

Dennoch, Mängel wie diese schmälern den Wert dieser reichhaltigen und ansonsten geschickt konzipierten Review-Sammlung nicht wesentlich. Biologiestudenten, Mitarbeiter administrativer Einrichtungen und Forschungsspezialisten werden gleichermaßen mit großem Gewinn zu diesem Band greifen – sofern er in der Bibliothek nicht gerade ausgeliehen ist! Sollte der persönliche Erwerb trotz des Preises in Betracht kommen, ist als besonderer Vorteil dieses Buches zu vermerken, daß es durchgängig gut lesbar und so verständlich geschrieben ist, daß es fast als Lehrbuch empfohlen werden könnte. Der englischen Sprache sowie der Fülle und Detailliertheit des dargestellten Stoffes wegen dürfte diese Verwendung allerdings nur für Studenten höherer Semester in Frage kommen.

Die methodische Ausweitung und rasante Entwicklung der Biotechnologie sowie nicht zuletzt die gesetzlichen Regelungen der Gentechnik haben einen dringenden Bedarf für ein verständliches, anwendungsorientiertes Nachschlagewerk über den in diesem Gebiet erreichten Stand entstehen lassen. Obwohl der vorliegende Band diesen oder jenen Wunsch offenläßt, ist er zweifellos ein sehr willkommener Beitrag, um diesen Bedarf zu decken.

Dietmar Blohm

Biotechnologie und Molekulare Genetik
der Universität Bremen

Nanostructures Based on Molecular Materials. Herausgegeben von *W. Göpel* und *C. Ziegler*. VCH Verlagsgesellschaft, Weinheim/VCH Publishers, New York, 1992. X, 377 S., geb. 168.00 DM. – ISBN 3-527-28416-8/1-56081-210-9

Struktur und Funktion von Materialien in Nanometer-Dimensionen lassen sich zunehmend beeinflussen. Wissenschaftler sind fasziniert von der Perspektive, elektronische und elektrooptische Elemente sowie Sensoren auf Molekülbasis zu entwickeln, die mit der Natur in bezug auf Größe und Selektivität konkurrieren können. Nanostrukturen aus Molekülen waren das Thema eines Werkstattgesprächs im Oktober 1991 bei Ludwigsburg, aus dem dieses Buch hervorgegangen ist. Der Schwerpunkt liegt auf dem Entwurf von Molekülen für eine „molekulare Elektronik“ und deren Verknüpfung in Langmuir-Blodgett(LB)-Schichten. Weitere Beiträge beschäftigen sich mit Flüssigkristallen, photoelektrischen Prozessen, nichtlinearen optischen Systemen und

Sensoren. Andere Teilgebiete der Nanostrukturforschung wie selbstorganisierende Monoschichten, Wirt-Gast-Chemie in Schichtverbindungen und Zeolithen, organische Einschlußchemie und Nanoverbundsysteme werden nur angerissen. Für diejenigen jedoch, die Interesse an einem aktuellen Überblick über Konzepte und bereits verwirklichte Systeme der molekularen Elektronik haben, ist dieses Buch eine wertvolle Informationsquelle. Die meisten Artikel liefern kurze Überblicke über die Forschungsarbeiten der Autoren mit Verweisen auf die Originalliteratur. Ein Sachregister würden sicherlich viele Leser zu schätzen wissen.

Im Überblick über die Themen des Buches vermittelt Göpel eine optimistische Sicht von einer schnellen Entwicklung der Nanometerverbindungen auf breiter Front. Dazu gehören die kontrollierte Herstellung von null- bis dreidimensionalen Strukturen, die Meßsondenmikroskopieverfahren und wichtige Anwendungen wie die oben erwähnten sowie Anwendungen als Katalysatoren, geordnete Polymere und Membranen. Der wichtige Unterschied zwischen „bottom-up“-Ansätzen (auf Basis von Molekülverbänden) und der „top-down“-Strategie (basierend auf Hochauflösungsmustern von Feststoffen und Filmen) wird ebenso herausgearbeitet.

Elektronentransfer sowohl bei niedrigen Feldstärken („molekulare Drähte“) als auch durch optische oder Redox-Anregung spielt eine Schlüsselrolle bei Konzepten für molekulare elektronische Bauteile. Proteine aus der Photosynthese können als Vorbilder für Elektronentransportwege dienen und lehren, wie man diese einschalten kann (Ulstrup). Sind die entscheidenden Bestandteile des reaktiven Zentrums bei der Photosynthese aufgeklärt, so kann man versuchen, den molekularen Mechanismus nachzuahmen, um Solarenergie zu nutzen. Fujihira beschreibt elegante Entwicklungen auf diesem Gebiet, zum Beispiel den Zusammenschluß von Elektronenacceptor (Viologen), Sensibilisator (Porphyrin) und Donorfunktion (Ferrocen) in LB-Heterostrukturen sowie die damit mögliche photovoltaische Nutzung. Wilson beschreibt anspruchsvolle Entwürfe zur Informationsverarbeitung mit organischen Nanostrukturen, die als molekulare Schieberegister dienen und optisch und durch elektrische Felder angesteuert werden. Schichten, die bezüglich einer Dimension im Nanometerbereich liegen, können bereits heute gefertigt werden. Sie ermöglichen den Bau von Schnittstellen zu den üblichen Siliciumbauteilen und helfen bei der Reduzierung von Raumla-

dungseffekten. Lichtgesteuerte molekulare Triaden, die als zelluläre Automaten fungieren, könnten als Bausteine von Computernetzwerken dienen, wie Roth darlegt. Gesichtspunkte wie die Fehlerwahrscheinlichkeit als Funktion der Energiedifferenz zwischen den beteiligten elektronischen Zuständen könnten hochentwickelte Triaden mit abstimmbarer Zentralgruppe erforderlich machen.

Den Übergang von konventioneller Mikroelektronik zu molekülgestützter Elektronik stellt sich Näbauer in Form eines stetig steigenden Anteils der molekularen Komponenten am Gesamtsystem vor. Von molekularer Elektronik erhofft man sich eine höhere Packungsdichte, niedrigeren Energieverbrauch, kurze Schaltzeiten und einfachere Herstellungsprozesse. In Anbetracht der inhärenten Schwierigkeiten, eine Verbindung zu einzelnen Molekülen herzustellen, ist der Nachweis für den zuletzt genannten Punkt noch nicht erbracht. Die lithographischen Techniken sind in letzter Zeit so weit verfeinert worden, daß Quantenpunkte und -drähte hergestellt werden können (Jay). Mit ähnlichen Techniken sollte es möglich sein, dünne organische Schichten wie gewünscht zu strukturieren, Verträglichkeit zwischen Lithographie und organischer Substanz vorausgesetzt.

Die Eigenschaften von Molekülen mit optischen Nichtlinearitäten zweiter und dritter Ordnung können mit quantenchemischen Rechnungen verstanden und möglicherweise auch vorhergesagt werden (Bredas, Ratner). Vorgestellt werden verschiedene „push-pull“-Moleküle mit starker Hyperpolarisierbarkeit erster Ordnung sowie Polyacetylen-Oligomere mit einem Antwortverhalten dritter Ordnung. In vielen Fällen ergibt sich dabei eine zufriedenstellende Übereinstimmung zwischen den theoretischen Vorhersagen und den experimentellen Ergebnissen. Marks hat elegante Techniken der Selbstorganisation genutzt, um dünne Multischichtfilme zur Erzeugung der zweiten Harmonischen herzustellen.

Neben Drähten sind molekulare Schalter Grundelemente einer möglichen molekularen Elektronik. Schaumburg et al. beschreiben ein gemeinsames Projekt mehrerer Arbeitsgruppen mit dem Ziel, Moleküle zu entwickeln, die durch äußeren Einfluß in einen ausreichend langlebigen, metastabilen Zustand überführt werden können, dessen spezielle Eigenschaften „Lese“-Zugriffe ermöglichen. Interessante Beispiele sind Photo-Redox-Schalter und „push-pull“-Systeme mit Bianthron als optische Schalter.

Wie oben erwähnt, legt dieses Buch den Schwerpunkt auf die Langmuir-Blodgett-

Technik zur Erzeugung dünner Filme in molekularen Größenordnungen. Peterson diskutiert die Bedeutung von parasitärem kapazitivem Widerstand, Defekten und anderen Parametern in zur Gleichrichtung bestimmten Schichten und schlägt für diesen Zweck optimierte Strukturen aus Poly(phenylvinyl) vor. Supramolekulare Aggregate aus LB-Schichten von amphiphilen Porphyrinen und Phthalocyaninen werden von Palacin diskutiert. Die Herstellung nutzt Ordnungsprinzipien zur Erzielung von Dimeren in „face to face“-Anordnung und von flachen, ionischen Netzen. LB-Schichten sind auch für die Ausrichtung von Flüssigkristallen von Interesse (Wei). Blinov berichtet von neuen Entwicklungen bei der Herstellung von ferroelektrischen Flüssigkristallen und von LB-Filmen mit spontaner Polarisierung.

Aus Molekülen aufgebaute Materialien mit schmaler Bandlücke und intrinsischer Leitfähigkeit, die durch Dotierung *n*- oder *p*-Typ-Eigenschaften annehmen können, werden nach Andre als intrinsische molekulare Halbleiter bezeichnet. Ein Beispiel ist das Radikal Lutetiumbisphthalocyanin, das zum Aufbau von Feldeffekt-Transistoren verwendet wurde. Discrete Mesophasen sind interessante flüssigkristalline Systeme, deren scheibenförmige, übereinandergestapelte Kerne eine große Variationsbreite in der Struktur und den physikalischen Eigenschaften aufweisen. Beispielsweise bilden Phthalocyanine mit Kohlenwasserstoff-Seitenketten ein Rückgrat aus aromatischen Kernen, das eindimensionalen Ladungstransport ermöglicht (Simon). Marchon berichtet, daß zweikernige Komplexe aus Fettsäuren mit Übergangsmetallen verwandte, aber deutlich unterscheidbare Eigenschaften besitzen. Die zuletztgenannte Stoffgruppe kann auch lyotrope Mesophasen und Gele bilden, wenn Kohlenwasserstoffe als Lösungsmittel eingesetzt werden.

Der letzte Teil des Buches enthält Artikel über die Charakterisierung derartiger komplexer Strukturen. Es werden Strom-Spannungs-Messungen an teilgeordneten Strukturen vom Typ Metall/funktionalisiertes Polythiophen/Metall (Umbach) sowie die Charakterisierung und Modifizierung von molekularen Materialien durch Rastertunnelmikroskopie (Rabe) beschrieben. Mit dieser Technik werden auch Morphologie und elektronische Struktur von leitenden Polymeren sowie Struktur und Dynamik von Monoschichten aus langkettigen Alkylderivaten untersucht. Die Erforschung von molekularen Packungen, Epitaxie mit dem Substrat, Defekt- und Domänenbeweglichkeit sowie die Fähigkeit, Materialien im Nanometerbereich zu modifizieren, wird von entscheidender Wichtigkeit für die planmäßige Herstellung von Dünnschichtstrukturen sein. Ein wichtiger Aspekt ist die chemische Charakterisierung von Materialien im Nanometerbereich.

reich, das heißt das Wissen um ihre Zusammensetzung, die Valenzzustände und die molekularen Energieniveaus. Detaillierte Informationen hierüber erhält man mit der Photoemissionsspektroskopie. Salaneck gibt einen nützlichen Überblick über diese Technik und führt Beispiele wie Filme von konjugierten Polymeren auf Metalloberflächen an. Im letzten Kapitel beschäftigt sich Göpel mit der Präparation molekularer Dünnschichtstrukturen durch Abscheidung aus der Dampfphase und deren Charakterisierung im Ultrahochvakuum. Von besonderem Interesse sind dabei die Veränderungen der strukturellen und elektronischen Eigenschaften bei der Erhöhung des Bedeckungsgrades von einer Sub-Monoschicht über die Monoschicht bis zu Multischichten sowie bei Behandlung mit Gasen wie Sauerstoff. Elektronenenergieverlust-, Photoemissionsspektroskopie sowie Leitfähigkeitsmessungen an molekularen Sandwichstrukturen wie Phthalocyaninfilmen werden diskutiert.

Fazit: Das Buch liefert einen aktuellen Überblick über Forschungsaktivitäten und Konzepte auf dem Gebiet der molekularen Elektronik und wird für Leser verschiedener Interessensrichtungen nützlich sein.

Thomas Bein
Department of Chemistry
Purdue University
West Lafayette, IN (USA)