

Descrizione del progetto

Il progetto di ricerca proposto si focalizza sull'analisi e la progettazione di trasduttori innovativi basati sull'integrazione di metasuperfici. Queste superfici ingegnerizzate sono caratterizzate da una struttura intrinsecamente periodica o dall'inserimento di elementi risonanti, che permettono di controllare o attenuare la propagazione delle onde elastiche. Le attività del progetto si inseriscono nell'ambito del progetto PRIN 2022 EXTREME - EXtraordinary TRansduction via Elastic METasurfaces..

In particolare, saranno sviluppati metamateriali attivi e non lineari per realizzare trasduttori modulari avanzati basati su metasuperfici. Questi trasduttori saranno progettati per eseguire operazioni di signal processing passive/analogiche per applicazioni di Structural Health Monitoring (SHM) e Non-Destructive Testing (NDT). L'attività di ricerca prevede lo sviluppo e la validazione di nuovi metodi analitici e numerici, tecniche di ottimizzazione e modelli multi-fisici, supportati da esperimenti in laboratorio.

Piano delle attività

Il candidato sarà chiamato a:

1. **Sviluppare strumenti analitici innovativi** per descrivere le complesse risposte dinamiche di metasuperfici non lineari, attive e topologiche.
2. **Implementare modelli numerici a ordine ridotto (reduced order model)** per guidare la progettazione di metasuperfici con modulazioni temporali, non linearità e strutture topologicamente avanzate.

Questi sviluppi saranno integrati in un trasduttore modulare composto da: un **modulo di harvesting** capace di estrarre energia in modo efficiente dalle vibrazioni ambientali; un **modulo di comunicazione** in grado di generare e rilevare onde guidate con specifiche caratteristiche di direzionalità e frequenza operativa; un **modulo di elaborazione del segnale** progettato per svolgere attività di elaborazione analogica, riducendo significativamente la necessità di conversioni da segnale digitale ad analogico.

Description of research project

The proposed research project focuses on analyzing and designing innovative ultrasonic transducers based on the integration of metasurfaces. These metasurfaces comprise passive interfaces with an inherent periodic arrangement of constituent phases or the inclusion of resonant masses, enabling the control or attenuation of elastic wave propagation. The project activities falls within the recently funded PRIN 2022 Project EXTREME - EXtraordinary TRansduction via Elastic MEtasurfaces.

Within this framework, active and nonlinear metamaterials will be developed to investigate new fundamentals of wave elastodynamics and facilitate metasurface-enhanced modular transducers. These transducers will perform analog tasks essential for SHM and NDT applications, such as enhanced sensing and signal processing. The research will involve the development and validation of novel analytical and numerical methods, optimization techniques, and multi-physics models through tabletop experiments.

Plan of the activities

Within the project, the candidate is expected to:

1. **Develop analytical tools** specifically tailored to capture the complex dynamic responses of nonlinear and/or active metasurfaces with unique waveguiding capabilities.
2. **Implement high-fidelity and reduced-order models** to guide the design of time modulations, nonlinearities, and topologically non-trivial structures.

These designs will be integrated into a modular transducer composed of (i) **harvesting module** to efficiently extract energy from ambient vibrations; (ii) **communication module** to generate and sense guided waves with specific directionality and operational frequency; (ii) a **signal processing module** to perform analog signal processing tasks, minimizing the need for digital-to-analog transformations.