

Synthèse par CVD de nanoparticules de diamant à façon

Spécialité Chimie des matériaux

Niveau d'étude Bac+5

Formation Master 2

Unité d'accueil [NIMBE/LEDNA](#)

Candidature avant le 30/04/2024

Durée 6 mois

Poursuite possible en thèse oui

Contact [GIRARD Hugues](#)
+33 1 69 08 47 60
hugues.girard@cea.fr

Résumé

Sujet détaillé

Les nanoparticules de diamant possèdent des propriétés chimiques, électroniques, thermiques et optiques exceptionnelles. Ces nanoparticules sont activement étudiées pour la nanomédecine, les applications énergétiques, les technologies quantiques et les lubrifiants et composites avancés [1-3]. Pour la plupart de ces applications, la qualité cristalline du noyau de diamant est essentielle et les particules les plus étudiées sont broyées à partir de diamant en vrac. Néanmoins, ces particules présentent une grande dispersion de taille, des anisotropies de forme et des concentrations variables d'impuretés chimiques. Ces aspects affectent fortement leurs propriétés. Il est donc nécessaire de développer une méthode de synthèse pour produire des nanodiamants hautement cristallins avec un contrôle précis de leur taille, de leur morphologie et des impuretés chimiques.

Ce stage de M2 vise à développer une synthèse "bottom-up" basée sur des supports sacrificiels (billes ou fibres de silice) sur lesquels des graines de diamant nanométriques seront attachées via des interactions électrostatiques. La croissance du diamant sera réalisée par l'exposition des gabaritsensemencés à un plasma CVD assisté par micro-ondes (MPCVD). Ce dispositif de croissance est déjà utilisé au CEA NIMBE pour la synthèse de coques de diamant [4]. Les paramètres de croissance seront ajustés pour sélectionner la taille, la forme et la concentration des impuretés chimiques (azote, bore) dans les nanodiamants. Après la croissance CVD, les nanoparticules seront collectées par dissolution des supports. Leur structure cristalline, leur morphologie et leur chimie de surface seront caractérisées au CEA NIMBE par microscopie électronique à balayage (MEB), diffraction des rayons X (DRX) et spectroscopies Raman, infrarouge (FTIR) et photoélectrons (XPS). Une collaboration externe permettra d'étudier la qualité cristalline du diamant et d'identifier les défauts structurels dans les nanodiamants cultivés par CVD par microscopie électronique à transmission à haute résolution (HR-TEM).

Plusieurs types de nanodiamants seront cultivés : d'abord des particules intrinsèques (sans dopage intentionnel), puis des particules dopées au bore. Les deux types de particules seront ensuite modifiés en surface pour obtenir une

stabilité colloïdale dans l'eau.

Références :

- [1] N. Nunn, M. Torelli, G. McGuire, O. Shenderova, *Current Opinion in Solid State and Materials Science*, 21 (2017) 1-9. [2] Y. Wu, F. Jelezko, M. Plenio, T. Weil, *Angew. Chem. Int. Ed.* 55 (2016) 6586–6598.
[3] H. Wang, Y. Cui, *Energy Applications* 1 (2019) 13-18.
[4] A. Venerosy et al., *Diam. Relat. Mater.* 89 (2018) 122-131.

Mots clés

Nanomatériaux, synthèse CVD

Compétences

MPCVD, MEB, TEM, DRX, Raman, FTIR, DLS, XPS

Logiciels

CVD synthesis of tailored nanodiamonds

Summary

Full description

Diamond nanoparticles behave outstanding chemical, electronic, thermal and optical properties. Such nanoparticles are actively investigated for nanomedicine, energy applications, quantum technologies and advanced lubricants and composites [1-3]. For the major part of these applications, the crystalline quality of the diamond core is essential and the most studied particles are milled from bulk diamond. Nevertheless, these particles exhibit a wide size dispersion, shape anisotropies and variable concentrations of chemical impurities. These aspects strongly affect their properties. It is thus required to develop a synthesis method to grow highly crystalline nanodiamonds with an accurate control of their size, morphology and chemical impurities.

This M2 internship aims to develop a bottom-up synthesis based on sacrificial templates (silica beads or fibers) on which nanometric diamond seeds will be attached via electrostatic interactions. Diamond growth will be achieved by an exposure of the seeded templates to a micro-wave assisted CVD plasma (MPCVD). The growth set-up is already in use at CEA NIMBE for diamond core-shells synthesis [4]. Growth parameters will be adjusted to select the size, the shape and the concentration of chemical impurities (nitrogen, boron) in nanodiamonds. After CVD growth, nanoparticles will be collected by dissolution of the templates. Their crystalline structure, morphology and surface chemistry will be characterized at CEA NIMBE by scanning electron microscopy (SEM), X-ray diffraction (XRD) and Raman, infra-red (FTIR) and photoelectrons (XPS) spectroscopies. An external collaboration will allow an investigation of the diamond crystalline quality and the identification of structural defects in CVD grown nanodiamonds by high-resolution transmission electron microscopy (HR-TEM).

Several kinds of nanodiamonds will be grown : first, intrinsic particles (without intentional doping), then boron doped particles. Both types of particles will be then surface modified to get a colloidal stability in water.

References:

- [1] N. Nunn, M. Torelli, G. McGuire, O. Shenderova, *Current Opinion in Solid State and Materials Science*, 21 (2017) 1-9. [2] Y. Wu, F. Jelezko, M. Plenio, T. Weil, *Angew. Chem. Int. Ed.* 55 (2016) 6586–6598. [3] H. Wang, Y. Cui, *Energy Applications* 1 (2019) 13-18. [4] A. Venerosy et al., *Diam. Relat. Mater.* 89 (2018) 122-131.

Keywords

Nanomaterials, CVD synthesis

Skills

MPCVD, MEB, TEM, DRX, Raman, FTIR, DLS, XPS

Softwares