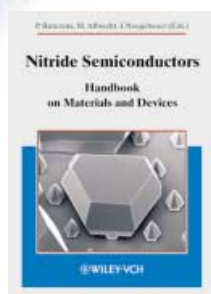




Nitride Semiconductors



Handbook on Materials and Devices. Herausgegeben von *Pierre Ruterana, Martin Albrecht und Jörg Neugebauer*. Wiley-VCH, Weinheim 2003. 664 S., geb., 169,00 €. — ISBN 3-527-4038-6

Elektrisch erzeugtes Licht wird heutzutage als selbstverständlich betrachtet. Leuchtreklame, Verkehrszeichen, Farbbilder in Mobiltelefonen sind überall im täglichen Leben anzutreffen. Eine wichtige Rolle in all diesen lumineszierenden Anzeigen spielen Leuchtdioden (LEDs) auf der Basis von Nitriden der Gruppe-III-Elemente. Im Vergleich zu den traditionellen elementaren (Si, Ge) und den III-V-Halbleitern GaAs und GaP weisen sie eine breite direkte Bandlücke und einen hohen Schmelzpunkt auf. Damit sind sie als effiziente Materialien für optoelektronische Bauteile, die Licht kurzer Wellenlänge aussenden (z.B. blaue Leuchtdioden), prädestiniert. Im Jahr 2002 wurden über 2000 Arbeiten zu GaN-Materialien veröffentlicht. Im Mittelpunkt dieser Arbeiten standen Kristallzucht, Epitaxie, Nanopartikel und die Entwicklung neuer Bauteile wie Laserdioden, Photodetektoren und Transistoren, was das wissenschaftliche und industrielle Interesse an diesen Materialien unterstreicht. Das Handbuch *Nitride Semiconductors* trägt dieser stürmischen Entwicklung Rechnung und bietet einen hervorragenden, umfassenden Überblick über die aktuellen Entwicklungen zu GaN-,

AlGaIn- und GaInN-Materialien und -Bauteilen. Es ist in drei Teile gegliedert: „Kristallzucht“, „Defektstrukturen“ und „Bauelemente“.

Im ersten Teil werden die Grundlagen der Kristallzucht erläutert und moderne Kristallisationstechniken vorgestellt. Eine eindrucksvolle Einführung in die Hochdruck-Kristallzucht, die bei 20 kbar und 1600 °C erfolgt, stammt von S. Porowski (Unipress, Warschau). Solch hohe Drücke müssen angewendet werden, um die Zersetzung von GaN während der Kristallisation bei diesen hohen Temperaturen zu vermeiden. GaN-Kristalle sind geeignete, aber nicht kommerziell verfügbare Substrate für das epitaktische Wachstum von InGaIn-basierten MQW-Lasern. Folglich beruht die gesamte technologische Entwicklung von GaN-basierten Bauteilen auf Heteroepitaxie. Durch Fehlanpassung von Gitterparametern und Wärmeausdehnungskoeffizienten auf Substraten wie Saphir und 6H-SiC werden allerdings hohe Dichten von Fehlern erzeugt. Ein entscheidender Durchbruch gelang durch Einführung der von Nakamura entwickelten „epitaxial lateral overgrowth“-Technologie (ELO), wodurch die Lebenszeit der Laserdiode erheblich verlängert werden kann. In Kapitel 2 wird die ELO-Technik unter Verwendung von Saphir- und 6H-SiC-Substraten beschrieben. Außerdem wird die Implementierung dieser Technik in die beiden wichtigsten Abscheidungstechniken, die metallorganische Dampfphasenepitaxie (MOVPE) und die Hydrid-Dampfphasenepitaxie (HVPE), hinsichtlich der Erzeugung von Defektstrukturen diskutiert. In Kapitel 3 und 4 werden die Grundlagen der Plasma-unterstützten Molekularstrahlepitaxie (PAMBE), die nicht kommerziell angewendet wird, und der HVPE vermittelt. Dass die PAMBE und die metallorganische Molekularstrahlepitaxie (MOMBE) für die Herstellung von InN-Filmen Vorteile bieten, wird deutlich herausgestellt.

Ein wichtiger Ansatz zum künftigen Verständnis und zur Verbesserung der Oberflächenbeschaffenheit und Strukturen aufgewachsener Schichten ist die Entwicklung theoretischer Methoden. Neuere Studien zur Rekonstruktion

von Oberflächen mithilfe von Dichtefunktionalrechnungen und experimentelle Untersuchungen mit niederenergetischer Elektronenbeugung (LEED) und hochenergetischer Reflexionselektronenbeugung (RHEED) werden von J. Neugebauer vorgestellt. Während die bevorzugten Bausteine auf (001)-Oberflächen konventioneller Halbleiter Dimere sind, werden dort bemerkenswerte neue Merkmale polarer GaN-Oberflächen wie Tetramere beschrieben.

In der zweiten Hälfte des Buchs werden in fast gleichem Umfang Defekte in Nitrid-Halbleitern (Teil 2) und Bauteile dieser Halbleiter (Teil 3) abgehandelt. Die wichtigsten Defekte wie Schraubenversetzung, Stapelfehler und Grenzflächenversetzung werden aus kristallographischer Sicht in einer topologischen Analyse durch „circuit mapping“ eingeführt, was eine kompakte Defektbeschreibung durch ein Produkt von Symmetrioperationen erlaubt. Die praktische Anwendung des von Frank eingeführten Konzepts wird überzeugend anhand einiger durch hochauflösende Rasterelektronenmikroskopie (HREM) erhaltene Aufnahmen der entsprechenden Defekte veranschaulicht. Die Identifikation typischer Defektstrukturen wie Versetzungen, „Nanopipes“ und Korngrenzen, die in charakteristischer Weise von den Wachstumsbedingungen abhängen und die optischen Eigenschaften beeinflussen, ist ein wichtiger Schritt hin zu einer Optimierung der Abscheidungstechniken.

Neben der topologischen Analyse werden experimentelle Techniken, insbesondere HREM, zum Nachweis von Defekten auf atomarer Ebene und Gitterverzerrungen detailliert dargestellt. Besonders Techniken zur Rauschunterdrückung wie Mittelung im Realraum, Kreuzkorrelation und verschiedene Filtersysteme (Fourier-Raum, Wiener-Typ) werden besprochen. Lokale Spannungsfelder spielen eine wichtige Rolle bei der Bildung von nanostrukturierten Materialien und haben Einfluss auf deren mechanische und elektronische Eigenschaften. Die Spannung kann zu Veränderungen der Bandlücke und somit der optoelektronischen Eigenschaften führen. Quantitative Informa-

tionen über diese Verzerrungen lassen sich durch Simulation von Beugungs-kontrastbildern, Verwendung von Verfahren zur Peaksuche oder die Methode der geometrischen Phase erhalten.

Auf Nitriden der Gruppe-III-Elemente basierende Bauteile finden sich in vielen Produkten des täglichen Lebens. Leuchtdioden und Laserdioden sind wichtige Bestandteile von lumineszierenden Anzeigen und optischen Datenspeichersystemen. Einen historischen Abriss der Entwicklung auf diesem Gebiet gibt H. Amano in seinem Beitrag. Er spricht auch die aktuellsten Themen in der Nitrid-Halbleiterforschung an, beispielsweise die weiße Leuchtdiode, die in Zukunft die Leuchtstoffröhre ersetzen könnte. Die Kombination einer blauen Leuchtdiode mit gelben Phosphoren ist beispielsweise einfach, und die Herstellung bereitet keine Schwierigkeiten.

Aufgrund der breiten Bandlücke sind GaN sowie Heterostrukturen auch für Hochleistungs-/Hochtemperatur-Feldeffekttransistoren interessant. Derartige Transistoren können hohe Spannungen und hohe Stromstärken aushalten, sodass ihre Leistung 10- bis 100-mal größer ist als die von Silicium- oder Galliumarsenid-Transistoren. Beispiele für mögliche Anwendungen sind preisgünstige, kompakte Verstärker für die Radar- und Satellitentechnik und die kabellose Kommunikationstechnik.

Die Anwendungen auf dem Gebiet der UV-Photodetektoren beruhen auf dem Photostrom, der durch direkte Bandlückenübergänge in $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ -basierten Materialien induziert wird. Die breite Bandlücke hat einen hohen Kontrast zwischen UV- und sichtbarem Licht zur Folge, und die Zunahme der Bandlücke (bis zu 6.2 eV) mit wachsender Al-Molfraktion ermöglicht die Herstellung filterfreier UV-Photodetektoren. Dies sind vielversprechende Bauteile für biologische und chemische Sensoren, Flammensensoren, optische Kommunikationssysteme und Geräte zum Messen des UV-Anteils des Sonnenlichts.

Insgesamt ist dieses neue Handbuch ein wichtiges Nachschlagewerk für Materialwissenschaftler. Es ist für den Einstieg in dieses Gebiet ebenso geeignet wie für Experten und Hersteller, die neue Halbleiter-Bauteile oder epitakti-

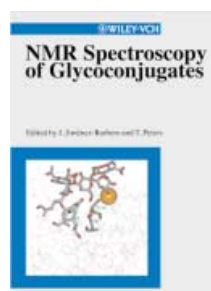
sche Abscheidungstechniken entwickeln.

Stefan Kaskel

Max-Planck-Institut für Kohlenforschung
Mülheim an der Ruhr

DOI: 10.1002/ange.200385026

NMR Spectroscopy of Glycoconjugates



Herausgegeben von Jesús Jiménez-Barbero und Thomas Peters.
Wiley-VCH, Weinheim 2003. XV + 320 S., geb., 139.00 €.—ISBN 3-52-30414-2

Das vorliegende Buch mit Beiträgen mehrerer Autoren will einen aktuellen Überblick über die Anwendungen der NMR-Spektroskopie auf dem Gebiet der Kohlenhydrate und der Glykokonjugate geben. NMR-Untersuchungen von Biopolymeren sind ein rapide wachsendes Forschungsgebiet. Allerdings ist die Anwendung der NMR-Spektroskopie bei den Kohlenhydraten und Glykokonjugaten aus mehreren Gründen, beispielsweise wegen der schwierigen Herstellung geeigneter markierter Verbindungen, weniger weit fortgeschritten als bei den Proteinen und Nucleinsäuren. Deshalb ist es dringend notwendig, den Wissenschaftlern, die sich mit Glykokonjugaten befassen, das Potenzial neuester NMR-Techniken aufzuzeigen, mit deren Hilfe strukturelle Details dieser Biomoleküle erforscht werden können. Die enormen Forschungsaktivitäten auf dem Gebiet der Proteomik und die Tatsache, dass viele Säugetierproteine glycosyliert sind, fordern praktisch eine ständige Weiterentwicklung des Repertoires an analytischen Methoden zur Charakterisierung der Struktur der Kohlenhydratkomponente, besonders hinsichtlich der Empfindlichkeit und des Durchsatzes. Nicht nur bei Glycoproteinen, auch bei anderen Glykokonjugaten wie Glycolipiden und

Glycosaminoglycanen stellen sich grundlegende Fragen hinsichtlich des Zusammenhangs zwischen Kohlenhydratstruktur und biologischer Funktion. Außerdem ist die biologische Wirkung der Kohlenhydrate in verschiedenen Organismen viel komplexer und essentieller als bisher angenommen. In dieser Hinsicht ist es besonders wichtig, die dreidimensionale Struktur dieser Moleküle zu kennen. Da viele Polysaccharide ihre Wirkung durch Wechselwirkung mit komplementären Molekülen und Ionen entfalten, sind die Untersuchungen dieser intermolekularen Wechselwirkungen sehr aufschlussreich. Auch auf diesem Gebiet trägt die NMR-Spektroskopie Bedeutendes zum Fortschritt bei.

Mehrere Autoren berichten in diesem Buch über Umfang und Grenzen der Anwendungen moderner NMR-Techniken zur Lösung der sie interessierenden Probleme. Es ist deshalb weniger ein Lehrbuch als vielmehr eine Sammlung interessanter Übersichtsartikel, die in drei Teile eingeteilt ist.

Teil A umfasst fünf Kapitel, in denen NMR-Parameter, -techniken und -Experimente behandelt werden. In Kapitel 1 geht G. Widmalm auf die Relaxation und dynamische Phänomene ein. Er setzt voraus, dass der Leser mit den zugrundeliegenden Prinzipien vertraut ist, denn die Theorie wird nur kurz zusammengefasst. Einige seiner Untersuchungen über die Flexibilität und das dynamische Verhalten von Oligosacchariden werden beschrieben. Besonders interessant ist die Schlussfolgerung, dass mithilfe von Relaxationsmessungen räumlich aufgelöstes dynamisches Verhalten von verschiedenen Abschnitten eines Moleküls nachgewiesen werden kann.

Manuel Martin-Pastor und C. Allen Bush berichten in Kapitel 2, wie Rest-Dipol-Dipol-Kopplungen zur Untersuchung der Struktur und Konformation von freien und gebundenen Oligosacchariden herangezogen werden können. Die Messung dieser Kopplungen erfordert eine Orientierung der Oligosaccharide im Magnetfeld, die durch die Verwendung bestimmter Mischungen, die zu Flüssigkristallen führen, erreicht werden kann. Die Experimente zur Messung der Rest-Dipol-Dipol-Kopplungen werden kurz und prägnant beschrieben.