

## Kurzzusammenfassung

Sowohl in organischen Leuchtdioden (OLEDs) als auch in organischen Solarzellen (OSCs) ist noch erhebliches Potential zur weiteren Erhöhung ihrer Bauteileffizienzen ungenutzt: OLEDs weisen etwa extrem niedrige Auskopplungseffizienzen auf, da ein Großteil des generierten Lichtes innerhalb des Bauteils wellengeleitet wird und nicht vom Betrachter beobachtet werden kann. In OSCs wird aufgrund der sehr kleinen Schichtdicken ein großer Teil des eingestrahlten Lichtes nicht vollständig absorbiert und trägt so nicht zur Ladungsträgergeneration bei. Beides könnte durch Implementierung eines Beugungsgitters mit geeigneter Gitterperiode im sub- $\mu\text{m}$ -Bereich überwunden werden: Koppeln wellengeleitete Moden (Wellen mit bestimmter Energieverteilung) einer OLED mit diesem Gitter, wird die geführte Leistung unter Einhaltung der BRAGG-Bedingung ins Fernfeld ausgekoppelt und trägt damit zur externen Quanteneffizienz (*EQE*) der OLED bei. Wird andererseits eingestrahltes Licht durch das in eine OSC implementierte Gitter in wellengeleitete Moden eingekoppelt, erhöht sich der Absorptionsweg des Lichtes im Bauteil dramatisch und trägt zu einer wesentlich effizienteren Ladungsträgergeneration bei.

Mittels Photoembossing (Kapitel 4.1) wurde eine direkte, holographische Strukturierung der Emitterschicht unter Ausbildung eines Oberflächen- und eines Volumengitters ohne zusätzlichen Waschschrift erzielt. Im gleichen Kapitel werden außerdem zwei Beispiele für Anwendungen von sub- $\mu\text{m}$ -Gittern in anderen organischen Halbleiterbauteilen aufgezeigt.

In Kapitel 4.2 werden die Untersuchungen an derartig strukturierten OLEDs beschrieben. In polarisations- und winkelabhängigen Elektrolumineszenzmessungen konnte die Auskopplung dreier Moden durch das Gitter gezeigt und anhand der BRAGG-Bedingung für jede der Moden im Bauteil die Dispersion des effektiven Brechungsindex ( $n_{\text{eff}}$ ) bestimmt werden. Mit Hilfe theoretischer Leistungsbudgetsimulationen wurden die Moden eindeutig zugeordnet. Da andere OLED-Aufbauten prinzipiell sehr ähnlich sind, lassen sich die an diesem System gewonnen Erkenntnisse übertragen. Damit konnte ein Verfahren entwickelt werden, das die  $n_{\text{eff}}$ -Dispersion wellengeleiteter Moden beliebiger OLEDs experimentell zugänglich macht, ohne auf Simulationsrechnungen angewiesen zu sein. Durch die Variation der Emitterschichtdicke konnte weiterhin die nach Simulationen erwartete

Lokalisierung der einzelnen Moden innerhalb des Bauteils bestätigt werden: Extreme Kathodennähe der Plasmonenmode und Ausbreitung der beiden anderen Moden ( $TE_1$  und  $TM_1$ ) in die aktive Schicht. Größere Gitterperioden erlaubten die Einkopplung unter Ordnungen bis  $m = \pm 4$ , trugen jedoch nicht zur Verstärkung des Auskopplungseffektes bei. Zusätzlich wurde der Belichtungsaufbau so erweitert, dass auch 2-dimensionale Strukturierungen möglich waren. Damit sollte eine Verdoppelung der gezeigten Auskopplungssteigerungen von 7% möglich sein. Dies konnte jedoch am Bauteil bisher nicht bestätigt werden. Die Verlagerung der Gitterposition innerhalb der OLED durch Strukturierung einer Photolackschicht unterhalb der Anode zeigte zwar wie erwartet einen größeren Einfluss des Gitters auf die anodennäher geführte  $TE_1$ -Mode, die Untersuchungen an diesem System lassen jedoch noch keine endgültigen Schlüsse zu. Hierzu sind weitere Simulationsrechnungen nötig.

Die Übertragung dieses Konzepts auf OSCs ist in Kapitel 4.3 beschrieben. Hier wurden lediglich Bauteile untersucht, die mittels Photolack unterhalb der Anode strukturiert worden waren. Es konnten ebenfalls die  $n_{eff}$ -Dispersionen dreier Moden bestimmt werden. Dies gelang durch Messung der Kurzschlussstromstärke  $I_{SC}$  der OSCs bei polarisations- und winkelabhängiger Bestrahlung mit monochromatischem Licht. Dabei konnten, in Übereinstimmung mit der BRAGG-Gleichung,  $I_{SC}$ -Steigerungen bei Einstrahlung unter bestimmten Winkeln um bis zu einen Faktor 3 gegenüber der flachen Referenz-OSC detektiert werden. Hier wurde Beugung bis  $m = \pm 3$  beobachtet. Der Vergleich der effektiven Brechungsindizes mit den Brechungsindizes der eingesetzten Materialien lässt vermuten, eine der Moden sei stark im ITO lokalisiert, während es sich bei der Mode mit dem stärksten Kopplungseffekt um eine Plasmonenmode handeln könnte. Dies wurde durch analoge Untersuchungen an vakuumprozessierten OSCs auf Basis kleiner Moleküle untermauert. Die Kenntnis über die effektiven Brechungsindizes der wellengeleiteten Moden erlaubte schließlich die Herstellung von Gittern, die unter senkrechter Belichtung, also im standardisierten Messaufbau, erhöhte  $I_{SC}$ s und damit gesteigerte Effizienzen aufweisen sollten. Dies konnte bisher allerdings nicht bestätigt werden. Ursache hierfür ist vermutlich die schlechte Kontaktierung und niedrige Leitfähigkeit des als Anode eingesetzten  $MoO_3$ . Daher ist die Entwicklung einer geeigneten Strukturierungsmethode für OSCs eine besonders wichtige zukünftige Aufgabe.