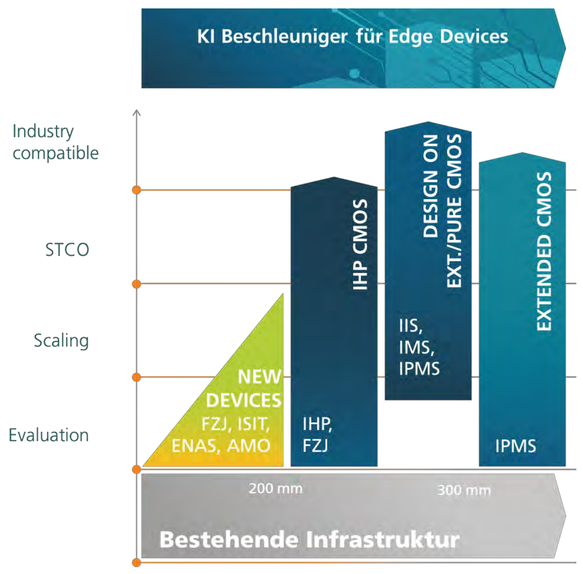
moduleqnc
quantum & neuromorphic computing

Neuromorphe Pilotlinien und neue Materialsysteme für Speichertechnologien

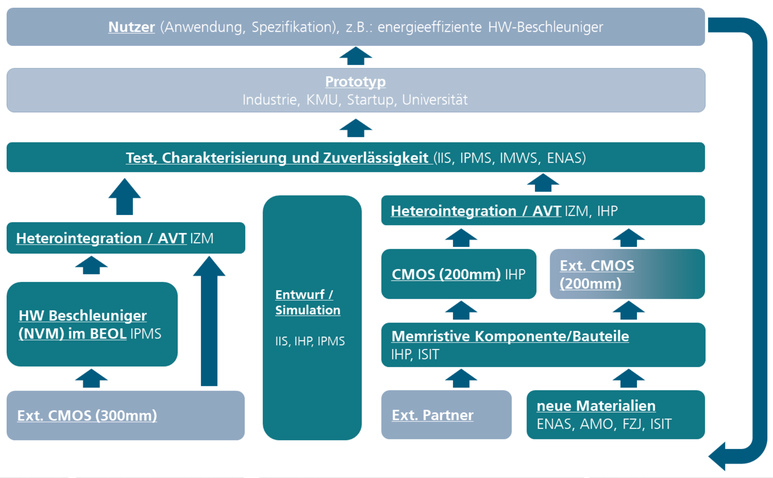
1 Neuromorphes Ökosystem in QNC

- Heterogene Technologielandschaft schlägt Brücke von Materialwissenschaft zur CMOS-Fertigung
- Partner-übergreifende Kooperation ermöglicht anwendungsnahe Evaluation neuer Speichertechnologien und Materialsysteme
- Industrienahe Fertigungsumgebungen ermöglichen beschleunigten Transfer



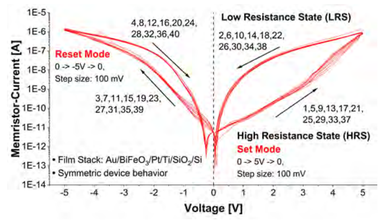
2 Pilotfertigung auf Waferebene

- Frühe Anknüpfungspunkte mit externen Fertigungsumgebungen
- Fokussierung der Partner auf verschiedene Abstraktionslevel der Technologientwicklung (Material – Speicher – Beschleuniger)

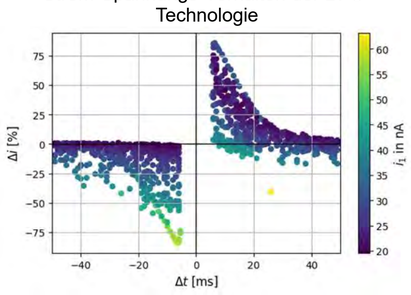


3 Neue Materialsysteme für Speichertechnologien

Memristoren auf Basis von perowskitischen Bismut-Eisen-Oxid (BFO)

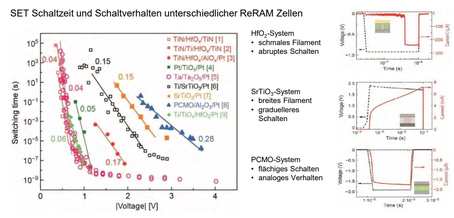


Strom-Spannungs-Verhalten der BFO-Technologie

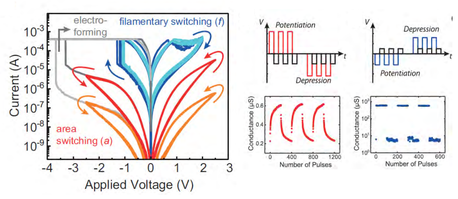


Spike Time Dependent Plasticity STDP einer BFO-basierten Synapse

ReRAM Zellen basierend auf TaOx, HfOx oder WOx Schichtstapeln



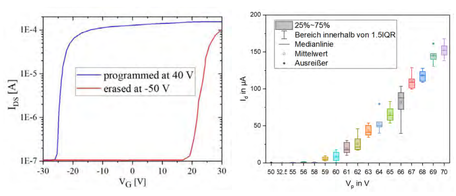
Einstellung der Schaltkinetik memristiver Bauelemente für das neuromorphe Computing [1]



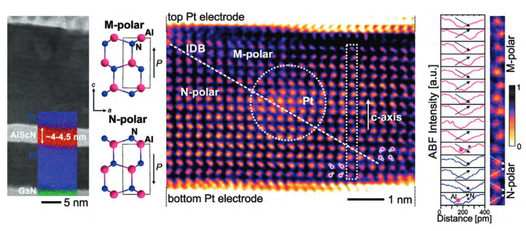
Filamentär-abruptes und flächig-graduelles Schalten in Al_2O_3/TiO_x-basierten ReRAM Zellen [2]

[1] R. Dittmann *et al.* Engineering the kinetics of redox-based memristive devices for neuromorphic computing, *2023 Int.Electron Devices Meeting (IEDM)*, San Francisco,USA, 2023 doi: 10.1109/IEDM45741.2023.10413803.
[2] S. Aussen, *et al.* Correlation between Electronic Structure, Microstructure, and Switching Mode in Valence Change Mechanism Al2O3/TiOx-Based Memristive Devices. Adv. Electron. Mater. 9, 2300520/1-15 (2023). doi: 10.1002/aelm.202300520

Integration ferroelektrischer AlScN-Schichten in CMOS- und III-V-Technologien

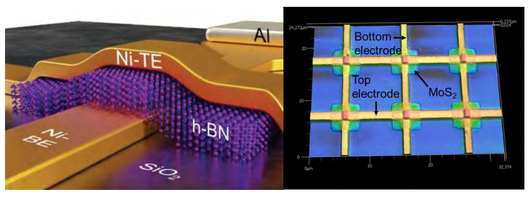


Speicherfenster von AlScN-basierten BEOL-FeFETs und Multilevel-Statistik für steigende Schreibpulsamplituden

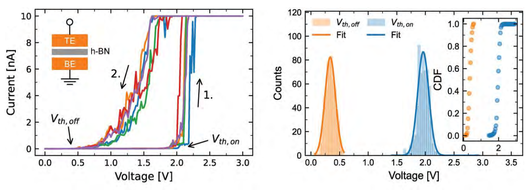


Skalierung der Schichtdicke ferroelektrischer AlScN Schichten im sub-10nm Bereich und strukturelle Charakterisierung einer Domänenwand

Mikro- und nanoskalierte Memristoren auf Basis von 2D-Materialien (z.B. MoS2, h-BN)



Schematische Darstellung und Umsetzung eines Bornitrid-Memristors in einer Crossbar mit Nickelelektroden [3].

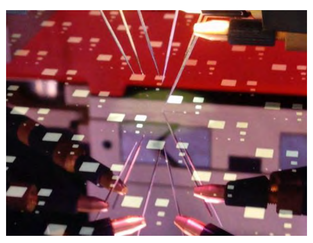


I–V Kennlinien von Ni/h-BN/Ni Memristoren sowie Ein- ($V_{th,on}$) und Ausschaltpunkt ($V_{th,off}$) Statistiken von Elementen einer Crossbar [3].

[3] L. Völkel, *et al.*, Resistive Switching and Current Conduction Mechanisms in Hexagonal Boron Nitride Threshold Memristors with Nickel Electrodes. Adv. Funct. Mater. 2024, 34, 2300428. doi: 10.1002/adfm.202300428

5 Ausblick

- Etablierung eines Entwicklungspfades von Materialsystemen bis neuromorphen Beschleunigern
- Angleichung der Charakterisierungsmethoden für ein einheitliches Benchmark neuer, vielversprechender Ansätze
- Erhöhte Entwicklungsgeschwindigkeit durch Nutzung von Synergien



Waferlevel-Test mit unterschiedlichen Elektrodengeometrien

MemMeasure-Board zur transienten Charakterisierung memristiver Bauteile für neuromorphe Schaltungen

GEFÖRDERT VOM
Bundesministerium für Bildung und Forschung