

## ACHETER

# La micro-optique, une technologie clé dans notre monde actuel

Reinhard VOELKEL, CEO SUSS MicroOptics SA<sup>1</sup> - [reinhard.voelkel@suss.com](mailto:reinhard.voelkel@suss.com)

La micro-optique est aujourd'hui une technologie clé indispensable pour bien des produits et applications, tant industrielles que pour la grande consommation. Les exemples les plus prestigieux vont de la reconnaissance faciale sur nos smartphones, jusqu'aux éléments diffractants utilisés dans les steppers lithographiques haut de gamme pour le modelage de faisceau laser.

**D**ans le domaine des steppers lithographiques, la micro-optique a notamment eu un impact majeur sur la réduction des effets d'aberration et de diffraction dans la lithographie de projection, permettant une amélioration de la résolution spatiale passant ainsi de 1 micron à 7 nanomètres au cours des 20 dernières années.

La micro-optique joue également un rôle décisif dans les dispositifs médicaux (endoscopes, ophtalmologie), dans les équipements laser mais aussi dans les réseaux de communication par fibre optique, permettant ainsi l'accroissement considérable des vitesses de transmission Internet et sa démocratisation au sein de nos foyers.

Nos smartphones comportent également leur part d'éléments micro-optiques. Par exemple, certains des composants sont utilisés dans les lampes de poche, dans les caméras secondaires ou encore l'éclairage d'ambiance et les capteurs de proximité.

Partout où la lumière est impliquée, la micro-optique offre une chance de miniaturiser encore plus un dispositif, d'améliorer sa performance ou de réduire les coûts de fabrication et d'emballage. La fabrication de micro-optique sur wafer utilise les différentes technologies établies par l'industrie des semi-conducteurs (voir *figure 1*). Des milliers de composants sont donc fabriqués simultanément sur un wafer, ce qui assure la plus haute qualité possible à un prix extrêmement compétitif.

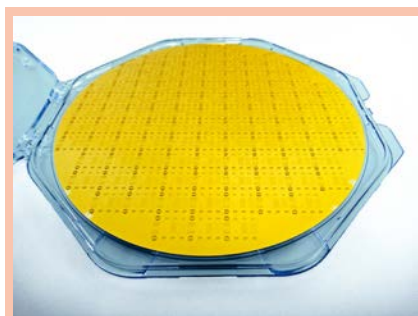


Figure 1. Matrices de micro-optiques sur un wafer. © SUSS MicroOptics.

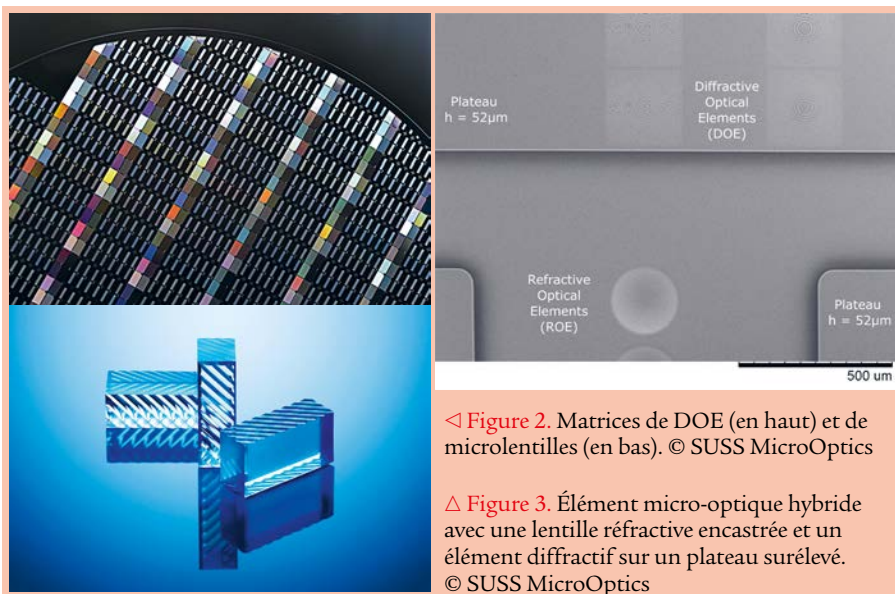
## MIROIRS DÉFORMABLES



## SYSTÈMES D'OPTIQUE ADAPTATIVE

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

<sup>1</sup> Fondée en 1999, SUSS MicroOptics a une grande expérience en design optique, microfabrication, métrologie optique et packaging ([www.suss.ch](http://www.suss.ch)).



◁ Figure 2. Matrices de DOE (en haut) et de microlentilles (en bas). © SUSS MicroOptics

△ Figure 3. Élément micro-optique hybride avec une lentille réfractive encastrée et un élément diffractif sur un plateau surélevé. © SUSS MicroOptics

## Fabrication de micro-optique sur wafer

De nombreuses technologies alternatives, comme la gravure, la modélisation par ultrason, le perçage et la découpe diamant, la diffusion et l'implantation ionique, l'estampage, l'ablation laser, le moulage, l'embossage, le litho-galvano moulage (LIGA), les polymères photostucturables, ont été développées pour la production micro-optique. Cependant, la plupart de ces technologies n'ont pas atteint le même niveau de performance que fournit la technologie sur wafer.

La fabrication de micro-optique sur wafer est basée sur un procédé de résine photosensible micro structurante, suivie d'une gravure au plasma qui transfère le motif en résine dans le wafer. Pour les réseaux de microlentilles réfractives, la photorésine est fondue dans un four ou sur une plaque chauffante. Après la fonte, le profil de lentille en résine est sphérique. Il peut être transféré directement dans le substrat où il peut être converti en lentille asphérique pendant l'étape de gravure. Les matériaux les plus courants sont le silicium et le verre de quartz. Le verre de quartz peut être utilisé pour les longueurs d'ondes de 193 nm à 3400 nm avec des classes de verres différentes pour l'UV, le visible et l'infrarouge. Le silicium est utilisé dans le proche infrarouge en particulier pour les télécommunications et transfert de données (1310 nm et 1550 nm).

Le diamètre typique des lentilles se situe entre 5 microns et 2 millimètres. Leurs flèches vont de quelques centaines de nanomètres jusqu'à plus de 200 microns. La technologie actuelle peut assurer une uniformité du rayon de courbure de typiquement  $\pm 2\%$  sur un wafer de 8" (200 mm) avec une irrégularité de profil de seulement quelques nanomètres de déviation RMS par rapport au meilleur fit sphérique (de 5 nm à 100 nm en fonction du profil de microlentille). Pour les micro-optiques diffractives, le motif de résine, qu'il soit binaire ou sur plusieurs niveaux, est transféré directement dans le wafer sans étape de fonte (voir figure 2). Les meilleurs rendements de diffraction sont atteints sur les éléments optiques diffractants (DOE) à 8 ou 16 niveaux (voir figure 4).

La capacité de combiner des éléments micro-optiques diffractifs et réfractifs sur un même wafer ainsi que

la possibilité de fabriquer des éléments micro-optiques double-face assurent la réalisation de designs complexes (voir figure 3). L'alignement des micro-optiques en face arrière par rapport à ceux de la face avant peut être garanti à 1 ou 2 microns près.

Toujours dans le but de rendre les micro-optiques accessibles à tout type d'application miniaturisée, il est possible d'encaster des microlentilles entre deux murs permettant ainsi d'assurer un meilleur positionnement et une grande proximité entre les éléments optiques les uns par rapport aux autres ou alors directement en face d'un capteur ou collecteur de lumière. Ainsi l'assemblage des micro-optiques est rendu plus simple et rapide, évitant tout risque d'endommager les surfaces optiques.

## Design d'éléments micro-optiques

La micro-optique a démontré son impact décisif en tant que technologie clé dans les applications de notre monde moderne. La technologie de fabrication sur wafer s'adapte aux besoins des utilisateurs et permet de répondre aux attentes les plus exigeantes dans des domaines d'application très variés. Les éléments micro-optiques réfractifs répondent aux exigences de la plupart des domaines d'application. Cependant, dans certains cas, l'optique diffractive offre plus de liberté dans le design optique, par exemple pour des lentilles à forte ouverture numérique ou pour des lentilles circulaires partielles. De plus, les éléments micro-optiques diffractifs permettent de créer une infinité de dessins lumineux allant

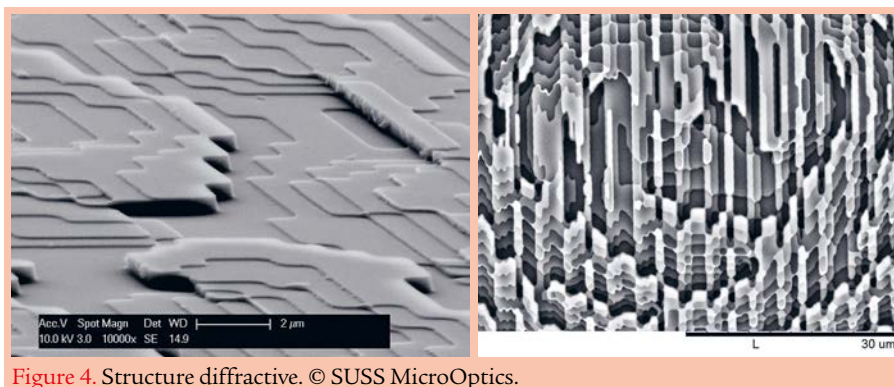


Figure 4. Structure diffractive. © SUSS MicroOptics.



## Exemples d'applications

### Matrices d'intégrateurs Köhler pour l'illumination dans le domaine visible

L'illumination Köhler, proposée par August Köhler en 1893 pour la microscopie, fournit une illumination uniforme d'un objet, indépendamment de la forme de la source de lumière, de son extension et de sa dispersion angulaire. Ce procédé est un jalon important dans la microscopie et constitue toujours un standard pour bien d'autres systèmes d'illumination aujourd'hui. Chaque point de la source de lumière peut être traité comme générant une onde plane de fréquence spatiale, déterminée par la position du point de source relatif à l'axe optique. En d'autres termes, lors de l'usage de l'illumination Köhler, chaque point du plan image est illuminé par la source entière, de sorte que les variations d'intensité de lumière provenant de la source n'affectent pas l'illumination du plan image. Cependant, si un élément constitué d'une lentille unique est utilisé pour collecter le flux de la source, les variations d'intensité de la source limiteront l'uniformité atteignable par l'illumination Köhler. Ce problème peut être surmonté en utilisant des canaux multiples d'illumination Köhler.

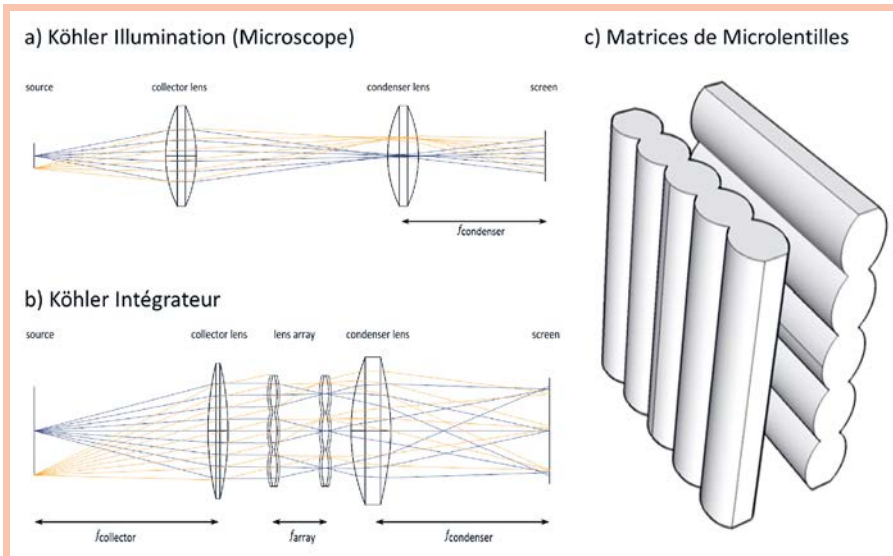


Figure 5. Principe des matrices d'intégrateurs Köhler.

de la simple matrice de points à des dessins bien plus complexes.

Le design d'un élément micro-optique dépend du système optique global qui est différent pour chaque application et chaque utilisateur (type de source lumineuse, contraintes mécaniques d'assemblage...). Le critère de performance optique est lui aussi dépendant de l'application : uniformité du faisceau, efficacité de couplage dans une fibre, efficacité de diffraction... Le design optique permet de définir les spécifications du composant micro-optique mais aussi d'étudier la sensibilité du design en fonction des tolérances de fabrication.

La définition d'une microlentille plano-convexe doit spécifier au minimum :

- le rayon de courbure,
- la conique,
- la déviation rms par rapport au meilleur fit asphérique,
- l'ouverture utile,
- le matériau et son épaisseur.

Le design d'éléments diffractifs est optimisé pour une longueur d'onde donnée. La performance optique dépend de la résolution de la structure diffractive mais aussi des tolérances de fabrication en particulier sur la hauteur des différents niveaux.



**LA FLEXIBILITÉ ET L'EXPERTISE  
AU SERVICE DE L'INNOVATION**



Hi-Tech Detection Systems

## OPTOÉLECTRONIQUE

DES SOLUTIONS ET UN SERVICE SUR MESURE POUR PETITES À TRÈS GRANDES SÉRIES - PRODUITS STANDARDS - SOLUTIONS SPÉCIFIQUES

**ÉMETTEURS UV-VIS-IR**  
LEDs et Power LEDs / Sources lumineuses à LED ou Xénon  
Diodes lasers / Lampes flash Xénon / Corps noirs miniatures

**DÉTECTEURS UV-VIS-IR**  
Pyro détecteurs / Thermopiles / Imageurs thermiques  
Photodiodes PIN et APD / Si, InGaAs / Barettes, quad  
SPCM, CPM, Compteurs de photons  
Modules SiPM Lynx



**APPLICATIONS : INDUSTRIELLES, GRAND PUBLIC, AÉRONAUTIQUES, MÉDICALES, BIOMÉDICALES, SCIENTIFIQUE, DÉFENSE, AUTOMOBILE**

Société HTDS - info@htds.fr - www.htds.fr - Tel : +33 (0)1 64 86 28 28

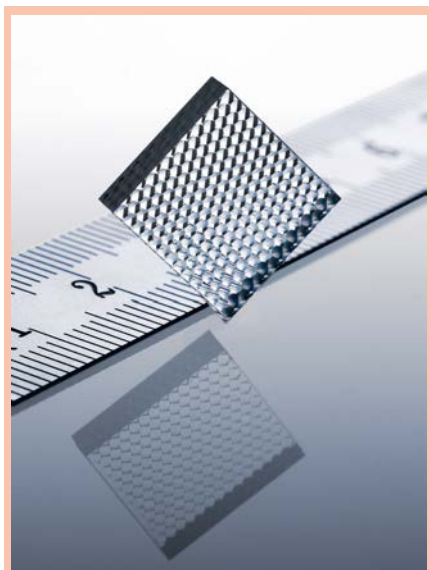


Figure 6. Matrice de microlentilles pour illumination (automobile). © SUSS MicroOptics

Les systèmes à multiples canaux d'illumination Köhler, également appelés condensateurs œil-de-mouche, intégrateurs (*array integrator*) ou intégrateurs Köhler, ont été proposés par Kurt Rantsch, un collègue d'August Köhler chez Carl Zeiss à Jena en 1938 (US Patent 2,186,123). La superposition de lumière des canaux parallèles d'illumination Köhler est effectuée par une lentille large, également appelée lentille Fourier, comme illustré en figure 5.

Les éléments diffractants permettent de créer une distribution de la lumière encore plus sophistiquée, mais leur application est généralement limitée à une palette réduite de longueurs d'onde

### Microlentilles en polymères sur verre pour application dans l'éclairage automobile et les biens de grande consommation

Pour les applications moins exigeantes, les éléments micro-optiques peuvent également être produits par un procédé d'impression de polymères sur verre. Ce procédé permet de produire de grandes quantités de micro-optiques sur wafer, par exemple pour des applications dans l'éclairage automobile (voir figure 6).

### Microlentille pour les applications médicales

Un exemple de technologie médicale utilisant la micro-optique est le traitement facial au laser pour le rajeunissement de la peau. Une micro-optique convertit un faisceau laser en un dessin de points lumineux. Ces points brûlent des trous microscopiques dans la peau qui développe ensuite de nouvelles cellules pour cicatrifier ces trous. On obtient ainsi une peau raffermie et rajeunie. Ce procédé utilise le même principe que l'élimination des tatouages par la technologie au laser.

### Microlentille pour le transfert de données

Le transfert de données est un secteur en plein essor avec la construction de gigantesques centres de données (*data centers*) où sont alignés des milliers de serveurs dans lesquels sont stockées nos données. La communication entre les serveurs se fait par fibre optique permettant des vitesses de communication importantes. Le couplage de lumière dans les fibres optiques multi et monomodes est alors rendu possible grâce à l'utilisation de microlentilles.

FABRICANT/ FOURNISSEUR	INFOS	CONTACT
Axetris	<a href="http://www.axetris.com">www.axetris.com</a>	HTDS-Hi Tech Detection Systems Tél.: +33 1 64 86 28 28 <a href="mailto:delphine.leber@htds.fr">delphine.leber@htds.fr</a>
Edmund Optics	<a href="http://www.edmundoptics.com">www.edmundoptics.com</a>	Tél.: +1 800 363 1992 <a href="mailto:sales@edmundoptics.com">sales@edmundoptics.com</a>
Holographix	<a href="http://www.holographix.com">www.holographix.com</a>	Tél.: +1 978 562 4474 <a href="mailto:info@holographix.com">info@holographix.com</a>
Holotetrix	<a href="http://www.holotetrix.com">www.holotetrix.com</a>	Denis Battarel Tél.: +33 2 29 00 16 16 <a href="mailto:denis.battarel@holotetrix.com">denis.battarel@holotetrix.com</a>
Ingeneric	<a href="http://www.ingeneric.com">www.ingeneric.com</a>	Tél.: +49 241 9 63 13 40 <a href="mailto:contact@ingeneric.com">contact@ingeneric.com</a>
Innolite	<a href="http://www.innolite.de">www.innolite.de</a>	Tel.: +49 241 475708 0 <a href="mailto:info@innolite.de">info@innolite.de</a>
Limo	<a href="http://www.limo.de">www.limo.de</a>	Tel.: +49 231 22241 0 <a href="mailto:info@limo.de">info@limo.de</a>
Moulded Optics	<a href="http://www.mouldedoptics.com">www.mouldedoptics.com</a>	Beate Dannewitz Tél.: +49 (0) 64 45 6000-16 <a href="mailto:beate.dannewitz@mouldedoptics.com">beate.dannewitz@mouldedoptics.com</a>
Newport Corporation	<a href="http://www.newport.com">www.newport.com</a>	Dalila Ait-Amir Tél.: 33 1 60 91 68 45 <a href="mailto:dalila.aitamir@newport.com">dalila.aitamir@newport.com</a>
Optoprim	<a href="http://www.optoprim.com">www.optoprim.com</a>	Guillaume Adam Tél.: +33 1 41 90 61 87 <a href="mailto:gadam@optoprim.com">gadam@optoprim.com</a>
Polyoptics	<a href="http://www.polyoptics.de">www.polyoptics.de</a>	Tél.: +49 2821 9 79 12 10 <a href="mailto:info@polyoptics.de">info@polyoptics.de</a>
PowerPhotonic	<a href="http://www.powerphotonic.com">www.powerphotonic.com</a>	Julian Hayes Tél.: +44 (0) 1383 825 910 <a href="mailto:julian.hayes@powerphotonic.com">julian.hayes@powerphotonic.com</a>
SUSS MicroOptics SA	<a href="http://www.suss-microoptics.com">www.suss-microoptics.com</a>	Reinhard Voelkel Tél.: +41 32 566 44 40 <a href="mailto:reinhard.voelkel@suss.com">reinhard.voelkel@suss.com</a>
Temicon	<a href="http://www.temicon.com">www.temicon.com</a>	Tanja Loforte Tél.: +49 761 137 3155-63 <a href="mailto:loforte@temicon.com">loforte@temicon.com</a>
Thorlabs	<a href="http://www.thorlabs.com">www.thorlabs.com</a>	Quentin Bollée Tél.: +33 9 70 44 48 44 <a href="mailto:qbollée@thorlabs.com">qbollée@thorlabs.com</a>
Viaoptic	<a href="http://www.viaoptic.de">www.viaoptic.de</a>	Markus Cremer Tél.: +49 (0) 6441 9011-58 <a href="mailto:cremer@viaoptic.de">cremer@viaoptic.de</a>