

## LABORATORIO: CNR-ISPC

### NOME STRUMENTO

Spettrometro per Imaging nel Dominio del Tempo alle frequenze dei Terahertz (THz-TDI):  
TeraOSE Menlo Systems

### INFORMAZIONI GENERALI:

L'imaging spettroscopico nel dominio del tempo alle frequenze dei terahertz (THz-TDI) è una tecnica all'avanguardia fra quelle attualmente usate per lo studio dei Beni Culturali e fornisce informazioni sulla stratigrafia e sulla composizione di un campione in modo del tutto non invasivo. La radiazione alle frequenze dei THz è, infatti, non ionizzante e capace di penetrare, per profondità dell'ordine di qualche millimetro, nella maggior parte dei materiali non metallici e può essere usata per effettuare misure sia in trasmissione sia in riflessione.

Le misure THz-TDI in riflessione, effettuate lungo più linee di misura, consentono di acquisire un cubo di dati da cui, mediante opportune tecniche di elaborazione dati, si ottengono informazioni sulle caratteristiche superficiali e sub-superficiali dell'oggetto in esame lungo ciascuna delle tre sezioni spaziali, ovvero nei piani (x-y), (x-z) e (y-z).

Le misure THz-TDI in trasmissione consentono sia di generare immagini bi-dimensionali del campione sia di effettuare analisi spettroscopiche finalizzate all'identificazione dei materiali costituenti e possono essere effettuate quando lo spessore e le caratteristiche del campione sono tali da consentire la trasmissione del segnale.

Alcuni esempi di applicazione sono l'identificazione di ridipinture, ripensamenti e disegni preparatori, lo studio della stratigrafia di manufatti decorati (ceramiche invetriate, malte, lacche, dipinti), l'individuazione di distacchi, fessure e difetti otticamente non visibili, la caratterizzazione di materiali plastici e compositi.

## DETTAGLI TECNICI:

Lo spettrometro trasportabile TeraOSE della Menlo Systems disponibile presso il MOLAB consente di effettuare misure sia in riflessione che in trasmissione. Tale sistema sfrutta il principio dell'*asynchronous optical sampling* (ASOPS) grazie all'uso di due sorgenti laser ultraveloci a femtosecondi collegati all'antenna trasmittente e a quella ricevente tramite fibre ottiche.

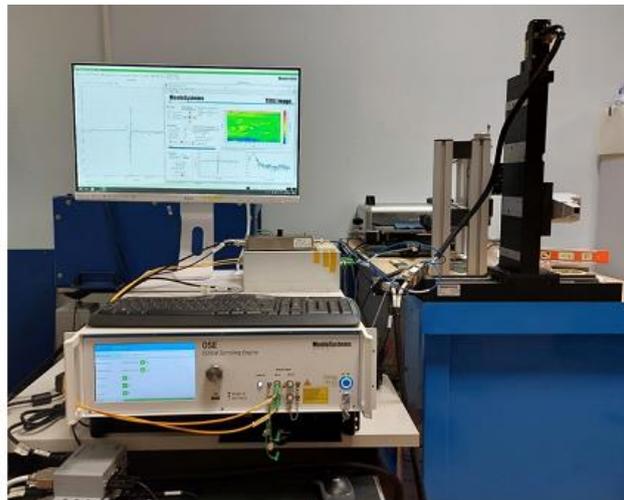
Il sistema di generazione e acquisizione del segnale THz (Optical Sampling Engine, OSE) è compatto ed integrato in un'unica unità. Ad esso è associato un sistema di scansione bidimensionale, la cui massima area di scansione è  $30 \times 30 \text{ cm}^2$ .

Lo spettrometro ha un peso complessivo di 36.5 kg (OSE = 24 kg, PC = 11 kg, splitter box = 1.5 kg), mentre il sistema di scansione pesa 15 kg. Le dimensioni dell'OSE sono di  $56 \times 45 \times 25 \text{ cm}^3$ .

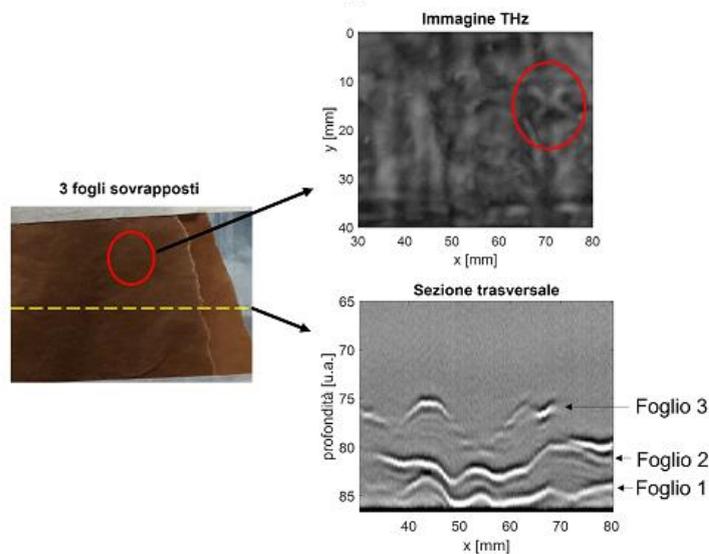
La finestra spettrale nominale del sistema è di 4 THz e l'intervallo di scansione nel dominio del tempo è di 10 ns. Il rapporto fra segnale e rumore è  $> 70 \text{ dB}$  (con differenza in frequenza = -10 Hz, sampling rate = 10MHz, gain =  $10^6$ , larghezza di banda = 1.8 MHz, 1000 medie).

La risoluzione laterale della misura è determinata dalla dimensione dell'impulso THz nel punto di focalizzazione, che è di circa 1.5 mm, e dal passo del sistema di scansione, che non può essere inferiore a 0.1 mm. La risoluzione in profondità dipende dalla larghezza della banda utile del sistema ed è uguale a circa 0.5 ps, corrispondenti a  $60 \mu\text{m}$  (in aria).

La massima profondità di indagine è di 7.5 mm (in aria).



(a)



(b)

Figura: (a) Spettrometro THz-TD TeraOSE, (b) campione preparato in laboratorio composto da 3 strati di carta forno carbonizzata sovrapposti su cui sono state incise delle lettere a matita (figura a sinistra) e risultati dell'indagine ai THz (figure a destra), ovvero immagine ai falsi colori nel piano parallelo all'area di misura (figura in alto) e immagine nella sezione trasversale (figura in basso). L'analisi THz-TDI ha permesso di identificare i vari strati di carta e di visualizzare una delle lettere presenti sotto il primo strato.

**MAGGIORI INFORMAZIONI:**

- Catapano, I., Picollo, M. and Fukunaga, K. (2017) ‘Terahertz Waves and Cultural Heritage: State-of-the-Art and Perspectives’, in N. Masini and F. Soldovieri (eds) Sensing the Past. Cham: Springer International Publishing (Geotechnologies and the Environment), pp. 313–323. Available at: [https://doi.org/10.1007/978-3-319-50518-3\\_14](https://doi.org/10.1007/978-3-319-50518-3_14).
- Fukunaga, K. (2016) THz Technology Applied to Cultural Heritage in Practice. Tokyo: Springer Japan (Cultural Heritage Science). Available at: <https://doi.org/10.1007/978-4-431-55885-9>.
- Jackson, J.B. et al. (2011) ‘A Survey of Terahertz Applications in Cultural Heritage Conservation Science’, IEEE Transactions on Terahertz Science and Technology, 1(1), pp. 220–231. Available at: <https://doi.org/10.1109/TTHZ.2011.2159538>.

Referente: Ilaria Catapano ([ilaria.catapano@cnr.it](mailto:ilaria.catapano@cnr.it))