

## LABORATORIO: CNR SCITEC

### NOME STRUMENTO

HI 90 Bruker Mid-IR hyperspectral imager

### INFORMAZIONI GENERALI

La spettroscopia FT-IR in riflessione è ampiamente utilizzata nel campo della scienza del patrimonio per la caratterizzazione e l'identificazione di materiali organici e inorganici. Essendo una tecnica spettroscopica molecolare vibrazionale, fornisce informazioni riguardanti i gruppi funzionali che costituiscono le molecole aiutando in definitiva l'identificazione molecolare di un numero illimitato di materiali in esame. L'intervallo del medio IR è particolarmente adatto per il riconoscimento di materiali inorganici (con alcune limitazioni per gli ossidi metallici) nonché di materiali organici sintetici e naturali. Questa tecnica può fornire informazioni riguardanti non solo i materiali e le tecniche pittoriche, ma anche eventuali contaminanti superficiali, alterazioni e prodotti/processi di degrado.

L'HI 90 di Bruker è un imager iperspettrale avanzato che opera nell'intervallo spettrale del medio infrarosso (mid-IR) (4000-800  $\text{cm}^{-1}$ ), ed è in grado di fornire immagini composizionali di grande valore per la conoscenza e la conservazione delle opere d'arte. L'imaging iperspettrale in questo intervallo spettrale è altamente diagnostico e consente di andare oltre l'identificazione dei pigmenti e la loro distribuzione, e di svelare la natura e la distribuzione dei materiali organici e dei prodotti di degradazione.

### DETTAGLI TECNICI

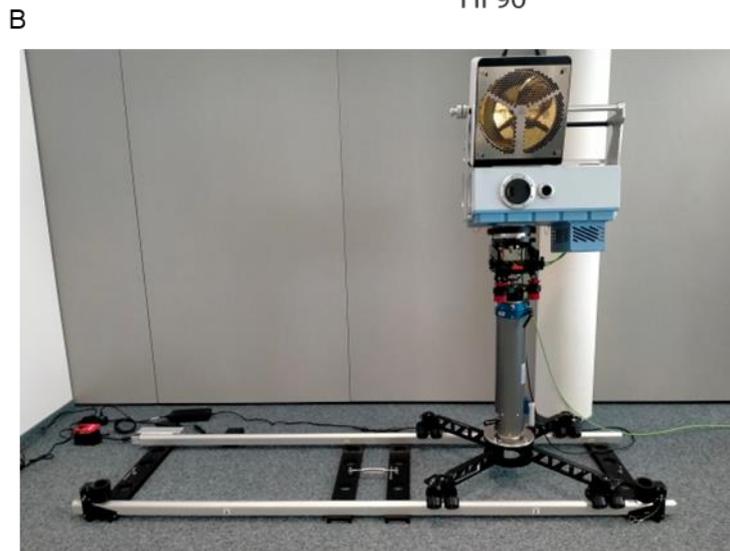
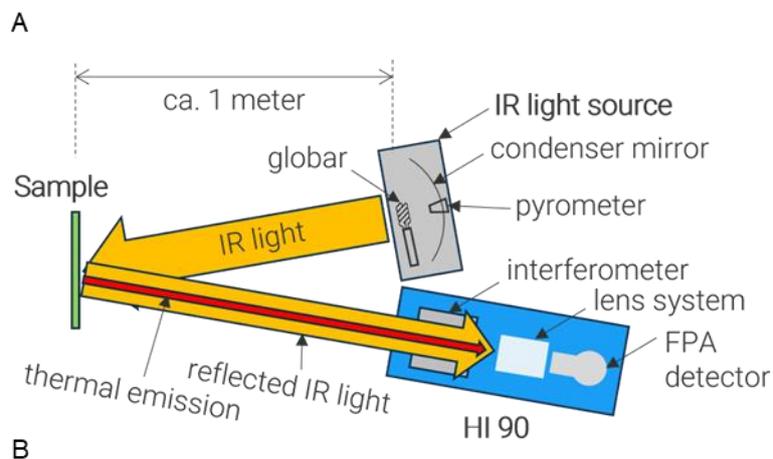
L'imager iperspettrale è costituito principalmente da un interferometro di Michelson e da un rivelatore Stirling Cooled Focal-Plane-Array (FPA) Strained Layer Superlattice (SLS). L'interferometro a specchio piano è attivamente allineato e il sistema è sigillato e raffreddato. La risoluzione spettrale massima è  $1 \text{ cm}^{-1}$ , le misurazioni vengono generalmente effettuate a  $4 \text{ cm}^{-1}$  tipicamente in modalità riflessione esterna IR nell'intervallo spettrale 4000-800  $\text{cm}^{-1}$ . La dimensione totale del rivelatore FPA è 320 x 256 pixel, ogni pixel è  $30 \times 30 \mu\text{m}^2$ . Il campo visivo di un singolo pixel è di ca. 0,52 mrad, che corrisponde a una risoluzione laterale migliore di 1 mm (0,7-0,8 mm) a una distanza di lavoro di 1 m. Per la modalità di preview, che funziona come una telecamera termografica, viene utilizzata l'intera dimensione del rivelatore. Per le misurazioni normali, l'area attiva del rivelatore FPA è di 176x176 pixel e l'area di misurazione è di ca.  $11 \times 11 \text{ cm}^2$  a 1 m di distanza di lavoro. La differenza di temperatura equivalente al rumore (NETD) delle misurazioni con 16 co-addizioni, media di 3x3 pixel, nell'intervallo spettrale da 1050  $\text{cm}^{-1}$  a 1150  $\text{cm}^{-1}$  è di circa 90 mK.

Gli spettri di riflettanza vengono calcolati come il rapporto tra la riflessione del campione e quella registrata da un target in polvere di alluminio grigio utilizzato come sfondo.

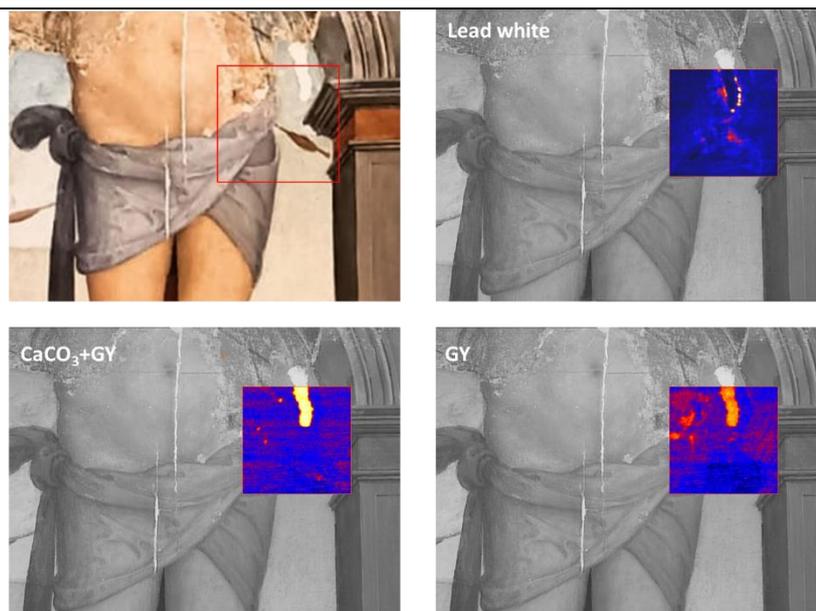
Le immagini iperspettrali vengono elaborate utilizzando un filtro lineare con un kernel Gauß di 3x3 pixel con larghezza di 3 pixel. Per misurare in modalità riflessione, il campione viene illuminato da una sorgente di radiazione infrarossa costituita da una sorgente luminosa global (SiC) e da uno specchio condensatore parabolico con un diametro di circa 30 cm. Il global è installato su un attuatore motorizzato che viene utilizzato per regolare la distanza di lavoro della sorgente da 1 m fino all'infinito in posizione sfocata. Durante il tempo dedicato all'analisi dei dati dopo ogni misurazione, l'attuatore viene spostato automaticamente per sfocare la sorgente, oppure la sorgente può essere temporaneamente spenta per ridurre l'esposizione alle radiazioni

del campione. La temperatura, e quindi lo spettro di radiazione e l'intensità della sorgente, possono essere regolati modificando la potenza elettrica in ingresso. L'intensità può anche essere attenuata da un'apertura regolabile manualmente. La temperatura della sorgente può essere misurata e monitorata da un pirometro installato al centro del condensatore. La temperatura massima della sorgente è 1000 °C.

Il tempo di acquisizione di un cubo di dati iperspettrale completo è di 8 minuti (con 70  $\mu$ s di tempo di integrazione e 16 co-addizioni). In questo periodo, ca. 7 minuti sono necessari per acquisire l'intera dimensione dell'FPA scansionando 8 blocchi di 22 linee (22x176pixel) e l'ultimo minuto è necessario per il salvataggio dei dati e della FFT. Il controllo automatico della sorgente consente la sfocatura in quel momento. L'aumento di temperatura sulla superficie del dipinto con una temperatura della sorgente di 800 °C e 8 minuti di acquisizione è < 6 °C, misurato da un esposimetro (Elsce 775).



Disegno schematico della configurazione di misurazione. La sorgente luminosa esterna è integrata sulla parte superiore dell'interferometro e l'intero sistema è installato su binari, carrello e sistema di sollevamento per un facile spostamento e movimentazione orizzontale e verticale.



Esempi di mappe chimiche prodotte sfruttando le caratteristiche spettrali nel range del medio IR. *Il martirio di San Sebastiano* di Pietro Vannucci detto il Perugino, 1518.

## APPLICAZIONI

La tecnica è altamente efficace per l'identificazione e la caratterizzazione dei materiali inorganici e organici utilizzati nel campo del patrimonio culturale. Permette di raccogliere informazioni precise riguardanti contaminanti superficiali, materiali originali e non, alterazioni e prodotti di degrado nonché permette di monitorare le tecniche di pulitura e le attività di conservazione. I dati raccolti tramite tale tecnica possono essere utilizzati per aiutare ed assistere strategie di conservazione e restauro e pianificarle in modo adeguato e appropriato.

## ULTERIORI INFORMAZIONI

- Rosi F, Cartechini L, Sali D, Miliani C., Recent trends in the application of Fourier Transform Infrared (FT-IR) spectroscopy in Heritage Science: from micro- to non-invasive FT-IR, *Physical Sciences Reviews* 4(11), <https://doi.org/10.1515/9783110457537-006>
- Rosi F, Miliani C, Braun R, Harig R, Sali D, Brunetti BG, Sgamellotti A. Noninvasive analysis of paintings by mid-infrared hyperspectral imaging. *Angew. Chem. Int. Ed.* 2013 May 10;52(20):5258-61, DOI:10.1002/anie.201209929

**Referente:** Francesca Rosi (francesca.rosi@cnr.it)