



---

# Projektvorstellung „GRISU“

GSI Research In Single Event Upset

**Sven Löchner**

*GSI Darmstadt*



# Untersuchungsziele

---

## Untersuchungsziele des Projektes:

- **Charakterisierung des UMC 0.18 Prozesses bezüglich Empfindlichkeit gegenüber SEU/SET**
  - SEU Wirkungsquerschnitte für verschiedene Flip-Flops
  - Bestimmung der kritischen Ladung bzw.  $LET_{crit}$
  - SET Empfindlichkeit des Prozesses
- **Vergleich der Transistorparameter verschiedener Layoutstrukturen**
  - vor/nach Bestrahlung (speziell Leckstromverhalten)
  - Threshold-Verschiebung



# Single Event Effects (SEE)

---

**SEE: Grundsätzlich zwei Kategorien:**

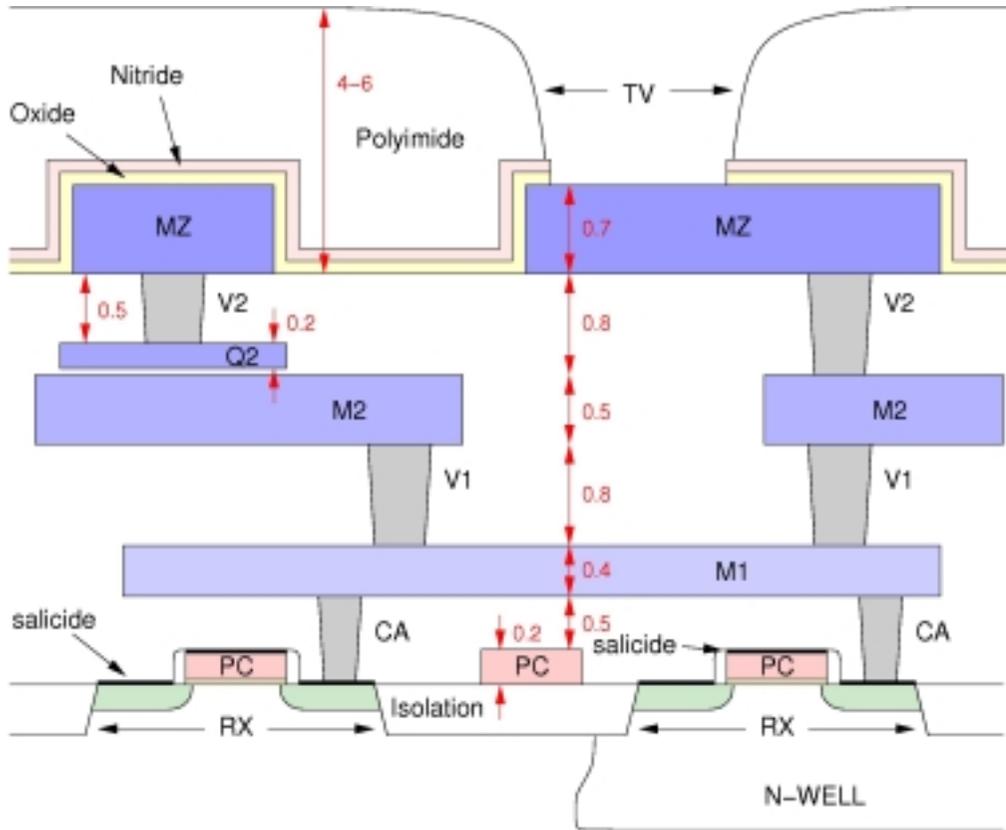
- hervorrufen von permanenten Schäden (sog. Hard errors)
- bewirken von temporären Fehlfunktionen (sog. soft errors)

**für dieses Projekt interessant:**

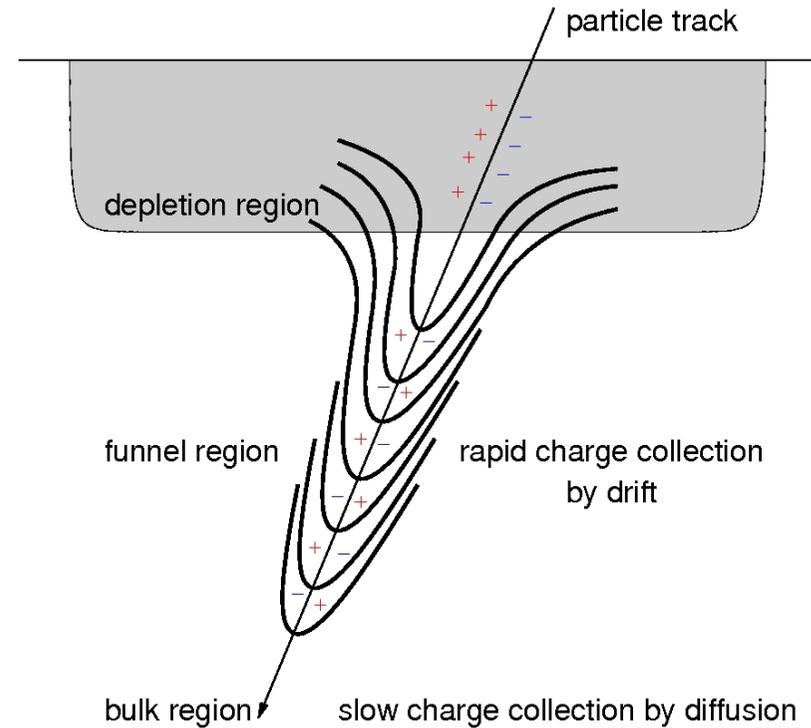
- **Single Event Upset (SEU)**  
„Kippen“ eines Bits (bitflip), bzw. Änderung des Zustands einer digitalen Schaltung
- **Single Event Transient (SET)**  
kurzzeitigen Änderung des Signalpegels in einer elektronischen Schaltung (glitch)



# Ladungssammlung



Querschnitt durch den ASIC



Ladungssammlung unter dem Gate



# Linear Energy Transfer (LET)

- Die an das Halbleitermaterial abzugebende Teilchenenergie, ab der ein SEE in einem Bauteil auftreten kann, wird als  $LET_{crit}$  bezeichnet.
- LET steht für Linear Energy Transfer als Maßeinheit üblicherweise  $MeV \cdot cm^2/mg$  (bezogen auf Si für MOS)

$$LET_{crit} = \frac{3.6eV \cdot Q_{crit}}{e \cdot \rho_{Si} \cdot d}$$

d - sensitive Eindringtiefe

$\rho$  - Materialdichte (Si:  $2,33g/cm^3$ )

- d typischerweise 0,5 bis 2  $\mu m$
  - $Q_{crit}$  typischerweise 30-60 fC
- =>  $LET_{crit}$  zwischen 1,5 und 12  $MeV \cdot cm^2/mg$



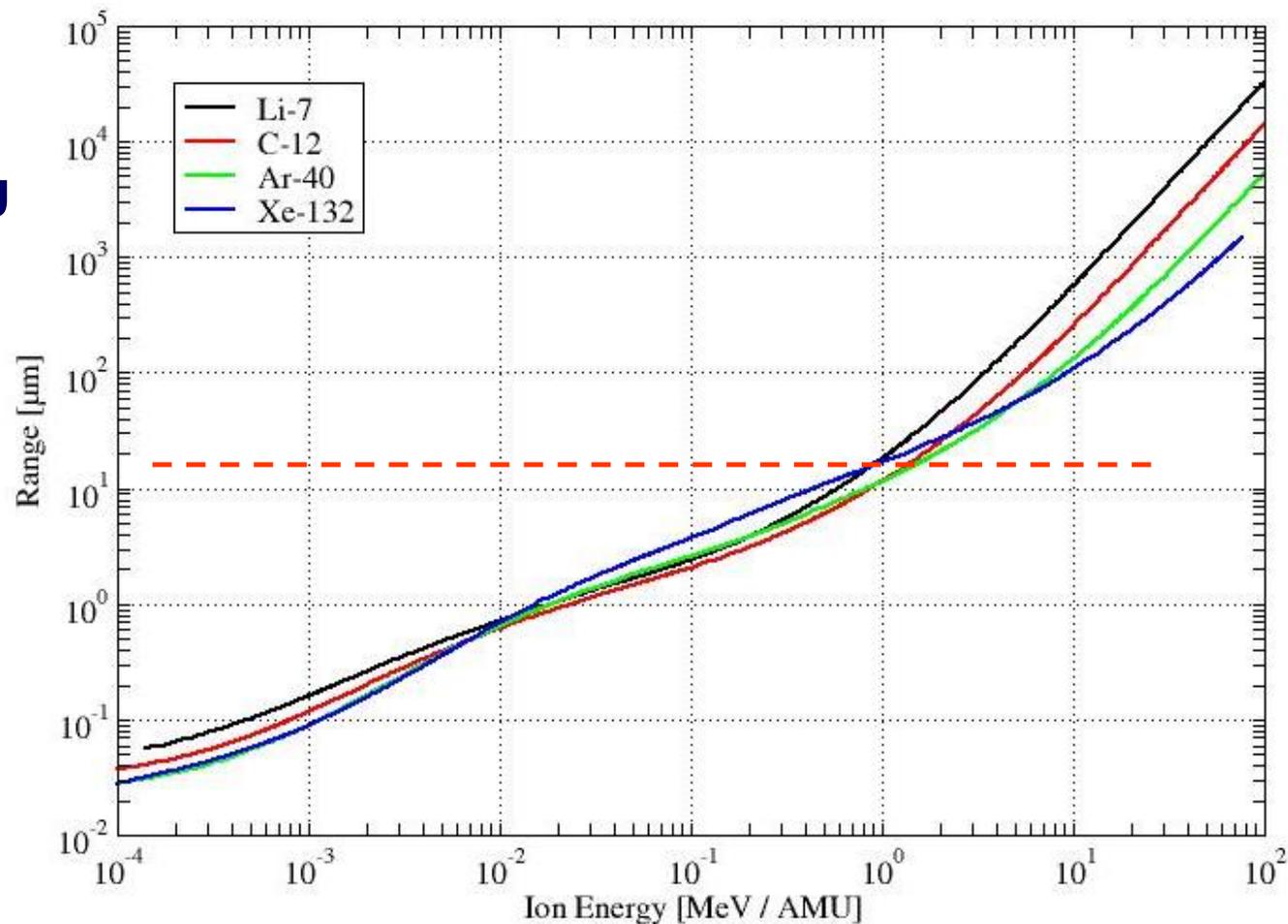
# Abschätzung (I)

**Erste Abschätzung  
der Strahlparameter /  
Strahlauswahl für SEU  
Produktion:**

**Eindringtiefe:**

**min. 10-20  $\mu\text{m}$**

**=> min. 1 MeV/AMU**

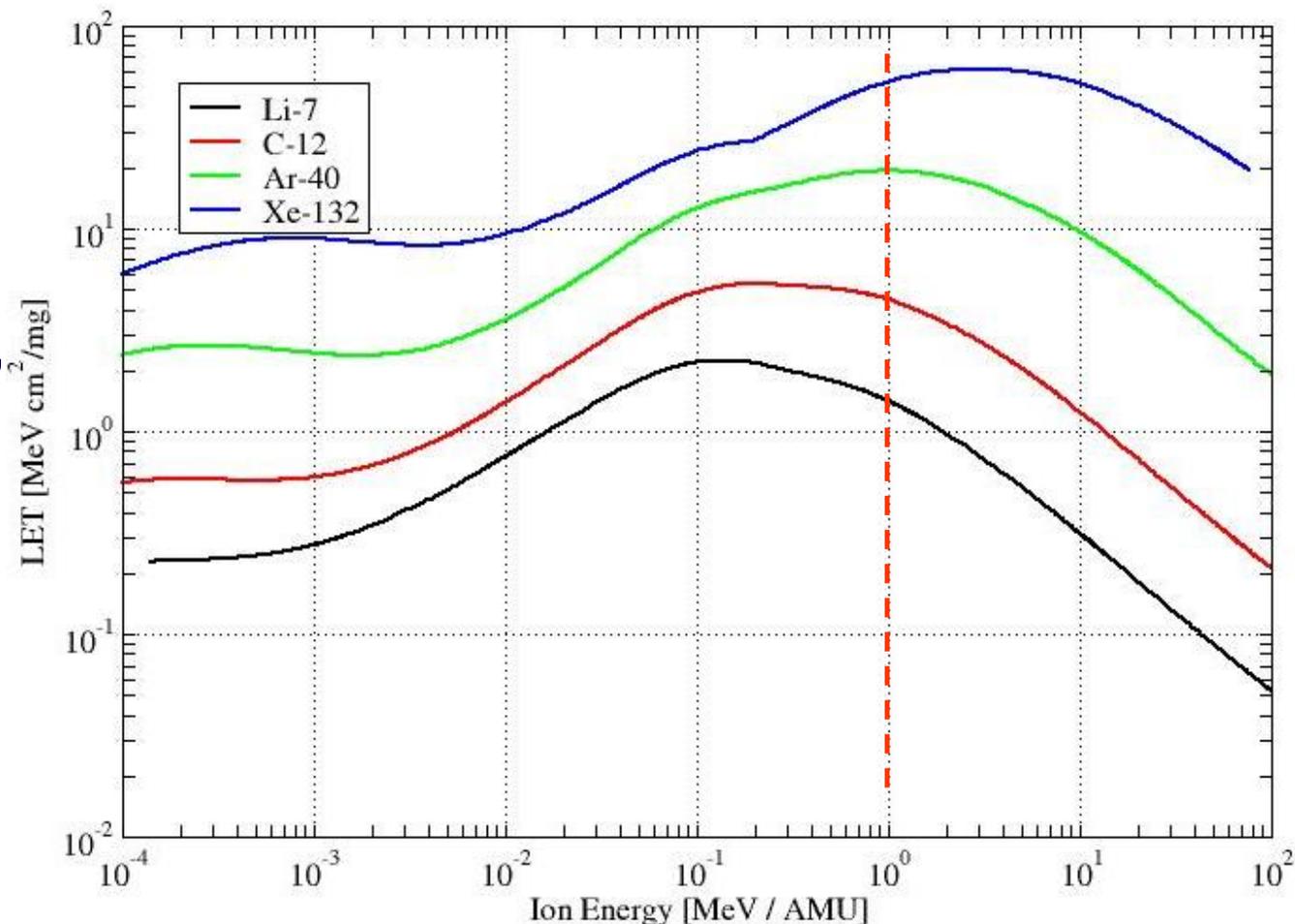




# Abschätzung (II)

## LET in Si für verschiedene Elemente

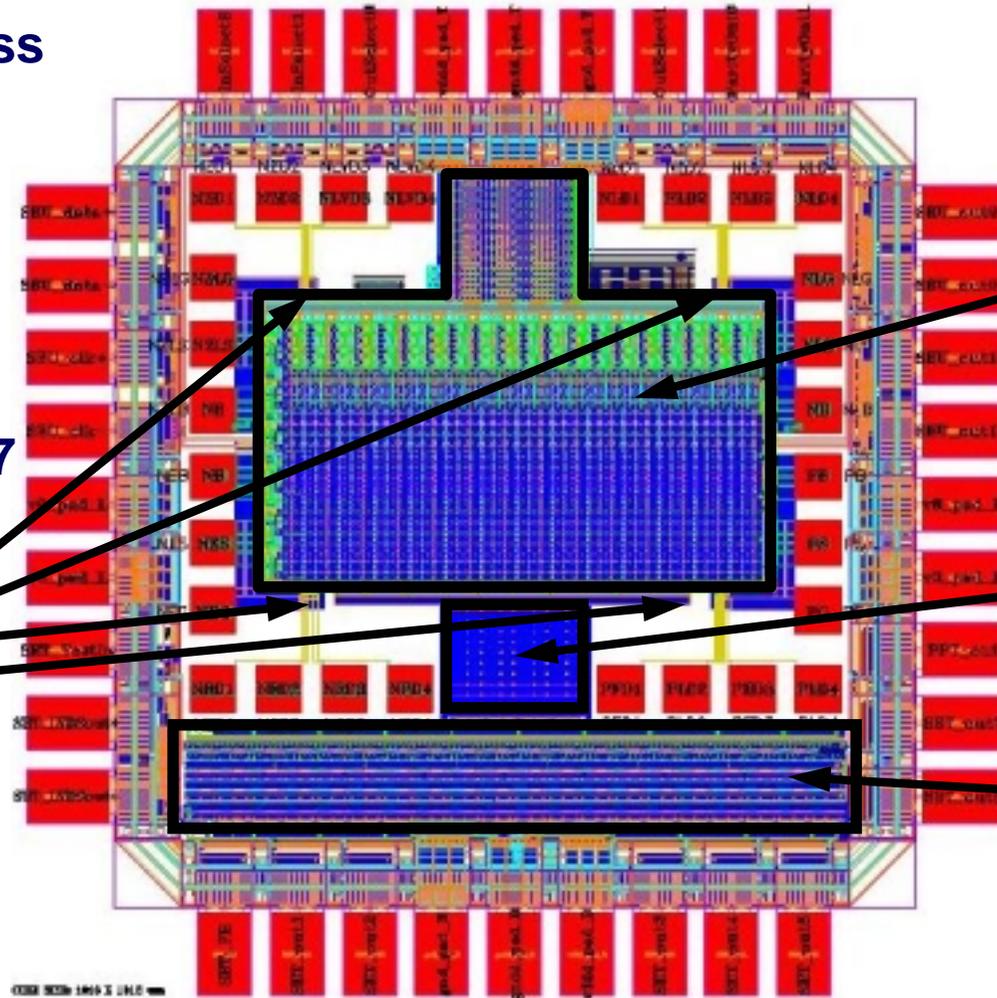
- C könnte gerade noch so ausreichen, um  $LET_{crit}$  eines std. FF zu überschreiten





# GRISU Chip

- UMC 0.18 Prozess
- 1,5 x 1,5 mm<sup>2</sup>
- 64 pads
  - 28 core pads
  - 36 std. pads
- Tape out 02/2007



Teststrukturen  
für TID  
Messungen

Teststrukturen  
für SEU  
Messungen

Ringoszillator  
für TID / SEU  
Messungen

Teststrukturen  
für SET  
Messungen,  
 $Q_{crit}$



# Teststrukturen

---

- **Block 1: Teststrukturen für SET Messungen,  $Q_{crit}$** 
  - Inverterketten mit unterschiedlichen Kapazitäten  
=>  $Q_{crit}$  von 20 bis 1000 fC
  - Pulsbreitenmessung möglich
- **Block 2: Teststrukturen für SEU Messungen**
  - Unterschiedliche FF-Typen implementiert, u.a. auch DICE-Zellen
- **Block 3: Ringoszillator für TID / SEU Messungen (nom. 15 MHz)**
- **TID Teststrukturen**
  - 16 verschiedene MOS Layout Transistoren (edgeless / enclosed)



# DICE Struktur

**DICE (Dual Interlock Cell)**  
Speichertechniken sind  
immun gegen SEU flips.

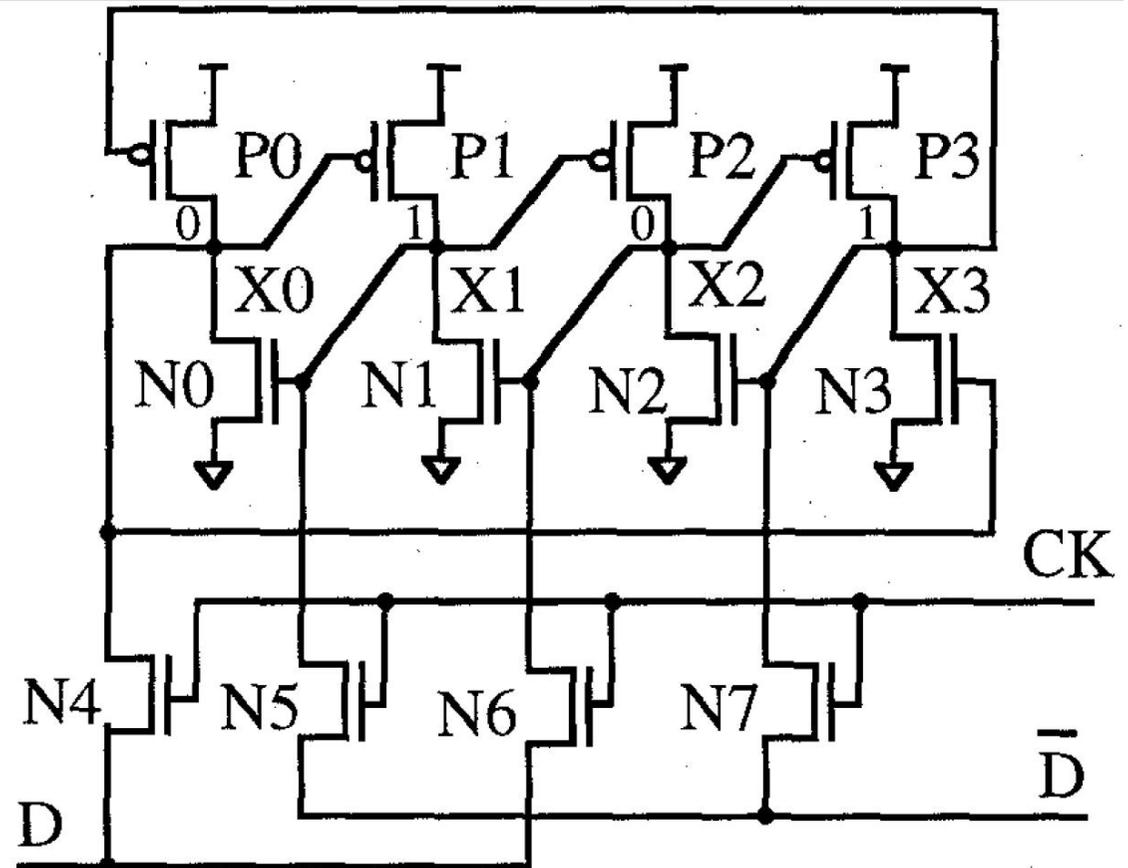


Fig. 4. The DICE Memory Cell

Quelle: T. Calin, M. Nicolaidis, R. Velazco  
Upset Hardened Memory Design for Submicron CMOS Technology  
IEEE Transactions on Nuclear Science, Vol. 43, No. 6, December 1996



# Testvorbereitung

## Heavy Ion SEU Test

- **Bestrahlungsort X6**
- **mechanischer Aufbau:**
  - Halterungen, Aufbau, Justierungseinrichtungen in Fertigung (Detektorlabor)
  - ca. 2-3 Wochen bis Fertigstellung
- **elektrischer Testaufbau:**
  - Datenaufnahme möglicherweise via NI-DAQcard (Counter) und Auslese via LabView
- **Bestahlungsmöglichkeiten (via Biophysik)**
  - 1.-7. Juni (U, Ar)
  - 24.-26. Juli (C, Ar)



PIF Bestrahlplatz (PSI)



# Testvorbereitung

---

## TID Test

- **Bestrahlung der Chips mit einer Röntgenquelle**
  - ~ 100 kGy total dose
  - Messung der Leckströme, Threshold shift, ...
- **mögliche Bestrahlungsorte:**
  - FZ Karlsruhe: Kontaktaufnahme initiiert
  - CERN microelectronic group (als Backup möglich)
- **weitere Möglichkeiten (Backup):**
  - starke Co-60 Quelle