

Analyse der Messfehler einer Mikrowaage bei der Inline-Schichtdickenbestimmung auf Silizium-Wafern

Belegverteidigung

Dresden, 08.07.2007

Marco Gunia

marco.gunia@gmx.de



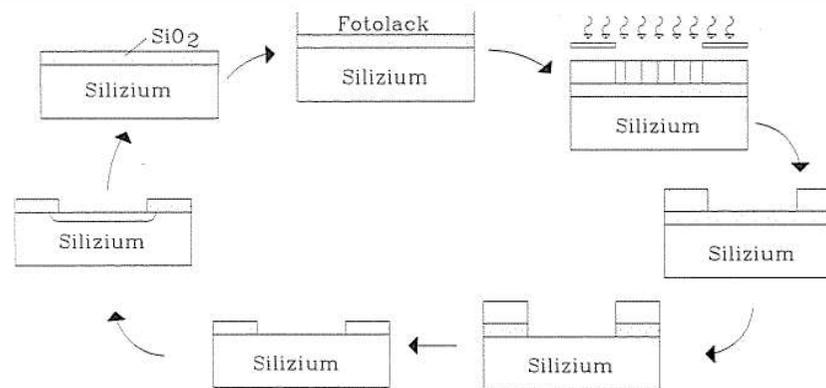


- Motivation der Aufgabenstellung
- Aufgabenstellung
- Die Mikrowaage
 - Einführung in die Waage
 - Messverfahren und Genauigkeit des Messinstruments
- Anwendung der Wägetechnik
 - Blanketscheiben
 - Oxidfleck
 - Nitridring
 - Strukturierte Wafer
- Golden-Wafer-Korrektur
- Zusammenfassung und Ausblick



Motivation der Aufgabenstellung

- 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)
- Ständige Suche nach neuen Methoden um diese Arbeitsgänge zu überwachen



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

Motivation der Aufgabenstellung



- ❑ In einer vorangegangenen Praktikumsarbeit sollte untersucht werden, ob mit der Waage Aufwachs- und Ätzprozesse kontrolliert werden können.
- ❑ Dabei traten Messfehler des Messgerätes zu Tage, die weit außerhalb der Spezifikation des Herstellers lagen.
- ❑ Diese Messfehler müssen untersucht werden.

Aufgabenstellung



- Literaturstudium produktionsüberwachender Inline-Messverfahren in der Siliziumwaferprozessierung

- Praktische Untersuchung der Mikrowägetechnik
 - Reproduzierbarkeit und Messfehler
 - Einbeziehung der Nutzung der Golden-Wafer-Korrektur

- Identifizierung problematischer Materialien und Beschreibung des auftretenden Fehlerbildes

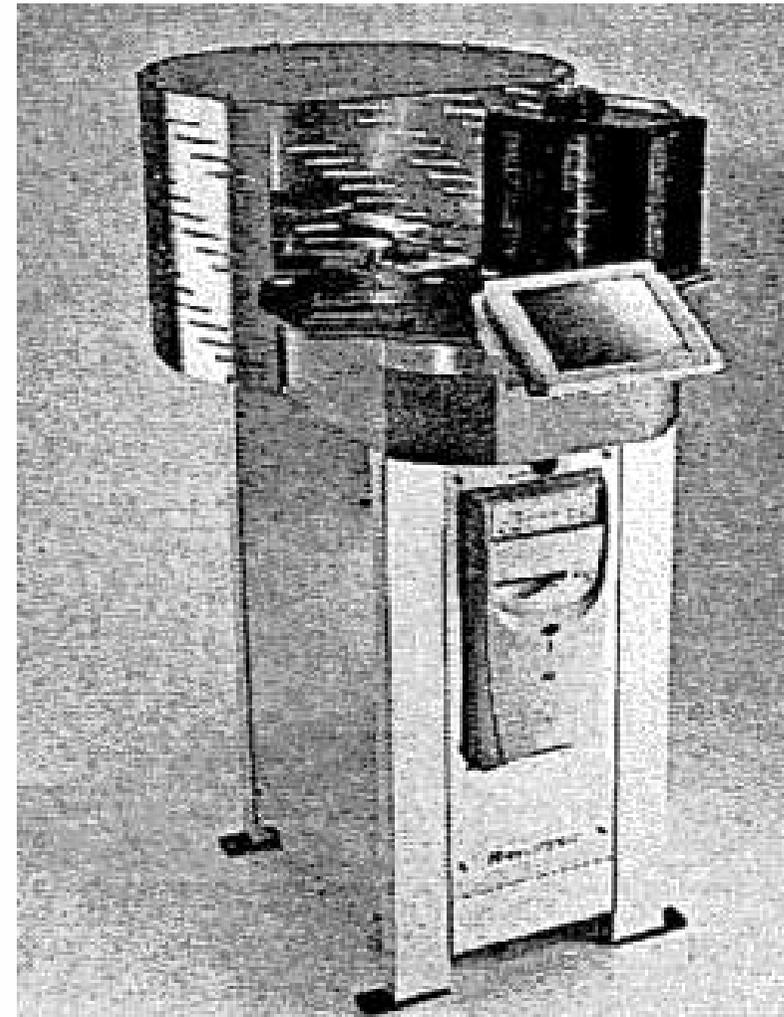
- Zusammenfassung und Dokumentation der Ergebnisse

Die Mikrowaage

Einführung in die Waage



- ❑ Nicht destruktives Messinstrument
(Wafer bleiben der Produktion erhalten)
- ❑ Anwendung zum Beispiel für
Schnelltests in der Produktion
(Nachbearbeitung, Verwurf)
- ❑ Die Waage kann absolute Massen als
auch Massenunterschiede einzelner
Wafer (bzgl. unterschiedlicher
Prozessschritte) messen



Die Mikrowaage

Messverfahren und Genauigkeit 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 elektrostatische Felder erzeugt

□ Messgenauigkeit

- Der Hersteller verspricht eine max. Differenz von 0,48 mg zwischen zwei Messungen ein und derselben Scheibe (über kurze oder lange Zeitspanne)

Anwendung der Wägetechnik

Blanketscheiben



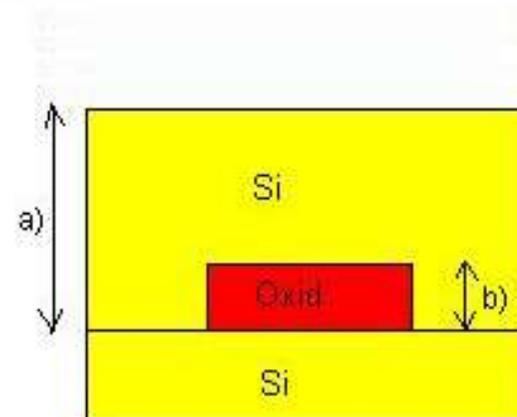
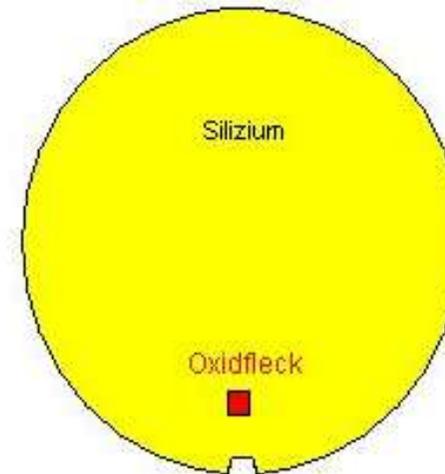
- ❑ Begriff „Epitaxie“ stammt aus dem Griechischen und bedeutet dort: „obenauf“ oder „zugeordnet“.
- ❑ „In der Halbleitertechnologie versteht man darunter das Aufbringen einer kristallinen Schicht, die in eindeutiger Weise – entsprechend der einkristallinen Unterlage – geordnet aufwächst.“ (entnommen aus „Silizium-Halbleitertechnologie“ von Ulrich Hilleringmann)
- ❑ Hier Betrachtung der selektiven Homoepitaxie
(„selektiv“: Epitaxie wächst nur an Stellen auf, wo freies Silizium vorhanden ist)
- ❑ Es soll dabei weniger um den eigentlichen Silizium - Epitaxieprozess gehen
- ❑ Stattdessen Bestimmung der Aufwachsrate der Epitaxie mit Hilfe der Waage



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

□ Arbeitsschritte

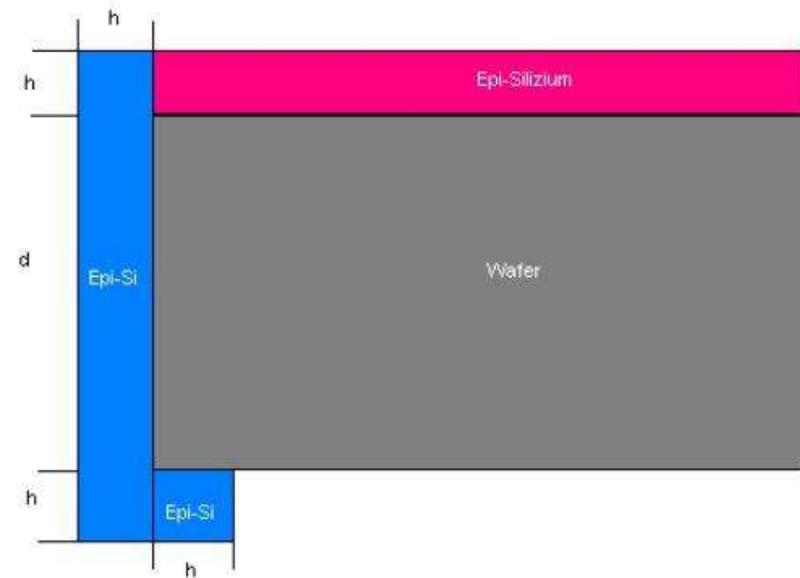
- Komplette Oxidation
- Lithographie (Negativ-Lack)
- Nasschemische Ätzung des kompletten Oxids bis auf den kleinen Fleck
- Vor-Wägung
- Epitaxie
- Nach-Wägung





□ Probleme

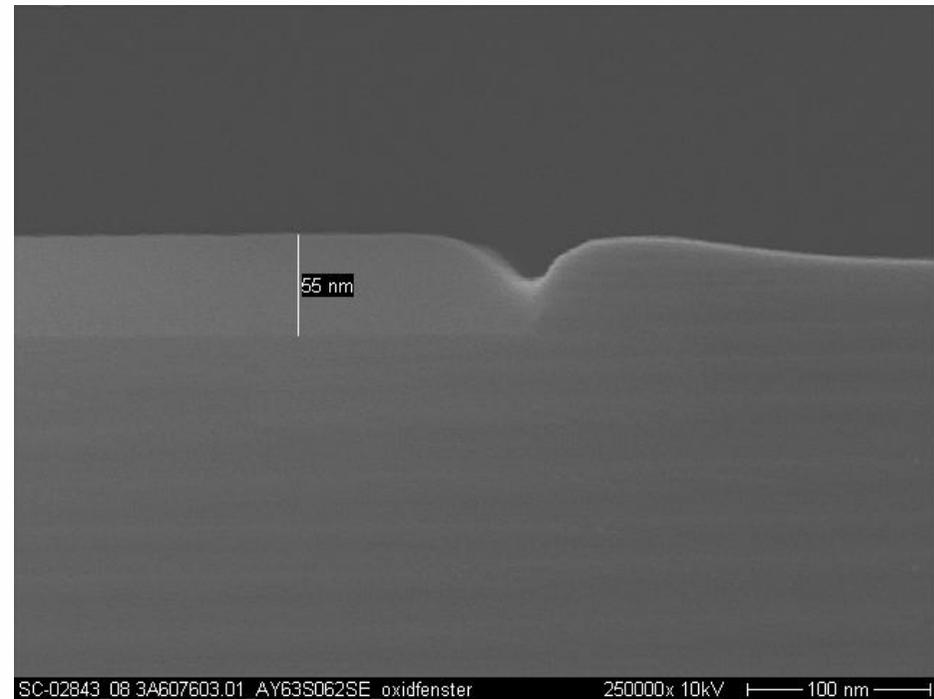
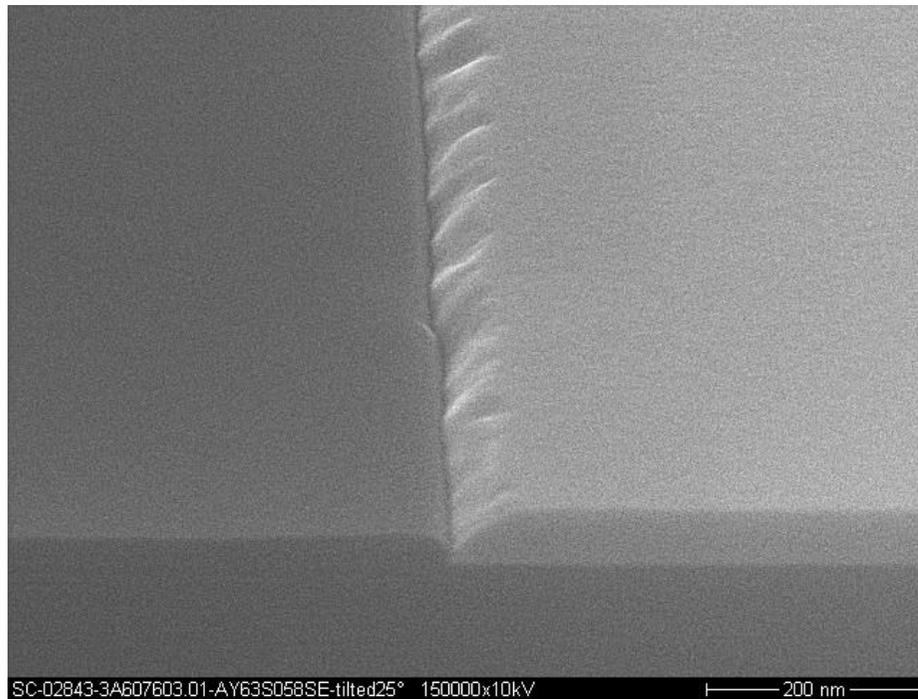
- Lithografie für Teststruktur war nicht einfach (Blenden zu ungenau, Masken für solch große Strukturen kaum vorhanden)
- Epitaxie wächst am Rand und an der Wafer-Rückseite → ungenau



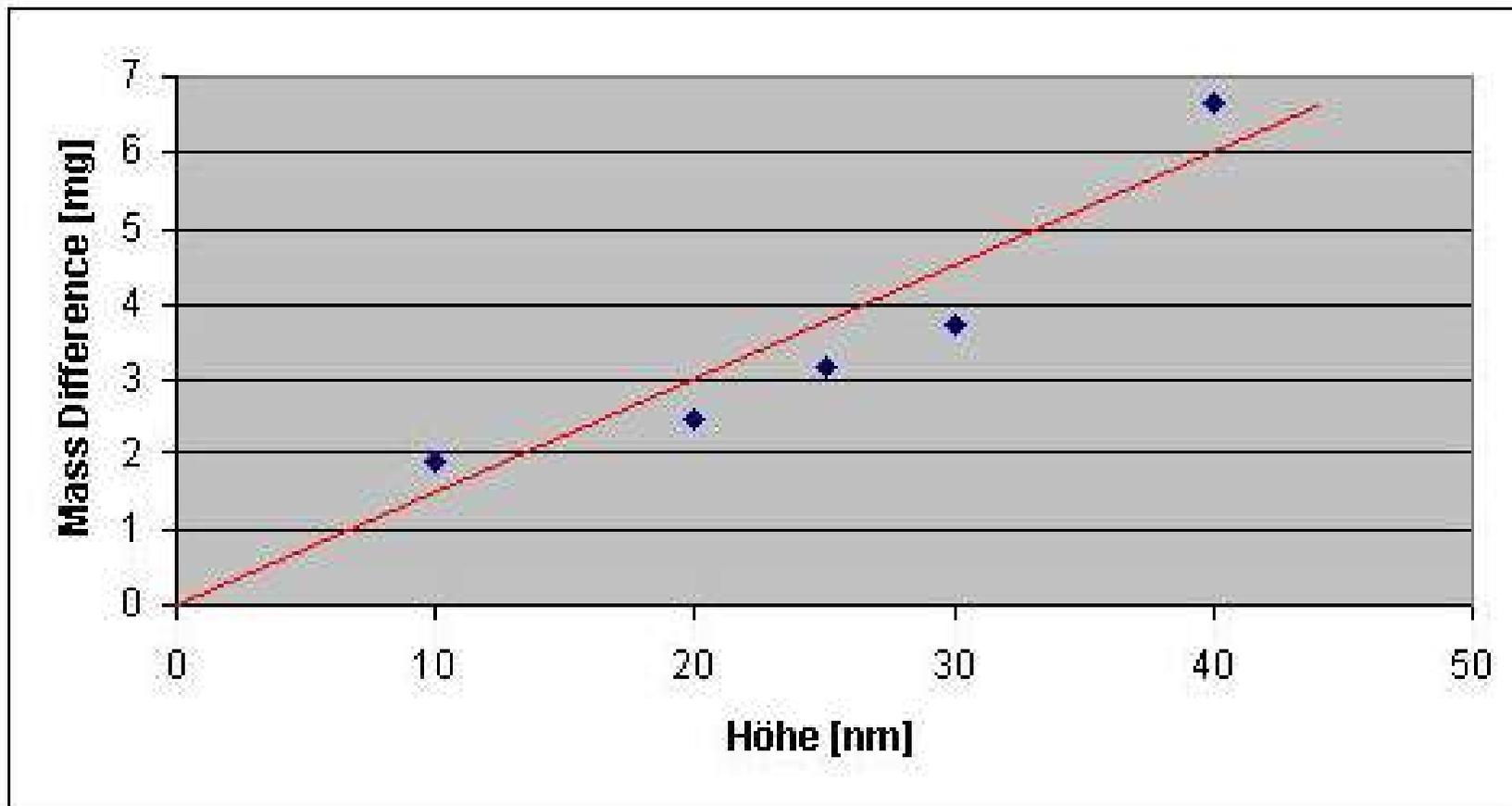
□ Ergebnisse

- Linearität festgestellt
- Sehr gute Vorhersage der Aufwachshöhe mit Hilfe der Massedifferenz möglich

Anwendung der Wägetechnik Blanketscheiben Oxidfleck



Anwendung der Wägetechnik
Blanketscheiben
Oxidfleck

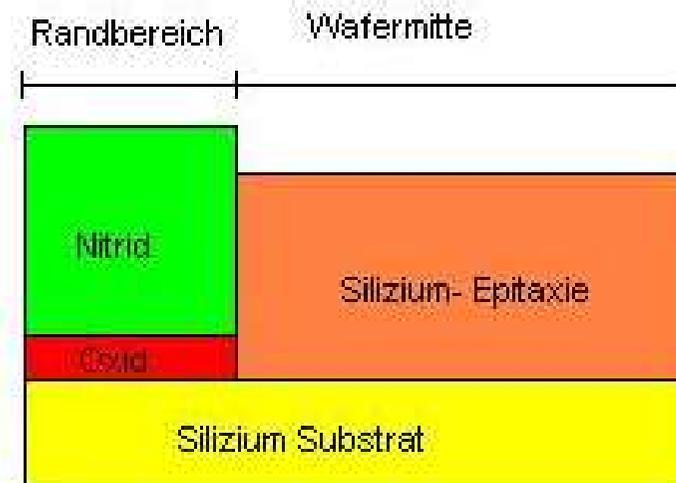
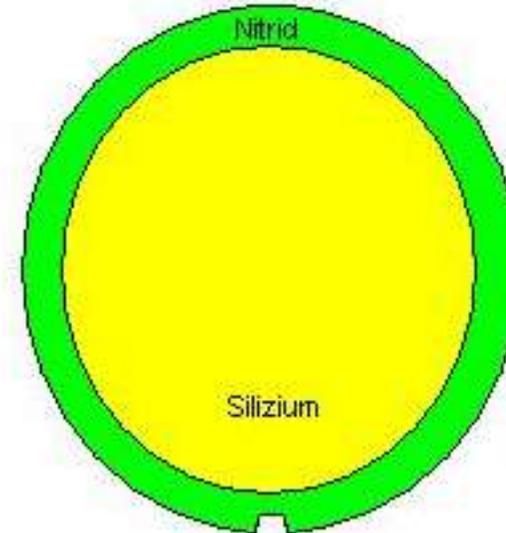




□ Um das Rand-Problem zu vermeiden wurde Nitridring erstellt, der den Waferrand und die Rückseite maskiert.

□ 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





□ Probleme

- Abstimmen der einzelnen Prozesse aufeinander viel komplizierter
- Es traten Messfehler zu Tage, die nicht mehr im vorgeschriebenen Toleranzbereich lagen
 - Scheiben wurden mehrmals gemessen → Differenzen weit über 0,48 mg gemessen
 - Ursache: guter Isolator Nitrid
 - Messfehler waren nach Austausch des Thermal-Plates verschwunden

□ Ergebnisse

- Linearität festgestellt
- Sehr gute Vorhersage der Aufwachshöhe mit Hilfe der Massedifferenz möglich

Anwendung der Wägetechnik

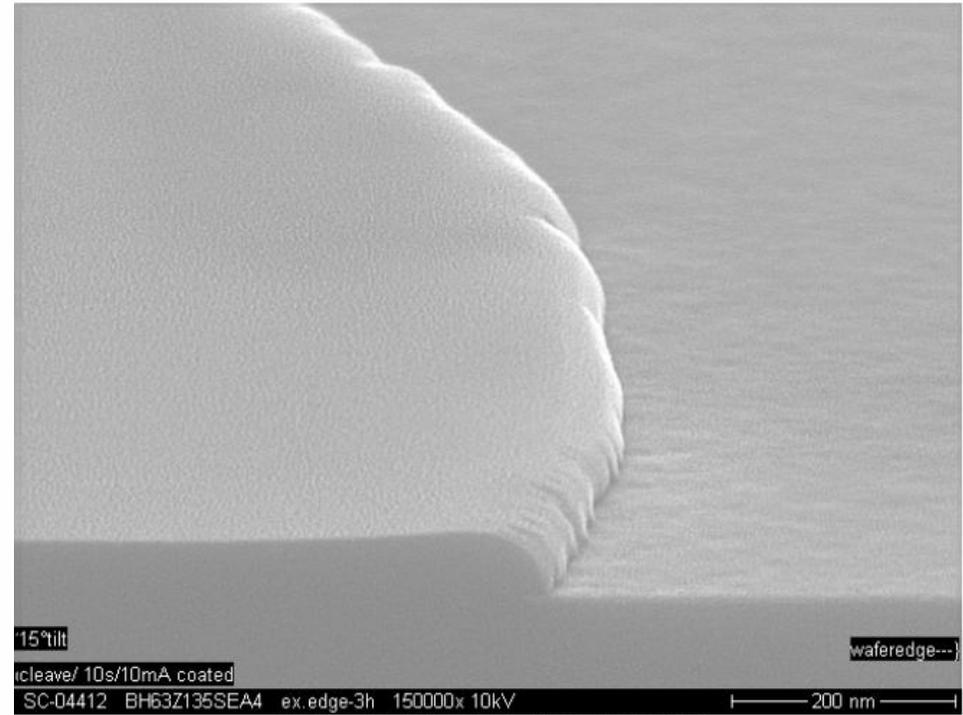
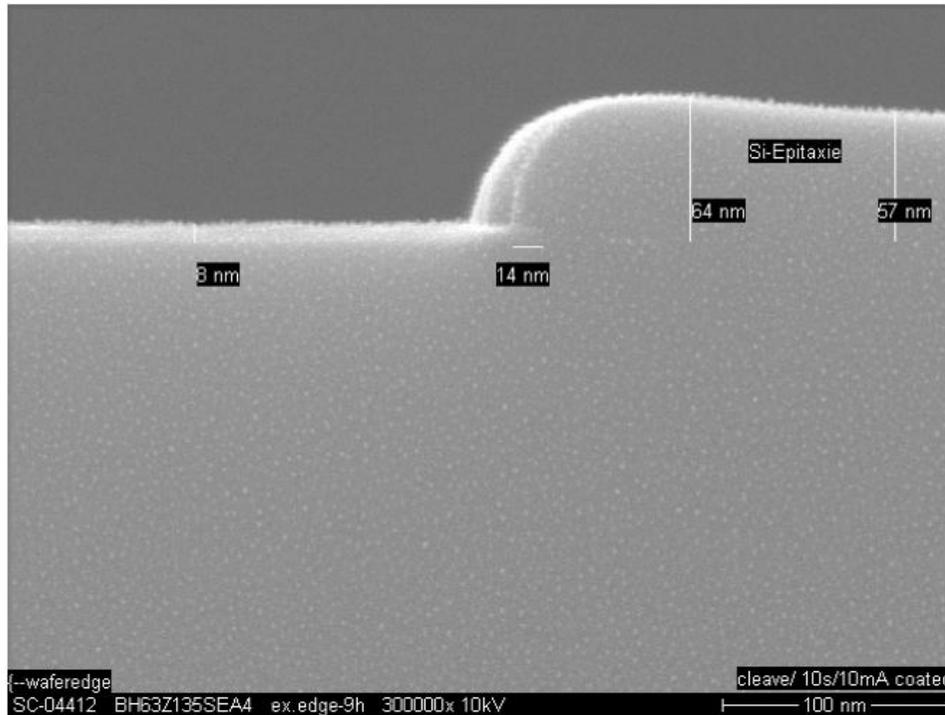
Blanketscheiben

Nitriding

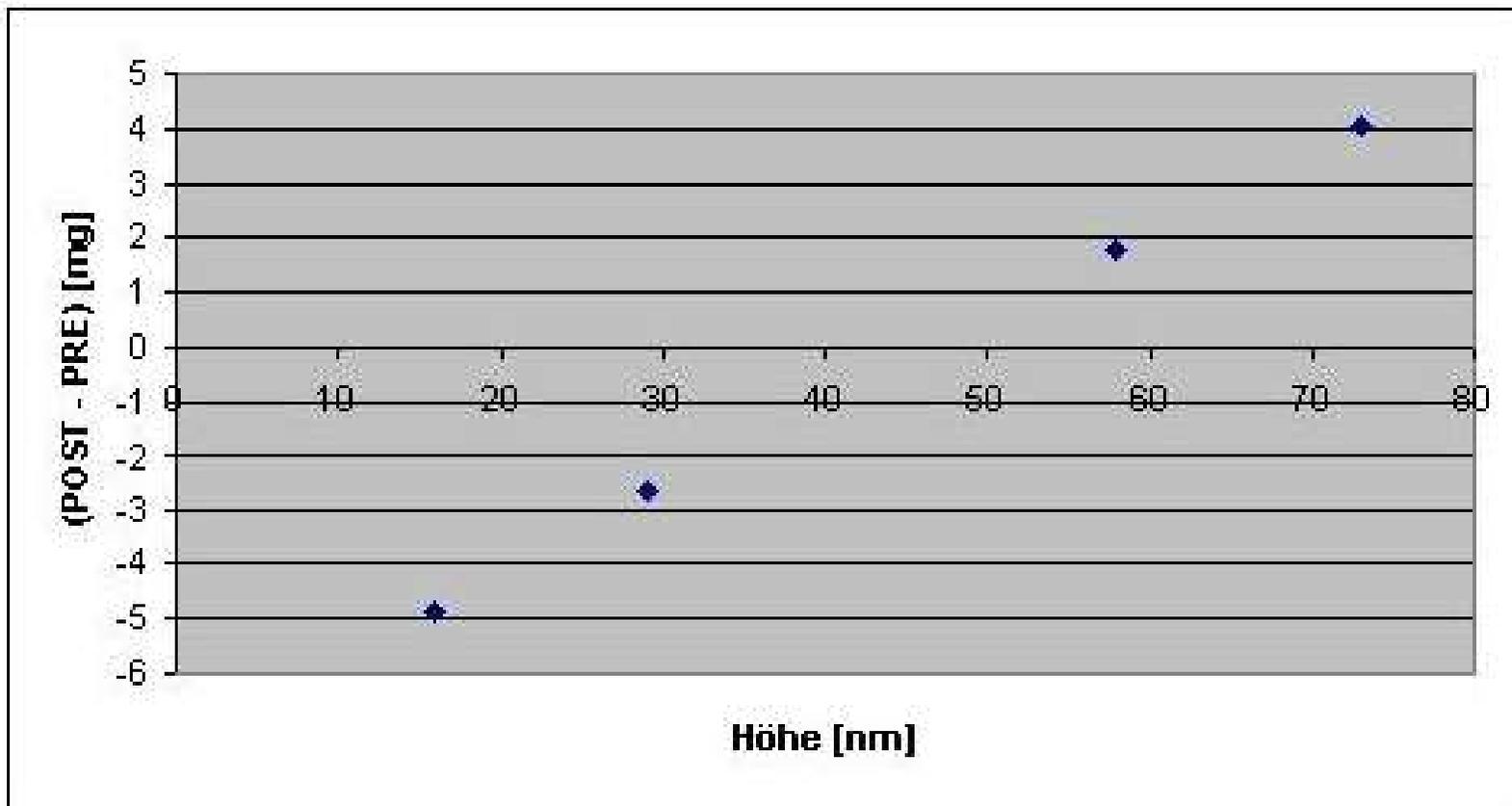


Wafer ID	Masse	Abweichung vom Mittelwert [mg]	Max - Min [mg]
01	127.8457518	-0.05	0.09
01	127.8457432	-0.04	
01	127.8457149	-0.01	
01	127.8456984	0.00	
01	127.8456811	0.02	
01	127.8456643	0.04	
01	127.8456862	0.01	
01	127.8456793	0.02	
01	127.8456909	0.01	
01	127.8456909	0.01	
02	127.8673685	2.1	2.98
02	127.8693492	0.12	
02	127.8703477	-0.88	
02	127.8703487	-0.88	
02	127.8689108	0.56	
02	127.8703032	-0.83	
02	127.8703276	-0.86	
02	127.870322	-0.85	
02	127.8679672	1.5	
02	127.8679672	1.5	
03	127.8916885	-0.34	0.46
03	127.8913345	0.01	
03	127.8912517	0.1	
03	127.8912569	0.09	
03	127.8912396	0.11	
03	127.8912435	0.1	
03	127.891246	0.1	
03	127.8912252	0.12	
03	127.8916495	-0.3	
03	127.8916495	-0.3	

Anwendung der Wägetechnik Blanketscheiben Nitridring



Anwendung der Wägetechnik
Blanketscheiben
Nitridring

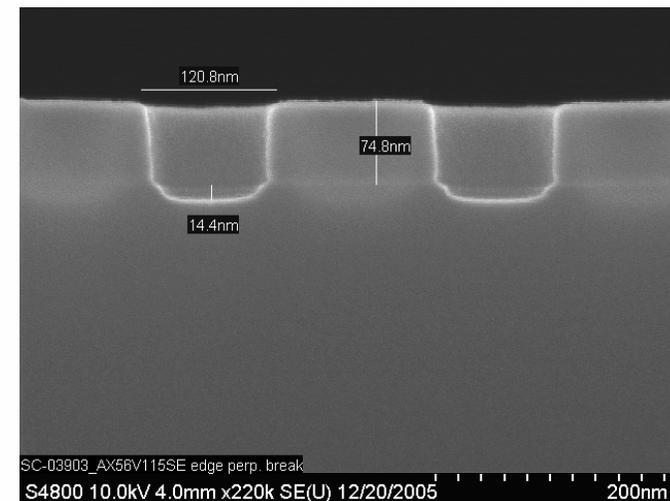
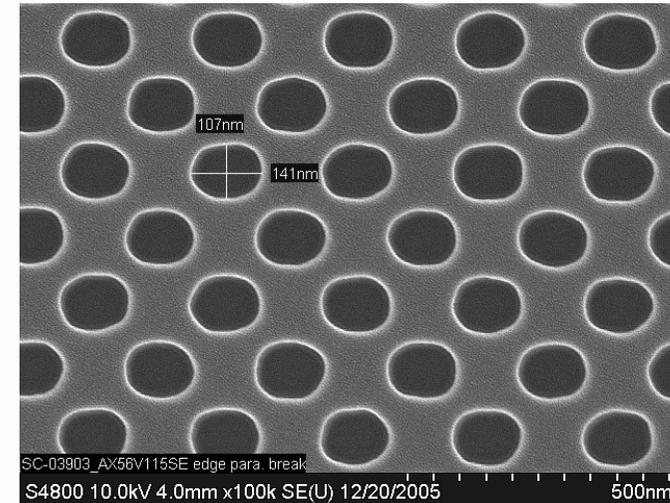


Anwendung der Wägetechnik

Strukturierte Wafer



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





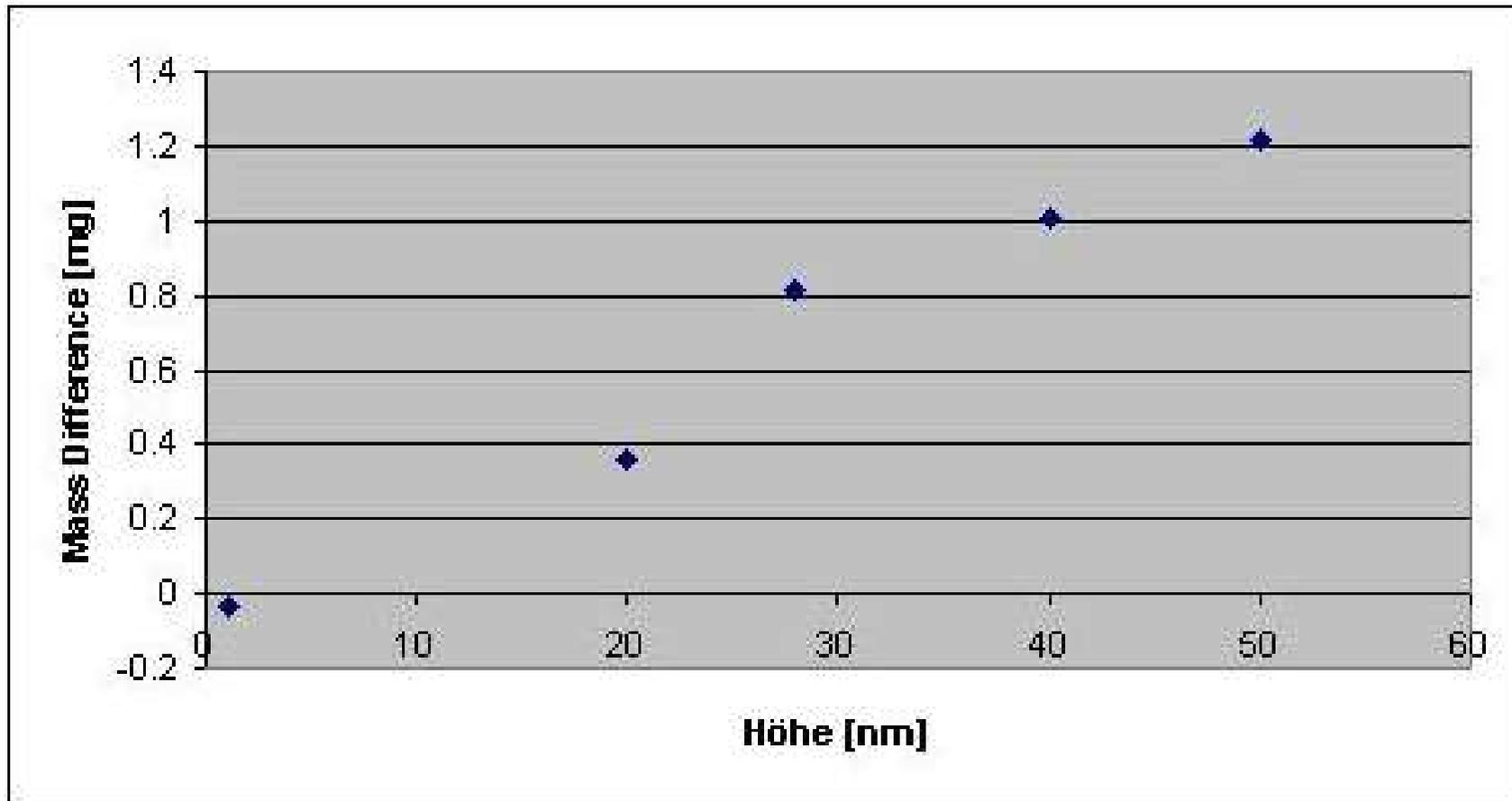
□ Probleme

- Maskenabweichung der Nitridmaske müssen berücksichtigt werden (Halbachsen der Ellipsen variieren um 15 nm nach der Ätzung) – bei 100nm Aufwachsdicke etwa 0,5 mg Fehler
- Auch hier traten die Messfehler auf

□ Ergebnisse

- Nach Austausch des Thermal-Plates stimmen gemessene mit berechneten Aufwachshöhen sehr gut überein
- Linearität

Anwendung der Wägetechnik Strukturierte Wafer





Golden-Wafer-Korrektur

- ❑ Waage 2 bietet die Möglichkeit, die Messergebnisse mit Hilfe des Golden-Wafers „aufzubessern“

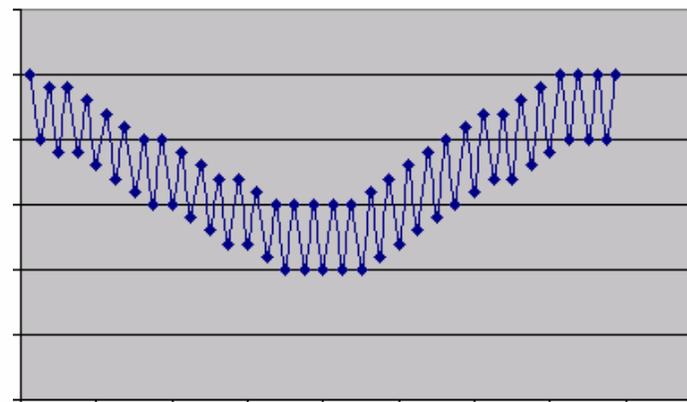
- ❑ Aus dem Mittelwert der letzten x Golden-Wafer-Messungen und dem Vergleich mit dem Zielwert wird Messwert des aktuell gemessenen Wafers „verbessert“

- ❑ Schon zweimal Untersuchungen zur GW-Korrektur
 - Vor Einbau des „neuen“ Thermal-Plates → Verbesserung der Messergebnisse
 - Nach Einbau des „neuen“ Thermal-Plates und vor Sensorkalibrierung → keine Verbesserung der Messergebnisse
 - Wie sieht es nach Einbau des „neuen“ Thermal-Plates und der Sensorkalibrierung aus?

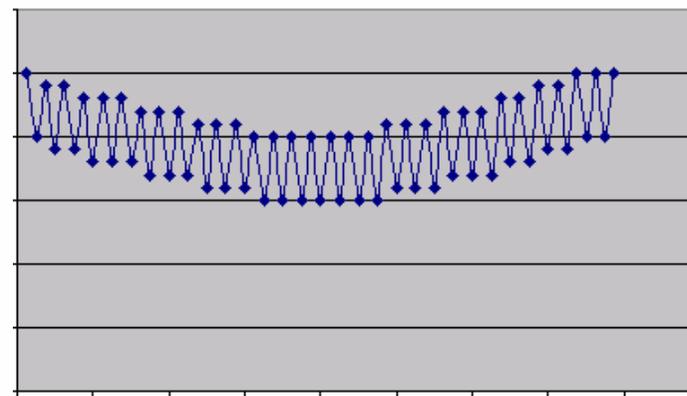


Golden-Wafer-Korrektur

- ❑ Was wird „verbessert“? → Es kann nur der Langzeitdrift der Waage aus dem Messwert „rausgerechnet“ werden
- ❑ Untersuchung dieser „Verbesserung“ anhand zweier Messreihen über 14 Tage
 - Beide Messreihen beziehen die letzten 5, 3 oder den letzten GW in Rechnung ein
 - Der Unterschied beider Messreihen ist, dass bei „GWKK“ kurz vor der eigentlichen Messung 5 mal der GW gemessen wird und bei „GWKL“ diese Messungen über die letzten 5 Stunden stattfinden

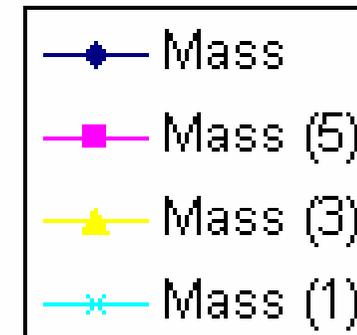
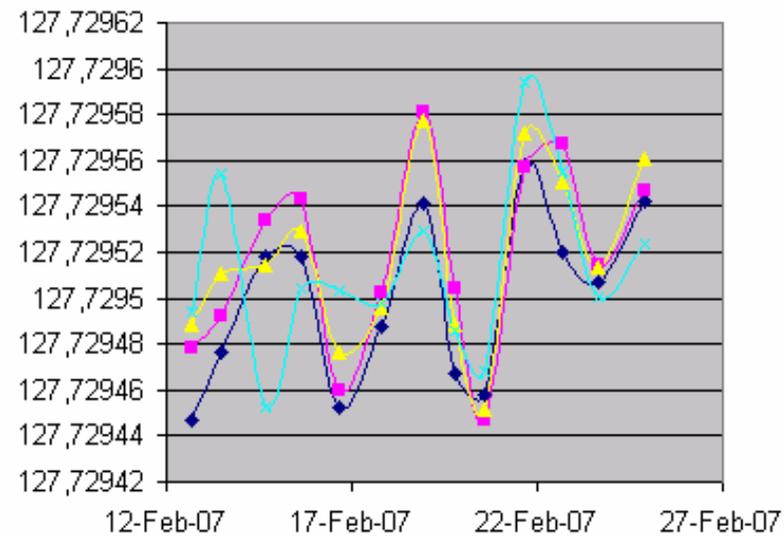
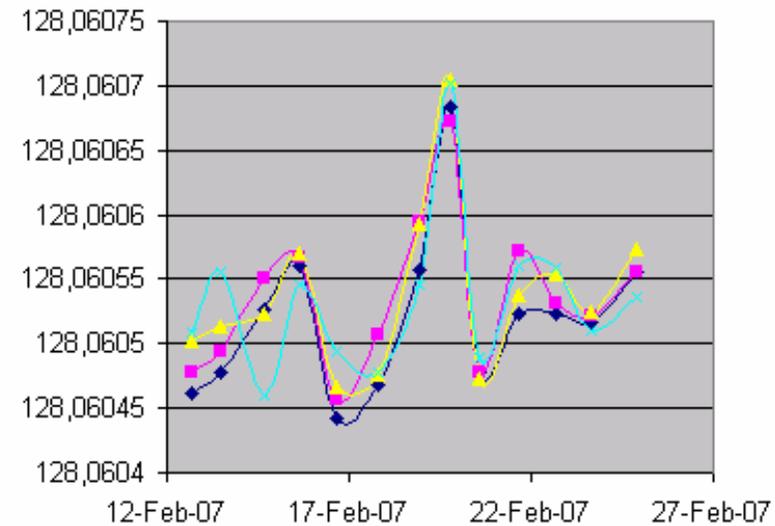
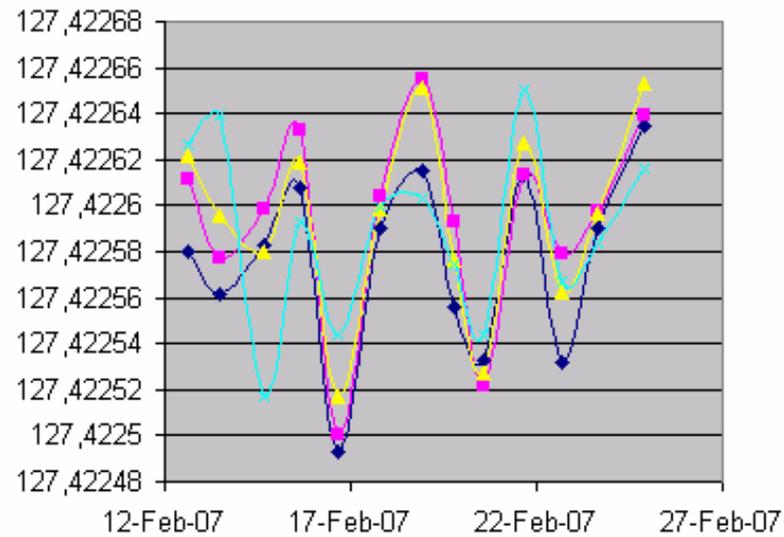


Golden-Wafer-Korrektur vielversprechend

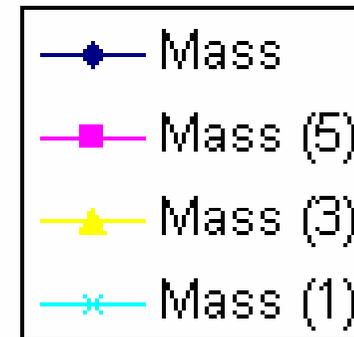
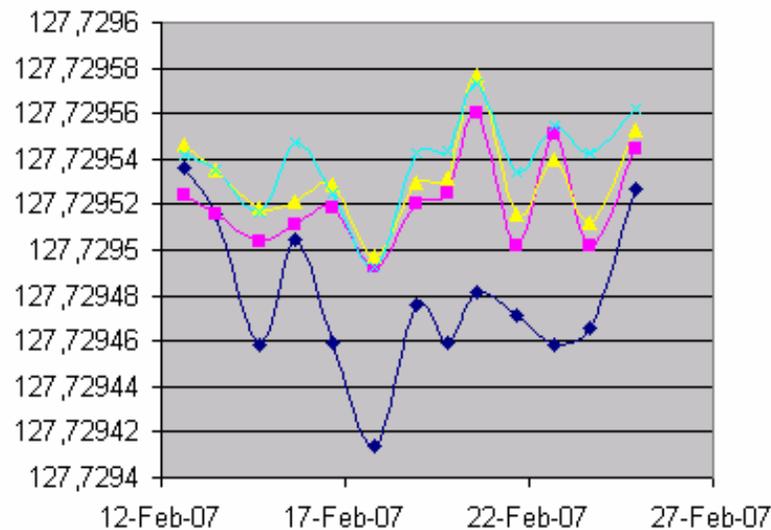
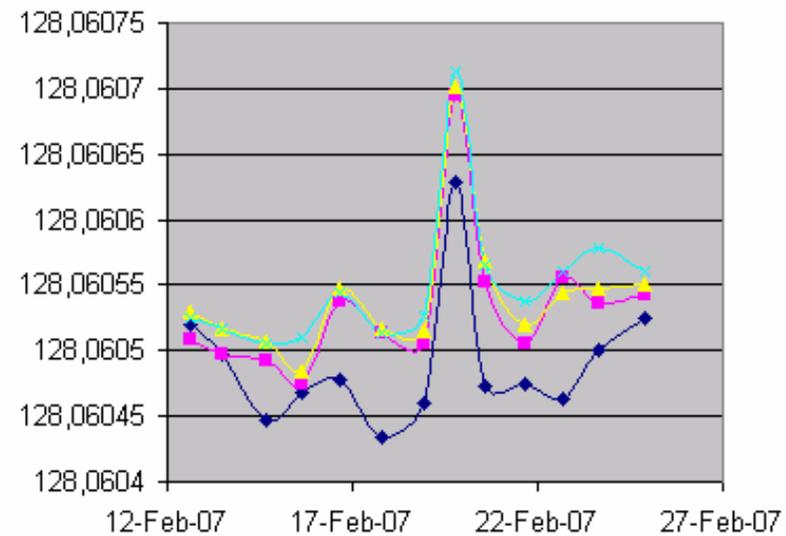
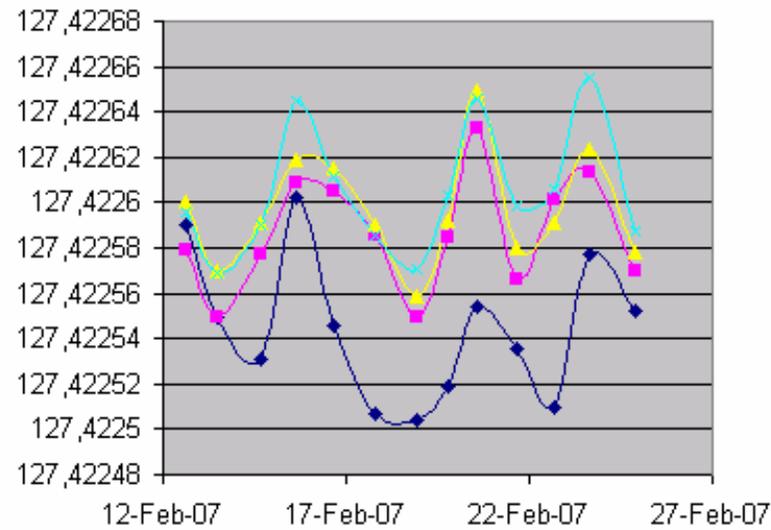


Golden-Wafer-Korrektur sinnvoll?

Golden-Wafer-Korrektur (GWK-Lang)



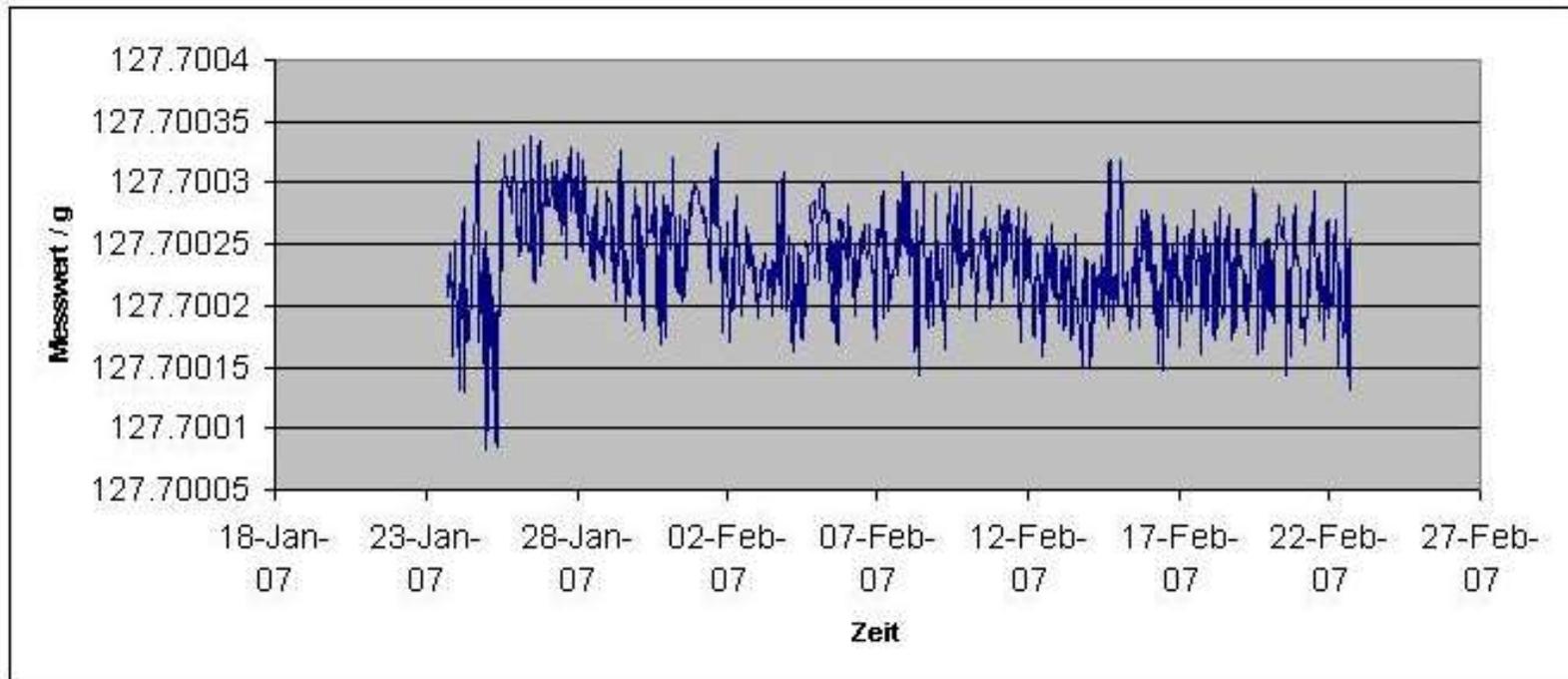
Golden-Wafer-Korrektur (GWK-Kurz)





□ Ergebnisse

- Keine Verbesserung mit GWK-Lang-Rezept
- Leichte Verbesserung mit GWK-Kurz-Rezept ($x=3$) → rechtfertigt Aufwand nicht
- Waage arbeitet zur Zeit viel zu genau





Zusammenfassung und Ausblick

□ Zusammenfassung

- Nach Austausch des Thermal-Plates wurden keine weiteren Messfehler festgestellt
- Inline Höhenkontrolle demnach mit Waage sehr gut möglich
- Golden-Wafer-Korrektur zur Zeit nicht sinnvoll

□ Ausblick

- Validierung und Verbesserung der Ratemodelle der selektiven Siliziumepitaxie
- Anwendung der Waage zur Kontrolle anderer Prozessschritte

Thank you

**The World's Leading
Creative Memory Company**

