

Verständnis von Dotierungsprofilen und Defektkonzentrationen im Zusammenspiel von IV/CV-, TCT-, DLTS- und TSC-Messungen

Doris Eckstein, Joachim Erfle, Alexandra Junkes, Thomas Pöhlsen, Christian Scharf, Georg Steinbrück

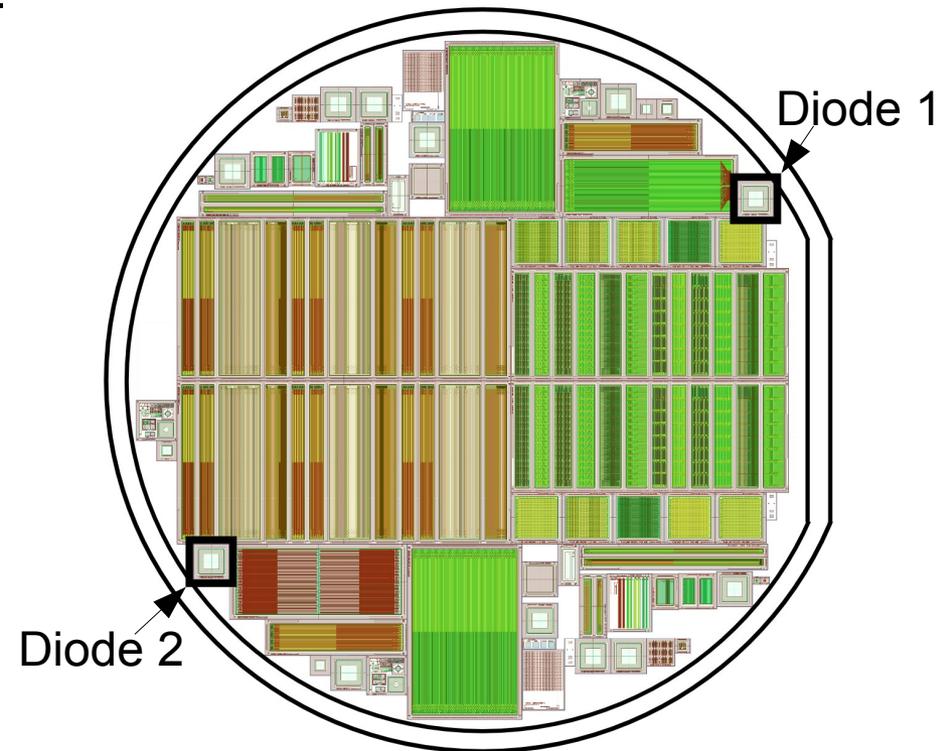
Institut für Experimentalphysik,
Universität Hamburg

Einführung – makroskopische Effekte – mikroskopische Effekte – die Ursache

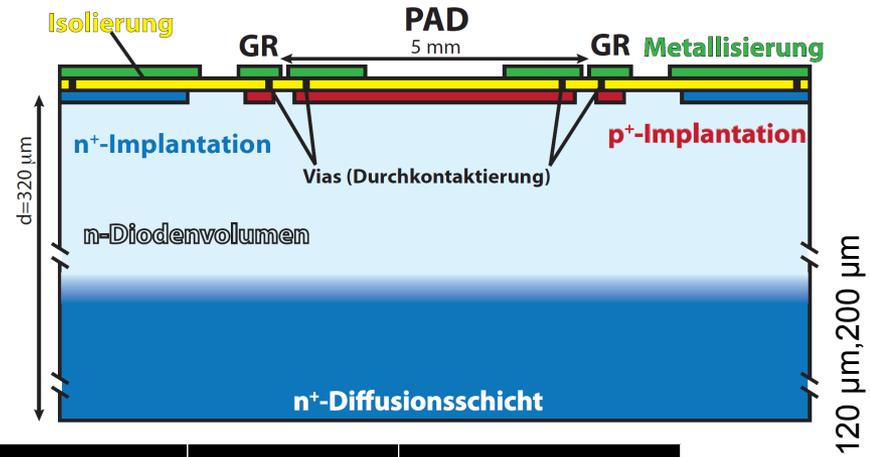
CMS-Silizium-Messkampagne für den HL-LHC

Ziel: bestes Material für CMS-Tracker-Upgrade finden:

- Verschiedene Teststrukturen
- 16 Dioden pro Wafer, davon werden hier zwei präsentiert
- 1. Schritt: Rohmaterial verstehen, um keine Überraschungen zu haben
- 2. Schritt: Bestrahlen und Veränderung untersuchen

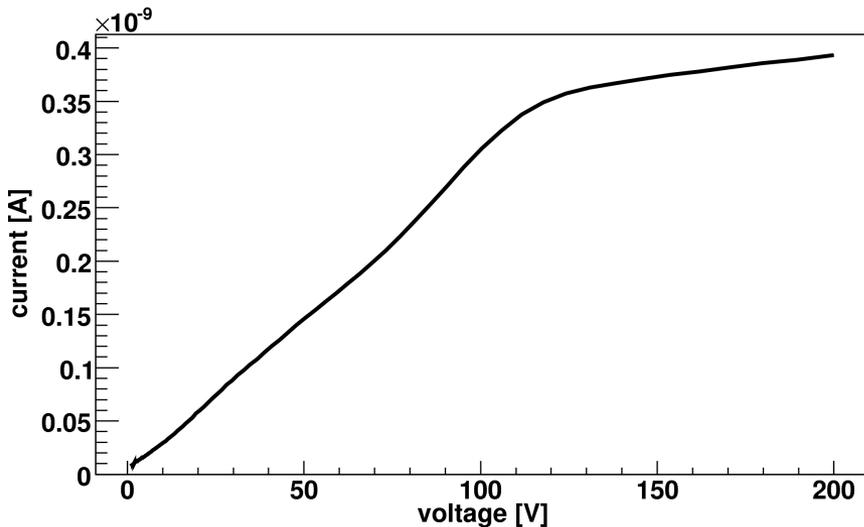


Materialübersicht



	n-Typ	p-Typ (p-stop)	p-Typ (p-spray)
FZ 320 µm	6	6	6
FZ 200 µm	6	6	6
FZ 120 µm	6	6	6
Mcz 200 µm	6	6	6
Epi 100 µm (70 µm)	2 (4)	6	6
Epi 50 µm	6	6	6
FZ 200 µm 2. metal	/6	/6	/6

IV-Charakteristik - ein erster Eindruck

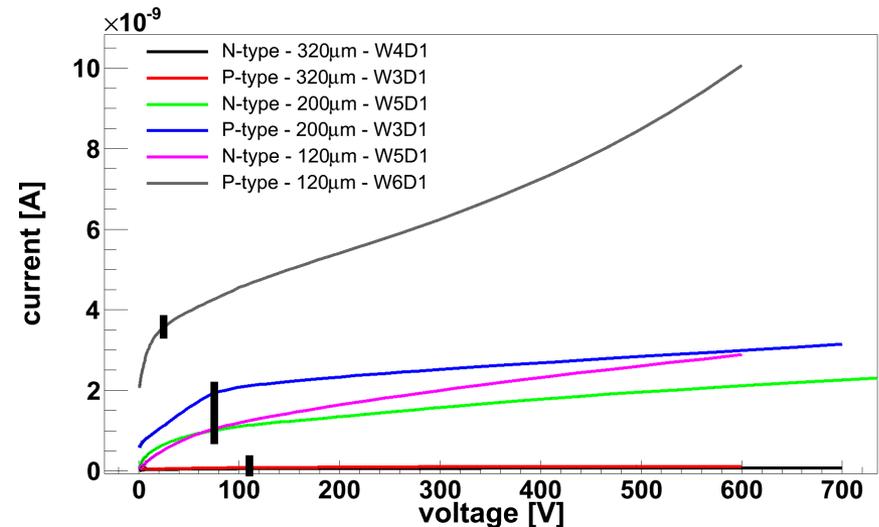


- Dünne Diode → mehr Strom
- Große Unterschiede zwischen N- und P-Typ

- Idealfall:

$$I \propto \sqrt{V} \quad \text{für } V < \text{Verarmungsspannung}$$

$$I = \text{const.} \quad \text{für } V \geq \text{Verarmungsspannung}$$



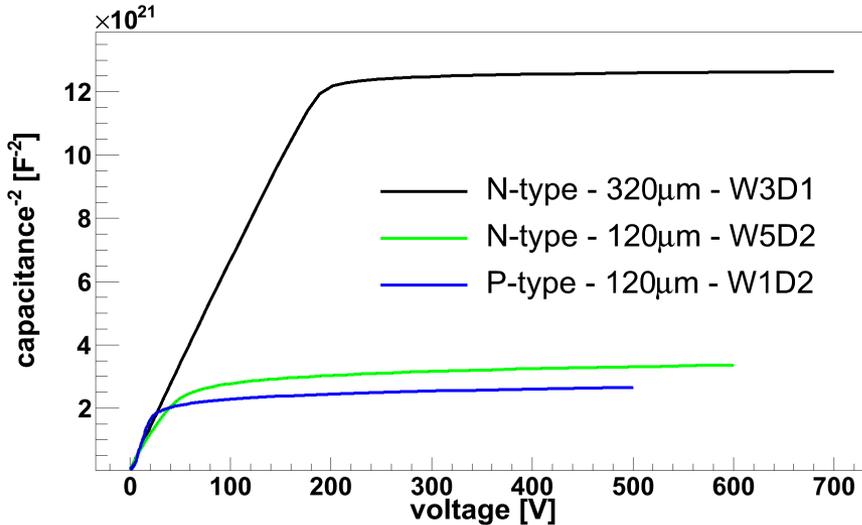
CV-Charakteristik - Hinweise

- Große Unterschiede in der Dotierung, zwischen

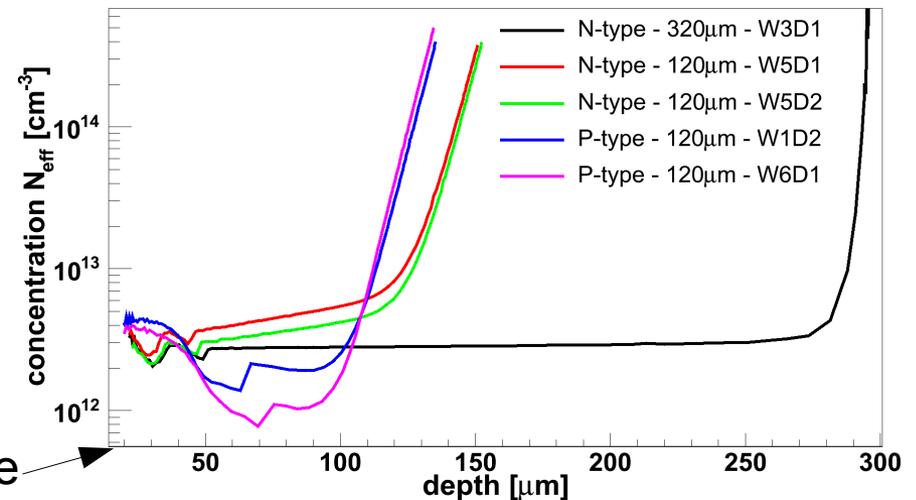
- N- und P-Typ Material
- Positionen (D1 bzw. D2)

Dotierungsprofil aus CV-Messung

$$\text{depth} = \frac{\epsilon \cdot A}{C} \quad N_{\text{eff}} = \frac{2 \cdot \Delta V}{q \cdot \epsilon \cdot A^2}$$

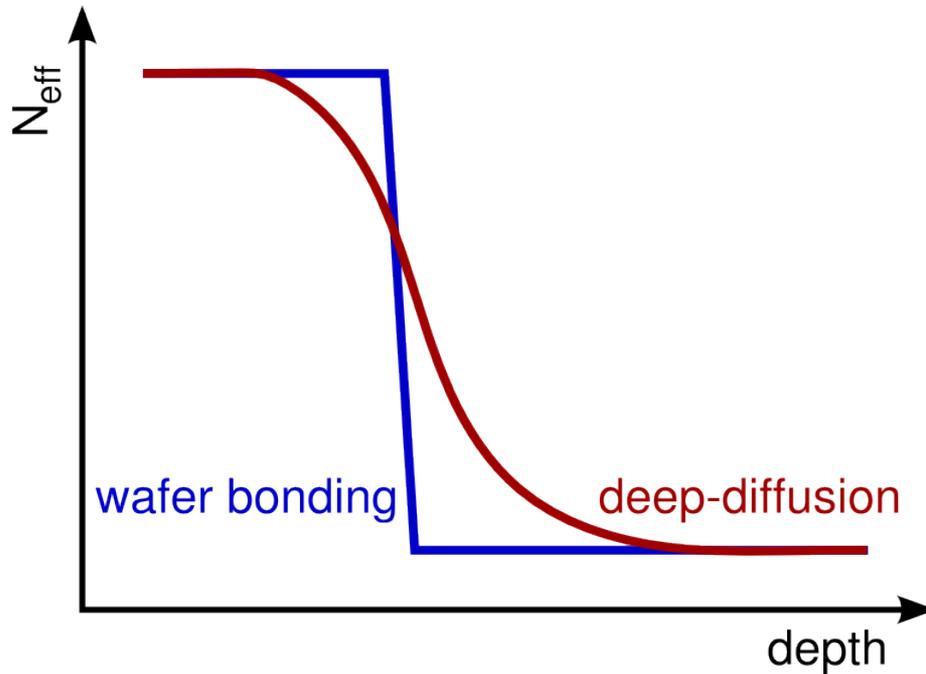


- Sehr flacher Übergang zur vollständigen Verarmung
- Großer Unterschied zwischen Endkapazitäten



Diodenseite \rightarrow

Wafer-Prozessierung

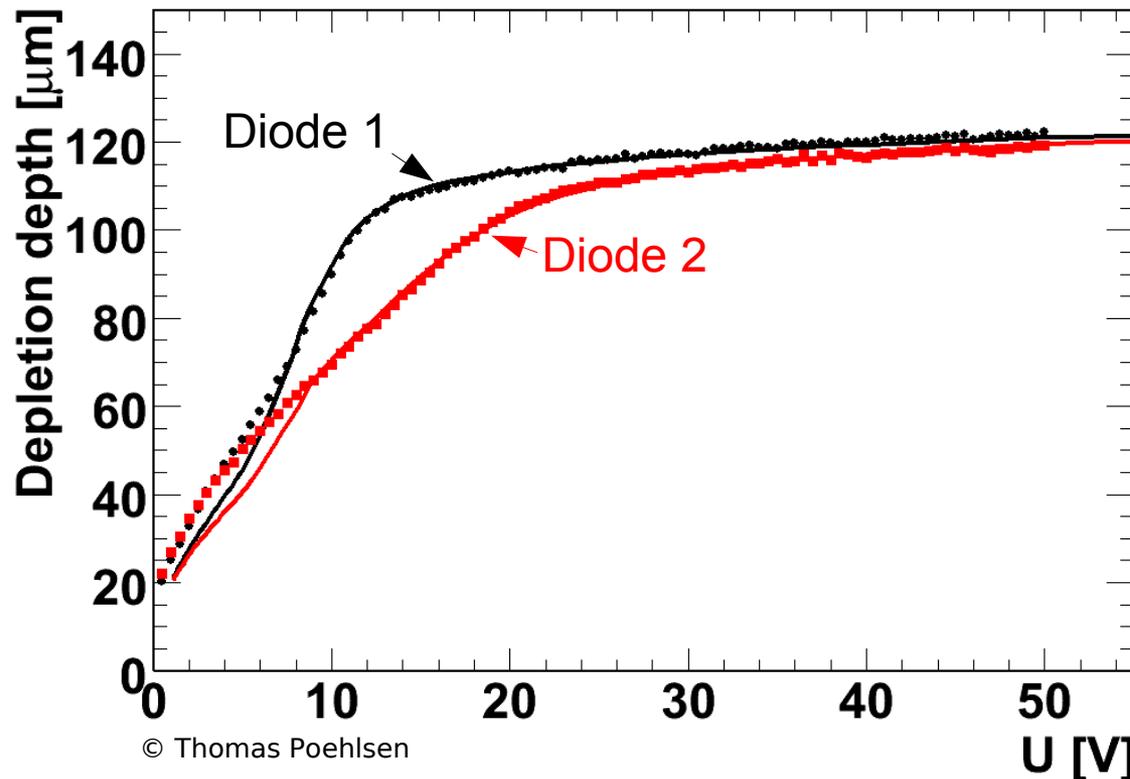


Statt Substrat und Wafer zu bonden, wird ein Teil des Wafers durch *deep-diffusion* zu Substrat umgewandelt.

	wafer-bonding	deep-diffusion
Verfahren:	bekannt	neu
Übergang:	hart	weich
Dicke:	exakt	ungenau
Preis:	teuer	günstig

Überprüfung der CV-Daten mit Ladungsmessung

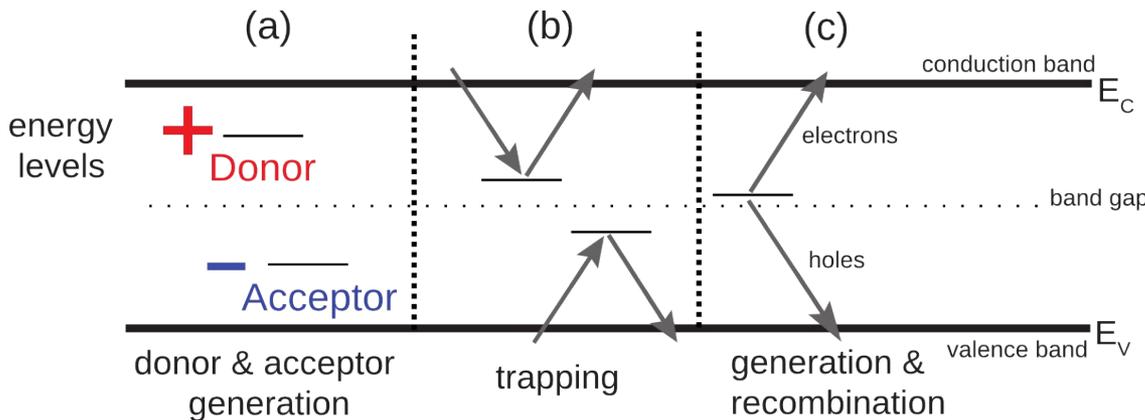
Gesammelte Ladung + Verarmungstiefe aus CV



© Thomas Poehlsen

- Gute Übereinstimmung von Ladungs- und CV-Messung
→ CV-Messung korrekt
- Durch Bestrahlung wird die Ladungssammlung verschlechtert. Ist sie danach noch ausreichend?
- Laser mit 1063 nm, Absorptionslänge $\geq 500\mu\text{m}$

Ursache - Defekte im Detektorvolumen?



- Schnelle Rekombination
- Beeinflusst Ladungsträgerkonzentration

- Beeinflusst Ladungssammlung

- Beeinflusst Strom

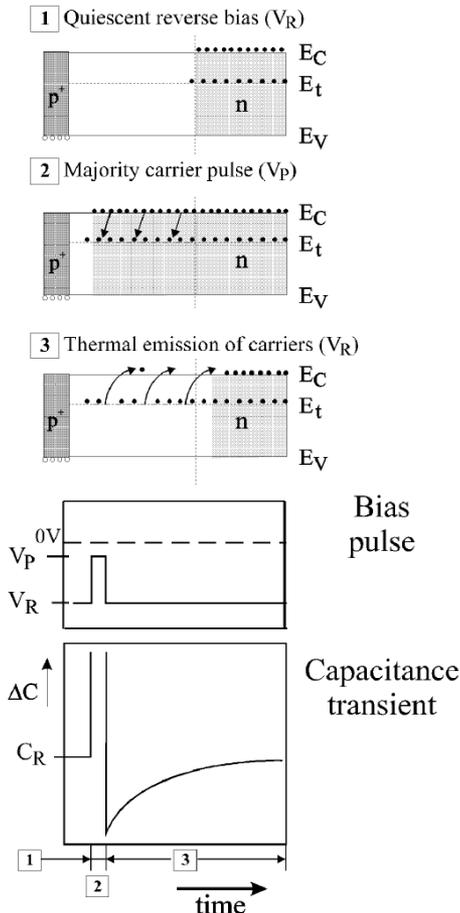
Alternativen:

- Oberflächenschäden?
- Messung mit verschieden großer Fläche zeigt keinen Hinweis

Genaue Analyse nötig, um IV- und CV-Charakteristika zu erklären

Deep-Level-Transient-Spectroscopy

© Michael Moll



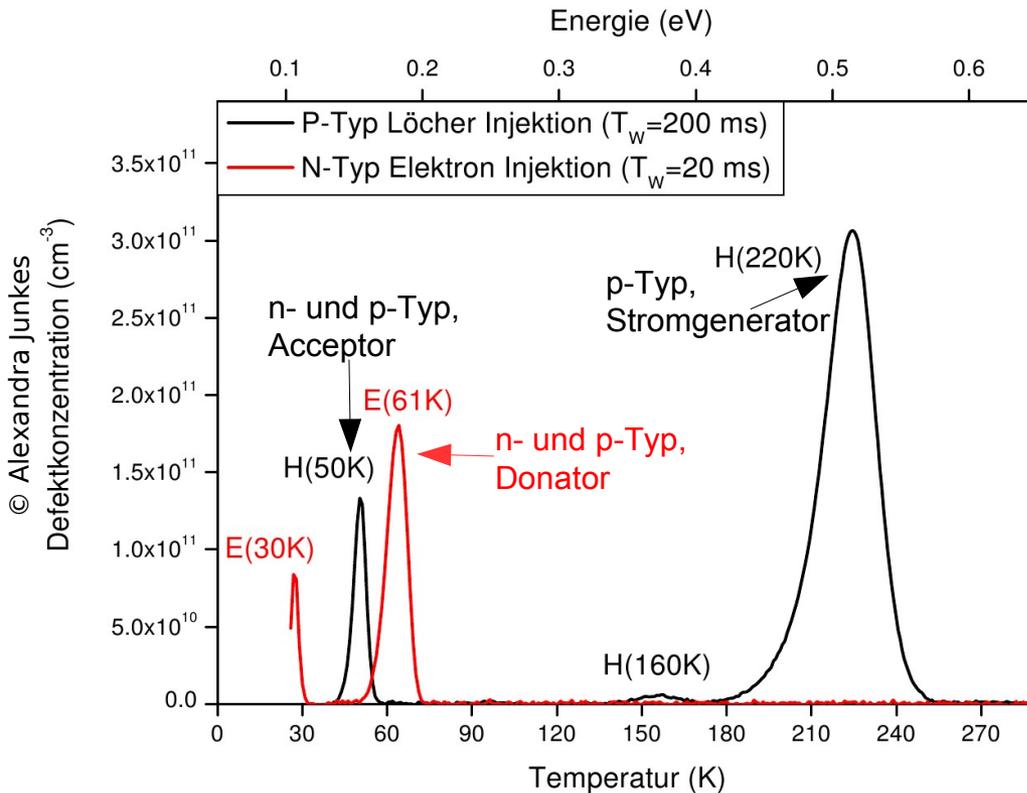
Temperaturscan:

1. Diode verarmen
2. Mit kurzem Strompuls Defekte füllen
3. Kapazitätstransiente messen
4. Defekt-Konzentration aus Transiente berechnen

→ Messung mit DLTS bei bestrahlten Dioden nicht mehr möglich

→ Einsatz von TSC (**T**hermally **S**timulated **C**urrent spectroscopy)

Gefundene Materialdefekte



- Beide Materialtypen sind nicht defektfrei
- Elektron-Traps:
 - E30K: unbekannt
 - E61K: Donator (eff. Dotierung)
- Löcher-Traps:
 - H50K: Acceptor (evtl. eff. Dotierung, Oberflächennah)
 - H220K: Stromgenerator im P-Typ-Material

Materialdefekte verantwortlich für unerwartete Sensorcharakteristika

Zusammenfassung und Ausblick

Eigenschaften von “dünnen” Detektoren hergestellt mit *deep-diffusion*

- IV/CV-Charakteristik verschieden im Vergleich zu dünnen Zählern, die mit *wafer-bonding* hergestellt werden
- Defekte mit Konzentration von einigen 10^{11} cm^{-3}
- Sensoren voll funktionsfähig

- Nächster Schritt ist die Bestrahlung
 - Ist ein Einfluss der Materialdefekte dann noch messbar?
 - Wie verhält sich Ladungssammlung nach Bestrahlung?
 - Untersuchung der Defekte nach Bestrahlung mit TSC