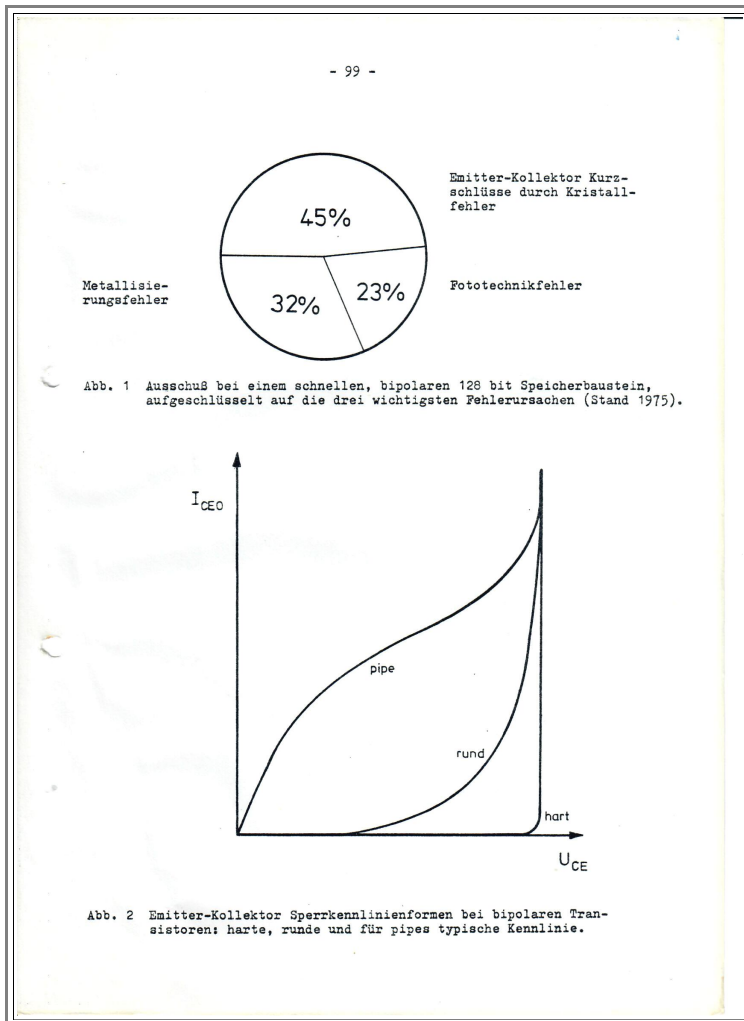


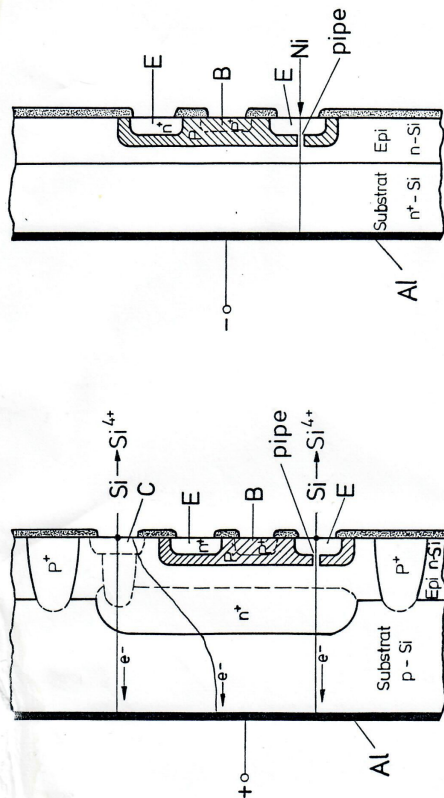
Pictures to: Kristallfehler in hochintegrierten Schaltkreisen aus Silizium Part 1

(Crystal Lattice Defects in Highly Integrated Silicon Devices)

In what follows you see the second part of the "Abbildungen" (Pictures) as they occur in the report. The scans were made from my still existing copy and some of the pictures were somewhat processed by me to improve clarity.

- The figure captions are included so there is no need for further text.
Here we have Fig. 1 - Fig. 21



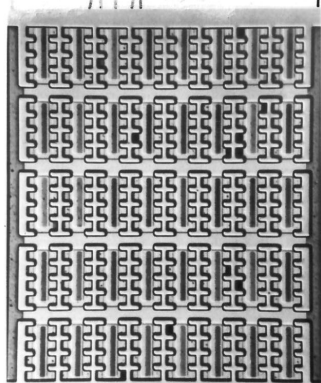


b) Kathodische Dekoration

a) Anodische Dekoration

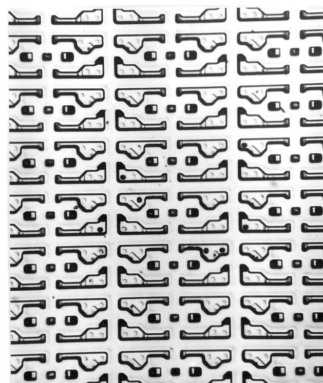
Abb. 3 Elektrochemische Verfahren zur Erkennung von pipes bei bipolaren Transistoren (Einzelheiten im Text)

E Emittter B Basiskontakt C Kollektorkontakt



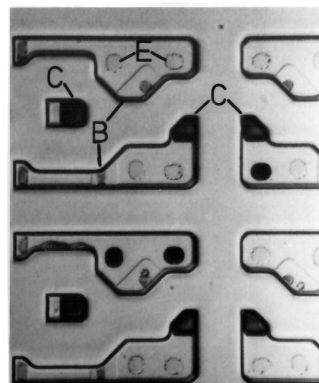
a)

220 x



b)

220 x



c)

800 x

Abb. 4 Anodisch dekorierte bipolare Transistorstrukturen mit Oxidisolation

a) Testtransistor mit 320 reihenartig angeordneten Emitttern (E); die dunkel angefärbten Emittter haben ein pipe; auch die Kollektorkontakte (C) und die Basiskontakte (B) sind dunkel gefärbt.

b, c) Ausschnitte aus 1024 bit Speichermatrix: die Emittter (E) mit pipe und die Kollektorkontakte (C) sind ganz dunkel gefärbt, die Basiskontakte (B) sind etwas schwächer gefärbt.

Epitaxieschicht mit integrierten Schaltkreis (IS)-Strukturen

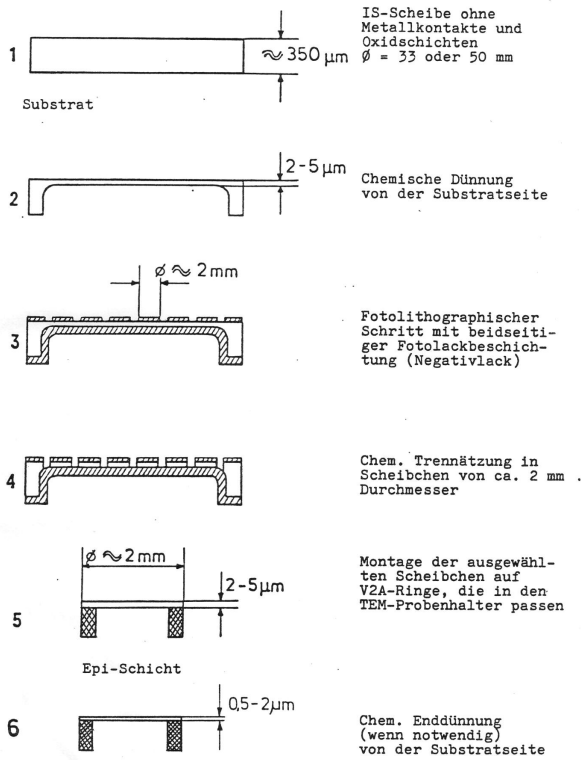


Abb. 5 Schema der Präparation der TEM-Proben durch großflächige Dünung

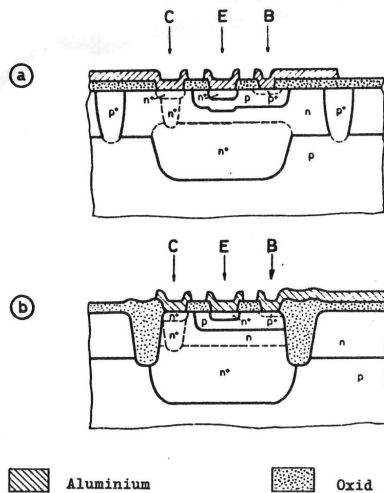


Abb. 6 Schematischer Querschnitt durch einen bipolaren integrierten npn-Transistor in
 a) Standard Buried Collector- und
 b) Oxidisolations-Technologie
 C Kollektor, E Emitter,
 B Basis

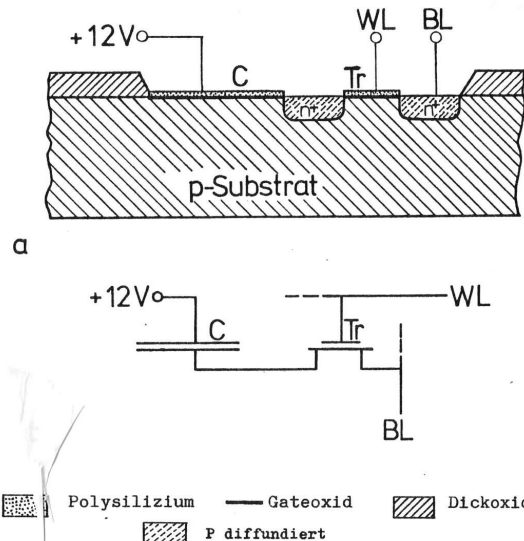


Abb. 7 a) Schematischer Querschnitt durch eine Speicherzelle des 4096 bit MOS-Speichers
 b) vereinfachtes Ersatzschaltbild
 WL Wortleitung, BL Bitleitung,
 Tr Transistor, C Speicherkondensator

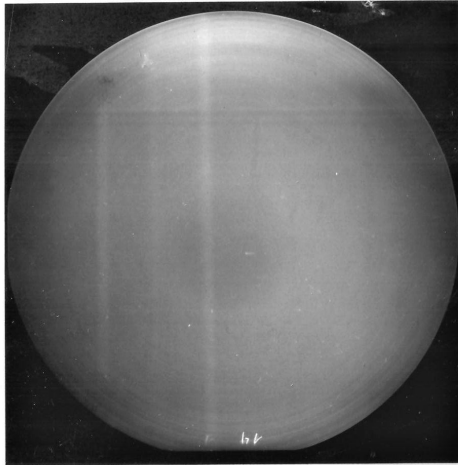


Abb. 8 LANG-Topogramm einer 3 " Tiegelsiliziumscheibe im Ausgangszustand: Es sind bereits schwache Kontraste von konzentrischen Ringen erkennbar.

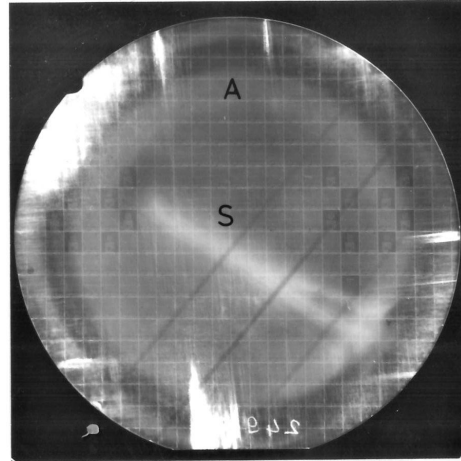


Abb. 9 LANG-Topogramm einer 2 " Scheibe mit fertigen bipolaren Speichersystemen in ASBC-Technologie, die Gleitbereiche am Rand, einen Schleier S und ringförmige Sauerstoffausscheidungen A aufweist. (Die drei schräg verlaufenden grauen Streifen sind apparaturbedingt.)

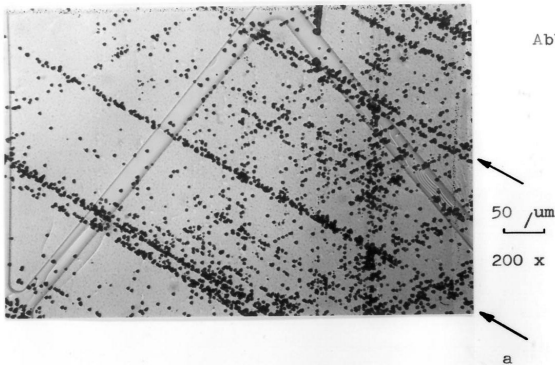
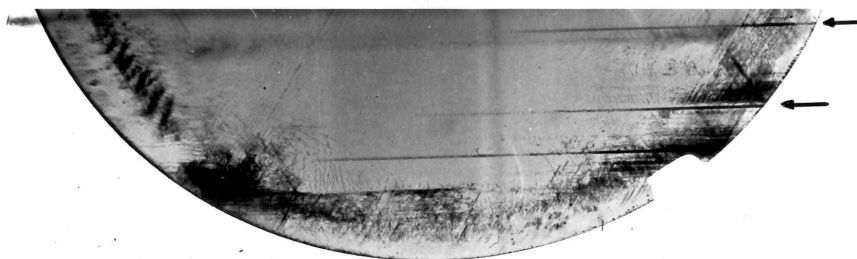


Abb. 10 Gleitlinien bei (111) orientiertem Silizium

- Das Ätzbild zeigt deutlich, daß die einzelne Gleitlinie aus vielen aneinandergereihten Einzelversetzungen, die jeweils eine dreieckige Ätzgrube ergeben, besteht.
- Im LANG-Topogramm ist hier auch sehr schön die Aneinanderreihung einzelner Versetzungen an Gleitlinien erkennbar.



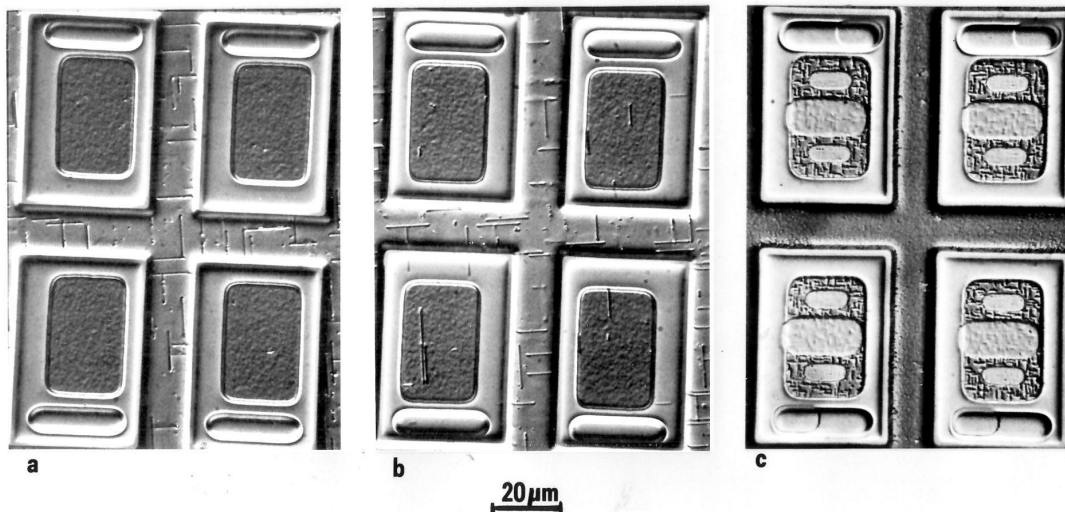


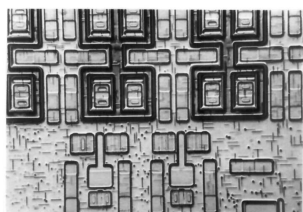
Abb. 10 Große Stapelfehler, kleine Stapelfehler und Versetzungen im Ätzbild (30 sec Ätzzeit)

a) große SF nur außerhalb der Transistorfelder (im Isolationsdiffusionsbereich)

b) große SF innerhalb (geringe Dichte) und außerhalb (höhere Dichte) der Transistorfelder; Ätzungen bei a) und b) an Scheibe nach Basisdiffusion; auch Ätzgruben von Versetzungen sind zu sehen

c) kleine SF im basisdiffundierten Bereich von Transistoren; Ätzbild von fertiger Scheibe

Should be Abb. 11



50 μm 200 x



3 000 x

Abb. 12 Ätzbild aus dem Schleierbereich von fertigen Speichersystemen mit hoher Dichte an großen Stapelfehlern, Ätzhügeln und Ätzgruben

Abb. 13 TEM-Aufnahme eines Transistorbereichs mit kleinen Stapelfehlern, gr. Stapelfehlern, gr. Mehrfach-Stapelfehlern (M) und Versetzungen (V)



a) 1 μm 10 000 x



b) 1 μm 12 000 x

Abb. 14 TEM-Aufnahmen von Mehrfach-Stapelfehlern

a) Vierfach-Stapelfehler (vier berandende Partialversetzungen)

b) Neunfach-Stapelfehler: der Keim, an dem vermutlich die Stapelfehler nukleiert wurden, ist als punktförmiger Schwarz-Weißkontrast erkennbar (Pfeil).

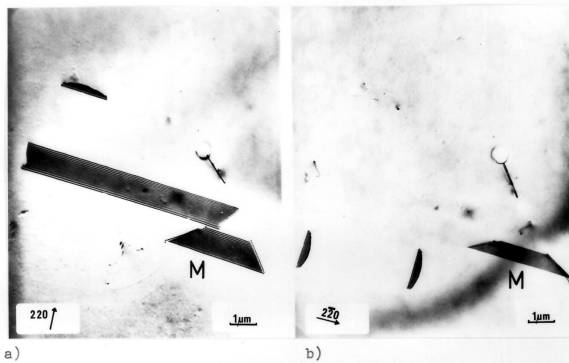
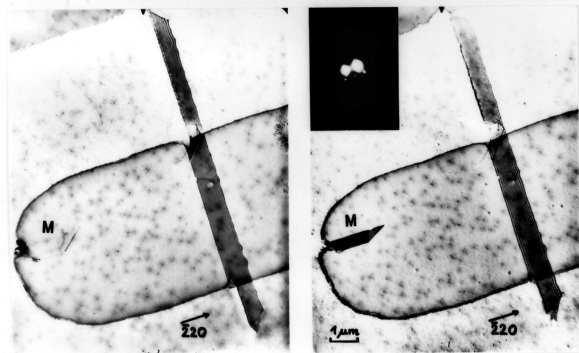


Abb. 15 Der Mikrozwilling M ist mit beiden $\{220\}$ Reflexen im Kontrast, während der "normale" Epitaxie-Stapelfehler und der kleine Stapelfehler mit dem $\{220\}$ Reflex in b) unsichtbar sind.



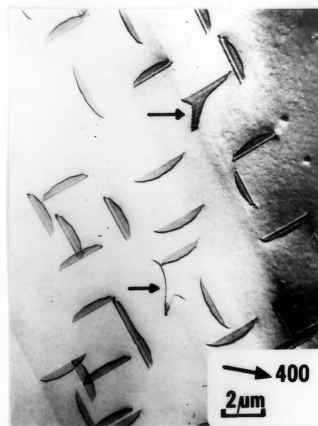
a) Probenorientierung nahe $[001]$ b) Probenorientierung nahe $[115]$

Abb. 16 Die $\{220\}$ Netzebenen des Mikrozwillings M kommen durch Kippen der TEM-Probenfolie von $[001]$ nach $[115]$ in Bragg-Stellung; sie ergeben die schwachen zusätzlichen Beugungspunkte im Beugungsbild links oben in b). Die Beugung an diesen $\{220\}$ Ebenen des Mikrozwillings führt zum Bildkontrast von M in b).



1 μm 10 000 x

Abb. 17 Komplizierter Mehrfachstapelfehler im bordiffundierten Isolationsrahmen (TEM)



5 000 x

Abb. 18 Kleine ca. $2 \mu\text{m}$ tiefe Stapelfehler mit Segelbootform (Pfeile) in basisdiffundierten Bereichen (TEM)

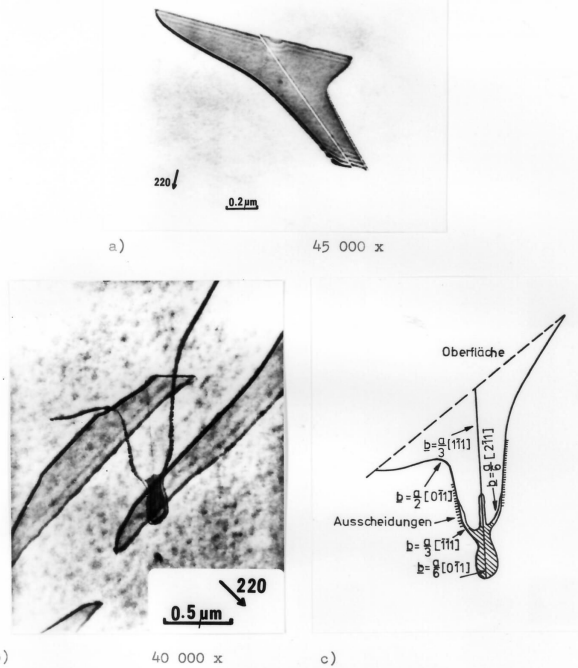


Abb. 19 Zwei Arten von Segelboot-Stapelfehlern (TEM)

a) mit vollständig erhaltenem Stapelfehler, b) der Stapelfehler wurde durch Versetzungsreaktionen teilweise entfernt.

In a) und b) sind die stair-rod Versetzungen im Innern und die Dekoration durch 10 - 25 nm große Ausscheidungen an den äußeren Versetzungen gut erkennbar.

c) Schematische Darstellung der kristallographischen Struktur des Defektes von Abb. 19 b. Folgende Versetzungstypen treten auf:

vollständige Versetzungen mit $b = a/2 [011]$, FRANK-Versetzungen mit $b = a/3 [111]$ und $b = a/3 [\bar{1}\bar{1}\bar{1}]$, stairrod-Versetzungen mit $b = a/6 [011]$ und SHOCKLEY-Versetzungen mit $b = a/6 [211]$.

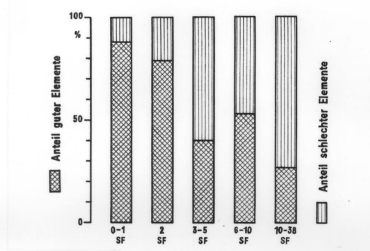


Abb. 20 a Anteil an guten bzw. schlechten Transistor-Testelementen mit 160 Emitttern gegen die Anzahl der Stapelfehler in den Emitttern des Testelementes: mit steigender Stapelfehleranzahl nimmt der Anteil an Elementen mit pipe-Kennlinie zu.

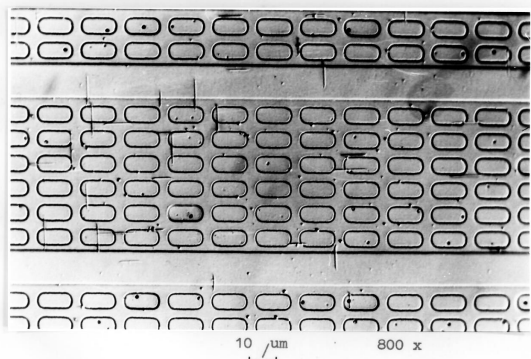


Abb. 20 b Das Ätzbild eines Testelementes mit pipe-Kennlinie zeigt viele große Stapelfehler (balkenartige Figuren) in den Emitttern.

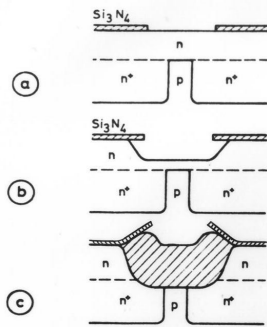
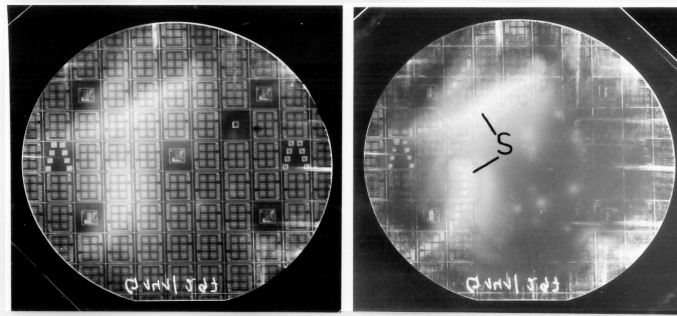


Abb. 21 Schema der Oxidisolationsverfahren
 a) Nitridabscheidung und Fototechnik
 b) Silizium-Grabenätzung
 c) Isolationsoxidation mit Nitridmaske



a) mit Oxid und Nitrid b) ohne Oxid und Nitrid

Abb. 22 LANG-Topogramme einer 2 " Scheibe nach Isolationsoxidation
 a) Man erkennt hauptsächlich die Kontraste der Maskenstrukturen aufgrund der mechanischen Spannungen an den Oxid- und Nitridrändern, Kontraste von Kristallfehlern sind schwach überlagert.
 b) Nach Entfernung der Oxid- und Nitridschicht sind allein die Kontraste sichtbar, die in Schleier (s)- und Gleitbereichen im wesentlichen Oxidrandversetzungen zuzuordnen sind.

[Continue with Fig. 23 - 45](#)