



Laboratorium für  
Nano- und Quantenengineering

11  
102  
1004

Leibniz  
Universität  
Hannover



# Jahresbericht 2013

Laboratorium für Nano- und Quantenengineering

# Annual Report 2013

Laboratory of Nano and Quantum Engineering

## Seite | Inhalt

*Page | Content*

- 3 | Grußworte  
*Greetings*
- 4 | Ziel des Laboratoriums  
*Goals of the Laboratory*
- 6 | Forschung  
*Research*
- 10 | Mitglieder  
*Members*
- 20 | Aktuell in 2013  
*News in 2013*
- 22 | NanoDay 2013  
*NanoDay 2013*
- 26 | Forschungsbau  
*Research building*
- 34 | Studiengang Nanotechnologie  
*Study Course Nanotechnology*
- 40 | Promotionsprogramm "Hannover School for Nanotechnology"  
*PhD program "Hannover School for Nanotechnology"*
- 49 | Aktivitäten in 2013  
*Activities in 2013*

## Impressum

### *Imprint*

Herausgeber/*Editor*:  
Laboratorium für  
Nano- und Quantenengineering  
Leibniz Universität Hannover  
Schneiderberg 39  
30167 Hannover  
Germany  
[www.LNQE.uni-hannover.de](http://www.LNQE.uni-hannover.de)

Verantwortlich/*Responsible*:  
Fritz Schulze Wischeler

Druck/*Print*:  
Druck Team Druckgesellschaft mbH,  
Hannover

Titelbild/*Cover picture*  
Eröffnungsfeier der Hannover School  
for Nanotechnology/*Opening Cer-*  
*emony Hannover School for Nano-*  
*technology*  
(Foto: L. David)

## Liebe Leserin, lieber Leser,

das Jahr 2013 stand für uns ganz im Zeichen unseres zusammen mit Partnern aus der Hochschule Hannover neu eingeworbenen Niedersächsischen Promotionsprogramms „Hannover School for Nanotechnology“ (hsn).

Die hsn befasst sich mit der Wandlung, dem Transport und der Speicherung von Energie. Das Gebiet der Nanotechnologie kann hier wichtige Beiträge durch verbessertes Grundlagenverständnis der Energieprozesse auf der Nanoskala leisten. Die Nanotechnologie ist eine interdisziplinäre Wissenschaft, entsprechend interdisziplinär werden die Doktorandinnen und Doktoranden in speziellen Vorlesungen und Blockveranstaltungen ausgebildet.

Es bewarben sich 159 Bewerberinnen und Bewerber aus 28 verschiedenen Ländern auf ein Stipendium. Dementsprechend beträchtlich war der Aufwand für den Aufnahmeausschuss, die Bewerbungen zu sichten und zu bewerten. In einem zweiten Schritt wurden die besten Kandidatinnen und Kandidaten durch Ihre möglichen Betreuer interviewt und letztendlich an die 15 Besten ein Stipendium vergeben.

Sehr erfolgreich entwickelt sich unser Studiengang Nanotechnologie. Im Wintersemester begannen 60 neue Studierende ihr Bachelorstudium in Hannover, das sind fast 50 % mehr Anfänger als im Vorjahr. Zusammen mit den Studierenden im Masterstudiengang hat der Studiengang Nanotechnologie insgesamt jetzt über 180 Studierende ...Tendenz steigend!

Ansonsten gab es auch 2013 spannende neue Forschungsergebnisse und neue diverse schöne Vorträge im Rahmen unserer LNQE-Kolloquiumsreihe. Am 10.10.2013 – Einen Tag vor unserer feierlichen hsn-Eröffnung – fand unser jährlicher Nanoday statt, diesmal bereits zum neunten Mal.

Viele Spaß beim Lesen!

## Dear Reader,

*2013 was for us all about our newly acquired Lower Saxony doctoral program "Hannover School for Nanotechnology" (hsn) that we have raised along with partners of the University of Applied Sciences and Arts in Hannover.*

*The hsn deals with the conversion, transport and storage of energy. It is expected that the field of nanotechnology will make here important contributions through an improved fundamental understanding of energy processes at the nanoscale. Nanotechnology is an interdisciplinary science; accordingly our doctoral students are trained in special interdisciplinary lectures and block courses.*

*159 candidates from 28 different countries applied for a scholarship. Considerable effort of the Admissions Committee was necessary to sift through the applications and to evaluate them. In a second step, the best candidates were interviewed by the potential supervisors and finally the top 15 were awarded with a scholarship.*

*Our study course on nanotechnology develops very successful. In the winter semester 60 new students started their undergraduate studies in Hannover, which are almost 50 % more beginners than last year. Together with the students of the master course the study course nanotechnology has now more than 180 students ... and the numbers are still increasing!*

*There were also very interesting results in research and several nice talks in 2013 as part of our LNQE colloquium series. On 10.10.2013 - one day before our celebratory hsn opening - our annual NanoDay was held, this time already for the ninth time.*

*Enjoy the reading!*



Prof. Dr. Rolf J. Haug  
- Sprecher des Vorstandes -  
- Speaker of the executive board -

## Ziele des Laboratoriums

### *Goals of the Laboratory*



LNQE-Forschungsbau am  
Schneiderberg 39, 30167 Hannover,  
Deutschland  
*LNQE Research building at Sch-  
neiderberg 39, 30167 Hannover,  
Germany.*

Die Synthese und Kontrolle von Materialien auf Größenskalen im Mikro- bis Nanobereich liefert den Zugang zu völlig neuartigen Material- und Systemeigenschaften. Auf diesen Skalen treten Quanteneffekte in Erscheinung, in denen ein noch weitgehend unausgeschöpftes Potenzial an revolutionären, neuartigen Funktionalitäten liegt. Die kontrollierte Manipulation und Beherrschung solcher Materialien und Funktionalitäten erfordert neuartige Werkzeuge. Die Forschung von Naturwissenschaftlern und Ingenieuren fließt bei diesen Strukturgrößen zusammen und setzt so synergetisch Ressourcen frei. Hieraus entwickeln sich völlig neue, nanotechnologische Bauelemente.

Für die dazu erforderliche interdisziplinäre Forschung findet sich im Laboratorium für Nano- und Quantenengineering eine Basis. Hierzu wird in einer breiten Anstrengung das Know-how verschiedener Fachgebiete fokussiert und gebündelt, um aufbauend auf zielgerichteter Grundlagenforschung neue Anwendungsfelder zu erschließen und die Nanotechnologie wirtschaftlich zu nutzen.

Zweck des LNQE ist die selbstlose Förderung der angewandten Forschung auf dem Gebiet mesoskopischer Systeme im Mikro- und Nanobereich. In diesem Rahmen führt die Einrichtung Forschungsvorhaben in interdisziplinärer Zusammenarbeit durch. Deren Ergebnisse macht die Einrichtung der interessierten Öffentlichkeit in geeigneter Form zugänglich.

*Synthesis and control of materials on the micro and nanometer scale gives access to all new material and system properties. On this scale quantum effects appear which have the potential to provide revolutionary capabilities. The manipulation and control of such materials needs new tools. The development of structures on such small scales causes the merger of the research of scientists and engineers. This promotes collaboration and hence the sharing of resources, which leads to new solutions for nanotechnology devices.*

*The Laboratory of Nano and Quantum Engineering provides a base for such essential interdisciplinary research. The know-how of different fields will be focused together to develop new areas of application based on targeted basic research and to utilize nanotechnology economically.*

*The aim of the LNQE is the selfless support of applied research in the field of mesoscopic systems on the micro and nano-scale. Within this scope, the organization undertakes research projects in interdisciplinary cooperation and makes the results available to the interested public in a suitable form.*

*The main task of the organization is basic research in mesoscopic scales and transfer of knowledge into practical application, particularly in the major fields of nanomaterials, mechanics / magnetics, nanoelectronics, optics, quantum systems. A further aim is the education and promotion of young researchers in these fields.*

#### Leibniz Forschungszentrum LNQE

Zur Förderung interdisziplinärer Forschung gibt es in der Leibniz Universität Hannover hochschulintern eine innovative Organisationsstruktur, welches untergliedert ist in interdisziplinär ausgerichteten Leibniz Forschungsinitiativen, Leibniz Forschungszentren und die Leibniz Forschungsschulen, in denen hoch relevante Schwerpunktthemen fach- und fakultätsübergreifend bearbeitet werden. Das LNQE ist eine von zurzeit acht Einrichtungen, die als Leibniz Forschungszentrum eingestuft sind.

Aufgabe der Einrichtung ist die Grundlagenforschung in mesoskopischen Größenskalen und deren Umsetzung in praktische Anwendung, insbesondere in den Schwerpunktfachgebieten Nanomaterialien, Mechanik/Magnetik, Nanoelektronik, Optik, Quantensysteme sowie Ausbildung und Nachwuchsförderung auf diesen Gebieten.

Hierbei hat die Einrichtung insbesondere

- Forschungs- und Entwicklungsvorhaben durchzuführen, die sich auf die Erschließung neuer oder die Verbesserung bereits bekannter Anwendungsmöglichkeiten für Mikro- und Nanotechnik richten;
- Für die praktische Anwendung wissenschaftlicher Erkenntnisse zu sorgen und Kräfte der angewandten Forschung und der Praxis zusammenzuführen;
- Aus- und Fortbildungstätigkeit zu leisten und Hilfseinrichtungen für die wissenschaftliche Arbeit und deren Auswertung in der angewandten Forschung zu betreiben;
- Die interdisziplinäre Zusammenarbeit der einzelnen Mitglieder zu fördern und zu verbessern, insbesondere durch die Einrichtung eines gemeinsamen Pools von Verfahrens- bzw. Diagnostiktechniken, der den einzelnen Mitgliedern zur Verfügung steht;
- Bei Erfüllung der ordnungsgemäßen Aufgaben der Einrichtung mit anderen Forschungseinrichtungen des In- und Auslands zusammenzuarbeiten.

Zur Verwirklichung seiner Zwecke und Aufgaben betreibt das Laboratorium für Nano- und Quantenengineering ein eigenes Gebäude in Hannover mit Laboren, Geräten etc. und insbesondere Reinräumen.

*The LNQE would like to achieve the following goals;*

- *Execute research and development which is directed to open up new applications or improve already known applications for micro- and nano-scale techniques.*
- *Arrange for practical application of scientific findings and to combine the forces of applied research and practice.*
- *Give education and training and to operate auxiliary facilities for the scientific work and its realization in applied research.*
- *Promote and improve the interdisciplinary cooperation of its individual members, in particular by implementing a shared pool of processing and diagnostic techniques, which is accessible by the individual members.*
- *Cooperate with other research centers, both in Germany and abroad.*

*To realize its mission the Laboratory of Nano and Quantum Engineering runs its own building in Hanover hosting labs, equipment, etc. and in particular clean room facilities.*

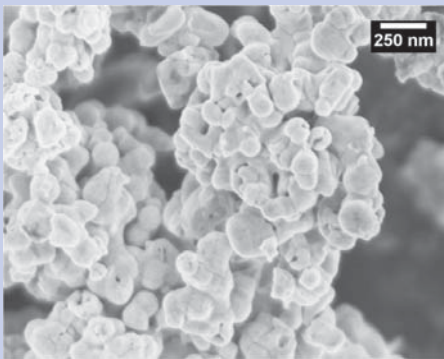
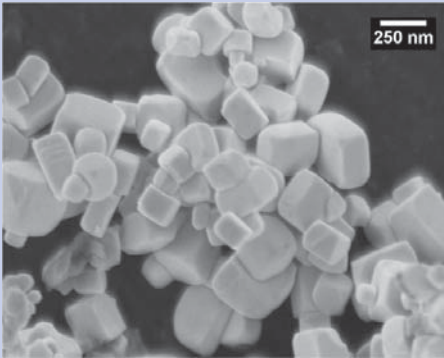


Die LNQE-Kolloquiumsreihe  
- Hier zum Thema TEM am  
16. Januar 2013.  
*The LNQE Colloquium series -  
here on the subject of TEM at  
16 January 2013.*

#### **Leibniz Research Center LNQE**

*Leibniz Universität Hannover has set up its own innovative organizational structure to promote interdisciplinary research, consisting of Leibniz Research Initiatives, Leibniz Research Centers and Leibniz Research Schools. The system enables scientists to pursue cutting-edge research across traditional subject and faculty boundaries. The LNQE is one of eight facilities currently ranked as a Leibniz Research Center.*

## Forschung Research



Rasterelektronenmikroskop-Aufnahmen von reinem (oben) und La-dotiertem  $\text{NaTaO}_3$  zur photokatalytische Wasserspaltung. *Scanning electron microscope images of pure (top) and La-doped  $\text{NaTaO}_3$  for photocatalytic water splitting.*

(I. Ivanova, T. Kandiel, D. Bahnemann/TCI)

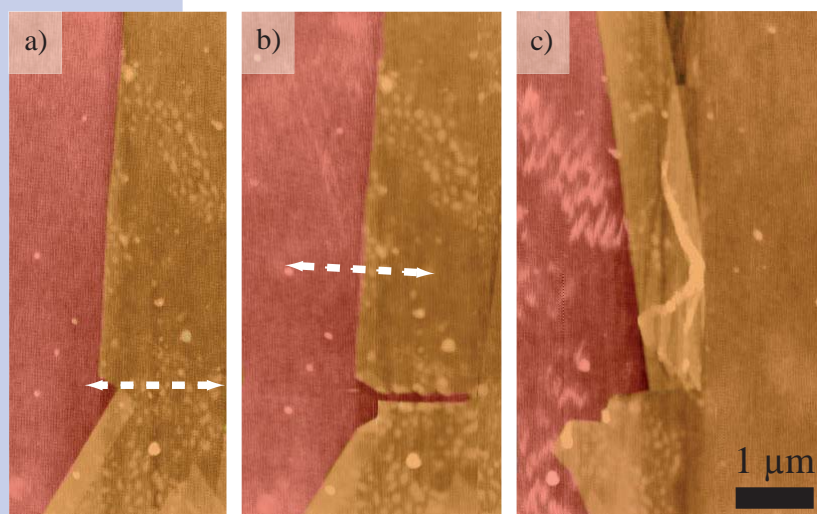
Der Sammelbegriff Nanotechnologie beschreibt die Erforschung und Manipulation von Dingen auf kleinsten Dimensionen. Generell beschäftigt sich die Nanotechnologie mit Strukturen im Größenbereich von 1-100 Nanometer in mindestens einer Raumrichtung. 100 Nanometer sind in etwa ein Tausendstel des Durchmessers eines normalen menschlichen Haares. Bei diesen kleinen Abmessungen treten Oberflächeneigenschaften gegenüber den Volumeneigenschaften der Materialien immer mehr in den Vordergrund und darüber hinaus müssen oft quantenphysikalische Effekte berücksichtigt werden. Nanotechnologie ist also die Technologie der kleinen Dinge mit neuen Eigenschaften und Funktionalitäten.

Nanoengineering ist das Engineering auf der Nanoskala, also das gezielte künstliche Herstellen von Strukturen der Nanotechnologie wie zum Beispiel winzigster Transistoren auf Computerchips. Der mit dem Nanoengineering eng verwandte Begriff Quantenengineering zielt auf die Erzeugung und Manipulation eines definierten Quantenzustandes ab, wie zum Beispiel der Realisierung eines Bose-Einstein-Kondensats

*The collective term nanotechnology describes the study and manipulation of objects at the smallest dimensions. In general, nanotechnology deals with structures ranging in size from 1-100 nanometers in at least one spatial direction. 100 nanometers are roughly one-thousandth of the diameter of a normal human hair. With these small dimensions, surface properties come to the forefront compared with the bulk properties of materials and often quantum effects must be considered. Nanotechnology is the technology of small things with new features and functionalities.*

*Nano engineering is engineering on the nanoscale, i. e. the selective artificial fabrication of nanotechnology structures such as tiny transistors on computer chips. The closely related term, quantum engineering, aims to produce and manipulate a defined quantum state, such as the realization of a Bose-Einstein condensate or an electronic device with controllable electron spin. The size of such systems is also often in the nanometer range.*

*Examples of current research in the laboratory are quantum interference*



Farblich verstärkte Entwicklung von AFM-Topographie-Bildern, die einen mechanisch ausgelösten Faltungsprozess auf einer Graphen-Monolage zeigen. Weiße Pfeile zeigen manipulative Spitzenbewegung an.

*Color enhanced progression of AFM topography pictures, showing a mechanically initiated folding process on a graphene monolayer. White arrows indicate manipulative tip movement.*

(J. Rode, R. Haug/FKP(Nano))

oder eines Bauelements mit gezielt eingestelltem Elektronenspin. Die Größe solcher Systeme ist oft ebenfalls im Nanometerbereich.

Beispiele für aktuelle Forschungsarbeiten im Laboratorium sind Quanteninterferenz und Quantentransport in niedrigdimensionalen Systemen, Quantensensoren auf der Basis von integrierten atomoptischen Systemen, atomare Systeme in Nanostrukturen, atomare Inertialsensoren, Einsatz von einfachen und gekoppelten Quantenpunktsystemen bei der Quanteninformationsverarbeitung und sowie Spineffekte. Anwendung von nanoskaligen Materialien in Dünnschichtsolarzellen, Herstellung und Charakterisierung von Photonischen Kristallen, Nanostrukturen und Bausteine für die Plasmonik, Kohärenzeffekte bei der Elektron-Loch-Spin-Kopplung und Anwendung von spinpolarisierten Ladungsträgern in Halbleiterlasern.

Nanomaterialien verschiedenster Form, Stoffzusammensetzung und Größe im Nanometerbereich werden im Laboratorium hergestellt und untersucht. Nanopartikel besitzen aufgrund ihrer kleinen Abmessungen spezielle chemische und physikalische Eigenschaften, die sich deutlich von den Eigenschaften von makroskopischen Partikeln und Festkörpern unterscheiden. Die Ursache hierfür ist das große Verhältnis von Oberfläche zu Volumen der Nanopartikel, wodurch sie stark mit Ihrer Umgebung wechselwirken. Hinzu kommen gegebenenfalls quantenmechanische Effekte.

Die Herstellung von Nanopartikeln mit gezielt einstellbaren Eigenschaften, die Nutzbarmachung von Nanopartikeln für bestimmte Anwendungen und das physikalische Grundlagenverständnis von Nanopartikeln und deren Wirkungsweise stehen im Laboratorium im Vordergrund. Die Nanopartikel werden chemisch synthetisiert oder lasergestützt erzeugt.

Aktuelle Forschungsvorhaben sind unter anderem Untersuchungen von Nanopartikeln für Farbstoff-Solarzellen, Beschichtungen mit Nanopartikeln für selbstreinigende

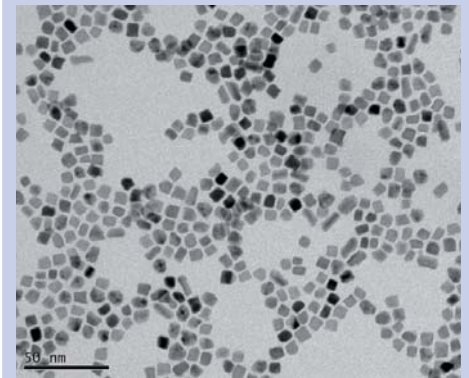
*and quantum transport in low dimensional systems, quantum sensors based on integrated atom-optical systems, atomic systems in nanostructures, atomic inertial sensors, use of single and coupled quantum dot systems in quantum information processing, and spin effects. Applications of nanoscale materials in thin film solar cells, characterization of photonic crystals, nanostructures and devices for plasmonics, coherence effects at electron-hole-spin coupling and application of spin-polarized carriers in semiconductor lasers.*

*Nanomaterials of various shapes, composition, and size in the nanometer range are produced and analyzed in the laboratory. Nanoparticles due to their small size have special chemical and physical properties that differ significantly from the properties of macroscopic particles and solids. This is due to the large ratio of surface to volume of the nanoparticles, so that they strongly interact with their environment. Added to this in many cases is the increased importance of quantum mechanical effects.*

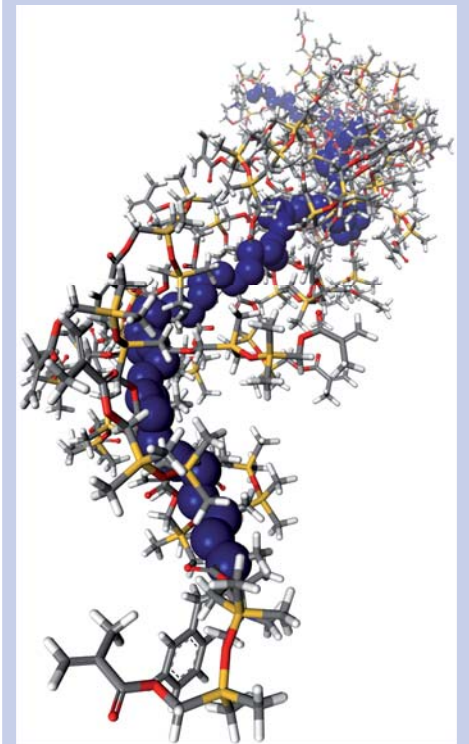
*The preparation of nanoparticles with controlled properties, the utilization of nanoparticles for specific applications and the fundamental physical understanding of nanoparticles and their function are in the foreground of the laboratory. The nanoparticles are synthesized chemically or produced via laser-based techniques.*

*Current research projects include studies of nanoparticles for dye solar cells, creating self-cleaning surfaces by nanoparticle coatings, nanoparticles with photocatalytic properties for the purification of air and water, and bio-compatible nanomaterials for medical applications such as implants for the inner ear. In addition, the potential toxicity of nanomaterials must always be considered and investigated. Another focus is the simulation and modeling at the nano level, in multi-scale analysis of the impact of nanomaterials and interfaces on macroscopic objects.*

*The structure size of electrical devices on a computer chip is much smaller than 100 nanometers today. The construction of the structures*



Transmissionselektronenmikroskop-Aufnahme von chemisch synthetisierten Platinnanocubes. *Transmission electron microscope image of chemically synthesized platinum nano cubes.* (S. Naskar, N. Bigall/PCI)



Energieminimierte Struktur eines etwa 10 nm langen Copolymerstranges in der Simulation anorganisch-organischer Hybridmaterialien.

*Energy-minimized structure of about 10 nm long copolymer string in the simulation of inorganic-organic hybrid materials.*

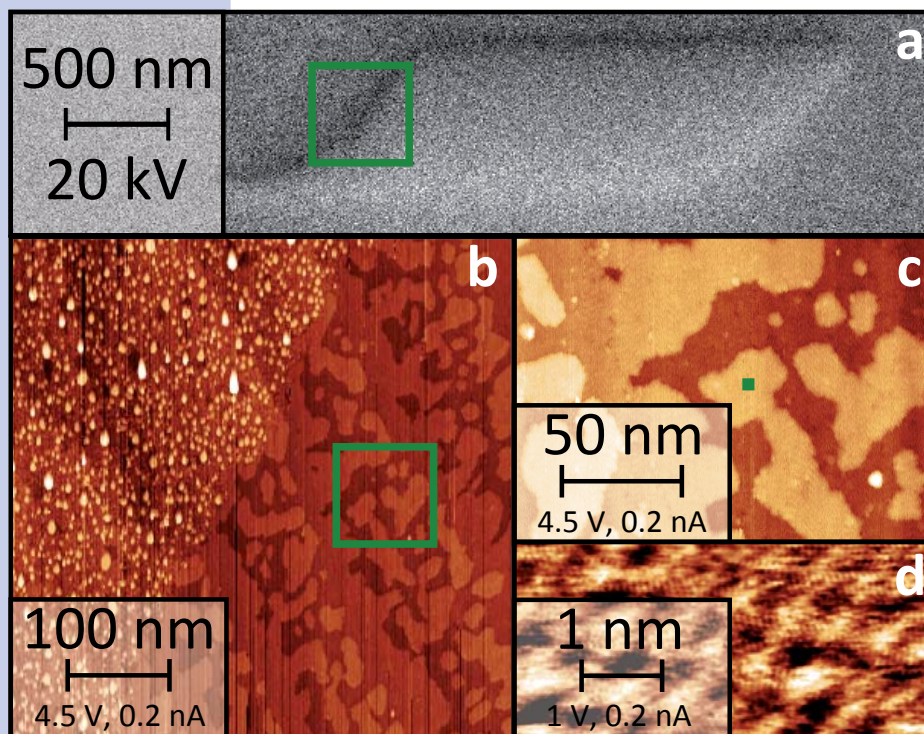
(T. Asche, A. M. Schneider, P. Behrens/ACI)

Oberflächen, Nanopartikel mit photokatalytischen Eigenschaften zur Reinigung von Luft und Wasser, sowie biokompatible Nanomaterialien für die Medizin wie zum Beispiel Implantate für das Innenohr. Darüber hinaus wird immer auch die mögliche Toxizität von Nanomaterialien berücksichtigt und untersucht. Ein weiterer Schwerpunkt ist die Simulation auf der Nano-Ebene, es werden in Multiskalen-Analysen der Einfluss der Nanomaterialien und allgemein Grenzflächen auf makroskopische Objekten modelliert.

Die Strukturgrößen von elektrischen Bauelementen auf einem Computerchip sind heutzutage deutlich kleiner als 100 Nanometer. Der Aufbau der Strukturen ist in den letzten Jahren nahezu unverändert geblieben, einzig die Strukturgröße wurde in den einzelnen Technologiegenerationen schrittweise verkleinert. Diese Fortführung der Mikroelektronik auf im-

*remained almost unchanged in recent years, only the structure size was reduced gradually throughout the technological generations. This continuation of microelectronics to ever smaller dimensions is referred to as nanoelectronics. Processor technologies with dimensions of 25 nano-meters are already used today. It has been assumed for quite some time, that this constant scaling will encounter its physical limits very soon. Therefore new, revolutionary concepts are explored to reduce the feature size further.*

*Since silicon will remain for at least the next few years the main semiconductor, in the laboratory new silicon-compatible materials for conventional devices with sub-100 nm structures are being studied. This includes the ability of material engineering at the molecular level, including the manipulation of individual atoms on surfaces as well as the develop-*



(a) SEM-Bild einer mittels Elektronenstrahlolithographie geschriebenen Struktur auf einer wenigen Monolagen dicken Siliziumdioxidschicht auf Si(111). (b-d) STM-Bilder in verschiedenen Auflösungen nach der selektiven Entfernung des Oxids im beschriebenen Bereich und der Evaporation von einer Monolage Silber. Charakteristische  $\text{Ag} \sqrt{3} \times \sqrt{3}$ -Rekonstruktion bildet sich nur im oxidfreien Bereich. Grüne umrandete Bereiche zeigen die Positionen der Detailvergrößerungen.

*(a) SEM image of a structure written by electron beam lithography to a few monolayers thick silicon dioxide layer on Si (111). (b-d) STM images at different resolutions after the selective removal of the oxide in the inscribed area and the evaporation of a monolayer of silver. Characteristic  $\text{Ag} - \sqrt{3} \times \sqrt{3}$  - Reconstruction forms only in the oxide-free area. Green circled areas show the positions of the enlarged details.*

(F. Edler, H. Pfnür, C. Tegenkamp/FKP(ATMOS))



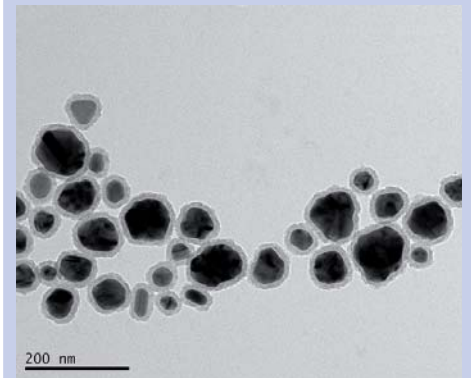
mer kleineren Abmessungen wird als Nanoelektronik bezeichnet. Prozesstechnologien mit Abmessungen von 25 Nanometern werden heute schon genutzt. Schon seit einiger Zeit wird davon ausgegangen, dass diese stetige Skalierung sehr bald an ihre physikalischen Grenzen stößt. Es werden daher neuartige, revolutionäre Konzepte erforscht, um die Strukturgröße weiter zu verringern.

Da Silizium zumindest in den nächsten Jahren der hauptsächlich genutzte Halbleiter bleiben wird, werden im Laboratorium neue Silizium-kompatible Materialien für konventionelle Bauelemente mit Sub-100 nm-Strukturen erforscht. Das beinhaltet die Fähigkeit des Materialengineering auf molekularem Niveau einschließlich der Manipulation von einzelnen Atomen auf Oberflächen genauso wie die Entwicklung und Kombination verschiedenster Materialien. Es werden physikalische Effekte (Leitfähigkeit, Tunneltransport, spinabhängiger Ladungstransport und Anregungen usw.) im Hinblick auf ihre Verwendbarkeit für neuartige Bauelemente untersucht, die die Quanteneigenschaften kleinster Strukturen auszunützen gestatten. Die experimentellen Arbeiten werden unterstützt durch Simulation und Modellierung.

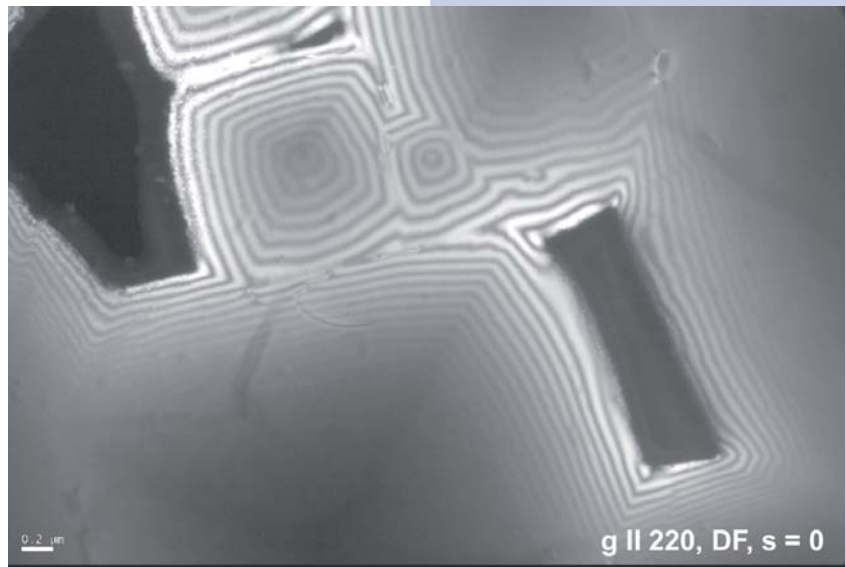
Für die Herstellung kleinster Strukturen werden im Laboratorium vielfältigste Techniken verwandt, wobei die Weiterentwicklung und das Verständnis dieser Techniken zum Teil selbst Gegenstand der Forschung sind. Die verwendeten Strukturierungstechniken sind zum Beispiel Fotolithographie, Elektronenstrahlolithographie, Oberflächen-Laserstrukturierung, 3D Two-Photon Lithographie, Oberflächenbearbeitung mit dem Rasterkraftmikroskop und Strukturierung mit dem Rastertunnelmikroskop. Hinzu kommen die Dünnschichttechniken der Halbleitertechnologie wie Aufdampfen, Sputtern, Tempern, CVD, MBE, Implantieren von Ionen, Oxidation und Ätzprozesse (Plasmaätzen, Ätzen mit RIE und Nasschemisches Ätzen).

*ment and combination of different materials. We investigate physical effects (conductivity, tunnel transport, spin-dependent charge transport and excitation, etc.) to discover their suitability for novel devices that allow the exploitation of the quantum properties of small structures. The experimental work is supported by simulation and modeling.*

*For the manufacture of very small structures a wide variety of techniques is used in the laboratory. The further development and understanding of these techniques are themselves part of the research. The structuring techniques are for example photolithography, electron beam lithography, laser surface structuring, 3D two-photon lithography, surface processing with an atomic force microscope and patterning with the scanning tunneling microscope. In addition the thin film techniques of semiconductor technology are used such as evaporation, sputtering, annealing, CVD, MBE, implanting ions, oxidation and etching processes (plasma etching, etching with RIE and wet chemical etching).*



Transmissionselektronenmikroskop-Aufnahme von Silber-Silica-Kern-Schale-Teilchen für den photokatalytischen Einsatz.  
*Transmission electron microscope image of silver-silica core-shell particles for photocatalytic use.*  
(T. Kodanek, D. Dorfs/PCI)



Transmissionselektronenmikroskop-Aufnahme einer KOH-strukturierten Si(100)-Oberfläche nach Ionenimplantation und anschließender Temperung bei 1050 °C.  
*Transmission electron microscope image of a KOH-structured Si(100) surface after ion implantation and subsequent heat treatment at 1050 °C.*  
(E. Bugiel, J. Krügener, H.J. Osten/MBE)

## Mitglieder Members



**Prof. Dr. Detlef W. Bahnemann**  
 Institut für Technische Chemie  
 Leibniz Universität Hannover  
 Callinstraße 3  
 D-30167 Hannover  
 Phone: +49 (0)511 762 5560  
 Fax: +49 (0)511 762 2774  
 Bahnemann@iftc.uni-hannover.de  
 www.tci.uni-hannover.de/photochemie.html

Kernkompetenzen/*Core competencies:*

- Photokatalyse/*Photo catalysis*
- Selbstreinigende, superhydrophile und antibakterielle Oberflächen/*Self-cleaning, superhydrophilic, and antibacterial surfaces*
- Metall- und Halbleiter-Nanopartikel/*Metal and semiconductor particles*
- Nanokristalline transparente Beschichtungen/*Nanocrystalline transparent coatings*
- Funktionsprüfungen nach DIN, CEN und ISO/*Functional test according to DIN, CEN, and ISO*



**Prof. Dr.-Ing. Erich Barke**  
 Institut für Mikroelektronische Systeme  
 Fachgebiet Entwurfsautomatisierung  
 Leibniz Universität Hannover  
 Appelstraße 4  
 D-30167 Hannover  
 Phone: +49 (0)511 762 19690  
 Fax: +49 (0)511 762 19694  
 barke@ims.uni-hannover.de  
 www.ims.uni-hannover.de

Kernkompetenzen/*Core competencies:*

- Rechnergestützter Entwurf mikroelektronischer Schaltungen und Systeme/*Electronic Design Automation (EDA)*
- Verfahren für den Analog- und Mixed-Signal-Entwurf/*Methods for analog and mixed-signal design*
- Werkzeuge für den physikalischen Entwurf und seine Verifikation/*Tools for physical design and its verification*
- Methoden zum Entwurf robuster Schaltungen/*Tools for design of robust circuits*



**Prof. Dr.-Ing. Bernd-Arno Behrens**  
 Institut für Umformtechnik und Umformmaschinen  
 Leibniz Universität Hannover  
 An der Universität 2  
 D-30823 Garbsen  
 Phone: +49 (0)511 762 2164  
 Fax: +49 (0)511 762 3007  
 behrens@ifum.uni-hannover.de  
 www.ifum.uni-hannover.de

Kernkompetenzen/*Core competencies:*

- Blechumformung/*Sheet metal forming*
- Massivumformung/*Massive forming*
- Umformmaschinen/*Metal forming machines*
- CA – Techniken/*Computer aided engineering*
- Numerische Methoden/*Numerical methods*
- Biomedizintechnik/Prothesendesign/*Biomedical Engineering/prosthesis design*

Kernkompetenzen/*Core competencies:*

- Kontrollierte Synthese von Festkörpern, Materialien und Nanomaterialien/*Controlled synthesis of solid-state compounds, materials, and nanomaterials*
- Sol-Gel-Prozesse, kontrollierte Kristallisation, Solvothermalsynthesen/*Sol-gel processes, controlled crystallisation, solvothermal syntheses*
- Nanoporöse Materialien/*Nanoporous materials*
- Biomaterialien/*Biomaterials*
- Biomineralisation/*Biomineralisation*
- Modellierung von Festkörpern/*Modeling of solid-state compounds*

**Prof. Dr. Peter Behrens**

- Mitglied des Vorstandes -  
- *Member of Executive Board* -  
Institut für Anorganische Chemie  
Leibniz Universität Hannover  
Callinstraße 9  
D-30167 Hannover  
Phone: +49 (0)511 762 3660  
Fax: +49 (0)511 762 3006  
peter.behrens@acb.uni-hannover.de  
www.acb.uni-hannover.de

Kernkompetenzen/*Core competencies:*

- Simulation von Solarzellen/*Simulation of solar cells*
- Si-Materialforschung/*Si material research*
- Si-Dünnschichtzellen/*Si thin-film solar cells*
- Si-Waferzellen/*Si wafer cells*
- Zellcharakterisierung/*Characterisation of solar cells*
- Modultechnologie/*Module technology*
- Selektive Schichten/*Selective layers*
- Sonnenkollektoren/*Solar thermal collectors*

**Prof. Dr.-Ing. Rolf Brendel**

Institut für Festkörperphysik  
Abteilung Solarenergie  
Leibniz Universität Hannover  
Appelstraße 2  
D-30167 Hannover  
Fax: +49 (0)511 762 2904  
Rolf.Brendel@isfh.de  
www.isfh.de

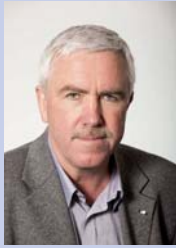
Kernkompetenzen/*Core competencies:*

- Katalyse/*Catalysis*
- Membrane/*Membranes*
- Poröse Materialien/*Porous materials*
- Wirt/Gast-Komposite/*Host-guest composites*
- Brennstoffzellen/*Fuel cells*
- Farbstoff-Solarzellen/*Dye solar cells*
- Elektronenmikroskopie/*Electron microscopy*

**Prof. Dr. Jürgen Caro**

Institut für Physikalische Chemie und Elektrochemie  
Leibniz Universität Hannover  
Callinstraße 3-3a  
D-30167 Hannover  
Phone: +49 (0)511 762 3175  
Fax: +49 (0)511 762 19121  
juergen.caro@pci.uni-hannover.de  
www.caro.pci.uni-hannover.de





**Prof. Dr. Boris Chichkov**  
Laser Zentrum Hannover e. V.  
Nanotechnology Division  
Hollerithallee 8  
D-30419 Hannover  
Phone: +49 (0)511 2788 316  
Fax: +49 (0)511 2788 100  
b.chichkov@lzh.de  
www.lzh.de

- Kernkompetenzen/*Core competencies:*
- Nanotechnologie mit dem Laser/*Nano-technology with laser*
  - Zwei-Photonen-Polymerisation/*Two-photon polymerization*
  - Charakterisierung von Laserprozessmissionen/*Characterisation of laser process emissions*
  - Nichtlineare maskenlose Lithographie/*Nonlinear maskless lithography*
  - Laserbasierte Nanopartikel-Erzeugung/*Laser-based nanoparticle generation*
  - EUV-Messtechnik/*EUV-Metrology*



**Prof. Dr. Wolfgang Ertmer**  
Institut für Quantenoptik  
Leibniz Universität Hannover  
Welfengarten 1  
D-30167 Hannover  
Phone: +49 (0)511 762 2231  
Fax: +49 (0)511 762 2211  
ertmer@iqo.uni-hannover.de  
www.iqo.uni-hannover.de

- Kernkompetenzen/*Core competencies:*
- Quantenengineering/*Quantum engineering:*
  - Optische Atomuhren/*Optical atom clocks*
  - Bose-Einstein-Kondensate/*Bose-Einstein condensates*
  - Ultrakalte Bose-Fermi Mischungen/*Ultra-cold Bose-Fermi mixtures*
  - Rein-optische Atomlaser/*Pure optical atom lasers*
  - Ultrakalte Neon-Atome/*Ultra-cold neon atoms*
  - Quantensensoren/Quantum sensors:
  - Sagnac-Interferometrie/*Sagnac interferometry*
  - Atominterferometrie/*Atom interferometry*
  - Atomoptik mit Mikrostrukturen/*Atom optics with microstructures*
  - Fundamentale Physik im Weltraum/*Fundamental physics in space*
  - Lasermedizin und Biophotonik/*Laser medicine and biophotonics*



**Prof. Dr.-Ing. Hans-Heinrich Gatzert**  
Institut für Mikrotechnologie  
Leibniz Universität Hannover  
An der Universität 2  
D-30823 Garbsen  
Phone: +49 (0)511 762 5103  
Fax: +49 (0)511 762 2867  
gatzert@imt.uni-hannover.de  
www.imt.uni-hannover.de

- Kernkompetenzen/*Core competencies:*
- Mikro- und Nanosensorik/*Micro- and nanosensors*
  - Mikro- und Nanoaktorik/*Micro- and nanoactors*
  - Mikro- und Nanotribologie/*Micro- and nanotribology*
  - Mechanische Mikro- und Nanobearbeitung/*Mechanical micro- and nanoprocessing*
  - Mikromontage/*Micro assembly*
  - Management of Technology (MOT)/*Management of Technology (MOT)*
  - Ausbildungskonzepte für Mikro- und Nanotechnik/*Educational concepts for mikro and nano technics*

Kernkompetenzen/*Core competencies:*

- Quanteneffekte/*Quantum Effects*
- Nanostrukturierung/*Nanostructuring*
- Niederdimensionale Systeme/*Low dimensional systems*
- Nanoelektronik/*Nanoelectronics*
- Quanten Hall Effekt/*Quantum Hall effect*
- Quantenpunkte/*Quantum dots*

## Prof. Dr. Rolf J. Haug

- Sprecher des Vorstandes -  
- *Speaker of the Executive Board* -  
Institut für Festkörperphysik  
Abteilung Nanostrukturen  
Leibniz Universität Hannover  
Appelstraße 2  
D-30167 Hannover  
Phone: +49 (0)511 762 2901  
Fax: +49 (0)511 762 2904  
haug@nano.uni-hannover.de  
www.nano.uni-hannover.de

Kernkompetenzen/*Core competencies:*

- MOSFETs mit hochbeweglichen heteroepitaktischen Germanium-Kanälen auf Siliziumsubstraten/*MOSFETs with high-mobility heteroepitaxial germanium channels on silicon substrates*
- Resonante Tunnelbauelemente/*Resonant-tunneling devices*
- Nanocluster MOS-Speicher/*Nanocluster MOS-memories*
- Gatedielektrika hoher Dielektrizitätskonstante/*Gate dielectrics with high dielectric constant*
- Degradationsphänomene in Gate- und Tunneloxiden/*Degradation phenomena in gate- and tunnel-oxides*
- Full-band Monte-Carlo Transportsimulation/*Full-band Monte-Carlo transport simulation*

## Prof. Dr. Karl R. Hofmann

Institut für Materialien und Bauelemente der Elektronik  
Leibniz Universität Hannover  
Schneiderberg 32  
D-30167 Hannover  
Phone: +49 (0)511 762 4220  
Fax: +49 (0)511 762 4229  
hofmann@mbe.uni-hannover.de  
www.mbe.uni-hannover.de



## Prof. Dr. Andreas Kirschning

Institut für Organische Chemie  
Leibniz Universität Hannover  
Schneiderberg 1B  
D-30167 Hannover  
Phone: +49 (0)511 762 4614  
Fax: +49 (0)511 762 3011  
andreas.kirschning@oci.uni-hannover.de  
www.akoci.uni-hannover.de/AK\_Kirschning/

Kernkompetenzen/*Core competencies:*

- *Enabling technologies in organic synthesis: Solid-phase assisted synthesis, microreactors, novel immobilization strategies for catalysts, methodology development in organic synthesis.*
- *Natural product synthesis: Total synthesis and mutasynthesis of biologically active natural products - antiinfectives, antitumor agents, etc.; natural products as tools for drug research and finding of biological targets.*





**Dr. Carsten Klempt**  
Institut für Quantenoptik  
Leibniz Universität Hannover  
Welfengarten 1  
D-30167 Hannover  
Phone: +49 (0)511 762 2238  
Fax: +49 (0)511 762 2211  
klempt@iqo.uni-hannover.de  
www.iqo.uni-hannover.de

Kernkompetenzen/*Core competencies:*

- Ultrakalte Materie/*Ultra-cold matter*
- Atomare Bose-Einstein-Kondensate und quantenentartete Fermigase/*Atomic Bose-Einstein condensates and quantum degenerate Fermi gases*
- Ultrakalte Moleküle/*Ultra-cold molecules*
- Nichtklassische Materiewellen/*Non-classical matter waves*
- Squeezing und Verschränkung von neutralen Atomen/*Squeezing and entanglement of neutral atoms*



**Prof. Dr.-Ing. Wolfgang Mathis**  
Institut für Theoretische Elektrotechnik  
Leibniz Universität Hannover  
Appelstraße 9A  
D-30167 Hannover  
Phone: +49 (0)511 762 3201  
Fax: +49 (0)511 762 3204  
mathis@tet.uni-hannover.de  
www.tet.uni-hannover.de

Kernkompetenzen/*Core competencies:*

- Modellierung und Simulation von/*Modelling and simulation of:*
- Nanostrukturierten Bauelementen und Schaltungen/*Nanostructured devices and circuits*
- Atomkraftmikroskopie (EFM, MFM)/*Atomic force microscopy (EFM, MFM)*
- Nano-elektromechanischen Systemen (NEMS)/*Nano electro mechanical systems (NEMS)*



**Prof. Dr. Michael Oestreich**  
Institut für Festkörperphysik  
Abteilung Nanostrukturen  
Leibniz Universität Hannover  
Appelstraße 2  
D-30167 Hannover  
Phone: +49 (0)511 762 3493  
Fax: +49 (0)511 762 2904  
oest@nano.uni-hannover.de  
www.nano.uni-hannover.de/oest/

Kernkompetenzen/*Core competencies:*

- Spinelektronik in Halbleitern/*Spinelectronics in semiconductors:*
- Spin-Rausch Spektroskopie/*Spin-noise spectroscopy*
- g-Faktor Spektroskopie/*g-Factor spectroscopy*
- Optische Spin-Auswahlregeln/*Optical spin-selection rules*
- Reduktion der Laserschwelle/*Reduction of laser threshold*
- Spin-Dephasierung/*Spin dephasing*
- Dynamik von Biexitonen/*Dynamics of biexcitons*

Kernkompetenzen/*Core competencies:*

- Quantenkontrolle gespeicherter Ionen in Hinblick auf Quanteninformation und Präzisionsmessungen/*Quantum control of stored ions in terms of quantum information and precision measurements*

Prof. Dr. Christian Ospelkaus  
 Institut für Quantenoptik  
 Leibniz Universität Hannover  
 Welfengarten 1  
 D-30167 Hannover  
 Phone: +49 (0)511 762 17644  
 Fax: +49 (0)511 762 2211  
 christian.ospelkaus@iqo.uni-hannover.de  
 www.iqo.uni-hannover.de

Kernkompetenzen/*Core competencies:*

- Atomare und molekulare Quantengase und ultrakalte Moleküle/*Atomic and molecular quantum gases and ultracold molecules*

Prof. Dr. Silke Ospelkaus  
 Institut für Quantenoptik  
 Leibniz Universität Hannover  
 Welfengarten 1  
 D-30167 Hannover  
 Phone: +49 (0)511 762 17645  
 Fax: +49 (0)511 762 2211  
 silke.ospelkaus@iqo.uni-hannover.de  
 www.iqo.uni-hannover.de

Kernkompetenzen/*Core competencies:*

- Neuartigen Materiallösungen für die Si-basierende Elektronik/*New materials for Si-based electronics*
- Alternative Bauelemente-Konzepte, neue nanoelektronische Funktionalität/*Alternative device concepts, new nanoelectronic functionalities*
- Kristalline Selten-Erden-Oxide/*Crystal-line rare earth oxides*
- Wachstum von ultradünnen epitaktische Heterostrukturen mit vergrabenen Metalloxiden in Silizium/*Growth of ultra-thin epitaxial heterostructures with buried metal oxides on silicon*
- Engineering der Grenzflächen von 2D-Nanostrukturen/*Interface engineering of 2D nanostructures*

Prof. Dr. H. Jörg Osten  
 - Mitglied des Vorstandes -  
 - *Member of Executive Board* -  
 Institut für Materialien und Bauelemente der Elektronik  
 Leibniz Universität Hannover  
 Schneiderberg 32  
 D-30167 Hannover  
 Phone: +49 (0)511 762 4211  
 Fax: +49 (0)511 762 4229  
 osten@mbe.uni-hannover.de  
 www.mbe.uni-hannover.de





**Prof. Dr. Herbert Pfnür**  
Institut für Festkörperphysik  
Abteilung Atomare und molekulare Strukturen  
Leibniz Universität Hannover  
Appelstraße 2  
D-30167 Hannover  
Phone: +49 (0)511 762 4819  
Fax: +49 (0)511 762 4877  
pfnuer@fkp.uni-hannover.de  
www.fkp.uni-hannover.de/home.html

Kernkompetenzen/*Core competencies:*

- Leitfähigkeit in reduzierten Dimensionen/*Conductivity in reduced dimensions*
- Molekulare Elektronik/*Molecular electronics*
- Funktionalisierte Isolatoren/*Functionalized insulators*
- Nanostrukturierte Metall/Isolator-Systeme/*Nanostructured metal/insulator systems*



**Prof. Dr.-Ing. Bernd Ponick**  
Institut für Antriebssysteme und Leistungselektronik  
Fachgebiet Elektrische Maschinen und Antriebssysteme  
Leibniz Universität Hannover  
Welfengarten 1  
D-30167 Hannover  
Phone: +49 (0)511 762 2571  
Fax: +49 (0)511 762 3040  
ponick@ial.uni-hannover.de  
www.ial.uni-hannover.de

Kernkompetenzen/*Core competencies:*

Klein- und Mikroaktoren/*Small and micro-actuators:*

- Entwurf/*Electromagnetic Design*
- Berechnung des stationären und dynamischen Betriebsverhaltens/*Prediction of the stationary and dynamic performance*
- Modellbildung/*Modelling*
- Parameteridentifikation/*Identification of parameters*
- Energieeffizienz von Antriebssystemen/*Energy efficient drive systems*
- Entwicklung von Spezialsoftware/*Development of expert software*



**Prof. Dr. Ernst Rasel**  
Institut für Quantenoptik  
Leibniz Universität Hannover  
Welfengarten 1  
D-30167 Hannover  
Phone: +49 (0)511 762 19203  
Fax: +49 (0)511 762 2211  
rasel@iqo.uni-hannover.de  
www.iqo.uni-hannover.de

Kernkompetenzen/*Core competencies:*

- Atomoptik/*Atom Optics*
- Quantenoptik/*Quantum Optics*
- Präzisionssensoren für Raum und Zeit/*Precision Sensors of Space and Time*



Kernkompetenzen/*Core competencies:*

- Fertigungsmess- und Prüftechnik/*Production measurement and test technology*
- Optosensorik/*Opto sensors*
- Regelungstechnik/*Control Engineering*
- Akustik/*Acoustics*

## Prof. Dr.-Ing. E. Reithmeier

Institut für Mess- und Regelungstechnik  
Leibniz Universität Hannover  
Nienburger Straße 17  
D-30167 Hannover  
Phone: +49 (0)511 762 3331  
Fax: +49 (0)511 762 3234  
sekretariat@imr.uni-hannover.de  
www.imr.uni-hannover.de

Kernkompetenzen/*Core competencies:*

- Koordinationschemie/*Coordination chemistry*
- Molekulare Schalter/*Molecular switches*
- Mößbauer Spektroskopie/*Mößbauer spectroscopy*

## Prof. Dr. Franz Renz

Institut für Anorganische Chemie  
Leibniz Universität Hannover  
Callinstraße 9  
3D-0167 Hannover  
Phone: +49 (0)511 762 4541  
Fax: +49 (0)511 762 19032  
Franz.Renz@acd.uni-hannover.de  
www.ak-renz.uni-hannover.de

Kernkompetenzen/*Core competencies:*

- Dünnschichttechnik/*Thin Film Technology*
- Mechanische Mikrobearbeitung und -montage/*Mechanical Micromachining and Microassembly*
- Mikrotribologie/*Microtribology*
- Konzepte im Bereich der Aus- und Weiterbildung in der Mikrosystemtechnik/*Concepts of education and advanced training in microtechnology*
- Aufbau- und Verbindungstechnik auf Waferniveau/*Assembly and packaging at wafer level*

## Prof. Dr.-Ing. Lutz Rissing

- Mitglied des Vorstandes -  
- *Member of Executive Board* -  
Institut für Mikroproduktionstechnik  
Leibniz Universität Hannover  
An der Universität 2  
D-30823 Garbsen  
Phone: +49 (0)511 762 5102  
Fax: +49 (0)511 762 2867  
rissing@imt.uni-hannover.de  
www.impt.uni-hannover.de





**Prof. Dr.-Ing. Raimund Rolfes**  
 Institut für Statik und Dynamik  
 Leibniz Universität Hannover  
 Appelstraße 9A  
 D-30167 Hannover  
 Phone: +49 (0)511 762 3867  
 Fax: +49 (0)511 762 2236  
 r.rolfes@isd.uni-hannover.de  
 www.isd.uni-hannover.de

- Kernkompetenzen/*Core competencies*:
- Multifunktionale, leichte und langlebige Strukturen/*Multifunctional, lightweight, and durable structures*
  - Schwingungen und Verbunde/*Vibrations and composites*
  - Schadensfrüherkennung/*Health monitoring*
  - Tragfähigkeit und Gebrauchstauglichkeit dynamisch beanspruchter Strukturen/*Serviceability of dynamically loaded structures*
  - Robuster und wirtschaftlicher Entwurf von Faserverbundstrukturen/*Robust and economical design of fiber composite structures*
  - Einrichtung virtueller Versuchsstände/*Creating virtual test setups*
  - Materialgesetze für Verbunde/*Constitutive laws for composites*
  - Molekulardynamische Finite Elemente Methode/*Molecular dynamic finite element method*



**Prof. Dr. Christoph Tegenkamp**  
 Institut für Festkörperphysik  
 Abteilung Atomare und molekulare Strukturen  
 Leibniz Universität Hannover  
 Appelstraße 2  
 D-30167 Hannover  
 Phone: +49 (0)511 762 2542  
 Fax: +49 (0)511 762 4877  
 pfuer@fkp.uni-hannover.de  
 www.fkp.uni-hannover.de/home.html

- Kernkompetenzen/*Core competencies*:
- Graphen und Nanostrukturierung von Graphen/*Graphene and nanostructuring of graphene*
  - Funktionalisierung von Halbleiteroberflächen/*Functionalization of semiconductor surfaces*
  - Korrelierte elektronische Systeme/*Correlated electronic systems*
  - Kollektive Phänomene/*Collective phenomena*
  - Transport in niedrigdimensionalen Strukturen/*Transport in low dimensional structures*



**Prof. Dr.-Ing. Tobias Wietler**  
 Institut für Materialien und Bauelemente der Elektronik  
 Leibniz Universität Hannover  
 Schneiderberg 32  
 D-30167 Hannover  
 Phone: +49 (0)511 762 5042  
 Fax: +49 (0)511 762 4229  
 wietler@mbe.uni-hannover.de  
 www.mbe.uni-hannover.de

- Kernkompetenzen/*Core competencies*:
- Silizium-basierte nano- und optoelektronische Bauelemente/*Silicon-based nanoelectronic and optoelectronic devices*
  - Materialien für optoelektronische Bauelemente auf Siliziumsubstraten/*Materials for optoelectronic devices on silicon substrates*
  - Molekularstrahlepitaxie mit Silizium und Germanium/*Molecular beam epitaxy of silicon and germanium*
  - Modifikation der Hetero-Epitaxie mit Surfactants/*Modification of heteroepitaxy with surfactants*
  - Herstellung und Charakterisierung von Si/Ge-epitaktischen Filmen und Hetero-Bauelementen/*Fabrication and characterization of Si/Ge-epitaxial films and heterodevices*

Kernkompetenzen/*Core competencies:*

- Biomechanik/*Biomechanics*
- Konstitutive Modellierung von Materialien/*Constitutive modelling of materials*
- Kontaktmechanik/*Contact mechanics*
- Finite Elemente Algorithmen/*Finite element algorithms*
- Mikromechanik/*Micromechanics*
- Multiphysik/*Multiphysics*
- Multi-Skalen-Analysen für Materialien und Grenzflächen/*Multi-scale analysis for materials and interfaces*
- Optimierung/*Optimizing*
- Symbolische Ansätze in FEM/*Symbolic approaches in FEM*

**Prof. Dr.-Ing. Peter Wriggers**  
 Institut für Kontinuumsmechanik  
 Leibniz Universität Hannover  
 Appelstraße 11  
 D-30167 Hannover  
 Phone: +49 (0)511 762 2220  
 Fax: +49 (0)511 762 5496  
 wriggers@ikm.uni-hannover.de  
 www.ikm.uni-hannover.de

Kernkompetenzen/*Core competencies:*

- Sensorik und Messtechnik/*Sensors and Measurement Science*
- Medizin- und Sicherheitstechnik/*Medical and Safety Technology*
- Mikrosystemtechnik/*Micro system technology*

**Prof. Dr.-Ing. Stefan Zimmermann**  
 Institut für Grundlagen der Elektrotechnik  
 und Messtechnik  
 Leibniz Universität Hannover  
 Appelstraße 9a  
 D-30167 Hannover  
 Phone: +49 (0)511 762 4671  
 Fax: +49 (0)511 762 3917  
 zimmermann@geml.uni-hannover.de  
 www.geml.uni-hannover.de



## Aktuell in 2013

### News in 2013

1.02.2013

#### Neues Großgerät TEM



Neues TEM im LNQE.  
New TEM at LNQE.

#### Transmissionselektronenmikroskop erweitert die diagnostischen Möglichkeiten im LNQE

Die technologischen Möglichkeiten im Forschungsbau des Laboratoriums für Nano- und Quantenengineering ist um ein weiteres, wichtiges Großgerät erweitert worden: Ein Transmissionselektronenmikroskop, kurz TEM.

In einem TEM werden Elektronen mit hoher Spannung beschleunigt und durch sehr dünne Proben hindurch gestrahlt, so dass die Abbildung direkte Information über das innere der Probe enthält. Es werden Auflösungen im Nanometerbereich erzielt. In kristallinen Proben ist es möglich, die Anordnungen einzelner Atome abzubilden.

Das neue TEM im LNQE hat eine Beschleunigungsspannung von 200 kV und als Elektronenemitter eine Feldeffektkathode. Wichtigste Parameter sind:

- Gerätetyp: TEM Tecnai G2 F20 TMP von Fa. FEI
- 200 kV Feldeffekt FEG
- Ölfreies Vakuum
- TEM point resolution: 0,27 nm
- Information limit: 0,14 nm (gemessen!)
- STEM resolution: 0,24 nm
- 1 Hellfeld- und 2 Dunkelfeld-Detektoren + 1 HAADF-Detektor
- Tomografie +- 70°(evtl. bis zu +-80°)

Mit diesem TEM sind alle klassischen Kontrastverfahren möglich: Hellfeld und Dunkelfeld, Beugungskontrast (einschließlich Weak-beam), parallele Beleuchtung bei alle Vergrößerungen (wichtig insbesondere bei der Untersuchung kristalliner Proben), TEM und STEM (scanning TEM). Dabei sind große Kippwinkel möglich. Eine Besonderheit des neuen TEM ist die Möglichkeit der Tomografie.

#### New Major Instrumentation TEM

#### Transmission electron microscope expands the diagnostic possibilities in LNQE

*The technological capabilities in the research building Laboratory of Nano and Quantum Engineering have been extended by a further, important major instrumentation: A transmission electron microscope, TEM shortly.*

*In a TEM electrons are accelerated with high voltage and irradiated through very thin samples, so that the image contains direct information on the interior of the sample. It achieves resolutions in the nanometer range. In crystalline samples, it is possible to map the arrangements of individual atoms.*

*The new TEM in the LNQE has an accelerating voltage of 200 kV and an electron field effect emitter cathode. Important parameters are:*

- Device Type: TEM Tecnai G2 F20 TMP of FEI Co.
- 200 kV FEG field-effect
- Oil-free vacuum
- TEM point resolution: 0.27 nm
- Information limit: 0.14 nm (measured!)
- STEM resolution: 0.24 nm
- 1 bright-field and 2 dark-field detectors +1 HAADF detector
- Tomography +- 70 ° (possibly up to +- 80 °)

*With this TEM all classical contrast methods are possible: bright field and dark field, diffraction contrast (including weak-beam), parallel illumination at all magnifications (especially important in the investigation of crystalline samples), TEM and STEM (scanning TEM). While large tilt angle are possible. A special feature of the new TEM is the ability of the tomography.*

## Breck-Preis geht an Professor Caro

### Mitglied des LNQE erhält internationale Auszeichnung

J. Caro, Professor für Physikalische Chemie an der Leibniz Universität Hannover hat zusammen mit Professor Michael Tsapatsis, University of Minnesota, USA, den Breck-Preis der Internationalen Zeolithassoziaton erhalten. Der von der Universal Oil Products (UOP), einem Unternehmen der Honeywell-Gruppe, gestiftete Preis, ist nach einem der leitenden Zeolithforscher der Union Carbide, Donald W. Breck, benannt und wird alle drei Jahre für die bedeutendste Forschungs- und Entwicklungsleistung auf dem Gebiet nanoporöser Materialien im letzten Dreijahreszeitraum vergeben. Caro und Tsapatsis erhielten den Preis auf der Moskauer Internationalen Zeolithkonferenz im Juli 2013 vor nahezu tausend Konferenzteilnehmern für ihre bahnbrechenden Arbeiten zu einer neuen Generation von Gastrennmembranen.

## Nachwuchsgruppe Dr. Bigall: Gratulation zum Projekt

### BMBF-Forschungsprogramm zu Nanomaterialien bewilligt.

Im Rahmen des BMBF-Nachwuchsprogramms NanoMatFutur hat Frau Dr. Bigall das Vorhaben „Materialien aus Überstrukturen maßgeschneiderter kolloidaler Nanokristallbausteine, MÜKoN“ bewilligt bekommen. Das Projekt ist mit der relativ hohen Fördersumme von etwa 1,61 Mio € für die ersten 4 Jahre ausgestattet. Frau Dr. Bigall ist damit de facto im Status einer Juniorprofessorin gleichgestellt, nimmt Personalverantwortung wahr, betreut Master- und Doktorarbeiten. Das Vorhaben startet zum 1.11.2013.

Viel Erfolg wünschen J. Caro und LNQE!

## Breck Award goes to Professor Caro

### Member of the LNQE receives international award

*J. Caro, professor of physical chemistry at Leibniz University Hannover has got together with Professor Michael Tsapatsis, University of Minnesota, USA, the Breck Award of the International Zeolite Association. The Breck Award is sponsored by Universal Oil Products (UOP), a company belonging to Honeywell, and named after Donald W. Breck who was a former leading zeolite scientist of Union Carbide Corporation. The Breck Award is administered by the International Zeolite Association, and it is given every three years for the most significant contribution to Molecular Sieve Science and Technology made in the last 3 years. Caro and Tsapatsis have obtained the prize on the Moscow International Zeolite Conference in July 2013 in the presence of almost thousand participants for their pioneering work on novel molecular sieve membranes.*

## Junior Research Group Dr. Bigall: Congratulations on the Project

### BMBF research program on nanomaterials granted.

*Ms. Dr. Nadja-C. Bigall has been awarded the project entitled "Materials from Superstructures of Tailored Colloidal Nanocrystal Building Blocks" (MÜKoN) within the framework of the competition for junior researchers NanoMatFutur of the Federal Ministry of Education and Research. The project is provided with the relatively high funding amount of 1,61 Mio € for the first 4 years. Ms. Dr. Bigall is therefore de facto in her status coequal to a junior professor, takes supervisory responsibility, and supervises master- and PhD theses. The enterprise starts on November 1st 2013.*

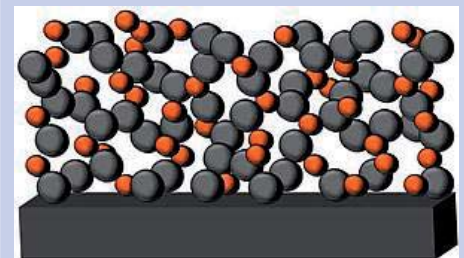
*We wish good success, J. Caro and LNQE.*

12.08.2013



Das Foto zeigt von links: A. Corma, Vorsitzender des Breck-Preis-Komitees, Universität Valencia, Spanien, J. Caro, Leibniz Universität Hannover, Deutschland, M. Tsapatsis, Universität Minnesota, USA, und G. Bellussi, Präsident der Internationalen Zeolithassoziaton, ENI Research, Italien.  
The photo shows from the left: A. Corma, Chairman of the Breck Award Committee, University Valencia, Spain, J. Caro, Leibniz Universität Hannover, Germany, M. Tsapatsis, University of Minnesota, USA, and G. Bellussi, President of the International Zeolite Association, ENI Research, Italy.

23.09.2013





The poster for NanoDay 2013 features a blue header with the LNQE logo and the text 'Laboratorium für Nano- und Quantenengineering'. Below this, the event title 'NanoDay 2013' and date 'Donnerstag 10.10.2013' are prominently displayed. The location is given as 'Vorträge: Appelstr. 4, 30167 Hannover, Multimediahórsaal, Technische Informatik (Gebäude 3703)'. A central 'Programm' section lists various talks and poster sessions with their respective times and speakers. The bottom of the poster includes the website 'www.LNQE.uni-hannover.de' and the phrase 'Gäste sind herzlich willkommen'.

## NanoDay 2013

### NanoDay 2013

Der neunte NanoDay des LNQE in Hannover

Am Donnerstag, den 10. Oktober 2013 fand der jährliche NanoDay des Laboratoriums für Nano- und Quantenengineering (LNQE) in Hannover statt. In Vorträgen und einer Postersitzung wurden die neusten Forschungsergebnisse aus den interdisziplinären Arbeitsgruppen auf dem Gebiet Nanotechnologie präsentiert.

Die durch den Freundeskreis der Leibniz Universität Hannover geförderten Posterpreise gingen dieses Jahr an:

*The ninth NanoDay of LNQE in Hannover*

*On Thursday 10th October 2013 the annual NanoDay of the Laboratory of Nano and Quantum Engineering (LNQE) took place in Hanover/Germany. In lectures and a poster session the latest research results from the interdisciplinary working groups in the field of nanotechnology were presented.*

*The poster prizes funded by the Friends of the Leibniz University Hannover were awarded this year to:*

#### *“Carbon-mediated Epitaxy of Ge on Si”*

D. Tetzlaff, T. F. Wietler, E. Bugiel, and H. J. Osten  
Institut für Materialien und Bauelemente der Elektronik, Leibniz Universität Hannover

#### *„Nanopartikelseparation mit mikrofluidischen Methoden“*

C. Ruffert<sup>1</sup>, A. Feldhoff<sup>2</sup>, Nadja Bigall<sup>2</sup>, E. Bugiel<sup>3</sup> und L. Rissing<sup>1</sup>  
<sup>1</sup> Institut für Mikroproduktionstechnik (IMPT), Leibniz Universität Hannover  
<sup>2</sup> Institut für Physikalische Chemie und Elektrochemie (PCI), Leibniz Universität Hannover  
<sup>3</sup> Institut für Materialien und Bauelemente der Elektronik (MBE), Leibniz Universität Hannover

#### *„Negative Magnetoresistance Induced by an Interplay of Smooth Disorder and Rare Strong Scatterers“*

L. Bockhorn<sup>1</sup>, I. V. Gornyi<sup>2</sup>, A. D. Mirlin<sup>2</sup>, C. Reichl<sup>3</sup>, D. Schuh<sup>4</sup>, W. Wegscheider<sup>3</sup>, and R. J. Haug<sup>1</sup>  
<sup>1</sup> Institut für Festkörperphysik, Leibniz Universität Hannover  
<sup>2</sup> Institut für Nanotechnologie, Karlsruhe Institute of Technology  
<sup>3</sup> Laboratory for Solid State Physics, ETH Zürich  
<sup>4</sup> Institut für Experimentelle und Angewandte Physik, Universität Regensburg

#### *“Gold-Template Supported Synthesis of Concave Nanoparticles”*

Dominik Hinrichs, Dirk Dorfs  
Institut für Physikalische Chemie und Elektrochemie

**Vorträge des NanoDay 2013/Talks of the NanoDay 2013:***„From Mars To Arts - How Nanoscale Science Rules Life“*

Franz Renz

Institut für Anorganische Chemie, Leibniz Universität Hannover

*„Spin noise spectroscopy at the extrem limit: Spin dynamics of a single hole localized in an InGaAs quantum dot“*

Ramin Dahbashi, Jens Hübner und Michael Oestreich

Institute for Solid State Physics, Department of Nanostructures, Leibniz Universität Hannover

*„Improving Dielectric Properties of Epitaxial Lanthanide Oxide Thin Films on Si by Dopant Incorporation“*

Ayan Roy Chaudhuri and H. Jörg Osten

Institut für Materialien und Bauelemente der Elektronik, Leibniz Universität Hannover

*„High temperature synthesis by inductive heating of superparamagnetic nanoparticles under high frequency conditions“*

Lukas Kupracz, Sangeeta Chaudhuri Roy, Andreas Kirschning

Institut für Organische Chemie, Leibniz Universität Hannover

*„Exceptional ballistic transport in epitaxial graphene nanoribbons“*

Jens Baringhaus, Frederik Edler, Walt de Heer, Christoph Tegenkamp

Institut für Festkörperphysik, Abteilung Atomare und Molekulare Strukturen, Leibniz Universität Hannover

*„On the Properties of Series Connected RTDs and their Impact on Circuit Functionality“*

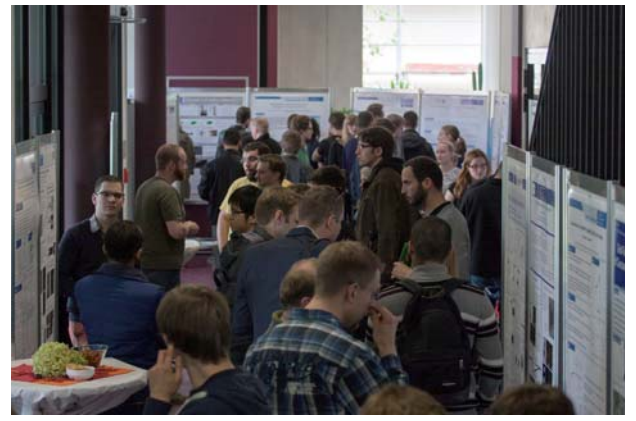
Tina Thiessen, Michael Popp, Christoph Zorn, Wolfgang Mathis

Institut für Theoretische Elektrotechnik, Leibniz Universität Hannover

*„Carbon Nanomaterials for Conducting Transparent Films“*

Hans-Christoph Schwarz, Peter Behrens

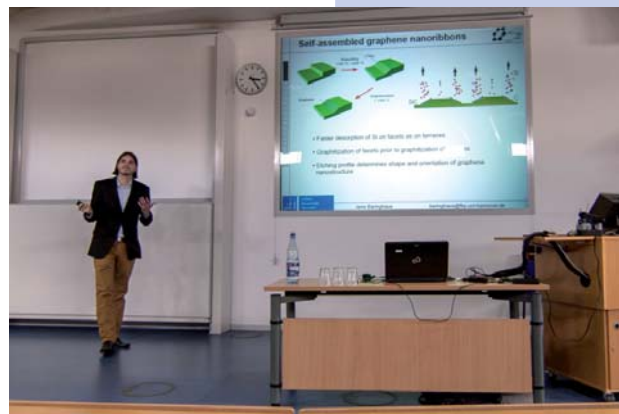
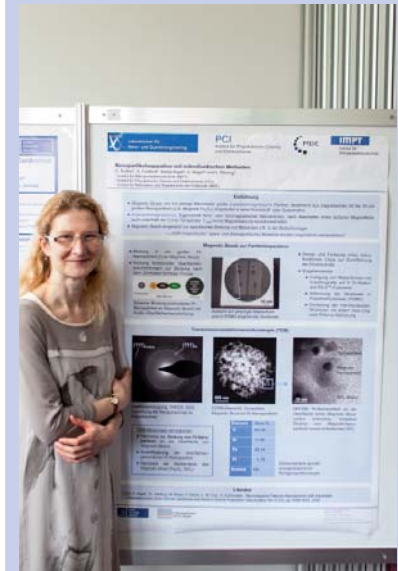
Institut für Anorganische Chemie, Leibniz Universität Hannover







# NanoDay 2013



Fotos: L. David

## Forschungsbau Research Building



Zur Verwirklichung seiner Ziele betreibt das LNQE ein eigenes Forschungsgebäude in Hannover. Die Labore (435 m<sup>2</sup>), der Forschungsreineiraum (409 m<sup>2</sup>) und die Büroräume (509 m<sup>2</sup>) für ca. 44 Personen werden für interdisziplinäre Projekte, insbesondere aus erfolgreich eingeworbenen, größeren Drittmittelprojekten der Mitglieder genutzt.

*To achieve its objectives LNQE operates its own research building in Hanover. The laboratories (435 m<sup>2</sup>), research clean room (409 m<sup>2</sup>) and offices (509 m<sup>2</sup>) for about 44 persons are used for interdisciplinary projects, particularly from successfully acquired third-party funded large projects of the members.*

Der Forschungsbau wurde vom Land Niedersachsen und mit Bundesmitteln nach einer Empfehlung durch den Wissenschaftsrat (nach Art. 91b Grundgesetz) in besonderer Weise gefördert und ist nach zweijähriger Bauzeit am 20. November 2009 fertig gestellt worden.

*The new research building was funded by Lower Saxony and with federal funds after a recommendation by the German Wissenschaftsrat (under Article 91b Basic Law) in a special way, and is completed after two years of construction on 20th November 2009.*



Durch das Gebäude werden hochwertige Infrastruktur und Technologien zur Verfügung gestellt, die den einzelnen Arbeitsgruppen in Ihren Instituten nicht zur Verfügung stehen. Die offene Bauweise verstärkt nach dem Konzept „Sehen und Begegnen“ den täglichen Kontakt der Wissenschaftler aus den unterschiedlichen Fächern. Dadurch wird es möglich, komplexe Problemstellungen zu lösen, die Kompetenzen aller Fachrichtungen bei allen Teilschritten der

*By the building, high quality infrastructure and technologies are made available to the various working groups that are in their institutes are not available. The open design of the building enhances by the concept of “see and meet” the daily contact between scientists from different disciplines. This makes it possible to solve complex problems that require the skills of all disciplines at all stages of the problem simultaneously. This differs markedly from the usual sequential work-sharing in joint projects and*



LNQE-Forschungsbau am Schneiderberg 39, 30167 Hannover, Deutschland/*LNQE research building at Schneiderberg 39, 30167 Hannover, Germany*

Problemlösung gleichzeitig benötigen. Dies unterscheidet sich deutlich von der sonst üblichen sequenziellen Arbeitsaufteilung in Verbundprojekten und ist somit national, wenn nicht sogar international, vorbildlich und beispielhaft. Durch die Beteiligung von Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler aus den Natur- und Ingenieurwissenschaften werden hierbei sowohl die Grundlagen, als auch mögliche neuartige Anwendungen von Anfang an gleichwertig in der Forschung berücksichtigt.

Zentraler Bestandteil des Forschungsbaus ist der Reinraum. Er ist nach ISO5 / RK 100 im Handlingbereich und ISO6 / RK1000 in den Fluren zertifiziert. Die Hauptfläche des Reinraums ist in mehrere Unterräume unterteilt, in denen sich eine komplette Linie für die Mikroelektronik befindet, d. h. es können ausgehend von einem Wafer komplett alle Prozessschritte ausgeführt werden, um neuartige Bauelemente als Prototypen herzustellen. Durch die Aufteilung in zwei Lithografiebereiche ist sowohl die Bearbeitung von Element- als auch von Verbindungshalbleiter möglich (wobei die Linie hauptsächlich für Silizium ausgelegt ist). Hinzu kommen einige Messräume für Experimente unter Reinraumbedingungen.

*is nationally, if not even internationally, model and best-practice example. By participation of scientists and engineers both the fundamentals as well as possible new applications are considered equivalent in research from the beginning.*

*A central part of the research building is the clean room. It is certified to ISO5 / RK 100 in the handling area and ISO6 / RK1000 in the floors. The main area of the clean room is divided into several subspaces with an entire line for microelectronics, ie starting from a wafer all process steps can be performed to create novel devices as prototypes. By dividing the lithography into two areas, it is possible to process both element and compound semiconductors (where the line is designed primarily for silicon). There are also some measuring rooms for experiments under clean room conditions.*



### Zahlen und Fakten

#### Räume/Hauptnutzflächen

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

#### Personen

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

#### Baukosten

- 14 Mio. Euro

#### Förderung

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

#### Bauzeit

- ca. 24 Monate
- Die feierliche Schlüsselübergabe war am 20. November 2009

### Numbers and Facts

#### Rooms/main usable area

- Labs (435 square meters): laser laboratories, chemical laboratories, test laboratories
- Research clean room (409 square meters)
- Office space for 44 people (509 square meters)

#### People

- Operator team
- 40 scientist from the fields of chemistry, electrical engineering, mechanical engineering and physics

#### Construction costs

- 14 Mio. euro

#### Funding

- The new construction is funded with federal funds after a recommendation by the German Wissenschaftsrat (under Article 91b para 1 nr. 3 of the Basic Law of Germany ("Grundgesetz"))

#### Construction time

- about 24 month
- The handover was at 20th November 2009

## Technologie im Forschungsbau *Technology in the Research Building*

### Reinraum allgemein

Der Reinraum ist nach ISO5 / Reinraumklasse 100 im Handlingbereich und ISO6 / Reinraumklasse 1000 in den Fluren zertifiziert. Die gemessenen Werte sind besser, es wird Reinraumklasse 10 im Handlingbereich und sonst Reinraumklasse 100 erreicht.

Allgemein: Temperatur: 22 °C +- 2, Luftfeuchtigkeit 40...60 %

### Fotolithografie Elementhalbleiter (Silizium/Germanium)

Hier: Temperatur: 22 °C +- 1, Luftfeuchtigkeit 40 +- 5 %

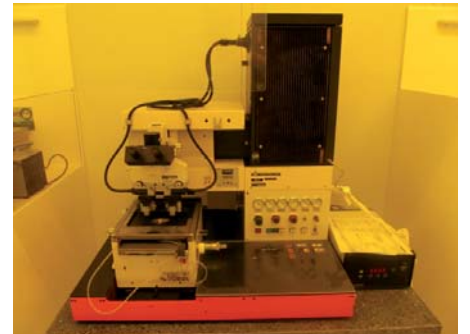
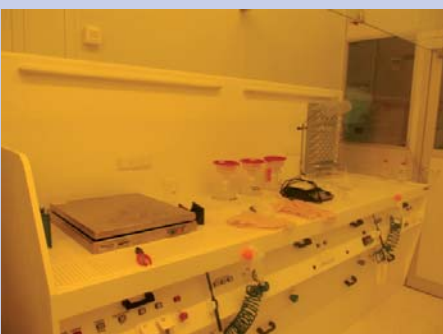
- UV Kontakt- und Proximity-Belichter für runde Wafer (Silizium und Germanium) bis 100 mm Durchmesser. Maskengröße 150\*150 mm<sup>2</sup> quadratisch, minimale Linienbreite 900 nm (SÜSS MA 150)
- UV Handbelichter für Bruchstücke und kleine Wafer
- Lackschleuder mit Heizplatte für runde Wafer bis 200 mm Durchmesser. Ausheizen bis 200°C (SÜSS DELTA 80/8)
- Trockenofen zur Bedampfung von Haftvermittlern
- Nassbänke für die Entwicklung und die Lackentfernung im Ultraschall
- Kühlschränke für Lackchemie
- Plasma-Asher für runde Wafer bis 100 mm Durchmesser, zur Beseitigung von Fotolackresten im O<sub>2</sub>-Plasma (TEPLA 100)



### Fotolithografie Verbindungshalbleiter

Hier: Temperatur: 22 °C +- 1, Luftfeuchtigkeit 40 +- 5 %

- UV Kontakt- und Proximity-Belichter für runde Wafer (Verbindungshalbleiter) bis 100 mm Durchmesser. Maskengröße 150\*150 mm<sup>2</sup> quadratisch, minimale Linienbreite 700 nm (SÜSS MA6)
- Lackschleuder mit Heizplatte für runde Wafer bis 100 mm Durchmesser. Ausheizen bis 200°C
- Nassbänke für die Entwicklung und die Lackentfernung



## Nassbänke

Nassbänke für die nasschemische Strukturierung und Reinigung von runden Wafern bis 200 mm Durchmesser (auch Solar)

- RCA-Reinigung (SC1, SC2, HF-Dip)
- Quick-Dump-Rinser
- Spin-Rinser-Dryer
- Nasschemische Ätzprozesse allgemein



## Lichtmikroskope



## Spektrales Ellipsometer

Spektrales Ellipsometer für runde Wafer bis 200 mm Durchmesser (auch Solar), 250-800 nm Wellenlänge, Stage für automatisiertes Mapping der Oberfläche (SENTECH SE 800)



## Konfokalmikroskop

Konfokalmikroskop mit Mirau Interferometer, bis 1500-fache Vergrößerung, Höhenauflösung bis 1 nm (LEICA DCM 3D)



## Plasma Asher

Plasma Asher TePla 100





### Schnellheizöfen

Schnellheizöfen bei Normaldruck, für runde Wafer bis 150 mm Durchmesser, auch Solar, Temperatur bis 1100°C unter Ar, O<sub>2</sub>, N<sub>2</sub> oder N<sub>2</sub>H<sub>2</sub>. (AST SHS 2000 und Eigenbau)



### Polyimid-Ofen

Bis 100 mm Durchmesser, Tempern unter Ar, N<sub>2</sub> oder im Feinvakuum, bis 950°C, rezeptgesteuert.



### Reaktives Ionenätzen (RIE)

Reaktives Ionenätzen für runde Wafer bis 100 mm Durchmesser, ätzen unter Ar, O<sub>2</sub>, SF<sub>6</sub> und CHF<sub>3</sub> (ALCATEL RIE)



### Wafer-Probe Station

Wafer-Probe Station für runde Wafer bis 200 mm Durchmesser (auch Solar), -65°C bis +200°C Proben temperatur, digitales Kamerasystem, 4 Messnadeln (CASCADE SUMMIT 11000). Mit Impedance Analyzer (Agilent 4294A) und Semiconductor Parameter Analyzer (HP 4155).

### Plasma-CVD

Plasma-CVD für runde Wafer bis 100 mm Durchmesser, Herstellung von Oxiden, Nitriden, Poly und Germanium, Substrattemperatur bis 400°C (OXFORD PLASMALAB 90)



### Kathodenzerstäubungsanlage

Kathodenzerstäubungsanlage für runde Wafer bis 200 mm Durchmesser, Gleich- und Wechselspannung, Co-Sputtern von zwei Targets möglich, Plasmaätzen, Magnetron-Anlage (LEYBOLD Z590)



### Aufdampfanlage

Aufdampfanlage für Runde Wafer bis 100 mm Durchmesser, 4-fach Tiegel und Einzeltiegel, Co-Verdampfen (BALZERS BAK 610)



### Ionenimplantation

Ionenimplanter für runde Wafer bis 300 mm Durchmesser, auch Solar, As, P, B, 5-60 keV (VARIAN VIISa HC)





### Vertikalofensystem

Vertikalofensystem Verticoo 200 von Centrotherm, Oxidationsrohr, vertikal, Oxidation trocken und feucht, Feuchtoxidation mit Steamer (Wasserdampf aus DI-Wasser) oder Hydrox-Brenner (Wasserdampf aus  $H_2$  und  $O_2$  verbrannt). Scheibengröße 150 und 200 mm, mit Adaptern auch 100 mm und „Stückchen“, Vollhandlingsystem, aber auch manuell bedienbar. Alle Oxidationsrohre haben einen DCE-Bubbler eingebaut.

Die Anlage ist im Rahmen einer Kooperation mit Fa. Centrotherm im LNQE-Forschungsbau aufgestellt.



### Horizontalofensystem Oxidation und LPCVD

Horizontalofensystem Centrotherm „Europa 2000“ mit LPCVD mit folgender Bestückung der Anlage:

- Oben: SiC-Rohr bis 1285 °C, Oxidation trocken und feucht, Feuchtoxidation mit Steamer (Wasserdampf aus DI-Wasser) oder Hydrox-Brenner (Wasserdampf aus  $H_2$  und  $O_2$  verbrannt).
- Darunter: Polysilizium-Rohr, dotiert und undotiert, amorph und polykristallin, n und p mittels Phosphin und Diboran sowie mit Sauerstoff dotiert als SIPOS.
- Darunter: Nitrid-Rohr, stöchiometrisch ( $Si_3N_4$ ) und Si-reiches Nitrid mit niedrigen Verspannungen d.h. „low-stress-nitride“ herstellbar (kompressiver und tensiler Schichtstress).
- Darunter: LPCVD-TEOS-Rohr, Tieftemperatur-Oxide, momentan noch ohne Plasma-Unterstützung, Temperaturen ab 450°C.

Alle Rohre für 200 mm ausgelegt, Einsatzboote für rechteckige Solarwafer, runde 150 und 100 mm sowie 2“ und 3“ vorhanden. Alle Oxidationsrohre haben einen DCE-Bubbler eingebaut, um eine hochtemperatur-Reinigung mit Chlor zu ermöglichen. Damit erreicht man eine gute Metallionenfreiheit.

Die Anlage ist im Rahmen einer Kooperation mit Fa. Centrotherm im LNQE-Forschungsbau aufgestellt.



### III-V Compact 21 MBE System

Ultrahochvakuum ( $10^{-11}$  Torr) Molekularstrahlepitaxie Anlage von RIBER zum Wachsen von hoch qualitativen Galliumarsenid basierten III-V Verbindungshalbleiter Schichtsystemen.

Verfügbare Materialien: Ga, As, Al, In  
Dotierstoff: Si (n-Typ)

Gerät vom Exzellenzcluster QUEST



### Transmissionselektronenmikroskop (TEM)

Das neue TEM im LNQE hat eine Beschleunigungsspannung von 200 kV und als Elektronenemitter eine Feldeffektkathode. Wichtigste Parameter sind:

- Gerätetyp: TEM Tecnai G2 F20 TMP von Fa. FEI
- 200 kV Feldeffekt FEG
- Ölfreies Vakuum
- TEM point resolution: 0,27 nm
- Information limit: 0,14 nm (gemessen!)
- STEM resolution: 0,24 nm
- 1 Hellfeld- und 2 Dunkelfeld-Detektoren +1 HAADF-Detektor
- Tomografie +- 70°



### Ionendünnung zur TEM-Probenpräparation

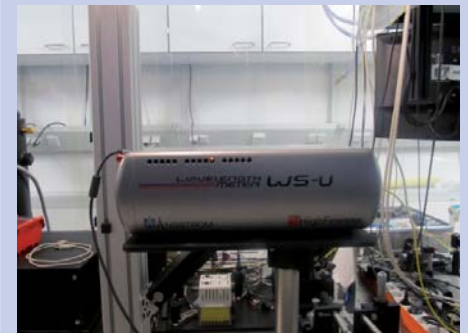
Präzisions-Ionen-Polier-System PIPS von Fa. Gatan für kleine Beschusswinkel variabel zwischen 0° und ±10° zur einseitigen und doppelseitigen Ionenstrahldünnung mit:

- LowEnergy Penning-Ionenquellen 0,1 – 6,0 kV
- Dual Beam Modulation zur Sektoren-Querschnittspräparation Proben-schleuse
- Probenhaltern für ein- und doppelseitige Dünnung
- Ölfreiem Vakuumsystem
- Zoom-TV-Kamerasystem (400x bis 2600x)
- Cold Stage



### Wellenlängemessgerät

Wavelength meter HF-ANGSTROM WS/U-2 von TOPTICA Photonics, 350-1120 nm, mit Multichannel Option und Laser Control Option.



### 4-Spitzen STM/SEM

Nanotechnologie-Großgerät 4-Spitzen STM/SEM von Fa. Omicron, das die Vorteile eines Rasterelektronenmikroskops (SEM) mit denen eines Rastertunnelmikroskops (STM) verknüpft und durch Aufsetzen der Spitzen auf Nanostrukturen elektrische 4-Punkt-Messungen im Ultrahochvakuum erlaubt

Gerät vom Institut für Festkörperphysik, Abteilung Atomare und Molekulare Strukturen



## Studiengang Nanotechnologie

### Study Course Nanotechnology

Durch das LNQE initiiert, bietet die Leibniz Universität Hannover den interdisziplinären Bachelorstudiengang Nanotechnologie an, seit dem Wintersemester 2011/2012 auch als Masterstudiengang. Der Studiengang 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.

*Initiated by the LNQE, Leibniz Universität Hannover provides the interdisciplinary Bachelor study course nanotechnology and also as a master's degree since the winter semester 2011/2012. The study course nanotechnology teaches the basics in the core subjects of chemistry, electrical engineering, mechanical engineering and physics (supplemented by mathematics), while the realization, arising from nanotechnology, considered in particularly.*



Erstsemesterbegrüßung der Nanotechnologen im LNQE-Forschungsbau.

*Welcome of the first semester nanotechnology students in the LNQE research building.*

## Bachelorstudiengang

### Bachelor's degree

#### Struktur des Studienganges

Die Regelstudienzeit des Bachelorstudiengangs Nanotechnologie beträgt sechs Semester. Die Ausbildung setzt sich zum einem aus Vorlesungen und Übungen zusammen. Darin werden Grundlagen und vertiefende Kenntnisse aus verschiedenen Studienschwerpunkten gelehrt. Darüber hinaus werden Tutorien angeboten, die dem Erwerb von Schlüsselkompetenzen dienen. Zum anderen erfolgt die praktische Ausbildung durch Laborpraktika, durch insgesamt 12 Wochen berufspraktische Tätigkeiten und Fachexkursionen sowie der Bachelorarbeit als Abschlussarbeit. Insgesamt sind 180 Leistungspunkte (LP) zu erreichen.

#### Structure of the Study Course

*The standard period of study of the bachelor program nanotechnology is six semesters. The training is comprised of lectures and exercises on the one hand. Basic ideas and in-depth knowledge from different major fields of study are taught. In addition, tutoring is offered to the acquisition of key competencies. On the other hand, the practical training occurs by lab courses, by a total of 12 weeks of practical training activities and study tours, and a bachelor thesis as complementary work. A total of 180 credit points (CP) is to be achieved.*

#### Grundlagenstudium

Der Bachelorstudiengang gliedert sich ein Grundlagenstudium und in ein Vertiefungsstudium. In den ersten drei Semestern des Grundlagenstudiums werden technische, mathematische und naturwissenschaftliche Kenntnisse vermittelt. Das Grundlagenstudium gliedert sich dabei in folgende Kompetenzfelder: Allgemein, Chemie, Elektrotechnik und Informatik, Maschinenbau, Mathematik, und Physik. Die Kurse der ersten drei Semester sind festgelegt.

#### Basis Study

*The bachelor's degree is divided into a basic study and a deeper study. In the first three semesters of study are studied the basis of technical, scientific and mathematical skills. The basic study is divided into the following knowledge: general, chemistry, electrical engineering and computer science, mechanical engineering, mathematics, and physics. The courses of the first three semesters are determined.*

Grundlagenkurse/ <i>Basic Courses</i>	109 LP/CP
Vorlesungen und Labore des Vertiefungsstudiums <i>Lectures and laboratory studies of the deepening study</i>	32 LP/CP
Schlüsselkompetenzen/ <i>Key Competencies</i>	11 LP/CP
Fachpraktikum (12 Wochen)/ <i>Internship (12 weeks)</i>	15 LP/CP
Fachexkursionen (3 Tage)/ <i>Study Tours (3 days)</i>	1 LP/CP
Bachelorarbeit (300 Stunden)/ <i>Bachelor Thesis (300 hours)</i>	12 LP/CP
<b>Summe/Sum:</b>	<b>180 LP/CP</b>

Übersicht über zu erbringende Leistungen im Bachelorstudium/*Overview of achievements to be proved in the bachelor's degree*

## Vertiefungsstudium

Im Vertiefungsstudium erfolgt eine fachliche Spezialisierung der erlernten Grundlagen in zwei von den Kompetenzfeldern Chemie, Elektrotechnik und Informatik, Maschinenbau und Physik, d. h. die Studierenden wählen sich zwei Kompetenzfelder nach ihren Wünschen aus und gestalten so ihren Stundenplan. Zusätzlich erfolgt eine weitere Spezialisierung durch die Belegung eines Wahl-Kompetenzfeldes aus dem Masterprogramm. Das Vertiefungsstudium beinhaltet darüber hinaus ein Praktikum, Fachexkursionen, die Studienarbeit und die Bachelorarbeit im 6. Semester.

## Schlüsselkompetenzen

Das Modul Schlüsselkompetenzen besteht aus einem Seminar zur Nanotechnologie und einer Reihe von Vorlesungen, aus denen frei gewählt werden kann (z. B. Kurse für Schlüsselkompetenzen, Projektmanagement, Recht, Firmengründungskurse etc.).

## Fachexkursionen

Fachexkursionen zu Firmen, Forschungseinrichtungen oder Fachmessen in einem Umfang von drei Tagen.

## Deepening Study

*In the deepening study a specialization of the learned basics is carried out in two of the competence areas chemistry, electrical engineering and computer science, mechanical engineering and physics, that is the students choose two areas of expertise in accordance with their wishes, and create their timetable. In addition, a further specialization by the choice of a selectable area of expertise from the master program occurs. The deepening study also includes an internship, study tours, study thesis and the Bachelor thesis in the 6th Semester.*

## Key Competences

*The module key competences consists of a seminar on nanotechnology and a series of lectures, from which can be chosen freely (eg courses for key skills, project management, law, company formation courses, etc.).*

## Study Tours

*Excursions to companies, research institutions or trade fairs in a range of three days.*



Kurs- und Modulkatalog Nano-technologie.  
*Course and module catalog nanotechnology.*



Website zum Studiengang: [www.lnqe.uni-hannover.de/study\\_nano.html](http://www.lnqe.uni-hannover.de/study_nano.html)  
Website of the study course: [www.lnqe.uni-hannover.de/study\\_nano.html](http://www.lnqe.uni-hannover.de/study_nano.html)

Kompetenzfeld: Allgemein (4 LP)/ <i>Area of Expertise: General (4 CP)</i>
Einführung in die Nanotechnologie/ <i>Introduction to nanotechnology</i>
Kompetenzfeld: Chemie (16 LP)/ <i>Area of Expertise: Chemistry (16 CP)</i>
Einführung in die Allgemeine und Anorganische Chemie / <i>Introduction to general and inorganic chemistry</i>
Physikalische Chemie I/ <i>Physical chemistry I</i>
Kompetenzfeld: Elektrotechnik und Informatik (21 LP) <i>Area of Expertise: Electrical Engineering and Computer Science(21 CP)</i>
Grundlagen der Elektrotechnik I/ <i>Fundamentals of electrical engineering I</i>
Grundlagen der Elektrotechnik II/ <i>Fundamentals of electrical engineering II</i>
Grundpraktikum Elektrotechnik/ <i>Basic lab course electrical engineering</i>
Informationstechnisches Praktikum/ <i>Information technology practical</i>
Kompetenzfeld: Maschinenbau (16 LP) <i>Area of Expertise: Mechanical Engineering (16 CP)</i>
Mikro- und Nanotechnologie/ <i>Micro and nanotechnology</i>
Technische Mechanik I für Maschinenbau/ <i>Applied mechanics I for mechanical engineering</i>
Technische Mechanik II für Maschinenbau/ <i>Applied mechanics II for mechanical engineering</i>
Kompetenzfeld: Mathematik (26 LP) <i>Area of Expertise: Mathematics (26 CP)</i>
Mathematik für Ingenieure I/ <i>Mathematics for engineers I</i>
Mathematik für Ingenieure II/ <i>Mathematics for engineers II</i>
Mathematik für Ingenieure III/ <i>Mathematics for engineers III</i>
Mathematik für Ingenieure IV/ <i>Mathematics for engineers IV</i>
Kompetenzfeld: Physik (26 LP)/ <i>Competence Area: Physics (26 CP)</i>
Physik I – Mechanik und Relativität / <i>Physics I - Mechanics and relativity</i>
Physik II - Elektrizität/ <i>Physics II - Electricity</i>
Physik III - Optik, Atomphysik, Quantenphänomene/ <i>Physics III - Optics, atom physics, quantum phenomena</i>
Grundpraktikum Physik/ <i>Basic lab Course physics</i>

#### Kurse im Grundlagenstudium/*Courses of the basic study*

#### **Fachpraktikum**

Ein berufsbezogenes Fachpraktikum bildet einen wesentlichen Bestandteil des Studiums. Das 12 wöchige Fachpraktikum dient dem Erwerb von Erfahrungen in typischen Aufgabefeldern und Tätigkeitsbereichen von Absolventen und Absolventinnen in der beruflichen Praxis. Die Studierenden sollen Erfahrungen in der Anwendung ihrer im Studium erworbenen Kenntnisse und Fertigkeiten sammeln. Das Fachpraktikum ist daher durch die Eingliederung der Praktikanten und Praktikantinnen in ein Arbeitsumfeld von Ingenieuren oder entsprechend qualifizierten Personen mit überwiegend entwickelndem, planendem oder lenkendem Tätigkeitscharakter gekennzeichnet. Detaillierte Informationen zum Praktikum liefert die Praktikantenordnung.

#### **Internship**

*An occupational internship is an essential part of the course. The 12 week co-op program serves the acquisition of experience in typical job fields and fields of activity of graduates in professional practice. The students will get experience in the application of their studies in the acquired knowledge and skills. The practical training is therefore characterized by the integration of the trainees in a work environment for engineers or suitably qualified persons with predominantly evolving, planning or leadership character. Detailed information about the internship is given in the intership regulations.*

Kompetenzfeld: Chemie (16 LP)/ <i>Area of Expertise: Chemistry (16 CP)</i>
Instrumentelle Methoden I/ <i>Instrumental methods I</i>
Anorganische Chemie I/ <i>Inorganic chemistry I</i>
Technische Chemie I/ <i>Technical chemistry I</i>
Kompetenzfeld: Elektrotechnik und Informatik (16LP) <i>Area of Expertise: Electrical Engineering and Computer Science(16 CP)</i>
Grundlagen der Materialwissenschaften/ <i>Basics of materials science</i>
Regelungstechnik I/ <i>Automatic control technique I</i>
Grundlagen der Halbleiterbauelemente/ <i>Basics of semiconductor devices</i>
Sensorik und Nanosensoren/ <i>Sensor technology and nanosensors</i>
Kompetenzfeld: Maschinenbau (16 LP) <i>Area of Expertise: Mechanical Engineering (16 CP)</i>
Regelungstechnik I/ <i>Automatic control technique I</i>
Mikro- und Nanosysteme/ <i>Micro and nano systems</i>
Werkstoffkunde/ <i>Material science</i>
Kompetenzfeld: Physik (16 LP)/ <i>Area of Expertise: Physics (16 CP)</i>
Einführung in die Festkörperphysik/ <i>Introduction to solid state physics</i>
Elektronik und Messtechnik/ <i>Electronics and measurement technology</i>
Schlüsselkompetenzen (11 LP) <i>Key Competences (11 CP)</i>
Nanotechnologie-Seminar + weitere, wählbare Kurse zu Schlüsselkompetenzen/ <i>Nanotechnology seminar + more selectable courses in key competences</i>

Kurse im Vertiefungsstudium/*Courses of the deepening study*

### Bachelorarbeit

Den Abschluss des Studiums bildet die Bachelorarbeit mit einer Gesamtdauer von drei Monaten. Die Bachelorarbeit soll zeigen, dass der Prüfling in der Lage ist, innerhalb einer vorgegebenen Frist ein Problem selbstständig nach wissenschaftlichen Methoden zu bearbeiten. Die Art der Aufgabe und die Aufgabenstellung müssen mit der Ausgabe des Themas festliegen. Die Bachelorarbeit muss von zwei Prüfern bewertet werden. Sie kann in der Form einer Gruppenarbeit angefertigt werden. Der als Prüfungsleistung zu bewertende Beitrag des einzelnen Prüflings muss aufgrund der Angabe von Abschnitten, Seitenzahlen oder anderer objektiver Kriterien deutlich abgrenzbar und für sich zu bewerten sein. Nähere Informationen zur Bachelorarbeit sind der Prüfungsordnung zum Studiengang „Nanotechnologie“ zu entnehmen.

### Bachelor Thesis

*The completion of the course is the bachelor thesis, with a total duration of three months. The bachelor thesis is to show that the student is in a position to solve a problem alone within a specified time according to scientific methods. The type of the task and the task must be determined with the issue of the topic. The bachelor thesis must be evaluated by two reviewers. It may be made in the form of a working group. The performance audit assessed contribution of each candidate must be a result of the indication of the sections, page numbers or other objective criteria clearly identifiable and are to be valued. Further information on the bachelor thesis can be taken from the examination rules of the study course „nanotechnology“.*

## Masterstudiengang *Master's degree*

Der akkreditierte Masterstudiengang Nanotechnologie ist als Weiterführung des Bachelorstudiengangs Nanotechnologie konzipiert. Neben den Bachelorabsolventinnen und -absolventen der Nanotechnologie steht er aber auch den Studienrichtungen Maschinenbau, Elektrotechnik, Chemie und Physik offen. Die Regelstudiendauer beträgt vier Semester, wovon ein Semester auf die Masterarbeit entfällt. Insgesamt sind 120 Leistungspunkte (LP) zu erreichen.

### Grundlagenkurse

Die Grundlagenkurse des Pflicht-Kompetenzfeldes sind von allen Studierenden zu besuchen und vermitteln wichtige Kenntnisse aus den Methoden der Nanotechnologie.

### Wahlkompetenzfelder

Neben den Grundlagenkursen sind von den Studierenden drei der angebotenen Wahlkompetenzfelder als Vertiefungsfächer zu wählen:

- Chemie
- Chemie der Nanowerkstoffe
- Lasertechnik/Photonik
- Materialphysik
- Mikro- und Nanoelektronik
- Mikroproduktionstechnik
- Biomedizintechnik

### Wahlbereich

Im Wahlbereich können Veranstaltungen aus einer Liste von Fachkursen gewählt werden.

*The accredited master study course nanotechnology is designed as continuation of the bachelor course nanotechnology. In addition to the bachelor's graduates in nanotechnology, he is also open to the study of mechanical engineering, electrical engineering, chemistry and physics. The standard course duration is four semesters with one semester for the Master's thesis. A total of 120 credit points (CP) must be reached.*

### Basic Courses

*The basic courses of the mandatory area of expertise have to be attended by all students and provide important skills on the methods of nanotechnology.*

### Selectable Areas of Expertise

*Besides the foundation courses three of the competence areas of choice are to be chosen as majors by the students:*

- Chemistry
- Chemistry of nanomaterials
- Laser technology / photonics
- Materials physics
- Micro and nanoelectronics
- Micro production technology
- Biomedical engineering

### Courses of Choice

*In elective courses from a list of professional courses can be selected.*

Pflicht-Kompetenzfeld „Methoden der Nanotechnologie“/ <i>Mandatory Area of Expertise "Methods of Nanotechnology"</i>	13 LP/CP
3 Wahlkompetenzfelder/ <i>3 Selectable Areas of Expertise</i>	35-39 LP/CP
Wahlbereich/ <i>Courses of Choice</i>	20-24 LP/CP
3 Labore 360 Stunden/ <i>3 Lab Courses 360 hours</i>	12 LP/CP
Studium Generale/ <i>General Studies</i>	6 LP/CP
Masterarbeit 6 Monate/ <i>Master Thesis 6 month</i>	30 LP/CP
<b>Summe/Sum:</b>	<b>120 LP/CP</b>

Übersicht über zu erbringende Leistungen im Masterstudium/*Overview of achievements to be proved in the master's degree*

## Labore

Im Rahmen des Studiums müssen die Studierenden drei verschiedene Labore absolvieren. Als Labore sind ein Halbleitertechnologie-Labor, ein Laborpraktikum Festkörperphysik sowie ein Mikrotechnik-Labor vorgesehen.

## Studium Generale

Für das Studium Generale besteht die Wahlfreiheit aus dem gesamten Angebot der Universität.

## Masterarbeit

Den Abschluss des Studiums bildet die Masterarbeit mit einer Gesamtdauer von sechs Monaten.

## Lab courses

*As part of the study course, students must complete three different lab courses. A semiconductor technology lab course, a solid-state physics lab course and a microtechnology lab course are provided.*

## General Studies

*For General Studies there is freedom of choice from the full range of the university.*

## Master Thesis

*The completion of the study course is the Master's thesis with a total duration of six months.*



Halbleiter-Labor im Nanotechnologie-Studium. Im Reinraum werden in Kleingruppen von 3-4 Personen MOS-Strukturen und pn-Dioden hergestellt und später charakterisiert. / *Semiconductor lab courses in the nanotechnology study course. In the clean room MOS structures and p-n diodes are fabricated and characterized later in small groups of 3-4 people.*

## Promotionsprogramm/PhD-Program “Hannover School for Nanotechnology”



Das Niedersächsische Ministerium für Wissenschaft und Kultur (MWK) hat die „Hannover School for Nanotechnology“ (hsn) als Niedersächsisches Promotionsprogramm mit Partnern aus dem Forschungszentrum Laboratorium für Nano- und Quantenengineering der Leibniz Universität Hannover und aus der Hochschule Hannover bewilligt. Die Förderung umfasst fünfzehn Stipendien und Mittel für Sach- und Reisekosten der Stipendiatinnen und Stipendiaten, die gesamte Förderungsumme beträgt 1.000.000,- Euro für einen Zeitraum von vier Jahren. Das Programm läuft von 01.10.2012 bis 30.09.2016.

*The Lower Saxony Ministry for Science and Culture (MWK) has granted the “Hannover School for Nanotechnology” (hsn) as a Lower Saxony doctoral program with partners from the research center Laboratory of Nano and Quantum Engineering from the Leibniz Universität Hannover and from the University of Applied Sciences and Arts in Hannover. The funding includes fifteen scholarships and funding for equipment and travel costs of the scholarship students, the total grant amounts to 1.000.000,- EUR for a period of four years. The program runs from 01.10.2012 to 09.30.2016.*



Die Nanotechnologie gilt als eine der aussichtsreichsten Schlüsseltechnologien, die zur Lösung vieler Probleme der Menschheit beitragen kann. Eine der wichtigsten Fragen der heutigen Zeit ist hierbei den immer weiter steigenden Energiebedarf bei zu Ende gehenden Ressourcen zu decken und gleichzeitig die Umwelt zu schonen. Die Wandlung, der Transport und die Speicherung von Energie sind grundlegende Fragen für die Zukunft unserer Gesellschaft. Das Gebiet der Nanotechnologie kann hier wichtige Beiträge leisten, durch verbessertes Grundlagenverständnis, durch neue Anwendungen und marktfähige Produkte. Energieprozesse müssen auf der Nanoskala verstanden werden. Mit Nanomaterialien und durch Nanoengineering werden diese verbessert werden und revolutionär neue Wege zur Energiewandlung, Energiespeicherung oder Energietransport gefunden werden.

*Nanotechnology is regarded as one of the most promising key technologies that can contribute to the solution of many problems of humanity. One of the most important question of our time is here to meet the ever-increasing energy demand with on the other hand ending resources and to protect the environment at the same time. The conversion, transport and storage of energy are fundamental issues for the future of our society. The field of nanotechnology can here make important contributions through improved fundamental understanding, through new applications and marketable products. Energy processes must be understood at the nanoscale. With nanomaterials and nanoengineering this will be improved and revolutionary new ways for energy conversion, energy storage and energy transport will be found.*





Die Nanotechnologie ist eine sehr interdisziplinäre Wissenschaft, sie verlangt Kenntnisse in Chemie, Physik, Elektrotechnik und Maschinenbau. Die Hannover School for Nanotechnology führt die interdisziplinäre Ausbildung der Bachelor- und Masterstudiengänge „Nanotechnologie“ der Leibniz Universität Hannover konsequent auf die Doktorandenebene fort.

Die hsn richtet sich gezielt an exzellente junge Studierende aus der ganzen Welt, um diese bestmöglich auf dem Gebiet der Nanotechnologie auszubilden. Ein wichtiges Ziel ist, eine möglichst kurze Promotionsdauer auch für internationale Studierende zu erreichen und gleichzeitig Spitzenforschungsergebnisse zu erzielen. Das Programm hat flexible Einstiegszeitpunkte: direkt nach dem Bachelor-Abschluss, während der Masterzeit oder mit Master-Abschluss, um so exzellente Studierende auf allen Stufen aufnehmen zu können.

Neben dem eigentlichen Promotionssthema wird den Stipendiatinnen und Stipendiaten ein maßgeschneidertes Lehrangebot geboten. Dies beinhaltet Nanotechnologie-Kurse, Seminare, Kolloquien, Kurse zur Förderung von persönlichen Fähigkeiten, und insbesondere spezielle Veranstaltungen, die einen verantwortungsvollen Umgang mit Nanotechnologie lehren. Ein besonderer Schwerpunkt von hsn ist darüber hinaus die Förderung von jungen Wissenschaftlerinnen. Für die besten Stipendiatinnen und Stipendiaten bietet die hsn nach einer Evaluation eine Fast-Track Option an, mit der die Förderung mit einem Stipendium bereits während der Masterzeit beginnt. Es wird dann der Masterabschluss erworben und nach zwei Jahren dann mit Promotion abgeschlossen.

*Nanotechnology is a very interdisciplinary science; it requires knowledge of chemistry, physics, electrical engineering and mechanical engineering. The Hannover School for Nanotechnology leads the interdisciplinary training of bachelor and master programs "Nanotechnology" at the Leibniz Universität Hannover consistently to doctorate level.*

*The hsn is aimed at outstanding young students from around the world to train them in the best possible in the field of nanotechnology. An important goal is also for international students to achieve the shortest possible time to doctorate while achieving cutting-edge research results. The program has flexible entry points in time: immediately after the bachelor's degree, while the master time or with master's degrees to accommodate such excellent students at all levels.*

*Apart from the actual thesis topic the scholarship holders a customized curriculum is offered. This includes nanotechnology courses, seminars, colloquia, courses to promote personal skills, and in particular, special events that teach the responsible use of nanotechnology. A particular focus of hsn is beyond the promotion of young female scientists. For the best scholars offers the hsn after an evaluation a fast-track option, with the promotion starts with a scholarship during the master time. It is then acquired the master's degree and then completed after two years with a PhD.*





Die hsn vereint Partner aus dem LNQE und der Hochschule Hannover (HsH). Hierdurch wird es möglich, auch exzellenten Absolventen der HsH den Zugang zur Promotion zu ermöglichen. Die Betreuung der Doktorandinnen und Doktoranden wird gemeinschaftlich durch Partner aus der Leibniz Universität Hannover und der Hochschule Hannover übernommen. Die im LNQE gewonnen Grundlagenkenntnisse werden durch die Partner in der HsH in Anwendungen überführt. Darüber hinaus kann die hsn auf ein exzellentes Netzwerk sowohl regionaler als auch internationaler Kooperationspartner zugreifen.

*The hsn brings together partners from the LNQE and the University of Applied Sciences and Arts in Hannover (HsH). This makes it possible to enable excellent graduates of HsH the access to doctoral studies. The supervision of doctoral students is taken jointly by partners from the Leibniz Universität Hannover and the HsH. The in the LNQE won basic findings are converted by the partners from HsH into applications. In addition, the hsn has access to an excellent network of both regional and international cooperation partners.*



Auf die hsn-Stipendien gab es insgesamt 159 Bewerbungen. Die Bewerbungen wurden von einem Auswahlausschuss gesichtet und bewertet. Hier sind wir besonders froh, dass wir Prof. Dr. Stephanus Büttgenbach aus Braunschweig als Mitglied für den Aufnahmecommission gewinnen konnten. In einem zweiten Schritt wurden die besten Kandidatinnen und Kandidaten durch Ihre möglichen Erstbetreuer interviewt. Von den 15 Besten, die dann ein Stipendium erhalten haben, stammen sechs aus dem Ausland. Etwa die Hälfte der Stipendien konnte an Wissenschaftlerinnen vergeben werden. Zusätzlich wird das Programm durch weitere exzellente Doktorandinnen und Doktoranden aus den beteiligten Arbeitsgruppen verstärkt.

*On the hsn scholarships there were a total of 159 applications. The applications were screened and evaluated by a selection committee. Here we are particularly pleased that we were able to win Prof. Dr. Stephanus Büttgenbach from Brunswick as a member of the Admissions Committee. In a second step, the best candidates were interviewed by your potential supervisor. Of the top 15, who received a scholarship, are six from abroad. About half of the scholarships could be awarded to female scientists. The program is also strengthened by other excellent PhD students from the participating research groups.*



*The hsn has been opened in a joint ceremony together with the program MARIO on 11/10/2013 solemnly in LNQE Research Building (See photos). The Greetings were given by the presidents of the universities involved: Prof. Dr.-Ing. Erich Barke of the Leibniz Universität Hannover, Prof. Dr. Christopher Baum of the Hannover Medical School and Lothar Hühnerbein from the the University of Applied Sciences and Arts in Hannover. Prof. Dr. Stephanus Büttgenbach gave a lecture on "Converging Technologies: Nanotechnology, Surface Engineering and Microsystems".*



Die hsn wurde in einer gemeinsamen Festveranstaltung zusammen mit dem Programm MARIO am 11.10.2013 feierlich im LNQE-Forschungsbau eröffnet (Siehe Fotos). Die Grußworte sprachen die Präsidenten der beteiligten Hochschulen: Prof. Dr.-Ing. Erich Barke von der Leibniz Universität Hannover, Prof. Dr. med. Christopher Baum von der Medizinischen Hochschule Hannover und Lothar Hühnerbein von der Hochschule Hannover. Prof. Dr. Stephanus Büttgenbach hielt einen Festvortrag zum Thema „Converging Technologies: Nanotechnology, Surface Engineering and Microsystems“.

### Investigation of surface functionalized nanooptical and plasmonic systems for use as bionanosensors

Supervisor: B. Chichkov

Researcher: T. Birr

In this project, multipole-particle and plasmonic systems will be designed and optimized. Metallic and dielectric films will be structured with different optical lithographic approaches to assemble plasmonic systems. The linear and nonlinear optical properties of multipole-particles embedded in plasmonic systems open new possibilities for fundamental and applied research in ultrafast nanooptics. Their response to optical and surface plasmon-polariton fields will be studied by Fourier-transform microscopy and temporally resolved interferometric leakage radiation microscopy, respectively. Ultrafast switching of optical properties of multipole-particles and particle systems will be studied, using excitation of interband transitions and adiabatic metallization effects induced by ultrashort laser pulses. In plasmonic systems embedded ordered and random hybrid nanostructures with functionalized surfaces can be applied as novel highly sensitive sensor elements. Of special interest is the study of magnetic dipole interactions, providing unique possibilities for novel low-intensity switching elements and for probing magnetic fields at optical frequencies.

### Chemisorbed single molecules as electronic switches

Supervisor: P. Pfnür, F. Renz

Researcher: A. Chatterjee

The aim of this project is the direct investigation of the electrical conduction properties of single molecules with extended electronic  $\pi$ -systems, which are chemically bound to metallic contacts. We want to investigate the structure and the adsorption geometry at the atomic scale and finally want to functionalize these molecules and induce switchability by electric fields via the substrate or by additional electrodes. As a starting point we are planning to use silver electrodes and coordination compounds, such as functionalized ferrocene and phenyl substituted molecules (the latter as reference systems). For this purpose laterally open contact structures will be used, which allow direct access to the contact together with the adsorbed molecules. By use of the combination of a 4-probe STM with an SEM all steps like generation and characterization of contacts and molecules at the atomic scale can be carried out in situ, as well as electrical transport measurements. We further plan to vary chemical end groups and temperature in order to study the influence of coupling of the molecule to its environment on transport properties.

### Nanoparticles for Enhanced Photovoltaics, Nanoheating and Sensors

Supervisor: B. Chichkov, C. Reinhardt

Researcher: P. Chhantyal

The main property of metal and semiconductor nanoparticles is their resonant responses as a reaction on external optical fields, concentrating energy inside and around the particles and making them very attractive for different practical applications, e.g. sensor technology, surface-enhanced Raman spectroscopy, and efficiency enhancement in photovoltaic devices. Additionally, Joule heating of plasmonic nanostructures by the induced currents leads to localized heat sources on the nanometer scale, enabling new concepts for nanoscale medicine and chemistry. These topics attract great attention from both experimental and theoretical points of view in the last two years. In this work, metal and semiconductor nanoparticles with adjustable diameters in the range of 40 – 200 nm and periodic nanoparticle structures will be generated by use of femtosecond lasers systems. The nanoparticle structures and their applications for sensing, photovoltaics, and nanoheating will be studied.



Tobias Birr



Atasi Chatterjee



Parva Chhantyal



Andreas Grimm

### Relaxed germanium films on off-oriented silicon wafers as substrates for epitaxial III-V solar cells

Supervisor: T. Wietler, J. Osten

Researcher: A. Grimm

Off-oriented germanium wafers are the common substrates for high-efficiency multi-junction III-V photovoltaic cells for space applications and terrestrial concentrator photovoltaic systems. A miscut of  $6^\circ$  with respect to the [001]-orientation provides a Ge surface formed solely by double atomic steps which is mandatory to avoid anti-phase boundaries in subsequent III-V growth. This project is dedicated to the replacement of Ge wafers with epitaxial Ge films grown on miscut Si wafers. This solution could be cost-efficient because Si wafers are much cheaper than Ge wafers. Further cost reduction potential is at hand due to the larger wafer sizes available for Si. The growth of smooth relaxed Ge films with low defect densities on on-axis Si substrates can be accomplished by controlling the strain relaxation during epitaxy using surfactants. Thus, the application of surfactant-mediated epitaxy to  $6^\circ$  off-oriented Si(001) substrates could provide cheap Ge substrates for epitaxial III-V films.



Lars Heyer

### Molecular Switches Based on Iron(II) Coordination Compounds

Supervisor: F. Renz

Researcher: L. Heyer

The aim of this project is the design, development, and investigation of switchable nanoscopic coordination compounds for storage and transformation of energy. The compounds exhibit concerted and sequential electronic molecular switching upon thermal or electro-magnetical excitation. The investigation of the associated conversion and transport of the thermally or optically injected energy is the main focus. A milestone is the synthetical modification of the switchable multinuclear compounds. Such modification is based on electro-nical or sterical substitutions in the organic framework as well as in the metal centers. The switching of the compounds will be investigated in powder and / or crystalline states.



Dominik Hinrichs

### Semiconductor nanoparticles with concave morphologies for sensory key-lock applications

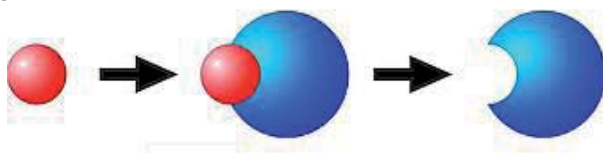
Supervisor: D. Dorfs, N. Bigall

Researcher: D. Hinrichs

The properties of nanoparticles are not just influenced by their composition, size and surface functionalization but also by their shape. In general crystals grow in a convex morphology but new synthetic strategies opened access to concave structures. These concave structures show promising features for e. g. sensory key-lock applications.

We want to transfer the so called "cast mold" approach to a variety of materials. In this approach a semiconductor is grown on a nanoparticle e. g. a metal nanoparticle. Afterwards the latter is etched to receive a concave shaped semiconductor nanoparticle.

The so obtained cave can interact size-sensitive with other nanoparticles, which could be exploited for sensory applications.



### Nanocrystalline Electrodes for (Solar) Photoelectrochemical Water Splitting

Supervisor: D. Bahnemann, J. Caro

Researcher: M. Jami

Photoelectrochemical (PEC) Tandem Cells with anodes and cathodes both of which are consisting of suitable semiconducting materials ensuring watersplitting into molecular oxygen and hydrogen, respectively, upon solar illumination are ideally suited for the conversion and storage of solar energy. Employing materials with sufficient abundance such as hematite (iron oxide) and pyrite (iron sulphide) n- and p-doped crystalline nanoparticles with suitable bandgap energies and band positions shall be synthesized employing wet chemical bottom-up methods and bandgap engineering, i.e., utilizing the quantum size effect. Sol/Gel synthesis methods will then be used to prepare the respective photoanodes and -cathodes for the PEC cells. While the overall performance of these cells will be investigated under (simulated) solar illumination, the project will focus on a detailed understanding of the involved individual reaction steps at both photoelectrodes. The latter processes will be studied combining suitable (photo)electrochemical analysis with time-resolved techniques (e.g., laser flash photolysis) and spatially resolved spectroscopic methods (e.g., ATR-FTIR spectroscopy). It is another important target of this project to develop – in close collaboration with other teams of the HSN – suitable models to describe the processes involved thus enabling the development of scale-up PEC assemblies for the anticipated industrial utilization.

### Epitaxial growth of local silicon on insulator (SOI) structures

Supervisor: J. Osten, T. Wietler

Researcher: A. Joseph

Silicon on insulator (SOI) technology allows substantial performance improvement and/or power reduction of complementary metal-oxide-semiconductor (CMOS) devices if compared to the same generation bulk Si technology. In particular, the monolithic integration of optoelectronic components on the same chip requires SOI isolation. However, the low thermal conductivity of the buried insulator leads to thermal isolation of the active device region from the substrate. Thus, locally buried SOI solutions are desired. Usually, amorphous silicon dioxide serves as buried oxide layer (BOX) and therefore direct growth of single crystalline silicon layer on the dielectric is impossible. Here, any Si-based double heteroepitaxial Si/insulator/Si-substrate structure could solve these problems. Application of single crystalline dielectrics as buried insulator would allow growing silicon on it. Rare earth metal oxides are already proved for their good dielectric characteristics and their crystalline and chemical stability with silicon during standard semiconductor processing steps. In this project, an unconventional approach for epitaxial growth of Si on single-crystalline rare-earth oxide has to be developed and evaluated to realize locally grown BOX isolation.

### Hybrid semiconductor/metal nanoparticles produced by colloid chemistry for photo catalytic conservation of energy

Supervisor: J. Caro, D. Dorfs

Researcher: T. Kodanek

With today's strong focus on renewable energy sources, also the conversion of e.g. solar energy into chemically bound energy comes into the focus of recent research activities. Very popular examples are e.g. fuel cells as energy conversion units which relay on chemically stored energy in form of hydrogen. This hydrogen could e.g. be produced exploiting solar energy via the photo catalytic splitting of water. In the framework of this project, novel metal semiconductor/metal hybrid nanoparticles shall be synthesized via means of colloid chemistry and their performance for various photocatalytic reactions will be evaluated. Apart from simple (quasi) spherical nanoparticles, also more elaborately shaped nanoparticles like rods and branched nanoparticles shall be synthesized and their photocatalytic performance will be compared to spherical ones. A focus will be put on structure property correlations with specific focus on size and shape of the nanocrystals, their crystal faceting and the character of the metal/semiconductor interface.



Maryam Jami



Anit Joseph



Torben Kodanek



Manish Kumar

### Energy transfer and -conversion by functionalized nano-bio-fibers

Supervisor: R. Sindelar, F. Renz, A. Otten, H. Widdecke

Researcher: M. Kumar

In the frame of the project functionalized nano-fibers are developed and their energy transmitting and conversional properties are investigated and applied to technical cases. Energy, e.g. photonic or electric or magnetic nature, can be transferred by nano-scaled fibers produced by electro-spinning. Especially fibers made of bio-polymers are of interest in the field of lifesciences and medical engineering. Functionalization by coordination compounds allows localized energy conversion for various applications such as signal transmittance. The project covers production, characterization and functionalization of the nano-fibers.

Brij Mohan  
Mundotiya

### Nanocrystallite electroplated softmagnetic layers

Supervisor: L. Rissing, M. Wurz

Researcher: B. M. Mundotiya

In magnetic sensors and actuators soft magnetic layers serve as flux guides. The experience shows that bulk materials have mostly better magnetic properties than thin film layers. Today materials and their alloys based on Ni, Fe and Co are in use. These materials are deposited by thin film processing using vacuum processes. An alternative procedure is to deposit layers by electroplating. The magnetic properties are depending on numerous influences. One property is the size of the crystals in the magnetic layers. The aim of this project is to adjust the size of the crystallites during the electroplating process and reduce them to nanoscale. By this approach the permeability can be increased. The necessary equipment for the electroplating process is installed at the IMPT. The project should start with collecting information from papers concerning the state of the art and develop a new approach to nanocrystallite softmagnetic layers.



Dennes Nettelroth

### Novel materials for zinc-air batteries

Supervisor: P. Behrens, N. Guschanski

Researcher: D. Nettelroth

The volumetric and specific energy density of Zn-air batteries is higher than that of lithium ion batteries. The aim of this project is to develop economically viable and environmentally friendly solutions for several problems which still have to be overcome for these batteries. The cathode is an electrode with a three-phase boundary (air-electrolyte-solid). Employing carbon nanomaterials (nanotubes, graphene, graphite oxide) the properties of this gas diffusion electrode shall be improved, possibly avoiding expensive noble-metal catalysts. The electrolyte shall be adapted by rather using neutral solutions instead of the commonly employed aggressive alkaline solutions which also lead to the undesired formation of carbonates. In this way, laboratory models of secondary Zn-air batteries shall be developed which will be tested electrochemically and with regard to cycle stability, lifetime and for their suitability for daily use in industrial applications.

### Graphene for Energy Storage and Conversion

Supervisor: R. Haug, P. Behrens

Researcher: J. Rode

Only for a decade now, we know that it is possible to investigate a single monolayer of graphite which is called graphene. Nevertheless, it is already clear that graphene is one of the most fascinating materials which was ever found. Due to its unique mechanical and electronic properties it is suggested to be extremely interesting in applications concerning storage or conversion of energy.

The focus of this project lies on artificial multi-layered graphene systems of a certain twist angle in stacking. These exhibit exiting novel properties in electronic structure and varying interlayer coupling. Samples are prepared by folding via Atomic Force Microscope (AFM) or transfer techniques. Characterization in terms of electronic transport and electrical capacitance will be carried out in magnetic fields at individually tuneable carrier concentrations, using additional gate structures.



Johannes Rode

### Multimaterial nanoparticles for energy transfer

Supervisor: B. Chichkov, L. Sajtí

Researcher: C. Sehring

The Major scientific aim of this PhD project is the synthesis, controlled surface functionalization, systematic investigation, and experimental exploitation of ultrashort laser-generated mono- and multimaterial nanoparticle-complexes for enhanced optical sensing and solar-energy conversion. Taking into account the elevated purity and surface activity, these nanoparticles provide the best constellation for surface functionalization, for instance by conjugative molecules, in order to render additional functionalities, such as FRET-response or inverse energy transfer required in thin film solar cells. Beside plasmonic and semiconductor materials, their innovative extension with functional entities presents particular importance to the development of complex, nanoparticle-based energy conversion strategies. Therefore, major emphasis will rely on their development, decoration with functional cargo materials for biological sensing and development of enhanced photovoltaic devices.



Camilla Sehring

### Superparamagnetic core-shell nanoparticles as inductive heatable tools for release of chemotherapeutics in medical hyperthermia

Supervisor: A. Kirschning, F. Renz, N. Malek,

Researcher: K. Seidel

One of the largest challenges in current cancer therapy based on cytotoxic drugs is the quest for reducing the side effects on healthy tissue and organs. This research topic pursues a new concept that is based on the chemical functionalization of superparamagnetic nanoparticles with a cytotoxic drug such as ansamitocin to achieve a temperature dependent magnetic-drug-targeting system. By combining hyperthermia with a highly cytotoxic drug it is expected to address solid tumors more specifically and with higher efficacy. Optimization of iron oxide silica core-shell nanoparticles for functionalization with complex drugs is the principal topic of the Ph.D. thesis. The Ph.D. thesis is carried out in close collaboration on nanoparticle design with the group of Prof. Renz (Institute of Inorganic Chemistry, Leibniz Universität Hannover). Proof of principle will be gained in collaboration with oncologists from Tübingen.



Katja Seidel



Daniel Unruh

### Concerted and sequential switching in nanoscopic compounds

Supervisor: F. Renz, M. Oestreich, R. Sindelar

Researcher: D. Unruh

The aim of this project is the design, development, and investigation of switchable nanoscopic coordination compounds for storage and transformation of energy. The compounds exhibit concerted and sequential electronic molecular switching upon thermal or electro-magnetical excitation. The investigation of the associated conversion and transport of the thermally or optically injected energy is the main focus. A milestone is the synthetic modification of the switchable multinuclear compounds. Such modification is based on electronical or sterical substitutions in the organic framework as well as in the metal centers. The switching of the compounds will be investigated in powder, crystalline and anisotropic matrix oriented states. The dichroism in the matrix is achieved by incorporation in nanoscopic polymer fibers produced by electro-spinning. Potential applications will be investigated.

Julia Susan  
Wiegand

### Ultrafast optical spectroscopy of interactions and energy transfer in single molecules

Supervisor: M. Oestreich, F. Renz

Researcher: J. Wiegand

Abstract: The aim of this project is the investigation of concerted and sequential molecular switching in nanoscopic coordination compounds under optical energy injection by ultrafast optical spectroscopy. The compounds comprise multinuclear single molecules which show a distinct switching and interaction behaviour upon thermal or electro-magnetical excitation. The vast majority of all reactions occur within a sequential mechanism, whereas concerted inorganic reactions are not yet understood. The exploration of the associated conversion and transport of the optically injected energy and of the nature of this concerted reaction is the main focus. The importance of the excited states and their lifetimes and spin-flip mechanisms of the macro molecules will be addressed via ultrafast magneto-optical spectroscopy. There is a close collaboration with the project "Concerted and sequential switching in nanoscopic compounds" in which the design, synthesis and characterisation of such compounds will be performed. The two projects will feed-back on each other and allow optimizing the synthesis and exploring the nature of the switching and interaction behaviour.

Sascha Jozsef  
Wolter

### Nano porous silicon for electricity storage

Supervisor: R. Brendel, D. Bahnemann

Researcher: S. Wolter

Low cost electricity storage is important to cope with the volatile nature of solar energy and wind energy. Crystalline Si is an attractive material not only for Si solar cells but also for storing electricity. It is known from the literature that Si nanostructures exhibit a ten-fold storage capacity for Li ions when compared with conventional graphite anodes. This project evaluates nanostructured porous Si as an anode for Li-ion batteries. The porous Si layers are prepared by an electro chemical etching procedure. The project aims at optimizing the electrochemical etching conditions for achieving a large and stable storage capacity. With the technological equipment available at ISFH ([www.isfh.de](http://www.isfh.de)) it will be possible to investigate new porous Si modifications. The candidate shall measure and model the interplay of the etching chemistry, the porous Si structure, and the storage performance. At ITC the candidate shall investigate the reaction steps for charging and discharging of porous nanostructures. The project will be co-supervised by a physicist and a chemist.

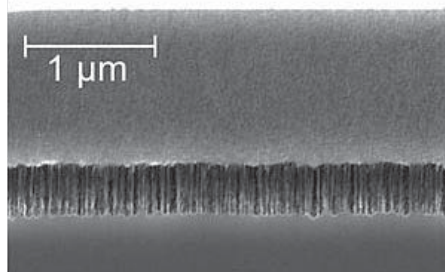


Figure 1: Scanning electron micrograph of a double layer of meso-porous silicon. The porosity of the top layer is 20 % and that of the bottom layer is 50 %



## Aktivitäten in 2013

### *Activities in 2013*

LNQE-Kolloquium

[Transmissionselektronenmikroskopie am LNQE: neue Angebote an diagnostischen Möglichkeiten](#)

16.01.2013

Eberhard Bugiel und Fritz Schulze Wischeler  
Institut für Materialien und Bauelemente der Elektronik,  
Laboratorium für Nano- und Quantenengineering,  
Leibniz Universität Hannover

LNQE-Kolloquium

[Planare Optronische Systeme - Neuartige Sensornetzwerke auf Polymerbasis](#)

17.04.2013

Bernhard Roth  
Hannoversches Zentrum für Optische Technologien,  
Leibniz Universität Hannover

LNQE-Kolloquium

[Quantenoptik und Quanteninformation mit einzelnen Ionen](#)

15.05.2013

Christian Ospelkaus  
Institut für Quantenoptik,  
Leibniz Universität Hannover

LNQE-Kolloquium

[Bottom-Up Fabrication of Macroscopic and Microscopic Materials with Nanoscopic Properties](#)

10.07.2013

Nadja Bigall  
Institut für Physikalische Chemie und Elektrochemie,  
Leibniz Universität Hannover

Informationsveranstaltung und Führung

[Hochschulinformationstage: Studiengang Nanotechnologie](#)

17.-18.09.2013

Workshop

[NanoDay2013](#)

Der neunte NanoDay des LNQE

10.10.2013

Feierliche Eröffnungsveranstaltung

[Joint Opening Ceremony Lower Saxony PhD-programs](#)

Start des Promotionsprogramms Hannover School for Nanotechnology

11.10.2013

Feierliche Eröffnungsveranstaltung

[Begrüßungsveranstaltung Erstsemester Nanotechnologie](#)

Start des Wintersemesters 2013/14

14.10.2013



Leibniz Universität Hannover  
Laboratorium für Nano- und Quantenengineering  
Schneiderberg 39  
30167 Hannover  
Germany

[www.LNQE.uni-hannover.de](http://www.LNQE.uni-hannover.de)