

Vortrag zum Proseminar

## Bestimmung von Epitaxie-Abscheidedicken mit Hilfe einer Wägeeinrichtung (Metryx Mentor)

Marco Gunia

Marco.Gunia@infineon.com

Dresden, 10.4.2006



Never stop thinking

# Gliederung

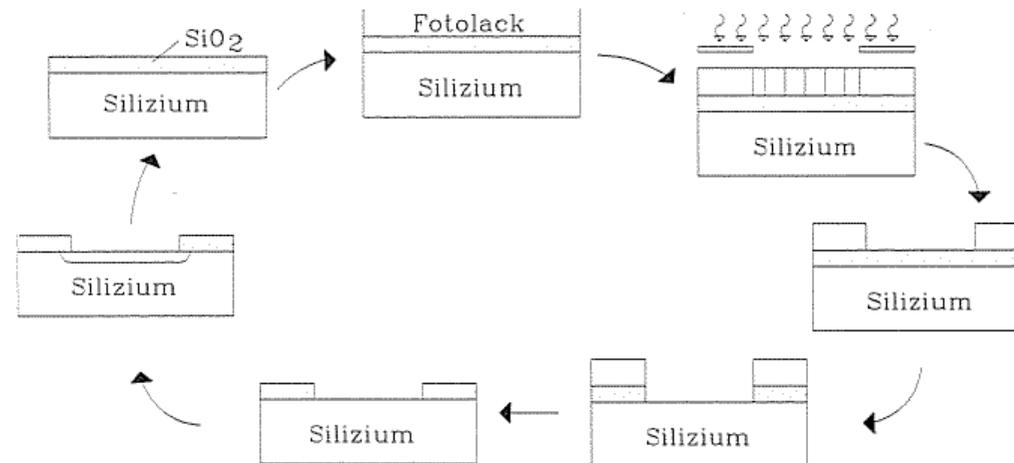
---

- 1. Einleitung / Motivation
  
- 2. Die Waage selbst
  - 1.1 Kurze Einführung in die Waage
  - 1.2 Messverfahren und Genauigkeiten des Messinstruments
  
- 3. Epitaxie-Abscheidung auf Blanketscheiben
  - 2.1 Was ist Epitaxie?
  - 2.2 Auftretende Probleme
    - 2.2 Oxidfleck
    - 2.3 Nitridring
  
- 4. Epitaxie-Abscheidung auf strukturierten Wafern

# 1. Einleitung / Motivation

- In vielen der unterschiedlichen Prozesse, der Halbleitertechnologie, hat man es mit Arbeitsschritten zu tun, die das Gewicht der Scheiben verändern (z.B. Abscheide- oder Ätzprozesse)
- Ständig Suche nach neuen Methoden um diese Arbeitsgänge zu überwachen

(entnommen aus „Silizium-Halbleitertechnologie“ von Ulrich Hilleringmann)



# 1. Einleitung / Problemstellung

- Unterscheidung zwischen destruktiven Methoden, die die Scheiben während der Messung zerstören und nicht destruktiven Messmethoden, bei denen die Scheiben dem Fertigungsprozess erhalten bleiben können
  
- Das Messtool Waage zählt in die letzte Kategorie.
  
- Anwendung:
  - Schnelltests in der Produktion (Nachbearbeitung, Verwurf)



## 2. Die Waage selbst

### 2.1 Kurze Einführung in die Waage

---

- Die Waage kann absolute Massen als auch Massenunterschiede einzelner Wafer messen
- Absolute Massen spielen untergeordnete Rolle (meist interessieren Massenunterschiede zwischen Prozessschritten)
- Absolute Massen werden eigentlich nur zur Kalibrierung der Waage benutzt, denn wen interessiert schon die genaue Masse eines Wafers?

## 2. Die Waage selbst

### 2.2 Messverfahren und Genauigkeiten des Messinstruments

---

#### ■ Messverfahren

- Es handelt sich um eine Art Vergleichsmessung – ein Gegengewicht wird so eingestellt, dass es genau so schwer ist wie der Wafer
- Das Gegengewicht wird durch el. Felder erzeugt

#### ■ Mess(un)genauigkeit

- Der Hersteller verspricht eine max. Differenz von 0,48mg zwischen 2 Messungen ein und derselben Scheibe (über kurze oder lange Zeitspanne)
- Die Realität zeigt, dass dieser Messfehler sehr viel geringer ausfällt – maximal zwischen 0,1 – 0,2mg zwischen 2 Messungen (sowohl kurze als auch lange Zeitspanne)

## 3. Epitaxie-Abscheidung auf Blanketscheiben

### 3.1 Was ist Epitaxie?

---

- Begriff „Epitaxie“ stammt aus dem Griechischen und bedeutet dort: „obenauf“.
- „In der Halbleitertechnologie versteht man darunter das Aufbringen einer kristallinen Schicht, die in eindeutiger Weise – entsprechend der einkristallinen Unterlage – geordnet aufwächst.“  
(entnommen aus „Silizium-Halbleitertechnologie“ von Ulrich Hilleringmann)
- Unterscheidung zw. Homoepitaxie (bei gleicher Unterlage und abgeschiedenen Schicht) – ansonsten Heteroepitaxie.

## 3. Epitaxie-Abscheidung auf Blanketscheiben

### 3.1 Was ist Epitaxie?

---

- Hier Betrachtung der selektiven Homoepitaxie („selektiv“: Epitaxie wächst nur an bestimmten Stellen – wo freies Silizium vorhanden ist)
- Es soll nun dabei weniger um den eigentlichen Silizium - Epitaxieprozess gehen (wird z.B. detailliert untersucht und beschrieben in den Arbeiten von Stefan Ulbricht, Ronny Schomacker und Alexander Rabe)
- Stattdessen Bestimmung der Aufwachsrate der Epitaxie

# 3. Epitaxie-Abscheidung auf Blanketscheiben

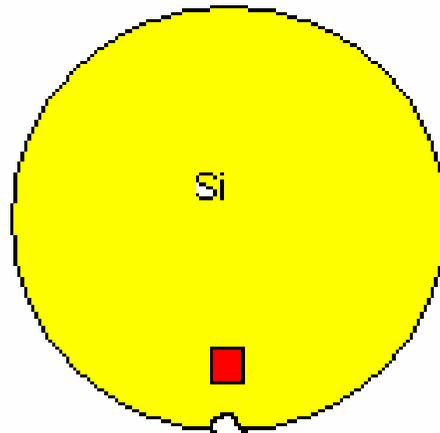
## 3.2 Auftretende Probleme

---

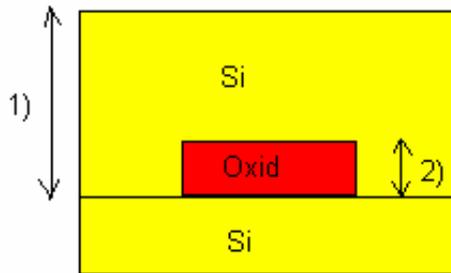
- **Problem:** Wie kann man auf Blanketscheiben (Silizium Untergrund) die Höhe der Siliziumexpitaxie messen?
  
- **Lösung:**
  - Oxidfleck
  - Nitridring am Rand

# 3. Epitaxie-Abscheidung auf Blanketscheiben

## 3.3 Oxidfleck



Oxid



- Vor der Epitaxie soll ein Oxidfleck (2mm \* 2mm) am Notch erzeugt werden, mit dessen Hilfe eine Höhenkontrolle möglich ist.

### ■ Arbeitsschritte

- Komplette Oxidation
- Lithographie (Negativ-Lack)
- Nasschemische Ätzung des kompletten Oxids bis auf den kleinen Fleck
- Vor-Wägung
- Epitaxie
- Nach-Wägung

## 3. Epitaxie-Abscheidung auf Blanketscheiben

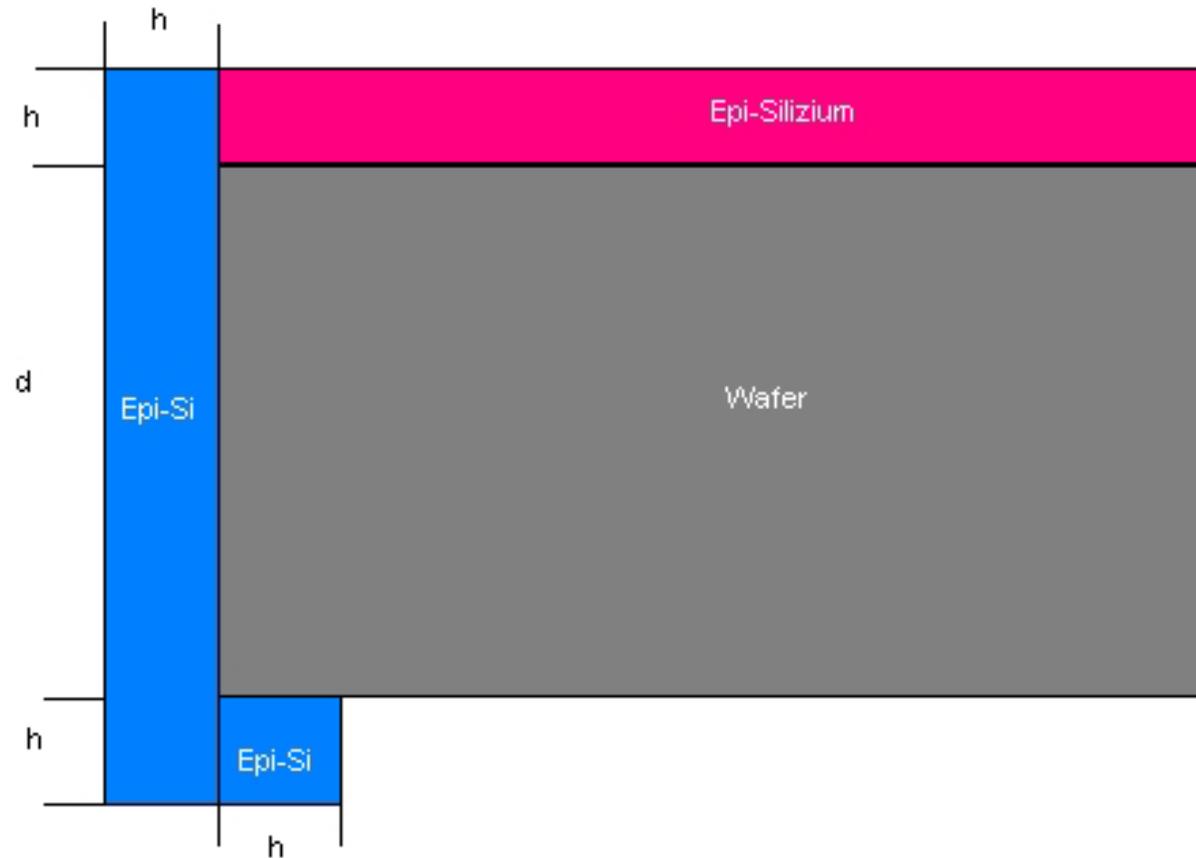
### 3.3 Oxidfleck

---

- Aufgetretene Probleme bei dieser Bearbeitung
  - Lithographie für solch große Strukturen war sehr schwer
    - Masken nicht verfügbar, da Masken für solch große Strukturen (2mm \* 2mm) nicht existieren
    - Blenden zu ungenau (Streulicht sorgt für Lackreste auf dem Wafer, welche nachfolgende nasschemische Ätzung stören)
    - Am Ende wurde auf einer Testmaske eine (0,5mm \* 0,5mm) große Struktur gefunden, die mehrfach neben- und untereinander geprinted wurde
  - Epitaxie geht bei dieser Bearbeitung über den Rand hinaus (nachfolgende Rechnung kompliziert – wie stark wächst die Epitaxie im Randbereich und unter der Scheibe?)
    - Deswegen Verfahren mit Nitridring

# 3. Epitaxie-Abscheidung auf Blanketscheiben

## 3.3 Oxidfleck



## 3. Epitaxie-Abscheidung auf Blanketscheiben

### 3.3 Oxidfleck

---

#### ■ Ergebnisse:

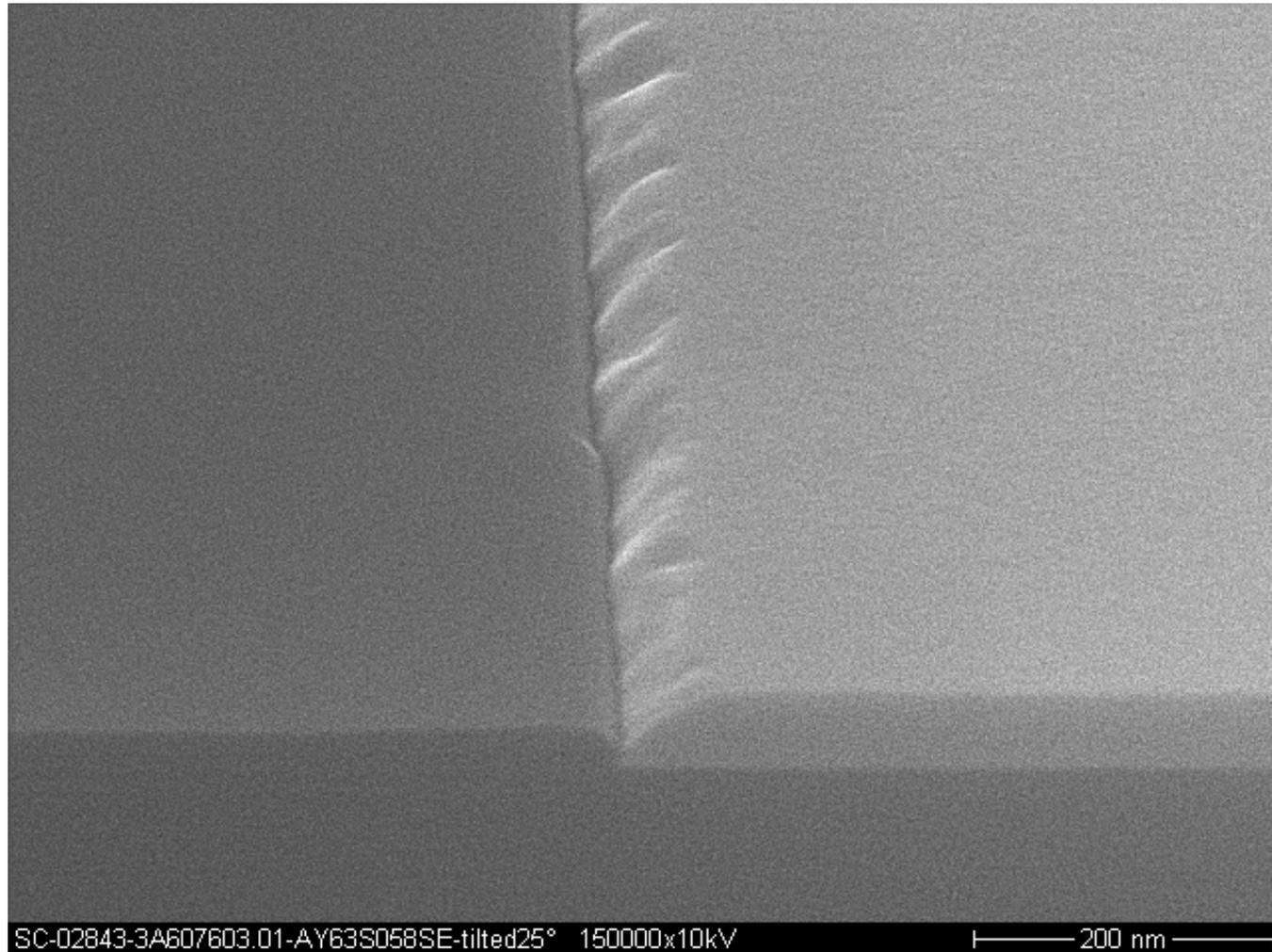
- Die erste Scheibe dieser Art hatte eine Oxiddicke von 7nm.

Diese ließ sich leider in nachfolgenden REM-Aufnahme nicht mehr feststellen (im Epitaxieprozess wird auch Oxid abgetragen).

- Jetzt arbeite ich mit einer Oxiddicke von 70nm. Dort zeigt sich, dass die berechneten Werte mit den gemessenen Werten doch sehr gut übereinstimmen.
- 40nm Epitaxie-Abscheidedicke → 6,5mg Massenzunahme

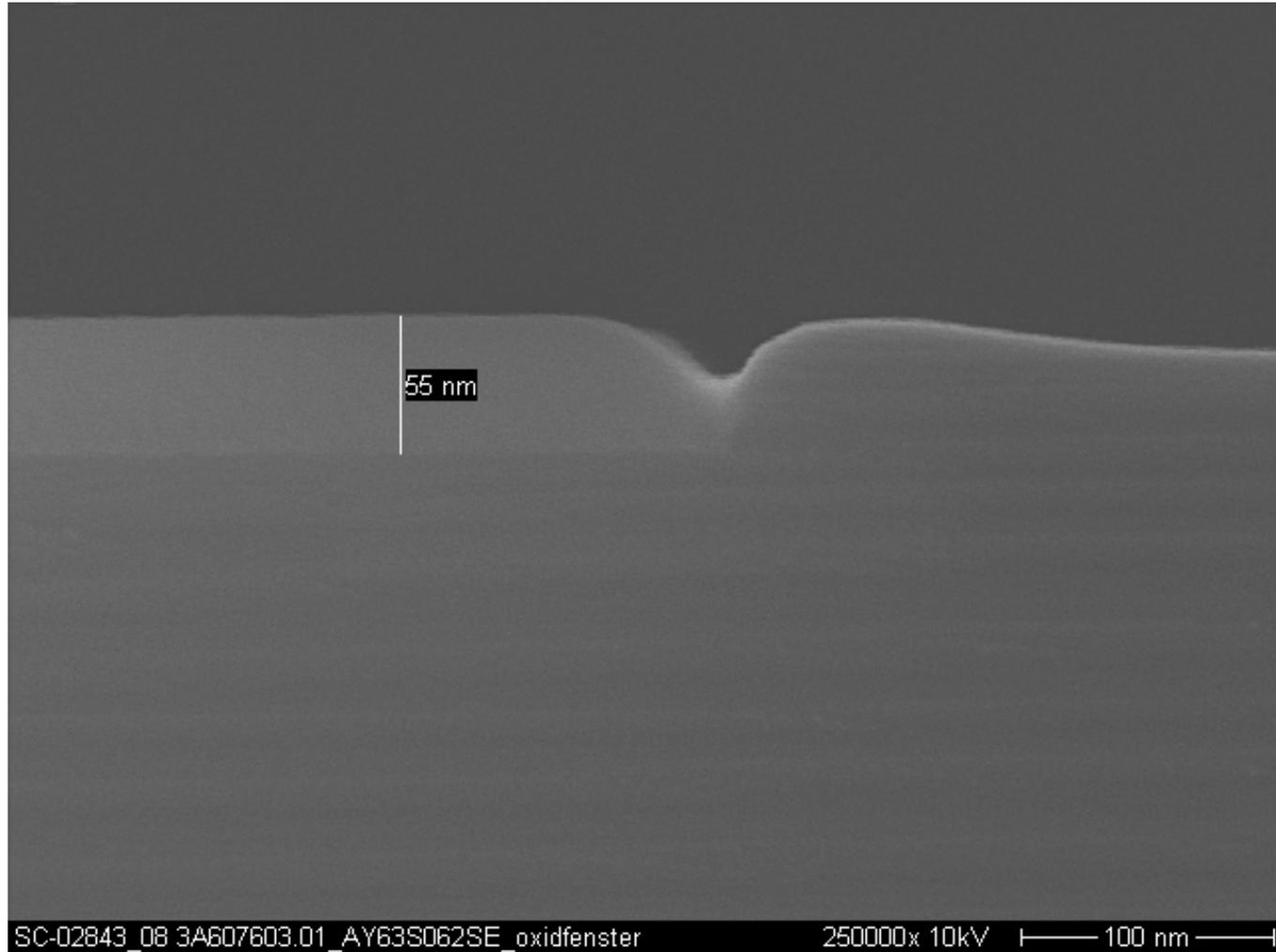
# 3. Epitaxie-Abscheidung auf Blanketscheiben

## 3.3 Oxidfleck



# 3. Epitaxie-Abscheidung auf Blanketscheiben

## 3.3 Oxidfleck

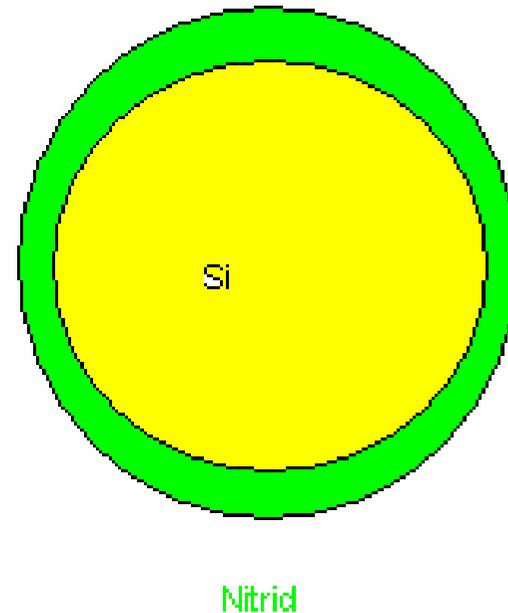


stop thinking  
Never

# 3. Epitaxie-Abscheidung auf Blanketscheiben

## 3.4 Nitridring

- Um das Rand-Problem zu vermeiden wurde Nitridring erstellt, der den Wafertrand und die Unterseite maskiert.
  
- Arbeitsschritte
  - Komplette Nitridabscheidung
  - Randentlackung mit Negativ Resist – nur Lack am Rand bleibt stehen
  - Trockenätzung bis kurz vor Si
  - Nasschemische Ätzung des restlichen Nitrids
  - Vor-Wägung
  - Epitaxie
  - Nach-Wägung



## 3. Epitaxie-Abscheidung auf Blanketscheiben

### 3.4 Nitridring

---

- Vorteile gegenüber dem Oxidfleck
  - Die Randentlackung ist sehr genau – es entsteht ganz runder Kreis, der sich ohne Probleme ausmessen lässt
  - Damit ist die Fläche für die Epitaxie exakt bestimmbar und eine viel präzisere Rückrechnung möglich
  
- Probleme
  - Das nasschemische Verfahren ist nötig, da die Trockenätzung (RIE-Schritt) eine Nitridschicht am Boden erzeugt, die die EPI behindert (siehe Ronny Schomacker's Ergebnisse)
  - Es sind sehr viele Arbeitsschritte nötig um auf einer Blanketscheibe Epitaxie abzuscheiden und eine Höhenkontrolle vorzunehmen

## 3. Epitaxie-Abscheidung auf Blanketscheiben

### 3.4 Nitridring

---

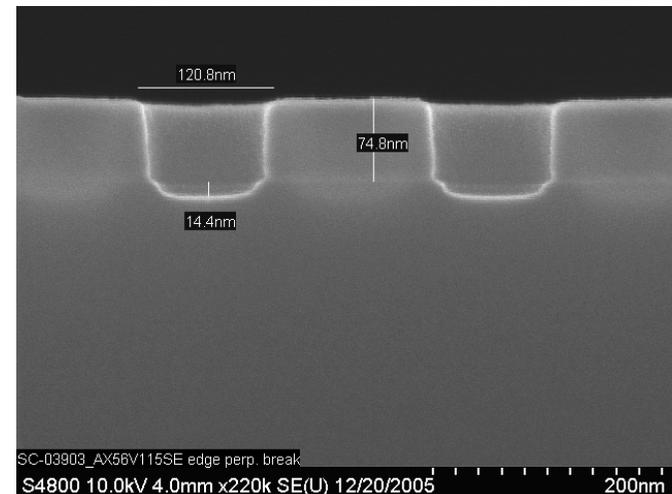
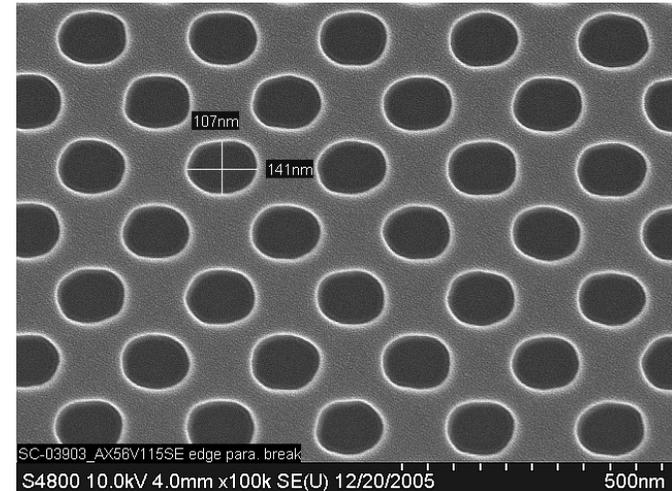
#### ■ Ergebnisse

- Hier lassen sich leider noch keine Ergebnisse zeigen. Die unterschiedlichen Prozessschritte zur Herstellung des Nitridrings sind alles Sonderbearbeitungen, das heißt sie brauchen sehr lange.



## 4. Epitaxie-Abscheidung auf strukturierten Wafern

- Bei den strukturierten Wafern handelt es sich um Scheiben, bei denen auf das Silizium eine Nitridschicht aufgebracht wurde (analog zu den Scheiben mit Nitriding).
- Dann werden ellipsenähnliche Löcher in das Nitrid geätzt – bis runter zum einkristallinen Silizium.
- In diesen Löchern wächst dann die Epitaxie auf.



## 4. Epitaxie-Abscheidung auf strukturierten Wafern

---

- Mit Hilfe der Waage wollen wir nun auf den strukturierten Wafern die Abscheidedicken bestimmen, ohne die Wafer immer explizit mit einem REM zu untersuchen (dazu müssen die Scheiben gebrochen werden – sie gehen der Produktion verloren).
- Größenordnungen:
  - 100nm Epitaxie-Abscheidedicke → 3mg Massenzunahme

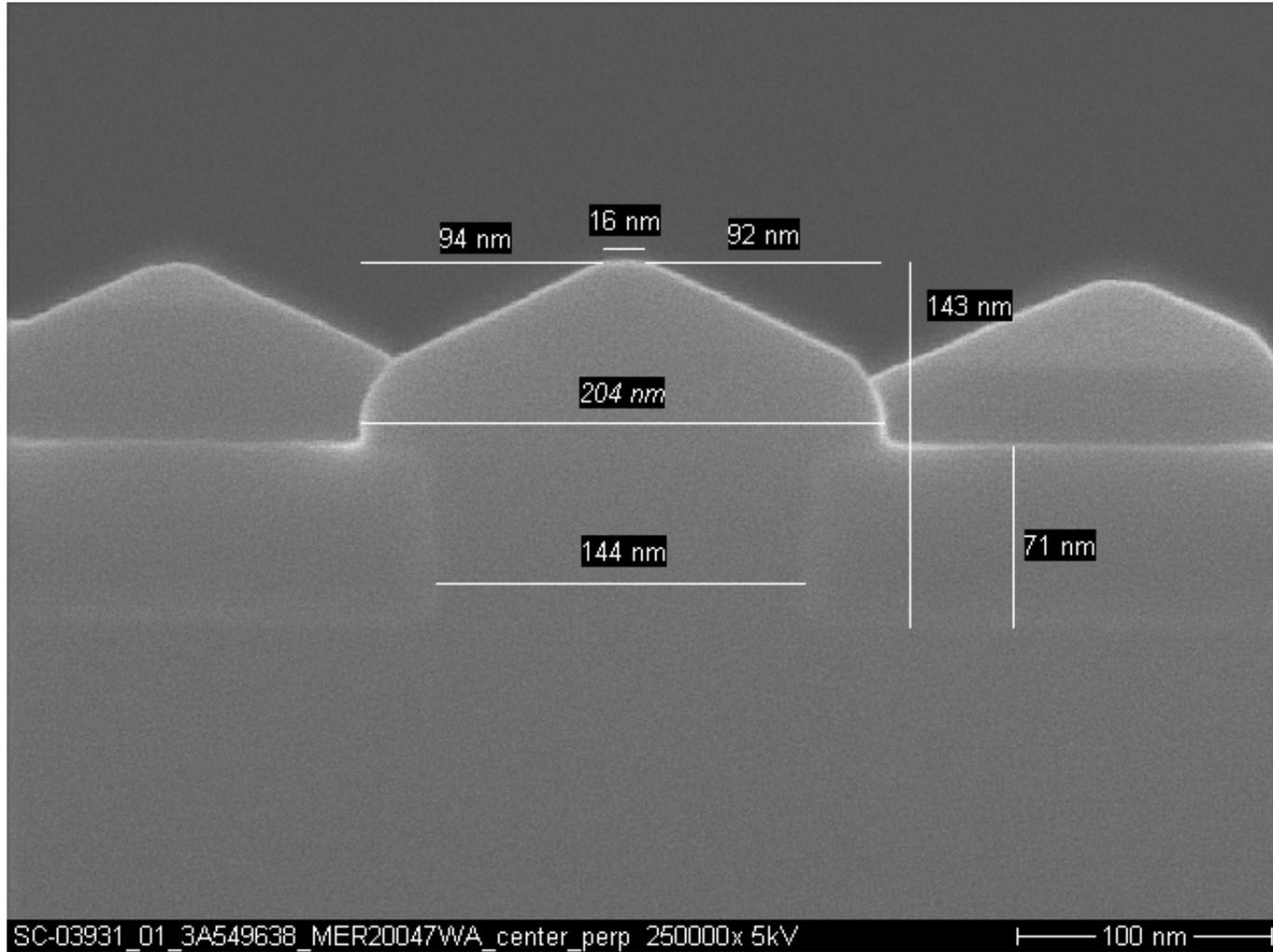
## 4. Epitaxie-Abscheidung auf strukturierten Wafern

---

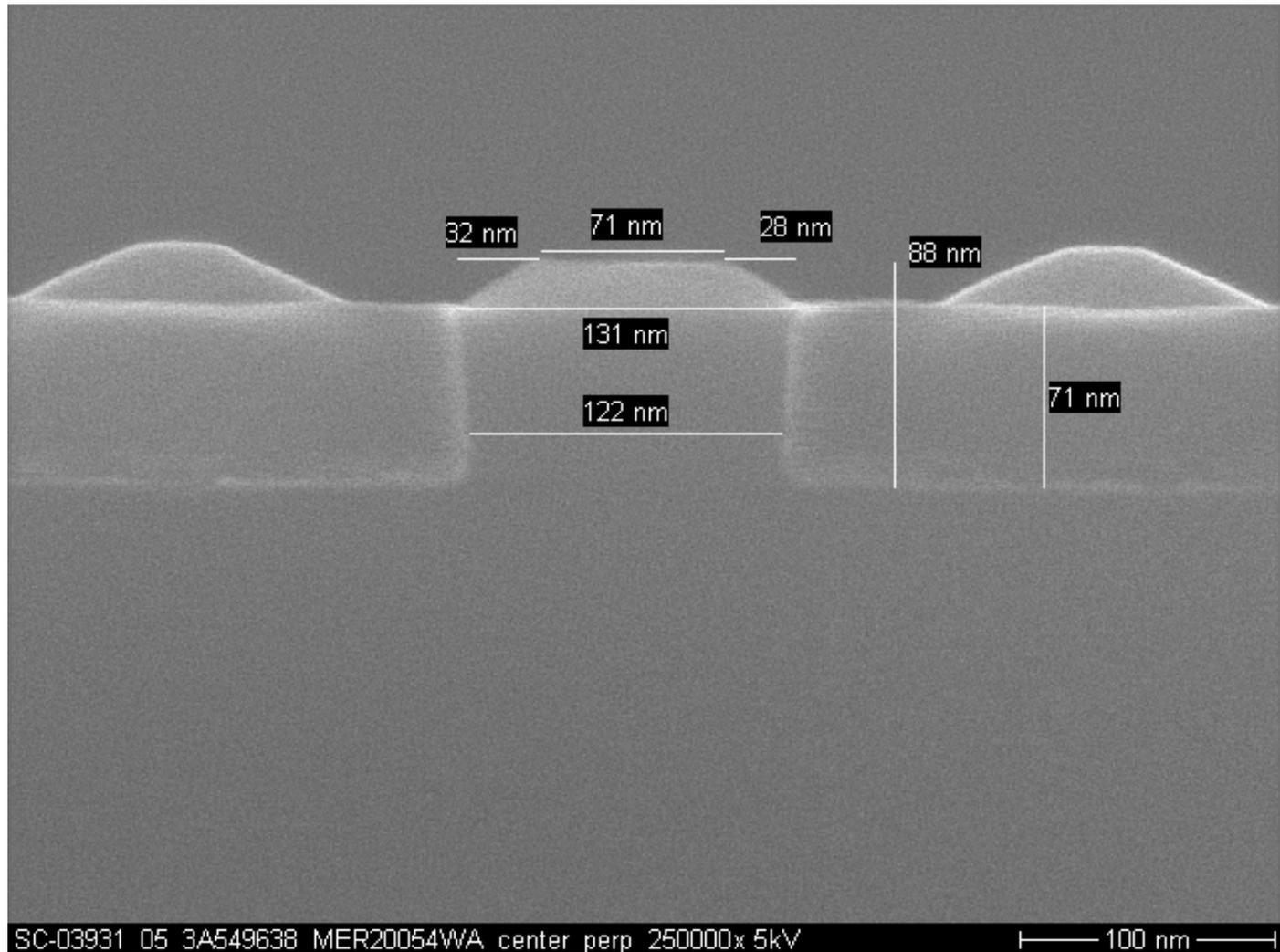
### ■ Auftretende Probleme

- Maskenabweichung der Nitridmaske müssen berücksichtigt werden (Halbachsen der Ellipsen variieren um 30nm nach der Ätzung) – bei 100nm Aufwachsdicke etwa 0,5mg Fehler
- Weiterhin haben wir zwischen aufeinander folgenden Messungen (ohne Prozessschritte – Zeitdifferenz wenige Minuten) Abweichungen entdeckt, die nicht im Bereich der Spezifikation der Waage liegen (über 0,48mg zwischen 2 Messungen)

# 4. Epitaxie-Abscheidung auf strukturierten Wafern



## 4. Epitaxie-Abscheidung auf strukturierten Wafern



## 4. Epitaxie-Abscheidung auf strukturierten Wafern

---

### ■ Ergebnisse und Ausblick:

- Zur Zeit wird versucht, die Ursachen der Messfehler zu finden.
- Untersuchung aller auf der Scheibe vorhandener Stoffe auf gleiches Phänomen...
- auf Blanket-Nitrid Scheiben tritt dieser Effekt auch zu Tage (dort aber im mg-Bereich (1 – 2 mg))
- Wir vermuten, dass es sich um einen elektrostatisches Phänomen handelt – Nitrid ist ziemlich guter Isolator...

- 
- Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit.
  
  - Fragen?