



HAL
open science

Plateforme de croissance cristalline : élaboration de cristaux massifs

Abdelmjid Benayad, Gurvan Brasse, Vivien Menard, Pavel Loiko, Alain Braud, Patrice Camy

► To cite this version:

Abdelmjid Benayad, Gurvan Brasse, Vivien Menard, Pavel Loiko, Alain Braud, et al.. Plateforme de croissance cristalline : élaboration de cristaux massifs. OPTIQUE Normandie 2024, La Société Française d'Optique, Jul 2024, Rouen, France. hal-04655096

HAL Id: hal-04655096

<https://hal.science/hal-04655096>

Submitted on 21 Jul 2024

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.

PLATEFORME DE CROISSANCE CRISTALLINE : ELABORATION DE CRISTAUX MASSIFS

Abdelmjid BENAYAD, Gurvan BRASSE, Vivien MENARD, Pavel LOIKO, Alain BRAUD, et Patrice CAMY

CIMAP – Centre de recherche sur les Ions, les Matériaux et la Photonique

UMR 6252 CEA-CNRS-ENSICAEN-Normandie Université

6 boulevard du Maréchal Juin – 14050 CAEN Cedex 4

France

abdelmjid.benayad@ensicaen.fr

RÉSUMÉ

Le laboratoire CIMAP, leader internationalement reconnu pour la croissance de cristaux de fluorures dopés terres rares, dispose d'une plateforme de cristallogenèse permettant la croissance, la préparation et la caractérisation de monocristaux de haute qualité optique sous la forme de massifs ou de couches minces. A travers les différents projets de recherche et collaborations, la plateforme s'est développée pour répondre à un haut niveau d'exigence en terme de qualité.

MOTS-CLEFS : *Cristallogenèse ; Cristaux Laser ; Fluorures*

1. INTRODUCTION

Les méthodes de croissance des cristaux de fluorures requièrent des installations en atmosphère contrôlée et une forte expertise. Très peu d'équipes dans le monde ont aujourd'hui les compétences et les infrastructures pour produire des cristaux de fluorures pour l'optique dont la qualité permet à la fois de mener une recherche de pointe, mais aussi de réaliser des lasers ou des amplificateurs de très forte énergie. Au fil des années l'équipe OML du laboratoire CIMAP a su développer ses compétences, son expertise et un savoir faire unique en France dans le domaine de la croissance cristalline de fluorures dopés avec des ions terres rares, sous la forme de cristaux massifs destinés notamment à des applications laser. La plateforme de cristallogenèse du CIMAP est d'abord riche de l'expertise des techniciens, ingénieurs et chercheurs qui la composent. Elle dispose également des équipements adaptés les plus récents, tant au niveau de l'élaboration des cristaux, que de leur préparation, leur mise en forme ou leur caractérisation. Cette plateforme, qui est aujourd'hui unique en Europe sur le plan académique, est au service de la recherche dans le domaine des cristaux pour l'optique et les lasers en particulier. Elle peut aussi répondre plus largement à des projets de recherche en science des matériaux.

2. TECHNIQUES DE CROISSANCE CRISTALLINE

Les techniques de croissance cristalline mises en œuvre au CIMAP sont orientées vers la croissance de monocristaux de fluorures sous la forme de massifs en atmosphère contrôlée. L'une des principales contraintes pour la croissance de fluorures est en effet la réactivité de ces derniers avec l'oxygène lorsqu'ils sont portés à haute température et a fortiori lors de leur croissance à partir d'un bain fondu. La présence d'oxygène, via l'oxygène de l'air ou de l'humidité ambiante, va favoriser la création d'oxyfluorures, dont la présence va modifier les propriétés optiques, spectroscopiques et la qualité des cristaux synthétisés. Tenant compte de ces contraintes, les dispositifs de cristallogenèse

dont dispose le CIMAP permettent la croissance de cristaux fluorures de très haute qualité optique, sous atmosphère contrôlée.

La plateforme de croissance dispose de 3 fours de croissance Bridgman et de 3 fours de croissance Czochralski pour la croissance de monocristaux massifs. La plateforme dispose également des installations nécessaires pour la synthèse des précurseurs fluorures par la fluoration de précurseurs oxydes, en général plus purs et moins coûteux que les précurseurs fluorures disponibles dans le commerce et avec possibilité de stockage en boîte à gants.

Ci-dessous figurent des exemples, non exhaustifs, de cristaux synthétisés au CIMAP pour des applications laser, obtenus à partir des différentes techniques présentées précédemment :

- Bridgman : CaF_2 , BaF_2 , SrF_2 , LiF , KY_3F_{10} , CaSrF_2 , ... purs ou dopés terres rares ;
- Czochralski : LiYF_4 , KYF_4 , LiLuF_4 , CaF_2 , KY_3F_{10} , ... purs ou dopés terres rares ;

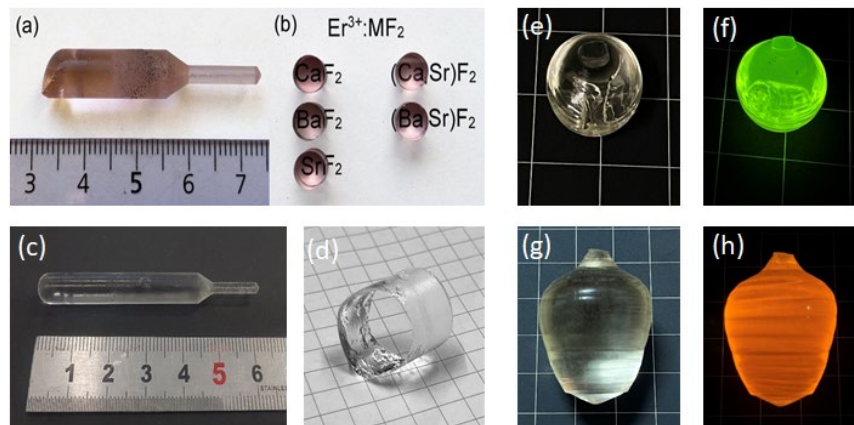


Figure 1: Exemples de cristaux massifs : (a) Lingot de Er : CaF_2 , (b) cristaux massifs de Er : MF_2 polis et mis en forme, (c) Lingot de Yb : BaF_2 , (d) barreau de Yb : SrF_2 poli, élaborés par la méthode Bridgman ; (e) et (f) boule de Tb : LiYF_4 observé en lumière blanche (e) et sous UV (f) ; (g) et (h) boule de Sm : LiYF_4 observé en lumière blanche (g) et sous UV (h).

Cette plateforme de cristallogenèse a permis d'entreprendre des collaborations scientifiques et techniques dans le monde des matériaux pour l'optique avec des industriels et laboratoires académiques et est sollicitée pour des programmes de recherche d'envergure concernant les chaînes laser de puissance. Elle a aussi permis d'ouvrir de nouveaux champs d'actions en recherche fondamentale, comme la compréhension des phénomènes de contrainte et de biréfringence dans les matériaux.

CONCLUSION

La plateforme de croissance cristalline du CIMAP est l'une des principales plateformes de ce type en France et en Europe, en particulier pour la croissance de cristaux pour l'optique. Son objectif est de renforcer les compétences nationales et européennes dans ce domaine, en particulier grâce au soutien de la région Normandie et de l'Europe (CPER FEDER). La plateforme est ouverte à la communauté scientifique et à différentes formes de collaborations à l'échelle nationale et internationale, sous la forme de projets scientifiques ou de prestations, qui existent déjà et ont vocation à se développer dans le but de contribuer à l'innovation et à l'émergence de nouvelles technologies à haute valeur ajoutée basées sur des matériaux cristallins originaux.