

Entwicklung eines Nanostrukturassamblers mit Motorproteinsteuerung (NAMOS)

Die Motivation: Parallele Prozesse für die Nanoelektronik

Einzelne Atome mit einem Rasterkraftmikroskop zu bewegen und positionieren zu können, ist beeindruckend und hat vor vielen Jahren zu einem wachsenden Interesse an der Nanotechnologie beigetragen. Eindrucksvoll konnte damit demonstriert werden, wie ein Strukturaufbau in Größenbereichen funktioniert, bei dem lithographische Methoden aufgrund physikalischer Grenzen scheitern müssen. Es sind dabei die grundlegend veränderten physikalischen und chemischen Eigenschaften von Festkörpern, die eine Verkleinerung von Komponenten in den Nanometermaßstab so interessant machen.

Wie auch in der "konventionellen" Mikroelektronik werden jedoch in den seltensten Fällen einige wenige Strukturelemente für praktische Anwendungen ausreichen. Gerade aufgrund der möglichen extrem hohen Integration ist für die meisten sinnvollen Aufgaben vielmehr mit Tausenden von gezielt platzierten Nanoteilchen zu rechnen. Einzelmanipulationen in einer seriellen Technik sind damit völlig undenkbar. Für eine Nutzung der bereits vielfältig konzipierten nanoskopischen Funktionselemente im Bereich Nanoelektronik / Nanomechanik besteht damit ein wesentliches Hindernis: Es fehlen geeignete Werkzeuge, um nanoskopische Funktionselemente zielsicher und reproduzierbar in die jeweiligen makroskopischen oder mikroskopischen Funktionselemente integrieren zu können. Jedoch gibt es in der Natur hierzu Vorbilder. Die lebende Zelle mit ihren vielgestaltigen Strukturen kann als eine hochkomplexe mikroskopische "Fabrik" mit unterschiedlichen nanoskopischen Funktionseinheiten oder "Maschinensystemen" verstanden werden, die in komplexer Weise zur

Erfüllung ganz spezifischer Aufgaben angeordnet sind.

Nachdem gezeigt werden konnte, dass solche zellulären Maschinen auch in vitro funktionsfähig sein können, liegt der Gedanke nahe, hierauf aufbauend nach einer Lösung zur Manipulation von nanoskopischen Funktionselementen mit diesen zellulären Maschinen in technischen Mikrostrukturen zu suchen.

Das Projekt "Namos" verfolgt eine grundlegend neue Herangehensweise an dieses Problem: Zunächst werden Strömungsmechanismen zur Generierung von nanoskaligen Strukturen genutzt. Insbesondere sollen damit auch zelluläre Maschinen kontrolliert auf einem Substrat angeordnet werden. Unter Anwendung von molekularen Selektionsmechanismen sollen darüber hinaus elektrische und nanomechanische Netzwerke erzeugt werden.

Biologische Prinzipien als Lösungsweg

Basis für den Aufbau elektrisch leitender Netzwerke bilden DNA-Moleküle. Diese werden durch ein spezielles Verfahren, das am Institut für Werkstoffwissenschaft der TU Dresden entwickelt wurde, metallisiert. Dabei können die so entstehenden Leitbahnen aus unterschiedlichen Metallen hergestellt werden. Bei einfachen Aufbauten ist eine Positionierung bereits unter Einfluß einer Flüssigkeitsströmung möglich, wobei die Adressierung bestimmter Positionen über spezifische Bindungen nach dem Schlüssel-Schloß-Prinzip erfolgt.

Darüber hinaus eröffnet sich aufgrund des spezifischen Aufbaus der DNA eine nachträgliche Möglichkeit zur Strukturkontrolle: In Verallgemeinerung des Darwin'schen Evolutionsprinzips

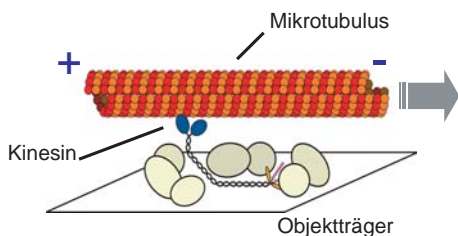


Abb. 1: Bewegung von Mikrotubuli durch Motorproteine (Kinesin) auf einer Oberfläche
(Bild: Max-Planck-Institut für Molekulare Zellbiologie und Genetik Dresden)

Am Projekt beteiligte Partner:

- Namos GmbH Bannewitz
- TU Dresden, Institut für Werkstoffwissenschaft
- Max-Planck-Institut für Molekulare Zellbiologie und Genetik Dresden
- GeSiM mbH Rossendorf

bewirkt ein gezieltes Schneiden der DNA eine Selektion der bereits gebildeten Strukturen.

Ein noch effektiverer Transportmechanismus soll durch Motorproteine erreicht werden, die mit Mikrotubuli (röhrenförmigen Proteinstrukturen) interagieren. Diese Spezialität des Max-Planck-Institutes für Molekulare Zellbiologie und Genetik erfüllt die Aufgabe eines Transportsystems: Auf strukturierten Substraten können sich Mikrotubuli mit Hilfe der Motorproteine bewegen und Nanostrukturen wie beispielsweise DNA-Moleküle kontrolliert binden.

Der Nanoassembler und erste Anwendungen

Unser langfristiges Ziel ist es, Motorproteine zur Generierung von nanoskaligen Strukturen zu nutzen und aus diesen unter Anwendung von molekularen Selektionsmechanismen elektrische und nanomechanische Netzwerke zu erzeugen.

Die Strukturierung metallisch leitender Oberflächen unter Nutzung von Transportsystemen erschließt für die Mikroelektronik völlig neue Anwendungsmöglichkeiten. Es vollzieht sich damit ein Paradigmenwechsel von der "top down" - zur "bottom up" -Technologie in der Mikrostrukturtechnik.

Der Aufbau nanoskaliger Strukturen soll dabei vollständig automatisiert in einem "Nanoassembler" ablaufen, einer aus verschiedenen Reservoirs gespeisten Durchflusszelle. Vom Projektpartner GeSiM mbH wird ein System für das Flüssigkeitshandling entwickelt, das in mehreren Schritten verschiedene Funktionsabläufe durchführen kann und so den vollständigen Strukturierungsprozess programmgesteuert ermöglicht.

Als ein prototypisches Beispiel für die Anwendung des Nanoassemblers wird vom Projektpartner Namos GmbH ein nanoskaliger Präzisionsdehnmessstreifen auf Basis metallisierter DNA entwickelt. Vorteil der verwendeten Nanostruktur ist deren definiertes Materialverhalten, das zu besonders reproduzierbaren Messergebnissen führt. Damit soll ein einfaches und kostengünstiges Messprinzip mit einer Auflösung realisiert werden, die bislang nur wesentlich teureren elektromechanischen Methoden vorbehalten waren. Das Ziel des Projektpartners an der TU Dresden ist auf den Aufbau einfacher elektrischer Schaltkreisstrukturen aus Nanodrähten ausgerichtet, die in eine mikroelektronische Kontaktstruktur integriert sind, während die Arbeitsgruppe am MPI für Molekulare Zellbiologie und Genetik einen Kinesin-Mikrotubulin-Assay als Demonstrator für aktive zelluläre Maschinen auf einem Glasträger aufbauen wird.

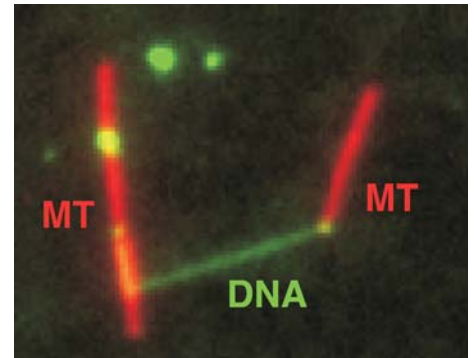


Abb. 2: Positionierung von Nanoelementen: Eine DNA wird durch zwei Mikrotubuli gestreckt und transportiert (Bild: Max-Planck-Institut für Molekulare Zellbiologie und Genetik Dresden und TU Dresden, Institut für Werkstoffwissenschaft)



Abb. 3: Mikroskopierzelle als Basis für einen Nanoassembler (Bild: GeSiM mbH Rossendorf)

Ihr Ansprechpartner für weitere Informationen:

Namos GmbH Bannewitz
Windbergstr. 54
01728 Bannewitz
Dr. Jürgen Hofinger
Tel. 0351 / 4790 610
Fax 0351 / 4790 611
Mail juergen.hofinger@namos.de