

# Studio strutturale di semiconduttori depositati per elettrodeposizione

**Candidato:** Francesca Russo

**Relatore :** Massimo Innocenti [minnocenti@unifi.it](mailto:minnocenti@unifi.it)

**Correlatore:** Francesco di Benedetto [francesco.dibenedetto@unifi.it](mailto:francesco.dibenedetto@unifi.it)

Il crescente fabbisogno di energia sta spingendo la ricerca scientifica verso lo sviluppo e lo studio di tecnologie innovative per la produzione di energia da fonti rinnovabili. La tecnologia fotovoltaica risulta un'alternativa con buone prospettive in termini di efficienza e sostenibilità. Inoltre il recente sviluppo delle celle solari a film sottile (TFSC), costruite con materiali innovativi ed altamente sostenibili, ha dato un ulteriore sviluppo alla ricerca in questo campo. Tra i materiali interessanti dal punto di vista tecnologico annoveriamo i film sottili di calcogenuri costituiti da elementi poco tossici e facilmente reperibili come Cu, Zn, Sn e Fe. In questo contesto si inseriscono le ricerche effettuate per la messa a punto dei metodi di deposizione atti alla produzione di film sottili, quali la tecnica E-ALD (Elettrochimica Atomic Layer Deposition). Tale tecnica di deposizione è energeticamente vantaggiosa perché permette di deporre solfuri misti con elevato controllo strutturale, morfologico e composizionale a partire da precursori in fase acquosa, lavorando a temperatura e pressione ambiente. La tecnica E-ALD permette quindi la deposizione di film di solfuri ternari, come quelli di  $Cu_xZn_yS$  in esame, che possono essere analizzati e caratterizzati tramite analisi SXR (Surface X-Ray Diffraction) "in situ". Questo lavoro di tesi riguarda l'analisi di campioni  $Cu_xZn_yS$  con stechiometria 1:1 e 1:9 depositati su elettrodi di Ag(111). È stato possibile ottenere informazioni sul processo di crescita dei film monitorando l'evoluzione dei picchi di Bragg dopo un certo numero di cicli di deposizione. Per entrambi i campioni sono stati ottenuti sia pattern di pseudo-singolo cristallo che pattern di polveri. Il campione con stechiometria 1:1 cresce in modo abbastanza ordinato: è possibile infatti identificare la presenza di una fase non orientata di ZnS (wurzite) e di una fase orientata di  $Cu_xS$  (simile alla calcosina) abbastanza tensionata; dopo il 45° ciclo di deposizione si osserva inoltre una riorganizzazione della fase ordinata che causa un rilassamento della struttura cristallina con conseguente formazione di nanostrutture meno tensionate. Il campione con stechiometria 1:9 presenta invece un meccanismo di crescita più complesso: sono infatti presenti diverse fasi, tra le quali è possibile identificare con certezza la presenza di una fase di  $Cu_xS$  non orientata e di una fase isorientata di wurzite, il cui tensionamento aumenta con i cicli di deposizione. In conclusione il processo E-ALD permette di depositare semiconduttori a film sottile ordinati, che rappresentano una nuova classe di materiali altamente tecnologici per applicazioni fotovoltaiche. La tecnica SXR ne permette poi una approfondita caratterizzazione strutturale, necessaria per indagare le proprietà del materiale e le possibili applicazioni reali. Uno studio approfondito dei pattern di polveri è comunque necessario per caratterizzare in modo completo i vari campioni di  $Cu_xZn_yS$ .