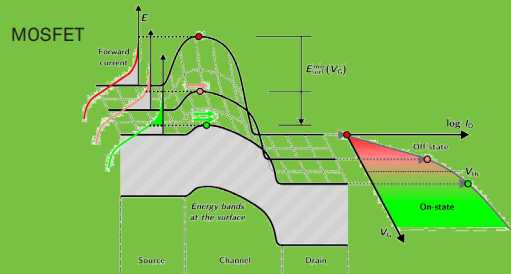
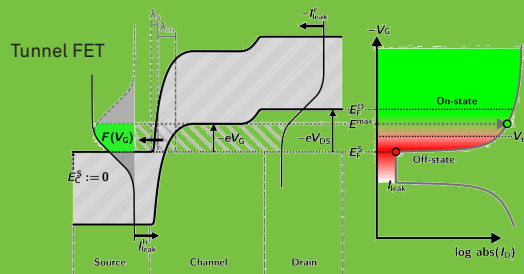


In den vergangenen 40 Jahren konnte der klassische MOSFET auf Silizium-Substrat immer weiter verbessert werden. Zukünftig sind jedoch neuartige Substratmaterialien und Schaltelemente erforderlich, um nanoelektronische Schalter weiter zu verbessern.



Ein innovatives Konzept ist der Tunnel FET, bei dem der Stromtransport durch quantenmechanisches Tunneln erfolgt. Der Tunnel FET lässt sich mit weniger Spannung betreiben, was die Verlustleistung senkt.



Unser Reinraumlabor bietet die besten Arbeitsbedingungen nicht nur im Hinblick auf die Forschung sondern auch hinsichtlich Ausbildung, Gesundheit und Sicherheit.



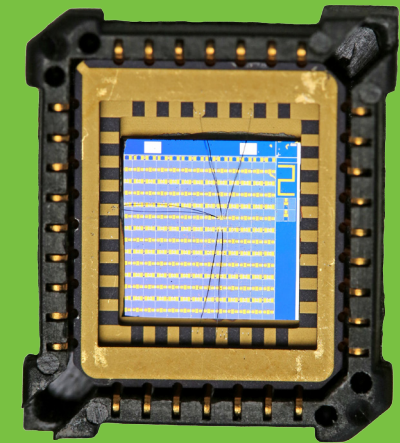
24 Stunden pro Tag, 7 Tage die Woche, 365 Tage im Jahr bietet unser Labor:

- über 120 m² Reinraumfläche der Klasse 100 (ISO 5)
- umfangreiches Prozessequipment
- Temperatur: 21 ± 0.5 °C
- Luftfeuchtigkeit: 45 ± 2.5 % (r_F)
- elektronisch gesteuertes und überwacht Gasversorgungssystem mit höchster Reinheit.

TU Dortmund
Lehrstuhl für Intelligente Mikrosysteme
Emil-Figge-Straße 68
D-44227 Dortmund
Tel.: +49-231-7553203
Fax.: +49-231-7554450
E-Mail: klaus.kallis@tu-dortmund.de

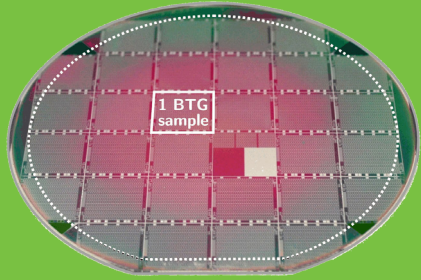


Tunnel-FETs aus neuartigen Nanomaterialien

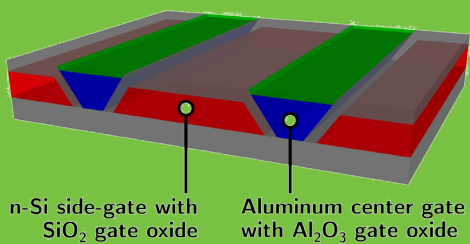


Technologielinie für Forschung und Entwicklung

Universelle Plattform



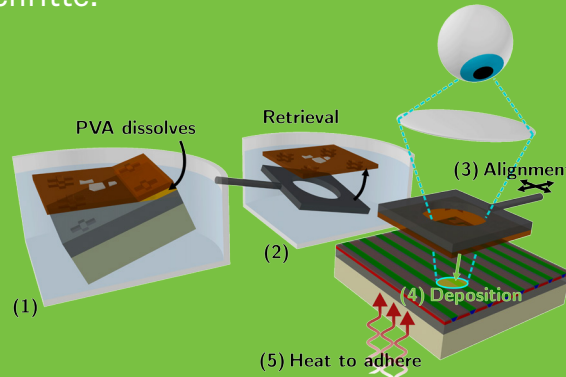
Auf 4-Zoll SOI (Silicon-on-Insulator) Wafern stellen wir spezielle Proben her, in die das Gate bereits eingelassen ist. Die Herstellung erfolgt durch einen sogenannten Damascene-Prozess, welcher aus dem Ätzen von Gräben, der Deposition von Aluminium und chemisch-mechanischem Planarisieren (CMP) besteht. Außerdem befinden sich in den Proben zusätzliche „Side-gates“, mit denen Nanomaterialien an der Oberfläche der Probe gezielt elektrostatisch dotiert werden können. Damit kann wahlweise ein konventioneller MOS-FET oder ein Tunnel-FET realisiert werden.



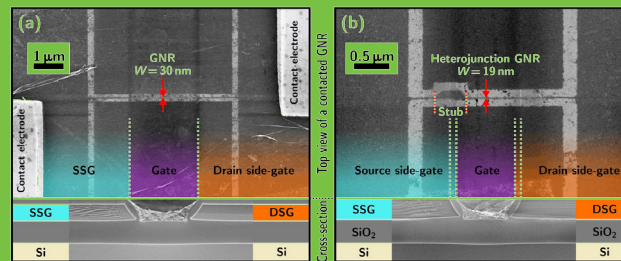
M. R. Müller et al., Microelectronic Engineering, 119, S. 95-99 (2014).

Herstellung von Schaltelementen

Auf der Probe können nun zu untersuchende Nanomaterialien (Graphene, WSe₂, ...) aufgebracht werden. Im Beispiel von Graphene passiert dies durch eine spezielle Transferdeposition. Die folgende Abbildung zeigt die hierfür erforderlichen Prozessschritte.



Im Anschluss daran werden Source- und Drain-Kontakte gefertigt und ein ca. 20-30 nm breites Nanoribbon hergestellt. Danach ist das Bauelement bereits fertig gestellt und kann vermessen werden.



C. R. Dean et al., Nature Nanotechnology, 5, S. 722-726 (2010).

Elektrische Charakterisierung

Im Falle von Graphene werden die elektrischen Messungen bei tiefen Temperaturen durchgeführt, da durch die geringe Bandlücke nur dann der Stromfluss unterbunden werden kann. Die elektrische Messung bei 28 K mit asymmetrischen Spannungen an den Side-gates (d.h. Einstellung eines Tunnel-FETs) zeigt Band-zu-Band-Tunneln und daher die erfolgreiche Realisierung eines Graphene Tunnel-FETs.

