

**Harald Sander**

# Oberflächenanalyse von Si/SiGe-Schichten

**Diplomarbeit**

## **Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek:**

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek: Die Deutsche Bibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de/> abrufbar.

Dieses Werk sowie alle darin enthaltenen einzelnen Beiträge und Abbildungen sind urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung, die nicht ausdrücklich vom Urheberrechtsschutz zugelassen ist, bedarf der vorherigen Zustimmung des Verlanges. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Bearbeitungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen, Auswertungen durch Datenbanken und für die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronische Systeme. Alle Rechte, auch die des auszugsweisen Nachdrucks, der fotomechanischen Wiedergabe (einschließlich Mikrokopie) sowie der Auswertung durch Datenbanken oder ähnliche Einrichtungen, vorbehalten.

Copyright © 1998 Diplomica Verlag GmbH  
ISBN: 9783832451127

**Harald Sander**

# **Oberflächenanalyse von Si/SiGe-Schichten**

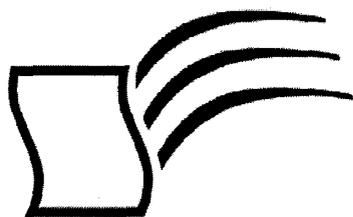


---

Harald Sander

# Oberflächenanalyse von Si/SiGe-Schichten

Diplomarbeit  
an der Johannes Kepler Universität Linz  
Technisch-Naturwissenschaftliche Fakultät  
Institut für Halbleiter- und Festkörperphysik,  
Oktober 1998 Abgabe



***Diplom.de***

Diplomica GmbH \_\_\_\_\_  
Hermannstal 119k \_\_\_\_\_  
22119 Hamburg \_\_\_\_\_

Fon: 040 / 655 99 20 \_\_\_\_\_  
Fax: 040 / 655 99 222 \_\_\_\_\_

agentur@diplom.de \_\_\_\_\_  
www.diplom.de \_\_\_\_\_

ID 5112

Sander, Harald: Oberflächenanalyse von Si/SiGe-Schichten / Harald Sander -  
Hamburg: Diplomica GmbH, 2002  
Zugl.: Linz, Universität, Diplom, 1998

---

Dieses Werk ist urheberrechtlich geschützt. Die dadurch begründeten Rechte, insbesondere die der Übersetzung, des Nachdrucks, des Vortrags, der Entnahme von Abbildungen und Tabellen, der Funksendung, der Mikroverfilmung oder der Vervielfältigung auf anderen Wegen und der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen, bleiben, auch bei nur auszugsweiser Verwertung, vorbehalten. Eine Vervielfältigung dieses Werkes oder von Teilen dieses Werkes ist auch im Einzelfall nur in den Grenzen der gesetzlichen Bestimmungen des Urheberrechtsgesetzes der Bundesrepublik Deutschland in der jeweils geltenden Fassung zulässig. Sie ist grundsätzlich vergütungspflichtig. Zuwiderhandlungen unterliegen den Strafbestimmungen des Urheberrechtes.

Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in diesem Werk berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürften.

Die Informationen in diesem Werk wurden mit Sorgfalt erarbeitet. Dennoch können Fehler nicht vollständig ausgeschlossen werden, und die Diplomarbeiten Agentur, die Autoren oder Übersetzer übernehmen keine juristische Verantwortung oder irgendeine Haftung für evtl. verbliebene fehlerhafte Angaben und deren Folgen.

Diplomica GmbH  
<http://www.diplom.de>, Hamburg 2002  
Printed in Germany



## Wissensquellen gewinnbringend nutzen

**Qualität, Praxisrelevanz und Aktualität** zeichnen unsere Studien aus. Wir bieten Ihnen im Auftrag unserer Autorinnen und Autoren Wirtschaftsstudien und wissenschaftliche Abschlussarbeiten – Dissertationen, Diplomarbeiten, Magisterarbeiten, Staatsexamensarbeiten und Studienarbeiten zum Kauf. Sie wurden an deutschen Universitäten, Fachhochschulen, Akademien oder vergleichbaren Institutionen der Europäischen Union geschrieben. Der Notendurchschnitt liegt bei 1,5.

**Wettbewerbsvorteile verschaffen** – Vergleichen Sie den Preis unserer Studien mit den Honoraren externer Berater. Um dieses Wissen selbst zusammenzutragen, müssten Sie viel Zeit und Geld aufbringen.

<http://www.diplom.de> bietet Ihnen unser vollständiges Lieferprogramm mit mehreren tausend Studien im Internet. Neben dem Online-Katalog und der Online-Suchmaschine für Ihre Recherche steht Ihnen auch eine Online-Bestellfunktion zur Verfügung. Inhaltliche Zusammenfassungen und Inhaltsverzeichnisse zu jeder Studie sind im Internet einsehbar.

**Individueller Service** – Gerne senden wir Ihnen auch unseren Papierkatalog zu. Bitte fordern Sie Ihr individuelles Exemplar bei uns an. Für Fragen, Anregungen und individuelle Anfragen stehen wir Ihnen gerne zur Verfügung. Wir freuen uns auf eine gute Zusammenarbeit.

### Ihr Team der Diplomarbeiten Agentur

Diplomica GmbH \_\_\_\_\_  
Hermannstal 119k \_\_\_\_\_  
22119 Hamburg \_\_\_\_\_

Fon: 040 / 655 99 20 \_\_\_\_\_  
Fax: 040 / 655 99 222 \_\_\_\_\_

agentur@diplom.de \_\_\_\_\_  
www.diplom.de \_\_\_\_\_

1 Zusammenfassung	1
2 Einleitung	2
3 Si/SiGe Materialsystem	4
3.1 Allgemeines	4
3.2 Bandstruktur	4
3.3 Effektive Masse	7
3.4 Beweglichkeiten	9
3.5 Si/SiGe Heterostrukturen	11
3.5.1 Modulationsdotierte Si/SiGe Heterostrukturen	11
3.5.2 Typ I und Typ II Übergänge	13
3.5.3 Virtuelles Substrat	14
3.5.4 Eindimensionale Gitterbaufehler	15
3.5.5 Kritische Schichtdicke	16
3.5.6 Constant Composition Buffer	16
3.5.7 Linear Gradient Buffer	18
3.5.8 Vorstrukturierte Substrate	18
3.5.9 Cross Hatch	19
4 Atomkraftmikroskop	22
4.1 Allgemeines	22
4.2 Scanner	25
4.3 Kontaktfreie Messung (No Contact Mode, NC-AFM)	27
4.4 Kontaktmessung (Contact Mode, C-AFM)	28
4.5 Spitzen	29
5 Polarisationsmikroskop	32
5.1 Allgemeines	32
5.2 Phasenkontrastverfahren	34
6 Nachweisverfahren	37
6.1 Allgemeines	37
6.2 Indirekte Nachweisverfahren	38
6.2.1 Reaktionkinetische Grundlagen	38
6.2.2 Strukturdefektätzung	40
6.2.3 Anisotropie der Ätzgeschwindigkeit	41
6.2.4 Ätzlösungssystem	43
6.3 Direkte Nachweisverfahren	44
6.3.1 Geometrie von Versetzungen	44

6.3.2 Burgers Vektor und Burgers Umlauf	45
6.3.3 Bewegung von Versetzungen	48
6.3.4 Elastische Eigenschaften von Versetzungen	49
7 Ergebnisse und Diskussion	54
7.1 Ansetzen der Ätzlösung	54
7.2 Bestimmung der Ätzgeschwindigkeit	54
7.3 Reinigung der Proben	57
7.4 Bestimmung der Störstellendichte mittels Ätzen	58
7.4.1 Si-Referenzprobe	58
7.4.2 Si/SiGe-Schichten	62
7.4.3 Dünne Schichten	67
7.4.4 Dreidimensionales Wachstum	68
7.5 Atomare Auflösung und Versetzungsspiralen	71
8 Ausblick	76
9 Literaturverzeichnis	77
10 Danksagung	80
11 Lebenslauf	81
12 Anhang	82

## 1 Zusammenfassung

In der Vorliegenden Arbeit wurde ein Prozeß entwickelt, der es erlaubt, die Versetzungsdichten in Si/SiGe Heterostrukturen zu bestimmen.

Es wurden dabei zwei Verfahren untersucht. Im direkten Verfahren wurden die Proben, welche in der MBE-Anlage in Linz gewachsen wurden, direkt nach dem Wachstum unter das Atomkraftmikroskop gelegt. Dies sollte verhindern, daß sich störende Oxidschichten an der Oberfläche bilden und das Scannen der Oberfläche erschweren. Hierbei wurde auch der Einfluß eines Reinigungsschrittes, der aus  $H_2SO_4$ , HF und Methanol besteht, auf die Qualität der Scans untersucht. Es wurde versucht, direkt Versetzungsspiralen sichtbar zu machen. Dies erwies sich aus verschiedenen Gründen als eine sehr schwierige Aufgabe, und es gelang nur, laterale mono- und doppelatomare Stufen aufzulösen.

Als indirektes Verfahren wurde ein Versetzungsätzprozeß auf der Basis von  $Cr(VI)O_3$  entwickelt. Diese Lösung ätzt selektiv die Probenoberfläche an den Stellen schneller an, an denen Fadenversetzungen die Oberfläche durchstoßen. Die Fadenversetzungsdichte kann hier mit Hilfe eines Polarisationsmikroskops bestimmt werden. Dabei ist die Ätzzeit relativ lange, da die Ätzgruben erst ab ca  $1\mu m$  unter dem Polarisationsmikroskop zu sehen sind. Mit Hilfe des Atomkraftmikroskops ist es möglich, die Ätzgruben schon nach kürzerer Ätzzeit auszuwerten, da die Auflösung viel höher als beim Polarisationsmikroskop ist. Hierbei ergibt sich aber eine höhere Dichte an Lochkeimen als bei der Auswertung mit dem Nomarski. Es wurden auch Proben untersucht, bei denen die Äztiefe eine kritische Größe ist. Dabei kann man aber die Lochkeime vom Hintergrundrauschen nicht zweifelsfrei unterscheiden.