

Optimisation des paramètres de synthèse et de mise en forme de céramiques oxydes multifonctionnelles pour la réalisation d'un assemblage d'un module d'électronique de puissance

Début souhaité : négociable jusqu'en mars 2024

Consortium pour l'encadrement

- Paul-Etienne VIDAL –Professeur des Universités (**Porteur de la chaire**), équipe e-ACE² du Laboratoire Génie de Production de l'Ecole Nationale d'Ingénieurs de Tarbes.
 - paul-etienne.vidal@enit.fr
- Sophie Guillemet-Fritsch, Directrice de recherche CNRS, équipe Oxydes à Valence Mixte, CIRIMAT - Toulouse
- Pascal Dufour, Maître de conférences, équipe Oxydes à Valence Mixte CIRIMAT – Université Paul Sabatier Toulouse.

Dates de candidatures

- Ouverture des candidatures : 07/12/2023
- Fin des candidatures : 09/01/2024 -18pm
- Après une phase de sélection sur dossier, des auditions par visio (où en présentiel) se tiendront **sur convocation** entre le 10/01/2024 et le 12/06/2024.

Introduction du sujet

Dans le domaine de la conversion d'énergie électrique l'efficacité énergétique de ces dispositifs est au cœur des stratégies de développement des produits et services de la transition énergétique à venir. En particulier, dans le domaine des transports, les contraintes induites par cette transition, orientent les activités de recherche vers la conception de convertisseurs statiques sous de nouvelles formes, ou l'utilisation de nouveaux matériaux et procédés qui les rendent plus efficaces ou plus performants. Dans le domaine aéronautique, la contrainte la plus marquante est la relation puissance électrique convertie sur volume et masse du dispositif, qui tend au développement de dispositifs à forte puissance dans des volumes restreints.

Le travail de recherche proposé vise à poursuivre les investigations menées au cours de la thèse de Romain Raison (soutenance prévue fin 2023), portant sur l'obtention de céramiques fonctionnalisées, à gradient de propriété, en vue de leur utilisation au sein des assemblages d'électronique de puissance et plus particulièrement en tant que substrat céramique métallisé. Le travail du post-doctorant consistera, à parfaire les paramètres de mise en forme pour l'obtention d'une pastille céramique – métal, multifonctionnelle, de forme complexe, à procéder à des caractérisation électro-thermomécanique des

Contact : paul-etienne.vidal@enit.fr

Laboratoire Génie de Production, Ecole Nationale d'Ingénieurs de TARBES, 47 avenue d'AZEREIX, 65000 TARBES.

<http://www.enit.fr>

céramiques et de l'assemblage, et à optimiser les propriétés électriques et thermiques de cette céramique multifonctionnelle.

Travaux antérieurs

Le LGP, travaille au développement de procédés d'assemblages d'électronique de puissance plus performants. Les travaux portent sur la modélisation ^[1] et l'intégration dans les assemblages d'architectures de conversion, de géométries et de technologies de composants en vue d'améliorer l'efficacité énergétique de la fonction de conversion ^[2].

Le CIRIMAT a une longue expérience dans la synthèse de poudres, et leur mise en forme. Dans l'équipe « Oxydes à Valence Mixte », différents types de composants passifs (varistances, condensateurs), des films minces semi-conducteurs et des substrats ont été élaborés et étudiés, en modifiant la composition chimie et /ou leur mise en forme, en vue d'augmenter leurs performances ^[3-5].

Question recherche et objectif scientifique

Dans ce projet, nous chercherons à optimiser les paramètres de synthèse et de mise en forme de la céramique multifonctionnelle, afin d'obtenir des propriétés électriques et thermomécaniques plus intéressantes ainsi que des géométries complexes.

Enjeux scientifiques et technologiques

Le premier enjeu scientifique porte sur la mise en évidence des paramètres influents qui permettent, à l'issue de la synthèse et de la mise en forme par SPS d'obtenir une céramique multifonctionnelle aux propriétés optimisées.

L'enjeu technologique correspondant consiste à développer les protocoles expérimentaux qui permettent d'obtenir la céramique multifonctionnelle aux propriétés optimisées.

Le deuxième enjeu scientifique consiste à établir le protocole expérimental qui permette, par cofrittage, l'obtention d'une céramique multifonctionnelle de forme complexe. Il pourra s'agir d'une céramique obtenue en une seule opération, ou de plusieurs céramiques aux formes complexes qui par assemblage donneront la forme finale.

L'enjeu technologique associé est l'application de ce protocole, l'obtention de la céramique multifonctionnelle de forme complexe. Le deuxième enjeu technologique associé, est la réalisation d'un assemblage de puissance à partir de cette forme complexe, et de sa caractérisation électrique, thermique.

Description du plan de travail envisagé

Après une phase d'analyse et d'étude des travaux préliminaires et de l'état de l'art associé, le(a) post-doctorant(e) planifiera une phase de reproduction des assemblages afin d'assimiler complètement notre état de connaissance.

Dans une deuxième phase, il s'agira d'une part de cibler et d'agir sur les paramètres influents au cours de la synthèse et de la mise en forme par SPS des céramiques multifonctionnelles, afin d'obtenir des propriétés optimisées. Ainsi les attendus consistent à :

1. maximiser le coefficient de dissipation thermique,
2. maximiser (ou optimiser) la valeur de la capacité en agissant à la fois sur les valeurs de permittivité et de pertes ainsi que sur la géométrie des pastilles,
3. maximiser la valeur de tenue diélectrique (champ de rupture)
4. minimiser les épaisseurs des matériaux céramiques tout en garantissant une certaine tenue mécanique,

Contact : paul-etienne.vidal@enit.fr

Laboratoire Génie de Production, Ecole Nationale d'Ingénieurs de TARRES, 47 avenue d'AZEREIX, 65000 TARRES.

<http://www.enit.fr>

5. maintenir les couches épaisses de métal, avec éventuellement une proposition d'innovation afin de développer des métallisations épaisses en cuivre.

La troisième phase du travail consistera à obtenir des formes complexes à partir des céramiques multifonctionnelles aux propriétés optimisées, et à leur mise en œuvre au sein d'un assemblage de puissance. L'assemblage ainsi obtenu donnera lieu à une phase de caractérisation par diverses expériences, incluant des caractérisations électriques dans des environnements représentatifs telles que le banc de test double pulse, par exemple.

Au cours de ces travaux, le(a) post-doctorant(e) pourra être force de proposition dans les choix scientifiques et technologiques en adéquation avec le cahier des charges initial, et dans ses propositions de communications et de valorisations des travaux.

Bibliographie

- [1]. M D. Kenfaui, M.L. Locatelli, Z. Valdez-Nava, L. Laudebat, V. Bley, P. Dufour, C. Tenaillon, S. Guillemet-Fritsch (2019). « Procédé de fabrication d'une pièce composite à matrice céramique, pièce composite, et composant électrique correspondant » demande de brevet français déposée le 23/01/2019, numéro de dépôt : FR1900583.
- [2]. S. Dupuis, S. Sulekar, Ji H. Kim, H. Han, P. Dufour, C. Tenaillon, J.C. Nino, S. Guillemet-Fritsch. "Colossal permittivity and low losses in Ba_{1-x}Sr_xTiO₃- reduced nanoceramics". Journal of the European Ceramic Society 36 (2016) 567-575
- [3]. C. Clavel, "Démonstrateur de faisabilité d'un condensateur fonctionnalisé pour applications en électronique de puissance", rapport de Master MEETS, Université Toulouse III, Juin 2019.
- [4]. R. Raison, " Développement d'un condensateur céramique fonctionnalisé pour application en électronique de puissance", stage de Master 2 Matériaux : Elaboration, Caractérisation et Traitements de Surface Mention "Sciences et Génie des Matériaux", Université Toulouse III, février 2020- juin 2020SDJ
- [5]. R. Raison, S. Guillemet-Fritsch, P. Dufour, P.-E. Vidal, Assemblage céramique métal aux propriétés électriques hétérogènes, Journées Annuelles du Groupe Français de la céramique, Albi, 21 mars 2022,
- [6]. R. Raison, S. Guillemet-Fritsch, P. Dufour, P.-E. Vidal, Development of a Functionally Graded Capacitor by SPS, International Ceramic Conference (ICC9) and the Electroceramics XVIII conference, Krakow, Poland, 10 - 14 July 2022,
- [7]. R. Raison, S. Guillemet-Fritsch, P. Dufour, P.-E. Vidal, Condensateurs à gradient de composition BaTiO₃-Ni pour des applications en Electronique de Puissance, Conférence internationale Matériaux Lille 2022, 24-27 octobre 2022,

Profil recherché

Le (la) candidat(e) devra être titulaire d'un doctorat en « matériaux » « science des matériaux » ou spécialité équivalente, obtenu récemment. Il (elle) devra pouvoir justifier d'une expérience dans le domaine des céramiques techniques, par le biais de son sujet de recherche en thèse, de ses stages pratiques au cours de son parcours de formation, et par toute expérience qui puisse démontrer des connaissances théoriques, pratiques, etc. dans toutes les phases d'élaboration et de caractérisation d'une céramique.

Le (la) candidat(e) rejoindra une équipe projet très dynamique, constituée de chercheurs, enseignants chercheurs, doctorants et ingénieurs de recherche du monde industriel, pour lesquels les interactions et le travail collaboratif sont la norme. Un dossier de candidature démontrant qu'il s'agit d'une situation de travail déjà connue du candidat sera appréciée. Le travail collaboratif et les échanges scientifiques sont nombreux, à la fois en présentiel et à distance. De nombreuses manipulations expérimentales sont à prévoir, les plus évidentes étant : synthèse par voie chimique, Spark Plasma Sintering, caractérisations : MEB – RX – diffractométrie – granulométrie – électrique (analyseur d'impédance), etc. En cas de candidatures multiples, la connaissance et la maîtrise d'un maximum de ces techniques sera un critère de choix.

Le (la) candidat(e) devra également posséder un bon niveau de maîtrise de l'anglais et des qualités de communication et de synthèse écrites et orales, en français comme en anglais. Effectivement, un compte rendu d'avancement détaillé est exigé au cours des comités scientifiques quadrimestriels et des comités de pilotage annuels.

Contact : paul-etienne.vidal@enit.fr

Laboratoire Génie de Production, Ecole Nationale d'Ingénieurs de TARBES, 47 avenue d'AZEREIX, 65000 TARBES.

<http://www.enit.fr>

Lieu de déroulement du post doctorat

A Toulouse, les travaux se dérouleront au CIRIMAT

- Université Paul Sabatier, Bâtiment CIRIMAT, 118 route de Narbonne 31062 Toulouse.

Lors des séjours à Tarbes les travaux se dérouleront sur 2 lieux situés à 5 km l'un de l'autre :

- Laboratoire Génie de Production, Ecole Nationale d'Ingénieurs de TARBES, 47 Avenue d'AZEREIX, 65000 TARBES ;
- Plateforme PRIMES, 67 Boulevard Pierre Renaudet, 65000 Tarbes. Cette adresse sera le lieu principal de l'étude.

Financement

Ce sujet fait partie d'un projet partenarial intégrant trois universités ou instituts, et deux industriels (la chaire partenariale senior EFICIENCE, E2S-UPPA PIA-ANR-16-IDEX-0002).

Le(la) post-doctorant(e) bénéficiera d'un financement de l'université de Pau et des Pays de l'Adour (UPPA) pour une durée de 12 mois. Quelques heures d'enseignement seront réalisées (64h TD par an) à l'ENIT.

Pièces justificatives à fournir :

Au moment de l'acte de candidature, le (la) candidat(e) doit impérativement fournir :

- Curriculum Vitae
- Lettre de motivation
- Rapport de soutenance avec les deux rapports de thèse
- Coordonnées de l'équipe d'encadrement de thèse (directeur, codirecteur et encadrants).

Le (la) candidat(e) pourra fournir à sa convenance une ou des lettres de recommandations.