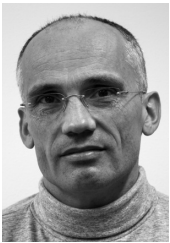




Dirk Michaelis



Christoph Wächter



Sylke Kleinle



Peter Dannberg



Norbert Danz



Bernd Höfer



Antje Oelschläger



Michael Flämmich

Allgemeine Beleuchtungsaufgaben, die von der Wohnraum- und Arbeitsplatzbeleuchtung mit weißem Licht über Leseleuchten in Autos und Flugzeugen bis hin zum farbigen Stimmungs- oder Hintergrundlicht reichen, werden gegenwärtig mittels Glühlampe, Leuchtstoffröhren oder anorganischen LEDs gelöst. Künftig werden hierfür effiziente Organische LEDs (»OLEDs«) /1/ als dünne und großflächige Lichtquellen zur Verfügung stehen und damit neue Möglichkeiten hinsichtlich Funktionalität, Integrierbarkeit und Design eröffnen. Um das Potenzial dieser neuen Lichtquellen umfassend zu nutzen sind mikrooptische Elemente hervorragend geeignet. Diese steigern nicht nur die Effizienz der OLEDs sondern gestatten es auch, aus dem OLED-typischen, Lambert-ähnlichen Abstrahlprofil anwendungsspezifische, maßgeschneiderte Lichtverteilungen zu erzeugen.

Der Standardaufbau einer OLED ist in Abb. 1 dargestellt. Die Auskopplung des im OLED-Stack generierten Lichts aus dem Bauelement wird, neben der Absorption in den unterschiedlichen Materialien und der Anregung geführter Moden des Dünnschichtsystems, insbesondere durch die Totalreflexion an der Substrat – Luft – Grenzfläche vermindert. Dieser Effekt kann, wie in Abb. 1 skizziert, durch Photonen-Recycling mittels eines Mikrolinsenarrays /2/, das bspw. als Folie auf das Substrat aufgebracht wird, reduziert und die Gesamteffizienz der OLED so deutlich gesteigert werden.

Neben der Reduktion des Einflusses der Totalreflexion ist es möglich, durch Auskoppelfolien mit angepassten mikrooptischen Strukturen das Strahlungsfeld der OLED wesentlich zu beeinflussen. Dies ist in Abb. 2 veranschaulicht, wo drei Strahlungsfelder gleicher OLEDs mit und ohne zusätzliche mikrooptische Elemente im direkten Vergleich

gezeigt werden. Es wird deutlich, dass anisotrope Richtcharakteristiken mit unterschiedlichen Öffnungswinkeln eingestellt werden können, welche die Helligkeit in Nutzrichtung im Vergleich zur einfachen OLED steigern.

Die Kombination einer Auskoppelstruktur mit einer separaten, angepassten Strahlformungsoptik ermöglicht die nahezu beliebige Gestaltung der Lichtverteilung bei gleichzeitiger Erhöhung der Helligkeit in Nutzrichtung (Abb. 3). Dabei ist keine Justage beider Optiken zueinander notwendig, und die Gesamthöhe der Optik kann unter 2 mm gehalten werden. Bemerkenswert ist insbesondere die praktisch störlichtfreie Umlenkung der Lichtemission (Abb. 3 f). Für großflächige OLEDs kann mit diesem Ansatz sowohl ein nahezu beliebiges Strahlungsfeld generiert als auch eine Steigerung der Helligkeit in Nutzrichtung um mehr als 50 % erreicht werden (Abb. 4).

Die Autoren danken für die finanzielle Unterstützung des BMBF-Projekts »HOBBIT«.

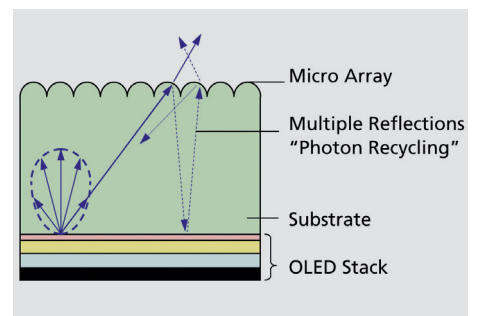


Abb. 1: Skizze der Anordnung einer substratseitig emittierenden OLED mit einem Linsenarray zur Auskopplung.

Fig. 1: Sketch of a bottom emitting OLED comprising a micro lens array for outcoupling.



General illumination tasks, ranging from living room and working place illumination with white light via reading lamps in automobiles and planes up to colorful ambient or mood lighting, currently apply light sources like incandescent bulbs, fluorescent lamps or anorganic LED. The upcoming technology of Organic LEDs ("OLEDs") /1/ as thin, large area light sources will be available at low cost soon and thus establish new features of lighting concerning functionality, integrability and design. Micro optical elements are well suited to fully open up the potential of these new lights. They not only increase the OLED efficiency significantly but can also tailor the common Lambertian-like emission pattern of OLEDs into desired light distributions corresponding to application demands.

Figure 1 shows the standard setup of an OLED. The outcoupling of light generated inside the OLED stack is limited due to material absorption, guided mode excitation, and especially due to total internal reflection at the substrate – air interface. This latter effect can be reduced by photon recycling structures like micro lens arrays /2/ shown in Fig. 1 that may be applied as thin films to increase the OLED efficiency significantly. Besides the influence of total internal reflection, coupling films comprising well designed micro optical elements can shape the OLED radiation pattern considerably. Figure 2 shows the comparison of radiation patterns of three similar OLEDs with and without additional micro optical structures. Obviously, anisotropic patterns can be generated that additionally yield an increased brightness of the system in perpendicular direction compared to the simple OLED.

Combining outcoupling structures with a separate pattern shaping optics enables for nearly boundless tailoring

of OLED light distribution while maintaining the increased perpendicular brightness (Fig. 3). The setup does not require any lateral optics adjustment, and the total height of optics remains below 2 mm. Note the deflection of the spot without any apparent stray light in Fig. 3f. Our approach enables for generating variable radiation patterns while increasing the brightness in perpendicular direction by more than 50 % for large area OLEDs (Fig. 4).

The authors acknowledge the financial support of the BMBF project "HOBBIT".

References:

- /1/ Müllen, K.; Scherf, U.; (Ed.): Organic Light-Emitting Devices, Wiley-VCH, Weinheim, 2006.
- /2/ Danz, N.; Michaelis, D.; Wächter, C.: OLED design: combined micro- and nanophotonics modelling and routes to a complex optimization algorithm, Proc. SPIE 6796 (2007) 67963F.

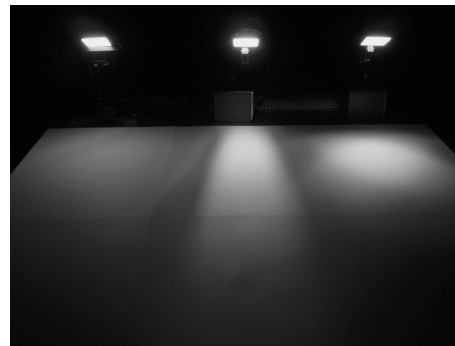


Abb. 2: Strahlungsfelder von drei gleichen OLEDs mit unterschiedlichen Optiken: einfache OLED (links), anisotrope Emission mit $\pm 15^\circ$ horizontalem Öffnungswinkel und vertikaler Lambertischer Charakteristik (Mitte), sowie ein $\pm 30^\circ$ rundes Profil (rechts).

Fig. 2: Radiation patterns of three similar OLEDs equipped with different shaping optics: OLED without optics (left), anisotropic pattern with $\pm 15^\circ$ horizontal emission angle and vertical Lambertian emission (middle), and $\pm 30^\circ$ circular pattern (right).

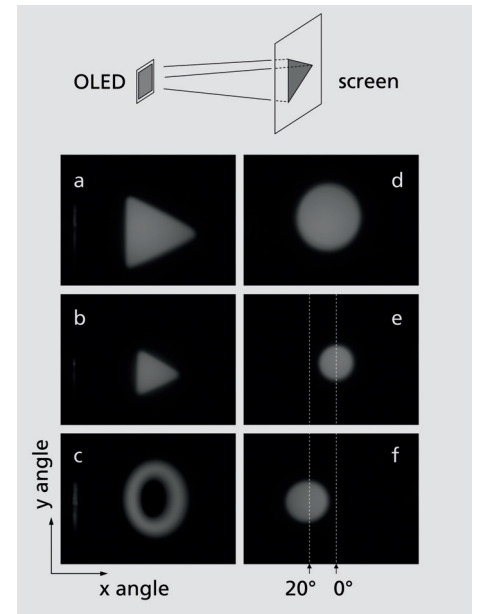


Abb. 3: Fotos verschiedener Strahlungscharakteristika entsprechend der oben skizzierten Anordnung: großes (a) und kleines (b) Dreieck, Buchstabe »O« (c), sowie ein großer (d) und zwei kleine (e, f) Kreise. Man beachte den Winkelversatz zwischen (e) und (f).

Fig. 3: Photographs of different angular radiation patterns according to the sketch shown on top: large triangle (a), small triangle (b), letter "O" (c), as well as large (d) and small (e, f) circles. Note the tilt of the beams between (e) and (f).

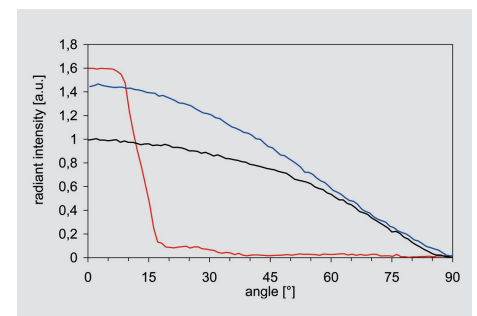


Abb. 4: Winkelabhängigkeit der Emission unterschiedlicher OLED-Systeme: einfache OLED (schwarz), OLED mit Mikrolinsenarray zur Auskopplung (blau) sowie mit Strahlformungsoptiken (rot).

Fig. 4: Angular radiation pattern of different OLED systems: simple OLED (black), OLED with micro lens array (blue), and OLED with pattern shaping micro optics (red).