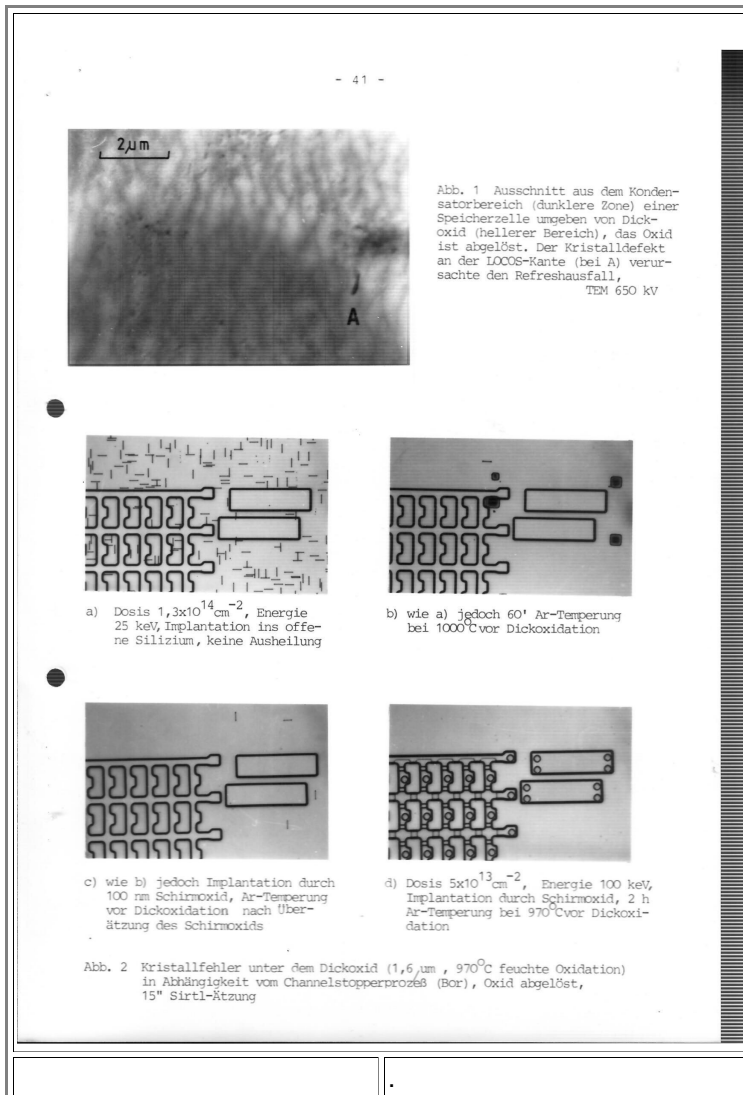


Pictures to: Siemens Report 2: Crystal Lattice Defects in Integrated Silicon Devices, in particular with respect to very large integration (VLSI)

[Link to text of report 2](#)

In what follows you find the pictures to the second report

I will provide no text for pictures that are contained in the report and/or publication. Look it up there.



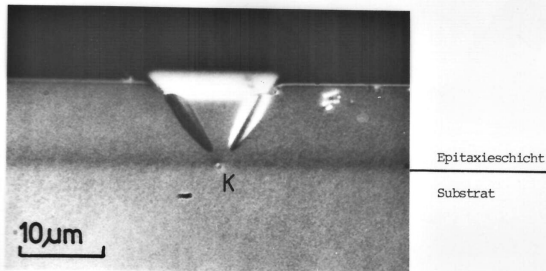


Abb.3 Bruchfläche einer Siliziumscheibe nach 15" Sirtl-Ätzung. Der Keim (K) an der Spitze der Wachstumspyramide ist als flache Grube angeätzt.

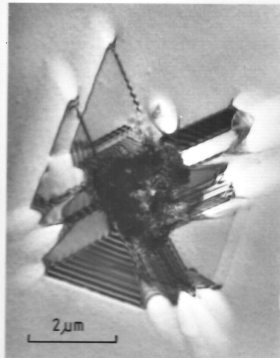


Abb.4 Komplizierter Vielfachstapelfehler. Die Trichter an den Ecken der verschachtelten Wachstumspyramiden stammen von der Sirtl-Ätzung zur Markierung der Stapelfehler für die Zielpreparation.

TEM 650 kV

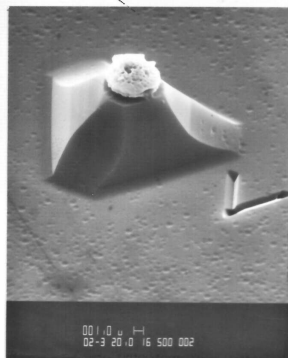


Abb.5 Wachstumsspitze bei der Epitaxie (spike). Der linsenförmige Partikel auf der Spitze enthält hohe Eisen-Konzentration. <111>-orientierte Siliziumscheibe, 15" Sirtl-Ätzung

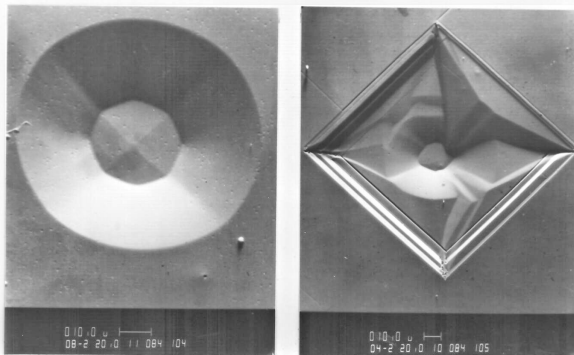


Abb.6 Wachstumsmulden a) zum Teil in Verbindung mit Stapelfehlern b) bei ersten Versuchen der Niederdruckepitaxie, spezielle Keime für diese Defekte wurden nicht gefunden.

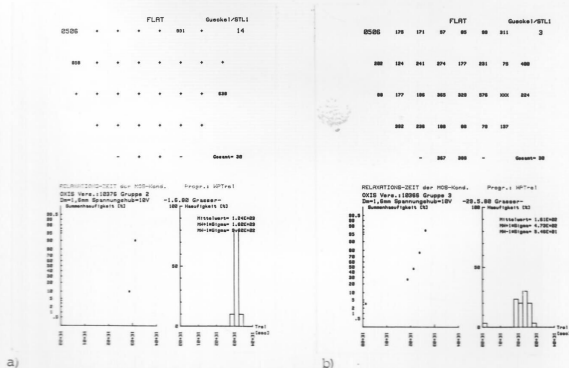
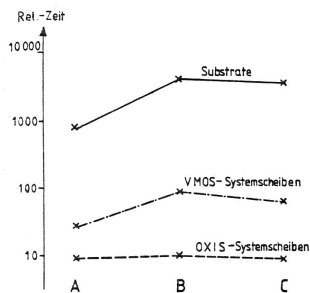


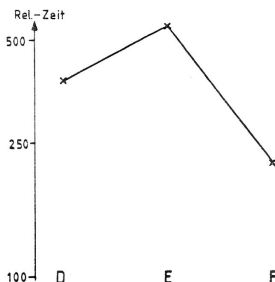
Abb.7 Meßprotokoll von Relaxationszeitmessungen, dabei bedeuten + > 999 sec, xxx < 0,5 sec und - nicht gemessenes System.

a) gute Scheibe mit schmaler Verteilung, b) schlechte mit breiter Verteilung



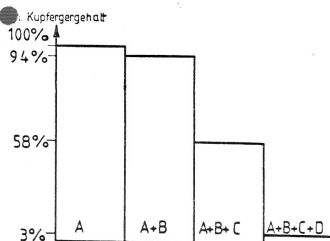
- Prozeß:
- A) Abscheidung
 - B) HCl-Ätzung (0,3µm)+Abscheidung
 - C) HCl-Ätzung verstärkt (0,6µm)+Abscheidung

Abb.8a MOS-Relaxationszeitmessungen zur Beurteilung der Epitaxiequalität in Abhängigkeit von der Scheibenvorbehandlung



- Prozeß:
- D) HCl-Ätzung (0,3µm)
 - E) HCl-Ätzung verstärkt (0,6µm)+HCl-Ätzung (0,3µm)
 - F) HCl-Ätzung verstärkt (0,6µm)+Reinigung +HCl-Ätzung (0,3µm)

Abb.8b MOS-Relaxationszeitmessung an Epitaxieschichten mit unterschiedlicher Substratvorbehandlung



- A) Ausgangsscheibe
- B) Reinigung
- C) 0,2µm Ätzabtrag, HCl-Gas, 1200°C
- D) Si-Abscheidung 1180°C, d=3,5µm

Abb.9 Kupfergehalt nach einzelnen Epitaxieschritten normiert auf den Kupfergehalt vor Epitaxiebeginn

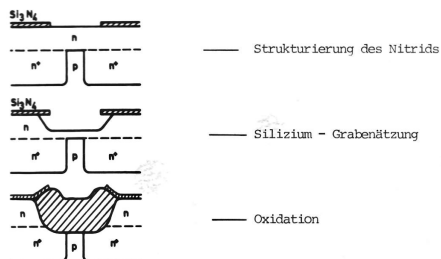


Abb.10 Wesentliche Schritte zur Herstellung des lokalen Isolationsoxids

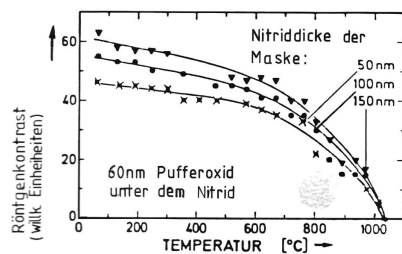


Abb.11 Röntgentopographischer Kontrast an Strukturkanten des Isolationsoxids, der durch Verzerrungen im darunterliegenden Silizium hervorgerufen wird. Obwohl das Nitrid vor der Messung abgelöst wurde, sind bei allen Temperaturen Einflüsse der Maske zu bemerken.

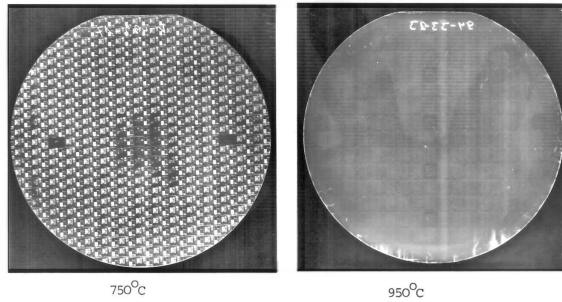


Abb.12 Röntgentopogramme von Scheiben, deren Isolationsoxid bei 10 bar Sauerstoffdruck aufgewachsen wurde (Isolationsoxid abgelöst). Bei 750°C kann das aufwachsende Oxid nicht fließen, die Volumenvergrößerung führt zu mechanischen Spannungen und dadurch zu vielen Oxid-Nitridrandversetzungen, bei 950°C Oxidationstemperatur werden kaum Spannungen und so fast keine Versetzungen erzeugt

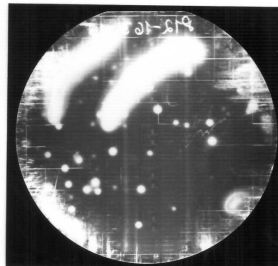


Abb.13 Röntgentopogramm einer 3"-Scheibe mit Oxid-Nitridrandversetzungen (helle geradlinige Kontraste) vorwiegend in Scheibenbereichen mit erhöhter Dichte an Versetzungsquellen. Diese sind im Randbereich Gleitversetzungen, in den hellen Flecken ("Schleiern") metallische Verunreinigungen durch Pinzettenabrieb

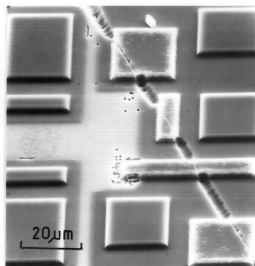


Abb.14 Oxid-Nitridrandversetzungen mit damage als Versetzungsquelle. Nur die vom Kratzer getroffenen Bauelemente haben Versetzungen. REM-Aufnahme nach 15" Sirtl-Ätzung

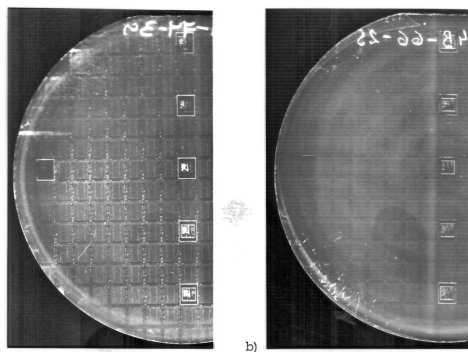


Abb.15 Röntgentopogramme von Scheiben nach der Isolationsoxidation (Oxid abgelöst). Die Scheibe in b) wurde vor der Siliziumepitaxie im Reaktor mit HCl überätzt. Dadurch hat die Epischicht weniger Kristalldefekte, die als Versetzungsquellen wirken und weniger Bauelemente die mit Oxid-Nitridrandversetzungen behaftet sind.

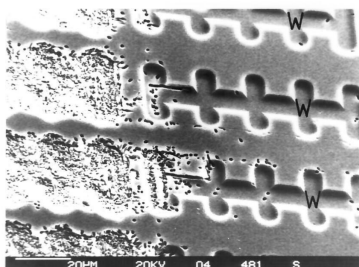


Abb.16 REM-Aufnahme einer Teststruktur nach 15" Sirtl-Ätzung. Wegen der hohen Dichte an Oxid-Nitridrandversetzungen sind die Bauelementstrukturen im linken Teil kaum noch zu erkennen. W-aufoxidierte Siliziumraben, Oxid vor der Sirtl-Ätzung abgelöst.

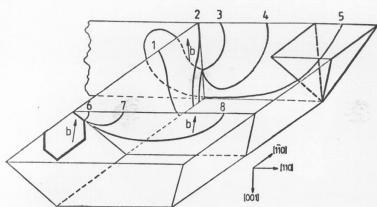


Abb.17 Entstehung und Vervielfältigung von Oxid-Nitridrandversetzungen aus Gleitversetzungen (Pos. 2-5) oder abgesicherten Stapelfehlern (Pos. 6-8) nach dem Prinzip einer single-ended Frank-Read-Quelle, Einzelheiten im Text

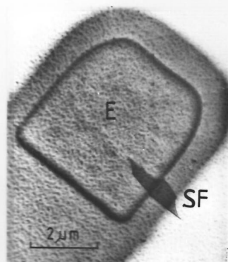


Abb.18 TEM-Aufnahme eines Transistors mit pipe, E-Emitter, SF-Stapelfehler

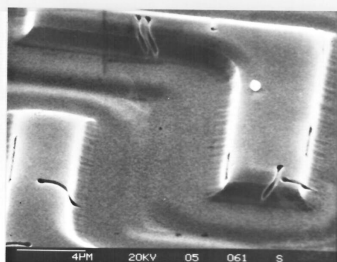


Abb.19 Bauelemente mit hohen Dichten an Oxid-Nitridrandstapelfehlern, REM-Aufnahme nach 15" Sirtl-Ritzung

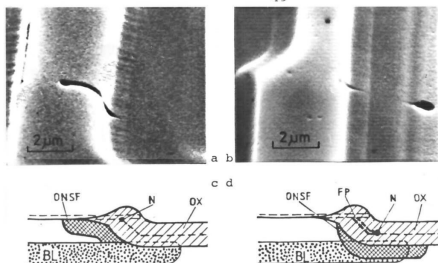


Abb.20 Versuch zur Vermeidung von Flankenstapelfehlern während der Isolationsoxidation, a), b) REM-Aufnahmen, c), d) schematische Darstellung, dabei ist gestrichelt der Zustand vor und ausgezogen der Zustand nach der Oxidation dargestellt. Durch den Schutz der Flanke (b), d)) wird der Keimpunkt N für den Stapelfehler von der Siliziuminsel weggeschoben, ONSF-Oxid-Nitridrandstapelfehler, OX-Isolationsoxid, FP-Schutzoxid an der Flanke der Siliziuminsel, Einzelheiten im Text.

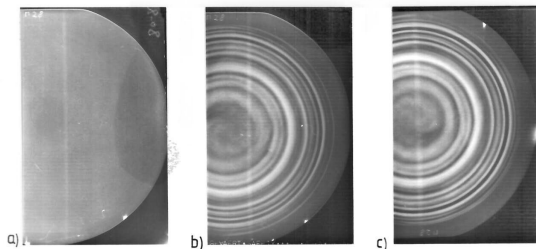


Abb.21 Röntgentopographische Prozessverfolgung zur Entstehung der Sauerstoffausscheidung, Prozessablauf nach Tab.IV a) nach 1.Oxidation, b) nach Stickstofftemperung c) nach Epitaxie

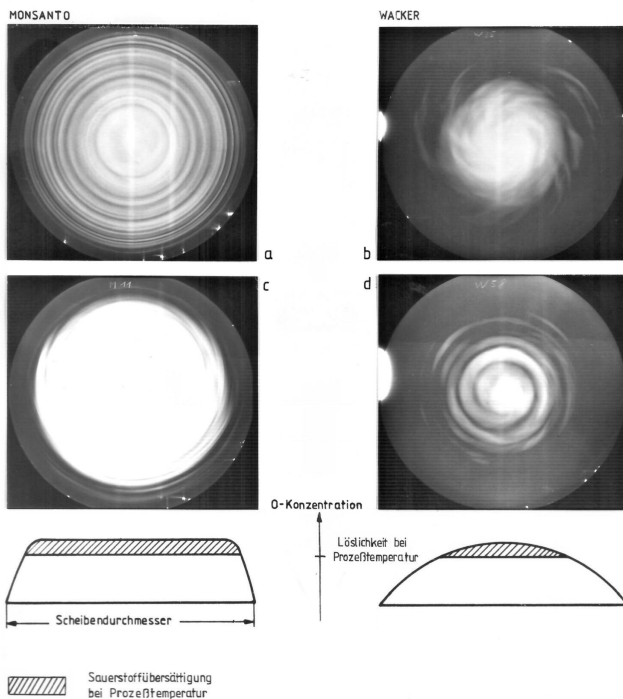
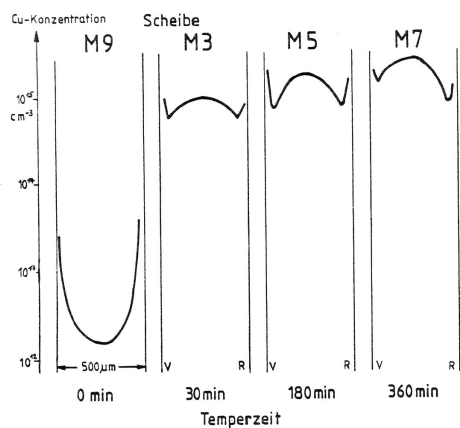
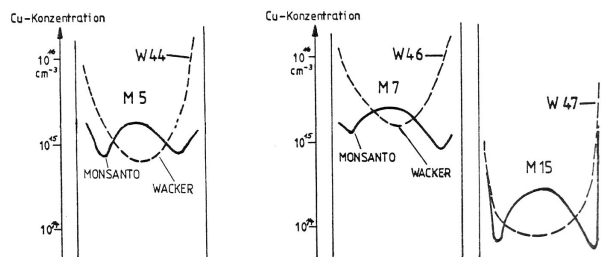


Abb. 22 Sauerstoffausscheidungen in unterschiedlichen Wirbelmustern (a-d) und schematisch dazu das radiale Sauerstoffkonzentrationsprofil vor der Ausscheidung (nach Herstellerhinweis)



a) Kupferprofile nach verschiedenen Temperzeiten des Ofenprozesses, in dem die Kontamination und die Sauerstoffausscheidung erfolgte, V-Vorderseite, R-Rückseite der Scheibe



b) Typische Cu-Verteilung bei den hier verwendeten Monsanto- und Wacker-Scheiben nach 180 min Temperung, bedingt durch die Sauerstoffausscheidungen und daraus resultierende Defektverteilung (s. Abb. 22)

c) Kupferanreicherung durch die Epitaxie, links Scheiben vor, rechts nach dem Epitaxieprozeß

Abb. 23 Ergebnisse der radiochemischen Kupferbestimmung aus dem Versuch zum intrinsischen Gettern

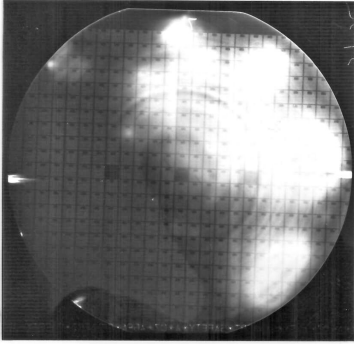


Abb.24 Röntgentopogramm einer 100 mm-Scheibe nach Hochtemperaturschritten, Sauerstoffausscheidungen in Wirbelmustern treten nur in verunreinigten Scheibenbereichen (heller Kontrast) auf

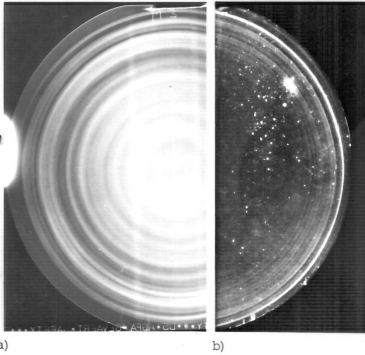


Abb.25 Vergleich von Röntgentopogramm a) u. Autoradiogramm b) Die Verschiebung der Ringmuster, ist aus Abb.26 zu erklären: a) zeigt die größte Defektdichte im Scheibenvolumen, b) die größte Dichte dekorierte Defekte in Oberflächennähe



500 µm

Abb.26 Sirtl-gelätzte Bruchfläche einer Scheibe mit Sauerstoffausscheidungen. Die Defekte sind in Bändern schräg zur Scheibenoberfläche angeordnet die im Topogramm als Ringstrukturen erscheinen.