

Spécialité : PHYSIQUE / Physique des matériaux

[Laboratoire : /SPEC/SPHYNX](#)

Supercondensateur ionique à charge thermique à électrodes VACNT (Vertically Aligned Carbon Nanotubes)

Responsable de stage : NAKAMAE Sawako

sawako.nakamae@cea.fr

Tel : +33 1 69 08 75 38/93 07

Stage pouvant se prolonger en thèse : Oui

Durée du stage : 5 mois

Résumé:

Stage expérimental dans le domaine de la science des énergies renouvelables (récupération de la chaleur perdue). Développement et caractérisation de supercondensateurs à liquide ionique fabriqués avec des électrodes de carbone nanostructurées. Domaines d'étude: Physique, Science des matériaux, Physique des fluides, Chimie physique.

Sujet :

Les supercondensateurs stockent les charges électriques par la formation de doubles couches électriques (EDL) à l'interface électrolyte/électrode. Ils se caractérisent par des temps de charge/décharge plus courts que les batteries, mais ils souffrent d'une densité d'énergie stockée plus faible. Par conséquent, les supercondensateurs sont utilisés dans les applications à alimentation rapide et à basse tension, telles que les sauvegardes de mémoire volatile. Au contraire des supercondensateurs conventionnels qui sont chargés par l'application de tension électrique externe, les supercondensateurs ioniques à charge thermique (TISC) se chargent à l'aide de chaleur via les effets thermoélectriques à l'intérieur de l'électrolyte et de l'interface électrolyte/électrode (EDL). En tant que tel, le TISC fabriqué à partir de liquides ioniques fortement thermoélectriques est considéré comme une technologie alternative pour la récupération de chaleur perdue. La performance des TISC dépend de plusieurs paramètres clés; comme notamment, la tension thermoélectrique induite dans le liquide et la capacité de charge spécifique des électrodes. Une possibilité pour améliorer cette dernière est d'augmenter la surface effective de l'électrode par nanostructuration. Par exemple, les matériaux à base de nanotubes de carbone alignés verticalement (VACNT) sont des candidats prometteurs pour la construction d'un supercondensateur efficace. Cependant, les processus électrochimiques et physiques précis des TISC ne sont pas encore clairs, et il reste à déterminer si le TISC peut devenir concurrentiel par rapport aux autres technologies de stockage d'énergie thermosélectrochimique.

Le stage proposé au SPHYNX/SPEC/IRAMIS (UMR 3680 CEA-CNRS) et LEDNA/NIMBE/IRAMIS est principalement expérimental: caractérisation des propriétés thermoélectriques de dispositifs TISC utilisant des électrodes VACNT. L'étudiant participera également à l'élaboration de l'électrode. Plus précisément, il/elle effectuera des mesures thermoélectriques et capacitatives, implémentera des techniques d'acquisition de données automatisées et analysera les données obtenues. L'étudiant(e) acquerra également une expérience pratique des techniques de base de caractérisation électrochimique (voltamétrie cyclique et mesures d'impédance). La synthèse des électrodes se déroulera au sein du LEDNA, en utilisant leur processus « one-step » développé pour la croissance directe et contrôlée de nanotubes de carbone denses alignés verticalement. En plus de ces responsabilités principales, l'étudiant aura également l'occasion d'apprendre des techniques de caractérisation de matériaux telles que la microscopie électronique à balayage, la spectroscopie photoélectronique à rayons X et la microscopie électronique à transmission.

(au LEDNA). Pour un.e candidat.e motivé.e, la participation à l'investigation numérique des interactions liquide ionique-électrode par la technique de simulation de Monte Carlo peut également être envisagée. En fonction de l'avancement des travaux, ce stage peut être converti en thèse dans laquelle une comparaison systématique des phénomènes thermoélectriques à la morphologie (les arrangements de nanotubes, longueurs, distribution diamètre/densité, etc.) sera effectuée afin de comprendre les mécanismes physiques et électrochimiques à l'origine de la conversion thermoélectrique dans les supercondensateurs ioniques.

Thermally charging ionic supercapacitor with vertically aligned carbon nanotube (VACNT) electrodes

Abstract:

Experimental internship in the field of renewable energy science (waste-heat recovery). Develop and characterize ionic-liquid supercapacitors made with nanostructured carbon electrodes. Domain: Physics, Materials Science, Fluid Physics, Physical Chemistry.

Subject :

Supercapacitors store electrical charge via electrical double-layer (EDL) formation at the electrolyte/electrode interface. They are characterized by their faster charging/discharging times compared to batteries, but suffer from lower energy (charge) density. Therefore, supercapacitors are used in quick power delivery and low-voltage applications such as in volatile memory backups. While conventional supercapacitors are charged using an external voltage source, Thermally Charged Ionic Supercapacitors (TISC) take advantage of the thermoelectric effects inside the electrolyte (thermos-electro diffusion) and at the electrolyte/electrode interface (EDL) to charge itself using heat. As such TISC made with highly thermoelectric ionic liquids is considered as an alternative technology for waste-heat recovery applications. The performance of TISCs depends on key parameters; notably, the induced thermoelectric voltage and the specific capacitance of the electrodes. One possibility to improve the latter is to increase the electrode surface area by nanostructuration. For example, vertically aligned carbon nanotubes (VACNT) based materials are a promising candidate to build an efficient supercapacitor. However, the precise electrochemical and physical processes in TISCs are still unclear; and it is yet to be determined if TISC can become competitive against other thermos-electrochemical energy storage technologies.

The proposed internship at SPHYNX/SPEC/IRAMIS (UMR 3680 CEA-CNRS) and LEDNA/NIMBE/IRAMIS mainly experimental: the characterization of thermoelectric properties of TISC devices using VACNT electrodes in combination with the mixtures of ionic liquids and organic solvents. The student will also participate in the electrode elaboration. More specifically, he/she will perform thermoelectrical and capacitance measurements, implementation of automated data acquisition techniques and analysis of the resulting data obtained. The student will also acquire hands-on experience in basic electrochemical characterization techniques (cyclic voltammetry and impedance measurements). The electrode synthesis will be conducted at LEDNA, using their 1-step process developed for the direct and controlled growth of vertically aligned and dense carbon nanotubes. In addition to these principal responsibilities, the student will also have the opportunity to learn materials characterization techniques such as Scanning Electron Microscopy, X-ray Photoelectron Spectroscopy and Transmission Electron Microscopy (at LEDNA). For a motivated candidate, participation in the numerical investigation of ionic liquid ? electrode interactions through Monte Carlo simulation technique can also be envisaged. A successful internship may be converted to a PhD research in where a systematic comparison of thermoelectric data to the morphology (nanotube arrangements, lengths, diameter/density distribution etc.) will be investigated in order to understand the physical and electrochemical mechanisms of the thermoelectric energy conversion in complex liquids based ionic supercapacitors.
