



**HAL**  
open science

# Croissance de fibres de méta-borate de baryum par micro-Pulling Down pour la conversion de fréquences dans le domaine VUV

Nawal Ferdi, Regine Maillard, Marianne Cochez, Alain Maillard

► **To cite this version:**

Nawal Ferdi, Regine Maillard, Marianne Cochez, Alain Maillard. Croissance de fibres de méta-borate de baryum par micro-Pulling Down pour la conversion de fréquences dans le domaine VUV. Optique Dijon 2021, SFO, Jul 2021, Dijon (Bourgogne), France. hal-04059340v2

**HAL Id: hal-04059340**

**<https://hal.univ-lorraine.fr/hal-04059340v2>**

Submitted on 5 May 2023

**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.

# CROISSANCE DE FIBRES DE MÉTA-BORATE DE BARYUM PAR MICRO-PULLING DOWN POUR LA CONVERSION DE FRÉQUENCES DANS LE DOMAINE VUV

Nawal Ferdi<sup>1</sup>, Alain Maillard<sup>1</sup>, Marianne Cochez<sup>1</sup>, Regine Maillard<sup>1</sup>

<sup>1</sup> LMOPS laboratoire Matériaux Optiques Photoniques et Systèmes 57070 Metz, France

[nawal.ferdi@univ-lorraine.fr](mailto:nawal.ferdi@univ-lorraine.fr)

## RÉSUMÉ

Nous présentons des fibres cristallines de  $\beta$ -BBO de longueurs centimétriques élaborées directement à partir d'un bain pur de BBO en surfusion par la technique de  $\mu$ -PD. Lors de la croissance, nous réalisons des mesures de gradient thermique et nous étudions l'influence de l'orientation du germe et de la géométrie du capillaire sur la qualité des fibres.

**MOTS-CLEFS :**  *fibre cristalline ;  $\beta$ -BBO ; micro-Pulling Down, ONL.*

## 1. INTRODUCTION

Le méta-borate de baryum  $\text{BaB}_2\text{O}_4$  est un matériau dédié aux systèmes optiques non linéaires. Il cristallise sous deux formes : une phase haute température dite  $\alpha$  et une phase basse température dite  $\beta$  ( $T < 925^\circ\text{C}$ ). Seule la phase  $\beta$  de ce cristal est non-centrosymétrique et intéressante pour la génération de seconde harmonique. Traditionnellement, les cristaux massifs de  $\beta$ -BBO sont obtenus en présence de flux par la méthode TSSG (Top Seeding Solution Growth) [1] qui permet d'avoir des cristaux de grande taille. Cependant, cette technique est limitée dans la forme des cristaux qu'elle fournit (forme de galette) et dans son temps de croissance (vitesse de tirage de 0,5mm/jour). De plus, les flux utilisés sont des sources de contamination pour le cristal qui limitent sa performance. Les cristaux  $\beta$ -BBO peuvent également être fabriqués par la méthode de Czochralski. C'est une technique alternative à celle de TSSG, elle permet la réalisation des cristaux de bonne qualité cristalline dans un délai raisonnable à partir d'un bain pur en surfusion (état métastable). L'apparition de la phase  $\beta$  n'est possible qu'à la présence d'un fort gradient à l'interface liquide solide. Parallèlement à la croissance massive de  $\beta$ -BBO, deux études antérieures ont mentionné le tirage des fibres à partir de solution (similaire à TSSG) par la méthode de Laser Heated Pedestal Growth (LHPG) [4-5]. Des vitesses de tirage ont été appropriées pour chaque flux utilisé (0,1-0,2 mm/min pour  $\text{Na}_2\text{O}$ , 0,25-0,3 mm/min pour  $\text{B}_2\text{O}_3$ ). Les fibres transparentes de taille centimétrique obtenues présentaient malgré tout des inclusions, dues essentiellement à l'instabilité du laser et à la variation de la composition de départ en cours de tirage [4-5].

Dans ce projet, nous avons élaboré pour la première fois des fibres de  $\beta$ -BBO par la technique de  $\mu$ -PD en utilisant directement un bain pur de BBO (sans solvant). Les gradients thermiques présents dans le four de  $\mu$ -PD permettent comme en Czochralski d'obtenir la phase  $\beta$ .

## 2. PROCÉDÉ EXPÉRIMENTAL

Dans la technique de  $\mu$ -PD, le produit de départ de BBO est placé dans un creuset en platine dont le fond est mené d'un capillaire cylindrique. Il est chauffé par résistivité jusqu'à la fusion ( $1095^\circ\text{C}$ ). Une fois le BBO fondu, la goutte se forme à l'extrémité inférieure du capillaire et la température est diminuée à  $1050^\circ\text{C}$  afin d'atteindre la surfusion. Durant tout ce processus de croissance, le bain reste dans un état liquide de surfusion en contrôlant la température au niveau du capillaire grâce à un pyromètre optique bichromatique. Des mesures de gradient thermique le long de l'axe de tirage sur une distance de 1 cm à partir de la sortie de la goutte ont été effectuées. Les résultats sont présentés dans la Fig. 1. Les forts gradients thermiques actuels dans notre four sont maintenus par la présence d'un anneau de recuit (After-Heater).

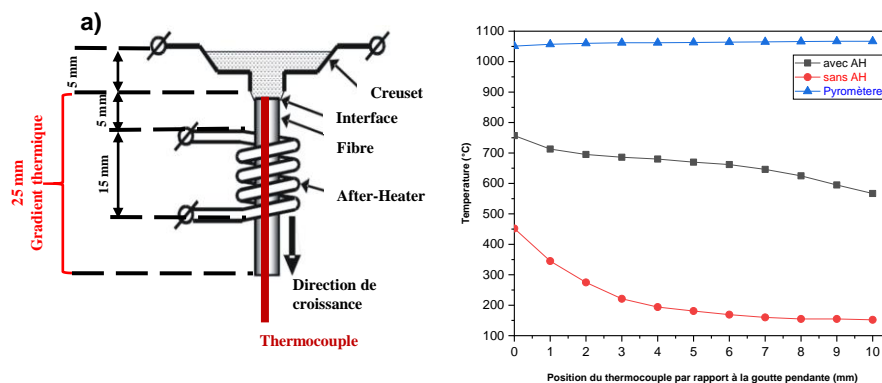


Fig. 1 : a) Illustration schématique du principe de tirage par la technique de  $\mu$ -PD, b) Comparaison de gradients thermiques dans le four de  $\mu$ -PD sans et avec l'anneau de recuit (After-Heater)

### 3. ANALYSE ET RÉSULTATS

Des fibres  $\beta$ -BBO transparentes, de formes régulières et de différentes orientations ont été obtenues (Fig.2). Les vérifications de la qualité cristalline et de la phase de ces fibres ont été réalisées par microscopie optique et par spectroscopie Raman. Toutes les fibres obtenues sont de la phase  $\beta$ . Dans cette étude, nous avons également pu montrer l'existence d'un lien entre la forme de la coupe transversale de chaque fibre et l'orientation du germe utilisé (selon  $a$ ,  $c$  et l'angle d'accord de phase). Des mesures optiques d'absorption et des tests de génération second harmonique sur une fibre tirée à partir d'un germe orienté suivant la direction d'accord de phase pour la conversion 1064 nm- 532 nm ont été réalisées sur des sections de quelques millimètres après polissage.

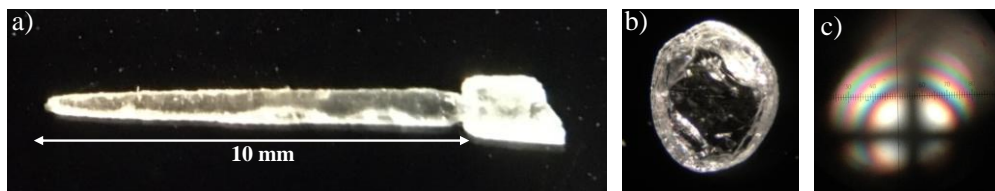


Fig. 2 : a) Fibre monocristalline de  $\beta$ -BBO orientée selon  $a$ , b) coupe transversale de fibre  $\beta$ -BBO orientée suivant  $c$ , c) franges d'interférence de la coupe transversale observée sous conoscopie.

### 4. RÉFÉRENCES

- [1] Feigelson, R. S., Raymakers, R. J., & Route, R. K. Solution growth of barium metaborate crystals by top seeding. *Journal of crystal growth*, 97(2), 352-366, 1989.
- [2] Kouta, H., Kuwano, Y., Ito, K., & Marumo, F.  $\beta$ -BaB<sub>2</sub>O<sub>4</sub> single crystal growth by Czochralski method. II. *Journal of crystal growth*, 114(4), 676-682, 1991.
- [3] Tang, D. Y., Route, R. K., & Feigelson, R. S. Growth of barium metaborate (BaB<sub>2</sub>O<sub>4</sub>) single crystal fibers by the laser-heated pedestal growth method. *Journal of crystal growth*, 91(1-2), 81-89, 1988.
- [4] Jianguo, H., Dingyuan, T., Chuangtian, C., Linghua, Y., Jiqin, C., & Zuchang, D. (). Growth of beta-barium metaborate single crystal fibers along the phase matching direction. *Chinese Physics Letters*, 7(12), 568, 1990.