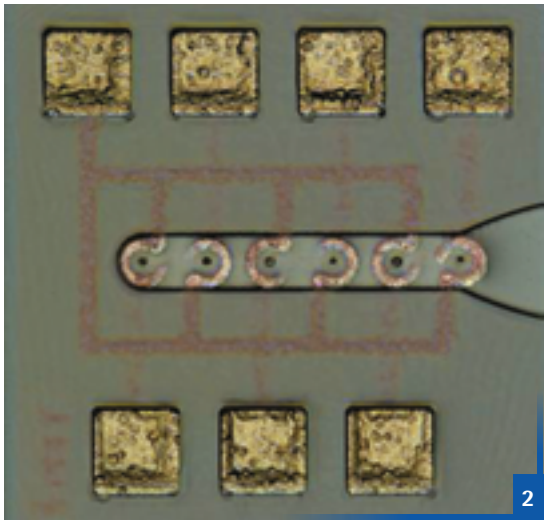
Engineering des Unsichtbaren

INTERDISZIPLINÄRE VERNETZUNG IM LABORATORIUM FÜR NANO- UND QUANTENENGINEERING

Das Laboratorium für Nano- und Quantenengineering (LNQE) ist ein interdisziplinäres Forschungszentrum der Leibniz Universität Hannover auf dem Gebiet Nanotechnologie, in dem verschiedene Fachgebiete fokussiert und gebündelt werden, um aufbauend auf zielgerichteter Grundlagenforschung neue Anwendungsfelder zu erschließen und die Nanotechnologie wirtschaftlich zu nutzen. Inhaltliche Ziele sind hierbei sowohl exzellente Grundlagenforschung als auch anwendungsbezogenes Engineering im Nanobereich. Fünf Wissenschaftler der Leibniz Universität Hannover stellen das Laboratorium für Nano- und Quantenengineering vor.

1


2

Nanotechnologie

Der Sammelbegriff Nanotechnologie beschreibt die Erforschung und Manipulation von Dingen auf atomarer und molekularer Größe. Generell beschäftigt sich die Nanotechnologie mit Strukturen im Größenbereich von einem bis 100 Nanometer in mindestens einer Raumrichtung. 100 Nanometer sind in etwa ein Tausendstel des Durchmessers eines normalen menschlichen Haares. Bei diesen kleinen Abmessungen treten Oberflächeneigenschaften gegenüber den Volumeneigenschaften der Materialien immer mehr in den Vordergrund und darüber hinaus können quantenphysikalische Effekte auftreten, die in unserer makroskopischen Welt nicht vorkommen. Nanotechnologie ist also die Technologie der kleinen Dinge mit neuen Eigenschaften und Funktionalitäten.

Nanoengineering ist das Engineering auf der Nanoskala, also das gezielte Herstellen und Nutzen von Strukturen der Nanotechnologie wie zum Beispiel winzigster Transistoren auf Computerchips. Der mit dem Nanoengineering eng verwandte Begriff Quantenengineering zielt auf die Erzeugung und Nutzung bestimmter quantenphysikalischer Zustände ab, wie etwa der Realisierung eines Bose-Einstein-Kondensats oder eines elektronischen Bauelements mit gezielt eingestelltem Elektronenspin. Die Größe solcher Systeme liegt oft ebenfalls im Nanometerbereich.

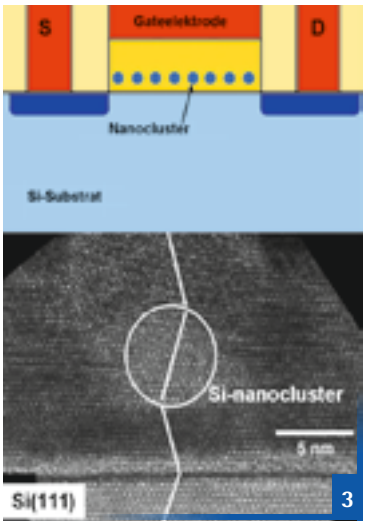
Nanoengineering an der Leibniz Universität Hannover

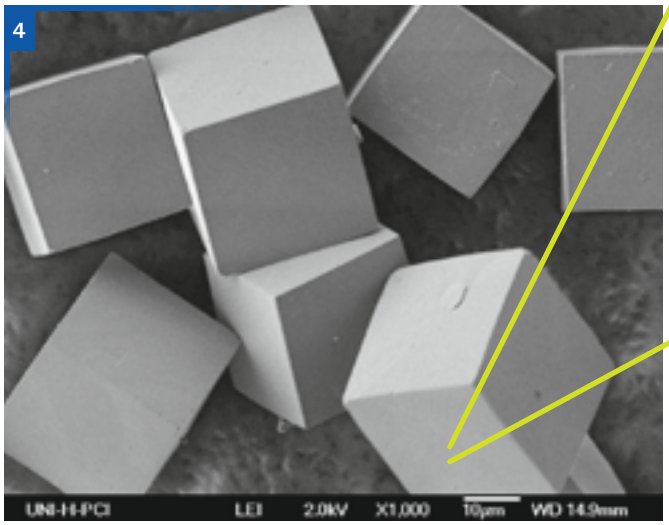
Nanotechnologie ist sehr vielfältig, sie reicht von der fortschreitenden Miniaturisierung der Mikrotechnologie und Mikroelektronik über komplett neue, revolutionäre Ansätze basierend auf molekularer Selbstanordnung, über die Materialentwicklung im Nanometerbereich (Nanomaterialien, Nanopartikel) bis hin zur direkten Kontrolle von Materie auf der atomaren Skala. Projekte der Nanotechnologie können fast immer nur in Zusammenarbeit verschiedener Fachrichtungen zum Erfolg geführt werden. Das Laboratorium für Nano- und Quantenengineering ist ein interdisziplinäres Forschungszentrum

(siehe Infokasten) der Leibniz Universität Hannover auf dem Gebiet Nanotechnologie, wobei der Fokus auf dem Engineering liegt. Es vernetzt zurzeit 28 Arbeitsgruppen aus den Natur- und Ingenieursfakultäten, die bei nanotechnologischen Fragestellungen gemeinsam Projekte bearbeiten.

Ausbildung zum Nanotechnologen

Durch das Laboratorium für Nano- und Quantenengineering initiiert, bietet die Leibniz Universität Hannover seit dem Wintersemester 2008 den interdisziplinären Bachelorstudiengang Nanotechnologie an (ab Wintersemester 2011/2012 auch als Masterstudiengang). Der Bachelorstudiengang Nanotechnologie vermittelt die Grundlagen in den Kernfächern Chemie, Elektrotechnik, Maschinenbau und Physik (ergänzt durch Mathematik), wobei den Erfordernissen, die aus der Nanotechnologie erwachsen, im Besonderen Rechnung getragen wird. Im Verlauf des Bachelorstudiengangs kommt es dann zur Vertiefung in zweien von vier Kompetenzfeldern. Hinzu kommen die praktische Ausbildung durch eine Studienarbeit und durch insgesamt zwölf Wochen berufspraktische Tätigkeiten sowie Fachexkursionen. Der Bachelorstudiengang wird mit einer Bachelorarbeit als Abschlussarbeit beendet.





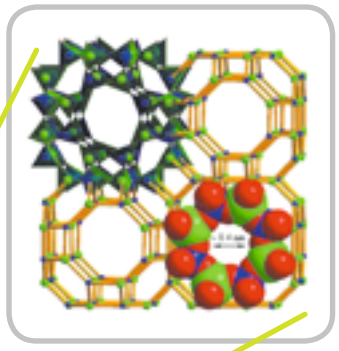


Abbildung 1
Mit dem Rasterkraftmikroskop erzeugter Quantenpunkt, durch den sich nur einzelne Elektronen bewegen können
Quelle: R. Haug, Institut für Festkörperphysik

Forschungszentren an der Leibniz Universität Hannover

Zur Förderung interdisziplinärer Forschung und wettbewerbsfähiger Schwerpunkte gibt es hochschulintern eine innovative Organisationsstruktur. Das System untergliedert sich in die interdisziplinär ausgerichteten Forschungsinitiativen, Forschungszentren und die Leibniz Forschungsschulen. Forschungszentren als zweite Stufe kennzeichnen eine internationale und hohe wissenschaftliche Sichtbarkeit der Forschungsaktivitäten; sie werden regelmäßig extern begutachtet und schließen auch die Beteiligung externer Forschungseinrichtungen ein. Zurzeit sind fünf Einrichtungen als Forschungszentrum eingerichtet.

Die Mitglieder stützen das Laboratorium mit einem jährlichen finanziellen Mitgliedsbeitrag. Inhaltliche Ziele sind hierbei sowohl exzellente Grundlagenforschung als auch anwendungsbezogenes Engineering im Nanobereich, begleitet durch entsprechende fachübergreifende Ausbildung. In den Abbildungen 1 bis 4 sind Beispiele für Nanoengineering aus den Arbeitsgruppen gezeigt.

Forschungsbau

Zur Verwirklichung seiner Ziele betreibt das Laboratorium für Nano- und Quantenengineering ein eigenes Forschungsgebäude in Hannover, unter anderem mit Laboren, Geräten und insbesondere Reinräumen. Die Labore, der Forschungsreinraum und die Büroräume für mehr als 44 Personen werden für interdisziplinäre Projekte, insbesondere aus erfolgreich eingeworbenen, größeren Drittmittelprojekten der Mitglieder genutzt. Durch das Gebäude werden hochwertige Infrastruktur und Technologien sowie Methoden bereitgestellt, die den einzelnen Arbeitsgruppen ansonsten nicht zur Verfügung stehen. Dadurch wird es möglich, komplexe Problemstellungen zu lösen, die Kompetenzen aller Fachrichtungen bei allen Teilschritten der Problemlösung gleichzeitig benötigen. Durch die Beteiligung von Naturwissen-

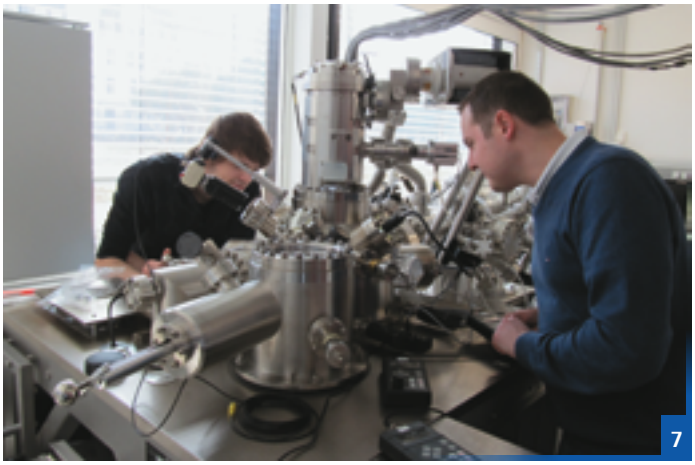
Abbildung 2
Mikroaktor zur Manipulation magnetischer Nanopartikel
Quelle: L. Rissing, Institut für Mikroproduktionstechnik

Abbildung 3
Konzept für eine neuartige, nichtflüchtige Speicherzelle, in der die Informationen in kleinsten (Durchmesser zwei Nanometer) halbleitenden Nanoclustern gespeichert werden. Unten ist ein solcher Nanocluster gezeigt, der mit Methoden der Molekularstrahlepitaxie hergestellt wurde.
Quelle: J. Osten, Institut für Materialien und Bauelemente der Elektronik

Abbildung 4
Kristallines Aluminiumphosphat mit Nanoporenstruktur als Speichermaterial, Katalysator und Gastrennmembran
Quelle: J. Caro, Institut für Physikalische Chemie und Elektrochemie

5

6


7

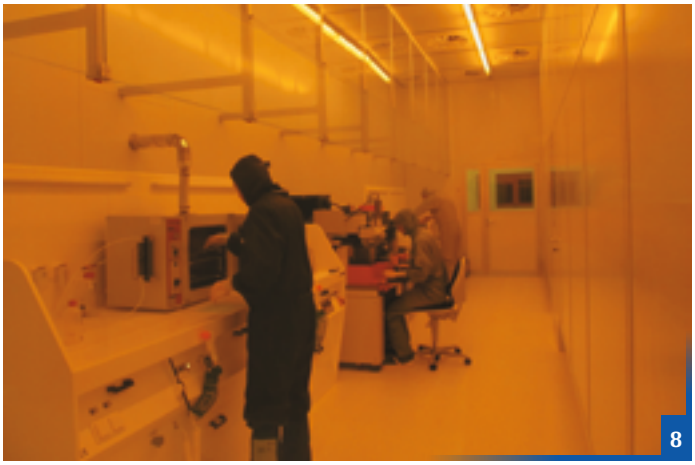

8

Abbildung 5
LNQE Forschungsbau am Schneiderberg 39, 30167 Hannover, Deutschland

Abbildung 6
Hochwertige Labore mit Klimatisierung, vielen Medien und Abzügen

Abbildung 7
Sonderlabore für Großgeräte, hier ist ein neues 4-Spitzen STM/SEM gezeigt.

Abbildung 8
Großer Forschungsreinraum (ISO5/RK 100 im Handlingbereich) mit einer kompletten Gerätelinie für Mikroelektronik und Gelblichtbereichen für die Photolithografie

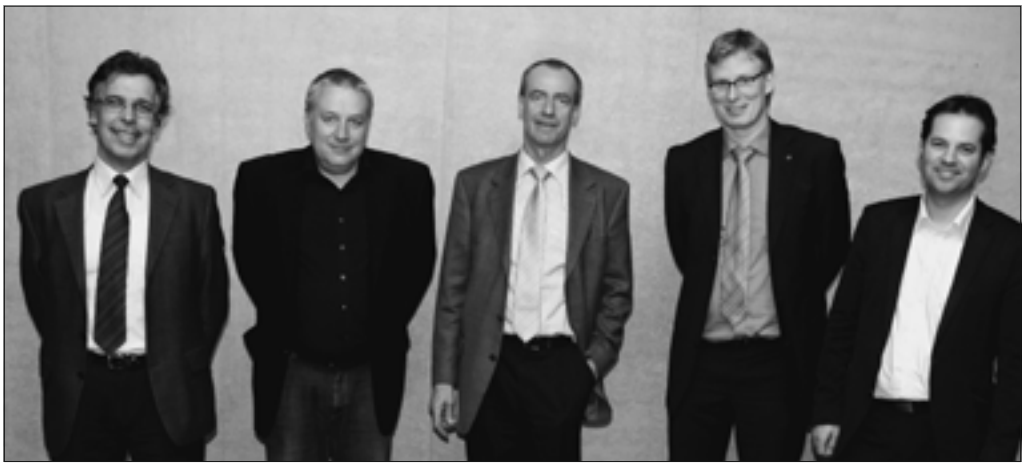
schaftlern und Ingenieuren werden hierbei sowohl die Grundlagen als auch mögliche neuartige Anwendungen von Anfang an gleichwertig verfolgt. Der Neubau wurde mit Bundesmitteln nach einer Empfehlung durch den Wissenschaftsrat in besonderer Weise gefördert.

Forschungsbau
Laboratorium für Nano- und Quantenengineering

Räume/Hauptnutzflächen
- Labore (435 Quadratmeter): Laserlabore, Chemielabore, Messlabore
- Forschungsreinraum (409 Quadratmeter)
- Büroräume für 44 Personen (509 Quadratmeter)

Personen
- Betreiberteam
- 40 Wissenschaftler aus den Bereichen Chemie, Elektrotechnik, Maschinenbau und Physik

Förderung
- Der Forschungsbau wird nach einer erfolgreichen Evaluation durch den Wissenschaftsrat (nach Artikel 91b Abs. 1 Nr. 3 des Grundgesetzes) durch den Bund gefördert.



Autoren sind der Vorstand und Geschäftsführer des Laboratoriums für Nano- und Quantenengineering: Prof. Dr. Rolf Haug, Prof. Dr. H. Jörg Osten, Prof. Dr. Jürgen Caro, Prof. Dr.-Ing. Lutz Rissing und Dr. Fritz Schulze Wischeler (v. l. n. r.).

Prof. Dr. Rolf Haug
Jahrgang 1958, ist seit 1995 Professor am Institut für Festkörperphysik, Abteilung Nanostrukturen, und Sprecher des Vorstandes. Seine Forschungsschwerpunkte sind nanostrukturierte Halbleiter mit dem Fokus auf elektrische Eigenschaften von Systemen mit reduzierten Dimensionen. Kontakt: haug@nano.uni-hannover.de

Prof. Dr. H. Jörg Osten
Jahrgang 1957, ist seit 2002 Professor am Institut für Materialien und Bauelemente der Elektronik und beschäftigt sich mit der Erforschung von neuen, insbesondere kristallinen Materialien für die Si-basierende Mikro- und Nanoelektronik. Kontakt: osten@mbe.uni-hannover.de

Prof. Dr. Jürgen Caro
Jahrgang 1951, ist seit 2001 Professor am Institut für Physikalische Chemie und Elektrochemie. Seine Kernkompetenzen sind Katalyse, Membrane, Poröse Materialien, Wirt/Gast-Komposite, Brennstoffzellen, Farbstoff-Solarzellen und Elektronenmikroskopie. Kontakt: juergen.caro@pci.uni-hannover.de

Prof. Dr.-Ing. Lutz Rissing
Jahrgang 1966, ist seit 2010 Professor am Institut für Mikroproduktionstechnik. Seine Forschungsschwerpunkte sind Dünnfilmtechnik, mechanische Mikrobearbeitung, Aufbau- und Verbindungstechnik und Mikrotribologie. Kontakt: rissing@impt.uni-hannover.de

Dr. Fritz Schulze Wischeler
Jahrgang 1971, ist promovierter Festkörperphysiker und seit 2005 Geschäftsführer des Laboratoriums für Nano- und Quantenengineering. Kontakt: schulze-wischeler@lnqe.uni-hannover.de