



(12) Ausschließungspatent

(11) DD 298 562 A5

Erteilt gemäß § 1 Absatz 1
Patentgesetz der DDR
vom 27.10.1983
in Übereinstimmung mit den entsprechenden
Festlegungen im Einigungsvertrag

5(51) H 01 L 21/66
H 01 L 21/306

DEUTSCHES PATENTAMT

In der vom Anmelder eingereichten Fassung veröffentlicht

(21) DD H 01 L / 325 401 3 (22) 06.04.89 (44) 27.02.92

(71) siehe (73)
(72) Krüger, Dietmar, Dr. rer. nat.; Kurps, Rainer, Dipl.-Kristall.; Riepel, Georg, Dipl.-Phys., DE
(73) Halbleiterwerk-GmbH Frankfurt (Oder), O - 1200 Frankfurt (Oder), DE

(54) Kontrollverfahren zur Fertigung von Halbleiterbauelementen

(55) Kontrollverfahren; Routinemethode; Halbleiterbauelemente; vertikale und laterale Dimension; polykristallinen Bereich; elektrolytische Präparation; Profilometer

(57) Die Erfindung betrifft ein Kontrollverfahren zur Fertigung von Halbleiterbauelementen, insbesondere auf Siliziumbasis, die p/n, n/n⁺ - bzw. p/p⁺-Übergänge, u. U. komplettiert durch i-Zonen und/oder polykristalline/einkristalline Zonenfolgen desselben oder verschiedener Halbleiter mit ganz oder teilweise isolierenden Schichten im polykristallinen Bereich enthalten. Es sind vertikale und laterale Dimensionen im Bereich von einigen 10 nm, bevorzugt im Intervall 0,1 µm bis etwa 20 µm mit einem maximalen relativen Fehler kleiner 5% mit Hilfe eines routinemäßig betreibbaren Verfahrens zu bestimmen. Die Lösung besteht in der elektrolytischen Präparation und der Auswertung der mittels Profilometer erhaltenen typischen Ätzreliefs. Die durch andere schliffgebundenen Routinemethoden erhaltenen Meßwerte sind aus den Profilogrammen zusätzlich entnehmbar.

Patentanspruch:

1. Kontrollverfahren zur Fertigung von Halbleiterbauelementen, bevorzugt auf Siliziumbasis, insbesondere betreffend die laterale und/oder vertikale Lage von p/n-, n/n⁺ und p/p⁺-Zonenfolgen, bei denen i-Gebiete enthalten sein können und Schichtkombinationen des polykristallinen, wobei die polykristallinen Gebiete im dotierten oder undotierten Zustand vorliegen und vollständig oder teilweise isolierenden Bereiche enthalten, und einkristallinen Zustandes eines oder verschiedener Halbleiter mit vollständig oder teilweise ausgebildeten Dotandenglas-Deckschichten oder auch bei einer Temperatur $T \leq 600^\circ\text{C}$ realisierten, im wesentlichen KOH-resistenten Schichten, **gekennzeichnet dadurch**, daß eine Profilätzung ausgeführt wird, indem flächenmäßig definierte Proben ohmisch kontaktiert, im Bereich von 500 mW/cm^2 bis 5 W/cm^2 mittels Gleichspannung oder mittels beliebig geformter und gerichteter elektrischer Impulse anodisch oder auch zeitlich wechselnd katodisch-anodisch währenden Zeiten von 1 min bis 30 min in einer elektrolytischen Anordnung, bestehend aus der zu untersuchenden Probe, dem Elektrolyten in Form von 2%iger bis 30%iger KOH, der sich auf eine Temperatur im Bereich von 15°C bis 50°C befinden kann und einer aus Edelmetall gefertigten Gegenelektrode elektrisch belastet sind, wobei polychromatisches Licht mit einer Beleuchtungsstärke von 300 lx bis 900 lx in einem Abstand bis ca. 15 cm wirksam wird und anschließend lagemäßig mittels Profilometer erhaltener Profilogramme ausgewiesen wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **gekennzeichnet dadurch**, daß die zu prüfenden Übergänge an Proben mit nicht notwendig ebenem Schliff oder anderen geeigneten Bearbeitungsverfahren, z. B. Ionenätzen, offengelegt sind und/oder lateral beliebig geformte und dimensionierte Öffnungen in den im wesentlichen KOH-resistenten Deckschichten der erfindungsgemäßen elektrolytischen Ätzung ausgesetzt sind.
3. Verfahren nach Anspruch 1 und 2, **gekennzeichnet dadurch**, daß die Lage von pn-Übergängen durch oberflächenparallele Plateaus profilometrisch ausgewiesen ist und Deck- bzw. Isolationsschichten, p/p⁺- bzw. n/n⁺-Übergänge und poly-/monokristalline Zonenübergänge in Form von Ätzstufen im Profilogramm erscheinen.
4. Verfahren nach Anspruch 1, 2 und 3, **gekennzeichnet dadurch**, daß z. B. sperrspannungsreduzierende Volumendefekte in pn-Übergängen sich in Form von Ätzpeaks, die vom oberflächenparallelen Plateau aus in das Halbleitervolumen hineinragen, profilometrisch abbilden.
5. Verfahren nach Anspruch 1 bis 4, **gekennzeichnet dadurch**, daß die bei Anwendung schrägschliffgebundener Routinemethoden erhaltenen Meßwerte der Eindringtiefe von pn-Übergängen in überkompensierten Akzeptorbereichen als in der Schliffebene endende Erhebungen, in überkompensierten Donatorbereichen als weiter in das Volumen weisende, in der Schliffebene endende Abflachungen durch Wahl der Zellspannung bei der erfindungsgemäßen elektrolytischen Ätzpräparation betragsmäßig aus den erhaltenen Profilogrammen entnehmbar sind.

Anwendungsgebiet der Erfindung

Das Kontrollverfahren findet Anwendung bei der Herstellung von Halbleiterbauelementen, insbesondere bei der schwerpunktmäßigen Steuerung von elektrischen Basisdaten durch die Kontrolle der lateralen und vertikalen Lage von pn-Übergängen und n/n⁺- bzw. p/p⁺-Zonenfolgen, wobei i-Zonen enthalten sein können und die Lage von Übergängen zwischen dem polykristallinen und einkristallinen Zustand desselben oder verschiedener Halbleiter in Halbleiterbauelementen, in Teststrukturen oder an ganzflächig präparierten Proben. Die polykristallinen Gebiete können dabei undotiert, mit einer Dotierung versehen oder mit eingebetteten bzw. begrenzenden ganz oder teilweise isolierenden Gebieten versehen vorliegen.

Charakteristik der bekannten technischen Lösungen

Bekannte Routinemethoden sind die Kombination aus Schrägschliff/Kugelschliff, die Dekoration z. B. mittels AgF oder CuF₂ oder selektive Ätztechnik z. B. mittels Sirtl-Adler-Ätzlösung und die lichtmikroskopische Vermessung der Proben. Eine Variante wird in dem Artikel von Subrahmanyam et al. „Experimental characterisation of two-dimensional dopant profiles in silicon using chemical staining“ in Appl. Phys. Letters 52 (88) 25 pp 2145–2147 beschrieben. Es ist die Tendenz zur Erarbeitung einer leistungsfähigen und trotzdem routinemäßig betreibbaren Methodik für extrem kleine Eindringtiefen bzw. laterale Dimensionen erkennbar.

Aus der betrieblichen Praxis ist bekannt, daß die Dekorationstechnik bei große Eindringtiefen und beim Nachweis von n/n⁺- bzw. p/p⁺-Übergängen sehr ungenaue Ergebnisse liefert bzw. vollständig versagt. Eine fundierte Kritik am Stand der Technik ist dem

Beitrag von S. M. Hu „Between carrier distributions and dopant atomic distribution in beveled silicon substrates“ in J. Appl. Phys. 53 (3) March 1982 pp 1499-1510 zu entnehmen. Elektronische Effekte, wie sie z. B. durch präparative Maßnahmen, durch Umwelteinflüsse und/oder durch andere Grenzflächeneffekte wirksam sind, bedingen eine Verfälschung der z. B. an Schrägschliffen gewonnenen Meßwerte gegenüber den realen Volumenwerten, insbesondere bei Dimensionen $< 1 \mu\text{m}$. Eine Fehlerbetrachtung in diesem Bereich zeigt, daß allein durch den Fehler der Schliffwinkelbestimmung – der Schliffwinkel liegt betragsmäßig in der Größenordnung $0,1^\circ$ – Fehler $> 50\%$ bei der Lagebestimmung von Übergängen auftreten. Diese beiden Gründe führen dazu, daß diese Methodik in dem genannten Meßbereich prinzipiell verworfen werden muß. Andererseits ist bei Eindringtiefen im Bereich $1 \mu\text{m} < x_j < 3 \mu\text{m}$, wie sie z. B. in der standardmäßigen Bipolartechnologie zur Einstellung einer Basisweite w von ca. $1 \mu\text{m}$ noch üblich sind, mit Maximalfehlern von $\pm 10\%$ zu rechnen. Da z. B. für die

Stromverstärkung $B \sim \frac{1}{W}$ gilt, folgt mit $\left| \frac{\Delta B}{B} \right| \sim \left| \frac{\Delta W}{W} \right| = \pm 20\%$, daß die Steuerung der Stromverstärkung über x_j -Kontrolle

nicht gegeben ist. Eine sehr aufwendige kontaktlose, zerstörungsfreie und auch an teilprozessierten Strukturen mit Eindringtiefen der pn-Übergänge im Bereich von $0,04 \mu\text{m} < x_j < 0,76 \mu\text{m}$ erprobte Methode mit einem Maximalfehler von $6,6\%$ beschreibt E. I. Cole et al. „A novel method of depth profiling and imaging of semiconductor devices using capacitive coupling voltage contrast“ in J. Appl. Phys. 62 (1978) 12 p 4909 ff. Zur Realisierung dieser Methode sind neben einem Rasterelektronenmikroskop eine Reihe peripherer Steuer-, Speicher- und Signalverarbeitungsgeräte notwendig; die Methode ist aufwendig und nur bedingt routinemäßig anwendbar. Die in dem genannten Artikel von S. M. Hu aufgeworfene Problematik wird nicht gelöst, was aus der notwendig vorausgesetzten Probenpräparation in Form einer vierstündigen niederenergetischen Argon-Plasma-Behandlung deutlich wird. Eine weitere Möglichkeit der Profilcharakterisierung ist die Anwendung der dynamischen SIMS. Auch diese erfordert jedoch den Einsatz eines Großgerätes, der Ionenprobe, und trifft auf methodische Schwierigkeiten für extrem flache Profile in Bereichen deutlich unter $0,1 \mu\text{m}$.

Poly-Si-Schichten, wie sie z. B. zu Getterzwecken auf der in der Regel poliergeätzten Scheibenrückseite abgeschieden werden, sind infolge der in μm -Bereich liegenden Rauigkeit der Unterlage weder durch IR-Reflexion noch durch Messung des Ausbreitungswiderstandes am Schrägschliff bezüglich Schichtdicke bestimmbar. Diese Aussage resultiert aus den im Zusammenhang mit der vorliegenden Erfindung durchgeführten Untersuchungen.

Ziel der Erfindung

Ziel der Erfindung ist die Ausarbeitung einer routinemäßig anwendbaren und vergleichsweise mit geringem Aufwand realisierbaren Kontrollmethodik zur Bestimmung der lateralen und vertikalen Lage von pn-, n/n⁺- und p/p⁺-Zonenfolgen, wobei i-Zonen integriert sein können und Kombinationen des ein- und polykristallinen Zustandes desselben oder verschiedener Halbleiter betrachtet werden. Die Ökonomie der angestrebten Lösung resultiert insbesondere aus der Tatsache, daß die gewonnenen Meßergebnisse die Steuerbarkeit der laufenden Produktion sichern.

Darlegung des Wesens der Erfindung

Aufgabe der Erfindung ist, bei vertikalen Dimensionen von einigen 10 nm bis einigen 10 μm mit einer lateralen Auflösung von einigen Mikrometern die genannten Zonenfolgen und Schichtkombinationen geometrisch mit einem Maximalfehler $< 5\%$ zu vermessen. Der Fehler der Reproduzierbarkeit muß $< 1\%$, bevorzugt $< 0,1\%$ betragen. Die polykristallinen Gebiete können dotiert oder undotiert vorliegen und können mit ganz oder teilweise isolierenden Grenz- oder Zwischenschichten versehen sein. Aufgabe der Erfindung ist weiterhin, die durch Oberflächenladungseffekte hervorgerufene Meßwertverfälschung auszuweisen und gleichzeitig einen diesbezüglich korrigierten Wert zu erhalten.

Erfindungsgemäß wird die Aufgabe wie folgt gelöst.

Die die genannten Zonenfolgen einzeln oder kombiniert enthaltenden Proben werden in 2%iger bis 30%iger Kalilauge in Sperrichtung oder Flußrichtung oder alternierend mit Leistungen im Bereich von 50 mW bis 5 W pro cm^2 Übergangsfläche – zur Beseitigung von insbesondere auch präparationsbedingten Schwachstellen auch stufenweise steigend – mittels Gleichspannung oder Wechselspannung oder pulsierender Gleichspannung oder mittels beliebig geformter, u. U. in der Polarität wechselnder Impulse derartig elektrisch belastet, daß selektiv an den abzubildenden Übergängen eine Temperatur von $70^\circ\text{C} < T < 95^\circ\text{C}$ realisiert ist, wobei Zeiten im Bereich von $1 \text{ min} < t < 30 \text{ min}$, je nach Qualität und vertikaler Lage des Überganges, einzuhalten sind. Als Gegenelektrode wird vorzugsweise Platin in einem Abstand von $2 \text{ cm} < l < 15 \text{ cm}$ von der Probe verwendet. Bei Vorliegen hochwertiger, gut sperrender Übergänge ist es günstig, die Präparation des Ätzprofils unter Einwirkung von polychromatischem Licht mit einer Beleuchtungsstärke von 300 bis 600 lx bzw. einem Abstand von 10 bis 30 cm und/oder durch Erhöhung der Temperatur der Kalilauge auf Werte bis $T \approx 60^\circ\text{C}$ zu realisieren. Die Entwicklung des Ätzprofils kann an einer in beliebiger Form geschliffenen, insbesondere auch dem ebenen Schrägschliff unterzogenen Probe oder auch durch Behandlung von begrenzt lateral geöffneten Gebieten erfolgen, die von der Aufbau- und/oder Rückseite her die zu prüfenden Zonen enthalten. Die Auswertung erfolgt mittels Profilschreiber mit geeigneter lateraler und vertikaler Auslösung, wobei fotografische, optisch-projizierende oder mechanische Nachvergrößerungen z. B. mittels Pantograf, zweckmäßig sind. Der korrigierte Meßwert ist bezüglich der Lage von pn-Übergängen durch ein oberflächenparalleles Ätzplateau gekennzeichnet, wobei in der Schrägschliffebene ein Bereich mit nicht meßbarem Abtrag erscheint.

n/n⁺- bzw. p/p⁺-Übergänge, auch Zonen mit polykristallin-einkristallinen Folgen, bilden sich in der erfindungsgemäß präparierten, u. U. schräggeschliffenen Probe als Ätzstufe in der Schliffebene ab.

Die verfälschten Oberflächenwerte sind in überkompensierten Akzeptorbereichen durch Erhebungen im Bereich der Schliffebene, in überkompensierten Donatorbereichen durch entsprechende Abflachungen gegenüber dem oberflächenparallelen Ätzplateau abbildbar. Durch Wahl der Parameter des Profilätzvorganges, insbesondere der Zellspannung, lassen sich auf diese Weise die durch Dekoration - Winkel - Längen- und Ausbreitungswiderstandsmessung bestimmten und verfälschten Werte nicht nur bezüglich der Richtung der Meßwertverfälschung, sondern auch betragsmäßig ausweisen. Der

Meßfehler, der im Falle der dekorierten Schrägschliffe aus der Ungenauigkeit der Lage der Schrägschliffkante, der diffusen Dekoration des Überganges und dem Fehler der Schliffwinkelmessung resultiert, ist bei der erfindungsgemäßen Methodik auf die Fixierung des Bezugsniveaus und des Ätzplateaus reduziert. Bei einem Schrägschliffwinkel von einigen Zehntel Grad ist profilometrisch der Fehler mit kleiner 1 % bestimmbar. Die Proben, die aufgrund ihrer Prozeßvorgeschichte nicht bereits KOH-resistente Deckschichten, die auch nur partiell lateral vorhanden sein können, aufweisen, werden mittels Niedrig-Temperatur-Isolationsschichten, die bei $T < 600^{\circ}\text{C}$ realisierbar sind, geschützt. Der maximale Meßfehler ist abhängig von der Vertikal- bzw. Lateralauflösung des Profilometers und der Lagezuordnung Übergangslänge/Meßbereich. Setzt man bei der Bezugs- und Übergangsniveaufixierung einen Maximalfehler von je 0,5 mm an, so ergeben sich bei dem verwendeten Profilometer bei Übergangslängen im Bereich von 0,1 μm bis 20 μm maximale Meßfehler im Bereich $2\% < F < 5\%$. Zusätzliche, die Auflösung verbessernde Nachvergrößerungen sind bei Übergangslängen im Bereich von einigen 10 nm bis etwa 0,1 μm erforderlich. Der Ätzstop nach Erreichen des pn-Überganges wurde durch Zeit- und Temperaturvariation bestätigt.

Ausführungsbeispiel

Die Erfindung wird nachstehend anhand von 5 Ausführungsbeispielen näher erläutert.

Beispiel 1

Ganzflächig mittels asdiffundierte p-Typ Si-Proben mit einem spezifischen Widerstand $\rho = 10 \Omega\text{cm}$, äquivalent zur Realisierung niederohmig begrabener Gebiete, wurden, rückseitig geschliffen und aufbauseitig mit einem 4-Grad-Schrägschliff versehen, in Streifen von ca. 5 mm Breite und ca. 20 mm Länge geschnitten, mittels einer aus Teflon und einem Pt-Druckkontakt gefertigten Probenaufnahme ohmsch kontaktiert und bildeten die Anode in einer auf $T_{\text{zi}} \approx 20^{\circ}\text{C}$ befindlichen, ca. 15%igen KOH-Lösung, während die Pt-Katode ca. 5 cm Abstand zur Probe aufwies. Bei einer angelegten Spannung $U = 50\text{V}$ wurde ein Strom $I = 60\text{mA}$ gemessen. Die Beleuchtung der Probe erfolgte mit einer weißen Lichtquelle mit ca. 400 lx im Abstand von ca. 15 cm. Die Ätzzeit betrug 10 Minuten. Nach Entfernen des KOH-resistenten As-Glases erfolgte die Messung mittels Profilometer. Im Ergebnis war ein ca. 170 μm langes, in einem oberflächenparallelen Abstand von 7,6 μm befindliches Plateau feststellbar. Die Verfälschung der Meßwerte durch Oberflächenladungseffekte wird durch eine in der Schrägschliffebene endende Abflachung mit einem Abstand zur Bezugsebene von 9,2 μm dokumentiert, wobei dieses Ergebnis mit der Aussage der Ausbreitungswiderstandsmessung übereinstimmt. Der Vertikalmaßstab des Profilometers von 10 $\mu\text{m}/5\text{cm}$ sichert einen Maximalfehler von 2,6 %.

Beispiel 2

Substrate entsprechend Beispiel 1 wurden ganzflächig mit As ($D = 10^{15}\text{cm}^{-2}$, $E = 35\text{KeV}$) implantiert und bei $1200^{\circ}\text{C}/20\text{sec}$. kurzzeitausgeheilt. Die implantierte Scheibenseite wurde durch ein bei $T = 420^{\circ}\text{C}$ realisiertes LP-CVD-Oxid, etwa 0,75 μm dick, gegen KOH geschützt. Die Lage des pn-Überganges wurde durch ein oberflächenparalleles Plateau mit einer Länge von ca. 200 μm in einer auf die Siliziumoberfläche bezogenen Tiefe von 0,23 μm fixiert. Unter Ausschluß des in diesem Beispiel realisierten Schrägschliffes wurde in einem zweiten Experiment eine identische Probe derselben elektrischen Belastung unterzogen, wobei lediglich anstelle des Schrägschliffes das Hilfsoxid lateral selektiv geöffnet war. Die Profilmessung ergab wieder das bereits bei 0,23 μm festgestellte Plateau. Der Vertikalmaßstab des Profilometers von 0,25 $\mu\text{m}/5\text{cm}$ sicherte einen Maximalfehler von 2,2 %.

Beispiel 3

Epitaxie-Planar-Transistoren mit n-p-n/ n^{+} -Zonenfolge wurden, identisch wie in Beispiel 1 und 2, präpariert und bei anodischer Polung 20 Minuten bei 20 V im Bereich 6,5 mA $\approx$ 9 mA elektrisch belastet. Sowohl in den bei allen Diffusionsprozessen geöffneten Ritzgräben als auch – nach Beseitigung selektiv vorhandener Dotandengläser – die durch Schrägschliff freigelegten Transistorstrukturen ergaben für Ermittler, Basis und den n/ n^{+} -Epitaxie-Substratübergang profilmäßig Indikationen in Form von oberflächenparallelen Ätzplateaus für den Emitter-Basis- bzw. den Basis-Kollektor-Übergang bei 2,6 μm bzw. 4,8 μm und einen zur Schliffebene parallelen Absatz bei 13 μm , den n/ n^{+} -Übergang abbildend. Der Maximalfehler der Basisweitenbestimmung als Summe der Maximalfehler des Emitter- bzw. Basisübergangs ergibt sich

$$\text{zu } \left| \frac{\Delta x_{\text{JE}}}{x_{\text{JE}}} \right| + \left| \frac{\Delta x_{\text{JB}}}{x_{\text{JB}}} \right| = 3,8\% + 2,1\% = 5,9\% \text{ bei } 5\mu\text{m}/5\text{cm Vertikalmaßstab des Profilometers. Entsprechend ist bei}$$

einem Vertikalmaßstab von 25 $\mu\text{m}/5\text{cm}$ der Maximalfehler bei der Bestimmung des n/ n^{+} -Überganges mit 4 % anzugeben.

In gleicher Weise sind Bauelementstrukturen oder auch Testfelder, die lateral selektiv geöffnet sind, z. B. vor Realisierung der Kontakte, der erfindungsgemäßen Methodik zu unterziehen.

Beispiel 4

In diesem Beispiel wird der Fall behandelt, daß die selektive Ätzwirkung nur teilweise am abzubildenden pn-Übergang wirksam ist. Diese Möglichkeit resultiert entweder aus parasitären Effekten, die das Sperrverhalten negativ beeinflussen und/oder aus einer zu geringen transportierten Ladungsmenge. Verwendet wurden Si-Scheiben vom n-Typ mit einem im Bereich $2,5\Omega\text{cm} = \rho = 5\Omega\text{cm}$ liegenden spezifischen Widerstand, in die ganzflächig Bor eindiffundiert wurde. Das Borglas bildete den notwendigen Schutz während der KOH-Diodenbehandlung in Sperrichtung an schräggeschliffenen Proben mit einer Fläche von ca. 2 cm^2 . Bei einer Verlustleistung im Bereich von 0,5 W bis 1,0 W und Behandlungszeiten von 3 Minuten bis 5 Minuten bildete sich eine zur Schliffebene parallele Ätzstufe aus, deren am weitesten in das Volumen hineinreichender Fußpunkt mit denen das Ätzplateau enthaltenden Proben identische Eindringtiefen von $x_{\text{JB}} = 3,0\mu\text{m}$ auswies. Die oberflächenverfälschten Meßwerte waren aus dem gesamten Probensortiment zu 2,6 $\mu\text{m} = x_{\text{J}} = 2,8\mu\text{m}$ aus den Profilogrammen entnehmbar. Der relative Maximalfehler beträgt für den genannten Volumenwert bei 5 $\mu\text{m}/5\text{cm}$ Vertikalmaßstab 3,4 %.

Beispiel 5

Eine Poly-Si-Schicht wurde auf der ätzpolierten Rückseite einer p-Typ-Substratscheibe – Akzeptorkonzentration 10^{16} cm^{-3} – undotiert abgeschieden. Mit Ausnahme des auf der polierten Seite befindlichen ohmschen Kontaktes war die in der Folge mit Schrägchliff versehene Probe mit einem bei $T = 420^\circ\text{C}$ abgeschiedenen Oxid bedeckt. Die anodische Profilätzung erfolgte bei $U = 50 \text{ V}$ / $I = 18 \text{ mA}$ während der Zeit $t = 6 \text{ Min.}$ in 10%iger KOH bei Zimmertemperatur. Das nach Entfernung des Hilfsoxids aufgenommene Profilogramm wies bei einem Wert von ca. $5 \mu\text{m}$ eine deutliche Ätzstufe aus, den Übergang vom Poly-Si ohne merklichen Abtrag zum einkristallinen p-Si-Substrat mit deutlichem Ätzabtrag dokumentierend. Die aus dem Profilogramm ersichtliche Rauigkeit der Poly-Si-Oberfläche legt die Mittelwertbildung aus dem ablesbaren Maximal- und Minimalwert zwecks Fixierung des Bezugsniveaus nahe.