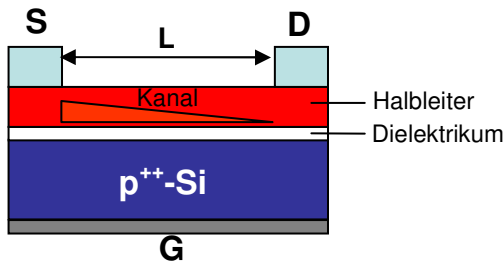


# Messung der Ladungsträgerbeweglichkeit in MOSFET-Strukturen

## Motivation

Für die unterschiedlichen Anwendungsbereiche organischer Halbleiter sind die elektronischen Transporteigenschaften der verwendeten Materialien von außerordentlicher Bedeutung. Die hier interessierende Messgröße ist die Beweglichkeit von positiven und negativen Ladungsträgern im Halbleiter. Die Beweglichkeit bestimmt beispielsweise die maximale Schaltfrequenz von Feldeffekttransistoren und bestimmt bei Solarzellen die optimale Dicke der Absorberschicht. In Kooperation mit dem Lehrstuhl für Experimentalphysik VI der Universität Würzburg stehen dem ZAE Bayern verschiedene Methoden zur Charakterisierung der Ladungsträgerbeweglichkeit in organischen Halbleitern zur Verfügung. Dazu zählt die Messung der Beweglichkeit in MOSFET (Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor).

## Messprinzip



**Abb. 1:** Schema des MOS-Feldeffekttransistors für Beweglichkeitsmessungen. Die Leitfähigkeit des Kanals zwischen Source- (S) und Drain-Elektrode (D) (Länge L) wird durch das elektrische Potential an der Gate-Elektrode (G) gesteuert. Die Gate-Elektrode besteht aus einer durch ein Metall kontaktierte p<sup>+</sup>-Siliziumschicht. Die elektrische Isolation gegen den zu vermessenden Halbleiter erfolgt durch eine dielektrische Schicht

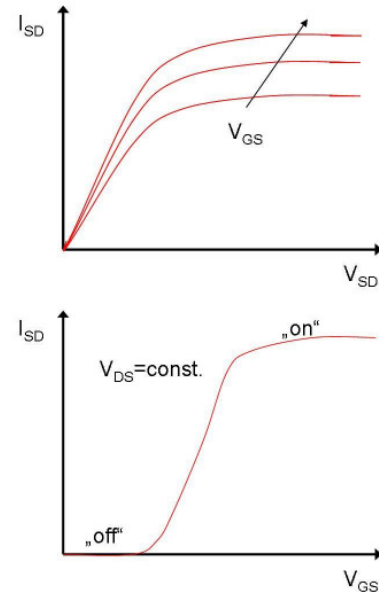
Die Bestimmung der Ladungsträgerbeweglichkeit  $\mu$  in einer MOSFET Struktur erfolgt über die Messung des Stromes durch den Kanal ( $I_{SD}$ ) im Kanal zwischen Source- (S) und Drain (D) Elektrode. Eine zwischen Gate und Source angelegte Spannung führt zur Akkumulation von Ladungsträgern an der Grenzschicht zum Dielektrikum (Kapazität:  $C_i$ ) und damit zu einer erhöhten elektrischen Leitfähigkeit innerhalb des (quasi 2D) Halbleiterkanals. Für eine gegebene Gate-Spannung ( $V_{GS}$ ) und einer kleinen zwischen S und D angelegten Spannung ( $V_{SD}$ ) ist der Strom  $I_{SD}$  in einem Kanal der Breite  $W$  und der Länge  $L$  gegeben durch

$$I_{SD} = WC_i V_{GS} \mu \frac{V_{SD}}{L}$$

Aus der Auftragung des Stromes  $I_{SD}$  gegen die Gate-Spannung  $V_{GS}$  (Transfer-Charakteristik) errechnet sich die Beweglichkeit  $\mu_{FE}$  für verschiedene Werte von  $V_{DS}$  aus:

$$\mu_{FE} = \left. \frac{\partial I_{SD}}{\partial V_{GS}} \right|_{V_{SD} \rightarrow 0} \frac{L}{WC_i V_{SD}}$$

Die Beweglichkeit wird demnach aus der Steigung im linearen Bereich der Transfercharakteristik (Abb. 2) ermittelt. Eine alternative Methode bestimmt die Beweglichkeit aus dem Sättigungsbereich der Ausgangscharakteristik des MOSFETs.



**Abb. 2:** Prinzipieller Verlauf der Strom-Spannungs-Charakteristika von MOSFET-Strukturen. *Oben:* Ausgangscharakteristik; *Unten:* Transfer-Charakteristik aus deren Linearbereich die Feldeffekt-Beweglichkeit bestimmt wird.

Die hier beschriebene Methode lässt sich grundsätzlich für alle Halbleitermaterialien anwenden. In Materialien mit niedriger Leitfähigkeit macht sich eine stärkere Abhängigkeit der Beweglichkeit von der Ladungsträgerkonzentration bemerkbar, welche gesondert berücksichtigt wird. Daher liegen die ermittelten Beweglichkeiten i.d.R. höher als die Werte, welche aus Leitfähigkeitsmessungen oder Driftexperimenten (transiente Photoleitfähigkeit, TOF) bestimmt werden.

Da die Messung ausschließlich parallel zum Substrat erfolgt, muss gegebenenfalls die strukturelle Anisotropie von Halbleitern berücksichtigt werden.

## Spezifikationen

- Messgröße:** Ladungsträgerbeweglichkeit
- Temperatur:** 15 K – 350 K
- Atmosphäre:** Helium-Kontaktgas (1000 mbar), Vakuum
- Probenformen:** Isotrope Halbleiterschichten (~100 nm) auf p<sup>+</sup>-Si (0.3  $\mu$ m)/SiO<sub>2</sub>(0.1  $\mu$ m)-Chips (25x25 mm<sup>2</sup>) mit thermisch aufgedampften Metallkontakten.

Die Probenherstellung kann am ZAE Bayern erfolgen.

## Ansprechpartner:

Dr. Ingo Riedel  
Tel.: ++49 931 888-5894  
Fax.: ++49 931 705-6460  
email: riedel@zae.uni-wuerzburg.de  
<http://www.zae-bayern.de>

## Anschrift:

ZAE Bayern  
Am Hubland  
97074 Würzburg