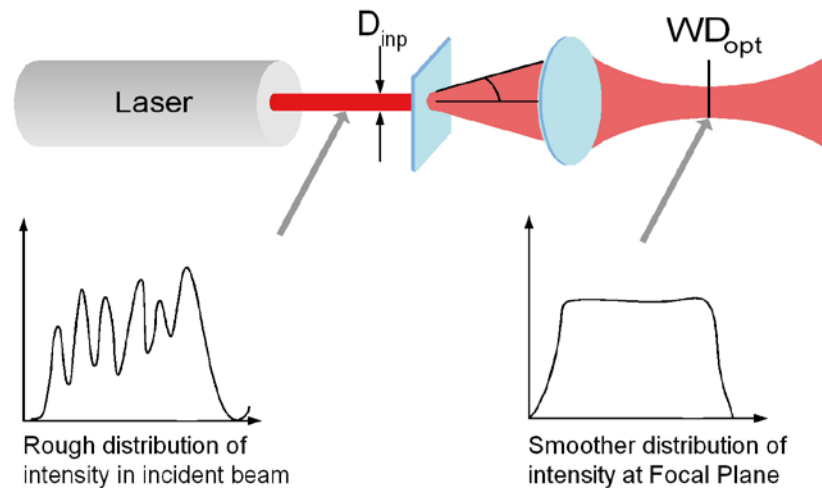
Page 28

## Homogenizer



### Hair-Tattoo removal

- Operation DOE



**HOLO/OR**

**LASER  
COMPONENTS**

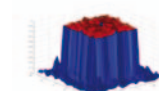
Moshe Brill

[www.lasercomponents.com](http://www.lasercomponents.com)

Workshop Laser 2009

Page 29

## Homogenizer



### Hair-Tattoo removal

- General Benefits
  - Hot spot reduction
  - Plasma break down elimination
  - Keep small spot
  - More uniform exposure

**HOLO/OR**

**LASER  
COMPONENTS**

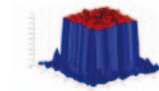
Moshe Brill

[www.lasercomponents.com](http://www.lasercomponents.com)

Workshop Laser 2009

Page 30

## Homogenizer



### Hair-Tattoo removal

- Benefits-Comparing with alternative homogenizers:
  - Ar/Ar coating (Low back reflection)
  - High damage threshold
  - Low zero order (Selection A)
  - High transmission efficiency
  - High efficiency in desired angle (HE Series)
  - Keeps small spot (In spot homogenization)



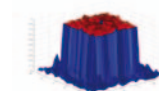
Moshe Brill

[www.lasercomponents.com](http://www.lasercomponents.com)

Workshop Laser 2009

Page 31

## Homogenizer



### Hair-Tattoo removal

- Additional Characteristics:
  - Minimum working distance
  - Divergence input less than diffusion angle
  - Minimum beam input diameter
  - Minimum spike size
  - Minor influence of rotation and translation
  - 0 Order grades
  - Less uniform than Top-Hat-But getting closer



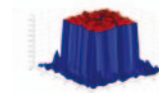
Moshe Brill

[www.lasercomponents.com](http://www.lasercomponents.com)

Workshop Laser 2009

Page 32

## Homogenizer



### Hair-Tattoo removal

- Design Considerations:
  - Zero Order / Selection
  - Minimum working distance / Operation with lens in focal plane
  - Max divergence / Min spike / Min beam size / Beam expansion

**HOLO/OR**

**LASER COMPONENTS**

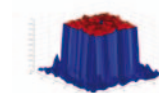
Moshe Brill

[www.lasercomponents.com](http://www.lasercomponents.com)

Workshop Laser 2009

Page 33

## Homogenizer



### Hair-Tattoo removal

- Typical Performance
- **New:** Round or Square

	Ar/Ar Coated	Uncoated	Possible for Custom Design
Transmission Efficiency:	>92%	>84%	>95%
Part of energy expected within Defined angle	80%	72%	95%
Zero Order	Depend on Grade	Depend on Grade	<2.5%
Back Reflection	<0.5%	<9%	<0.2%
Diffusion angle	0.5 deg* Operating Wavelength / 1064 nm		
Optimal Beam Dia	>4 mm	Min Spike Dia at input	1 mm
Diffusion angle	2.0 deg* Operating Wavelength / 1064 nm		
Optimal Beam Dia	>2 mm	Min Spike dia at input	0.5 mm

**HOLO/OR**

**LASER COMPONENTS**

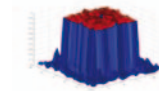
Moshe Brill

[www.lasercomponents.com](http://www.lasercomponents.com)

Workshop Laser 2009

Page 34

## Homogenizer



### Hair-Tattoo removal

- Selected Standard Homogenizers
  - One design many parts

Design	Full Angle [°]	MWD	Wave-length
HM-5	20	0.007 m	10600 nm
	2	0.07 m	1064 nm
	1,4	0.1 m	755 nm
	1,33	0.1 m	694 nm
	1	0.13 m	532 nm
	0,68	0.2 m	355 nm
	0,5	0.3 m	266 nm
	0,48	0.3 m	248 nm
	0,36	0.4 m	193 nm

**HOLO/OR**

**LASER COMPONENTS**

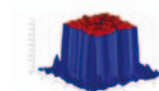
Moshe Brill

[www.lasercomponents.com](http://www.lasercomponents.com)

Workshop Laser 2009

Page 35

## Homogenizer



### Hair-Tattoo removal

- Selected Standard Homogenizers
  - One wavelength (1064nm) different designs

YAngle [°]	XAngle [°]	Remark
0.5	0.5	Square
2.0	2.0	Square
2.75	2.75	Square
0.5	0.5	HE-Square
0.6	0.6	Round
0.5	0.5	Round
2.0	2.0	Round
0.8	0.5	Elipctic

**HOLO/OR**

**LASER COMPONENTS**

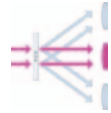
Moshe Brill

[www.lasercomponents.com](http://www.lasercomponents.com)

Workshop Laser 2009

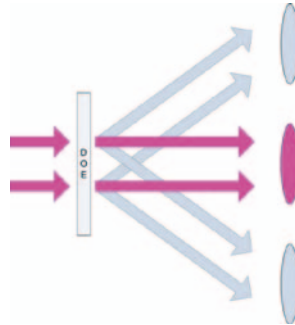
Page 36

## Beam Sampler



### On-Line Beam Profiler / Power Meter => Sampler

- Applications:
  - CO<sub>2</sub> lasers – replacing mode burns-off line
  - CO<sub>2</sub> lasers – on line power and beam-profile
  - UV-VIS-NIR – High power on line power/beam profile



**HOLO/OR**

**LASER  
COMPONENTS**

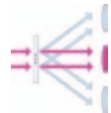
Moshe Brill

[www.lasercomponents.com](http://www.lasercomponents.com)

Workshop Laser 2009

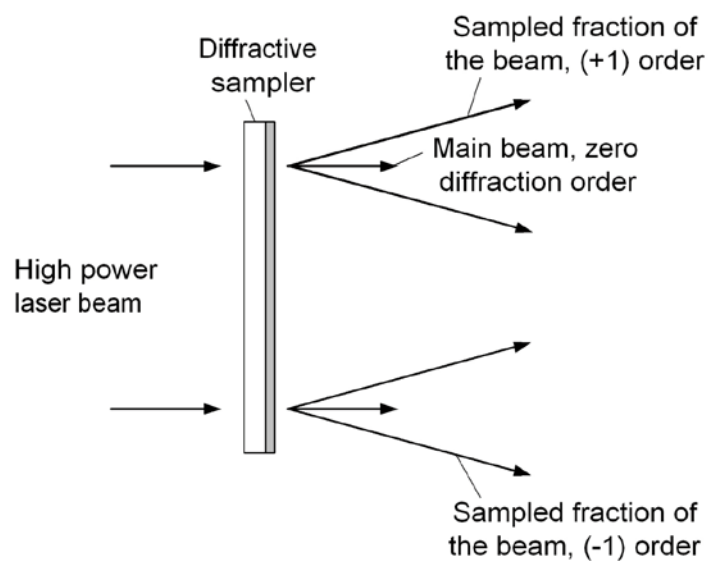
Page 37

## Beam Sampler



### On-Line Beam Profiler / Power Meter => Sampler

- Operation DOE



**HOLO/OR**

**LASER  
COMPONENTS**

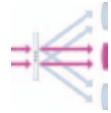
Moshe Brill

[www.lasercomponents.com](http://www.lasercomponents.com)

Workshop Laser 2009

Page 38

## Beam Sampler

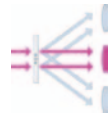


### On-Line Beam Profiler / Power Meter => Sampler

- General benefits versus other techniques
  - Clean
    - No burning elements in the system (Mode Burn)
    - No waste (Mode Burn)
  - On-line information
  - Linearity-stable with (high) power
  - Low sensitivity for polarization



## Beam Sampler

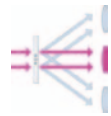


### On-Line Beam Profiler / Power Meter => Sampler

- Additional Characteristics
  - Sampling angle is linear with wavelength
  - Insensitive for X-Y-Z displacement
  - Rotation sensitive
  - Unwanted orders

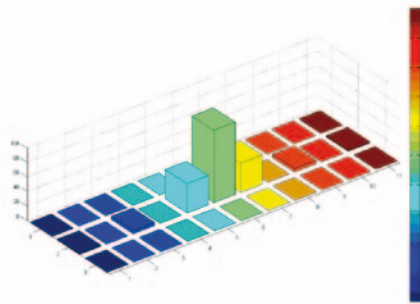


## Beam Sampler



### On-Line Beam Profiler / Power Meter => Sampler

- Design Considerations:
  - Unwanted orders/masking or dynamic range extension
  - Heat/ventilation
  - Alignment of part / notches
  - Wavelength dependent beam-profile / Holo-Or has a solution



**HOLO/OR**

**LASER COMPONENTS**

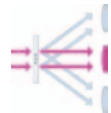
Moshe Brill

[www.lasercomponents.com](http://www.lasercomponents.com)

Workshop Laser 2009

Page 41

## Beam Sampler **NEW PN Intermezzo**



Type	SN	WL	Coating	Grade
SA	010	I	Y	A
TH		A=10600nm	N	B
DS		D=2940nm		C
TS		I=1064nm		D
MS		Q=532nm		E
HM		U=355nm		
RD/VL/ED/DF/ SE/TF/BF/GE		X		

**HOLO/OR**

**LASER COMPONENTS**

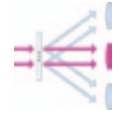
Moshe Brill

[www.lasercomponents.com](http://www.lasercomponents.com)

Workshop Laser 2009

Page 42

## Beam Sampler



On-Line Beam Profiler / Power Meter => Sampler

### ■ Selected Designs:

Part No.	Function	Dim.	Wavelength	Nomin. angle sep.	Ratio / Angle
SA-010-I-Y-A	Sampler	12x12 mm	1.06 $\mu\text{m}$	15.2 deg	0.40%
SA-015-U-Y-A	Sampler	1.0"	0.355 $\mu\text{m}$	5.1 deg	3.87%
SA-020-A-Y-A	Sampler	1.1"	10.6 $\mu\text{m}$	12.8 deg	0.40%
SA-022-A-Y-A	Sampler	1.0"	10.6 $\mu\text{m}$	21.0 deg	1%

Type	SN	WL	Coating	Grade
SA	010	I	Y	A

**HOLO/OR**



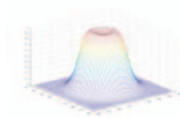
Moshe Brill

[www.lasercomponents.com](http://www.lasercomponents.com)

Workshop Laser 2009

Page 43

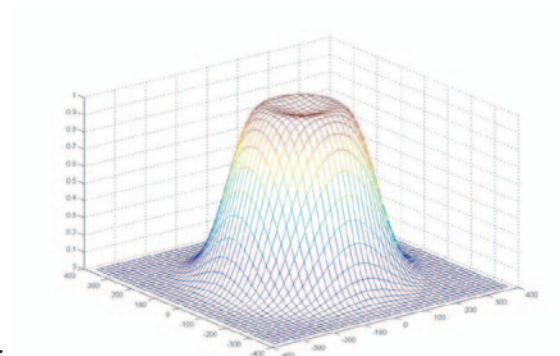
## Top Hat Beam Shaper



### Top Hat

#### ■ Top-Hat Applications:

- Laser ablation
- Laser welding
- Via hole drilling
- Laser displays
- Filters for cigarettes
- Medical and esthetical laser applications



**HOLO/OR**



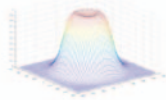
Moshe Brill

[www.lasercomponents.com](http://www.lasercomponents.com)

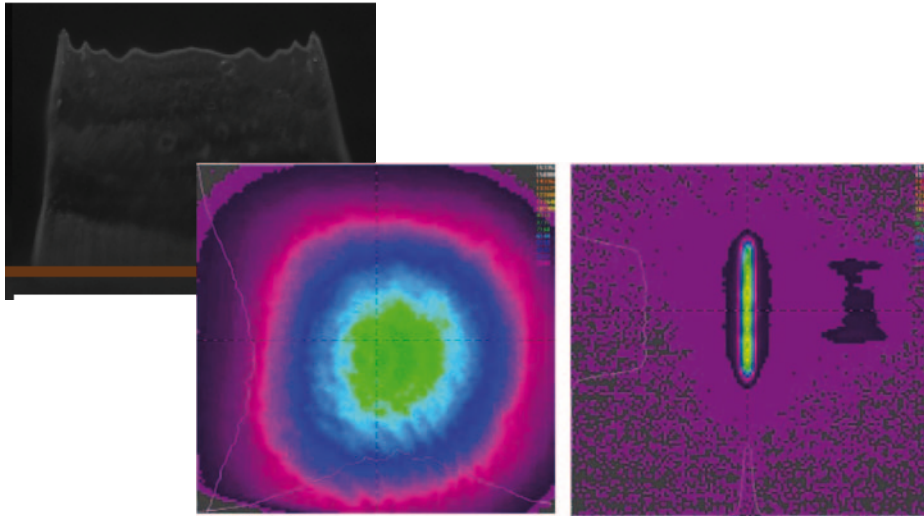
Workshop Laser 2009

Page 44

## Top Hat Beam Shaper



### ■ Top Hat Measured Profile



Rxxxx CO2 laser output

Diffracted beam after DOE at image plane

**HOLO/OR**

**LASER COMPONENTS**

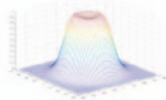
Moshe Brill

[www.lasercomponents.com](http://www.lasercomponents.com)

Workshop Laser 2009

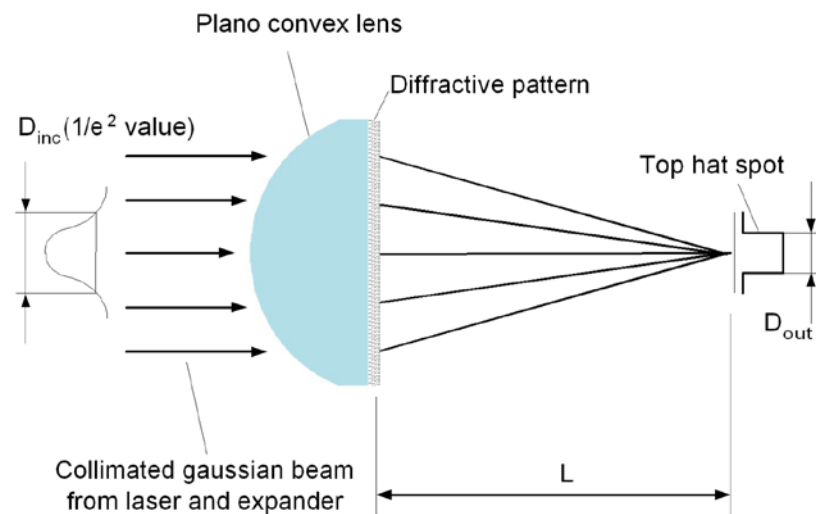
Page 45

## Top Hat Beam Shaper



### Top Hat

### ■ Operation DOE



**HOLO/OR**

**LASER COMPONENTS**

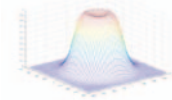
Moshe Brill

[www.lasercomponents.com](http://www.lasercomponents.com)

Workshop Laser 2009

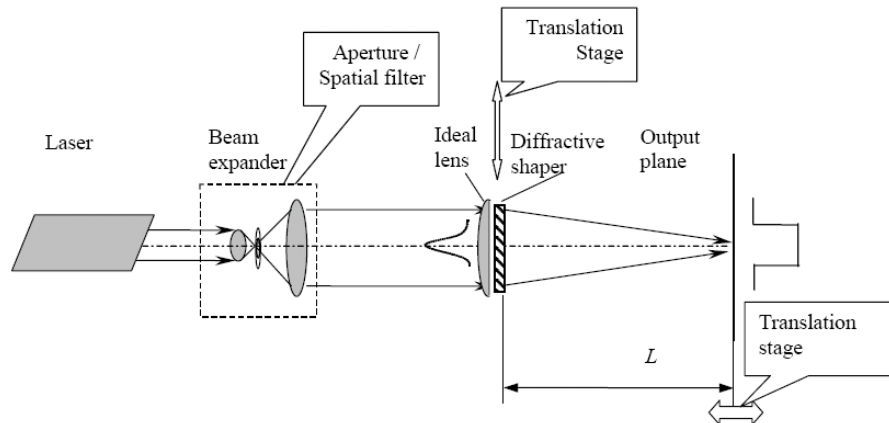
Page 46

## Top Hat Beam Shaper



### Top Hat

#### ■ Typical Set-Up:



**HOLO/OR**



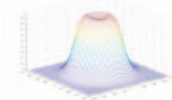
Moshe Brill

[www.lasercomponents.com](http://www.lasercomponents.com)

Workshop Laser 2009

Page 47

## Top Hat Beam Shaper



### Top-Hat Benefits

- General:
  - Uniform intensity profile
  - Steep transition region
  - High power threshold
  - High efficiency
- Relative to Aperture/Homogenizer:
  - Better uniformity
  - Higher efficiency
  - Fit small spot applications (2 X DL)

**HOLO/OR**



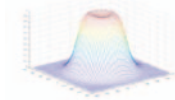
Moshe Brill

[www.lasercomponents.com](http://www.lasercomponents.com)

Workshop Laser 2009

Page 48

## Top Hat Beam Shaper



### Top-Hat

- Additional Characteristics:
  - Optional Ar/Ar coated
  - Sensitive for X-Y-Z displacement
  - Sensitive for input beam dia
  - Sensitive for working distance
  - Sensitive for beam mode
  - Some designs are rotation sensitive



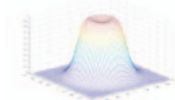
Moshe Brill

[www.lasercomponents.com](http://www.lasercomponents.com)

Workshop Laser 2009

Page 49

## Top Hat Beam Shaper



### Top-Hat

- Design Considerations:
  - Sensitive for X-Y-Z displacement and WD-stage
  - Sensitive for input beam dia – (variable) beam expander
  - Sensitive for beam mode – spatial filter
  - Some designs are rotation sensitive – optional notches



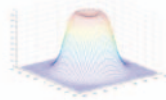
Moshe Brill

[www.lasercomponents.com](http://www.lasercomponents.com)

Workshop Laser 2009

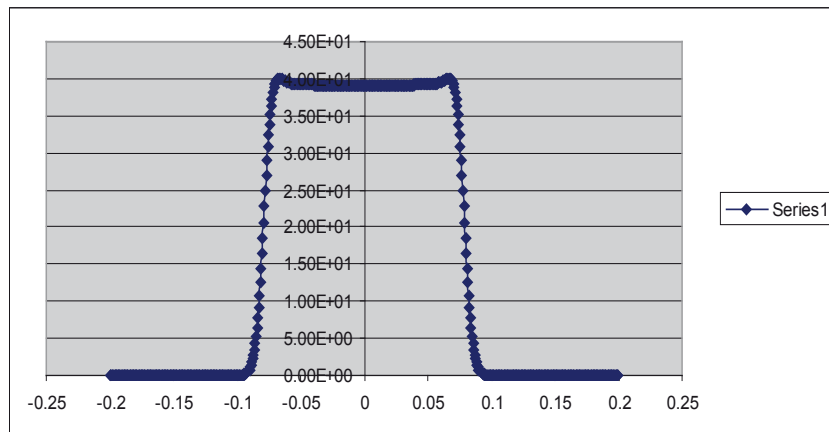
Page 50

## Top Hat Beam Shaper



### Top-Hat

- Typical Performance Simulation  
90% efficiency in  $1/e^2$



**HOLO/OR**

**LASER COMPONENTS**

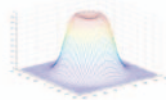
Moshe Brill

[www.lasercomponents.com](http://www.lasercomponents.com)

Workshop Laser 2009

Page 51

## Top Hat Beam Shaper



### Top-Hat

- Typical Performance

Performance	Energy in desired Spot ( $1/e^2$ )	Ripple / Uniformity	Working distance	Transition region	Input Dia	Wavelength	Spot size
From	75%	$\pm 0.5\%$	25 mm	5 $\mu\text{m}$	0.8 mm	266 nm	15 $\mu\text{m}$
Till	75-98%	$\pm 20\%$	Infinity	100 $\mu\text{m}$	25 mm	10600 nm	100x100 m

Typical uniformity depends on diffraction limited spot size.

**HOLO/OR**

**LASER COMPONENTS**

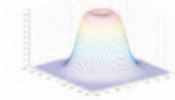
Moshe Brill

[www.lasercomponents.com](http://www.lasercomponents.com)

Workshop Laser 2009

Page 52

## Top Hat Beam Shaper



### Top-Hat Selection

ZnSe Top Hat Beam shaper							
Part No. (Old)	Dia.	Wavelength [μm]	Input Beam Gaussian	Diameter Input Beam (1/e2) [mm]	Working distance [mm]	Spot size (1/e2) [mm]	Spot shape
TH-001	1.5"	10.6	collimated	25	250	3	Round
TH-003	0.5"	10.6	collimated	3.7	42.5	0.3 x 0.1	Line
TH-004	1.1"	10.6	collimated	12	63.5	0.39	Round
TH-006	1.5"	10.6	collimated	25	125.4	15 x 1	Rectangular

**HOLO/OR**

**LASER COMPONENTS**

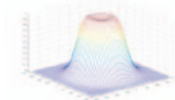
Moshe Brill

[www.lasercomponents.com](http://www.lasercomponents.com)

Workshop Laser 2009

Page 53

## Top Hat Beam Shaper



### Top-Hat-Selection

Top Hat Beam shaper							
Part No. (Old)	Dia.	Wavelength [μm]	Input Beam Gaussian	Diameter Input Beam (1/e2) [mm]	Working distance [mm]	Spot size (1/e2) [mm]	Spot shape
TH-012	20 mm	1,319	collimated	7.0	43.2	0.17	Round
TH-013	1"	1,064	collimated	7.0	Infinity	1 x 1 deg	Square
TH-014	20 mm	1,064	collimated	7.0	42.52	0.190	Round
TH-017	50 mm	1,064	collimated	39.0	20000	635 x 5.3	Rectangular-line
TH-018	1.5"	1,064	collimated	13.0	20000	635 x 635	Square
TH-019	1"	1,064	collimated	3	100	0.210 x 0.210	Square
TH-020	11 mm	2,940	collimated	4	80	0.200	Round
TH-0101	1"	1,064	collimated	3.5	100	0.150	Round
TH-0102	1"	1,064	collimated	6.0	100	0.150	Round
TH-0103	1"	1,064	collimated	9	1000	10 x 10	Square

**HOLO/OR**

**LASER COMPONENTS**

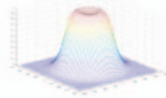
Moshe Brill

[www.lasercomponents.com](http://www.lasercomponents.com)

Workshop Laser 2009

Page 54

## Top Hat Beam Shaper



### Top-Hat-Selection

Top Hat Beam shaper							
Part No. (Old)	Dia.	Wavelength [μm]	Input Beam Gaussian	Diameter Input Beam (1/e <sup>2</sup> ) [mm]	Working distance [mm]	Spot size (1/e <sup>2</sup> ) [mm]	Spot shape
TH-031	1"	0,532	collimated	5.0	52.4	0.100	Round
TH-032	1"	0,532	collimated	10.9	200	2.0 (FWHM)	Round
TH-033	1"	0,8	collimated	6.0	200.29	3.0	Round
TH-044	1"	0,532	collimated	2.5	99.5	0.100 x 0.100	Square
TH-035	1"	0,532	collimated	2.5	99.5	0.090	Round
TH-041	1"	0,355	converging	2.0	100	0.100	Square
TH-042	1"	0,355	collimated	2.5	50	0.050	Round
TH-043	20 mm	0,355	collimated	8.0	49.8	0.015	Round
TH-045	0.5"	0,355	collimated	1.65	94	0.170 x 0.170	Square
TH-046	0.5"	0,355	collimated	2.5	95	0.080 x 0.080	Square
TH-051	1"	0,266	collimated	5.0	42	0.015	Round



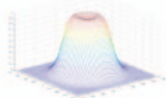
Moshe Brill

[www.lasercomponents.com](http://www.lasercomponents.com)

Workshop Laser 2009

Page 55

## Stable Top Beam Shaper



### Stable Top

- Design Considerations:
  - Less sensitive for X-Y-Z displacement and WD
  - Less sensitive for input beam dia –
  - Less sensitive for beam mode
  - Some designs are rotation sensitive – optional notches



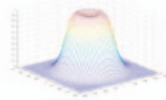
Moshe Brill

[www.lasercomponents.com](http://www.lasercomponents.com)

Workshop Laser 2009

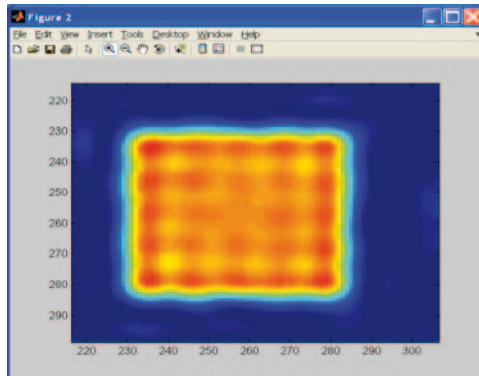
Page 56

## Stable Top Beam Shaper

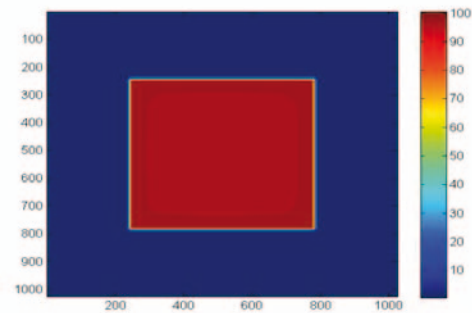


### Stable Top

- Performance Stable Top versus Top-Hat



Stable Top



Top-Hat

**HOLO/OR**

**LASER COMPONENTS**

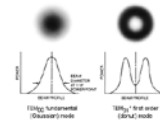
Moshe Brill

[www.lasercomponents.com](http://www.lasercomponents.com)

Workshop Laser 2009

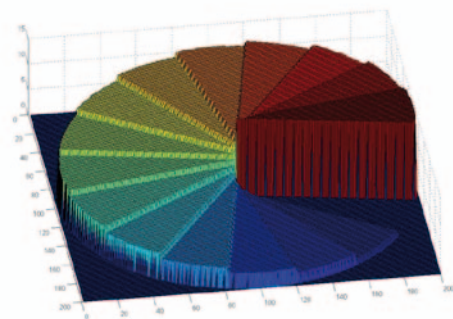
Page 57

## Vortex Lens



### Possibilities:

- Make a ring from a gaussian beam
  - Check what angle you need.
- Turn  $TEM_{00}$  to  $TEM_{01}$
- “Play with modes of the laser”
- Improve  $M^2$  in some situations



**HOLO/OR**

**LASER COMPONENTS**

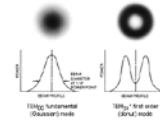
Moshe Brill

[www.lasercomponents.com](http://www.lasercomponents.com)

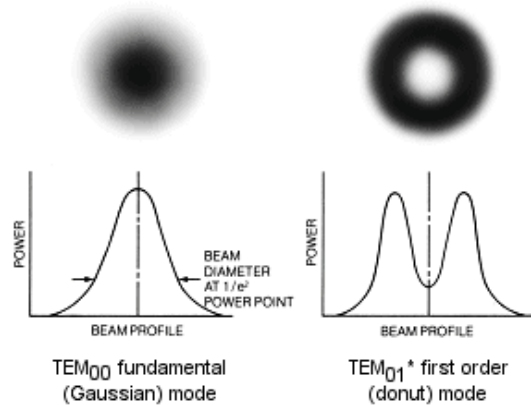
Workshop Laser 2009

Page 58

## Vortex Lens



- Challenges
  - Not much documentation
- Benefits-General:
  - Steep transition region
  - Not sensitive to beam diameter
  - Long working depth
  - High power threshold
  - High efficiency



**HOLO/OR**

**LASER COMPONENTS**

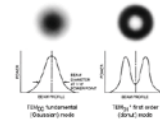
Moshe Brill

[www.lasercomponents.com](http://www.lasercomponents.com)

Workshop Laser 2009

Page 59

## Vortex Lens



- Standard PN:

Wavelength	Material	Part number (Old)	Levels	Part number	Levels	Part number (Old)	Levels
800 nm	Fused Silica	VL-4-080	4	VL-8-080	8	VL-16-080	16
1064 nm	Fused Silica	VL-4-106	4	VL-8-106	8	VL-16-106	16
10600 nm	ZnSe	VL-4-1060	4	VL-8-1060	8	VL-16-1060	16
Diffraction Efficiency (Estimated Grade A)			77%		~92%		~95%

**HOLO/OR**

**LASER COMPONENTS**

Moshe Brill

[www.lasercomponents.com](http://www.lasercomponents.com)

Workshop Laser 2009

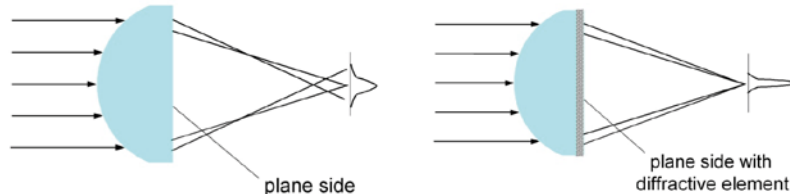
Page 60

## Other Designs



### ■ Diffractive-Corrected Focusing Lens

Our single diffractive-corrected focusing lens demonstrates sharp focusing with diffraction-limited spot-size. The lens is fabricated by etching an aberrations-correction diffractive microrelief pattern on the plane side of a bulky spherical plano-convex lens. A selection of our standard designs is displayed below.



Selected designs			
Part number	Wavelength	Efl	Diam.
SE-1511	10.6 $\mu\text{m}$	1.5"	1.1"
SE-2511	10.6 $\mu\text{m}$	2.5"	1-1"
SE-2515	10.6 $\mu\text{m}$	2.5"	1.5"

**HOL/O**R

LASER  
COMPONENTS

Moshe Brill

[www.lasercomponents.com](http://www.lasercomponents.com)

Workshop Laser 2009

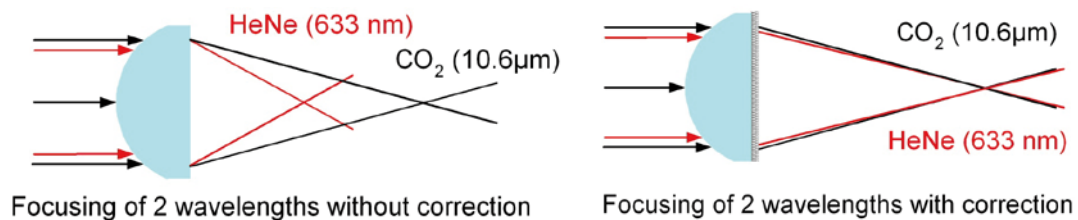
Page 61

## Other Designs



### ■ Dual Wavelength Lens

The dual wavelength beam combiners are diffractive optical elements used to bring two incident beams with different wavelengths into the same focal point.



Performance of regular ZnSe lens in dual-wavelength beam of CO<sub>2</sub> and HeNe lasers.

**HOL/O**R

LASER  
COMPONENTS

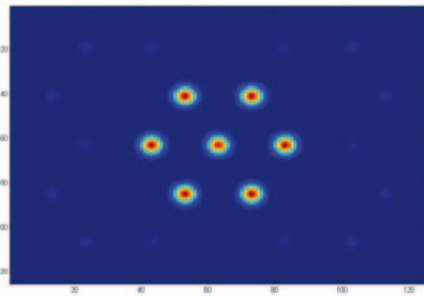
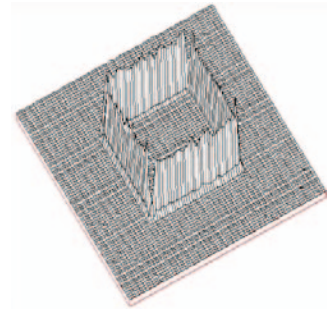
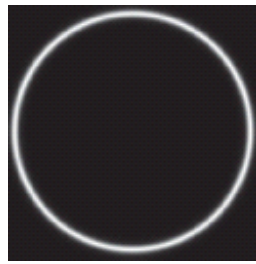
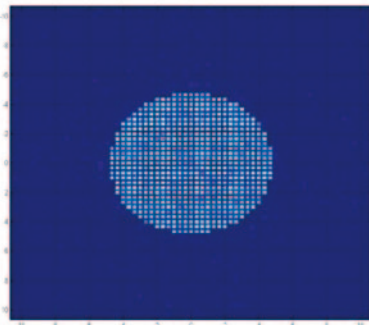
Moshe Brill

[www.lasercomponents.com](http://www.lasercomponents.com)

Workshop Laser 2009

Page 62

# Other Designs



# Other Designs



Shape	Intensity			
	Top-Hat/Flat (c)	Towards Edge:	Towards Center:	With, X or Y axis:
Ring				
Line				
Rectangular				



## Additional Information

---

### Commercial Information

#### ■ How to Start

- Inquiry with sales contact at LASER COMPONENTS
- List of standard elements is available
- Inquiry forms for custom designs are available
- For custom inquiries a drawing of the set-up helps
- R&D projects can be considered
- Support on phone is possible (mobile)



## Additional Information

---

### Commercial Information

#### ■ Typical Design Quote Cycles

- Quote standard part – days
- Quote Customer parts – 1-2 weeks
- Quote R&D project – 3-4 weeks



## Additional Information

---

### Commercial Information

- Lead Time
  - Some in Stock
  - Other standard parts – 1-12 weeks (typical)
  - Custom parts – 3-16 weeks (typical)



## Additional Information

---

### Commercial Information

- Standard has no NRE
- NRE probably lowest in the industry

**20 Years = 20% Discount**

An extra month (till 20/7/09) for all the attendants of the workshop.



## Holo / Or Inside



**HOLO/OR**

**LASER COMPONENTS**

Moshe Brill

[www.lasercomponents.com](http://www.lasercomponents.com)

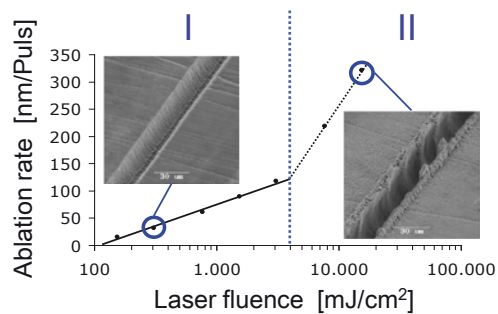
Workshop Laser 2009

Page 69

## Application

DOE's - Multispots for Laser Technology - Basics

**Ablation behavior of metals using ultrashort laser pulses:**



**Optical dominated regime**

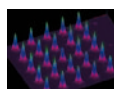
- ⇒ High quality
- ⇒ Minor thermal input
- ⇒ Low ablation rate

**Thermal dominated regime**

- ⇒ Quality losses due to
- ⇒ Thermal effects
- ⇒ Increased ablation rate



To fulfill the demands of micro-machining applications, the process window is often limited to the optical regime (I)



To compensate the given low ablation rates, the use of high repetition rates combined with multispot technology is necessary

**LZH**  
LASER ZENTRUM HANNOVER e.V.

**LASER COMPONENTS**

Barbara Herdt

[www.lasercomponents.com](http://www.lasercomponents.com)

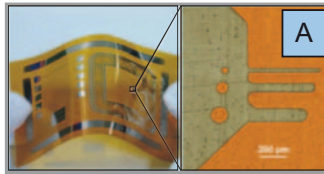
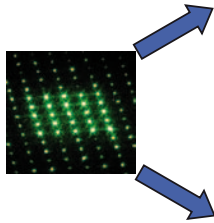
Workshop Laser 2009

Page 70

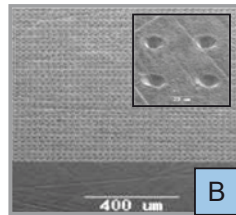
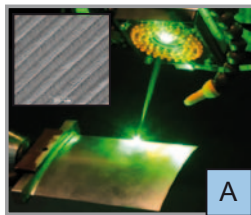
# Application

DOE's for Micro-scaled Machining on Macro-scaled Surfaces

- **Thin film patterning**



MID on flexible polymer (A) and strain gauge on ball bearing (B)



Micro-structured metal and textile for fluidic (A), tribological (B) and wettability (C) purposes



Barbara Herdt

www.lasercomponents.com

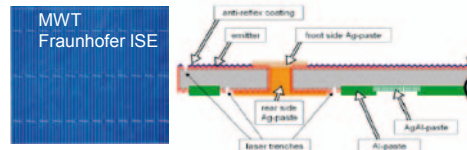
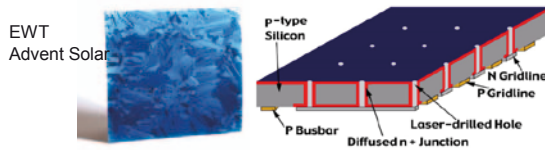
Workshop Laser 2009

Page 71

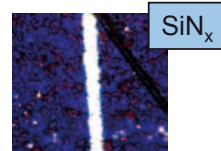
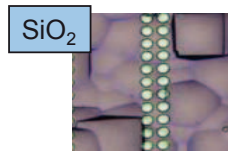
# Application

DOE's for Photo Voltaic

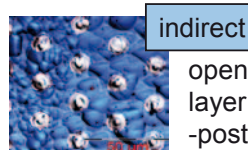
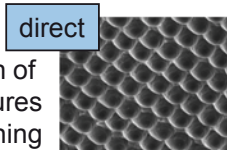
- **Drilling of holes** (Metal Wrap Through-MWT, Emitter Wrap Through-EWT)



- **Opening of dielectric layers**



- **Texturing**



Barbara Herdt

www.lasercomponents.com

Workshop Laser 2009

Page 72

## Show

---

- Double/Triple Spot
- Multi-Spots 1x81 / 1x15 / 7 x7
- Homogenizer HM5
- RD
- Sampler

**HOLO/OR**



Moshe Brill

[www.lasercomponents.com](http://www.lasercomponents.com)

Workshop Laser 2009

Page 73

# Fachartikel - Ähnlich veröffentlicht in der Optik & Photonik, März 2008

## Ein Strahl – Eine Matrix Diffraktive optische Elemente im industriellen Einsatz



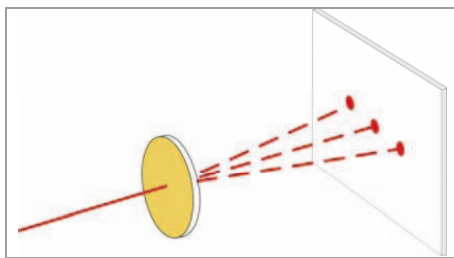
Diffraktive optische Elemente (DOEs) werden genutzt, um mittels Vielstrahlinterferenz an periodischen Strukturen Lichtstrahlen zu formen. Am häufigsten werden sie zur Strahlprofiländerung (Beam Shaping), zur Korrektur von Abbildungsfehlern und zur Strahlteilung (Beam Sampling) eingesetzt. Ihre Vorteile dabei: einfache Handhabung, geringste Justage und geringe Anforderungen an den Eingangsstrahl.

Der diffraktive Effekt wird bei den DOEs durch eine Mikrostruktur erreicht, die in die Substrate geätzt ist. Abhängig von der Mikrostruktur lassen sich die verschiedensten Beugungseffekte erreichen. Dementsprechend werden die DOEs in unterschiedlichsten Bereichen der Lasertechnik, angefangen bei Laboranwendungen über die industrielle Fertigung bis hin zu medizinischen Anwendungen, eingesetzt. Sie werden anstelle konventioneller refraktiver Optiken in den Strahlengang gesetzt, um die Intensitätsverteilung zu modulieren. Im Vergleich zu Masken haben sie den Vorteil, dass der Strahl auf kleinste Durchmesser fokussiert wird, ohne dass Beugungserscheinungen auftreten würden. Weiterhin wird die Strahlenergie des Eingangsstrahls fast vollständig ausgenutzt, sodass die Verluste klein sind. DOEs zeichnen sich durch sehr gute Wirkungsgrade (bis zu 80 – 99 %) und hohe Transmissionsgrade von 95 – 99 % aus.

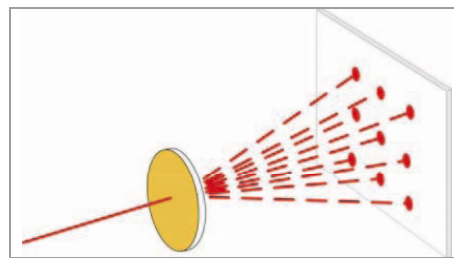
### STRAHLTEILUNG

Die Teilung von Laserstrahlen kann über verschiedene Technologien erfolgen. Prismen, Keilplatten und Strahlteilerwürfel sind alt bekannte Möglichkeiten; die Anwendung von diffraktiven Elementen ist innovativ und mit vielen Vorteilen behaftet. Gegenüber den herkömmlichen Methoden benötigen die DOEs einen deutlich geringeren Platzbedarf; vor allem punkten sie in ihrer Genauigkeit und der Möglichkeit, eine vorher definierte, nahezu beliebige Anzahl von Teilstrahlen zu erzeugen. Gegenüber Linienarrays und holographischen Systemen bestechen die Elemente durch hohe Effizienzen, beste Laserzerstörungsschwellen und Flexibilität.

Bei ersten diffraktiven optischen Elementen handelte es sich um eindimensionale Strahlteiler. Diese teilen den einfallenden Strahl an einer Gitterstruktur in Teilstrahlen auf einer Linie auf (siehe Abb. 1). Zweidimensionale Strahlteiler bzw. die Strahlteilung in Matrix-Form wurde zunächst realisiert, indem zwei eindimensionale Elemente hintereinandergeschaltet wurden. Da diese Methode sehr justageaufwändig und gleichsam mit hohen Verlusten behaftet ist, wurden zweidimensionale Designs entwickelt, die höchste Performance garantieren (siehe Abb. 2).



**Abb. 1:** 1 x 3 Matrix in schematischer Darstellung- Eine 1 x 3 Matrix erzeugt in der Beobachtungsebene drei Punkte auf einer Linie



**Abb. 2:** Zweidimensionale DOEs führen zu einem Punktraster. In der Abbildung sehen Sie ein 3 x 3 Element welches neun Punkte in der Beobachtungsebene erzeugt.



## Diffraktive optische Elemente im industriellen Einsatz

### AUFBAU DIFFRAKTIVER OPTISCHER ELEMENTE

Die Strahlteiler besitzen eine periodische Struktur, die den Eingangsstrahl in seine Teilstrahlen aufteilt (siehe Abb. 3). Im Vergleich zum Eingangsstrahl zeichnen sich die Teilstrahlen durch das gleiche Strahlprofil aus. Sie sind standardmäßig so designed, dass alle Teilstrahlen zusätzlich die gleiche Intensität aufweisen und einen gleichen Separationswinkel zueinander besitzen. Änderungen hiervon können in der Regel auf Kundenwunsch realisiert werden.

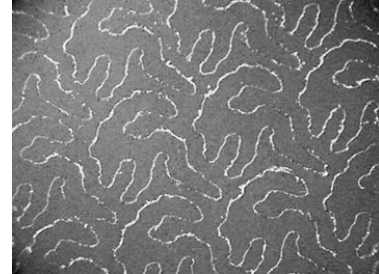


Abb. 3: In der Abbildung sehen Sie die Struktur eines Strahlteiler-Elements in der Vergrößerung 1:400

### EINSATZ IM STRAHLENGANG

Die Strahlteiler können in zwei verschiedenen Methoden Verwendung finden. Als einzelnes Element werden sie einfach in den Strahlengang eingefügt, sodass der Eingangsstrahl mit all seinen Eigenschaften multipliziert wird (vgl. Abb. 4a). Die Intensität aller Teilstrahlen entspricht dabei annähernd der Gesamtintensität des Eingangsstrahls. Häufiger werden die Elemente in Kombination mit einer nachgeschalteten Sammellinse verwendet (vgl. Abb. 4b). Diese wird direkt hinter das Element in den Strahlengang gesetzt. Die Abbildungsqualität der Teilstrahlen entspricht der Qualität des Eingangsstrahls kombiniert mit der Sammellinse. Die Spots können hierdurch beliebig fokussiert werden. Der Abstand zwischen den Spots verändert sich mit der eingesetzten Brennweite.

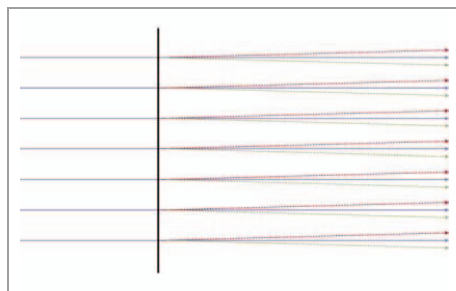


Abb. 4a: Der Strahlengang durch ein 1 x 3 DOE – die Abbildung erfolgt direkt – der Strahldurchmesser entspricht dem des Eingangsstrahls

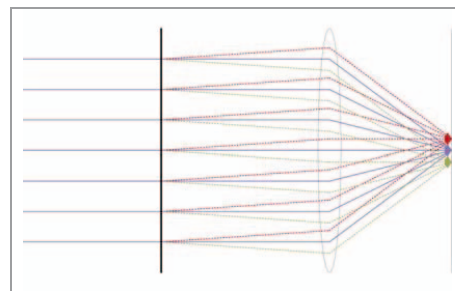


Abb. 4b: Die Sammellinse fokussiert die durch das Element gehenden Strahlenbündel in drei Punkten

### HERSTELLUNG VON HIGH-POWER DOES

Diffraaktive optische Elemente bestehen aus einem Glassubstrat, in das mittels eines lithographischen Verfahrens eine Mikrostruktur geätzt wurde. Diese Technologie hinterlässt keinerlei Rückstände auf dem Substrat, sodass das aktive Element „sauber“ bleibt. Nur das ursprüngliche Material (also ZnSe, Quarzglas oder ähnliches) ist neben einer möglichen Beschichtung auf der Linse vorhanden. Im Vergleich zu anderen Verfahren ist damit gewährleistet, dass der Laserstrahl an keinen Polymer-Schichten absorbieren oder aufgrund der hohen Strahltemperatur diese Schicht zerstören könnte. Normalerweise werden die Elemente mit einer High-Power Antireflex-Beschichtung versehen, die auch bei refraktiven Laseroptiken verwendet wird. Das Endprodukt besitzt eine hohe Zerstörschwelle die vergleichbar mit einer beschichteten Linse bzw. mit einem Fenster hoher Qualität ist. In den meisten Laseranwendungen können die diffraktiven Optischen Elemente, die nach diesem Verfahren erstellt wurden, eingesetzt werden.



## Diffraktive optische Elemente im industriellen Einsatz

### Herstellungs-Prozess

Mittels einer Maske (Abb. 5/A) wird ein Substrat, auf dem ein Photoresist aufgebracht ist (Abb. 5/B), belichtet. Nach der Entwicklung (Abb. 5/C) kommt es zu einem Materialabtrag mittels eines Trockenätz-Prozesses (Abb. 5/D). Der Fotolack wird danach abgetragen (Abb. 5/E). Übrig bleibt das Substrat, auf dem nun eine Mikrostruktur sichtbar ist. Der Prozess der Belichtung und des Ätzens kann beliebig oft wiederholt werden. Es entstehen immer feinere Strukturen bzw. Stufen (Abb. 6).

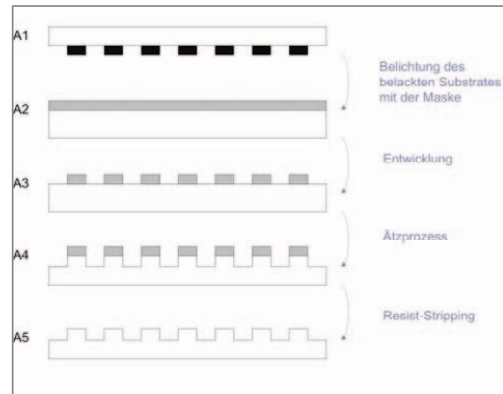


Abb. 5: Die Erstellung eines DOEs erfolgt in den dargestellten Schritten unter Zuhilfenahme einer Maske



Abb. 6: Werden die Prozessschritte zur Erstellung eines DOEs mehrfach wiederholt, so werden die Stufen, die in das DOE geätzt werden immer kleiner, das Ergebnis damit immer genauer. Das Ergebnis der Stufenerhöhung sehen Sie deutlich in der Abb. 7.

### Design

In der Abbildung 7/A ist ein gewünschtes Design (Querschnitt) einer Maske angegeben. Dieses Design kann mit seinem kontinuierlichen Profil nicht genau nachgestellt werden. Durch eine möglichst hohe Prozess-Wiederholung (Abb. 6) kann jedoch eine gute Näherung erzielt werden (Abb. 7/A, C). Es ist eine stufenförmige Anpassung sichtbar.

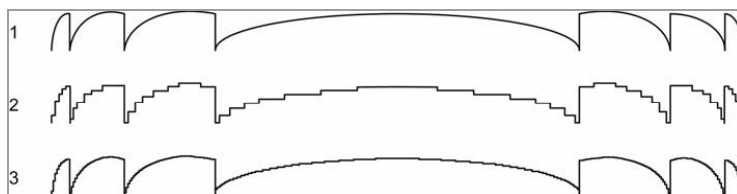


Abb. 7: Gewünschtes Profil ist in der Abb. 7A dargestellt. Je höher die Stufenanzahl, desto besser die Angleichung an das gewünschte Profil



## Diffraktive optische Elemente im industriellen Einsatz

### Auswirkungen auf die Effizienz der Elemente

Die Effizienz des Elements ist abhängig von der Anzahl der Prozessstufen (siehe Tab. 1), die zu einem fertigen Design führen. Bei einem kontinuierlichen Profil (7/A) läge die Effizienz bei 100 %.

Struktur	Effizienz ( $\epsilon_1/\epsilon_2$ )
Kontinuierliches Profil	100%
16 Level	98,7 %
8 Level	95 %
4 Level	81,1 %

Tab.1: Auswirkungen auf die Effizienz der Elemente

### ANWENDUNGEN: VERPACKUNGSINDUSTRIE, MEDIZINTECHNIK, INDUSTRIE

Die Einsatzgebiete diffraktiver optischer Elemente sind vielfältig. Immer mehr Anwender greifen auf die noch weitestgehend unbekannt Technologie zurück und sind vor allem erstaunt, ob der einfachen Handhabung bei höchster Performance. LASER COMPONENTS bestätigt diesen Trend. Die Nachfrage der DOEs erhöhte sich in den letzten Jahren kontinuierlich. Workshops, die in Kooperation mit HoloOR in Deutschland durchgeführt werden, erfreuen sich hoher Beliebtheit. Fragen zu Anwendungen stehen dabei im Vordergrund. Die Möglichkeiten von DOEs werden häufig noch unterschätzt. Anbei daher einen Überblick über bereits durchgeführte Anwendungen.

### Perforationen mit dem Laser

Zweidimensionale Strahlteiler können die Durchlaufleistung in der Produktion erheblich steigern. Mit nur einem Laserstrahl können mit einem 15 x 15 Element zeitgleich bis zu 225 Löcher in ein Material gebracht werden. Dieser Vorgang kann uneingeschränkt wiederholt werden. Diesen Vorteil nutzt bereits die Verpackungsindustrie bei der Herstellung von Plastik- und Metallfolien und bei der Erstellung von Öffnungsperforationen bei Kartons, Papier, Plastik- oder Metallfolien. Aber auch in der Zigarettenindustrie werden die Filterlöcher zunehmend mit Hilfe von DOEs, die in den Laserstrahl eingesetzt werden, erstellt. Die Sicherheit steht in der Automobilindustrie an vorderster Stelle. Damit Airbags problemlos auslösen können, werden Sollbruchstellen (sog. Split Lines) in der Verkleidung unter Einsatz dieser Komponenten erzeugt. Perforationen sind nicht nur mit Lochmatrizen möglich. Es gibt ebenfalls Anwendungen, bei denen Strahlteiler eingesetzt werden, die Muster verwenden. Die Lochmuster können beispielsweise Ziffern aber auch komplexere Abbildungen darstellen. Der Vorteile – verglichen mit Scannertechnologien – sind die kleine Standfläche, hohe Durchlaufleistungen, simultane Perforationen und genaue Strahlteilungen mit definierten Intensitäten und Durchmessern. Hierdurch ergeben sich weniger bewegliche Bauteile und dadurch geringste Abnutzungserscheinungen bzw. Systemwartungen.

	IR Elemente	NIR – UV Elemente
Wellenlänge	10,6 $\mu\text{m}$ Andere $\lambda$ (z. B. 9,25 $\mu\text{m}$ ) möglich	1064, 532, 355 und 266 nm Kundenspezifische Designs möglich
Material	ZnSe ZnS, Si, GaAs erhältlich	Fused Silica Saphir erhältlich
Durchmesser	1,1", 20 mm, 15 mm Kundenspezifische Designs – auch quadratisch – möglich	1,0", 18 mm Kundenspezifische Designs – auch quadratisch – möglich
Dicke	3 mm	3 mm
Winkelseparation	0,3° - 10°	0,3° - 10°
Element Typen	1 x 2, 1 x 3, 2 x 2, 3 x 3 Kundenspezifische Designs möglich	1 x 2, 1 x 3, 1 x 7, 1 x 81, 2 x 2, 3 x 3, 4 x 4, 5 x 5, 7 x 7, 9 x 9 Kundenspezifische Designs möglich
Intensität in gewünschten Ordnungen	typ. 75 – 90 % Optimierung durch Erhöhung der Level möglich (vgl. Abb. 6)	
Homogenität zwischen den Strahlen	typ. 1 bis 5 % Information in welcher Ordnung ist möglich	
Winkelgenauigkeit	0,02 mrad	

Tab. 2: Parameter diffraktiver optischer Elemente



## Diffraktive optische Elemente im industriellen Einsatz

### Dermatologische Anwendungen

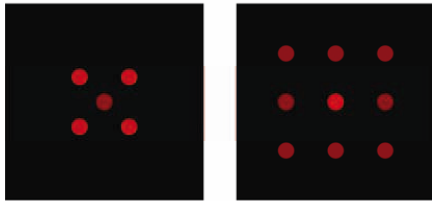
Diffraktive optische Elemente werden bspw. bei der Haarentfernung mittels Laserstrahl eingesetzt. Hierbei darf die Haut nicht überhitzt werden, wenn auch eine bestimmte Temperatur notwendig ist, um das erwünschte Ergebnis zu erhalten. Wird das Objekt mit einem Punktmuster bestrahlt, so ist die Haut zwischen diesem Raster unbeleuchtet. Dies hilft bei der Abkühlung der bestrahlten Fläche.

### Aus Eins mach Zwei

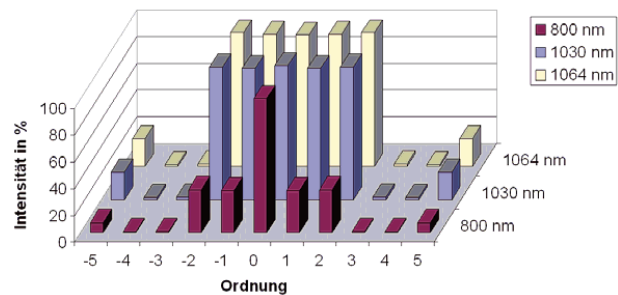
In Laboren aber auch bei Industrieanwendungen soll ein einzelner Laser häufig für mehrere Aufbauten eingesetzt werden. Besitzt der Laser eine ausreichend hohe Leistung und benötigt jedes Set-Up nur einen Teil dieser Energie, so können DOE-Strahlteiler eingesetzt werden, um nicht nur den Strahl zu teilen, sondern jedem Set-Up die benötigte Energie zukommen zu lassen. Für das Design des Strahlteilers ist zu beachten, dass die Energien einmalig festgelegt werden und das Element dementsprechend entwickelt wird.

### Verwendung als Homogenisierer

Überlagern sich die einzelnen Spots oder Strahlen in der Arbeitsebene mit ihren direkten oder gar weiteren Nachbarn, so erhält man hierdurch einen sehr homogenen Strahl. Verglichen zu bspw. TopHat Strahlformern sind die Anforderungen an den Eingangsstrahl sehr gering. So kann mit einem  $M^2 > 1.3$  noch ein gutes Ergebnis in der Arbeitsebene erzielt werden. Um die gewünschte Homogenität des Strahls zu erhalten, ist es notwendig, den optischen Aufbau genau zu spezifizieren, da nach diesen Angaben das DOE entwickelt wird.



**Abb. 8:** Bei Strahlteilern, die eine gerade Anzahl von Strahlen erzeugen, ist die Nullte Beugungsordnung in der Mitte sichtbar. Bei Strahlteilern mit ungerader Beugungsordnung wird der mittlere Strahl in die Nullte Beugungsordnung gelegt. – Beide Effekte lassen sich korrigieren, bleiben jedoch messbar.



**Abb. 9:** Einsatz eines DOEs bei unterschiedlichen Wellenlängen. Das abgebildete 1 x 5 Element wurde für die Wellenlänge 1064 nm designed. Sichtbar ist die Simulation, würde das Profil bei 1030 nm bzw. 800 nm eingesetzt.

## PRAKTISCHE HINWEISE ZUM EINSATZ VON DOES

Diffraktive optische Elemente sind in ihrer Verwendung nicht grundsätzlich anders als herkömmliche optische Elemente. Dennoch sind die folgende Punkte bei ihrem Einsatz zur Strahlteilung zu beachten:

### Aufbau

Beim Aufbau wird das DOE direkt in den Laserstrahl eingebracht. Der Durchmesser des DOEs sollte auf den Durchmesser des Laserstrahls abgestimmt sein.

### Spotanzahl

Zu beachten sind die Unterschiede bei einer geraden bzw. ungeraden Anzahl von Spots. Diffraktive Elemente zeigen immer zusätzlich zu der gewünschten Spotanzahl eine Nullte Ordnung im Zentrum. Bei DOEs hoher Qualität liegt hierin ein nur geringer Energieanteil, der jedoch messbar bleibt. Bei einer ungeraden Spot-Matrix (z. B. bei einem 3 x 3 Element) wird die Nullte Ordnung einfach zu dem mittleren Spot addiert. Bei einer geraden Spot-Anzahl (z. B. bei einem 2 x 2 Element) liegt die Nullte Ordnung als zusätzlicher Spot in der Mitte – eingerahmt von vier gewünschten Ordnungen (Abb. 8). HoloOR ist bspw. in der Lage, diesen zusätzlichen Spot mit geringster Intensität zu fertigen, sodass er für die meisten Anwendungen nicht ins Gewicht fällt.



## Diffraktive optische Elemente im industriellen Einsatz

### Wellenlänge

Die Wellenlängen, mit denen das DOE verwendet wird, müssen bei der Auswahl des Bauteils berücksichtigt werden. Die Elemente werden generell für eine Wellenlänge gefertigt. Werden sie mit anderen Wellenlängen verwendet, so ist mit Homogenitätsschwankungen, insbesondere in der Nullten Beugungsordnung, zu rechnen. In der Abb. 9 ist dies exemplarisch dargestellt.

### Effizienz

Die Effizienz der Elemente ist beschrieben als Energiesumme der gewünschten Spotanzahl dividiert durch die Ausgangsenergie des Eingangsstrahls. Für diese Elemente liegt die typische Effizienz bei 75 %. Sie ist abhängig von der Anzahl der Level bei der Fertigung und damit auch vom Preis.

### Ungewünschte Ordnungen

Die Stärke der ungewünschten Ordnungen ist abhängig vom Design des Elements. Sie liegen typischerweise zwischen 0,01 % und 5 % der Energie des Eingangsstrahls. Konstanz der Teilstrahlen

Die Konstanz als Quotient aus der Energie des schwächsten Teilstrahls und des stärksten Teilstrahls ist ebenfalls abhängig vom Design. Er liegt typischerweise bei 0,8.

### Homogenität

Die Homogenität ist sowohl abhängig vom Design als auch von der Fertigung und liegt zwischen +/- 0,5 % bis +/- 25 %

### Parameter

Es muss nicht nur die Anzahl der Punkte angegeben werden, sondern auch der Separationswinkel. Als solcher wird der Winkel zwischen zwei Teilstrahlen, unabhängig von der Anzahl der Teilstrahlen, definiert. Weiterhin können abweichende Intensitäten bei den Einzelspots realisiert werden.

Typische Parameter diffraktiver optischer Strahlteiler sind in der Tabelle 2 aufgelistet.

Bei Rückfragen stehen Ihnen die genannten Ansprechpartner gern zur Verfügung.

## DIE AUTOREN

### BARBARA HERDT

Barbara Herdt ist seit Anfang 2005 zuständig für den Vertrieb von Laseroptiken bei LASER COMPONENTS. Davor lag ihr Tätigkeitsschwerpunkt in der Optik-Entwicklung. Hier kann sie auf eine 15-jährige Entwicklungs-erfahrung für abbildende Optiken sowie Optiken für die Messtechnik zurückblicken. Die Projektbetreuung für Medizinische Messgeräte und Teleskope für die Raumfahrt schlossen sich an. Das Studium der physikalischen Technik an der FH München war die Voraussetzung für all ihre Tätigkeiten.



Barbara Herdt  
Produktionsingenieurin  
Laseroptik und Zubehör  
LASER COMPONENTS GmbH  
Werner-von-Siemens-Str. 15  
82140 Olching/Germany  
Tel.: +49 8142/2864-41  
Fax: +49 8142/2864-11  
E-mail: b.herdt@lasercomponents.com  
Website: www.lasercomponents.com

### MOSHE BRIL

Moshe Brill erlangte seinen Master in experimenteller Physik am Laser Centre der freien Universität (VU) von Amsterdam. Weitere Stationen waren das Weitzmann-Institut in Rehovoth und die Hebrew Universität in Jerusalem. Der Physiker ist Salesmanager bei Holo-Or Ltd in Rehovot, Israel. Zu seinem Aufgabenbereich gehört neben den vertrieblischen Tätigkeiten die Entwicklung von Produkten für neue Applikationen. Die Forschungsschwerpunkte liegen im Bereich der diffraktiven Optiken, Laser und angewandten Physik.



Moshe Brill  
Sales and Marketing  
Holo Or Ltd.  
Science Park Rehovot Building 13b  
POB 1051  
Rehovoth 76114, Israel  
Tel.: +972-8-9409687 EXT-104  
Fax: +972-8-9409606  
E-Mail: mbril@holoor.co.il  
Website: www.holoor.co.il

## DIE FIRMA

### LASER COMPONENTS GmbH Olching

Gegründet 1982, hat sich das Olchinger Familienunternehmen LASER COMPONENTS auf die Entwicklung, Herstellung und den Vertrieb hochwertiger Komponenten und Dienstleistungen für die Lasertechnik und Optoelektronik spezialisiert. Die abgedeckten Produktbereiche umfassen Laserdioden und Emittoren, Detektoren, Messtechnik, Faseroptik und optische Komponenten. Die weltweit agierende LASER COMPONENTS Group besitzt Verkaufsniederlassungen und Produktionsstandorte in fünf Ländern.

Artikel ähnlich veröffentlicht in der Zeitschrift Optik & Photonik im März 2008

03/08 / V1 / HW / lc/veroeffentlichung/ strahl-matrix.doc



Seite 6

www.lasercomponents.com

LASER COMPONENTS GmbH  
Werner-von-Siemens-Str. 15, 82140 Olching, Germany, Phone: +49 8142 2864 0, Fax: +49 8142 2864 11, info@lasercomponents.com

Beam-Sampling-Methoden und deren Auswirkungen

## Auskoppeln zum Qualitätscheck

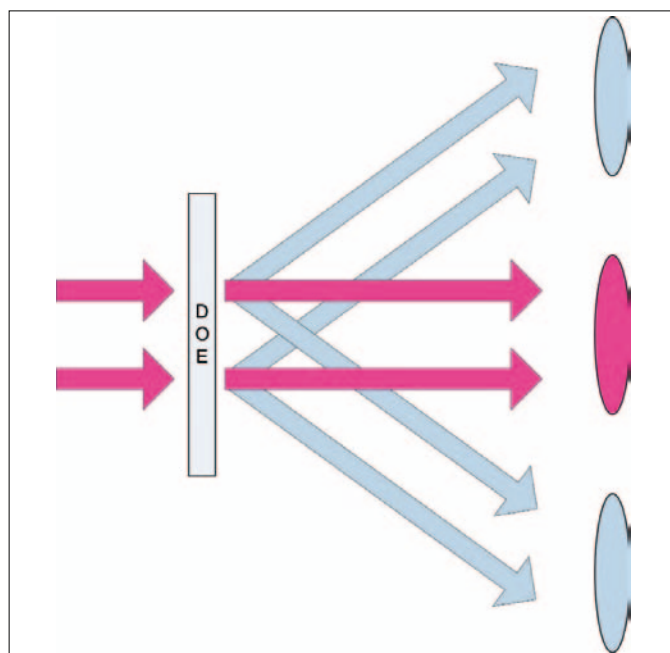
Bei laserbasierten Anwendungen ist es sinnvoll, eine Überwachung des austretenden Laserstrahls vorzunehmen, um Strahlprofil und -leistung zu beurteilen. Diese haben einen ausschlaggebenden Einfluss auf die Qualität des Ergebnisses des zu bearbeitenden Werkstücks. Für die Messung der Leistung und des Strahlprofils sind Diffraktive Beam-Sampler eine elegante Alternative zu konventionellen Strahlteilern. Durch kontinuierliche Weiterentwicklung finden diese Elemente ein immer breiteres Anwendungsfeld und sind insbesondere als Serienbauteil für viele Kunden nicht mehr wegzudenken.

Grundsätzlich gibt es zwei Möglichkeiten, den Laserstrahl eines Lasersystems zu beurteilen. Im Offline Verfahren werden Informationen über Strahlprofil oder Laserleistung durch Unterbrechung des Laserstrahls ermittelt. Zeitliche Veränderung der Lasermerkmale, die zum Beispiel durch thermische Effekte variieren, können durch diese Methode nicht detektiert werden. Beim Inline Verfahren wird dagegen ein Teil des Hauptlaserstrahls während des Bearbeitungsprozesses ausgekoppelt und detektiert. Der ausgekoppelte Strahl besitzt lediglich einen Bruchteil der Leistung des Hauptstrahls. Somit können während der eigentlichen Laserbearbeitung Messungen an dem leistungsschwachen Teilstrahl vorgenommen werden. Dies ermöglicht eine sofortige Korrektur der Laserparameter.

Um Messungen ‚inline‘ durchzuführen, können sowohl diffraktive Beam-Sampler als auch konventionelle Strahlteiler eingesetzt werden. Unter konventionellen Strahlteilern werden Komponenten verstanden, die mittels einer teildurchlässigen dielektrischen Beschichtung einen Teil des Hauptstrahls über eine definierte Reflexion auskoppeln. Bei diffraktiven Beam-Samplern (DOE) handelt es sich um Fenster oder Spiegel mit einem geätzten Raster. Die Gesamt-Charakteristik des diffraktiven Beam-Samplers ist unverändert zu denen des Grundmaterials, was die Verwendung in Kombination mit hohen Laserleistungen erlaubt. Durch die diffraktive Struktur werden Beugungsordnungen erzeugt. Die Nebenordnungen erhalten dabei eine definierte Ablenkung während der Hauptanteil des Strahls unverändert bleibt.

Diffraktive Beam-Sampler bringt im Vergleich zu herkömmlichen Strahlteilern eine Menge von Vorteilen mit sich:

- Hohe Zerstörschwelle: Das Element besteht aus Quarzglas oder ZnSe mit geätzter Struktur. Dadurch, dass keine weiteren Materialien aufgebracht sind, ergeben sich sehr hohe Zerstörschwellen, die vergleichbar mit Laserfenstern sind.
- Hohe Effizienz: Obgleich es sich um ein einfaches binäres Gitter handelt, liegt die Beugungs-Effizienz bei nahezu 100 Prozent.
- Konstanter Sampling-Anteil: Anders als bei konventionellen Strahlteilern, ist der Auskoppelgrad bei diffraktiven Beam Samplern unabhängig von der Energie und der Polarisation des Lasers.
- Redundante Leistungsmessung oder zusätzliche Strahlprofilmessung: Die +1. und -1. Beugungsordnung sind bei den diffraktiven



Funktion	Strahlteiler	Diffraktiver Beam Sampler
Auskoppelwinkel	90° zum Hauptstrahl, kundenspezifische Winkel möglich	Typisch wenige Grad vom Hauptstrahl, kundenspezifische Winkel möglich
Effizienz	Verluste nur an zweiter Fläche mit AR R<0.2%	Typische Effizienz mit AR 90%, Rest in den Nebenordnungen
Polarisations- abhängigkeit	Reflexion abhängig von der Polarisationsrichtung	Unabhängig, Änderung <1% vom ausgekoppelten Strahl
Wellenlängen- abhängigkeit	Über schmales Band konstant	Separationswinkel und Auskoppelgrad gelten jeweils nur für eine Wellenlänge
Strahlversatz	Vorhanden da 45° Einfallswinkel	Keiner
Parallele Messung von Leistung und Strahlprofil	Nur über zweiten Strahlteiler	Möglich zum Beispiel in +1 und -1 Ordnung
Strahlprofil des Messstrahls	Veränderung durch 45° Einfallswinkel möglich	Identisch zu Hauptstrahl
Stabilität des Auskoppelgrades bei Serienfertigung	Typische Schwankungen bei ± 0.5%	Sehr kleine Schwankungen

Beam Samplern jeweils identisch und können dadurch für eine redundante Leistungsmessung verwendet werden. Alternativ kann zum Beispiel die +1. Beugungsordnung für die Powermessung genutzt werden und die -1. Ordnung für die Strahlprofilüberprüfung.

- Optionale AR-/AR-Beschichtung: Die Auswirkung der optionalen AR-/AR-Beschichtung ist unkritisch, verglichen mit Beschichtungen bei dielektrischen Strahlteilern. Bei einer Veränderung der Reflexion (beispielsweise durch thermische Effekte) von zum Beispiel 0,1 Prozent auf 0,2 Prozent bleibt bei diffraktiven Beam-Samplern das Sampling-Verhältnis erhalten. Beim Strahlteiler hingegen verändert sich das Teilungsverhältnis und ist somit nicht mehr stabil über die Energie – im angegebenen Beispiel verdoppelt es sich sogar.

Bei der Wahl eines Diffraktiven Optischen Elementes sind verschiedene Dinge zu berücksichtigen, insbesondere die Wellenlänge, die Beugungsordnungen und Sampling-Verhältnisse sowie die Wahl der Strahlfälle. Die diffraktiven Beam Sampler haben einen festen Abstrahlwinkel und Auskoppelgrad in Abhängigkeit von der Design-Wellenlänge. Soll ein Element für mehrere Wellenlängen verwendet werden so ist dies möglich, es müssen jedoch andere Abstrahlwinkel und Auskoppelgrade berücksichtigt werden.

Das diffraktive Element kreiert verschiedene Beugungsordnungen. Die höchste Intensität liegt in der 0. Beugungsordnung, die den Strahl unbeeinflusst lässt. Bei den ersten Ordnungen (± 1. Beugungsordnung) ist der Auskoppelgrad am größten. Dieser beruht auf dem Design und kann kundenspezifisch gefertigt werden. Und was die Strahlfälle betrifft, sollten beim Einsatz der diffraktiven Beam Sampler mit High-Power Lasern Strahlfälle für die höheren ungewünschten Ordnungen eingeplant werden.

[www.lasercomponents.com](http://www.lasercomponents.com) Halle B1 Stand 442

*Die Funktion eines Beam-Samplers. Die Komponente ist lotrecht zum Eingangstrahl positioniert. Der Sampler hat bis auf eine geringe Intensitätsreduzierung keinen Einfluss auf den Hauptstrahl (pinker Strahl). Ein kleiner, vom Kunden definierter Prozentsatz der Gesamtenergie wird in höhere Beugungsordnungen abgelenkt. Diese stellen bezüglich des Strahlprofils eine exakte Kopie des Hauptstrahls dar.*