

## LABORATORIO: CNR-INO

### NOME STRUMENTO

Spettrometro per Imaging nel Dominio del Tempo alle frequenze dei Terahertz (THz-TDI):  
TeraASOPS 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 TeraASOPS della Menlo Systems disponibile presso il FIXLAB 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 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 x 30 cm<sup>2</sup>.

La finestra spettrale nominale del sistema è di 4.5 THz e l'intervallo di scansione nel dominio del tempo è di 10 ns. Il rapporto fra segnale e rumore è  $> 70$  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  $\mu$ m (in aria).

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

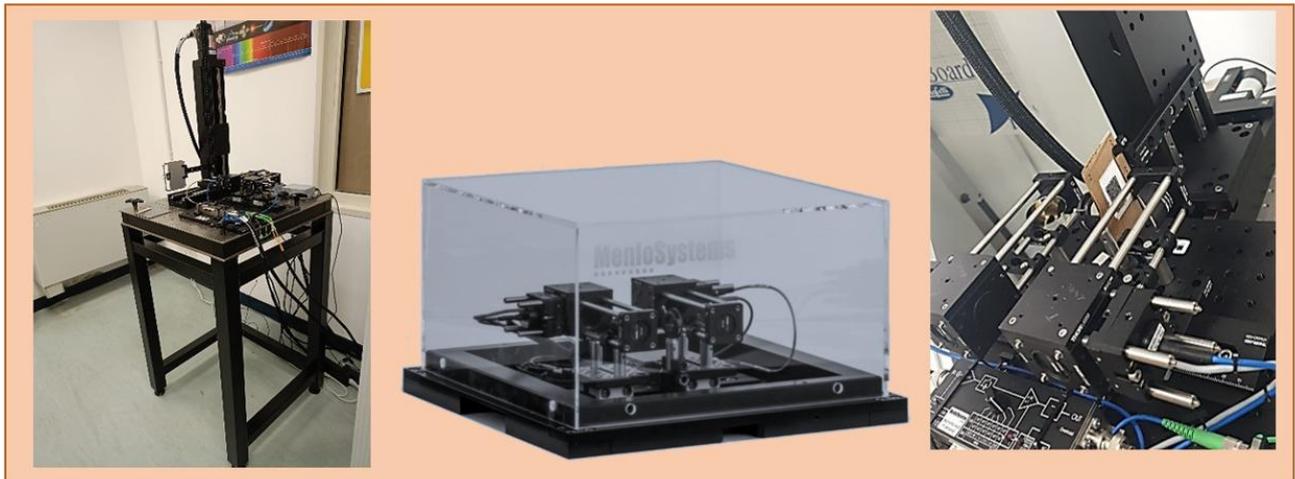


Figura 1: (a) A sinistra, lo spettrometro THz-TD TeraASOPS in laboratorio, al centro il sistema di trasmissione con copertura per analisi di spettroscopia e a destra uno zoom sul set-up.

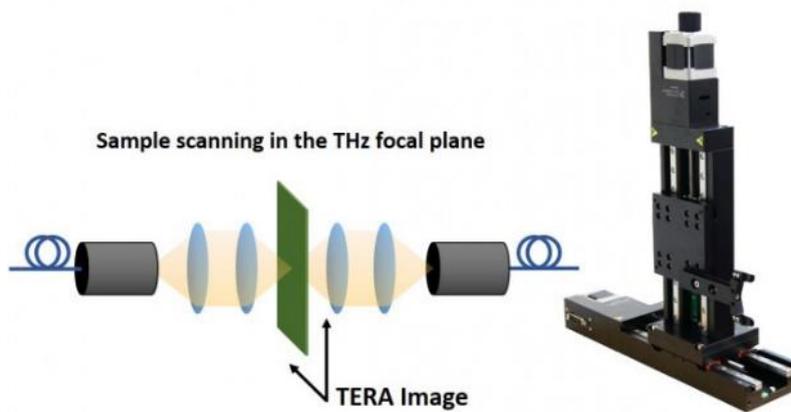


Figura 2: Schema del set up per le misure di spettroscopia in trasmissione.

### MAGGIORI INFORMAZIONI:

- Fukunaga, K. (2016) THz Technology Applied to Cultural Heritage in Practice. Tokyo: Springer Japan (Cultural Heritage Science).  
<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.  
<https://doi.org/10.1109/TTHZ.2011.2159538>.
- Y.-S. Lee, Principles of Terahertz Science and Technology, New York: Springer Science+Business Media, LLC, 2009  
<https://link.springer.com/book/10.1007/978-0-387-09540-0>