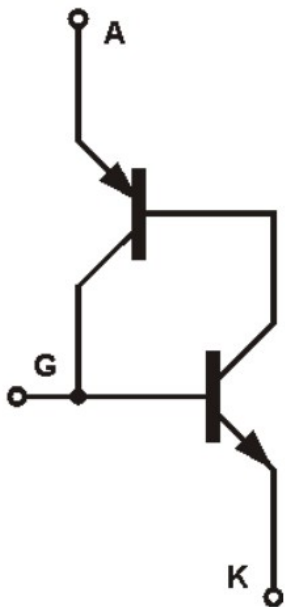


Latchups in der Raumfahrt: Eine Datenanalyse basierend auf Ergebnissen von Experimenten mit Teilchenbeschleunigern und Lasern

Vorgetragen von: Thomas Schmidt, B. Eng.

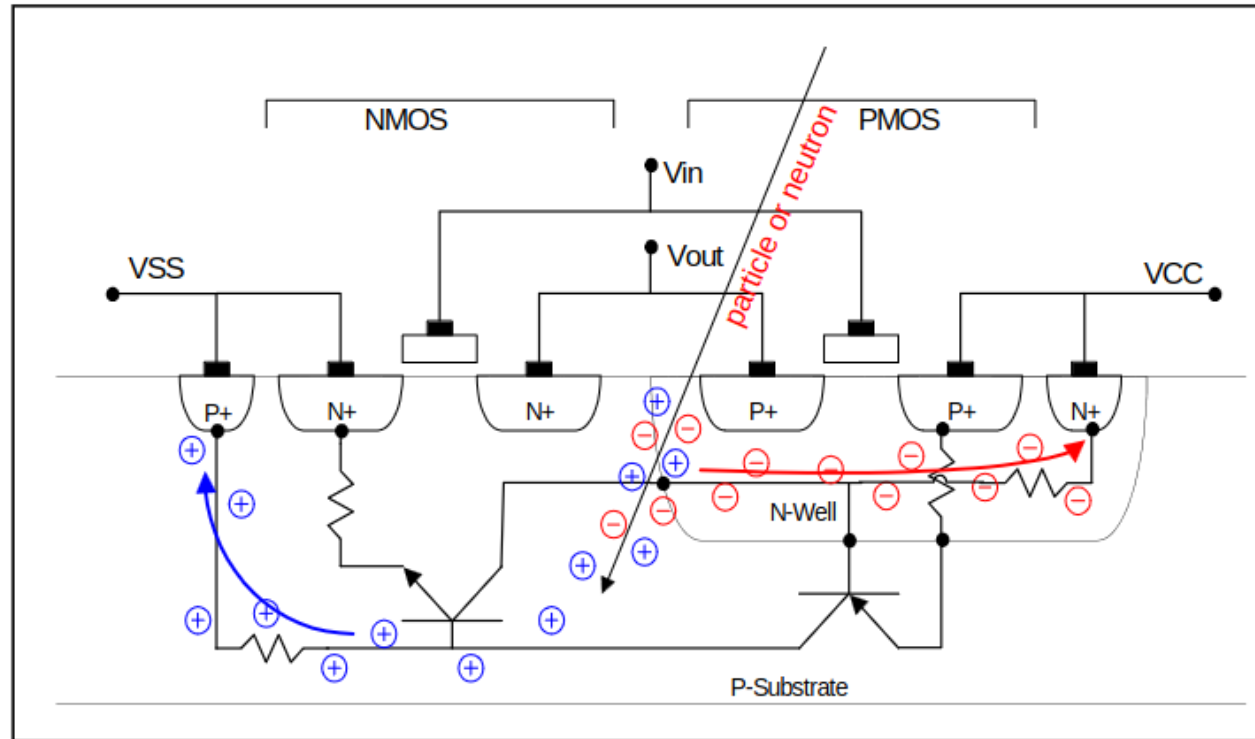
Was ist ein Single Event Latchup (SEL)?

Thyristor



Ersatzschaltbild

<https://technik.reicke.de/egrundlagen5.php>



Hannes Zöllner, Erzeugung und Untersuchung von Effekten kosmischer Strahlung mit einem Klasse-1-Laseraufbau, 2021

Warum sind Single Event Latchups ein Problem?

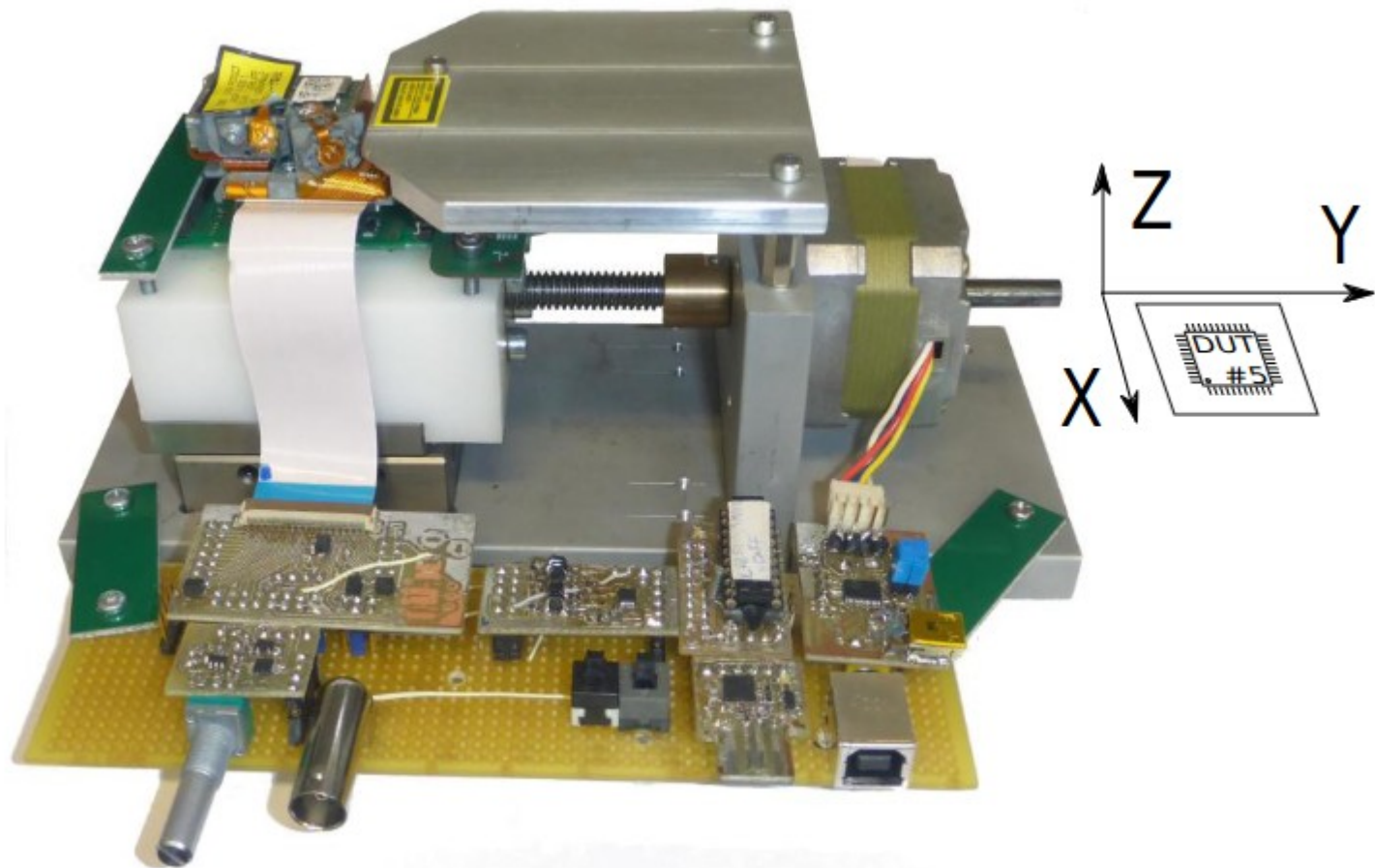


<https://www.geo.de>



<https://www.geo.de>

Laseraufbau



Hannes Zöllner, Erzeugung und Untersuchung von Effekten kosmischer Strahlung mit einem Klasse-1-Laseraufbau, 2021

Datenaufbau

Laserexperiment

- In 3 Bereichen gescannt, Bild- und SEL-Koordinaten stimmen überein
- Bilder
- CSV-Dateien mit Latchupschwellen

Teilchenbeschleunigerexperiment

- In 25 Bereichen gescannt, Bild- und SEL-Koordinaten stimmen nicht überein
- Mikroskopbilder:
 - Jenamicro18_fs<Spalte><Zeile>.tif
- Textdateien
 - Koordinaten, an denen Ionen eingeschlagen sind
 - Informationen ob ein SEL ausgelöst wurde

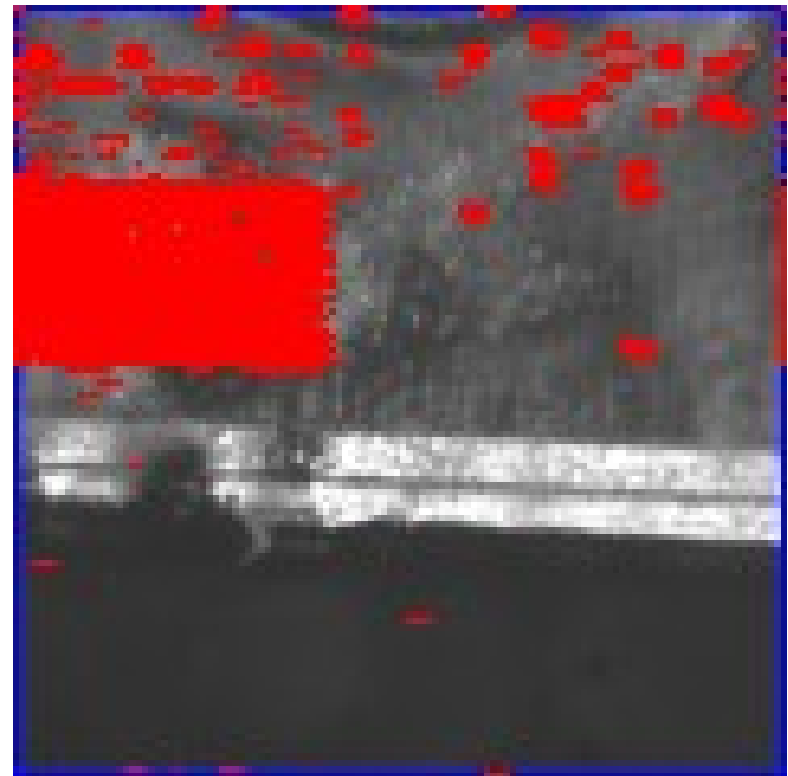
Vorgehen

- Daten aus dem Teilchenbeschleunigerexperiment
 - Daten vorbereiten
 - SEL-Koordinaten extrahieren und konvertieren
 - SEL in Array eintragen
 - Array und Mikroskopbild überlagern
 - Bilder zu Panorama zusammensetzen
 - Bilder auf Plausibilität prüfen
- Daten aus dem Laserexperiment
 - Datengröße an Panorama anpassen
 - Daten zusammensetzen
- Empfindliche Fläche ausrechnen und Ergebnisse auswerten

Daten aus dem Teilchenbeschleunigerexperiment

Daten vorbereiten

- Streifenbildung durch systematischen Fehler:
 - DUT wird ausgeschaltet, wenn SEL detektiert wird
 - Alle Ionen werden in dem Zeitraum als SEL gespeichert
- Lösung:
 - Dokument einlesen
 - SEL finden
 - In folgenden 10 Zeilen alle Werte auf 0 setzen



SEL-Map von micfs45.dat.txt

Daten aus dem Teilchenbeschleunigerexperiment

SEL-Koordinaten extrahieren und konvertieren

- Dokument zeilenweise einlesen
- Kopfsegment löschen
- Zeile in 5 Elemente aufteilen
 - y-Koordinate
 - x-Koordinate
 - SEL (0 – kein SEL, 4 – SEL)
- Speichere Zeilen mit SEL in extra Liste

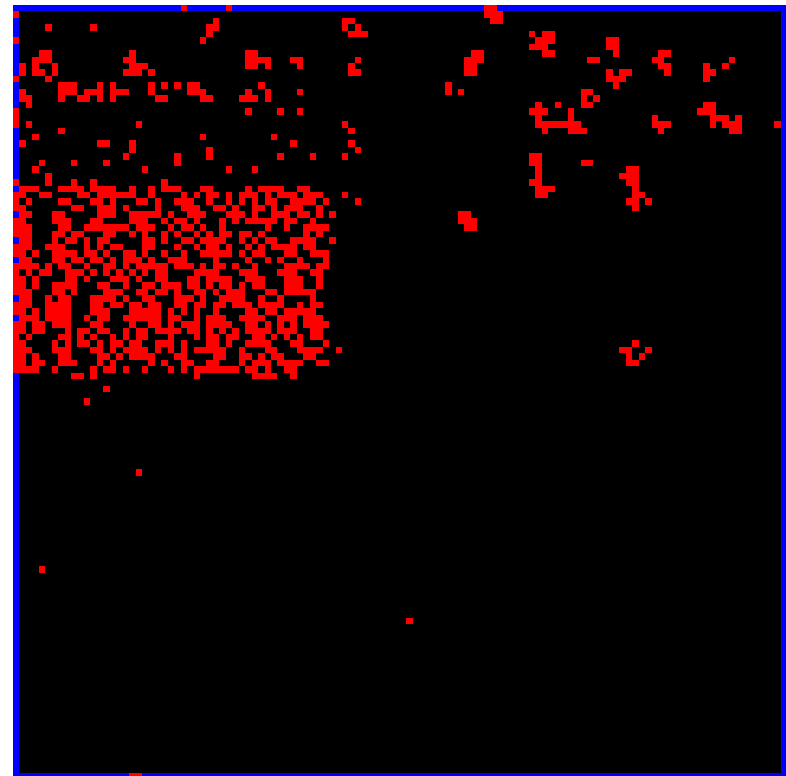
```
1|CNAF file: C:\EXPERI~1\AUJUN21\CNAFS\XY-SE-SB.WRK
2|comment: Jena microcontroller 03 3.3V fs24
3|CAMAC parameters per event: 5
4|number of events per record: 204
5|date: 03.06.21
6|time: 16:00:00
7|1749 2784 0 0 310
8|327 1680 0 0 305
9|3026 1361 0 0 465
10|2106 1217 0 0 1300
11|886 968 0 0 310
12|847 967 0 0 507
13|802 933 0 0 573
14|257 3215 0 0 289
15|2250 877 0 0 504
16|3346 510 0 0 391
17|1378 118 0 0 1557
18|1282 118 0 0 941
19|1204 49 0 0 2503
20|1147 48 0 0 1351
21|1075 48 0 0 2965
22|958 47 0 0 1544
23|570 4037 0 0 543
24|538 4003 0 0 673
25|247 4000 0 0 1569
26|3605 3789 0 0 1807
```

Ausschnitt aus micfs24.dat.txt

Daten aus dem Teilchenbeschleunigerexperiment

SEL in Array eintragen

- ADC-Wert in Koordinaten umwandeln (durch Skalierungsfaktor dividieren)
- Koordinaten transformieren:
 - Spiegeln an der y-Achse
 - Rotieren um $+90^\circ$
- Leeren Array erstellen (120 x 120 Pixel)
- SEL als rote Punkte eintragen

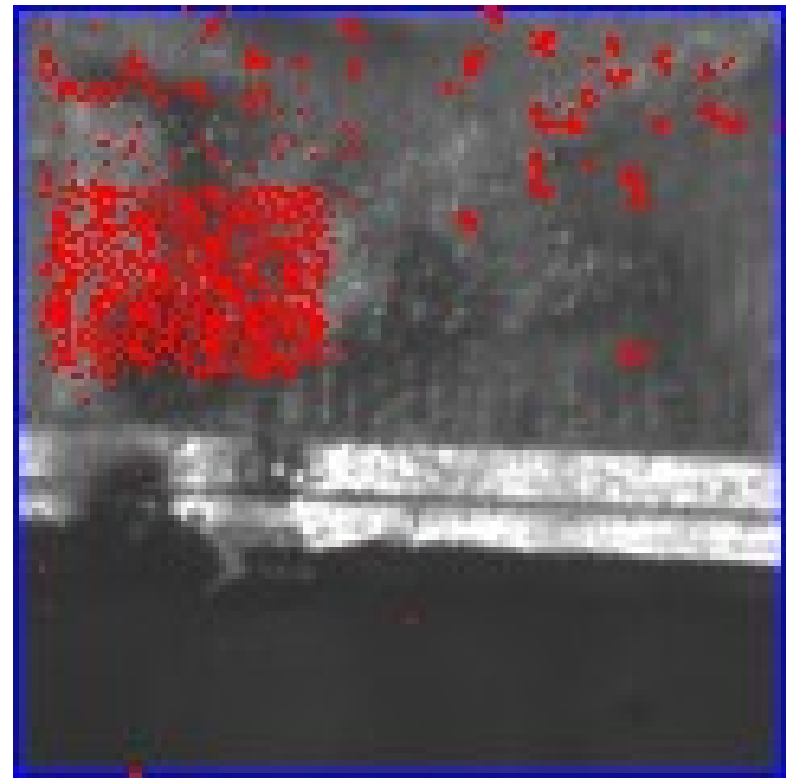


SEL-Map von micfs45.dat.txt

Daten aus dem Teilchenbeschleunigerexperiment

Array und Bilder überlagern

- Zentren müssen übereinander liegen
- Versatz in x- und y-Richtung berechnen
- Einzeichnen der SEL



SEL-Map von micfs45.dat.txt

Daten aus dem Teilchenbeschleunigerexperiment

Bilder zu Panorama zusammenfügen

- Bilder am blauen Rand ausschneiden
- Verschiedene Ansätze:
 - Hugin
 - Python – Ansatz über Homographiematrizen
 - Manuelles Zusammenfügen

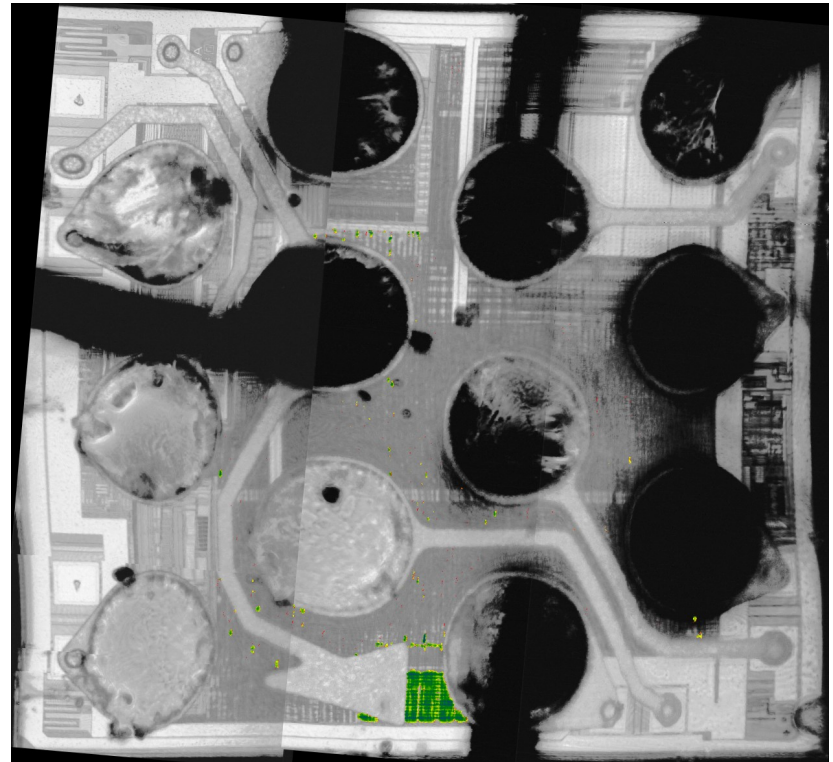


Panorama aus 25 Einzelbildern

Daten aus dem Laserexperiment

Panorama Zusammensetzen

- Streifen manuell zusammensetzen
- Möglichst eng auf DUT zuschneiden
- Größe der Panoramen vergleichen und Skalierungsfaktor berechnen



Panorama aus 3 Streifen

Daten aus dem Laserexperiment

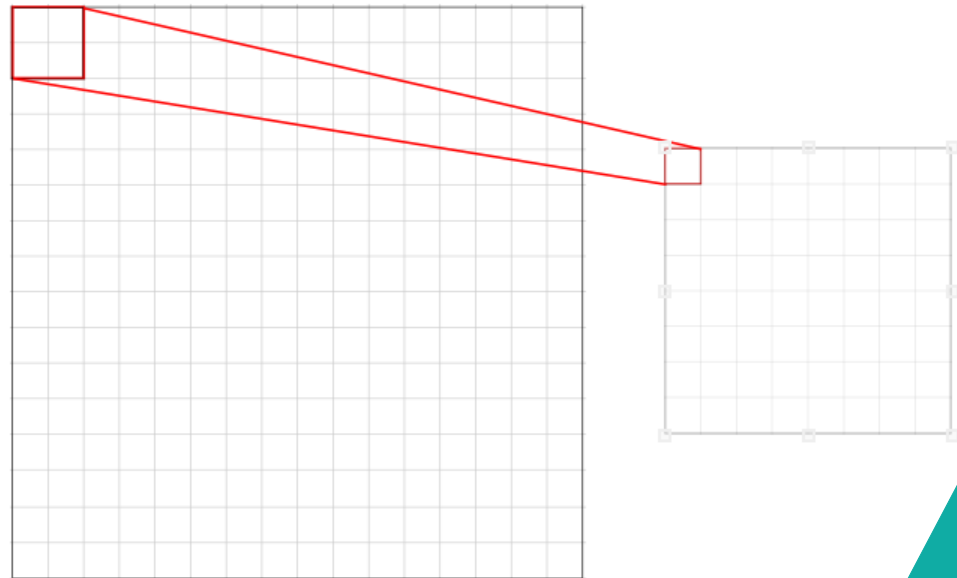
Größe der Bildstreifen und zugehörigen CSV-Dateien ändern

- Erstellen eines leeren Arrays mit den neuen Dimensionen
- Berechnen, welche Pixel des Originalarrays mit welchem Pixel des neuen Arrays korrespondiert

$$P_{original, Start} = trunc\left(\frac{P_{neu}}{Skalierungsfaktor}\right)$$

$$P_{original, Ende} = trunc\left(\frac{P_{neu} + 1}{Skalierungsfaktor}\right)$$

- Extraktion der Minimalwerte größer Null
- Eintragen des Wertes in neues Array



Daten aus dem Laserexperiment

Größe der Bildstreifen und zugehörigen CSV-Dateien ändern

- Erstellen eines leeren Arrays mit den neuen Dimensionen
- Berechnen, welche Pixel des Originalarrays mit welchem Pixel des neuen Arrays korrespondiert

$$P_{original, Start} = trunc\left(\frac{P_{neu}}{Skalierungsfaktor}\right)$$

$$P_{original, Ende} = trunc\left(\frac{P_{neu} + 1}{Skalierungsfaktor}\right)$$

- Extraktion der Minimalwerte größer Null
- Eintragen des Wertes in neues Array



Originalversion vs. verkleinerte Version

Daten aus dem Laserexperiment

Überlappende Pixel löschen und CSV-Dateien zusammenfügen

- Pixel löschen
 - Zusammenfügen der verkleinerten Bilder zu einem Panorama
 - Auf überlappende Bereiche zuschneiden
 - Pixel zählen
 - Korrespondierende Spalten löschen
- CSV-Dateien zusammenfügen
 - Einlesen und Dimensionen ermitteln
 - Reihe für Reihe zusammenfügen
 - In CSV-Datei schreiben

Berechnung der Wirkungsquerschnitte

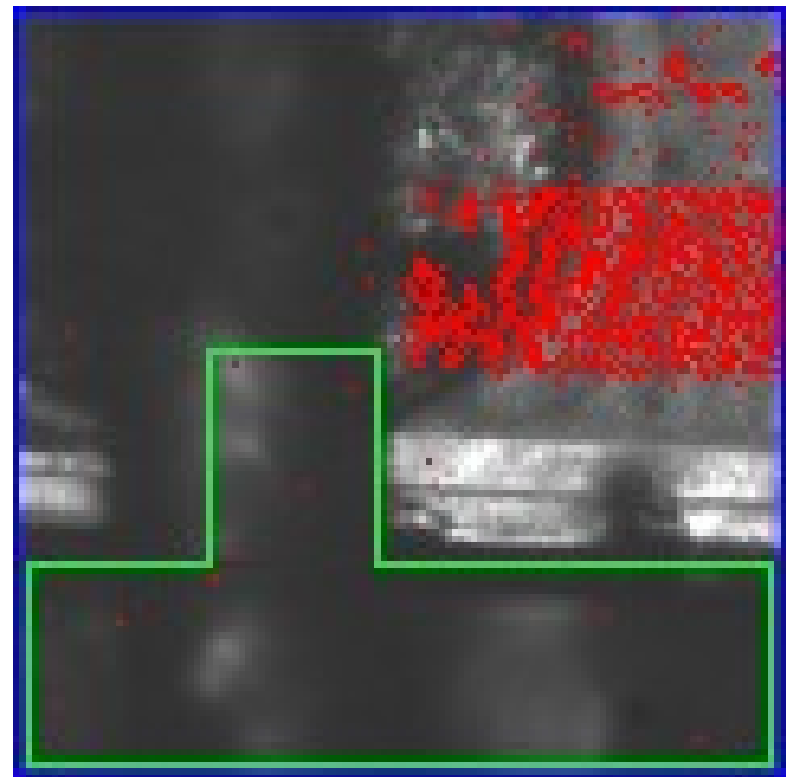
- Ionendaten
 - Umwandeln des Panoramas in eine CSV-Datei
 - Berechnung des Wirkungsquerschnitts mit vorhandenem Skript
 - Alternative: Rate SEL pro Ion
- Laserdaten
 - Berechnung des Wirkungsquerschnitts mit vorhandenem Skript

Latchup Flächen im Ionenexperiment in mm ²	
Bild (unkorrigiert)	0,025
Bild (korrigiert)	0,0115
SEL/Ion (unkorrigiert)	0,021

Auswertung

Plausibilitätsprüfung

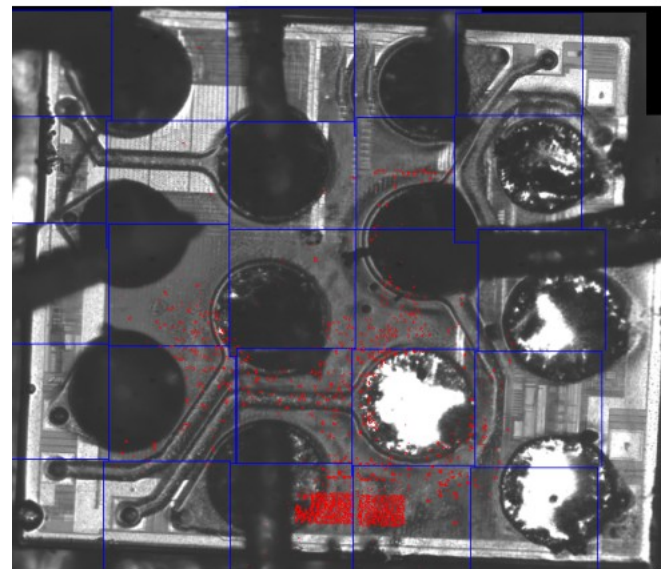
- Vergleich der Strukturen
 - Stimmen größtenteils mit physischen Strukturen des DUT überein
 - Artefakte stimmen nicht mit Strukturen überein
 - Hypothese: Sekundäreffekte



Auswertung

Plausibilitätsprüfung

- Vergleich der Panoramen nach Ionen- und Laserbeschuss
 - Stimmen zu großen Teilen überein
 - Unterschiede durch Metallisierung



Oben: Laserdaten,
Unten: Beschleunigerdaten

Auswertung

Auswertung der Wirkungsquerschnitte

