

Wie Kupfer organische Leuchtdioden effizienter macht

Forscher des KIT messen Intersystem Crossing direkt in Kupferkomplex mit thermisch aktivierter verzögerter Fluoreszenz – Publikation in Science Advances



Farbstoffe als Grundlage für organische Leuchtdioden werden dank dem Wissen über ihre Quantenmechanik maßgeschneidert. (Bild: KIT)

Der Einsatz von Kupfer als Leuchtstoff ermöglicht kostengünstige und umweltverträgliche organische Leuchtdioden (OLEDs). Dabei sorgt die thermisch aktivierte verzögerte Fluoreszenz (TADF) für eine hohe Lichtausbeute. Wissenschaftler des Karlsruher Instituts für Technologie (KIT), der CYNORA GmbH und der Universität Saint Andrews haben nun das zugrundeliegende quantenmechanische Phänomen des Intersystem Crossing in einem Kupferkomplex gemessen. Die Ergebnisse der Grundlagenarbeit, welche die Forscher in der Zeitschrift Science Advances vorstellen, tragen zu energieeffizienteren OLEDs bei.

Organische Leuchtdioden gelten als Lichtquelle der Zukunft. Sie geben Licht gleichmäßig in alle Betrachtungsrichtungen ab, liefern brillante Farben und hohe Kontraste. Da OLEDs (Organic Light Emitting Diodes) sich auch transparent und flexibel herstellen lassen, eröffnen sie neue Anwendungs- und Gestaltungsmöglichkeiten, wie flächige Lichtquellen auf Fensterscheiben oder rollbare Displays. OLEDs bestehen aus ultradünnen Schichten organischer Materialien, die als Emitter dienen, zwischen zwei Elektroden. Beim



KIT-Zentrum Energie: Zukunft im Blick

Monika Landgraf
Pressesprecherin

Kaiserstraße 12
76131 Karlsruhe
Tel.: +49 721 608-47414
Fax: +49 721 608-43658
E-Mail: presse@kit.edu

Weiterer Kontakt:

Kosta Schinarakis
PKM – Themenscout
Tel.: +49 721 608 41956
Fax: +49 721 608 43658
E-Mail: schinarakis@kit.edu

Anlegen einer Spannung werden Elektronen von der Kathode sowie Löcher (positive Ladungen) von der Anode in den Emitter injiziert. Dort treffen Elektronen und Löcher zu gebundenen Elektronen-Loch-Paaren zusammen. Bei diesen sogenannten Exzitonen handelt es sich um Quasiteilchen im angeregten Zustand. Sie zerfallen anschließend in ihren Ausgangszustand und geben dabei Energie frei.

Allerdings können die Exzitonen zwei verschiedene Zustände annehmen: Singulett-Exzitonen zerfallen sofort wieder und senden Licht aus, während Triplett-Exzitonen ihre Energie als Wärme freigeben. In OLEDs treten gewöhnlich 25 Prozents Singulett und 75 Prozent Triplett auf. Um die Energieeffizienz einer OLED zu erhöhen, müssen auch die Triplett-Exzitonen zur Lichterzeugung genutzt werden. Dies geschieht in herkömmlichen organischen Leuchtdioden durch die Beimischung von Schwermetallen wie Iridium oder Platin, die teuer und nur begrenzt verfügbar sind sowie aufwendige Herstellungsverfahren bedingen.

Eine kostengünstigere und umweltverträglichere Möglichkeit besteht im Einsatz von Kupferkomplexen als Emittermaterialien. Dabei sorgt thermisch aktivierte verzögerte Fluoreszenz (TADF – Thermally Activated Delayed Fluorescence) für hohe Lichtausbeute und damit hohe Effizienz: Triplett-Exzitonen werden in Singlet-Exzitonen verwandelt, die wiederum Photonen aussenden. TADF beruht auf dem quantenmechanischen Phänomen des Intersystem Crossing (ISC), einem Übergang von einem elektronischen Anregungszustand in einen anderen mit veränderter Multiplizität, beispielsweise vom Singulett zum Triplett und umgekehrt. Bei organischen Molekülen bestimmend ist dabei die Spin-Bahn-Kopplung, das heißt die Wechselwirkung des Bahndrehimpulses eines Elektrons in einem Atom mit dem Spin des Elektrons. So lassen sich alle Exzitonen, Triplett wie Singulett, zur Lichterzeugung nutzen. Kupfer als Leuchtstoff erreicht mit TADF eine Effizienz von 100 Prozent.

Stefan Bräse und Larissa Bergmann vom Institut für Organische Chemie (IOC) des KIT haben nun gemeinsam mit Forschern des OLED-Technologie-Unternehmens CYNORA und der Universität Saint Andrews in Großbritannien erstmals die Geschwindigkeit des Intersystem Crossing in einem hoch lumineszierenden Kupfer(I)-Komplex in festem Zustand mit thermisch aktivierter verzögerter Fluoreszenz gemessen. Über die Ergebnisse berichten sie im Magazin *Science Advances*. Als Zeitkonstante für das Intersystem Crossing von Singulett zu Triplett ermittelten die Wissenschaftler 27 Pikosekunden (27 billionstel Sekunden). Der umgekehrte Vorgang – Reverse Intersystem Crossing – von Triplett zu Singulett geht lang-

samer vonstatten und führt zu einer TADF, die durchschnittlich 11,5 Mikrosekunden anhält. Diese Messungen führen zu einem besseren Verständnis der Mechanismen, die zu TADF führen, und erleichtern damit die gezielte Entwicklung von TADF-Materialien für energieeffiziente OLEDs.

Larissa Bergmann, Gordon J. Hedley, Thomas Baumann, Stefan Bräse, Ifor D. W. Samuel: Direct observation of intersystem crossing in a thermally activated delayed fluorescence copper complex in the solid state. *Science Advances*, January 2016. DOI: 10.1126/sciadv.1500889

Details zum KIT-Zentrum Energie: <http://www.energie.kit.edu>

Das Karlsruher Institut für Technologie (KIT) verbindet seine drei Kernaufgaben Forschung, Lehre und Innovation zu einer Mission. Mit rund 9 400 Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern sowie 24 500 Studierenden ist das KIT eine der großen natur- und ingenieurwissenschaftlichen Forschungs- und Lehrinrichtungen Europas.

KIT – Die Forschungsuniversität in der Helmholtz-Gemeinschaft

Das KIT ist seit 2010 als familiengerechte Hochschule zertifiziert.

Diese Presseinformation ist im Internet abrufbar unter: www.kit.edu

Das Foto steht in druckfähiger Qualität auf www.kit.edu zum Download bereit und kann angefordert werden unter: presse@kit.edu oder +49 721 608-47414. Die Verwendung des Bildes ist ausschließlich in dem oben genannten Zusammenhang gestattet.