Photopolymères et holographie : exemples et retombées

Christiane Carré, Christian Ley, Yvon Renotte, Paul Smigielski

▶ **To cite this version:**

Christiane Carré, Christian Ley, Yvon Renotte, Paul Smigielski. Photopolymères et holographie : exemples et retombées. 14ème Colloque international francophone sur les Méthodes et Techniques Optiques pour l'Industrie / 16ème congrès français du club FLUVISU/SFO (CMOI-FLUVISU 2015), Club CMOI - Société Française d'Optique, Nov 2015, Pleumeur-Bodou, France. pp.130-131. hal-01584425

HAL Id: hal-01584425
https://hal.science/hal-01584425

Submitted on 11 Sep 2017

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.

Photopolymères et holographie : exemples et retombées

Christiane Carré [(1)], Christian Ley [(2)], Yvon Renotte [(3)], Paul Smigielski [(4)]

(1) Laboratoire FOTON, UMR FOTON, CNRS, Université de Rennes 1, ENSSAT, 6 rue de Kerampont, CS 80518, F 22305 Lannion

(2) Laboratoire de Photochimie et d'Ingénierie Macromoléculaires, Université de Haute Alsace, 3b rue Alfred Werner, F 68093 Mulhouse

(3) HOLOLAB, Dept AGO, Université de Liège, B5a - Sart Tilman, B 4000 Liège, Belgique

(4) Club CMOI (http://www.club-cmoi.com/), 4 Bd Président Roosevelt, F 68200 Mulhouse

1. Introduction

Depuis le début des années 70, différents matériaux polymères ont été ou sont développés afin de créer par irradiation inhomogène :

- un relief à la surface du matériau. Il peut être généré in situ dans le milieu ou apparaître après lavage de l'échantillon (= étape de développement après irradiation), seules les zones non polymérisées étant solubles ;
- des variations locales d'indice de réfraction, seule cette possibilité intervient lorsque les films photosensibles sont laminés ;
- ou une modulation des propriétés ONL.

Cela permet de stocker les informations contenues dans la figure lumineuse incidente et, donc en particulier, de les utiliser en tant que support d'enregistrement holographique. Cet objectif impose donc une bonne compréhension des processus physico-chimiques apparaissant au cours de l'illumination, ainsi que l'identification des relations existant entre la nature chimique des composés et leurs propriétés optiques. Outre l'adaptation des formulations aux différentes contraintes optiques liées au mode d'illumination, tout ce travail conduit à une réflexion sur les cinétiques des réactions de photopolymérisation puisque l'illumination se fait dans un volume extrêmement réduit.

2. Principe de fonctionnement

Lorsqu'un système photopolymère est soumis à un éclairement variable, l'absorption des photons incidents et, donc, la réaction chimique photoinduite sont spatialement inhomogènes. Ceci se traduit par l'apparition de gradients de concentration entre les zones de faible intensité incidente et celles de forte intensité (monomère, polymère, photosensibilisateur, photoproduits ou inhibiteurs de la réaction). Ils induisent alors des processus de diffusion du photoamorceur ou des monomères des zones sombres vers les zones claires [1].

Dans les films photopolymérisables minces où l'interface monomère-air est libre de toute contrainte mécanique extérieure, l'application d'un gradient de densité d'éclairement conduit simultanément à des phénomènes de courbure de surface et de contraction de volume. Ils engendrent l'apparition d'un relief à la surface du matériau. Simultanément, les changements locaux de viscosité de la matrice modifient localement la cinétique des processus mis en jeu. Par utilisation d'un monomère multifonctionnel, il y a construction dans l'émulsion d'une architecture tridimensionnelle rigide présentant une répartition inhomogène de la matière. Celle-ci correspond à des variations locales de densité de matière qui sont fonction de la répartition lumineuse mise en jeu lors de l'irradiation [2].

3. Exemples et applications

Même si l'essor de l'holographie n'a pas été celui initialement prévu à la fin des années 80, le bilan des travaux dédiés au développement de matériaux photopolymères pour l'enregistrement holographique est aujourd'hui positif car cela a conduit à des applications spécifiques dans les

domaines du stockage d'information, de la protection des objets ou de la création de composants optiques. Des supports d'enregistrement holographique photopolymérisables sont aujourd'hui commercialisés par différentes sociétés (DuPont, Bayer, DAI Nippon ou la société Lynx au Brésil) et destinés à des hologrammes dits de sécurité contre la contrefaçon (pour les banques, la production de luxe…). Trois exemples seront ici plus particulièrement présentés :

- Systèmes photopolymérisables à base d'acrylates donnant naissance à une modulation d'indice de réfraction par photostructuration : différents systèmes photopolymérisables ont été proposés en tant que support d'enregistrement holographique de 1984 à 2005 à l'Ecole de Chimie de Mulhouse. Ces matériaux à base d'acrylamides ou d'acrylates multifonctionnels, simples d'emploi et flexibles conduisent à des hologrammes de phase épais et permanents où l'information est stockée sous forme d'une modulation d'indice de réfraction. Leur principal intérêt est qu'il n'est pas nécessaire de transformer l'image latente en image fixe, contrairement aux émulsions contenant des cristaux d'halogénures d'argent. Face au besoin croissant de grande capacité d'archivage d'informations, le stockage holographique peut encore être une voie prometteuse, en ceci qu'elle permet d'exploiter l'ensemble du volume du matériau et non plus seulement sa surface. La recherche de matériaux holographiques performants est relancée, d'où le travail effectué basé sur la mise en œuvre de systèmes photosensibilisateurs à trois composants proposés par le LPIM [2] ;
- Utilisation de photoresists et de matériaux sol-gel hybrides pour enregistrer une information sous forme d'un relief pour la création d'éléments optiques diffractifs (EOD) : ce sont des dispositifs correspondant à une micro-, voire nano-, structure calculée par ordinateur, puis transférée dans un matériau sous forme d'un relief binaire ou multi-niveaux. Ces éléments sont capables de modifier par diffraction la distribution spatiale d'un faisceau lumineux et sont en particulier utilisés pour la mise en forme de faisceaux laser. Ici, c'est un procédé simple à mettre en œuvre, reproductible et pour un coût raisonnable qui est proposé : il est adapté à la production de prototypes (en nombre limité) et de petites séries (quelques dizaines d'éléments) [3] ;
- Mise en œuvre de matériaux composites photopolymère/cristal liquide : il s'agit ici de niches tirant profit des possibilités de commutation liées aux propriétés du cristal liquide, le matériau possédant simultanément les avantages d'un photopolymère (structuration par la lumière et caractère auto-développant). En particulier, des hologrammes à polarisation circulaire, sous forme de vortex multiples et qui sont enregistrés dans un matériau composite photopolymère/cristal liquide peuvent être mis en jeu en interférométrie différentielle de speckle [4].

4. Bibliographie

1. J. GUO, M.R. GLEESON, J.T. SHERIDAN, "A review of the optimization of photopolymer materials for holographic data storage", Physics Research International, ID 803439 (16 p.), 2012.

2. A. IBRAHIM, C. LEY, X. ALLONAS, C. CARRÉ & I. PILLIN, "Tailoring 3-component photoinitiating systems for use as efficient photopolymerizable holographic material", J. Display Technol., vol.10, p. 456-463, 2014.

3. A. CHAN YONG, K. HEGGARTY, C. CARRÉ & D. BATTAREl, "Rapid prototyping of diffractive optical elements in microstructured sol-gel hybrid material", Proc. 2nd EOS Conf. Manufacturing of Optical Components, paper 4376, 2011.

4. P. BLAIN, F. MICHEL, P. PIRON, Y. RENOTTE & S. HABRAKEN, "Combining shearography and interferometric fringe projection in a single device for complete control of industrial applications", Optical Engineering, vol. 52, p. 0841021-7, 2013.