

LASER A MILIEU AMPLIFICATEUR CERAMIQUE Yb:CaF₂

P. Aballea,¹ A. Suganuma,¹ F. Druon,^{2,*} J. Hostalrich,² P. Georges,² P. Greidin,^{1,3} M. Mortier,¹

1. PSL Research University, Chimie ParisTech – CNRS, Institut de Recherche de Chimie Paris, 75005, Paris, France

2. Laboratoire Charles Fabry, Institut d'Optique, CNRS, Université Paris-Sud, 2 Ave. Augustin Fresnel, Palaiseau Cedex 91127, France

3. Université Pierre et Marie Curie, 4 Place Jussieu, 75005, Paris, France

*correspondance : frederic.druon@institutoptique.fr

RÉSUMÉ

Nous présentons le premier laser pompé par diode à amplificateur céramique d'Yb:CaF₂ élaborées par un procédé de synthèse simple et écologique. Nous obtenons une puissance laser de 1,6 W pour une puissance absorbée de 4 W. Les résultats sont comparables à ceux obtenus avec un monocristal d'Yb:CaF₂ de taux de dopage analogue et ouvrent ainsi des perspectives intéressantes pour ces nouvelles céramiques optiques dans le cadre des lasers de puissance pompés par diode.

MOTS-CLEFS : *laser ytterbium, céramiques transparentes, fluorine*

1. DE L'INTERET DES CERAMIQUES EN FLUORINE DOPEES YB

L'apparition des cristaux de fluorure de calcium dopé à l'ytterbium (Yb:CaF₂) constitue, sans doute, une des avancées les plus significatives de cette dernière décennie dans le domaine des lasers. Ce fluorure dopé Yb sous sa forme monocristalline est d'ores et déjà reconnu comme un candidat sérieux pour le développement de lasers pompés par diode de haute énergie grâce à des propriétés thermiques adaptées à une utilisation comme matériau laser et des propriétés spectroscopiques à la frontière entre celles des verres et des matériaux cristallins du fait de la présence d'agrégats d'ytterbium au sein de la structure cristalline [1]. Néanmoins, les monocristaux souffrent de limitations dues aux problèmes de dépolarisation, de résistance thermo-mécanique avec un impact négatif sur les performances laser et de coûts de production élevés préjudiciables à une large diffusion de ce matériau comme amplificateur laser. Ainsi, dans les systèmes haute-puissance, la dépolarisation en raison de contraintes peut fortement dégrader les performances laser en induisant des pertes ; le polissage des cristaux fortement dopés (typiquement > 3%) reste difficile, ce qui entraîne souvent une mauvaise qualité de surface et un seuil de dommage dégradé ; et la sensibilité aux chocs thermiques des cristaux implique des précautions particulières.

De ce point de vue, la céramique devient une alternative attrayante économiquement et permet d'améliorer certaines des propriétés du fluorure de calcium dopé ytterbium. Le caractère polycristallin de la céramique et l'orientation aléatoire des grains rendent en effet le matériau plus isotrope et moins sensible aux contraintes et à la dépolarisation. De plus, l'utilisation de céramiques présente des avantages tels que: l'absence de ségrégation macroscopique des ions dopants, une meilleure résistance thermo-mécanique, presque pas de restrictions en taille ou en forme, la capacité de produire des architectures complexes à dopages variables. Cependant, à ce jour, seules quelques rares études sur les céramiques Yb:CaF₂ permettent de conclure sur leur intérêt.

Les céramiques utilisées dans cette étude sont produites à partir de nanopoudres d'Yb:CaF₂ obtenues par un processus de chimie douce décrit précédemment [2]. Un corps à cru est alors produit et fritté à une température modérée (généralement < 60 % de la température de fusion) dans

l'air et sans aucune assistance de pression. Ainsi, contrairement à un procédé de synthèse céramique à base d'un monocristal déjà existant, tel que rapporté dans [3], cette méthode ne nécessite pas une étape de traitement à forte et couteuse dépense énergétique comme une croissance des monocristaux préliminaire ou une étape de frittage à haute température et à haute pression.

2. RESULTATS LASER EN POMPAGE PAR DIODE

Les performances des céramiques ont été évaluées, à température ambiante, dans une cavité laser simple, représentée fig. 1a. Les faces des céramiques n'étant pas traitées antireflet, les réflexions de Fresnel sont recouplées dans la cavité afin de réduire les pertes. Les échantillons sont pompés en continu par une diode laser fibrée (de diamètre 50 μm et O.N.=0,22) délivrant, à 977 nm, jusqu'à 7,5 W. Le faisceau de pompe a été imagé 1 : 1 dans le cristal. Les meilleures performances sont obtenues avec une céramique dopée à 4 % en ytterbium et de longueur 2,71 mm qui absorbe jusqu'à 4 W. En optimisant le coupleur de sortie, une puissance de 1.6 W est obtenue pour une puissance absorbée de 4 W (fig. 1b). En insérant un prisme dans la cavité, l'accordabilité en longueur d'onde est réalisée entre 1015 nm et 1062 nm (fig. 1c). A titre de comparaison, un monocristal d'Yb :CaF₂ dopé à 4,5 % et de longueur 3,8 mm testé dans les mêmes conditions. Le monocristal absorbant plus du fait d'un plus fort dopage et d'une plus grande longueur, nous avons comparé les performances en fonction des puissances absorbées (fig. 1d). Les pentes d'efficacité sont très proches : 51,7 % pour le monocristal testé et 42,7 % pour la céramique.

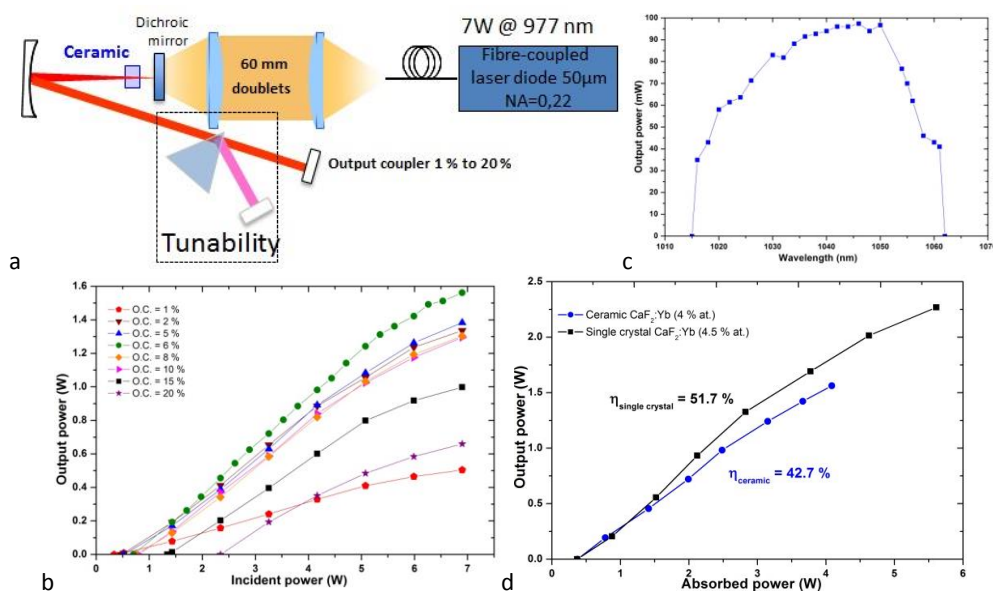


Fig. 1: Résultat laser d'une céramique Yb:CaF₂ : dispositif expérimental, puissance de sortie en fonction du coupleur, accordabilité et comparaison avec un monocristal.

En conclusion, nous avons démontré pour la première fois un laser à céramique Yb:CaF₂ élaborée à partir de nanopoudres et nous avons obtenu des résultats prometteurs avec une bonne efficacité (> 40%), comparable aux monocristaux.

REFERENCES

- [1] F. Druon, S. Ricaud, D. N. Papadopoulos, A. Pellegrina, P. Camy, J-L. Doualan, R. Moncorgé, A. Courjaud, E. Mottay, P. Georges, *Opt. Mater. Express* 1, 489-502 (2011)
- [2] A. Lyberis, G. Patriarche, P. Gredin, D. Vivien M. Mortier, *J. Eur. Ceram. Soc.* 31, 1619 (2011).
- [3] M.Sh. Akchurin, T.T. Basiev, A.A. Demidenko, M.E. Doroshenko, P.P. Fedorov, E.A. Garibin, P.E. Gusev, S.V. Kuznetsov, M.A. Krutov, I.A. Mironov, V.V. Osiko, P.A. Popov, *Opt. Mater.* 35, 444 (2013).
- [4] P. Aballea, A. Suganuma, F. Druon, J. Hostalrich, P. Georges, P. Gredin, and M. Mortier, *Optica* 2, 288-291 (2015)