

Hochwertige Dünnschichttransistoren auf der Basis neuer Halbleitermaterialien

M.Sc. Teodor Toader, Lehrstuhl für Werkstoffe und Nanoelektronik

Kurzfassung der Dissertation:

Die Dissertation gliedert sich in zwei Teile: Der erste Teil beschäftigt sich mit *p*-Typ lösungsprozessierten Pentacen-Dünnschichttransistoren (*thin film transistors*, TFTs) hergestellt aus einem 13,6-N-Sulfinylacetamidopentacene Präkursor. Gegenstand des zweiten Teils sind *n*-Typ Indium-basierte Metalloxid-TFTs (*metal oxide* TFTs, MOTFTs) auf der Basis des "iXsenic S"-Präkursors (EVONIK Industries AG). Beide Materialien sind vielversprechende Kandidaten, um das amorphe Silizium (*a*-Si) für einen großen Bereich elektronischer Anwendungen zu ersetzen. Ein großer Vorteil der organischen TFTs (OTFTs) und MOTFTs vs. *a*-Si TFTs ist ihre Kompatibilität mit *low-cost* Prozessen, die zu einer breiten Palette von Anwendungen im Bereich der flexiblen Elektronik führen. Da für komplementäre Logikschaltungen sowohl *p*-Typ als auch *n*-Typ TFTs erforderlich sind und wegen der Schwierigkeit, *n*-Kanal OTFTs oder *p*-Kanal MOTFTs zu realisieren, bietet sich als viel versprechender Ansatz die Kombination von *p*-Typ OTFTs mit *n*-Typ MOTFTs an.

Das Ziel dieser Arbeit ist es, die elektrische Leistungsfähigkeit von *bottom-contact* TFTs zu verbessern und den Einfluss von H₂O, O₂ und N₂ auf die Leistungsfähigkeit der TFTs während der Lagerung und/oder während der Umwandlung der Halbleiterpräkursoren mit und ohne Passivierung zu studieren. Ein geeigneter Weg zur Entwicklung hochwertiger OFETs und MOTFTs ist die Modifikation der Grenzfläche zwischen Halbleiter und Gate-Dielektrikum. Um Grenzflächeneinflüsse zu reduzieren wie z.B. durch die Oberflächenrauigkeit des Isolators, die Oberflächenenergien, Oberflächenpolaritäten und die Dielektrizitätskonstante werden in dieser Arbeit Trimethylchlorsilan (TMCS) und ein Ozon-Reiniger verwendet.

Die TMCS-Behandlung von Pentacen-TFTs erhöht die Ladungsträger-Beweglichkeit um eine Größenordnung. Zugleich reduziert sie infolge der Silanisierung die Aktivierungsenergie um einen Faktor zwei und erhöht die Dichte freier Ladungsträger. Darüber hinaus wird der Schichtwiderstand um den Faktor 30 reduziert. Strukturell verantwortlich für die Verbesserung der Performance TMCS-behandelter TFTs sind ein homogener und geschlossener Pentacen-Film im Kanalbereich mit einer reduzierten Rauheit. Mit Hilfe zeitabhängiger Messungen wird gezeigt, dass die Alterung der Pentacen-TFTs hauptsächlich durch Wasser hervorgerufen wird. Eine Lagerung in Stickstoffatmosphäre reduziert daher die Alterung erheblich. Ein wesentlicher Vorteil der vorliegenden Studie ist, dass erstmals eine komplette Charakterisierung von lösungsprozessierten Pentacen-TFTs aus 13,6-N-Sulfinylacetamidopentacene durchgeführt wurde, nämlich elektrische, topographische, Kontakt- und Film-Untersuchungen, Niedertemperatur-Messungen und Studien zur Degradation sowohl für silanisierte als auch für Referenztransistoren. Eine derartige Studie wurde bislang nicht publiziert.

Die Leistungsfähigkeit der In-basierten MOTFTs wurde verbessert, indem mittels UV/Ozon-Reinigung der SiO₂-Oberfläche die Trapdichte im Halbleiter und/oder an der Grenzfläche zwischen Gate-Isolator und Halbleiter verringert wurde. Abhängig von der Belichtungszeit der UV/Ozon-Reinigung wurde eine Veränderung der Topografie des Halbleiterfilms beobachtet. Für die Beweglichkeit wurden Werte bis zu 2,6 cm²/Vs erzielt. Die Leistungsfähigkeit des MOTFTs hängt auch von der Atmosphäre (O₂, N₂, H₂O) während der Konvertierung des Präkursors ab, gleichzeitig haben die Passivierungsschicht wie auch das gewählte Metall für die Source- und Drain-Elektroden (Ti/Au oder ITO/Au) einen großen Einfluss. Erstmals wurden für MOTFTs mit Ti/Au-Elektroden, konvertiert unter O₂-Atmosphäre, ein *p*-Typ Verhalten und für MOTFTs, die unter (O₂ + H₂O)-Atmosphäre konvertiert wurden, Signaturen von ambipolarer Leitfähigkeit beobachtet. In-basierte MOTFTs zeigen auch unter dem Gesichtspunkt der Stabilität eine höhere Leistungsfähigkeit als *a*-Si:H TFTs, z.B. liegt ihr *subthreshold swing* auch nach 7 Monaten Lagerung unter Umgebungsbedingungen noch unter 0,4 V/Dekade.