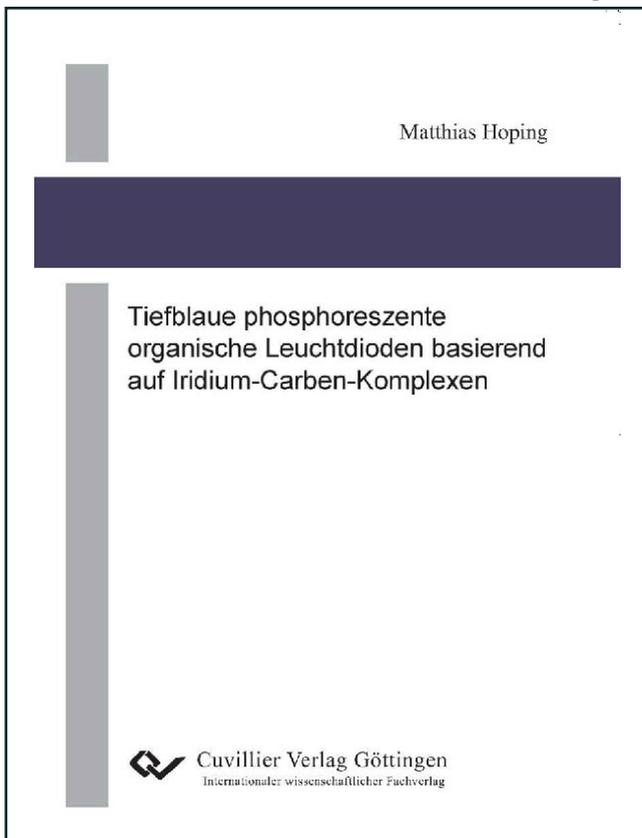




Matthias Hoping (Autor)

Tiefblaue phosphoreszente organische Leuchtdioden basierend auf Iridium-Carben-Komplexen



<https://cuvillier.de/de/shop/publications/955>

Copyright:

Cuvillier Verlag, Inhaberin Annette Jentsch-Cuvillier, Nonnenstieg 8, 37075 Göttingen, Germany

Telefon: +49 (0)551 54724-0, E-Mail: info@cuvillier.de, Website: <https://cuvillier.de>

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
1.1	Organische Elektrolumineszenz: Eine kurze Historie	1
1.2	Motivation und Zielsetzung	3
1.3	Gliederung der Arbeit	4
2	Grundlagen	6
2.1	Ladungstransport in organischen Halbleitern	6
2.1.1	Struktur und elektronische Eigenschaften	6
2.1.2	Molekülberechnungen: Vergleich zwischen Modell und Experiment . .	9
2.1.3	Stromtransport in ungeordneten Schichten	11
2.1.4	Elektrisch dotierte Transportfilme	13
2.2	Methoden zur Bestimmung der Ladungsträgerbeweglichkeit	14
2.2.1	Raumladungsbegrenzte Strom-Spannungs-Messungen	15
2.2.2	Admittanzspektroskopie	19
2.2.3	DI-SCLC - Methode	25
2.3	Lumineszenz in organischen Halbleitern	27
2.3.1	Das Franck-Condon-Prinzip	28
2.3.2	Mono- und bimolekularer Energietransfer	29
3	Bauelementtechnologie und Messtechnik	33
3.1	Bauteilpräparation	33
3.2	Messtechnik	38
4	Mobilitätsmessungen an organischen Dünnschichten	43
4.1	ITO als Lochinjektionskontakt	43
4.2	PEDOT:PSS als Lochinjektionskontakt	47
4.3	Lochinjektion über WO_3 und MoO_3	51
4.3.1	Voruntersuchungen	52
4.3.2	Nachweis des ohmschen Kontakts für CBP und TCTA	54
4.3.3	Ladungstransporteigenschaften von EB3	60

4.4	Elektroneninjektion über Cs_2CO_3	63
4.4.1	Elektronenbeweglichkeit von TPBi	65
4.4.2	Injektionsbegrenzter Strom in MA15	67
4.5	Zusammenfassung	69
5	Phosphoreszentes Tiefblau	72
5.1	Der Carbenemitter $\text{Ir}(\text{cn-pmbic})_3$	72
5.1.1	Identifikation des Degradationsmechanismus	73
5.1.2	Substitution von SO_2MCP und MA2	77
5.2	Optimierung der Lebensdauer durch EB3	80
5.2.1	Hole- und electron-only Bauteile	80
5.2.2	Lebensdauer und Bauteileffizienz	84
5.2.3	Farbkoordinaten	86
5.3	Die p-Dotierung	88
5.4	Lokalisierung der Emissionszone bei Verwendung von SiCz	90
5.5	SiCz-Derivate als alternative Matrixmaterialien	98
5.5.1	Beweglichkeiten	98
5.5.2	Stabilität gegenüber Ladungsträgern	100
5.5.3	Bauteilleistung	101
5.6	Lokalisierung der Emissionszone bei Verwendung von MA15	105
5.7	Verbreiterung der Emissionszone und „Mixed Host“ Konzept	107
5.8	Entlastung von $\text{Ir}(\text{dpbic})_3$ gegenüber Elektronen	110
5.9	Zusammenfassung	113
6	Zusammenfassung und Ausblick	115
Anhang		
A	Namen und Strukturformeln ausgesuchter Moleküle	119
B	Programmcode zur Simulation der Admittanz	122
	Literaturverzeichnis	126

1 Einleitung

1.1 Organische Elektrolumineszenz: Eine kurze Historie

Organische Materialien zeichnen sich durch zwei faszinierende Eigenschaften aus: Sie emittieren nach einer geeigneten Anregung Licht in effizienter Weise und können Ladungsträger entlang des Molekülverbands transportieren. Aufgrund des geringen Überlapps der Moleküle fällt die Beweglichkeit mit $\mu < 10 \text{ cm}^2/\text{Vs}$ jedoch deutlich geringer aus als in anorganischen Verbindungen [1]. Aus diesem Grund wurde sich zu Beginn auf molekular geordnete Kristallstrukturen konzentriert, da diese die besten Transporteigenschaften besitzen. Der erste Nachweis der Elektrolumineszenz wurde 1965 von Helfrich *et al.* am Beispiel von 1 bis 5 mm dicken Anthracenkristallen erbracht [50]. Allerdings lag die angelegte Spannung bei über 100 V, was den praktischen Nutzen dieses Phänomens noch erheblich einschränkte. Im Jahre 1987 gelang Tang und van Slyke ein entscheidender Durchbruch, indem sie das Problem der hohen Betriebsspannung durch die Abscheidung dünner amorpher Schichten im Bereich von $\sim 100 \text{ nm}$ lösten [3]. Darüber hinaus konnten sie die erste organische niedermolekulare *Heterostruktur* realisieren, die aus einer Löcher transportierenden Diaminstruktur und dem Elektronen transportierenden und gleichzeitig lumineszierenden Material Alq_3 (Tris(8-hydroxyquinolino)aluminium) bestand. Sie bot den Vorteil, die Elektron/Loch-Rekombination von den Injektionskontakten zur organischen Grenzfläche zu verlagern und damit die Quanteneffizienz auf zum damaligen Zeitpunkt beachtliche 1 % zu steigern bei gleichzeitigen Betriebsspannungen unter 10 V. Eine weitere Steigerung auf 2 % gelang ihnen zwei Jahre später durch den Einsatz eines Gast-Wirt-Systems, bestehend aus einer ladungstransportierenden Matrix und einem effizienten fluoreszenten Emitterfarbstoff [4]. Die zugrunde liegende Bauteilarchitektur hat im Wesentlichen bis heute Bestand. Sie ist in Bild 1.1 dargestellt, erweitert um eine Elektronentransportschicht (engl.: Electron Transport Layer, ETL). Ein lichtauskoppelnder Kontakt wird durch das transparente, leitfähige Oxid ITO (engl.: Indium Tin Oxide) hergestellt, das Löcher in das HOMO (engl.: Highest Occupied Molecular Orbital) der Lochtransportschicht (engl.: Hole Transport Layer, HTL) injiziert. Analog dazu werden die Elektronen über einen Kontakt mit niedriger Austrittsarbeit (Li, Mg, Ca, Cs) in das LUMO (engl.: Lowest Unoccupied Molecular Orbital) der ETL injiziert. Die hohe Reaktionsfreudigkeit von Substanzen mit niedriger Austrittsar-