

Abstract

In the last two decades, a lot of progress has been made in the field of **organic light-emitting diodes (OLEDs)**. Research, as well as industry, have managed to realize thin, lightweight, and flexible organic electronics with an outstanding color impression. Due to the nature of hydrocarbon-based materials, low-temperature device manufacturing and even solution-processing (e.g. printing) becomes feasible in electronic industry.

The quest for individual configuration of optoelectronic devices in the OLED industry has motivated the development of novel structuring methods. So far, patterning processes such as photolithography for pixelation, signage or (decorative) lighting, has generated a height profile on the surface. This, however, makes a uniform wet-chemical deposition of a second layer nearly impossible. The consequences include film inhomogeneities and locally differing electric fields with fatal impact on thin film devices.

In this work, the investigation and development of novel structuring methods for solution-processed OLEDs has led to precisely structured films, featuring a flat topography. These new and sophisticated methods are presented in a complete fabrication route of structured devices yielding a light/dark contrast ratio of 10^5 and a resolution of $<10\ \mu\text{m}$. Furthermore, the impact of structuring on device performance and lifetime was examined.

The used structuring methods are all related to chemical crosslinking. For instance, structurable oxetane-functionalized hole transport materials become insoluble at specified positions upon crosslinking. The resulting network is rigid and amorphous, but little is known about its characteristics; in particular about the impact of crosslinking conditions on network strength. However, the advantage of the studied organic semiconductors is their emission in the visible spectrum, which has inspired the development of a spectroscopic tool. By using a combination of vibrational and photoluminescence spectroscopy, a deeper insight into the network formation is provided. The impact of crosslinking conditions on the crosslinking degree can be tracked, and the remaining non-crosslinked material calculated.

Kurzzusammenfassung

In den letzten zwei Jahrzehnten ist ein enormer Fortschritt im Bereich der organischen Lichtdioden (OLEDs) zu verzeichnen. Forschung wie auch Industrie haben die Entwicklung von dünner, leichter und flexibler organischer Elektronik, die zudem über einen herausragenden Farbeindruck verfügt, vorangetrieben. Aufgrund der Eigenschaften von kohlenwasserstoffbasierten Materialien stehen nun auch Niedrigtemperatur- und sogar lösungsmittelbasierte Verfahren (z. B. Drucken) zur Herstellung von elektronischen Bauteilen zur Verfügung.

Das Bestreben der OLED-Industrie, optoelektronische Bauteile individuell konfigurieren zu können, hat die Entwicklung neuer Strukturierungsprozesse motiviert. Strukturierungsprozesse, wie beispielsweise Fotolithografie zur Pixelierung oder zur Herstellung von Leuchtanzeigen und (dekorativer) Beleuchtung, führten bisher zu einem Höhenprofil auf der Oberfläche. Dieses macht jedoch die gleichmäßige Auftragung einer weiteren Schicht mit einem nasschemischen Verfahren nahezu unmöglich. Die Konsequenzen sind eine inhomogene Beschichtung und lokal variierende elektrische Feldstärken mit fatalen Folgen für das Dünnschichtbauteil.

In dieser Arbeit konnten durch die Untersuchung und Entwicklung von neuartigen Strukturierungsmethoden für die Herstellung von lösungsmittelprozessierten OLEDs präzise strukturierte Filme hergestellt und die Bildung eines Höhenprofils verhindert werden. Integriert in ein vollständiges Herstellungsverfahren, zeigten die neuen ausgefeilten Methoden einen hell/dunkel Kontrast von 10^5 und eine Auflösung von $<10\ \mu\text{m}$. Des Weiteren wurde der Einfluss von Strukturierung auf die Bauteilleistung und -lebensdauer untersucht.

Die genannten Strukturierungsmethoden sind alle mit einem chemischen Vernetzungsprozess verbunden. Zum Beispiel werden strukturierbare Oxetan-funktionalisierte Lochtransportmaterialien durch Vernetzung an bestimmten Stellen unlöslich gemacht. Das entstehende Netzwerk ist starr und amorph, allerdings ist nur wenig über die eigentlichen Eigenschaften, insbesondere die Auswirkungen der Vernetzungsbedingungen auf die Netzwerkstärke, bekannt. Der Vorteil der untersuchten organischen Halbleiter ist jedoch, dass sie im sichtbaren Bereich des Spektrums emittieren und daher die Möglichkeit zur Entwicklung eines spektroskopischen Tools eröffnet haben. Durch die Verwendung einer Kombination aus Schwingungs- und Photolumineszenzspektroskopie konnte ein tieferer Einblick in die Netzwerkbildung gewonnen werden. Der Einfluss der Vernetzungsbedingungen auf den Vernetzungsgrad konnte dabei verfolgt und der Anteil des verbliebenen unvernetzten Materials berechnet werden.