



**HAL**  
open science

## Electrodéposition et caractérisations optiques de nanofils de Tellure monocristallins

Alexandre Zimmer, Sophie Legeai, Laura Thiebaud, Laurent Broch, Nicolas Stein

► **To cite this version:**

Alexandre Zimmer, Sophie Legeai, Laura Thiebaud, Laurent Broch, Nicolas Stein. Electrodéposition et caractérisations optiques de nanofils de Tellure monocristallins. *Matériaux* 2018, Nov 2018, Strasbourg, France. . hal-02900853

**HAL Id: hal-02900853**

**<https://hal.univ-lorraine.fr/hal-02900853>**

Submitted on 16 Jul 2020

**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.



## Electrodéposition et caractérisations optiques de nanofils de Tellure monocristallins

Alexandre Zimmer<sup>1,2</sup>, Sophie Legeai<sup>1</sup>, Laura Thiebaud<sup>1</sup>, Laurent Broch<sup>3</sup> et Nicolas Stein<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Université de Lorraine, CNRS, IJL, 57000 Metz, France

<sup>2</sup> Université de Bourgogne Franche-Comté, CNRS, ICB, 21000 Dijon, France

<sup>3</sup> Université de Lorraine, LCP-A2MC, 57000 Metz, France

### Synthèse électrochimique en milieu liquide ionique de nanostructures thermoélectriques 1D base Tellure à faible conductivité thermique

**Electrolyte : mélange de liquides ioniques**

EOPIP<sup>+</sup> + TFSI<sup>-</sup>

$T_{fus} = 13,3\text{ }^\circ\text{C}$

$-3,5 \rightarrow 2\text{ V vs Pt}$

$\text{TeCl}_4\ 5\text{ mM}$

**Agent structurant**

**Bonne stabilité thermique**

**Nanofils de Te monocristallins autosupportés sans matrice poreuse**

**Faible diamètre**

**Facteur de forme élevé (longueur/diamètre)**

**Haute cristallinité**

**Exemples de nanostructures de tellure (Te) pour applications thermoélectriques**

**Coeur = Te**

**Coquille = Bi**

**Coeur = Te**

**Coquille = PEDOT:PSS**

**Générateur thermoélectrique basé sur des nanostructures Te@PEDOT:PSS**

$\Delta E$   $\Delta T$

Electric potential difference

Hot Cold

Silver electrode

Te-PEDOT:PSS (P-type)

Electrodépôt → Electrodepôt

Nanostructures coeur@coquille

Thiebaud et al., *Electrochem. Comm.* (2018) See et al., *Nano Letters* 10 (2010) Bae et al., *Scientific Reports* 6 (2016)

### Contrôle de la morphologie des nanofils de Tellure par modulation des conditions de synthèse

EOPIP:TFSI:EOPIPBr 95:5 mol:mol

$\text{TeCl}_4 = 20\text{ mM}$

$T = 100\text{ }^\circ\text{C}$

$5\text{ mV/s}$

Substrat Pt

**Paramètres influents**

Surtension appliquée  $\eta$

Composition de l'électrolyte (spéciation de  $\text{Te}^{\text{IV}}$ )

$\text{Te}^0 + 6\text{X}^- \leftarrow \text{Te}^{\text{IV}}\text{X}_6^{2-} + 4\text{e}^-$

$[\text{X}^-]/[\text{Te}^{\text{IV}}] = 29$

$\text{Te}^{\text{II}} \leftarrow \text{Te}^0 + 2\text{e}^-$

$\eta \uparrow$

**Pas de contamination de surface**

$|\text{Te}^{\text{IV}}| = 5\text{ mM}$   $T = 100\text{ }^\circ\text{C}$   $2\text{ C/cm}^2$

$L = 70 \pm 10\ \mu\text{m}$

$\phi = 50 \pm 20\ \text{nm}$

$\text{FF} \approx 1800$

**Nanofils monocristallins à haut facteur de forme (FF)**

Direction de croissance le long de l'axe c

$d_{001} = 0,59\ \text{nm}$

Abad et al., *Electrochimica Acta* (2015)

### Comportement optique par ellipsométrie spectroscopique : premiers résultats

**Apport de l'ellipsométrie**

- ✓ Sonder la réponse d'un lot de nano-objets sous forme de film et contrôler la conservation de leurs propriétés optiques dans cet environnement
- ✓ Approfondir les propriétés d'intérêts : épaisseur, fonction diélectrique  $\epsilon$ , paramètres électroniques, fraction volumique (milieux effectifs), etc...

Nanofils de Te sur Pt

ellipsométrie spectroscopique... à multiple angles d'incidence

$I_s = \sin 2\psi \cdot \sin \Delta$ ;  $I_c = \sin 2\psi \cdot \cos \Delta$

Rouge et bleu : surface avec nanofils (exp. •♦ sim. —)

(grisé : surface exempte de nanofils)

**Modèle optique**

9 paramètres ajustés dont épaisseur  $e$  et fraction volumique  $f_{\text{nanofils}}$

BEMA

$$0 = f_{\text{nanofils}} \frac{\epsilon_{\text{nanofils}}(\lambda) - \epsilon(\lambda)}{\epsilon_{\text{nanofils}}(\lambda) + 2\epsilon(\lambda)} + (100 - f_{\text{nanofils}}) \frac{\epsilon_{\text{vide}}(\lambda) - \epsilon(\lambda)}{\epsilon_{\text{vide}}(\lambda) + 2\epsilon(\lambda)}$$

Approximation du milieu effectif de Bruggemann (BEMA)

$f_{\text{nanofils}}$	$e\text{ (nm)}$
$6.4 \pm 1.0\%$	$90 \pm 17$

**Influence des dimensions des nanofils sur les bandes d'absorption I et II**

**Bande I**

**Bande II**

transition VB2-CB1

transition VB3-CB1 II

### Conclusion Perspectives

- Synthèse de nanofils monocristallins de tellure sans contamination de surface
- Accès à des hauts facteurs de forme  $> 1800$
- Pics d'absorption influencés par le diamètre et la longueur des nanofils
- Analyse de suspension de nanofils en électrolytes par spectrophotométrie d'absorption et/ou par ellipsométrie UV-visible
- Mesures ellipsométriques dans l'IR : accès aux paramètres électroniques sans contact tels que la conductivité ( $\epsilon = \epsilon_\infty + i \frac{\sigma}{\epsilon_0 \omega}$ ) à partir du modèle de Drude modifié, étendu du THz
- Extension à la fonctionnalisation de surface, étude des états de surface