

Abstract

The performance of electronic devices made of organic semiconductors has significantly improved in the last ten years. Displays based on organic light-emitting diodes are becoming a standard for smartphones, and organic solar cells are approaching market launch. Solution-based manufacturing methods could substantially reduce production costs. Crosslinking of small molecules allows a straightforward fabrication of solution-based multilayer devices. Compared to silicon, organic semiconductors contain a high density of charge carrier traps, which hinder charge carrier transport and reduce power conversion efficiencies.

This work investigates the influence of traps on charge transport. Particularly, the dependence of the hole mobility on trap concentration and energetic trap depth is determined. The hole mobility is obtained from current density-voltage characteristics. To vary the trap concentration in one sample, crosslinkable dithienylethene (XDTE) is admixed. XDTE can be reversibly switched by light between two thermally stable isomers, which differ in HOMO energy level. Therefore, one isomer can act as a charge trap, while the other isomer has a negligible influence on charge carrier transport. Thus, trap concentration is controlled by irradiation with visible and ultraviolet light.

In addition, the influence of the crosslinking conditions on the electrical properties is investigated. Furthermore, the trap capacitance is measured by impedance spectroscopy. The XDTE trap concentration during optical switching is determined by in situ reflectance absorption spectroscopy. For non-switchable reference traps, the observed dependence of the hole mobility on trap concentration and trap depth is in good agreement with literature. The optical switching of XDTE traps in the crosslinkable hole conductor xCBP is demonstrated. For an irradiation of the hole transport materials with ultraviolet light, which is applied to switch XDTE, a notable decrease of the mobility is observed.

Kurzzusammenfassung

Die Leistungsfähigkeit elektronischer Bauelemente aus organischen Halbleitern hat in den letzten zehn Jahren große Fortschritte gemacht. Displays basierend auf organischen Leuchtdioden werden zum Standard in Smartphones, und organische Solarzellen stehen vor der Markteinführung. Lösungsbasierte Herstellungsmethoden könnten die Produktionskosten deutlich senken. Die Vernetzung von kleinen Molekülen erlaubt die einfache Herstellung von lösungsbasierten Mehrschicht-Bauteilen. Im Vergleich zu Silizium enthalten organische Halbleiter viele Ladungsträgerfallen, welche den Ladungstransport behindern und die Wirkungsgrade senken.

In dieser Arbeit wird der Einfluss von Fallen auf den Ladungstransport untersucht. Insbesondere wird die Abhängigkeit der Lochbeweglichkeit von der Fallenkonzentration und energetischen Fallentiefe bestimmt. Um die Fallenkonzentration in einer Probe zu variieren, wird vernetzbares Dithienylethen (XDTE) beigemischt. XDTE kann durch Licht reversibel zwischen zwei thermisch stabilen Isomeren geschaltet werden, welche unterschiedliche HOMO-Energieniveaus haben. Dadurch kann ein Isomer als Lochfalle wirken, während das andere einen vernachlässigbaren Einfluss auf den Ladungstransport hat. Somit wird die Fallenkonzentration durch die Bestrahlung mit sichtbarem und ultraviolettem Licht kontrolliert. Darüber hinaus wird der Einfluss der Vernetzungsbedingungen auf die elektrischen Eigenschaften untersucht. Die Lochbeweglichkeit wird aus Strom-Spannungskennlinien bestimmt, außerdem wird die Fallen-Kapazität durch Impedanzspektroskopie gemessen. Die Konzentration der XDTE-Fallen während des optischen Schaltens wird durch in situ Absorptionsspektroskopie in Reflektionsgeometrie ermittelt. Die beobachtete Abhängigkeit der Lochbeweglichkeit von Fallenkonzentration und Fallentiefe für optisch nicht schaltbare Referenz-Fallen stimmt gut mit der bestehenden Fachliteratur überein. In dem vernetzbaren Lochleiter xCBP wird XDTE erfolgreich als optisch schaltbare Falle eingesetzt. Es konnte gezeigt werden, dass ultraviolettes Licht, das zum Schalten von XDTE genutzt wird, die Beweglichkeit der Lochleiter deutlich senkt.