

## **Sviluppo di un sistema di imaging a raggi X con detector di tipo photon counting e applicazioni nel campo dei Beni Culturali**

### **Progetto di ricerca**

L'attività di ricerca dell'assegnista si inserirà nell'ambito del progetto PRIN 2022 dal titolo "*Beyond state-of-the-art hybrid pixel detector system for X-ray spectral imaging in cultural heritage applications*", recentemente finanziato e il cui PI è il Prof. Massimiliano Fiorini dell'Università di Ferrara.

L'obiettivo di tale progetto è quello di sviluppare un sistema per l'imaging spettrale a raggi X, basato su detectors di tipo *photon-counting* e di utilizzarlo poi per applicazioni nel campo dei Beni culturali, in particolare per la radiografia risolta in energia e la cosiddetta *color* o *multi-energy computed tomography* (MECT).

Questo tipo di rivelatori viene studiato da anni nell'ambito della collaborazione internazionale Medipix (arrivata attualmente alla quarta edizione - Medipix4), impegnata nello sviluppo di circuiti integrati adatti alla realizzazione di rivelatori a pixel ibridi per la misura di particelle e radiazioni. La caratteristica innovativa di questi rivelatori è la possibilità di rivelare la singola particella o il singolo fotone X, di determinarne la posizione con elevata risoluzione spaziale e temporale, e soprattutto di misurarne l'energia.

La misura dell'energia del fotone, unita all'elevata risoluzione spaziale, permette l'implementazione di tecniche radiografiche innovative nell'ambito del cosiddetto "spectral imaging", che risulta particolarmente interessante non solo per l'aumento del rapporto contrasto-rumore, ma anche per la possibilità di ridurre gli artefatti nelle immagini tomografiche e di determinare la natura e la composizione del materiale analizzato. Il prototipo che si intende sviluppare servirà da dimostratore per eseguire un'analisi non invasiva e non distruttiva della composizione di determinati oggetti di prova in 3 dimensioni, identificando la distribuzione degli elementi nell'intero volume degli oggetti con l'utilizzo di un tubo a raggi X standard.

Anche se il progetto è focalizzato sulle applicazioni a beni culturali, questo tipo di sistema radio-tomografico può consentire progressi significativi anche nel campo dell'imaging medico e della caratterizzazione dei materiali in ambito industriale.

Il progetto vede la partecipazione di 3 Unità Operative: il Dipartimento di Fisica e Scienze della Terra dell'Università di Ferrara, al quale afferisce il PI del Progetto, la Sezione INFN di Ferrara e il Dipartimento di Fisica e Astronomia dell'Università di Bologna. Le prime 2 Unità fanno parte della collaborazione Medipix4, di cui il Prof. Fiorini è coordinatore per l'Italia, e vantano un'esperienza pluriennale nello sviluppo dell'elettronica e del software per rivelatori di tipo photon-counting, mentre il gruppo di Bologna da anni si occupa di tecniche di imaging a raggi X per applicazioni in vari ambiti, tra cui in particolare i beni culturali, con una expertise che riguarda non solo il set-up dei componenti hardware, ma anche lo sviluppo di software per l'elaborazione e la ricostruzione delle immagini tomografiche.

## Piano di attività

L'assegnista di ricerca collaborerà inizialmente con le due Unità Operative di Ferrara, impegnate nello sviluppo dell'elettronica e del software per l'acquisizione dei segnali generati dai rivelatori photon-counting. A Ferrara verrà anche realizzato un sistema di raffreddamento al fine di garantire la necessaria stabilità nelle prestazioni del sensore. Inoltre sarà progettato e costruito un apposito supporto meccanico per il detector, dotato di una schermatura ad hoc per l'elettronica. Il detector verrà poi trasferito a Bologna e l'assegnista di ricerca si occuperà in prima persona della sua caratterizzazione, utilizzando a questo scopo il tubo microfocus già disponibile presso l'Unità Operativa di Bologna. In particolare verranno effettuati:

- lo studio della risposta del rivelatore in funzione del flusso e dell'energia dei fotoni X;
- lo studio del rapporto segnale-rumore (SNR) in funzione del flusso di fotoni;
- la misura della risoluzione spaziale e della Detective Quantum Efficiency (DQE) del rivelatore.

Nel corso del secondo anno di attività verranno realizzati i primi test radiografici su un benchmark specifico per la radiografia di dipinti (ad esempio una tela con vari tipi di pigmenti di composizione nota), al fine di valutare le capacità di imaging del rivelatore in termini di contrasto misurato su diversi pigmenti per bande energetiche diverse. Verrà anche sviluppato un algoritmo ad hoc per elaborare i dati al fine di evidenziare le differenze di assorbimento dei raggi X da pigmento a pigmento e permetterne così l'identificazione.

Per i test relativi alla multi-energy computed tomography verranno realizzati alcuni oggetti di prova preparati con materiali costitutivi diversi, di composizione e geometria note. Le acquisizioni MECT saranno eseguite sui benchmark al fine di ottimizzare il processo di scansione. L'elaborazione dei dati verrà effettuata per testare algoritmi MECT comprendenti la differenziazione delle bande energetiche e la successiva ricostruzione tomografica e misurazione del contrasto su diversi materiali, in modo da stabilire la migliore banda energetica per ciascuno di essi.

Nella parte finale del progetto si prevede di effettuare anche misure su casi-studio reali.

-