HAL
open science

Microstructuration de matériaux polymères pour la fabrication de composants optiques diffractifs

Christiane Carre, Aurélie Chan Yong, Kevin Heggarty, Guillaume Vignaud, Isabelle Pillin

To cite this version:

Christiane Carre, Aurélie Chan Yong, Kevin Heggarty, Guillaume Vignaud, Isabelle Pillin. Microstructuration de matériaux polymères pour la fabrication de composants optiques diffractifs. Colloque "Optique 2013 - Horizons de l'Optique", Jul 2013, Villetaneuse, France. hal-00920101

HAL Id: hal-00920101

https://hal.science/hal-00920101v1

Submitted on 17 Dec 2013

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

MICROSTRUCTURATION DE MATERIAUX POLYMERES POUR LA FABRICATION DE COMPOSANTS OPTIQUES DIFFRACTIFS

Christiane Carré[1,2], Aurélie Chan Yong[1,3], Kevin Heggarty[1,3], Guillaume Vignaud[1,4], Isabelle Pillin[1,4]

[1] *UEB, Université Européenne de Bretagne, France*

[2] *CNRS, UMR 6082 Foton, Enssat, 6 rue de Kerampont, CS 80518, 22305 Lannion Cedex, France*

[3] *Institut Mines-Télécom, Télécom Bretagne, Département d'Optique, Technopôle Brest Iroise CS 83818, 29238 Brest Cedex 3, France*

[4] *Laboratoire d'Ingénierie des Matériaux de Bretagne (LIMATB), Université de Bretagne Sud, Centre de Recherche, BP 92116, Rue Saint Maudé, 56321 Lorient, France*

christiane.carre@univ-ubs.fr

RÉSUMÉ

L'objectif de l'étude est la fabrication d'éléments optiques diffractifs (EODs), performants et répondant aux besoins actuels des industriels, selon un procédé simple à mettre en œuvre, reproductible et pour un coût raisonnable. Pour cela, le matériau retenu est un sol-gel hybride de la famille des ORMOCER®s compte tenu de ses performances attrayantes (transparence, stabilités thermique, chimique et mécanique). L'élément final est créé par moulage à partir d'un EOD en photorésine obtenu par photolithographie à écriture directe parallèle à 436 nm. Le procédé mis en place, optimisé et validé repose sur de nombreuses caractérisations structurelles et fonctionnelles. Il conduit aujourd'hui à une nouvelle génération d'EODs présentant des efficacités de diffraction à l'ordre 0 inférieures à 1%.

MOTS-CLEFS : *composant diffractif ; polymère ; sol-gel hybride, photolithographie.*

1. INTRODUCTION

Un EOD est un dispositif capable de modifier par diffraction la distribution spatiale d'un faisceau lumineux. La lumière diffractée par l'élément forme des fronts d'ondes qui interfèrent et se recombinent pour donner naissance à la répartition lumineuse souhaitée, dans le plan de reconstruction. Dans notre cas, les EODs [1] agissent sur la phase de l'onde. Pour cela, les différences de marche optique d'un point à un autre correspondent à des variations locales d'épaisseur générées dans le matériau support (Fig. 1). Les motifs constituant ce relief sont calculés à partir des caractéristiques de l'onde incidente et de la figure de diffraction souhaitée à la sortie de l'EOD. Ces composants peuvent fonctionner en tant que réseau, microlentille ou diviseur de faisceau à l'échelle microscopique… Ils trouvent de larges applications dans la mise en forme de faisceaux lasers, pour le micro-usinage, la micro-soudure ou le micro-marquage. Leur utilisation est une solution élégante pour limiter au maximum les pertes de lumière, résoudre les problèmes d'aberrations optiques ou diminuer l'encombrement stérique d'un montage.

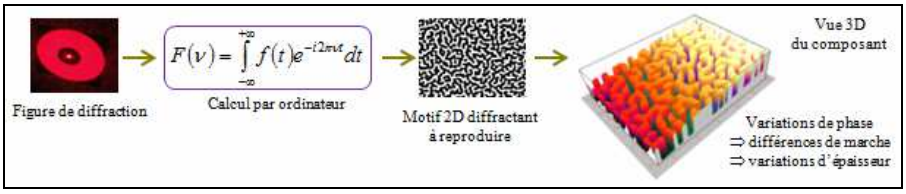

Fig. 1 : Conception de la microstructure d'un EOD par ordinateur.

2. PROCEDE DE FABRICATION DES EODS ET CARACTERISATION

Initialement, à Télécom Bretagne, le matériau pour cela utilisé était une photorésine (PR) positive (SHIPLEY S1805) [2], peu coûteuse et simple à mettre en œuvre par photolithographie. Cette création correspond à une écriture directe grâce à un phototraceur fonctionnant à 436 nm et utilisant comme masque un micro-écran à cristaux liquides, de façon à imager le motif à reproduire dans la couche photosensible [1]. Ces EODs ne donnant pas entière satisfaction aux demandes des indusdtriels, l'étude s'est tournée vers la fabrication d'EODs avec un matériau sol-gel hybride (SGH), l'Ormocomp de la famille des ORMOCER®s [3]. Son intérêt par rapport à la PR réside dans le fait que c'est un matériau possédant des propriétés mécaniques proches de celles du verre tout en ayant la possibilité de micro- ou nano-structuration par voie photochimique. Cette formulation autorise l'utilisation de la raie à 365 nm des lampes à vapeur de mercure, mais pas de celle du phototraceur fonctionnant à 436 nm. Afin d'y remédier, la nouvelle génération d'EODs est créée par moulage dans le sol-gel hybride du relief initialement créé dans la photorésine.

L'objectif étant alors de générer dans le SGH un relief inversé et semblable à celui de la PR, le procédé de transfert a été validé grâce à l'analyse des reliefs par microscopie interférométrique (reliefs en concordance présentant des hauteurs similaires d'environ 0,5 µm) et celle des propriétés optiques des différentes microstructures. Simultanément, une étude complémentaire par microscopie à force atomique des reliefs induits dans les deux matériaux (Fig. 2-a et b) a permis de comparer les structures créées dans la photorésine avec celles des éléments obtenus par moulage dans le sol-gel hybride aux échelles submicrométriques. Cela a permis d'accéder à de nouvelles informations pour optimiser le procédé et améliorer les performances des composants considérés. De plus, la détermination précise des courbes d'indices de réfractions en fonction de la longueur d'onde des deux matériaux (Fig. 2-c) et l'étude des effets de la couche anti-adhérente déposée sur le moule lors du procédé de duplication a été effectuée par ellispomètrie, cette technique étant un moyen privilégié pour analyser des couches fines de matériaux par réfraction.

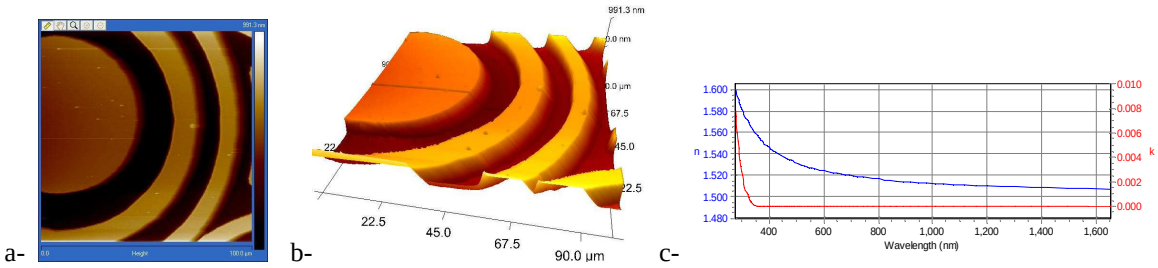

Fig. 2 : Analyse par AFM d'une microlentille créée dans le matériau sol-gel hybride par moulage d'un EOD en photorésine : - a : sur une surface de 100x100 µm^2 ; b : reconstruction 3D sur 50x50 µm^2. c- Courbe d'indice de réfraction du SGH en fonction de la longueur d'onde pour le modèle New amorphous.

CONCLUSION

De par ses meilleures propriétés optiques, mécaniques, thermiques et chimiques comparées à celles de la photorésine, le matériau sol-gel hybride ici proposé apparaît aujourd'hui comme un matériau de choix dans le contexte actuel de miniaturisation croissante des systèmes optiques. En particulier, il permet d'accéder à une gamme de micro-optiques diffractives répondant à de nouveaux besoins industriels. De plus, Cette technique de recopie ouvre la voie à la fabrication de petites séries reproductibles d'EODs en sol-gel hybride à partir d'un unique moule SGH.

RÉFÉRENCES

[1] M.V. 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, vol. 6(3), pp. 033002, 2007.

[2] http://www.microresist.de/products/room_haas/pdf/Microposit_S1800_G2_Serie.pdf

[3] http://www.microresist.de/produkte/ormocer/ormocer_de.htm