
Sujet de thèse

Laboratoire: Institut Fresnel

Directeur de thèse : Frank WAGNER et Jean-Yves NATOLI

Email : frank.wagner@fresnel.fr et jean-yves.natoli@fresnel.fr

Adresse : Institut Fresnel, Domaine Universitaire de Saint Jérôme, 13397 Marseille

Tel : 04 91 28 83 93 et

Titre : Composants durables pour la photonique de puissance en régime nanoseconde

Description :

Les composants optiques utilisés dans les lasers nanosecondes ultraviolets (UV) sont soumis à des conditions extrêmes du fait que l'énergie par pulse de ces lasers est élevée et que l'énergie des photons l'est aussi (355 nm -> 3.49 eV ; 266 nm -> 4.66 eV). Pourtant ces lasers sont volontiers employés pour des applications de micro-usinage et de métrologie. Par exemple l'ESA a envoyé en 2018 l'instrument Aladin dans le satellite Aeolus. Grâce à son laser UV de puissance Aladin peut mesurer la vitesse des vents (par méthode Doppler) à des altitudes jusqu'alors inatteignables. Cependant, le premier laser d'Aladin a eu une durée de vie de seulement un an malgré toutes les précautions prises et l'instrument opère aujourd'hui avec son laser de secours [1].

L'exemple du laser d'Aladin est typique pour les lasers opérant sous vide ou dans des environnements scellés et l'effet qui cause leur perte en puissance de sortie est appelé Laser-Induced Contamination (LIC) [2]. Cet effet se manifeste après des centaines de milliers d'impulsions (ou plus), mais ils existent aussi d'autres mécanismes de vieillissement des optiques pour l'UV qui deviennent limitants à des irradiances plus fortes et des nombres d'impulsions moindres comparé à la LIC [3]. Tous ces effets, que l'on appelle aussi des effets de fatigue, sont liés à la probabilité d'induire des modifications des matériaux irradiés par les photons UV. Leur étude et compréhension est nécessaire à l'améliorations de la longévité des lasers UV qui a un intérêt évident pour les applications spatiales, mais aussi pour les fournisseurs de lasers pour les applications standards.

L'équipe ILM de l'Institut Fresnel possède une solide expertise dans l'étude du vieillissement sous irradiation UV [4]. Nous avons démontré, que dans la silice irradiée à 266nm, qu'il était possible de suivre l'évolution du matériau avant l'endommagement grâce à l'acquisition du spectre de luminescence et de son évolution [3]. Plus récemment, bénéficiant du parc de machines de caractérisation de l'institut, nous avons travaillé sur les effets LIC et ont caractérisé le dépôt LIC obtenu sous irradiation à 355 nm. Les propriétés optiques et thermiques des dépôts sont de première importance en vue d'une simulation de l'effet au moment de la conception des instruments [5,6].

On se propose durant cette thèse de doctorat de réaliser une étude principalement expérimentale des différents mécanismes limitant la durée de vie des composants optique pour la photonique de puissance dans l'UV. Les questions intéressantes du côté LIC

concernent le mécanisme de la transformation morphologique des dépôts (bosse vers cratère) [2,5]. En ce qui concerne le vieillissement des substrats optiques, nous avons l'intention de caractériser l'évolution de différents cristaux qui servent à la conversion de fréquence, mais peuvent aussi être envisagé comme remplacement de la silice pour les optiques transmissives.

Nous attendons du (de la) candidat(e) de bonnes connaissances en physique, des connaissances de base en programmation et un goût prononcé pour l'observation expérimentale et sa compréhension par des modèles empiriques.

Une partie des travaux de cette thèse va être effectuée en collaboration avec le CEA, Cristal Laser ou le CNES.

Références bibliographiques :

- [1] ESA, Second laser boosts Aeolus power, European Space Agency. (n.d.).
https://www.esa.int/Our_Activities/Observing_the_Earth/Aeolus/Second_laser_boosts_Aeolus_power (accessed September 4, 2019).
- [2] W. Riede, H. Schroeder, G. Bataviciute, D. Wernham, A. Tighe, F. Pettazzi, J. Alves, Laser-induced contamination on space optics, in: Laser-Induced Damage In Optical Materials: 2011, SPIE, 2011: p. 81901E.
- [3] A. Beaudier, F.R. Wagner, J.-Y. Natoli, Using NBOHC fluorescence to predict multi-pulse laser-induced damage in fused silica, Optics Communications. 402 (2017) 535–539.
<https://doi.org/10.1016/j.optcom.2017.06.073>.
- [4] F.R. Wagner, A. Beaudier, J.-Y. Natoli, Discussing defects related to nanosecond fatigue laser damage: a short review, OE. 57 (2018) 121904.
<https://doi.org/10.1117/1.OE.57.12.121904>.
- [5] G.G. El Reaidy, F.R. Wagner, D. Faye, J.-Y. Natoli, Study of the first stages of laser-induced contamination, OE. 57 (2018) 121903. <https://doi.org/10.1117/1.OE.57.12.121903>.
- [6] F.R. Wagner, G. Gebrayel El Reaidy, D. Faye, J.-Y. Natoli, Laser induced deposits in contaminated vacuum environment: Optical properties and lateral growth, Optics & Laser Technology. 122 (2020) 105889. <https://doi.org/10.1016/j.optlastec.2019.105889>.