



Institut de physique
Actualité scientifique

Un peigne mécanique de fréquences contrôlé par la lumière

Concentrée dans un microrésonateur, l'énergie se transfère efficacement entre plusieurs formes : optique, mécanique, électronique et thermique. Les chercheurs ont utilisé ces quatre formes d'énergie pour donner naissance à un mouvement mécanique impulsionnel stable à ultra-haute fréquence, l'analogie mécanique d'un peigne de fréquences optiques, d'intérêt pour la métrologie des forces.

Dans le domaine optique, les peignes de fréquences fournissent des impulsions de lumière ultrastables qui sont des outils de référence essentiels en spectroscopie laser et en métrologie optique. Ils sont générés par des interactions optiques non linéaires dans la matière. Dans le domaine mécanique, les non-linéarités sont faibles et le concept de peigne de fréquences est encore balbutiant. Il pourrait pourtant enrichir les technologies micromécaniques telles que les accéléromètres ou les capteurs de forces, particulièrement dans la gamme ultra-haute fréquence (de centaines de mégahertz à quelques gigahertz), où les méthodes de génération d'impulsions mécaniques font défaut. En couplant efficacement des microrésonateurs semiconducteurs avec des fibres optiques, des physiciens du Laboratoire matériaux et phénomènes quantiques (MPQ, Université de Paris/CNRS), en collaboration avec le Centre des nanosciences et nanotechnologies (C2N, Université Paris-Saclay/CNRS), ont réalisé un peigne mécanique de fréquences dans le domaine des ultra-hautes fréquences. Ce peigne est stabilisé grâce aux couplages entre les oscillations lumineuses et mécaniques et aux interactions avec les porteurs de charge et la chaleur créés par l'absorption de la lumière. Les physiciens ont montré de plus que les paramètres du peigne sont contrôlables par la lumière injectée dans les microrésonateurs. Ces résultats sont publiés dans *Physical Review Letters*.

Dans une salle blanche, les chercheurs ont fabriqué des disques miniatures en arséniure de gallium (AsGa), un matériau semiconducteur de haute pureté. À l'aide d'une fibre optique effilée, ils ont injecté de façon très concentrée de la lumière laser au sein des disques, en résonance avec leurs modes optiques, et ont ensuite observé leur comportement mécanique. En raison de cette forte concentration, une partie de l'énergie optique est transformée non seulement en énergie mécanique, mais aussi en énergie électrique et en chaleur. Au-delà d'un seuil d'intensité lumineuse, les chercheurs ont observé un mouvement mécanique impulsionnel centré à une fréquence de 314 MHz et caractérisé par une décomposition spectrale en fréquences régulière sur un domaine étendu, constituant ainsi un peigne mécanique. À l'aide d'un modèle décrivant le couplage entre les quatre formes d'énergie, ils ont reproduit l'évolution du peigne en fonction des conditions optiques et montré que les caractéristiques du peigne sont contrôlées par la longueur d'onde et la puissance du laser (voir figure). La prochaine étape est d'analyser les mécanismes à l'origine du bruit dans ces microrésonateurs afin d'envisager l'utilisation de ce type de peigne pour améliorer les capteurs de force.



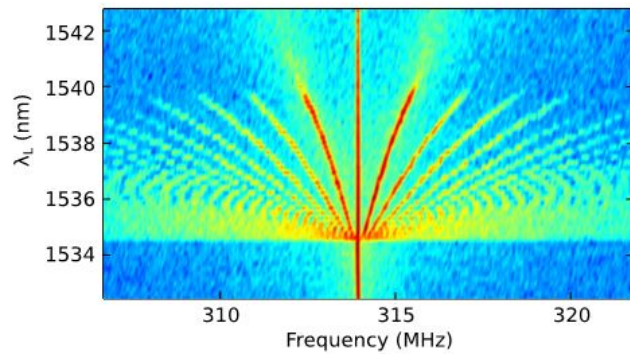
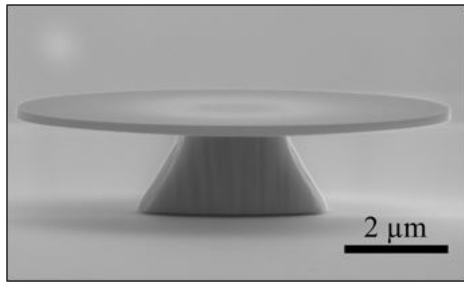


Figure : (gauche) Image de microscopie électronique d'un microrésonateur AsGa (disque de rayon entre 2 et 5 μm et épaisseur 200 nm). Un piédestal (gris sombre) en AsGaAl soutient le disque. (droite) Fréquences mécaniques générées au sein d'un microrésonateur enregistrées en fonction de la longueur d'onde du laser. Les "dents" du peigne s'écartent quand la longueur d'onde augmente.

Référence

Electro-Opto-Mechanical Modulation Instability in a Semiconductor Resonator. P. E. Allain, B. Guha, C. Baker, D. Parrain, A. Lemaître, G. Leo, I. Favero. *Physical Review Letters*, paru le 17 juin 2021.
DOI: [10.1103/PhysRevLett.126.243901](https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.126.243901)
Texte disponible sur la base d'archives ouvertes [HAL](https://hal.archives-ouvertes.fr/)

Contacts

Ivan Favero | Directeur de recherche au CNRS | MPQ | ivan.favero@u-paris.fr
Communication CNRS-INP | inp.com@cnrs.fr