

# Hans Kleemann

## Novel Concepts for Organic Transistors: Physics, Device Design, and Applications

### Kurzbeschreibung

Die rasante technologische Entwicklung der Mikroelektronik hat unsere Art zu kommunizieren, zu arbeiten und zu leben in den letzten Jahren fundamental verändert.

Mikroelektronische Bauelemente sind mittlerweile in vielen Dingen des alltäglichen Lebens enthalten und diese Entwicklung wird sich in den nächsten Jahren noch weiter fortsetzen. Die Mikroelektronik-Industrie hat sich zu einem Motor der globalen Wirtschaft entwickelt, welcher durch seine Dynamik und Innovationskraft in fast alle anderen Bereich der Wirtschaft ausstrahlt.

Die Silizium-basierte Mikroelektronik steht aber auch vor gewaltigen Herausforderungen, denn durch die Nutzung hochreiner Rohstoffe, giftiger Prozesse und einem enormen Energieverbrauch ist sie leider ein echtes Paradebeispiel für fehlende Nachhaltigkeit. Die Halbleiter-Industrie muss in den nächsten 10 Jahren substantielle Veränderungen vornehmen hin zu nachhaltiger Rohstoffnutzung und Reduktion von Emissionen. Eine Möglichkeit, diese Transformation zu gestalten, ist die Nutzung organischer Halbleiter-materialien (einfache Kohlenwasser-stoffe, welche auch selbst in der Natur vorkommen), denn diese erlauben einerseits energieeffiziente Herstellungs-methoden und andererseits sehr effiziente und leistungsfähige Bauelemente. So werden z. B. organische Leuchtdioden erfolgreich in Displays als effiziente Leuchtmittel genutzt und flexible organische Solarzellen mit einem Gewicht von weniger als 1 kg/m<sup>2</sup> und extrem geringem CO<sup>2</sup>-Fußabdruck werden momentan in die Massenproduktion überführt.

Um den weiteren kommerziellen Erfolg der organischen Elektronik zu gewährleisten, ergeben sich zwei entscheidende wissenschaftliche Herausforderungen. Zum einen müssen die Bauelemente (insbesondere Transistoren) schneller werden, so dass auch anspruchsvolle Anwendungen wie z. B. drahtlose Kommunikation realisiert und damit breitere Anwendungsfelder erschlossen werden können, zum anderen gilt es einzigartige elektronische Eigenschaften organischer Halbleiter nutzbar zu machen für Anwendungen, die mit Silizium-basierter Technologie nicht darstellbar sind.

Die vorliegende Habilitationsschrift adressiert die beiden genannten Herausforderungen und zeigt dabei insbesondere den Brückenschlag von der Grundlagenforschung am Einzelbauelement hin zu Anwendungen in komplexen Schaltkreisen auf. Im Mittelpunkt der Forschung steht der Transistor, welcher als elektronischer Schalter das meistgenutzte Halbleiter-bauelement ist. Im Rahmen der Arbeit konnte ein neuartiger Transistor, ein sogenannter vertikaler Transistor entwickelt werden, welcher auf Grund seiner kompakten Bauweise Schaltfrequenzen ermöglicht, die vor wenigen Jahren für organische Transistoren noch als undenkbar galten.

### Botschaft für den DRESDEN EXCELLENCE AWARD

Mit meinen Arbeiten zur organischen Elektronik habe ich ein Thema entwickelt, welches mich nicht nur wissenschaftlich, technologisch und wirtschaftlich begeistert, sondern auch dem gesellschaftlichen Aspekt der Nachhaltigkeit und der moralischen Verantwortung gegenüber zukünftigen Generationen Rechnung trägt.

Neben diesen wissenschaftlichen Erfolgen erfüllt es mich mit Stolz, zu sehen, wie aus den Mitgliedern meiner Arbeitsgruppe hochqualifizierte Persönlichkeiten werden, die den Halbleiterstandort Dresden nachhaltig stärken werden. Weiterhin ist es mir gelungen, durch gute Forschung und großes

Engagement in der Lehre viele junge Talente für meine Gruppe zu werben. Dabei folge ich meiner Überzeugung, dass die wissenschaftliche Gemeinschaft als Prototyp einer offenen, transparenten und fairen Gesellschaft dienen kann und muss.

#### Nächste Ziele und Vorhaben

In Zukunft möchte ich den Dreiklang aus innovativer Forschung, exzellenter Lehre und Engagement in Richtung wirtschaftlicher Verwertung meiner Forschungsergebnisse weiter ausbauen. Dazu ist es wichtig, Forschungsgelder zu akquirieren und meine Vernetzung innerhalb des Wissenschafts- und Wirtschaftsstandortes Dresden voranzutreiben. Auch langfristig möchte ich einen sichtbaren und spannenden Beitrag zur Entwicklung des Forschungs- und Innovationsstandortes Dresden zu leisten.

In diesen Bestrebungen konnte ich [...] schon erste Erfolge vorweisen, z. B. durch den Aufbau einer neuen Nachwuchsgruppe in Vorbereitung auf die kommende Exzellenzinitiative der Bundesregierung. In dieser Nachwuchsgruppe wird meine Expertise auf dem Gebiet der organischen Elektronik ergänzt durch die Beteiligung des Leibnitz-Instituts für Polymerforschung Dresden e. V. zur Entwicklung einer Schnittstellentechnologie, die es ermöglichen soll, Krankheiten frühzeitig zu erkennen. Hierbei spielt die erwähnte Entwicklung der hardwarebasierten Künstlichen Intelligenz eine entscheidende Rolle, denn durch die besonderen Oberflächeneigenschaften der organischen Halbleiter können diese direkt mit lebenden Zellen in Kontakt gebracht werden, um somit schon kleinste krankhafte Veränderungen zu detektieren. Das Know-how meiner Gruppe zu diesen hardware-basierten Systemen künstlicher Intelligenz soll Startpunkt für eine Ausgründung sein, die nun vorangetrieben wird.

Neben dieser Nachwuchsgruppe bin ich auch Teil eines Dresdner Forschernetzwerkes, das momentan einen DFG-Sonderforschungsbereich vorbereitet. Daraus werden sich für mich zahlreiche exzellente wissenschaftliche Kontakte und Kooperationsmöglichkeiten ergeben und die im SFB angestrebte Erforschung von Korrelationseffekten in organischen Halbleitern verspricht neben spannender Physik auch interessante neue Anwendungsmöglichkeiten für die Informationstechnologie von morgen.