

Chirped Microlens Arrays für die Homogenisierung kohärenter Strahlung



Frank Wippermann



Uwe Detlef Zeitner



Andreas Bräuer

Eine Strahlformung von Lasern mit quasi beliebigen Eingangsintensitätsverteilungen in eine Top-Hat-Intensitätsverteilung ist in einer Vielzahl von Anwendungen erforderlich. Hierbei kommen Wabenkondensoraufbauten zum Einsatz, die gegenüber refraktiven mikrooptischen Strahlformungselementen unkritisch in der Justage und tolerant gegenüber temporären Schwankungen der zu homogenisierenden Strahlung sind. Klassische Aufbauten bestehen aus einem Einzel- oder einem Tandemarray regulärer Mikrolinsen und einer dahinter angeordneten Fourierlinse (Abb. 1, links und Mitte). Durch Überlagerung der Verteilungen vieler optischer Kanäle kommt es zu einem Mittelungseffekt und damit zur Homogenisierung. Speziell bei der Nutzung kohärenter Strahlungsquellen treten jedoch vom regulären Aufbau der Mikrolinsenarrays (MLA) hervorgerufene regelmäßige Interferenzmuster in der Intensitätsverteilung auf, die die Homogenität verschlechtern. Nutzt man jedoch eine Anordnung basierend auf gechirpten und damit nichtregulären MLA, können die äquidistanten Peaks in der Ausgangsverteilung vermieden werden (Abb. 1, rechts) /1/. Infolge der auftretenden Vielstrahlinterferenzen tritt stets eine Modulation der Top-Hat-Verteilung auf, die jedoch, verglichen mit regulären MLA, hochfrequenter

und unregelmäßiger ist, was mit einer Verbesserung der Homogenität einhergeht. Die Dimensionierung der gechirpten MLA beruht auf rein geometrischen Randbedingungen, wobei jeder Kanal dieselbe numerische Apertur besitzt, die zweiten Linsen sich im Fokus der ersten befinden und der Füllfaktor der Arrays möglichst groß ist, um maximale Transmission zu erreichen.

Als favorisierte Herstellungstechnik kommt das Schmelzen von Fotolack zum Einsatz, welches auf ebenen Substraten durchgeführt wird /2/. Die technologisch sinnvollste Auslegung des gechirpten Tandemlinsenarrays besteht damit in einer keilförmigen Anordnung. In Abb. 2 sind wellenoptische Simulationen der Ausgangsintensitätsverteilung für einen Wabenkondensator mit einem regulären und einem gechirpten Tandemarray für einen Keilwinkel von 7° dargestellt. Die verbesserte Homogenität und der geringere und unregelmäßigere Abstand benachbarter Intensitätsmaxima sind deutlich zu erkennen. Abbildung 3 zeigt einen Ausschnitt aus einer gemessenen Ausgangsverteilung. Gegenüber der Nutzung regulärer MLA kann die Homogenität eindimensional um mehr als eine Größenordnung verbessert werden.

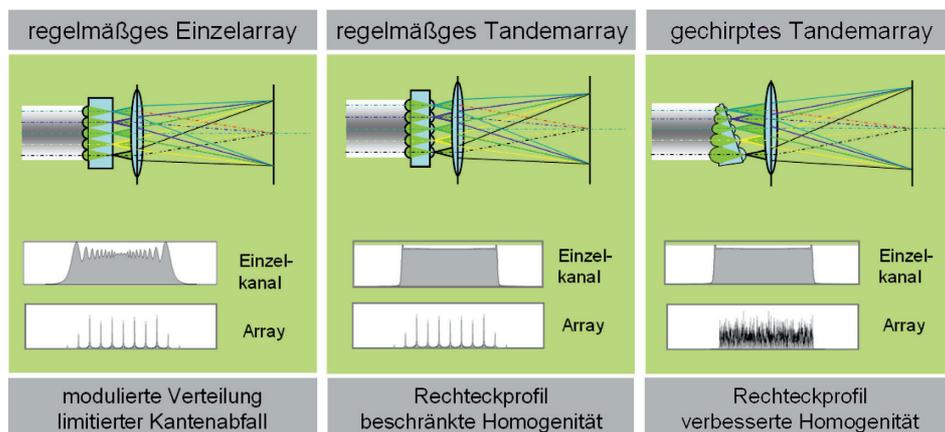
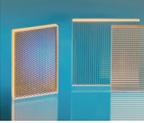


Abb. 1:
Prinzipieller Aufbau und Ausgangsintensitätsverteilung von Wabenkondensoren zur Strahlhomogenisierung mit regulären und gechirpten Mikrolinsenarrays.

Fig. 1:
Schematic drawing and output intensity distribution of fly's eye condenser setups using regular and chirped microlens arrays.

Chirped microlens arrays for the homogenization of coherent radiation



The homogenization of coherent laser sources with arbitrary intensity distribution into a top hat is required in widespread fields of application. This can be done by using fly's eye condensers which are less critical in alignment and more tolerant against temporal changes of the input intensity distribution compared to refractive beam shapers. Classical setups consist of a regularly single or a tandem array of microlenses followed by a Fourier lens (Fig. 1, left and middle). Here, an averaging effect is achieved by superimposing the radiation of the different channels, leading to improved homogeneity. The quality of the homogenization is disturbed by a comb of equidistantly spaced intensity peaks when using coherent radiation. This is caused by the regular structure of the microlens array which acts as a grating. The equidistant peaks in the output distribution can be suppressed when using chirped and therefore irregular microlens arrays (Fig. 1, right) /1/. Peaks are still present in the distribution with

an envelope of a top hat which is due to multiple beam interference effects. However, compared to regular arrays these peaks are located irregularly and more dense which goes along with an improved homogenization. The layout of the chirped microlens arrays is based on pure geometrical constraints whereas each channel possess the same numerical aperture, the lenses of the second array are located in the focal plane of the first and the fill factor of the array is maximized in order to achieve optimum transmission.

Reflow of photoresist is used as preferred fabrication technique which is performed on planar substrates /2/. Consequently, a wedge configuration is the technologically most reasonable layout of the chirped tandem array. Figure 2 shows the results of the wave optical simulation of the output intensity distribution for fly's eye condensers using regular and chirped tandem array with a wedge angle of 7°. The improved peak density and consequently homogenisation can

be observed clearly. The detail of a measured output intensity distribution in false color representation is provided in Fig. 3. The homogeneity of the output distribution can be improved by more than one magnitude in the one dimensional case compared to regular arrays.

References:

- /1/ Wippermann, F.; Zeitner, U. D.; Dannberg, P.; Bräuer, A.; Sinzinger, S.: Beam homogenizers based on chirped microlens arrays, *Opt. Exp.*, Vol. 15, No. 10 (2007) 6218-6231.
- /2/ Daly, D.; Stevens, R.; Hutley, M.; Davies, N.: The manufacture of microlenses by melting photoresist, *J. Meas. Sci. Technol.* 1 (1990) 759-766.

Abb. 2: Wellenoptische Simulation der Ausgangintensitätsverteilungen eines regulären (a) und eines gechirpten (b) Tandemarrays bei Beleuchtung mit einer ebenen Welle konstanter Amplitude unter senkrechtem Einfall.

Fig. 2: Wave optical simulation of the output intensity distribution of a (a) regular and (b) chirped tandem array when illuminated with a single plane wave at perpendicular incidence.

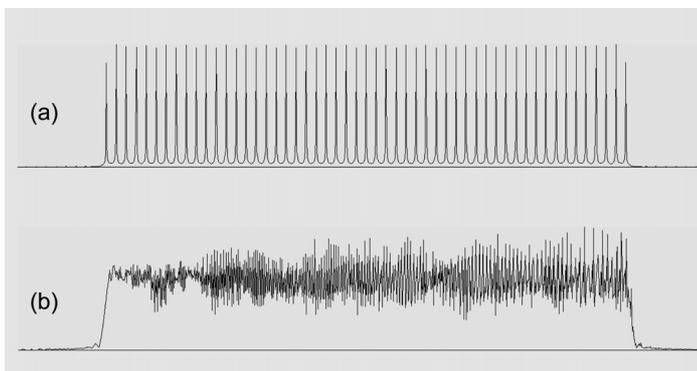


Abb. 3: Ausschnitt aus einer gemessenen Intensitätsverteilung in der Brennebene der Fourierlinse.

Fig. 3: Detail of a measured intensity distribution in the focal plane of the Fourier lens.

