

Kurzzusammenfassung

Polariton-basierte organische Leuchtdioden (POLEDs) und organische Polariton-Laser stellen eine sich rasch weiterentwickelnde Klasse optoelektronischer Bauelemente dar, die als kompakte, kostengünstige und variierbare Lichtquelle hohes Potenzial besitzen. Während optisch gepumpte Polariton-Laser auf Basis organischer Materialien umfassend untersucht wurden, bleibt die Realisierung elektrisch betriebener Laser aufgrund von Einschränkungen im Ladungstransport, Absorption und der thermischen Stabilität der Materialien eine große Herausforderung. Diese Arbeit präsentiert eine systematische Untersuchung zur Optimierung thermisch verdampfter Polariton-OLEDs und Polariton-Laser hinsichtlich elektrischer Leistungsfähigkeit, optischer Qualität und Bauteilstabilität und wird durch die Entwicklung geeigneter Mess- und Betriebsmethoden für elektrisch betriebene Polariton-Laser ergänzt.

Organische Polariton-Laser sind für ihre niedrigen Laserschwellen bekannt, weisen jedoch oft eine geringe Stabilität auf. In dieser Arbeit wurde ein Polariton-Laser auf Basis von 4,4bis[(N-carbazole)-styryl]biphenyl (BSBCz) in einer einfachen Fabry-Pérot-Mikrokavität, gebildet durch zwei Bragg-Reflektoren (distributed Bragg reflector, DBR), realisiert, welche Laserschwellen von nur $8.9 \mu\text{J}/\text{cm}^2$ aufweisen. Durch das Einbringen zusätzlicher Stabilisierungsschichten konnte die Stabilität des Bauteils hin zu stabiler Laseremission nach über 100.000 Anregungspulsen bei Anregung mit der dreifachen Schwellenenergie erhöht werden. Durch die Miniaturisierung der aktiven Fläche konnte die Laserschwelle auf einen neuen Rekordwert der Pumpenergiedichte ($0.2 \mu\text{J}/\text{cm}^2$) reduziert und die laterale Einschränkung der Lasermoden beobachtet werden.

Polariton-OLEDs können winkelunabhängige und schmalbandige Emissionen zeigen, wurden jedoch bislang nicht im blauen Spektralbereich demonstriert. In dieser Arbeit wurden leistungsstarke blaue Polariton-OLEDs unter Verwendung von BSBCz entwickelt. Die Bauteilarchitekturen wurden systematisch hinsichtlich ihrer Elektronik optimiert, wodurch nach oben emittierende Strukturen mit Stromdichten von bis zu $1.600 \text{ mA}/\text{cm}^2$ und einer Leuchtdichte von über $20.000 \text{ cd}/\text{m}^2$ unter konstanter Spannungsanregung erzielt wurden. Durch zusätzliche thermische Optimierung (den Einsatz von Siliziumsubstraten) wurden Rekordwerte für blaue Polariton-OLEDs erreicht ($> 8.000 \text{ mA}/\text{cm}^2$, $> 120.000 \text{ cd}/\text{m}^2$). Um thermischen Zerfall bei hohen Stromdichten zu adressieren und die Stabilität deutlich zu verbessern, wurde der Einsatz von Materialien mit erhöhten Glasübergangstemperaturen untersucht.

Für die Entwicklung eines elektrisch betriebenen Polariton-Lasers wurden die Bauteildesigns von Polariton-Lasern und OLEDs kombiniert und neue Architekturen erforscht. Die finalen Bauelemente, erreichten unter kurzgepulster Hochspannungsanregung Stromdichten von bis zu $1 \text{ kA}/\text{cm}^2$, ein Wert, der in den benötigten Bereich für elektrisch getriebene organische Laser liegt.

Diese Ergebnisse unterstreichen die entscheidende Rolle der Materialauswahl, des Kavitäts- und Elektrodenlayouts sowie der Substratwahl für den Fortschritt in der Polariton-Optoelektronik. Die demonstrierten Entwicklungen bilden eine Grundlage für die Integration optimierter Polariton-OLEDs in Mikrokavitäten der Laser und eröffnen Wege zu Realisierung elektrisch betriebener Polariton-Laser.