

Elektrooptische Charakterisierung dünner Schichten mesogener, organischer Halbleiter

Zusammenfassung

Im Rahmen dieser Arbeit wurden mit mesogenen Derivaten des Perylens, Pyrens, Tetralons, Triphenylens und Hexabenzocoronens organische Leuchtdioden (OLEDs) und Solarzellen (OPVs) hergestellt. Hierfür wurden, unter Verwendung selbst gefertigter Teile, Anlagen entwickelt, die die reproduzierbare Herstellung dünner organischer bzw. metallischer Schichten auf ebenen Substraten ermöglichen. Es wurden thermische Aufdampfprozesse sowie „spin-coating“-Techniken angewendet und optimiert. Auf diese Weise konnten Proben hergestellt werden, die typischerweise aus 3 bis 5 Materialschichten bestanden, die jeweils weniger als 100 nm dick waren.

Die hergestellten OLEDs und OPVs wurden elektrisch bzw. optisch charakterisiert. Viele der dafür benötigten Messanlagen wurden im Rahmen dieser Arbeit so weit entwickelt, dass sie am Schluss für den geplanten, routinemäßigen Einsatz zur Verfügung stehen.

Darüber hinaus wurden Methoden wie Ultraviolett-Photoelektronenspektroskopie (UPS), Time-of-flight (TOF) sowie Cyclovoltammetrie (CV) vorgestellt, die die elektronische Charakterisierung der verwendeten Materialien ermöglichen.

Die Ergebnisse zeigen, dass der untersuchte Perylen-tetraethylester die günstigsten Eigenschaften für die Herstellung von OLEDs hat. Im einschichtigen Aufbau mit einer Schichtdicke von 45 nm zeigt dieses Material eine typische Diodenkennlinie, bei der ab einer Spannung von etwa 4 V Elektrolumineszenz erkennbar ist. Das Effizienzmaximum tritt bei 13 V mit etwa 0,1 lm/(W · sr) auf. Die höchste Leuchtdichte wird mit 100 Cd/m² bei einer angelegten Spannung von 15 V und einer Stromdichte von etwa 25 mA/cm² erreicht.

Auch mit den Derivaten des Pyrens, Triphenylens und Tetralons lassen sich Proben herstellen, die im ein- oder zweischichtigen Aufbau Elektrolumineszenz zeigen. Die Eigenschaften dieser Bauteile hinsichtlich der Kombination aus maximaler Leuchtdichte und Effizienz erreichen jedoch nicht die Höchstwerte des Perylen-C₂. Im Hinblick auf die Lebensdauern der OLEDs zeichnet sich das System [ITO / Baytron-P® / Pyren-C₆ / Al] aus, welches erst nach über 5 Stunden Betrieb unter Laboratmosphäre zerstört wird.

Mit Hilfe der verschiedenen Materialien kann organische Elektrolumineszenz in den drei Grundfarben rot (Perylen-tetraester, Perylenimid), grün (Pyren-tetraester) und blau (Triphenylens-triester, Tetralon-Cyclotrimere) erzeugt werden. Durch geeignete Kombination verschiedener Emittermaterialien kann eine Mischfarbe erzeugt werden, die den Eindruck „weißer“ Lichtemission vermittelt.

Erste Ergebnisse im Bereich organischer Solarzellen zeigen, dass auch für die Herstellung dieser Bauteile der Perylen-tetraethylester geeignet ist, sofern er mit einem Elektronendonator kombiniert wird. Dafür wurden in dieser Arbeit Hexa-*peri*-Hexabenzocoronene (HBC) verwendet. Die insgesamt günstigsten Eigenschaften zeigt hierbei der Aufbau [ITO / HBC-C₁₀ / Perylen-C₂ / Al], bei dem 3,7-dimethyloctyl-substituiertes HBC verwendet wird. Im Falle optimaler Betriebsparameter liefert eine solche Solarzelle bei einer Ausgangsspannung von 0,41 V eine Flächenleistung von etwa 5 mW/m². Bei Anregung mit monochromatischem Licht geeigneter Wellenlänge lassen sich mit den untersuchten Systemen maximal externe Quantenausbeuten (EQE) von 0,15 % erreichen. Unter Verwendung von weißem Licht wird ein Wert von 2,2 · 10⁻⁴ % gefunden.