

Untersuchung der dreidimensionalen Feldverteilung bei Beugungsexperimenten in inkohärentem Licht (Lau-Effekt)



X. Cao, S. Sinzinger

Fachgebiet Technische Optik, Technische Universität Ilmenau

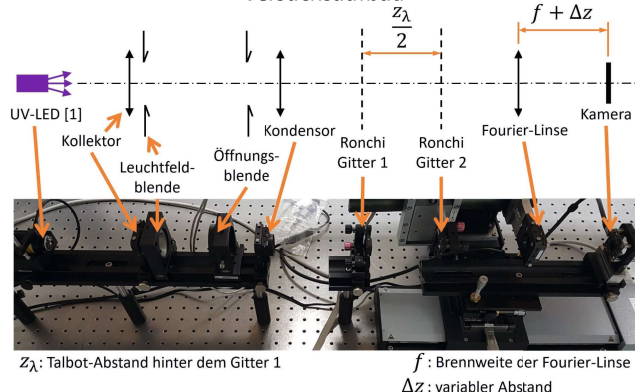


Motivation

Zielsetzung: Anwendung des Lau-Effekts in der lithographischen Belichtung auf nicht planen Ebenen

- Untersuchung: Intensitätsverteilung um die Fourier-Ebene herum
- Variablen: 1. Beleuchtung: räumlich kohärent und inkohärent
- 2. Gitterperiode des zweiten Ronchi Gitters

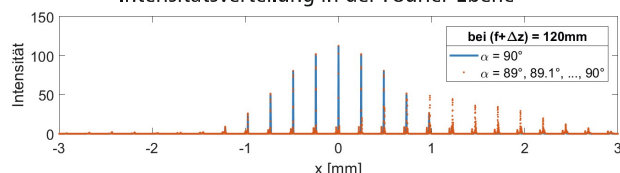
Versuchsaufbau



z_λ : Talbot-Abstand hinter dem Gitter 1

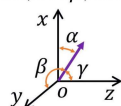
f : Brennweite der Fourier-Linse
 Δz : variabler Abstand

Intensitätsverteilung in der Fourier-Ebene

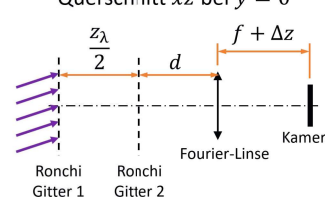


Simulation

Richtungskosinus der Beleuchtung ($\cos\alpha, \cos\beta, \cos\gamma$)



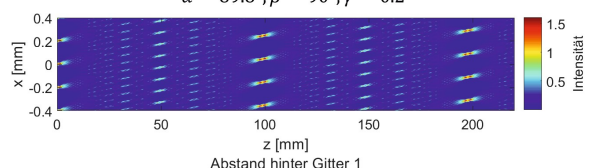
Querschnitt xz bei $y = 0$



$\lambda = 405\text{nm}$
 $d = 140\text{mm}$
 $f = 120\text{mm}$
 $\Delta z = [-5\text{mm}, 5\text{mm}]$
Ronchi Gitter 1:
 $p_1 = 200\mu\text{m}$
 $\delta_1 = 15\%$
Ronchi Gitter 2:
 $p_2 = 200\mu\text{m}$
 $\delta_2 = 15\%$

Talbot-Teppich unter schräger Beleuchtung

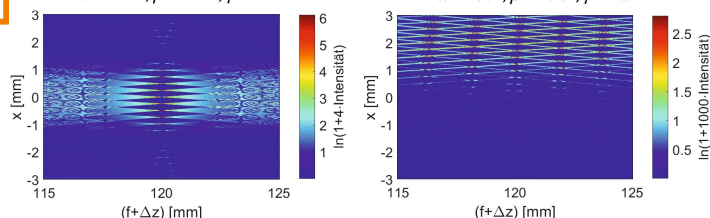
$\alpha = 89.8^\circ, \beta = 90^\circ, \gamma = 0.2^\circ$



Intensitätsverteilung um die Fourier-Ebene herum

$\alpha = 90^\circ, \beta = 90^\circ, \gamma = 0^\circ$

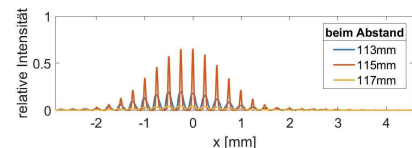
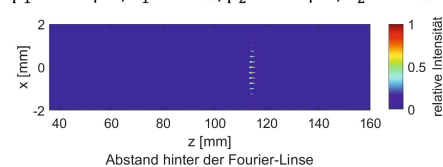
$\alpha = 89^\circ, \beta = 90^\circ, \gamma = 1^\circ$



Messung -- Intensitätsverteilung

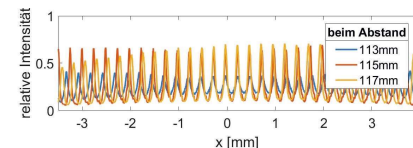
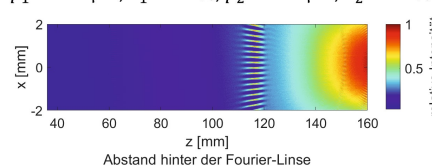
räumlich kohärente Beleuchtung ($\perp$ Gitter 1)

$p_1 = 200\mu\text{m}, \delta_1 = 15\%, p_2 = 200\mu\text{m}, \delta_2 = 15\%$



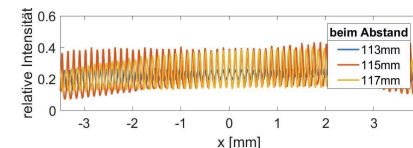
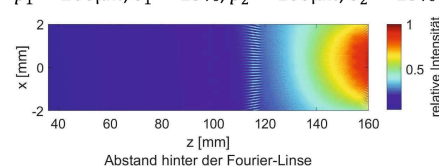
räumlich inkohärente Beleuchtung

$p_1 = 200\mu\text{m}, \delta_1 = 15\%, p_2 = 200\mu\text{m}, \delta_2 = 15\%$



räumlich inkohärente Beleuchtung

$p_1 = 200\mu\text{m}, \delta_1 = 15\%, p_2 = 100\mu\text{m}, \delta_2 = 15\%$



Schlussfolgerung

bei räumlich kohärenter Beleuchtung:

- Änderung des Beleuchtungswinkels
 - laterale und axiale Verschiebung des Talbot-Teppichs des ersten Ronchi Gitters
 - laterale Verschiebung und Änderung der Intensitäten in der Fourier-Ebene
- keine Lau-Streifen in der Fourier-Ebene sichtbar

bei räumlich inkohärenter Beleuchtung (hier Köhlerscher Beleuchtung):

- Licht mit unterschiedlichen Beleuchtungswinkeln bezüglich des ersten Ronchi Gitters
- Lau-Streifen in der Fourier-Ebene sichtbar
- Periode der Lau-Streifen auch von der Periode des zweiten Ronchi Gitters abhängig
- kleiner Unterschied der Intensitäten und Perioden der Streifen um die Fourier-Ebene herum
- Anwendung der Intensitätsverteilung in der Lithographie auf nicht planen Ebenen denkbar
- Anschließende Untersuchung in weiterer Entfernung hinter der Fourier-Ebene nötig

Literaturen

[1] Mounted LED „M405L3“, <https://www.thorlabs.de/drawings/3d3893ab54c75ce2-B2F1D061-083F-3E93-B11CAEDC1A0E0E14/M405L3-SpecSheet.pdf>

Danksagung

Die Autoren danken der Unterstützung durch die Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) im Rahmen des Graduiertenkollegs „Spitzen- und laserbasierte 3D-Nanofabrikation in ausgedehnten makroskopischen Arbeitsbereichen“ (GRK 2182/1) an der Technischen Universität Ilmenau, Deutschland.

Technische Universität Ilmenau
IMN MacroNano®
Fachgebiet Technische Optik
Xinrui Cao

Telefon: +49 3677 69-2489
Fax: +49 3677 69-1281
xinrui.cao@tu-ilmenau.de
www.tu-ilmenau.de/to

th
TECHNISCHE UNIVERSITÄT
ILMENAU