

# 3<sup>ème</sup> Journée Thématique COUCHES MINCES OPTIQUES

organisée par le Club Couches minces optiques de la SFO

**Vendredi 18 mars 2016**

**Institut FRESNEL (Marseille)**

9h30 *Accueil des participants* autour d'un café

10h00 *Introduction générale* – M. Lequime (Institut Fresnel)

## **10h15 SESSION 1 – Communications invitées 1<sup>ère</sup> Partie**

10h15 *Direct Optical monitoring in intermittent mode*, Alfons Zoeller (Bühler Alzenau GmbH)

10h45 *Conception, réalisation et caractérisation de filtres interférentiels complexes par pulvérisation réactive magnétron assistée par plasma*, Thomas Begou (Institut Fresnel)

## **11h15 SESSION 2 – Présentations orales des communications par affiches**

## **12h15 SESSION POSTERS**

## **13h00 BUFFET**

La discussion informelle autour des affiches pourra naturellement se prolonger durant le déjeuner

## **14h00 SESSION 3 – Communications invitées 2<sup>ème</sup> Partie**

14h00 *Métamatériaux : vers des propriétés optiques sur demande*, Stéphane Larouche (Duke University)

14h30 *Développement de composants optiques de grande taille pour laser multi-PW*, Adrien Hervy (REOSC (SAFRAN))

15h00 *Les miroirs de la première détection des ondes gravitationnelles*, Laurent Pinard (Laboratoire des Matériaux Avancés)

15h30 *Revêtements multicouches pour la microscopie à rayons X dans la fenêtre de l'eau*, Catherine Burcklen (Institut D'Optique)

## **16h00 Conclusions et Libres Discussions**

16h00 *Conclusions de la Journée, Annonces et Débat*, M. Lequime (Institut Fresnel)

16h30 *Libres discussions autour d'une boisson et visites de l'Espace Photonique de l'Institut Fresnel*

# Direct Optical monitoring in intermittent mode

Alfons ZOELLER, Bühler

*Alzenau GmbH, Business Area Leybold Optics*

## Résumé :

Direct optical monitoring in intermittent mode has been widely used in R&D and production of optical coatings since 2005. However the first trials were done in the late seventies already. Now it is used in classical box coaters and in high precision sputtering systems for many different layer systems such as dielectric mirrors, anti-reflection coatings, sophisticated edge filters, polarizer coatings, beam splitters, multiple cavity band-pass filters, and notch filters.

The film thicknesses and properties on the monitor glass or witness are identical or at least very close to those of the substrates. Pre-production analysis by computer simulation of coating processes helps to optimise monitoring strategies and reduces the effort for expensive and time consuming test runs significantly. However not in any case we can find error compensating monitoring strategies. Also we have to deal with error accumulation effects especially with multi-layer systems with large number of layers. Changing the monitor glass after the layer stack is deposited partly is a useful method to discontinue error accumulation or to simplify the monitoring strategy. Therefore a test glass changer which rotates with the substrate holder was introduced for box-coaters.

A standardized data transfer procedure supports the sequence from design through monitoring strategy, pre- production analysis and real coating runs. The goal is that the first run of a new coating design is a success even with complex layer systems.

The principle of operation of monitoring systems used in sputtering and evaporation box coaters with single rotating and planetary substrate holders will be presented. The capability of the monochromatic monitoring system type OMS 5000 and the dedicated process simulation tool will be demonstrated on the basis of many application results from magnetron sputtering and evaporation processes. Also the first results of the WB-OMS, a newly developed broadband monitoring system will be presented.

## Biosketch :

Alfons Zoeller received his Diploma in Electrical Engineering in 1973 from the University of Applied Science, Frankfurt, Main. In 1976 he joined the Leybold Group, and spent 13 years engaged in the development of optical monitors and automatic control systems. He was responsible for the development of the APS Plasma Source and plasma ion assisted coating processes, including precision optics and ophthalmic applications. From 2000 to 2002 he was Plant Manager and Managing Director of Corning NetOptix's German operation, a start-up facility for development and production of DWDM thin film filters for fibre optic applications. In 2003 he re-joined Leybold Optics as Manager of R&D, and is responsible mainly for R&D of in-situ optical monitoring systems for precision optics applications. Leybold Optics GmbH is now renamed to Bühler Alzenau GmbH.

Current Position: Manager R&D Optical Coating Technology

# Conception, réalisation et caractérisation de filtres interférentiels complexes par pulvérisation réactive magnétron assistée par plasma

Thomas BEGOU

Fabien LEMARCHAND, Michel LEQUIME et Julien LUMEAU

Mots-clés : Couches minces optiques, filtres interférentiels, dépôt physique en phase vapeur (PVD).

## Résumé :

La présentation aura pour but d'exposer les principaux résultats expérimentaux obtenus par l'équipe Couches Minces Optiques de l'Institut Fresnel (RCMO) lors de la réalisation de composants de filtrage optique en couches minces fabriqués par pulvérisation réactive magnétron assistée par plasma (machine de dépôt HELIOS développée par Bülher).

Après avoir présenté le principe de fonctionnement du bâti de dépôt et les propriétés optiques des matériaux disponibles (indices de réfraction, coefficients d'extinction), je montrerai les résultats obtenus à l'occasion de la réalisation de filtres complexes (avec un nombre de couches pouvant atteindre 140-150 par face et une épaisseur totale allant jusqu'à 25  $\mu\text{m}$ ) pour des domaines spectraux allant de l'UV jusqu'au proche IR. Les caractérisations incluront des mesures spectrophotométriques, une détermination de la réjection, ainsi que des mesures d'uniformité et de cosmétique.

Dans une deuxième partie, je m'intéresserai plus particulièrement aux propriétés mécaniques de composants à très grande planéité tels que des miroirs pour le visible et plans à  $\lambda/30$ . Afin d'inclure ces spécifications particulières dans la conception des miroirs, je présenterai une étude détaillée des contraintes mécaniques associées aux différents matériaux utilisés permettant de modéliser finement la déformation finale du composant.

# Métamatériaux: vers des propriétés optiques sur demande

Stéphane LAROUCHE

*Department of Electrical and Computer Engineering, Pratt School of Engineering, Duke University, Box 90291, Durham, North Carolina 27708, USA*

## Résumé :

Les métamatériaux sont des matériaux structurés auxquels il est possible d'assigner des propriétés effectives. Avec cette approche, il est possible d'ajuster les propriétés optiques des matériaux et d'obtenir des propriétés non disponibles chez les matériaux naturels. Cela a conduit à la réalisation de matériaux avec des indices de réfractions négatifs et des capes d'invisibilité, qui ont captivé l'attention du public. Les métamatériaux permettent aussi d'obtenir des dispositifs avec des profils d'indices et une anisotropie arbitraires, par exemple. Dans cette présentation, je vais passer en revue le domaine des métamatériaux, en me concentrant sur les travaux récents à l'Université Duke. En particulier, je vais présenter la fabrication de dispositifs diffractifs anisotropes et la création de matériaux fortement nonlinéaires.

## Biosketch :

Stéphane Larouche est un professeur adjoint de recherche dans le département de génie électrique et informatique de l'école d'ingénierie Pratt de l'Université Duke. Il a reçu un B. Ing, un M. Sc. A. et un Ph. D. en génie physique de l'École polytechnique de Montréal en 2000, 2003 et 2008, respectivement. Durant ses études graduées, ses travaux se sont concentrés sur le design des filtres optiques interférentiels. Il est l'auteur principal du logiciel libre OpenFilters. En tant que stagiaire postdoctoral, puis chercheur, et maintenant professeur adjoint il a étudié plusieurs aspects des métamatériaux électromagnétiques. Ses centres d'intérêts sont actuellement les métamatériaux pour l'optique et les métamatériaux nonlinéaires.

# Développement de composants optiques de grande taille pour laser multi-PW

Adrien HERVY<sup>1</sup>

Laurent GALLAIS<sup>3</sup>, Gilles CHERIAUX<sup>2</sup>, Daniel MOURICAUD<sup>1</sup>, Slimane DJIDEL<sup>1</sup>, Antoine FRENEAUX<sup>2</sup>, Jean-Paul CHAMBARET<sup>2</sup>, Catherine LEBLANC<sup>2</sup>, Matthieu SOMEKH<sup>2</sup>, François MATHIEU<sup>2</sup>, Nicolas BONOD<sup>3</sup>, Arnaud COTEL<sup>4</sup>, Frederic DESSEROUER<sup>4</sup>, Olivier UTEZA<sup>5</sup>, Raphael CLADY<sup>5</sup>, Marc SENTIS<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Reosc (SAFRAN Group), Avenue de la tour Maury, 91280 Saint-Pierre-du-Perray

<sup>2</sup>Laboratoire d'Utilisation des Lasers Intenses, Ecole Polytechnique, 91128 Palaiseau Cedex

<sup>3</sup>Aix Marseille Université, CNRS, Centrale Marseille, Institut Fresnel, UMR 7249, 13397 Marseille

<sup>4</sup>Aix Marseille Université, CNRS, LP3 UMR 7341, 13288 Marseille

<sup>5</sup>HORIBA Jobin Yvon, 16-18 rue du Canal, 91165 Longjumeau

## Résumé :

De nombreux lasers multi PW sont en construction de par le monde actuellement. Les impulsions de ces lasers s'élèvent à quelques centaines de Joules pour des durées très brèves jusqu'à 15 fs. Ceci conduit à la nécessité pour les miroirs et réseaux compris dans ces systèmes laser de présenter une haute réflectivité dans un large domaine spectral, une faible GDD (Group Delay Dispersion) et dans le même temps une très haute fluence. Dans le même temps, les contraintes générées dans ces couches se doivent d'être maîtrisées au mieux pour assurer la bonne planéité des optiques produites.

REOSC a mené des études très poussées sur échantillon de comportement des matériaux optiques en régime fs, que ce soit en couche mince ou en empilement, avant de lancer la production de composants réels avec des empilements judicieusement optimisés. Les couches sont déposées par e-beam avec assistance ionique.

Nous présenterons les résultats obtenus pour des empilements multi-diélectriques ainsi que pour des empilements hybrides métal-diélectrique développés pour le transport de faisceaux 10 PW, en polarisation s et p, avec des fluences de 0.5 à 1 J/cm<sup>2</sup>. Les performances obtenues sont 2 à 3 fois supérieures à l'état de l'art actuel en ce domaine au niveau planétaire.

# **Les miroirs de la première détection des ondes gravitationnelles**

Laurent PINARD

*Laboratoire des Matériaux Avancés (LMA), IN2P3/CNRS, Université de Lyon, F-69622  
Villeurbanne, Lyon*

## Résumé :

Le 11 Février 2016, la première détection directe d'une onde gravitationnelle a été officialisée. C'est un événement majeur pour l'astrophysique. Ce résultat a été rendu possible par l'utilisation d'interféromètres gravitationnels tels que LIGO et Virgo. Les miroirs de grandes dimensions qui forment les cavités Fabry-Perot ont été réalisés par un laboratoire français, le LMA. Les performances optiques de ces miroirs multidiélectriques hors norme et les méthodes utilisées pour les atteindre seront détaillées.

# **Revêtements multicouches pour la microscopie à rayons X dans la fenêtre de l'eau**

Catherine BURCKLEN

Franck DELMOTTE

*Institut d'Optique Théorique et Appliquée Bâtiment 503 - Centre Universitaire 91403 ORSAY*

## Résumé :

Dans le cadre du développement d'un microscope X à miroirs et fonctionnant dans la fenêtre de l'eau (longueur d'onde comprise entre 2,4 et 4,4 nm), nous menons une étude sur les revêtements réfléchissants à base de structures multicouches chrome/scandium. Ces revêtements ont été déposés par pulvérisation cathodique magnétron au laboratoire. Leurs structures et leurs performances ont été caractérisées par réflectométrie X à 8keV et à la longueur d'onde d'utilisation sur rayonnement synchrotron.