



***Università degli Studi di Salerno***

Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione, Ingegneria Elettrica e  
Matematica Applicata

Dottorato di Ricerca in Ingegneria dell'Informazione  
XII Ciclo – Nuova Serie

ABSTRACT  
TESI DI DOTTORATO

# **A Study on Defects in Organic Semiconductors for Field Effect Transistors**

CANDIDATO: **ROSALBA LIGUORI**

TUTOR: **PROF. ALFREDO RUBINO**

COORDINATORE: **PROF. ANGELO MARCELLI**

Anno Accademico 2012 – 2013

Il lavoro di tesi ha come obiettivo fondamentale la comprensione e la modellizzazione dei meccanismi di trasporto nei semiconduttori organici. Particolare attenzione è stata rivolta al ruolo svolto dai difetti presenti nei semiconduttori organici sulle prestazioni elettriche di transistori organici ad effetto di campo. Aspetto critico dell'elettronica organica sono, difatti, gli stati localizzati, legati alla presenza di difetti strutturali ed impurità chimiche. Essi dominano il trasporto di carica in tali semiconduttori e definiscono la qualità delle interfacce che si instaurano all'interno dei transistori.

Transistori a film sottili organici sono stati fabbricati con il pentacene, una piccola molecola organica che esibisce un comportamento di tipo p, in combinazione con diversi isolanti di gate polimerici. Di tali dispositivi è stata indagata la relazione tra le caratteristiche elettriche e i processi fisici coinvolti ed è stata studiata la stabilità elettrica, fondamentale per l'adozione dei dispositivi organici in applicazioni pratiche.

La maggior parte dei comportamenti instabili osservati nei dispositivi fabbricati è stata giustificata dalla presenza di un meccanismo di intrappolamento e rilascio multiplo, che si instaura a causa dell'elevata concentrazione di trappole. Per lo studio delle proprietà fisiche dei materiali organici, sono state condotte particolari caratterizzazioni che hanno sfruttato l'eccitazione ottica dei portatori di carica allo scopo di far intervenire dei fenomeni, non visibili al buio, utili per lo studio degli stati localizzati. Tale espediente ha fornito risultati interessanti e ha permesso di sviluppare un nuovo modello analitico, per descrivere le dinamiche di creazione e annichilimento dei difetti metastabili indotti da radiazione ultravioletta in un film di pentacene. Sono stati definiti due tipi di difetti foto-indotti, lenti e veloci, e le loro evoluzioni sono state ricostruite attraverso le equazioni proposte, dimostrando che essi controllano le cinetiche di degradazione e recupero della conducibilità.

I meccanismi fisici che si instaurano nei transistori organici all'interfaccia tra semiconduttore e isolante, laddove cioè si forma il canale di conduzione, sono stati investigati attraverso misure di foto-corrente e di foto-capacità e si è dimostrato che essi dominano i principali aspetti delle prestazioni del dispositivo e della sua stabilità in reali condizioni ambientali. Per tale motivo, sono state sviluppate equazioni specifiche per modellare gli effetti combinati della radiazione luminosa e dello stress da polarizzazione. Il modello proposto ha permesso lo studio contemporaneo degli effetti indotti dalla luce nella struttura del materiale, del processo di intrappolamento delle cariche minoritarie all'interfaccia tra isolante e semiconduttore e dell'efficienza quantica del semiconduttore organico. I parametri del modello, introdotti per la descrizione dell'evoluzione della foto-risposta, includono informazioni sul tempo di illuminamento e sulla tensione applicata durante le misure. Pertanto, sono stati suggeriti come fondamentali figure di merito per confrontare diversi dispositivi organici.

Infine, un significativo contributo alla modellizzazione di un transistor a film sottili organici è stato dato attraverso lo sviluppo di un modello elettrico completo, capace di descrivere le dinamiche dei vari processi presenti nel dispositivo organico. Sfruttando le potenzialità della spettroscopia di ammettenza in un condensatore metallo-isolante-semiconduttore a base organica, è stato costruito un circuito equivalente, progressivamente migliorato attraverso l'introduzione di nuovi componenti. Le leggi che legano i vari elementi del circuito descrivono i singoli processi fisici del dispositivo, tra cui la diffusione degli ioni mobili, il trasporto dispersivo nel volume del pentacene, il meccanismo di intrappolamento all'interfaccia tra semiconduttore ed isolante e la barriera di contatto all'interfaccia tra il materiale organico e il metallo. I risultati delle simulazioni di tale modello hanno rivelato che le equazioni proposte consentono efficacemente di prevedere il comportamento dei dispositivi organici. Questo modello, adatto per simulazioni circuitali, fornisce inoltre un efficace metodo di estrazione dei parametri, utile per confrontare le proprietà dei dispositivi in relazione alle geometrie impiegate, ai materiali e alle condizioni di deposizione.