

Rapporto finale attività svolta nel periodo di Short Term Mobility dal Dott. Stefano Colonna

L'attività di short term mobility è stata svolta nel periodo 11/05 - 31/05 2016 presso European XFEL nel gruppo diretto dal Prof. Serguei Molodstov. Lo scopo del programma di ricerca è l'investigazione dei fenomeni di accoppiamento fonone-elettrone ed elettrone-elettrone in sistemi bidimensionali su scala temporale sub-ps. In particolare, è stato investigato l'uso della fotoemissione risolta in tempo per lo studio del sistema 2D prototipo α -Sn/ Ge(111), il set-up sperimentale è stato considerato durante un turno di misura presso la facility FLASH in Amburgo in collaborazione con il gruppo di ricerca diretto dal Prof. Wilfried Wurth dell'Università di Amburgo.

La fase iniziale dell'esperimento è stata dedicata alla preparazione del campione in situ nella camera da ultra-vuoto utilizzata per la misura. La procedura standard prevede la pulizia della superficie di Ge(111) mediante alcuni cicli di bombardamento ionico e successivo trattamento termico del campione fino ad ottenere una buona ricostruzione $c(2 \times 8)$ della superficie. La successiva deposizione di 1/3 di ML di Sn e trattamento termico a circa 200 °C porta alla formazione della fase α della superficie caratterizzata da una ricostruzione $(\sqrt{3} \times \sqrt{3})\text{-R}30^\circ$, come evidenziato dal pattern LEED riportato in Fig 1.

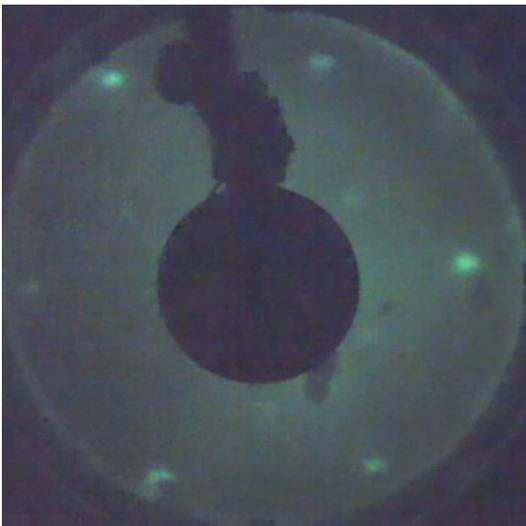


Fig.1

Nella seconda fase dell'esperimento sono state eseguite delle misure preliminari di fotoemissione risolte in tempo in configurazione pompa-sonda. In questa configurazione gli stati elettronici della superficie del campione vengono eccitati dal laser ottico (lunghezza d'onda 800 nm) della beam-line e lo spettro di fotoemissione viene misurato mediante il fascio di radiazione XUV generato dal laser ad elettroni liberi (FEL). La misura dello spettro di fotoemissione è stata eseguita utilizzando un analizzatore di elettroni in tempo di volo sincronizzato con il master clock del FEL. In particolare è stato misurato lo spettro di fotoemissione dei livelli 3d dello Sn e 4d del Ge in funzione del tempo di ritardo tra l'impulso ottico di eccitazione e l'impulso di sonda.

Data l'elevata intensità di picco della radiazione di pompa e di sonda è necessario trovare le condizioni di compromesso tra un'intensità sufficientemente bassa da minimizzare gli effetti di carica spaziale nella regione investigata salvaguardando allo stesso tempo un accettabile rapporto segnale/rumore delle misure. In Fig. 2 è riportata una sequenza di spettri di fotoemissione nella regione dei picchi Ge 3d e Sn 4d ottenuti a diverse intensità del fascio XUV in assenza di fascio di pompa. L'attenuazione del fascio di sonda è stata ottenuta inserendo filtri di alluminio di diverso spessore sulla linea ottica di trasporto del fascio XUV. Come si vede dalla figura 2 per spessori dei filtri inferiori a 700 nm i picchi di

fotoemissione risultano allargati dai fenomeni di carica spaziale indotta dall'alta intensità del fascio di radiazione.

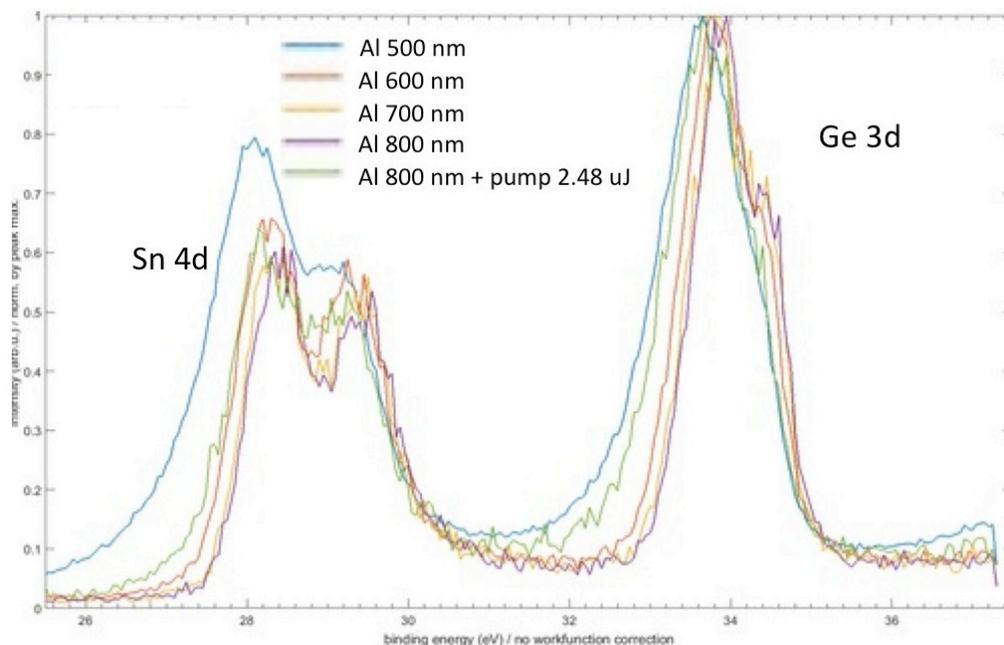


Fig. 2

Il miglior compromesso tra intensità del segnale e risoluzione energetica si ottiene utilizzando un filtro di alluminio di 700 nm. Un altro aspetto critico di cui tenere conto nella scelta delle condizioni di misura è l'intensità del laser di pompa. Anche in questo caso è necessario evitare che un'intensità di picco troppo elevata possa indurre degli effetti di carica spaziale dovuta all'emissione di elettroni mediante fenomeni multifotonici. Come si vede dalla misura riportata in figura 2 (linea verde) utilizzando un'intensità di 2.48 $\mu\text{J}/\text{impulso}$ si ha un allargamento dei picchi di fotoemissione. Per tale motivo si è deciso di utilizzare un'intensità del laser di pompa di 1.24 $\mu\text{J}/\text{impulso}$.

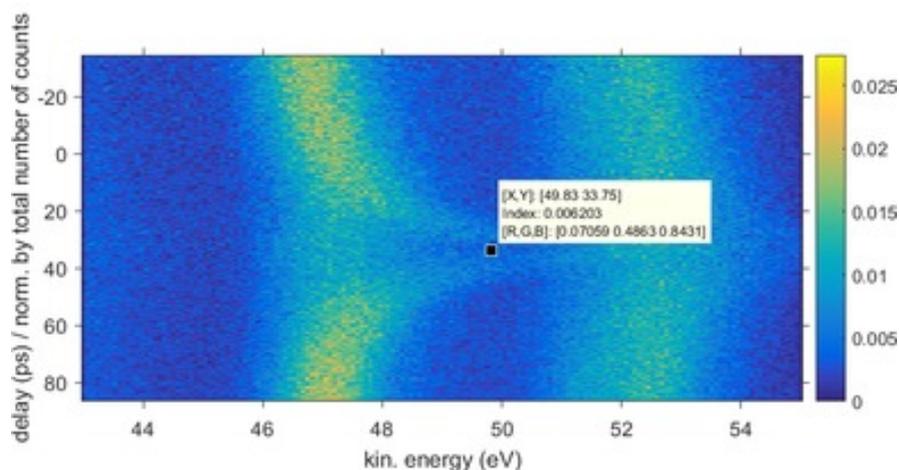


Fig. 3

Da queste misure di test è stato possibile determinare le condizioni di misura ottimali per uno studio mediante fotoemissione pompa-sonda risolta in tempo della superficie $\alpha\text{-Sn}/\text{Ge}(111)$.

Per realizzare un esperimento tipo pompa-sonda è necessario determinare lo zero della scala temporale, individuare, cioè la posizione della linea di ritardo del laser di pompa che permette la sovrapposizione temporale degli impulsi di pompa e di sonda. Tale posizione è stata individuata eseguendo una serie di misure dello spettro di fotoemissione su

un'ampia regione dei tempi di ritardo utilizzando un'intensità del laser di pompa sufficientemente alta da indurre sicuramente degli effetti di carica spaziale. In Fig. 3 viene riportata una mappa dello spettro di fotoemissione in funzione del tempo di ritardo dove chiaramente si può individuare il punto in cui l'effetto di carica spaziale è massimo e che, quindi individua la posizione della linea di ritardo corrispondente al tempo zero.

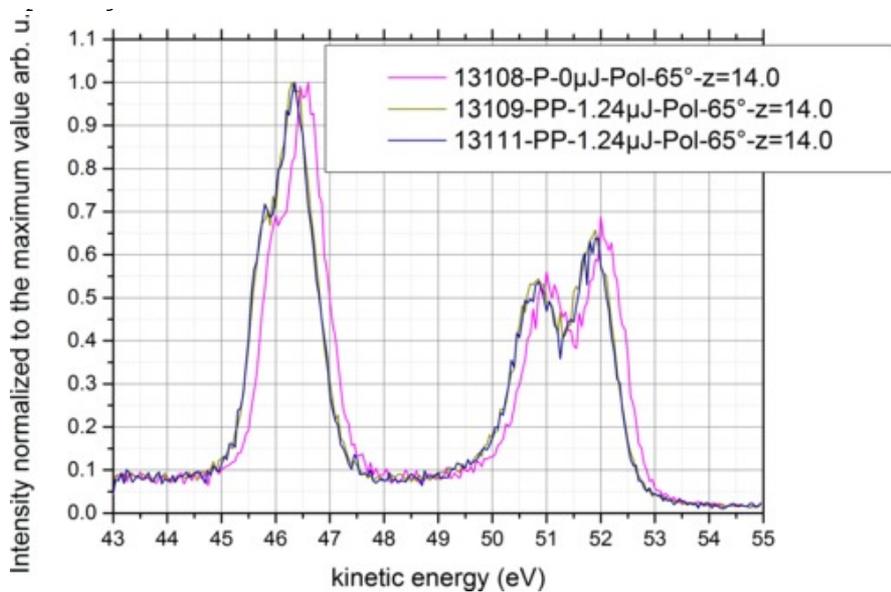


Fig. 4

Utilizzando le condizioni di misura individuate dai precedenti test è possibile studiare gli effetti indotti dall'eccitazione elettronica degli stati di superficie sullo spettro dei livelli di core del campione. In Fig. 4 viene riportato il confronto tra uno spettro misurato senza il laser di pompa (linea viola) e due spettri misurati con il laser pompa in funzione ed un tempo di ritardo pari a zero.

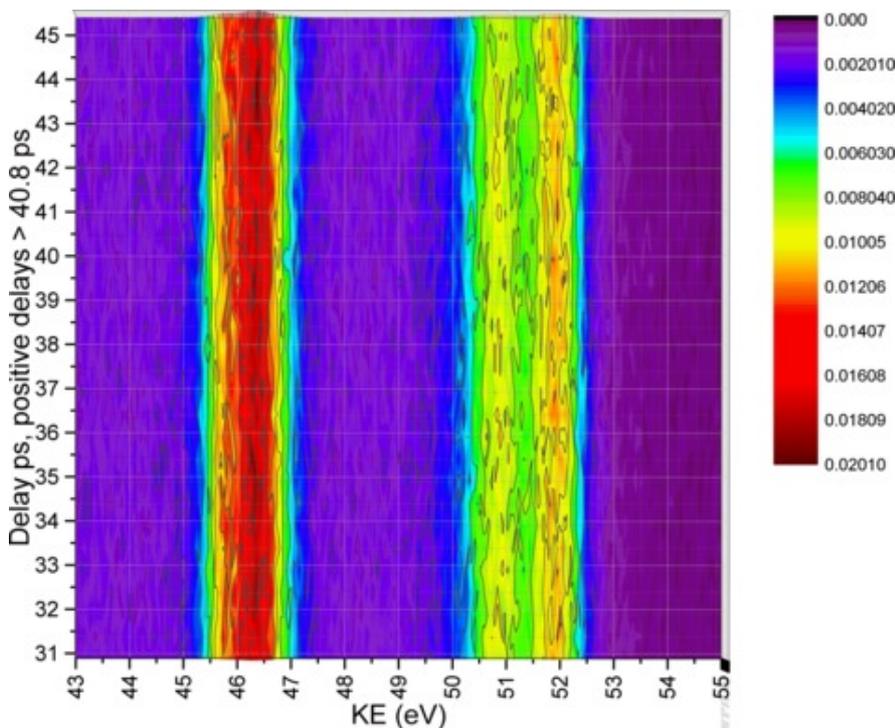


Fig. 5

Come si vede in Fig. 4 l'eccitazione ottica della superficie induce uno spostamento della posizione in energia dei picchi di fotoemissione dovuto al photo-voltage e delle piccole variazioni della forma dello spettro probabilmente dovute agli effetti dinamici degli atomi di superficie indotte dall'eccitazione degli stati elettronici di superficie. Tali effetti sono in corso di analisi mediante opportune procedure di fit degli spettri acquisiti. È importante notare, inoltre che i due spettri misurati in condizione di eccitazione risultano perfettamente sovrapponibili dimostrando che in queste condizioni di misura il campione non viene degradato.

L'andamento temporale degli effetti dinamici degli atomi di superficie è stato investigato mediante misure di fotoemissione a diversi tempi di ritardo. In Fig. 5 viene riportato un esempio di misura della dinamica dello spettro di fotoemissione dove si notano delle piccole variazioni di intensità dei picchi che probabilmente individuano l'andamento temporale degli effetti dinamici degli atomi di superficie. Tali effetti sono in corso di analisi mediante opportune procedure di fit e simulazione con opportuni modelli teorici.