Neutroneninduzierte Störungen in MOS-Elektronik

Garching, den 13. April 2010

B. Gudehus[1], J. Zabel[2], K. Krüger[2], K. Simon[1]

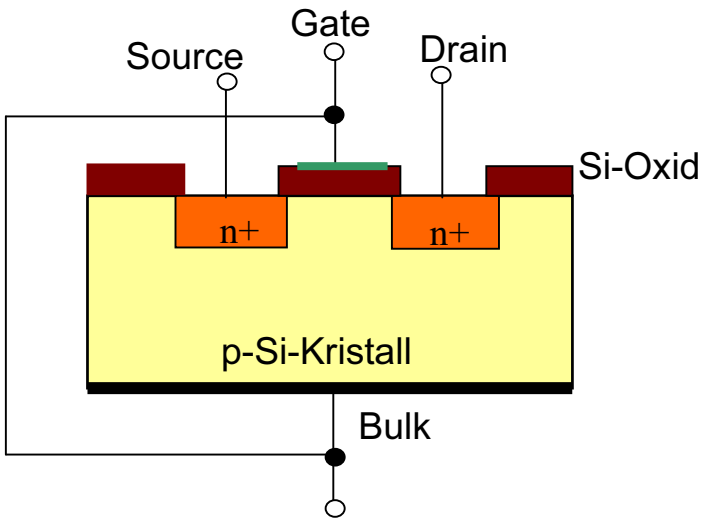
[1] WIS – ABC-Schutz, Munster, [2] HSU / Uni der Bw, Hamburg

Gliederung des Vortrags

- Hintergrund dieser Untersuchungen
- Single Event Effects in MOS-FETs
- SEU-Tests von SRAM-Bausteinen
- Ergebnisse der Untersuchungen

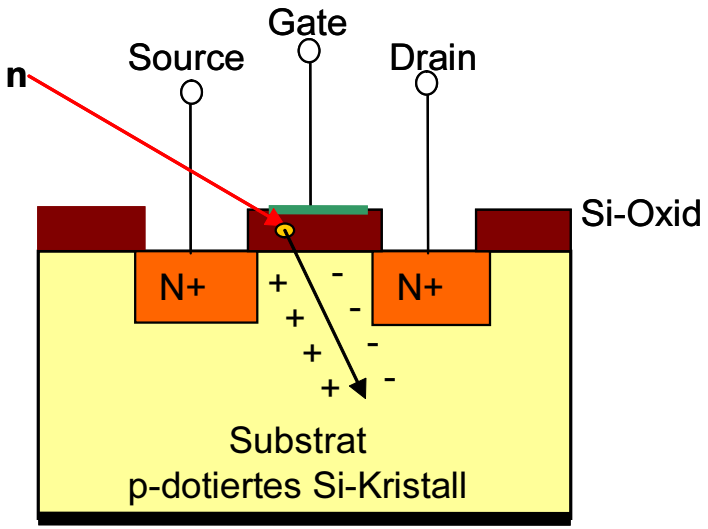
MOS-Technologie

- Bestimmende Integrationstechnik für digitale Speicherbauelemente
- Kanal- oder Gatelänge bezeichnet die Technologie
- Dotierungsstoffe sind Bor (p) und Phosphor (n)
- Gatespannung steuert die Leitfähigkeit des Kanals



Entstehung von SEE

- Neutron wechselwirkt mit mit den Stoffen im Halbleiter
- Generierung von Teilchen, die ionisieren
- Veränderung der Kanal-Leitfähigkeit
- Stromfluss zwischen Drain und Source
- Umkippen des Speicher-inhaltes



Arten von Single Event Effects

- **SEU** (Single Event Upset)
  Änderung von Speicherinhalten
- **MBU** (Multi Bit Upset)
  Änderung mehrerer Speicherinhalte
- **SEL** (Single Event Latch-Up)
  Zünden von parasitären Thyristorstrukturen im IC

In der Regel keine Zerstörung des Bauelementes

- **SEB** (Single Event Burn Out)
  Zerstörung des Bereichs zwischen Source und Drain
- **SEGR** (Single Event Gate Rupture)
  Zerstörung des Isolierung zwischen Gate und Substrat

Zerstörung des Bauelementes

Auswahl der Testobjekte

- Es wurden 12 SRAM marktübliche Bauelemente unterschiedlicher Hersteller, Gehäuseformen und Speichergrößen (1 .. 16 Mbit) untersucht.
- Ein Bauelement war als „strahlenhart“ deklariert (Pos. 12)
- Ein Bauelement war ein Ferroelektrischer Speicher (Pos. 8)

Pos. 1: CY62146EV30LL

Pos. 2: IS61LV25616AL

Pos. 3: M5M5W816TP

Pos. 4: M5M5W816WG

Pos. 5: R1LV1616HBG

Pos. 6: R1LV0416CBG

Pos. 7: K6R4016V1D

Pos. 8: FM22L16

Pos. 9:HY62UF16406D

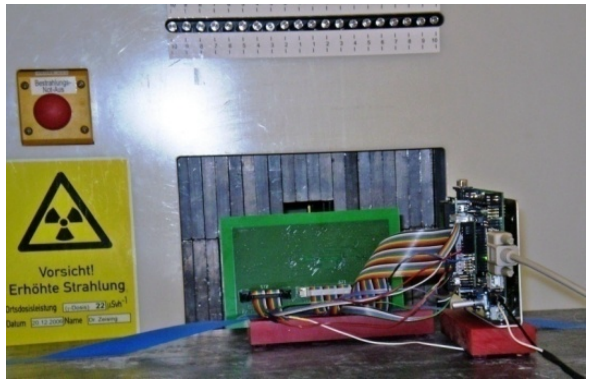
Pos. 10: HY62UF16804A

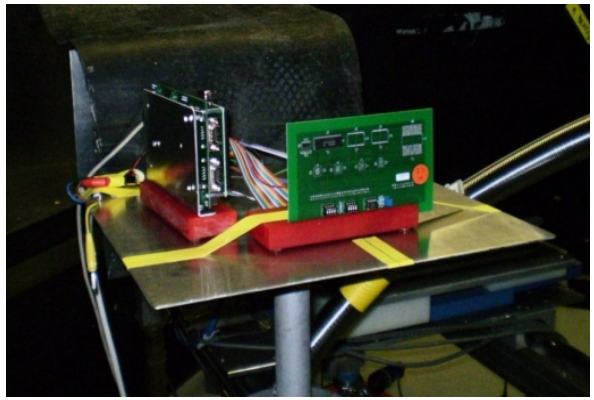
Pos. 11: HY62UF16101C

Pos. 12: UT8Q512K8

Versuchsaufbau

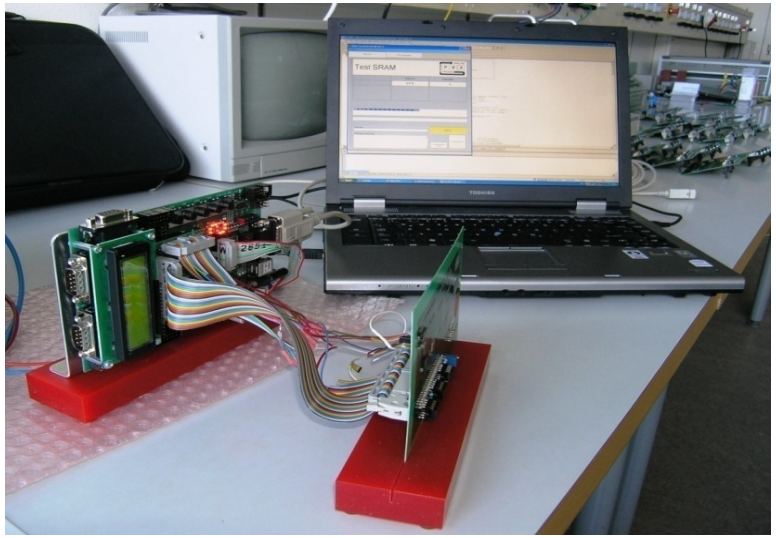
- **Drei Versuchsreihen mit verschiedenen kinetischen Energien der Neutronen**
  - Bestrahlung mit Spaltspektrum-Neutronen
  - Bestrahlung mit erhöhten Anteil thermischer Neutronen (Testaufbau mit PE umgeben)
  - Bestrahlung mit kalten Neutronen (SR 6)

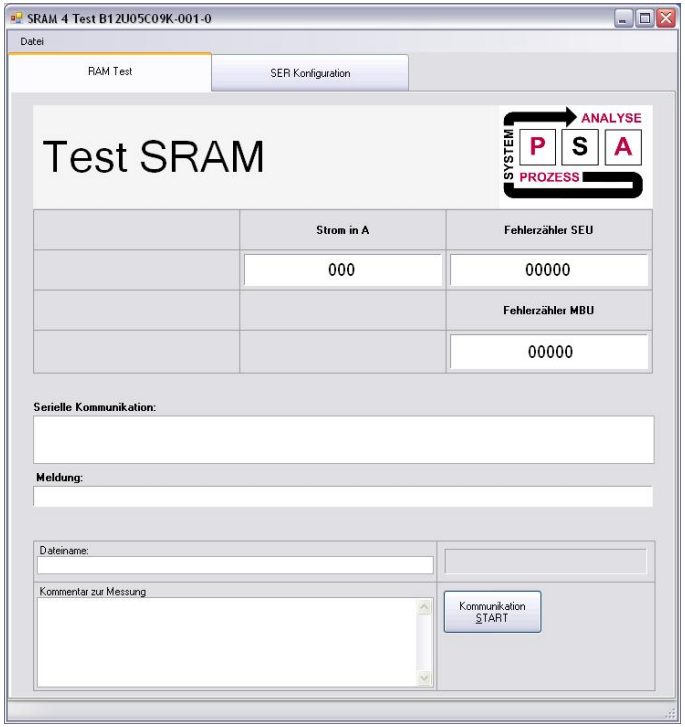




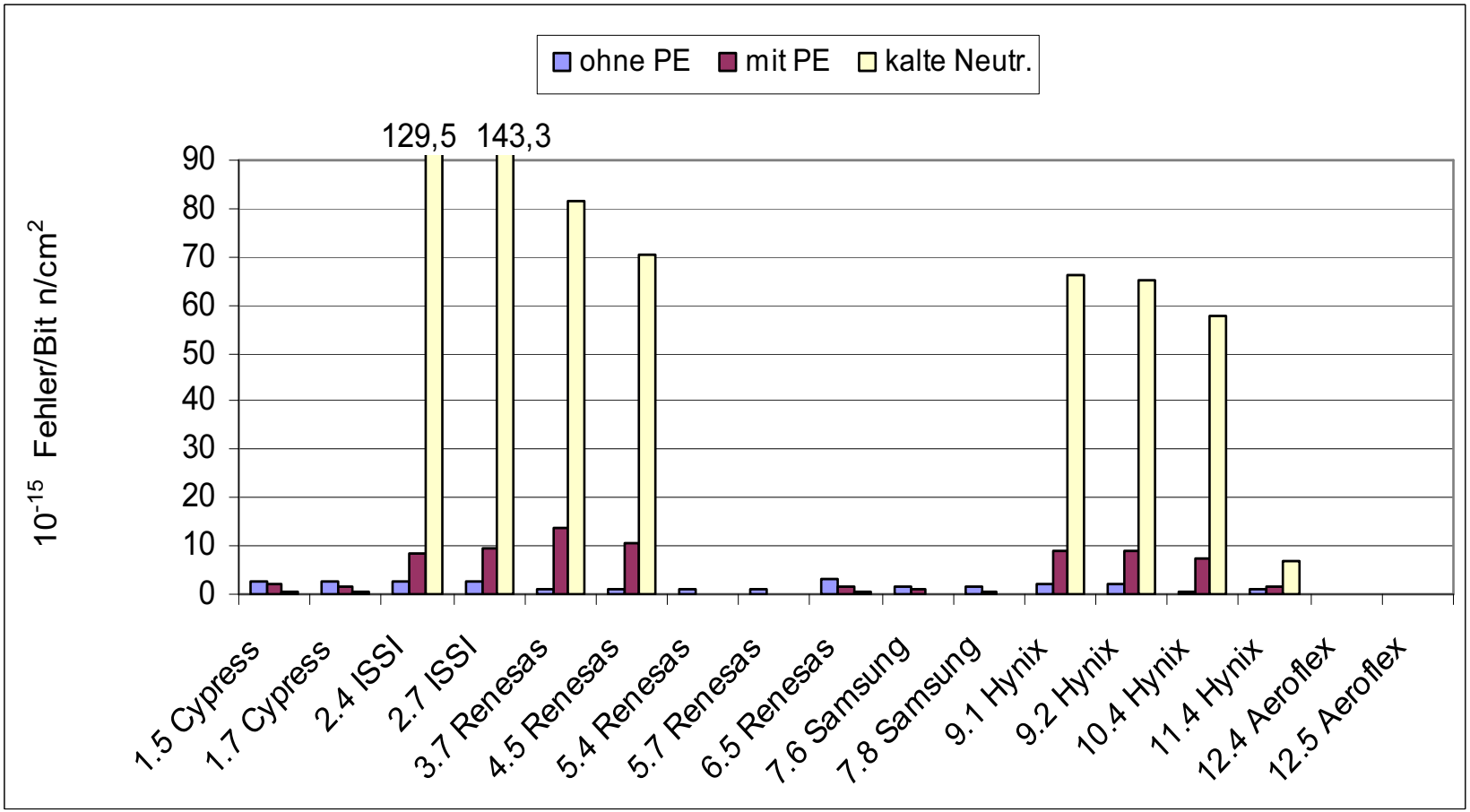
Testsoftware

- Die Auswertung und Archivierung der Ergebnisse erfolgte mit einem Laptop
- Es konnten folgende Ereignisse registriert werden
  - Single Event Upsets (SEU)
  - Multi Bit Upsets (MBU)
  - Single Event Latch-Up (SEU)





Auswertung der SEU



Auswertung der SEU

- **Versuchsreihe ohne PE (schnelle Neutronen E ≈ 1,6 MeV)**
  - Geringster Fehlerrate: 0 Fehler/10^{-15} Bit n/cm^2
  - Höchste Fehlerrate: 3,1 Fehler/10^{-15} Bit n/cm^2
- **Versuchsreihe mit PE (therm. Neutronen E < 100 meV)**
  - Geringste Fehlerrate: 0 Fehler/10^{-15} Bit n/cm^2
  - Höchste Fehlerrate: 13,7 Fehler/10^{-15} Bit n/cm^2
- **Versuchsreihe mit kalten Neutronen (E < 2 meV)**
  - Geringste Fehlerrate: 0 Fehler/10^{-15} Bit n/cm^2
  - Höchste Fehlerrate: 143,3 Fehler/10^{-15} Bit n/cm^2

Zusammenfassung der Testergebnisse

- Die Anzahl der SEU und MBU stieg in der Regel linear mit der Bestrahlungszeit (Fluenz)
- Lediglich in einem Fall war der Verlauf nicht linear
- Große Unterschiede in der Anzahl der SEU/MBU bei den verschiedenen Energiespektren der Neutronen
- Geringe Streuung bei gleichen Bauelementen über alle Tests
- Die Empfindlichkeit stieg bei einigen Bauelementen mit geringer werdender Energie der Neutronen. Bei anderen war das Verhalten genau umgekehrt
- Bei Tests mit Röntgenblitzen im Bereich von ca. 2×10^5 Gy(Si)/s bis ca. 3×10^6 Gy(Si)/s wurden keine SEU / MBU beobachtet