

PHOTOTRACEUR UV A MICRO-MIROIRS POUR LA REALISATION DE FONCTIONS OPTIQUES INTEGREES ET DIFFRACTIVES

Émilie Bialic¹, Mélanie Kessels¹, Isabelle Hardy², Philippe Grosso², Kévin Heggarty¹, Rafael Torrès³ et Pierre Pellat-Finet⁴

¹ Institut TELECOM, TELECOM Bretagne, CNRS UMR Foton

² Institut TELECOM, TELECOM Bretagne Lannion, CNRS UMR Foton, CCLO

³ Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, Colombie

⁴ Université Bretagne Sud Lorient

Laboratoire Foton, CNRS UMR 6082, TELECOM Bretagne, CS 83818, 29285 Brest

emilie.bialic@telecom-bretagne.eu

RÉSUMÉ

Le sujet concerne la réalisation d'un phototraceur utilisant un écran à micro-miroirs (DMD : Digital Micro-mirror Device) fonctionnant dans l'UV entre 300 et 400 nm. Ce phototraceur permet la photo-inscription directe dans des polymères de fonctions optiques intégrées et/ou d'éléments diffractifs.

MOTS-CLEFS : *phototraceur; DMD; optique intégrée; éléments diffractifs.*

1. INTRODUCTION

La lithographie par projection optique est une technique de gravure photochimique où une information est gravée dans une fine couche de matériau photosensible déposée sur un substrat. Ces dernières années, les avancées de la lithographie ont permis la fabrication de microstructures à 2 ou 3 dimensions dans des domaines techniques tels que : l'optique intégrée, la nanotechnologie, l'industrie des semi-conducteurs.

Ces microstructures sont généralement fabriquées par des techniques standard de photolithographie utilisant soit plusieurs masques binaires, soit un masque codé par différents niveaux de gris, ou encore par écriture directe mono-faisceau (rayon X, faisceau laser, faisceau d'électrons, faisceau d'ions). [1]

Récemment de nouvelles techniques de photolithographie ont été proposées selon lesquelles des masques reconfigurables remplacent les photomasques classiques. Ces masques reconfigurables en temps réel sont habituellement des écrans à cristaux liquides (LCD : Liquid Crystal Display) ou à micro-miroirs (DMD), utilisés comme modulateurs spatiaux de la lumière. Par rapport aux LCD, le DMD utilisé dans notre application présente l'avantage de travailler en réflexion (ce qui le rend moins dépendant de la longueur d'onde) et de pouvoir descendre en UV profonds. Ces techniques profitent à la fois des avantages d'un écran programmable comportant environ un million de pixels et permettant l'utilisation simultanée d'environ un million de faisceaux, et de ceux d'un système de photolithographie.

2. PRINCIPE DU PHOTOTRACEUR A DMD

Le phototraceur est essentiellement constitué d'une matrice de micro-miroirs (DMD), d'un objectif de projection et de platines de translation XY (figure 1). Le principe du phototraceur est le suivant : l'image affichée électroniquement sur le DMD est projetée sur une fine couche de photopolymère, déposée sur un substrat, à travers une optique de projection dont le grandissement est adapté pour obtenir une résolution submicronique. La source lumineuse est constituée d'une

lampe flash FX-4400 commercialisée par Perkin-ElmerTM et d'un guide de lumière qui permet d'homogénéiser l'éclairage au niveau du DMD (figures 2a et 2b).

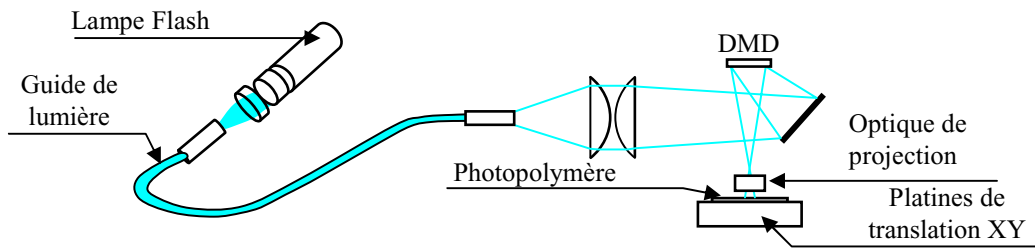


Fig.1 : Schéma de principe du photo-traceur

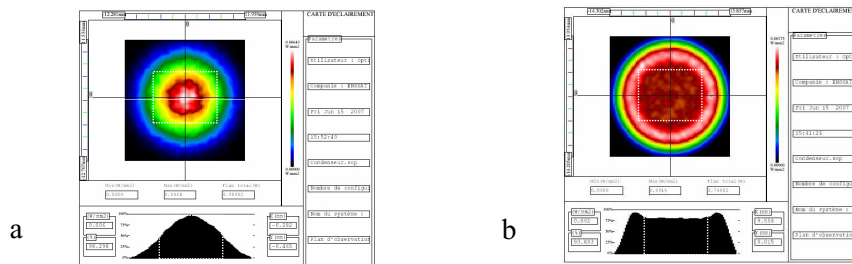


Fig. 2 : Répartition de l'éclairement UV sur le DMD
a : éclairage direct b : éclairage à travers le guide de lumière

Une fois la première image insolée, l'éclairage est interrompu par l'extinction de la lampe flash, les platines de translation XY qui supportent le photopolymère se déplacent elles aussi avec des résolutions submicroniques, puis l'image suivante s'affiche sur le DMD, l'éclairage est restauré, et ainsi de suite jusqu'à ce que toute l'image soit insolée. [2]

Lors de l'affichage des images, différentes techniques sont employées : le traçage en blocs qui tient compte des images dont la taille est supérieure à celle du DMD, une « super résolution » qui comble la zone opaque présente entre les pixels du DMD, un *step and repeat* qui permet de reproduire plusieurs fois une même structure et enfin le multi-niveau qui permet de réaliser des structures 3D (figure 3).

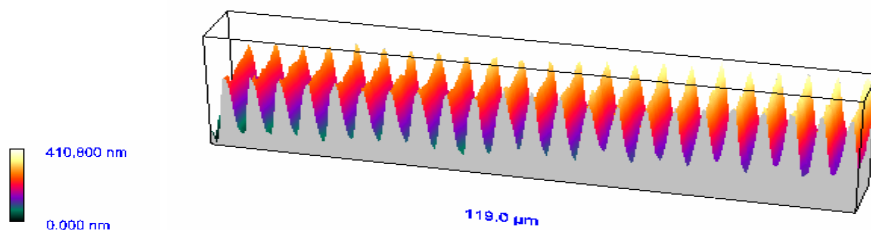


Fig. 3 : Exemple de réalisation d'une structure 3D par la technique de multi-niveau

Contrairement aux écrans LCD l'écran DMD commercialisé par Texas Instruments (TI) permet de travailler avec des longueurs d'ondes inférieures à 400 nm, ce qui offre deux avantages : l'augmentation de la résolution des microstructures avec la diminution de la longueur d'onde d'inscription (limite de diffraction) et la possibilité d'utiliser d'autres matériaux comme par exemple le PVCi (PolyVinylCinnamate) photosensible à 310 nm [3]. La matrice active comprend 1024x768 micro-miroirs de 13,68 µm de côté ; le taux de remplissage optique est de 85%.

3. RÉALISATIONS

Avec ce DMD, notre objectif est d'atteindre à terme une résolution submicronique compatible avec la réalisation de fonctions optiques intégrées telles que des micro-résonateurs en anneau (figure 4) ou des réseaux de Bragg (leur pas doit être de l'ordre de 500 nm pour extraire une longueur d'onde dans la bande C des télécommunications). Pour atteindre cette résolution l'optique de projection doit présenter un grandissement d'au moins 20 sans être limitée par la diffraction.



Fig.4 : Micro-résonateur en anneau inscrit sur photo-résine

L'autre application majeure du phototraceur concerne la réalisation de composants diffractifs destinés par exemple à la mise en forme de faisceaux [4] comme le montre la figure 5.

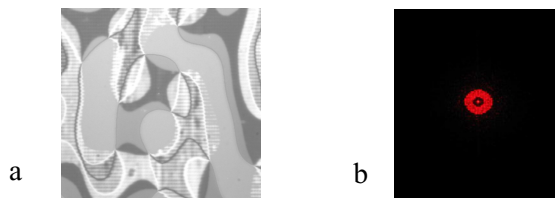


Fig. 5 : Mise en forme de faisceau laser par un composant diffractif

a : Vue au microscope interférométrique d'un élément diffractif multi-niveau photo-inscrit
b : Visualisation de la mise en forme du faisceau par reconstruction de l'élément présenté

CONCLUSION

Nous avons développé un phototraceur UV à DMD qui nous a permis de réaliser, dans un photopolymère, des structures optiques intégrées telles que des micro-résonateurs en anneau et des réseaux de Bragg ainsi que des éléments diffractifs. Le travail actuel dans ce projet se concentre sur l'adaptation d'une optique de projection à fort grossissement (x20) et l'utilisation des longueurs d'ondes avoisinant les 310 nm pour la photo-inscription directe dans le PVCi.

Ces travaux de recherche ont été principalement financés par le projet région Bretagne, PRINT, et le projet européen NewTon (NMP-4-CT-2005-017160).

RÉFÉRENCES

- [1] M. Kessels, "Technique et dispositif pour la photo-inscription direct massivement parallèle de structures submicroniques (2 et 3D) Applications", *Thèse de Doctorat, Université de Bretagne Sud, 2008, chap.1.*
- [2] M. Kessels, M. El Bouz, R. Pagan, K. Heggarty, "Versatile stepper-based maskless microlithography using a liquid crystal display for direct write of binary and multilevel microstructures", *J. Micro/Nanolith. MEMS MOEMS* 6(3), Sep. 2007.
- [3] A. Maalouf, D. Bosc, F. Henrio, S. Haesaert, P. Grosso, I. Hardy, M. Gadonna, "Polymer optical circuits technology for large scale integration of passive functions", *proc. of SPIE, Vol. 6183, 61831H-1. (2006).*
- [4] R. Torres, P. Pellat-Finet, Y. Torres, "Fractional shifting and sampling in the fractional domain. Application to digital holography", *AIP Conference Proceedings* 992 (2008) 168-173.