

---

**Modulbezeichnung:** Nanoelektronik (Nano) 2.5 ECTS  
 (Nanoelectronics)

Modulverantwortliche/r: Michael Jank  
 Lehrende: Michael Jank

---

Startsemester: SS 2021	Dauer: 1 Semester	Turnus: jährlich (SS)
Präsenzzeit: 30 Std.	Eigenstudium: 45 Std.	Sprache: Deutsch

---

**Lehrveranstaltungen:**  
 Nanoelektronik (SS 2021, Vorlesung, 2 SWS, Michael Jank)

---

**Empfohlene Voraussetzungen:**

Kenntnisse aus den Vorlesungen Halbleiterbauelemente bzw. Nano IV und Prozessintegration und Bauelementearchitektur wünschenswert

---

**Inhalt:**

1. Skalierung von MOS Transistoren:  
 Einsatzspannungs-Absenkung, „Subthreshold Slope“ Band-Band Tunneln, „Drain Induced Barrier Lowering“, Beweglichkeitsdegradation, Tunnelströme, Gateverarmung, Dotierstofffluktuationen, Zuverlässigkeit
2. Neue Architekturen und Materialien für Nano-MOS-Bauelemente:  
 Hoch epsilon Dielektrika, „Metal Gate“ Elektroden, „Strained Silicon“, SiGe, GeOI, FinFET, TriGate Transistoren, Nanowire Strukturen (Si-Nanotubes, Carbon Nanotubes), Vertikale MOS Strukturen, Schottky MOS
3. Erzeugung kleinster Strukturen:  
 Optische Lithographie für sub-50 nm, EUV Lithographie, Elektronenstrahl- und Ionenstrahlolithographie, Druck und Prägetechniken, Selbstorganisation
4. Bauelemente der nichtflüchtigen Datenspeicherung:  
 Ladungsspeicherung in Dielektrika und Nanokristallen (Flash EPROM), Multibit Zellen, Ferroelektrische Speicherzellen, Widerstandsprogrammierbare Zellen (MRAM, PCM, spannungs-programmierbare Zellen)
5. Bauelemente mit einzelnen Elektronen:  
 Single Electron Device, Resonantes Tunneln, Schaltbare Moleküle
6. Prinzipielle Grenzen:  
 Quantenmechanische Grenze, Thermische Grenze, Statistische Grenze

**Lernziele und Kompetenzen:**

Die Studierenden

*Fachkompetenz*

*Anwenden*

- erklären den Aufbau und die Funktionsweise nanoelektronischer Bauelemente
- beschreiben die Herstellungsmethoden für nanoelektronische Bauelemente

*Analysieren*

- analysieren die prinzipiellen Probleme, die sich für Bauelemente im Nanometerbereich ergeben
- diskutieren unterschiedliche Lösungsansätze für zukünftige Bauelemente

*Evaluiieren (Beurteilen)*

- bewerten Vor- und Nachteile sowie Grenzen aktueller Trends und Entwicklungen auf dem Gebiet nanoelektronischer Bauelemente

**Literatur:**

- S. Wolf: Silicon Processing for the VLSI Era: Volume 3 - The Submicron MOSFET, Lattice Press, 1995
- S. Wolf: Silicon Processing for the VLSI Era: Volume 4 - Deep-Submicron Process Technology, Lattice Press, 2002
- C. Y. Chang, S. M. Sze: ULSI - Technology, MacGraw-Hill, 1996
- K. Goser, P. Glösekötter, J. Dienstuhl: Nanoelectronics and Nanosystems, Springer-Verlag, 2004

- H. Xiao, Introduction to Semiconductor Manufacturing Technology, Prentice Hall, 2001
- R. Waser (ed.): Nanoelectronics and Information Technology: Materials, Processes, Devices, 2. Auflage, Wiley-VCH, 2005

---

### Verwendbarkeit des Moduls / Einpassung in den Musterstudienplan:

Das Modul ist im Kontext der folgenden Studienfächer/Vertiefungsrichtungen verwendbar:

[1] **Berufspädagogik Technik (Bachelor of Science)**

(Po-Vers. 2011 | TechFak | Berufspädagogik Technik (Bachelor of Science) | Studienrichtung Elektrotechnik und Informationstechnik | Gesamtkonto | Wahlpflichtmodule Fachwissenschaft | Nanoelektronik)

[2] **Berufspädagogik Technik (Bachelor of Science)**

(Po-Vers. 2020w | TechFak | Berufspädagogik Technik (Bachelor of Science) | Gesamtkonto | Wahlpflichtmodule Fachwissenschaft | Nanoelektronik)

[3] **Berufspädagogik Technik (Master of Education)**

(Po-Vers. 2010 | TechFak | Berufspädagogik Technik (Master of Education) | Studienrichtung Elektro- und Informationstechnik (Masterprüfungen) | Wahlpflichtmodule Fachwissenschaft | Nanoelektronik)

[4] **Berufspädagogik Technik (Master of Education)**

(Po-Vers. 2018w | TechFak | Berufspädagogik Technik (Master of Education) | Gesamtkonto | Wahlpflichtmodule Fachwissenschaft | Nanoelektronik)

[5] **Berufspädagogik Technik (Master of Education)**

(Po-Vers. 2020w | TechFak | Berufspädagogik Technik (Master of Education) | Gesamtkonto | Wahlpflichtmodule Fachwissenschaft | Nanoelektronik)

[6] **Elektrotechnik, Elektronik und Informationstechnik (Bachelor of Science): 5-6. Semester**

(Po-Vers. 2007 | TechFak | Elektrotechnik, Elektronik und Informationstechnik (Bachelor of Science) | Studienrichtungen (Wahlpflichtmodule) | Studienrichtung Mikroelektronik | Vertiefungsmodule Mikroelektronik | Nanoelektronik)

[7] **Elektrotechnik, Elektronik und Informationstechnik (Bachelor of Science): 5-6. Semester**

(Po-Vers. 2009 | TechFak | Elektrotechnik, Elektronik und Informationstechnik (Bachelor of Science) | Studienrichtungen | Studienrichtung Mikroelektronik | Vertiefungsmodule (Wahlpflichtmodule) Mikroelektronik | Nanoelektronik)

[8] **Elektrotechnik, Elektronik und Informationstechnik (Bachelor of Science)**

(Po-Vers. 2017w | TechFak | Elektrotechnik, Elektronik und Informationstechnik (Bachelor of Science) | Studienrichtung Mikroelektronik | Vertiefungsmodule Mikroelektronik | Nanoelektronik)

[9] **Elektrotechnik, Elektronik und Informationstechnik (Bachelor of Science)**

(Po-Vers. 2019w | TechFak | Elektrotechnik, Elektronik und Informationstechnik (Bachelor of Science) | Gesamtkonto | Studienrichtung Mikroelektronik | Kern- und Vertiefungsmodule Mikroelektronik | Vertiefungsmodule Mikroelektronik | Nanoelektronik)

[10] **Elektrotechnik, Elektronik und Informationstechnik (Master of Science): ab 4. Semester**

(Po-Vers. 2010 | TechFak | Elektrotechnik, Elektronik und Informationstechnik (Master of Science) | Studienrichtung Mikroelektronik | Vertiefungsmodule Mikroelektronik | Nanoelektronik)

[11] **Elektrotechnik, Elektronik und Informationstechnik (Master of Science)**

(Po-Vers. 2015s | TechFak | Elektrotechnik, Elektronik und Informationstechnik (Master of Science) | Gesamtkonto | Studienrichtung Mikroelektronik | Vertiefungsmodule Mikroelektronik | Nanoelektronik)

[12] **Mechatronik (Bachelor of Science): 5-6. Semester**

(Po-Vers. 2007 | TechFak | Mechatronik (Bachelor of Science) | Mechatronik (Studienbeginn bis 30.09.2020) | Gesamtkonto | Wahlpflichtmodule (aus Katalog) | Nanoelektronik)

[13] **Mechatronik (Master of Science): 1-3. Semester**

(Po-Vers. 2010 | TechFak | Mechatronik (Master of Science) | Gesamtkonto | Wahlpflichtmodule | Katalog | Nanoelektronik)

[14] **Mechatronik (Master of Science): 1-3. Semester**

(Po-Vers. 2010 | TechFak | Mechatronik (Master of Science) | Gesamtkonto | Vertiefungsrichtungen | Elektronische Bauelemente und deren Zuverlässigkeit | Nanoelektronik)

---

### Studien-/Prüfungsleistungen:

Nanoelektronik (Prüfungsnummer: 67801)

Prüfungsleistung, mündliche Prüfung, Dauer (in Minuten): 30

Anteil an der Berechnung der Modulnote: 100%

Erstablingung: SS 2021, 1. Wdh.: WS 2021/2022

1. Prüfer: Michael Jank

---