

PIEZO2POWER

Nouveaux microgénérateurs piézoélectriques à récupération d'énergie vibratoire à hautes performances pour applications en électronique nomade

P2N 2011

A. Danescu¹, R. Bachelet¹, B. Gautier¹, P. Lombard¹, C. Malhaire¹, J. Penuelas¹, L. Quiquerez¹, Y. Robach¹, G. Saint-Girons¹, B. Vilquin¹, M. Lallart², L. Petit², J.-P. Cottinet², G. Le Rhun³, E. Defay³
¹INL UMR 5270, ²LGEF EA 682, ³CEA-LETI



Contexte et résultats marquants

Développement électronique très basse consommation

- Electronique nomade
- Réseaux de capteurs
- Capteurs implantés

- Utilisation + remplacement des piles
 - coût, accès, nombre, taille...
- Rejets polluants

Récupération d'énergie vibratoire

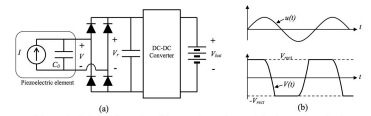
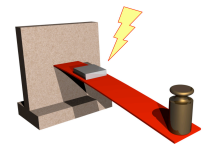


Fig. 4. (a) Standard electrical interface. (b) Typical waveforms of displacement and voltage.

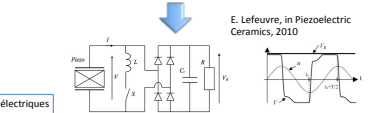


Fig. 7. (a) Circuit schematic and (b) typical waveforms of the parallel SSHI.

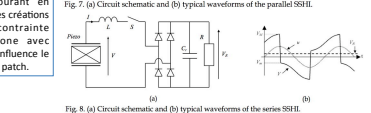
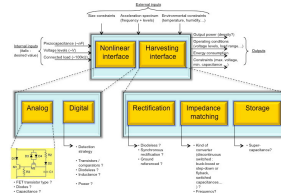


Fig. 8. (a) Circuit schematic and (b) typical waveforms of the series SSHI.

Points clés

- Filière "oxydes" à hautes performances : PZT monocristallin épitaxié sur STO/Si + électrodes
 - Caractérisations électriques par AFM + paramètres élastiques, contrainte...
- Nouvelles architectures de résonateurs MEMS BF (50 à 200 Hz)
 - Approche originale : silicium nanostructuré (Si poreux) comme matériau de structure
- Stratégie SSHI (Synchronized Switch Harvesting on Inductor) + électronique associée → ASIC
- Approche système : espace de conception global
 - matériels, technologie, conception, modélisation, électronique et fiabilité



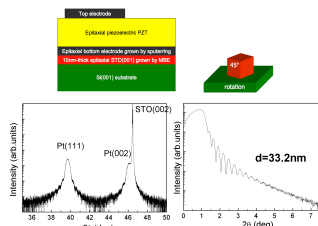
SSHI : commuter les bornes électriques du patch piézoélectrique pour augmenter la tension. Courant en impulsions synchrones avec les créations de charges dues à la contrainte mécanique, donc synchrones avec l'oscillation mécanique. Cela influence le comportement mécanique du patch.

Résultats (année 1)

- Epitaxie PZT sur templates SrTiO₃/Si
 - + électrode inférieure (pulvérisation) sur STO (EJM) : Pt ou SrRuO₃ (SRO, pérovskite comme STO)

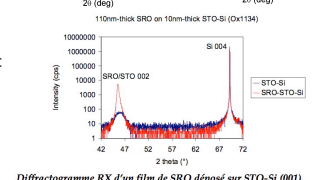
Platine

- Dépôts (33 nm) de 200°C à 700°C sur substrats mono STO
- Basse T : [111] puis mélange [111] et [001] pour T>600°C
- Essai Pt / STO / Si à 700°C : réaction importante à l'interface entre STO et Si : disparition du STO stable jusqu'à 650°C
- Conclusion : pas d'épitaxie possible



SrRuO₃

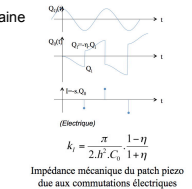
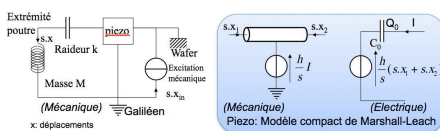
- Dépôts (100 nm) plasma Ar+O₂ sur substrats mono STO
- Épitaxie sur les monocristaux de STO, mosaïcité mini à 0,15° >620°C
- Résistivité 0,3 mΩ.cm
- Dépôt ensuite sur STO/Si : paramètre retenu : 620°C (préservé interface STO-Si) → SRO épitaxié : SRO [100] // STO [100] // Si [110], résistivité inchangée



Diffractogramme RX d'un film de SRO déposé sur STO-Si (001).

- Système fortement couplé : électrique ↔ mécanique

- Modèle localisé mono-mode : schéma équivalent trans-domaine
 - Schéma équivalent, formes d'ondes et impédance mécanique BF



- Modèle Scilab (en cours de d'intégration)
 - Représentation x/xin pour M = 62 g, k = 7,71 kN.m⁻¹
- Comportement mécanique modifié par la technique SSHI
 - Amortissement dégrade l'amplitude à f₀, donc E récupérable

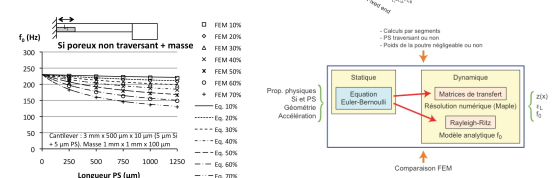
- Poutres consoles avec masse sismique

- Poutres 1000 μm x 500 μm x 10 μm + masse 1500 μm x 1500 μm x 500 μm



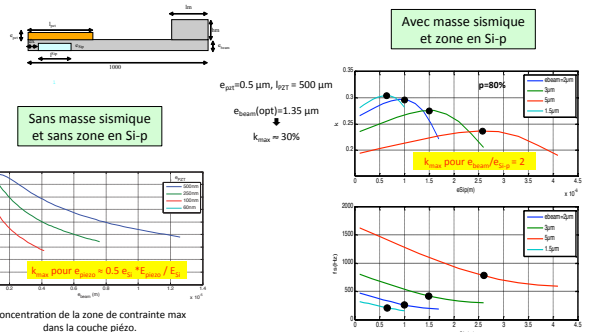
- En cours : optimisation masse sismique + porosification de la poutre

- Modélisations statiques et dynamiques



- Etude du coefficient de couplage (FEM)

- Quelle quantité d'E avec une couche mince piezo ? Avantages avec zone en Si-p ?



Production scientifique (publications, brevets)

R. Bachelet et al. Epitaxy of piezoelectric Pb(Zr,Ti)O₃ (PZT) film on silicon for energy harvesting. 5^e colloque du Laboratoire Nanotechnologies & Nanosystèmes LN2 / UMI-3463, 15-18 juillet 2012, Orford, Canada

CONTACT :

Christophe MALHAIRE, MCF HDR
 INL UMR 5270, INSA LYON
 7, av. Jean Capelle, bât. Blaise Pascal, 69621 VILLEURBANNE CEDEX
 christophe.malhaire@insa-lyon.fr



inl.cnrs.fr → Recherche → Sites web de projets → ANR PIEZO2POWER