

Circuits innovants pour la récupération d'énergie et l'accord de filtres acoustiques utilisant des matériaux à transitions de phase mécaniquement induites

Durée : 36 mois

Rémunération : Suivant le référentiel de l'Université Paris-Saclay (mise à jour en cours)

Laboratoire : C2N, Université Paris-Saclay – CNRS (France) / LGEF INSA Lyon (France)

Contacts :

Elie Lefevre (elie.lefeuvre@universite-paris-saclay.fr) / Mickaël LALLART (mickael.lallart@insa-lyon.fr)

Contexte

Dans les environnements confinés et/ou aux conditions modérément sévères (par exemple en température), l'autodécharge des batteries conventionnelles (piles) limite drastiquement la durée de vie des dispositifs autonomes sans fil. Afin de palier à ce problème, la récupération d'énergie, consistant à convertir l'énergie directement accessible de l'environnement sous forme électrique pour l'alimentation du dispositif, a été intensivement étudiée au cours des deux dernières décades. Parmi les sources disponibles, la source vibratoire sous forme de déformation mécanique se classe parmi les solutions les plus attractives, notamment grâce aux matériaux piézoélectriques qui offrent un excellent compromis entre intégration et capacité de conversion. Néanmoins, l'utilisation de ces matériaux dans leur domaine linéaire est toujours relativement limitée par la faible énergie convertie. En parallèle, et toujours dans le cadre de dispositifs communicants, la multiplication des vecteurs de communication et des bandes fréquentielles associées conduit à la nécessité d'utilisation de nombreux filtres, chacun associé à une fréquence particulière. Ceci induit un surcoût tant en terme économique que de taille. Afin d'adresser ces problèmes, l'objectif du projet ANR FIESTA, regroupant le C2N, ELyTMaX, FEMTO et le LGEF, est de tirer avantage des transitions de phase induites par la contrainte mécanique. En effet, alors que dans de nombreuses applications ces transitions sont vues comme des défauts, elles peuvent être judicieusement mises en œuvre pour assurer soit des cycles de conversion d'énergie améliorés, soit pour permettre une modification du comportement mécanique permettant d'améliorer la bande fréquentielle utile de filtre de télécommunication.

Objectifs

L'objectif du travail proposé dans le cadre de cette thèse de doctorat est, en lien étroit avec l'intégration des matériaux considérés (KTN) dans des dispositifs expérimentaux -récupérateurs d'énergie et filtres accordables- et leur modélisation réalisées par les partenaires de ce projet, de développer des circuits innovants pour la récupération d'énergie mécanique et pour l'accord de filtres acoustiques, afin d'en faire la démonstration expérimentale sur les dispositifs à transition de phase mécaniquement induite élaborés dans le cadre du projet ANR FIESTA.

Cette thèse bénéficiera de l'expertise des équipes du C2N et du LGEF dans le domaine de la récupération d'énergie mécanique, notamment en termes de circuits d'extraction d'énergie à haute efficacité pour des dispositifs à transduction piézoélectrique, magnétodynamique et électrostatique. Les transitions de phase des matériaux considérés se traduisent par des variations géantes de leur permittivité diélectrique, tout en conservant potentiellement une partie des charges électriques

induites par la polarisation. Pour un dispositif dans lequel ces transitions de phases sont induites par les vibrations mécaniques ambiantes, on retrouvera un comportement similaire à celui des dispositifs électrostatiques du point de vue électrique (capacité variable), tout en bénéficiant possiblement (selon le type de transition considérée) d'une charge initiale. Les circuits innovants étudiés pour la récupération d'énergie s'inspireront de travaux récents dans le domaine, en particulier de circuits auto-synchrones. Cette famille de circuits présente de nombreuses ramifications, et plusieurs d'entre-elles, encore peu explorées, sont très prometteuses pour générer des cycles de conversion d'énergie adaptés aux variations géantes de permittivité des matériaux considérés. Notamment, les aspects innovants de ces travaux se situeront sur la conception et l'implémentation de convertisseurs à transitoire réduit (les excitations mécaniques pouvant être des chocs soudains), ainsi qu'architectures reconfigurables voire auto-reconfigurables pouvant s'adapter aux changements de conditions opératives (excitation mécanique plus ou moins brève ou plus ou moins importante)

Un autre aspect du travail de doctorat, mené de manière conjointe aux précédentes, consistera à étudier des solutions intégrées (MEMS) permettant générer des contraintes mécaniques de forte amplitude sur des filtres à ondes de surface (SAW) à base de matériaux à transition de phase mécaniquement induite. L'objectif est ici de montrer que cette approche permet de faire varier très fortement la fréquence de résonance du filtre, ouvrant ainsi la possibilité de réaliser des filtres RF accordables multi-bandes. Les circuits permettant de contrôler électriquement les contraintes mécaniques induites, et donc la fréquence de résonance du filtre, feront partie intégrante de cette étude.

Profil recherché

Le candidat devra avoir un niveau de Master 2 ou équivalent dans les domaines de l'ingénierie et/ou de la physique. De bonnes bases en génie électrique / électronique / microélectronique seront des atouts appréciables. Le doctorat s'inscrivant dans le cadre d'un projet collaboratif, des qualités de synthèse et communication sont également requis. Des interactions possibles avec des chercheurs étrangers nécessiteront un bon niveau d'anglais. Le travail de cette thèse de doctorat sera mené en grande partie au C2N (à Palaiseau), avec des échanges / déplacements réguliers au LGEF (à Lyon).

Procédure

La procédure de sélection est décomposée en 2 phases comme suit :

- 1^{ère} phase : admissibilité sur dossier (CV + lettre de motivation + relevés notes ; lettre de recommandation facultative)
- 2^{ème} phase : entretien avec les responsables du projet

Le planning provisoire de cette procédure est donné ci-après

Date butoir de candidature 1 ^{ère} phase	30/11/2020
Résultats 1 ^{ère} phase	07/12/2020
Période de 2 ^{ème} phase (entretiens)	07/12/2020 – 08/01/2021
Résultats finaux	12/01/2021