

Optisch adressierbare Transistoren durch einfaches Mischen von "kleinen" Halbleiter- und Photoschaltermolekülen

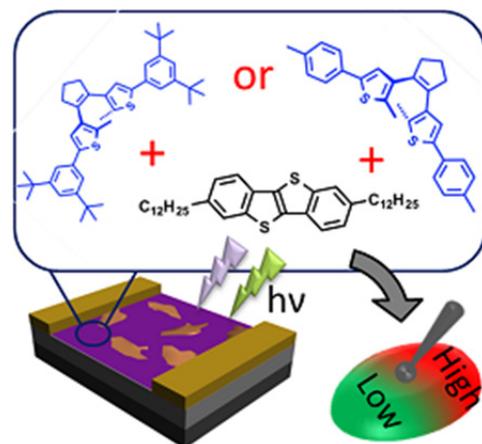
Ein internationales Team von Wissenschaftlern, geleitet von Stefan Hecht (Mitglied von IRIS Adlershof) und Paolo Samori von der Universität Strasbourg (Frankreich), sowie in Zusammenarbeit mit Wissenschaftlern der Stanford University (USA) und der Universität Brüssel (Belgium), konnte zeigen, wie hochleistungsfähige optisch schaltbare Feld-Effekt-Transistoren durch Mischen von organischen photochromen mit halbleitenden Molekülen erhalten werden können. Derartige optisch adressierbare molekulare Bauelemente gelten als Schlüsselbausteine für künftige logische Schaltkreise. Die Studie wurde jetzt in der Zeitschrift *Nature Communications* veröffentlicht.

Organische optoelektronische Materialien gelten als vielversprechende Kandidaten für die Entwicklung von kostengünstigen multifunktionalen Bauelementen, wie Phototransistoren und optischen Speichern. In diesen Bauelementen dient Licht dazu, elektrische Eigenschaften quasi per Fernsteuerung zu modulieren. Hierzu sind integrierte photochrome Moleküle, die mit Hilfe von Licht zwischen zwei Isomeren mit unterschiedlichen Eigenschaften hin- und herschalten, besonders gut geeignet.

Diarylethene (DAE) gehören zu den wohl prädestiniertesten photochromen Verbindungen zur Integration in Dünnschichttransistoren (TFTs). Allerdings weisen dünne Schichten, die ausschließlich aus den DAEs bestehen, eher schlechte Ladungstransporteigenschaften auf. Dieses Problem kann durch das Mischen des DAE mit einem organischen halbleitenden Polymer umgangen werden. Die richtige Mischung vereint die Vorteile des DAE (Lichtschaltbarkeit) mit den Vorteilen des organischen Polymers (Leitfähigkeit), wie vom selben Team in einer vielbeachteten früheren Arbeit (s. *Nature Chemistry* 4, 675 (2012)) gezeigt werden konnte. Aber ist dieser Ansatz genereller Natur und auch

anwendbar auf kleine Moleküle, deren Schichten teilweise deutlich bessere Leitfähigkeiten aufweisen?

Um dieser Frage auf den Grund zu gehen, untersuchten die Wissenschaftler den Einfluss der supramolekularen Organisation, kodiert im spezifischen Substitutionsmuster des DAE, auf dessen Schalteigenschaften inkorporiert in einer Matrix aus einem Polymer, d.h. Poly(3-hexylthiophen) (P3HT), bzw. aus einem kleinen Molekül, d.h. Benzothienobenzothiophen (BTBT) dekoriert mit C₁₂-Alkylseitenketten.



Schematische Illustration eines Feld-Effekt-Transistors auf der Basis einer Mischung aus photochromen Molekülen (in blau) und „kleinen“ organischen Halbleitermolekülen (in rot). Die Mischung führt je nach Beleuchtung zu zwei Schaltzuständen des Bauelements

Auf Basis von BTBT konnten die Forscher optisch schaltbare Transistoren mit Ladungsträgermobilitäten bis zu $0.21 \text{ cm}^2 \cdot \text{V}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$ herstellen. Ihre Ergebnisse zeigen, dass durch das molekulare Design die Wechselwirkungen zwischen den beiden Komponenten und somit die Struktur/Morphologie in deren Schichten kontrolliert werden können. Dies bestimmt letztendlich den Ladungstransport und die Modulation des Stroms im Bauelement. Somit konnte das Team erfolgreich zeigen, dass „kleine“ Moleküle ihren größeren polymeren Verwandten im Zusammenspiel mit DAEs in TFTs durchaus überlegen sind.

Diese Resultate zeigen, dass der ursprünglich vom Team entwickelte Ansatz genereller Natur ist und dass die organischen Schalter- und Halbleitermoleküle

für die spezifische Bauelementfunktion optimiert werden können. Die Ergebnisse sind vielversprechend für die Entwicklung von hochleistungsfähigen optisch-kontrollierten Bauelementen mit potentiellen Anwendungen in Speichermedien und logischen Schaltkreisen, sowie generell in der Optoelektronik und in der optischen Sensorik.

Optically switchable transistors by simple incorporation of photochromic systems into small molecule semiconducting matrices

M. El Gemayel, K. Börjesson, M. Herder, D. T. Duong, J. A. Hutchison, C. Ruzié, G. Schweicher, A. Salleo, Y. Geerts, [S. Hecht](#), E. Orgiu, and P. Samorì
Nature Communications, ASAP
DOI: [10.1038/ncomms7330](https://doi.org/10.1038/ncomms7330)