

Acheter un modulateur de phase spatial

Un modulateur spatial de lumière (SLM en anglais) est un instrument capable de moduler la phase, l'amplitude ou la polarisation d'un front d'onde optique dans ses deux dimensions spatiales (perpendiculairement à la direction de propagation), et dans le temps. Les applications sont nombreuses, allant de la corrélation optique à la mise en forme d'impulsions lasers, en passant par les systèmes de projection. Dans ce qui suit, nous nous intéressons uniquement aux modulateurs de phase spatiaux (SPM).



Image Holoeye Photonics

Les SPM sont basés sur l'utilisation de matériaux, comme les cristaux liquides, qui possèdent une anisotropie optique ou électrique.

Principe de fonctionnement

Le SPM permet d'imprimer sur la phase d'un front d'onde incident une information portée par un autre signal, qui peut être électrique ou optique, ou encore (mais plus rarement) thermique ou magnétique. Le principe repose sur une anisotropie optique du matériau qui compose le SLM, et que l'on contrôle à l'aide d'un signal d'entrée qui contient l'information à imprimer sur le faisceau à moduler.

Le matériau le plus utilisé aujourd'hui pour les SLM/SPM est probablement le cristal liquide, dont on peut modifier les propriétés optiques (notamment la biréfringence) par un simple contrôle électrique ou optique. On distingue deux familles de SLM à cristaux liquides :

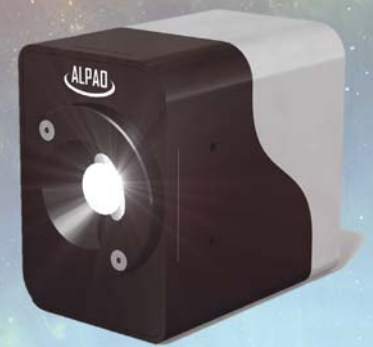
- les LCOS (cristaux liquides sur silicium) permettant un contrôle en réflexion,

souvent sous pilotage optique. Le faisceau optique de contrôle (*write beam*) imprime un gabarit d'intensité sur le silicium, qui à son tour induit une modulation spatiale de la matrice à cristaux liquides, ce qui modifie la réflexion du faisceau à moduler (*read beam*).

- les LCD (écrans à cristaux liquides) permettant un contrôle du front d'onde en transmission, sous pilotage électrique.

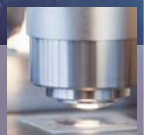
Les SPM à base de LCD (en transmission)

Un modulateur de phase spatial à LCD est un système électro-optique utilisant une matrice de cristaux liquides commandés électriquement pour apporter, en tout point d'une image, une modification de la phase du signal. L'action pouvant être différente sur chaque point de la matrice, un modulateur de phase spatial est donc un système imageant. L'utilisation de matrices de cristaux liquides offre en outre la possibilité de travailler non pas sur des pixels unitaires mais sur des groupes de pixels correspondant à des zones de l'image traitée. Permettant de corriger ou de moduler la phase d'une image, un SPM s'apparente à un système d'optique adaptative avec des différences fondamentales. S'il est possible d'avoir plus de pixels et des systèmes plus compacts et plus rapides, la correction, contrairement à l'optique adaptative qui travaille avec des miroirs (donc des membranes continues),

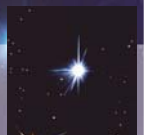


MIROIRS DEFORMABLES

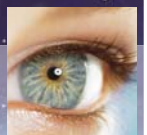
Microscopie



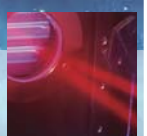
Astronomie



Ophtalmologie



Laser



www.alpao.com

présente des lacunes entre les différents pixels ; ce taux de remplissage faible engendre des ordres de diffraction parasites, responsables d'une perte d'efficacité du SLM. Par ailleurs, les modulateurs de phase spatiaux présentent plus de pertes que les systèmes d'optique adaptative car la lumière doit traverser la matrice de cristaux liquides.

Les principales caractéristiques d'un SPM

La première caractéristique, qui dépend de l'image à travailler, est la taille et la forme de la matrice – celle-ci pouvant être linéaire, rectangulaire ou hexagonale. Les formats proposés par les différents constructeurs sont relativement proches, et offrent des dispositifs matriciels allant de 500 x 600 pixels à 1080 x 1920 pixels, ou jusqu'à 12 000 pixels en linéaire.

Un second point, beaucoup plus discriminant car très différent d'un constructeur à l'autre, est le temps d'écriture de la matrice, c'est-à-dire le temps nécessaire pour venir appliquer un signal sur l'ensemble des pixels de la matrice. Cette vitesse conditionne aussi la fréquence avec laquelle l'utilisateur va pouvoir venir appliquer une correction sur son image. La sensibilité du

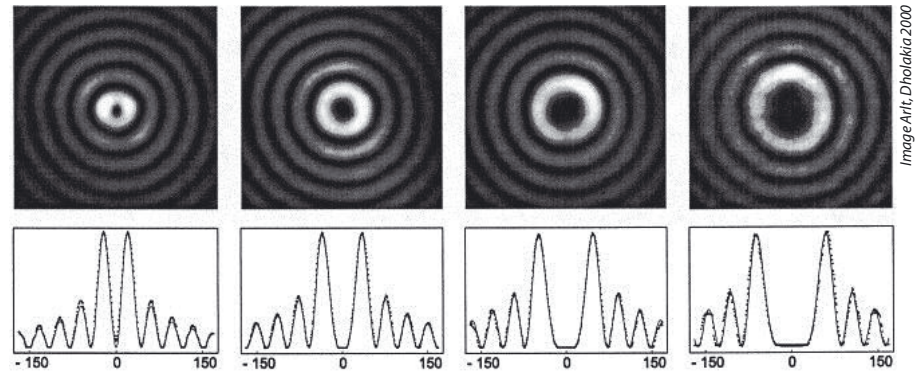


Figure 1. Les SLM permettent de générer des fronts d'onde présentant une variation de phase azimutale, tels que des vortex optiques ou des faisceaux de Bessel d'ordres élevés.

système, c'est-à-dire sa capacité à écrire un grand nombre de phases sur un pixel, est aussi un point important. Il conditionne la précision d'écriture que pourra atteindre le SPM. Parallèlement la dynamique ou profondeur d'écriture est liée à la possibilité de travailler sur une gamme allant de 0 à 2π ou de 0 à 4π .

Parmi les caractéristiques liées directement à la géométrie de la matrice, on trouve le facteur de remplissage ou *fill factor*, qui traduit l'espace libre entre les pixels, espace sur lequel il sera impossible d'appliquer une correction. La résolution du système, liée à la taille des pixels, traduit, comme dans une caméra CCD par

exemple, la plus petite zone sur laquelle le système sera capable d'apporter une correction. Enfin, le *cross-talk* représente la capacité du modulateur de phase à rendre les pixels indépendants. En effet, le fait de modifier un pixel influence très fréquemment les pixels voisins. L'effet peut être gênant si l'on veut avoir une modulation par paliers discrets, ou au contraire être bénéfique si l'on souhaite avoir une modulation continue.

La dernière caractéristique, qui peut être très différente d'un système à l'autre, est le taux de rafraîchissement (à ne pas confondre avec l'*input frame rate*, qui est le même pour tous les fabricants de SPM

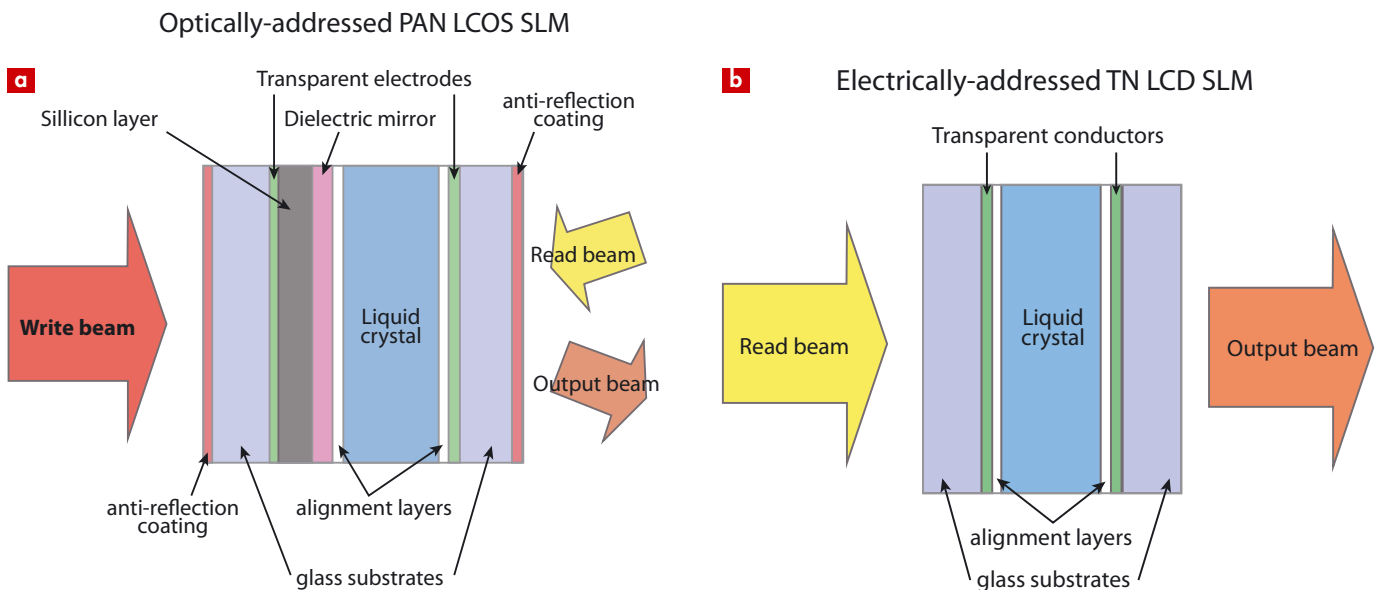


Figure 2. (a) Les LCOS (cristaux liquides sur silicium) permettant un contrôle en réflexion, souvent sous pilotage optique. (b) Les LCD (écrans à cristaux liquides) permettent un contrôle du front d'onde en transmission, souvent sous pilotage électrique.

en réflexion : 60 Hz). Le taux de rafraîchissement est lié au bruit de phase créé par la relaxation des cristaux liquides entre deux impulsions. En effet, ceux-ci, sollicités par plusieurs impulsions successives, reviennent dans leur position initiale. Ce bruit de phase, qui peut être plus ou moins important et donc plus ou moins gênant, conduit à une vitesse maximale de rafraîchissement de l'information. Cette vitesse peut aller de quelques centaines de Hertz à quelques kiloHertz.

Enfin, la notion de plage spectrale de travail est un élément important, mais les SPM offrent tout un choix de traitements permettant de s'adapter aux besoins de l'utilisateur. Les différents fournisseurs proposent ainsi des modulateurs capables de travailler sur les différentes régions du spectre.

Conclusion

Les modulateurs de phase spatiaux permettent d'imprimer un gabarit de phase

sur un front d'onde optique incident, dans le plan perpendiculaire à sa direction de propagation. Les SPM les plus courants sont à base de cristaux liquides, dont la biréfringence peut être contrôlée électriquement ou optiquement, que ce soit en réflexion (matériel de haute efficacité) ou en transmission (matériel courant mais moins efficace). Les SPM répondent aujourd'hui à une très large variété d'applications, dans l'industrie et pour la recherche, depuis les applications d'imagerie jusqu'à la mise en forme d'impulsions femtosecondes. Dans ce dernier exemple, l'impulsion est envoyée sur un réseau afin d'étaler spatialement son spectre. Le SPM applique ensuite une phase différente sur chaque longueur d'onde, ce qui permet d'agir sur la durée de l'impulsion. La combinaison de deux modulateurs permet de contrôler à la fois la durée et l'amplitude de chaque longueur d'onde.

Remerciements à Yann Joly (Optoprim), pour l'aide apportée à la rédaction de cet article.

Société	Marques	Contact
Acal BFI	Conoptics	Dadi Wang 01 60 79 59 84 dadi.wang@bfiophtilas.com
Photonlines	Meadowlark (modèle polarisant), Boulder Nonlinear Systems, Cambridge Research and Instrumentation	Agnès Robert 01 30 08 99 00 ag-robert@photonlines.fr
Laser 2000	Meadowlark (modèle LCOS)	Rémy Carrasset 05 57 10 92 86 carrasset@laser2000.fr
Jenoptik	Jenoptik	02 31 51 37 51 info.fr@jenoptik.com
Optoprim	Holoeye	Yann Joly 01 41 90 33 76 yjoly@optoprim.com
Alpao, Eveon Group (vendu par Imagine Optic)		Vincent Tempelaere vte@eveon.eu
Hamamatsu	Hamamatsu	Laurent Demezot 01 69 53 71 00 ldemezot@hamamatsu.fr
Fastlite		Pascal Tournois 04 88 13 17 51 pascal.tournois@fastlite.com

À l'étranger

Boston Micromachines Corporation (USA)	Steven Cornelissen 617.868.4178 steven@bostonmicromachines.com
--	--



La solution InGaAs idéale pour la haute dynamique temps réel en SWIR (900 nm - 1700 nm)

Nouveau DESIGN

Caractéristiques

- Dynamique >140 dB
- Sans TEC
- Consommation <1.5 W
- USB 2.0
- Logiciel WiDy Vision **NOUVEAUTÉ**
- Disponible en rolling QVGA et global VGA



Applications

- Imagerie Laser (Télécom, Industriel)
- Contrôle de procédés (Soudage, Semi conducteur, Agroalimentaire)
- Pharmaceutique, Agriculture
- Thermographie hautes températures

www.new-imaging-technologies.com