

# Modellierung und Simulation bei Mask Aligner Lithographie (Source-Mask Optimization)

U. Vogler<sup>a</sup>, A. Bramati<sup>a</sup>, R. Völkel<sup>a</sup>, M. Hornung<sup>b</sup>, R. Zoberbier<sup>b</sup>, K. Motzek<sup>c</sup>, A. Erdmann<sup>c</sup>, L. Stuerzebecher<sup>d</sup>, U. Zeitner<sup>d</sup>

<sup>a</sup> SÜSS MicroOptics S.A., 2000 Neuchâtel, Schweiz, (vogler@suss.ch)  
<sup>b</sup> SÜSS MicroTec Lithography GmbH, 84748 Garching, Deutschland  
<sup>c</sup> Fraunhofer IISB, 91058 Erlangen, Deutschland  
<sup>d</sup> Fraunhofer IOF, 07745 Jena, Deutschland

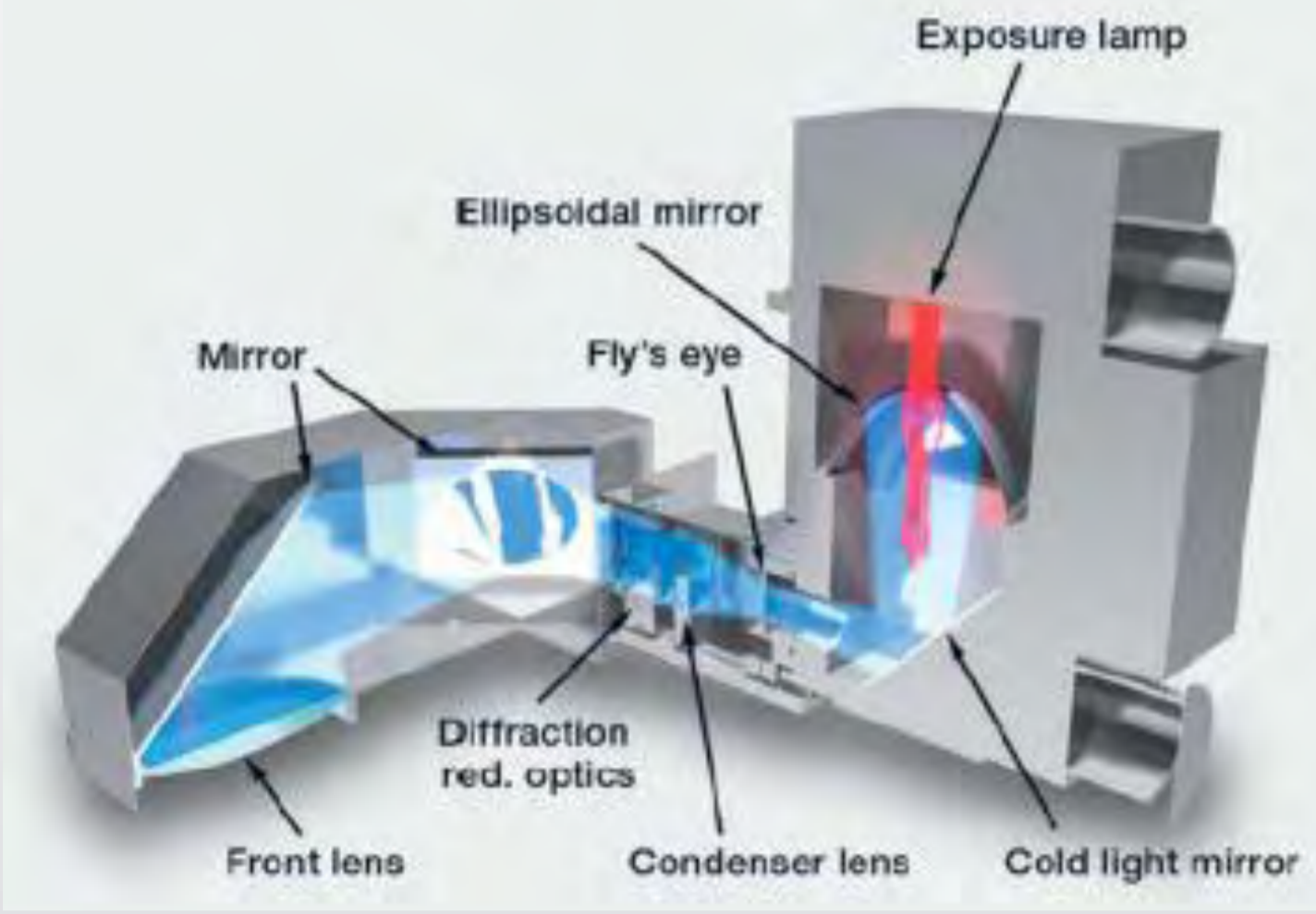
Durch die Einführung der MO Exposure Optics als Beleuchtungsoptik für Mask-Aligner wurde ein Grundstein für die weitere Simulations- und Optimierungsarbeit geschaffen. In dieser Optik kommen zwei Köhler-Integratoren zum Einsatz die hintereinander positioniert sind. Der erste Integrator beleuchtet den zweiten Integrator gleichförmig während der zweite Integrator die Maskenebene ausleuchtet. Beide Integratoren benutzen hochwertige Mikrolinsenarrays. Durch die große Anzahl von Linsen wird eine bisher unbekannte Unabhängigkeit der Ausleuchtungsgleichmäßigkeit von der Lampenjustage und zusätzlich ein stabiles Winkelspektrum über die Maskenebene garantiert. Durch eine metallische Blende (IFP: "Illumination Filter Plate") wird das Winkelspektrum in der Maskenebene nun exakt definiert. Die Möglichkeit das Winkelspektrum in der Maskenebene zu verändern bringt ebenfalls die Notwendigkeit mit sich, dass der Einfluss des Winkelspektrums auf bestimmte Anwendungen getestet werden muss. Eine Methode Laborzeit und Materialeinsatz zu sparen ist die Simulation des Lithographieprozesses.

Simulation erlaubt es neben den allen denkbaren Beleuchtungskonfigurationen auch neuartige Ansätze zu evaluieren.

Source-Mask-Optimization wird in der Projektionslithographie bereits erfolgreich angewendet. Dabei wird die Beleuchtung und die Maskenstruktur optimiert um die Auflösung zu verbessern oder weitere Prozessparameter wie Abbildungstiefe oder CD-Uniformity zu beeinflussen. Bei Mask-Alignern sind die Wirkweisen von OPC-Strukturen („Optical Proximity Correction“) und SRAF's („Sub Resolution Assist Feature“) noch kaum untersucht. Es kann aber gezeigt werden, dass sowohl das Winkelspektrum als auch die Benutzung von OPC-Strukturen auch bei Mask-Alignern zur Verbesserung der Abbildungsqualität benutzt werden kann.

Die Verwendung von Simulationssoftware können Ansätze erprobt und optimiert werden, die die bisher bekannten Auflösungsgrenzen der Mask-Aligner-Lithographie weit unterschreiten. So kann man mit Hilfe des Talbot-Effektes durch Selbstabbildung periodische Strukturen mit vergleichsweise großen Belichtungsabständen herstellen. Die Kombination des Talboteffektes an Lochmasken und der Möglichkeit das Winkelspektrum durch die IFP's zu gestalten, führte zur Talbot Pinhole Lithographie. Ebenfalls für periodische Strukturen ermöglicht dieses Verfahren die Variation der Resistbilder in dem festen Raster.

## Neuartiges Beleuchtungssystem für Mask Aligner (MO Exposure Optics)

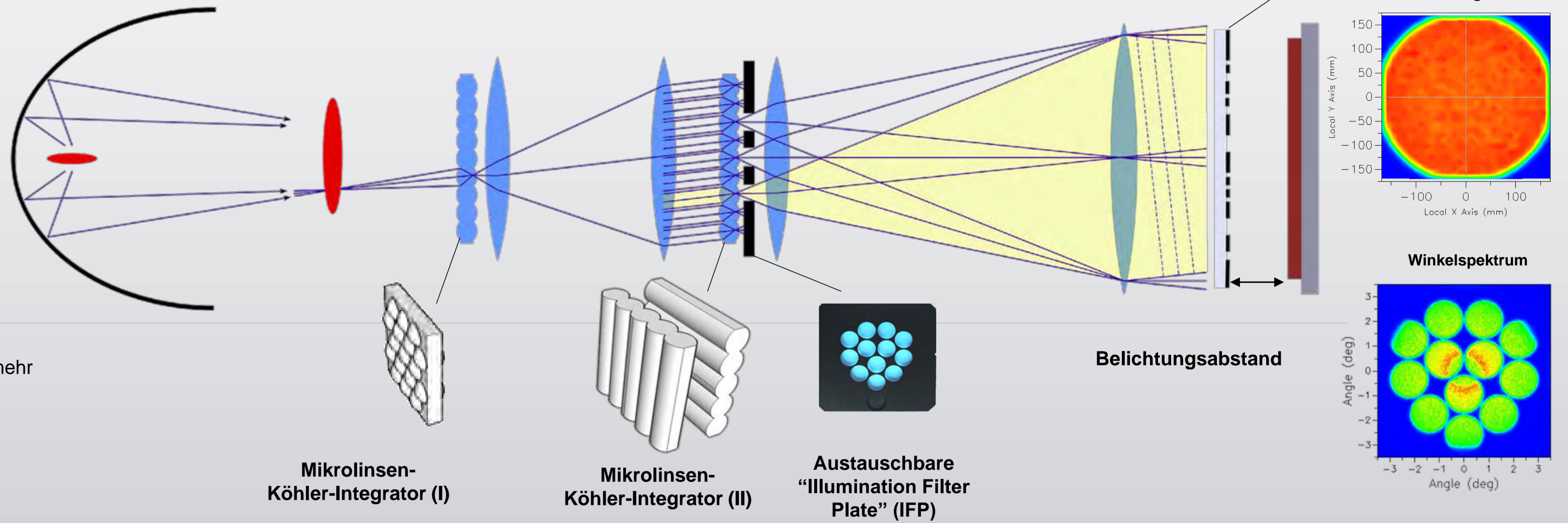


### Merkmale

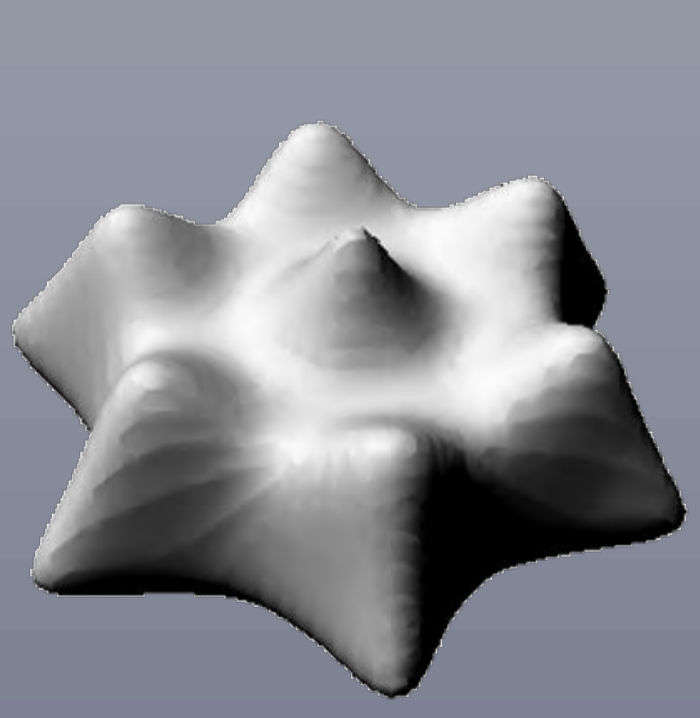
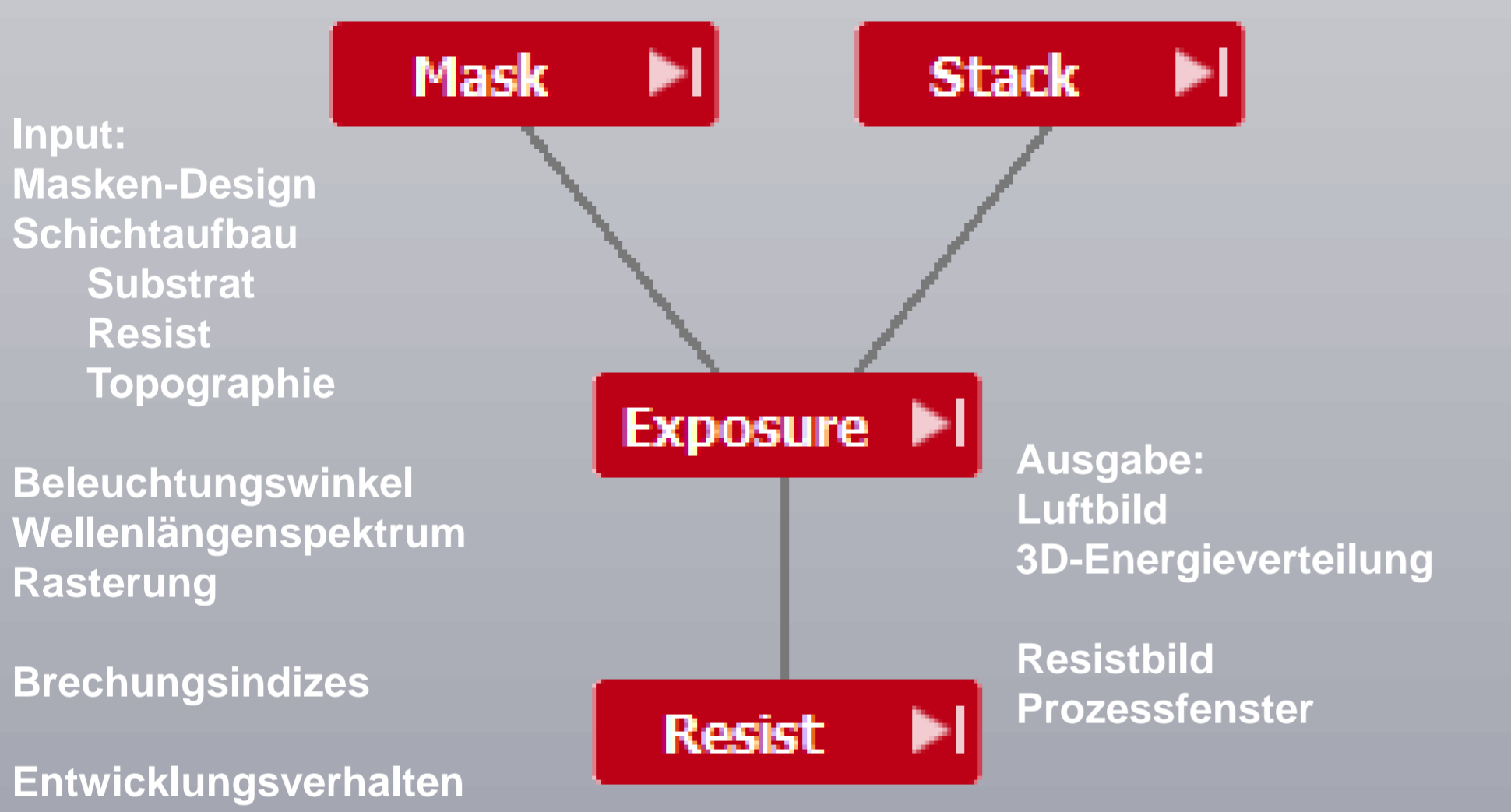
- Stabilisierung der Lichtquelle
- Exzellente Gleichförmigkeit
- Telezentrische Beleuchtung

### Nutzen

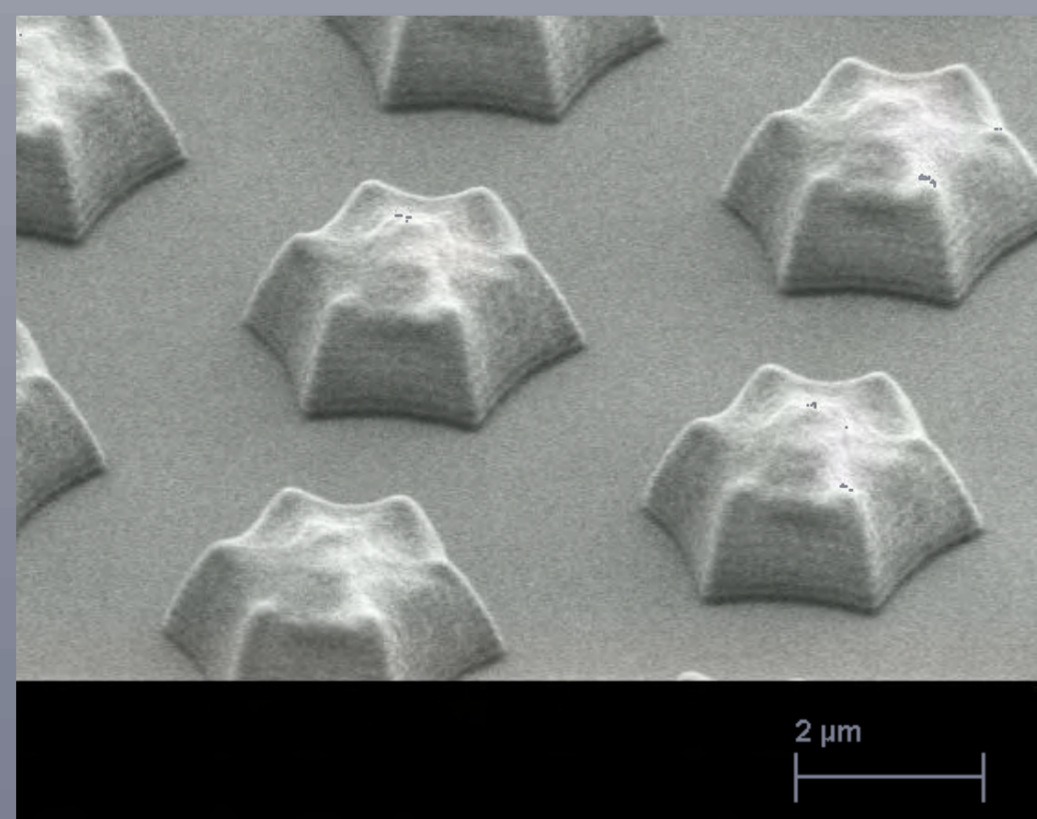
- Keine Justage der Lampe mehr
- Verbesserte CD-Uniformity
- Größeres Prozess-Fenster
- Höhere Ausbeute



## Mask Aligner Simulation

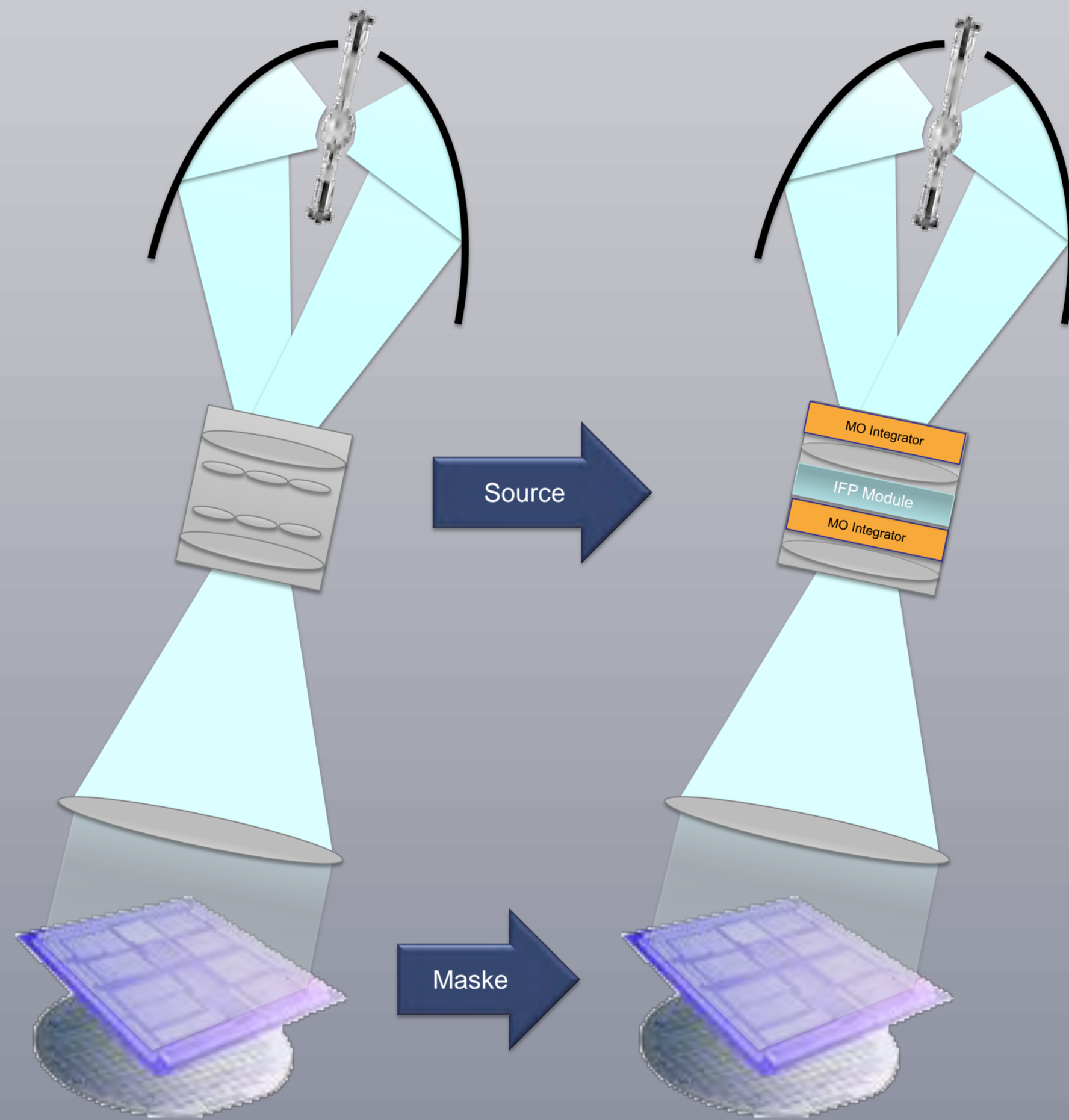


Simulation 3D Resistbild  
(Layout Lab, GenISys)

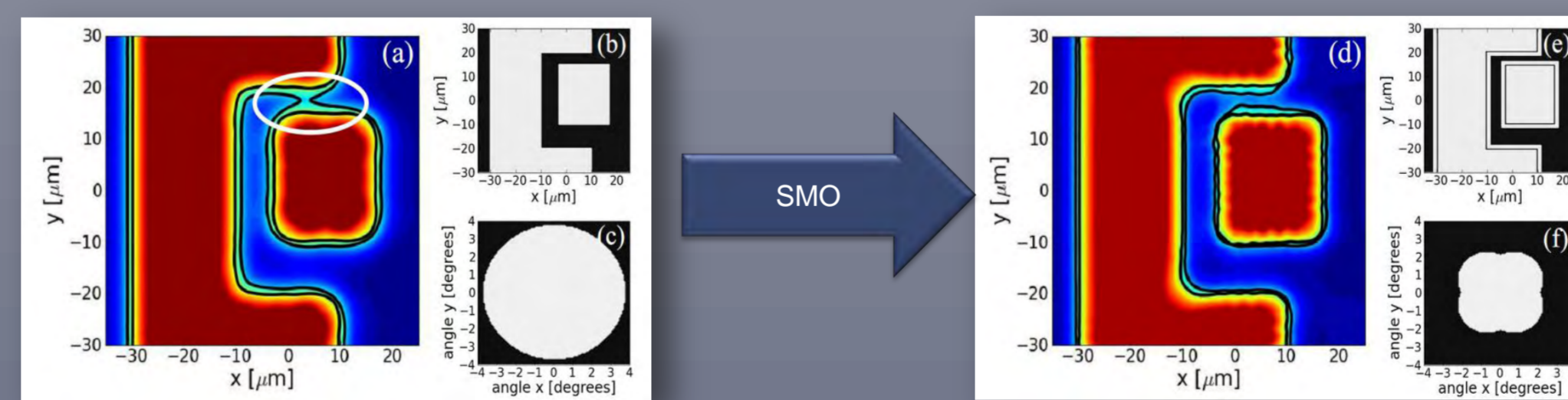


SEM: Resistbild

## Source- Mask Optimization



Durch Optimierung der Maske (b/e) und des Beleuchtungswinkelspektrums (c/f) kann ein Verschmelzen der Strukturen bei Gap-Schwankungen unterbunden werden. Zusätzlich wird die Größschwankung vermindert.

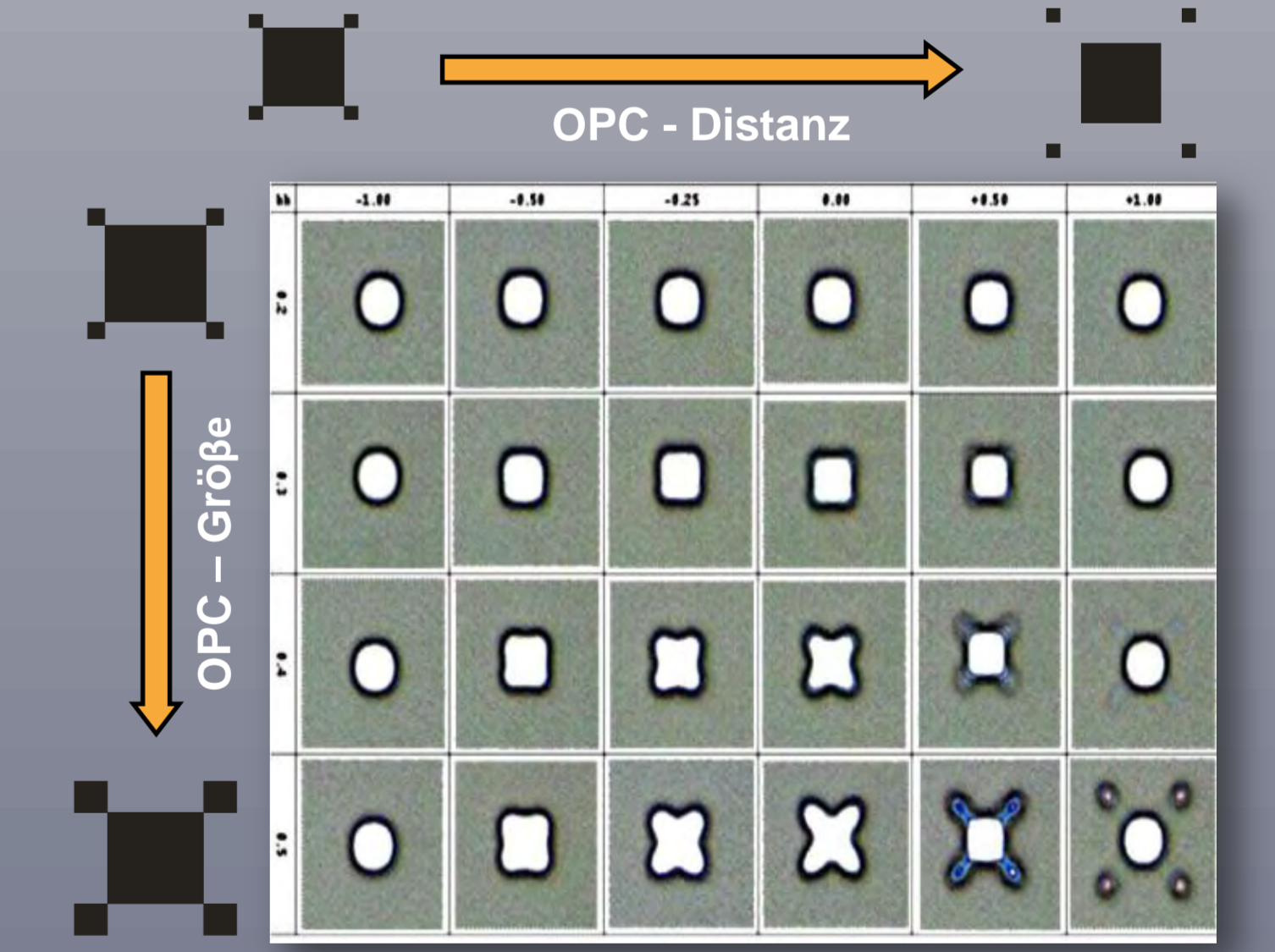


## Lichtquellenoptimierung



1.2µm Resist (AZ 4110), 100µm Belichtungsabstand, SÜSS MA8; IFP (links oben)

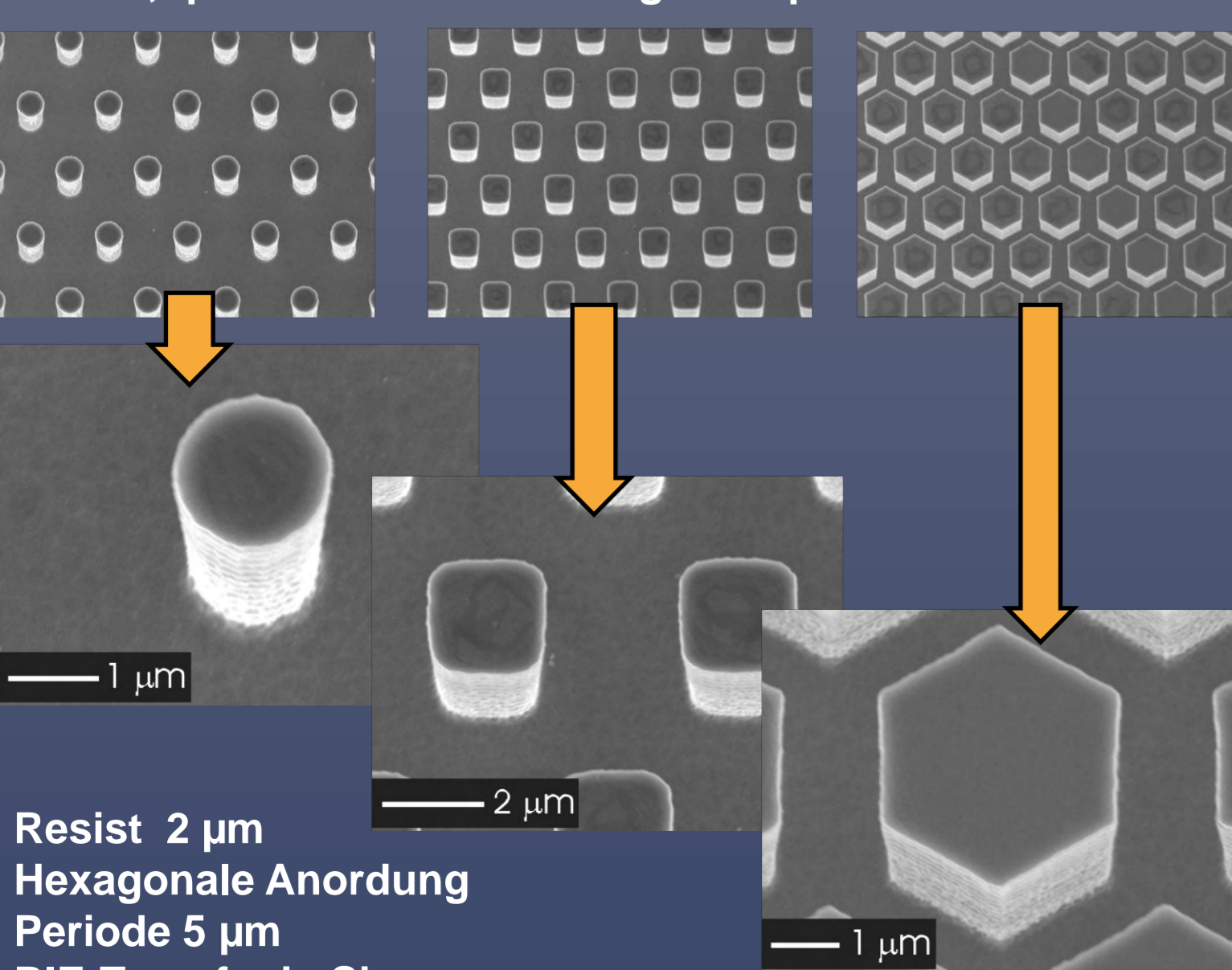
## Maskenoptimierung – z.B. OPC / SRAF



Resistbilder mit verschiedenen OPC- Hilfsstrukturen  
Belichtungsabstand 50µm, Resist AZ4110

## Talbot Lithographie für periodische Strukturen

Runde, quadratische und hexagonale periodische Strukturen

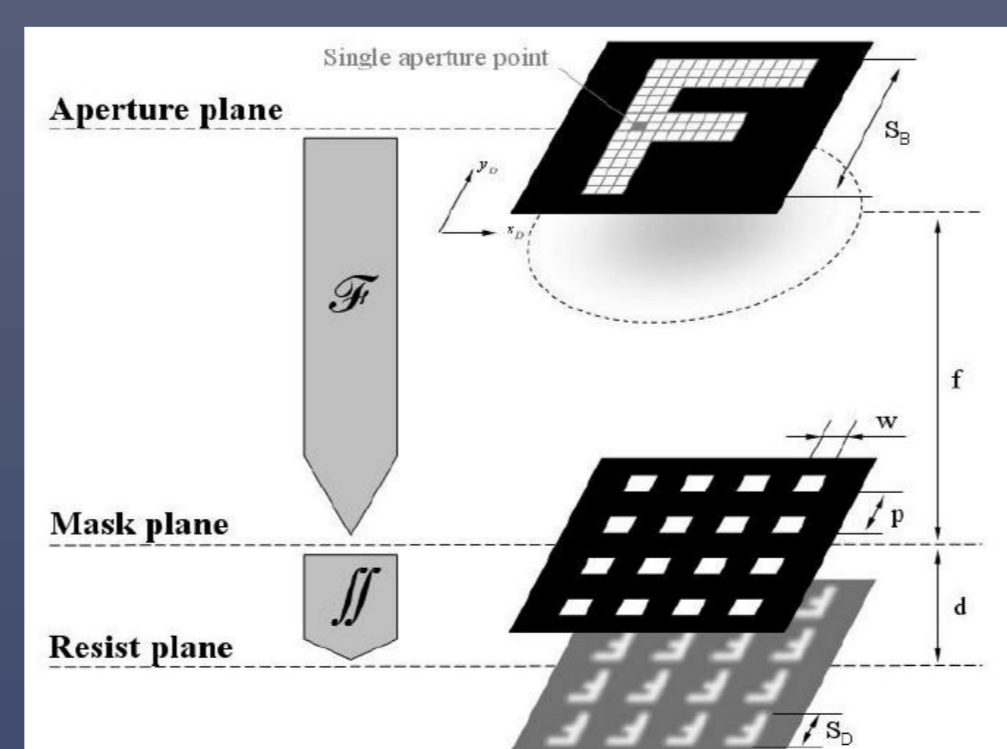


Resist 2 µm  
Hexagonale Anordnung  
Periode 5 µm  
RIE-Transfer in Si  
Belichtungsabstand 102 µm

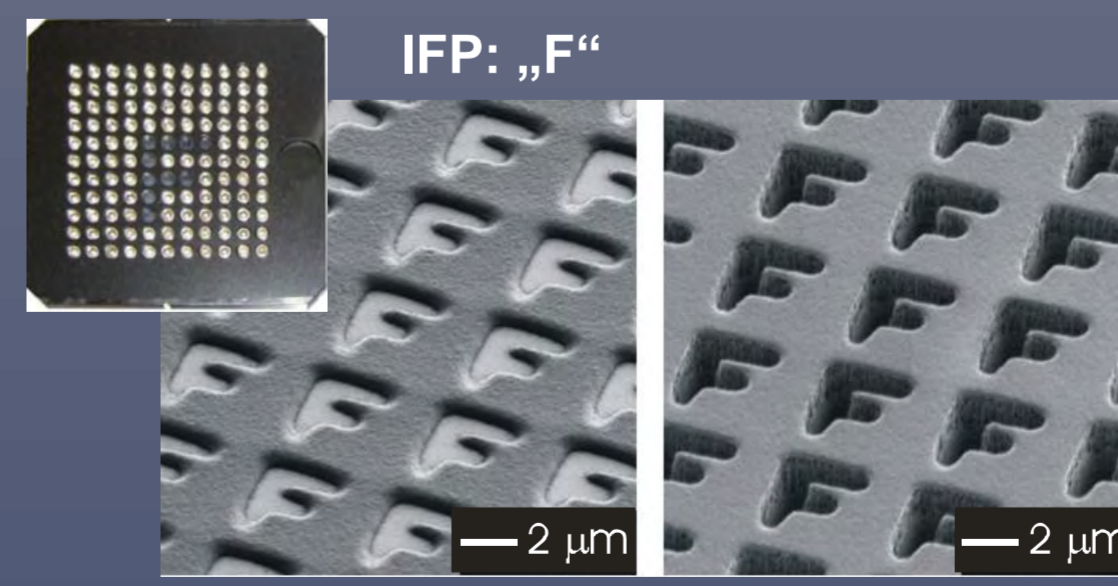


## Pinhole Talbot Lithographie - Multiple „Camera Obscura“

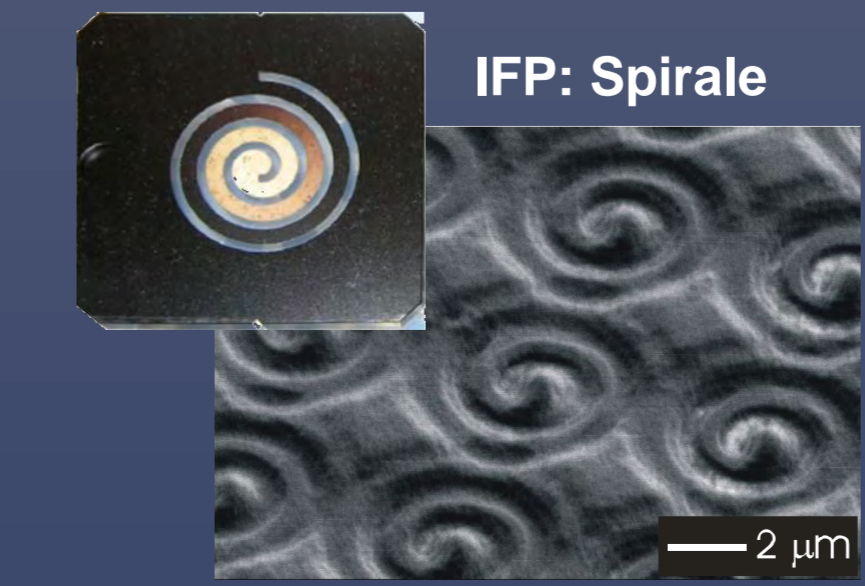
Das Resistbild kann über die die makroskopische Blende (IFP) verändert werden, wobei stets die selbe Lochmaske verwendet wird.



SÜSS MicroTec Mask Aligner MA6  
+ MO Exposure Optics  
+ Angepasstes Winkelspektrum  
+ Pinhole Maske  
+ Belichtungsabstand 66 µm

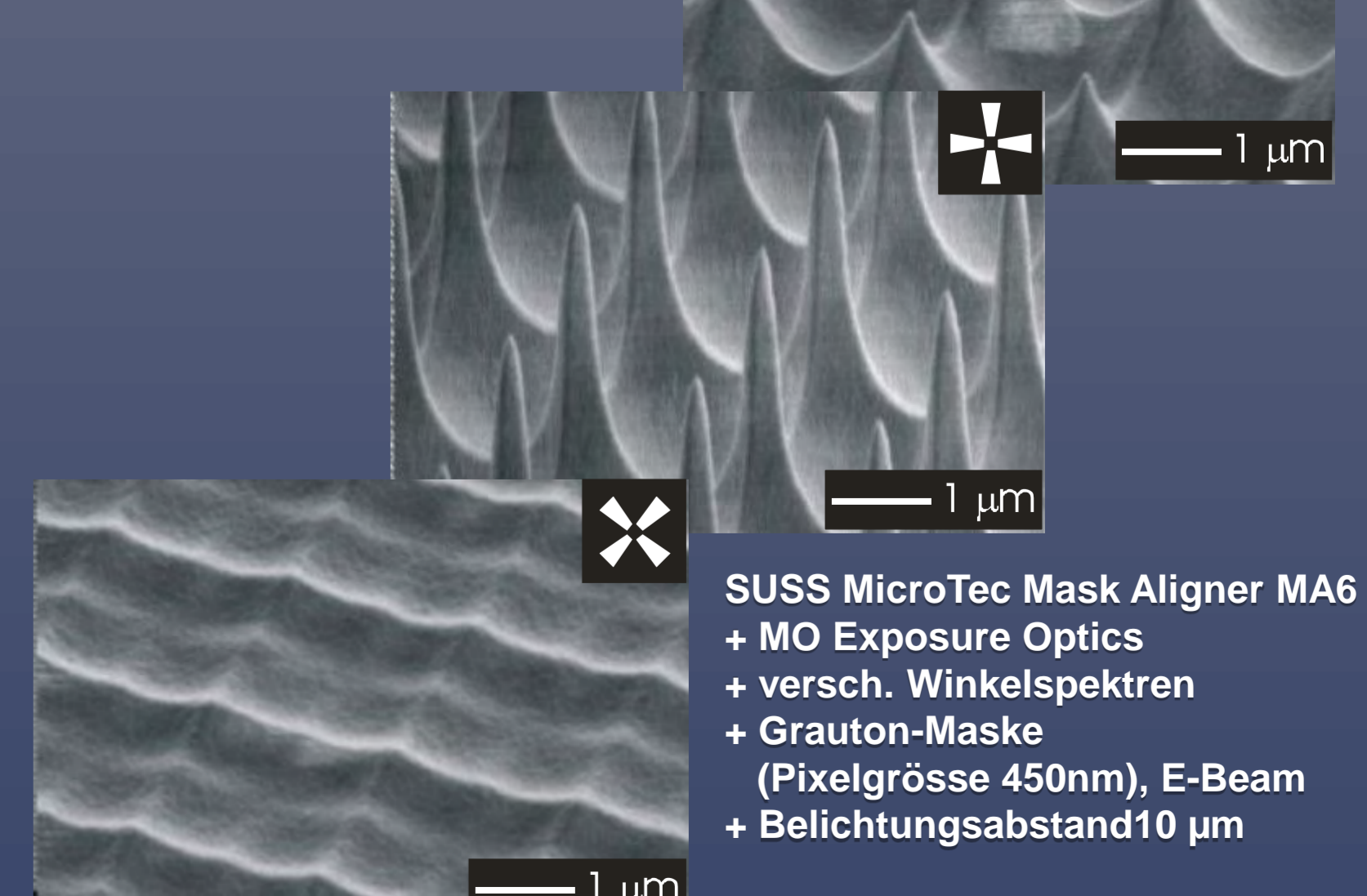


Resist: AZ1505 RIE in Silicon



## Graustufen Lithographie

Das Resistbild wird variiert durch die Verwendung verschiedener IFP's und der selben Grauton-Maske



SÜSS MicroTec Mask Aligner MA6  
+ MO Exposure Optics  
+ versch. Winkelspektren  
+ Grauton-Maske  
(Pixelgröße 450nm), E-Beam  
+ Belichtungsabstand 10 µm

