



LUND UNIVERSITY

Nanoteknologi

Om hur nanokonceptet växer i Lund.

Lindgren, David; Forkman, Bengt; Holmin Verdozzi, Kristina

Published in:

Fysik i Lund i tid och rum

2016

Document Version:

Förlagets slutgiltiga version

[Link to publication](#)

Citation for published version (APA):

Lindgren, D., Forkman, B. (Red.), & Holmin Verdozzi, K. (Red.) (2016). Nanoteknologi: Om hur nanokonceptet växer i Lund. I *Fysik i Lund i tid och rum*

Total number of authors:

3

Creative Commons License:

CC BY

General rights

Unless other specific re-use rights are stated the following general rights apply:

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal

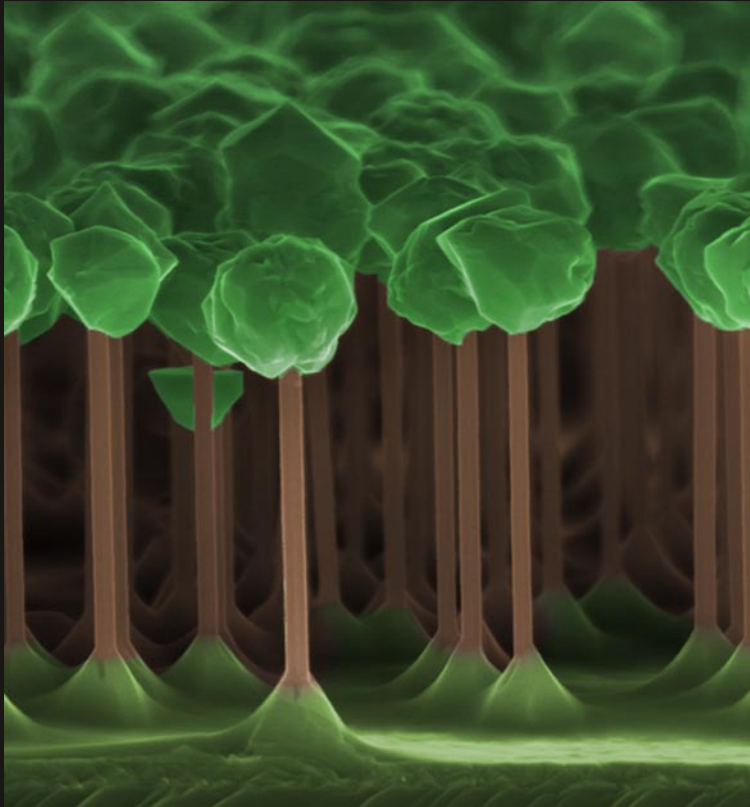
Read more about Creative commons licenses: <https://creativecommons.org/licenses/>

Take down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

LUND UNIVERSITY

PO Box 117
221 00 Lund
+46 46-222 00 00



Nanoteknologi

Om hur nanokonceptet växer i Lund.

Nanokonceptet växer i Lund

Lars Samuelson, professor i halvledarelektronik på avdelningen för fasta tillståndets fysik vid Fysicum i Lund (FTF), startade år 1990 nanometerkonsortiet - NMC.

Konsortiet kopplade samman kemi, fysik, elektronik och teori, för utveckling av ny fysik, teknologi och materialteknik på nanometernivå.

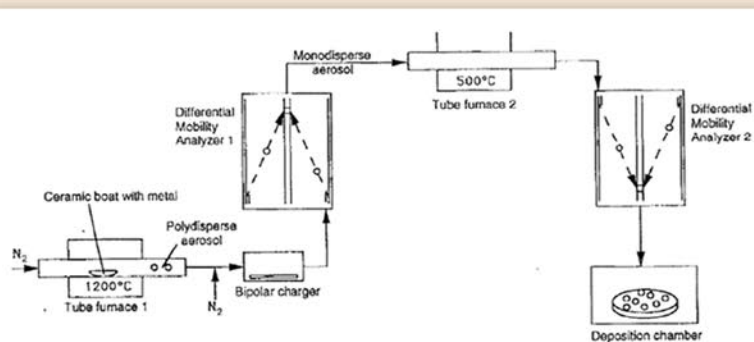
(1 nanometer, $1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m}$)



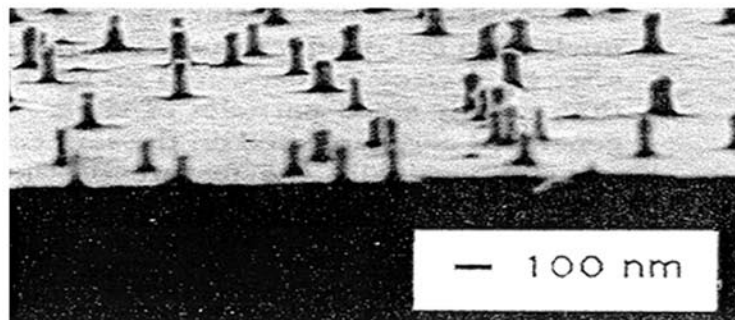
Aerosoler och FTF

Ett exempel på ett tvärvetenskapligt projekt är samarbetet med aerosolgruppen vid kärnfysikavdelningen.

Man kunde visa att halvledare struktureras med hjälp av storleksselektade aerosolpartiklar. Detta projekt, som sedan 1994 leds av Knut Deppert, har varit mycket framgångsrikt.



Schematisk bild av aerosolgenereringssystemet där nanopartiklar med en snäv storleksfördelning tillverkas och deponeras kontrollerat på ett substrat.



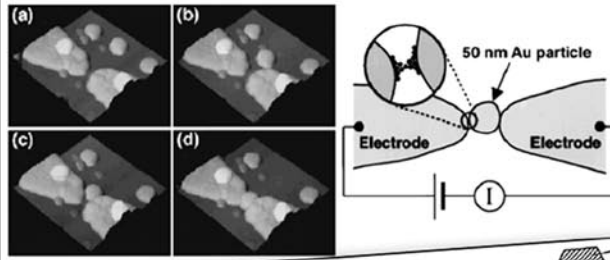
Svepelektronmikroskopbild som visar hur fristående kolonner av indiumfosfid kvarstår efter att en yta av indiumfosfid täckt av silverpartiklar har etsats.

Kvantprickar

APPLIED PHYSICS LETTERS VOLUME 72, NUMBER 5 2 FEBRUARY 1998

Fabrication of quantum devices by Ångström-level manipulation of nanoparticles with an atomic force microscope

T. Junno,^{a)} S.-B. Carlsson, Hongqi Xu, L. Montelius, and L. Samuelson
Solid State Physics/Nanometer Structure Consortium, Lund University, S-221 00 Lund, Sweden

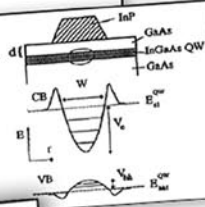


Prog. Crystal Growth and Charact. Vol. 33, pp. 423-471, 1996

IN-SITU GROWTH OF QUANTUM DOT STRUCTURES BY THE STRANSKI-KRASTANOW GROWTH MODE

Werner Seifert,^{a)} Niclas Carlsson,^{a)} Mark Miller,^{a)}
 Mats-Erik Pistol,^{a)} Lars Samuelson^{a)} and
 L. Reine Wallenberg^{b)}

^{a)}Department of Solid State Physics, and ^{b)}Department of Inorganic Chemistry 2,
 Lund University, Box 118, S-221 00 Lund, Sweden



Optical Studies of Individual InAs Quantum Dots in GaAs: Few-Particle Effects

L. Landin, M. S. Miller,^{*} M.-E. Pistol,[†]
 C. E. Pryor, L. Samuelson

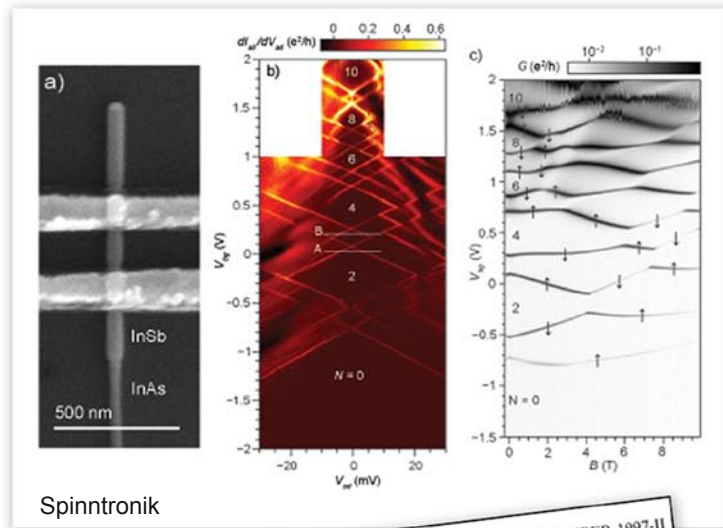
262

SCIENCE • VOL. 280 • 10 APRIL 1998

Med den utvecklade MOVPE-metoden lyckades man under 1990-talet framställa kvantprickar. De är små halvledarstrukturer där elektroner inte kan röra sig i de rumsliga dimensionerna utan endast befinna sig i olika energitillstånd.

Kvantprickarna väckte intresse inom många fält såsom optik och kvantkomponenter, men också inom teoretiska forskningsområden.

Magneter



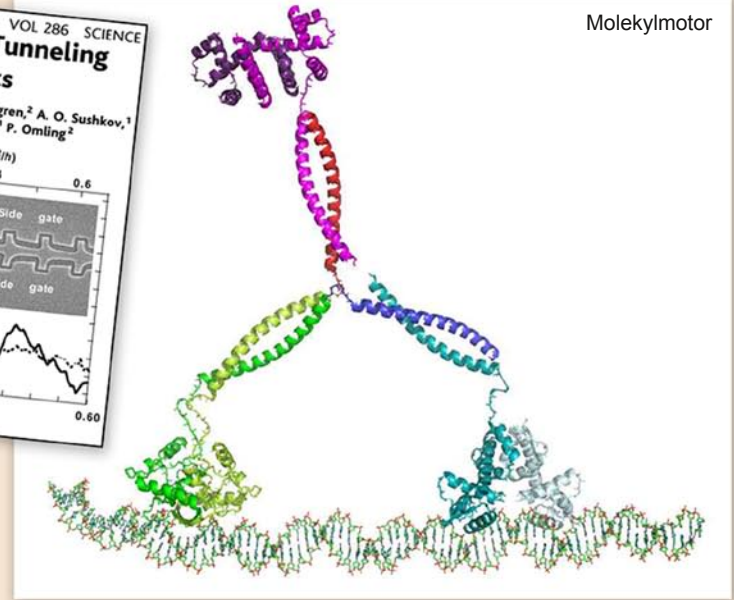
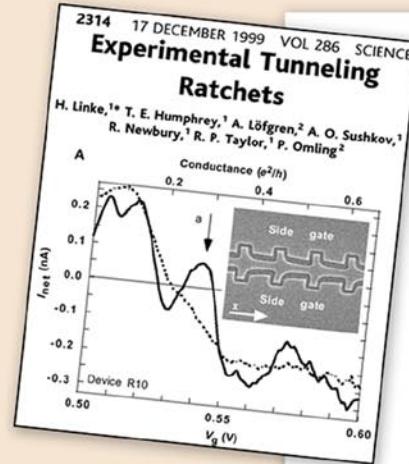
Spintronik

PHYSICAL REVIEW B
Zeeman study of the orthorhombic FeIn pair center in silicon
Mats Kleverman and Per Tidlund
Solid State Physics, Department of Physics, University of Lund, Box 118, S-221 00 Lund, Sweden
15 DECEMBER 1997-11
VOLUME 56, NUMBER 24

Under 90-talet utförs vid avdelningen framgångsrika experiment där magnetfält används för att skapa en uppsplittring av spektrallinjer, med den så kallade Zeemaneffekten.

Senare börjar avdelningen använda magnetfält för att utforska elektronens magnetiska egenskaper inom spintroniken, ett helt nytt tekniskt fält speciellt för logiska kretsar.

Ratchets



I slutet av 90-talet skapade man nanostrukturerade ratchets (engelska ordet för spärrhake) för elektroner. En sådan komponent tillåter bara rörelse i en riktning. Man kan på så sätt styra ett flöde av partiklar.

Senare har avdelningen även en biologidel, den så kallade bio-gruppen, som skapar ratchets i form av proteiner. Dessa rör sig längs en DNA-sträng i en riktning, en så kallad molekylnmotor.

Nanotråden & FTF

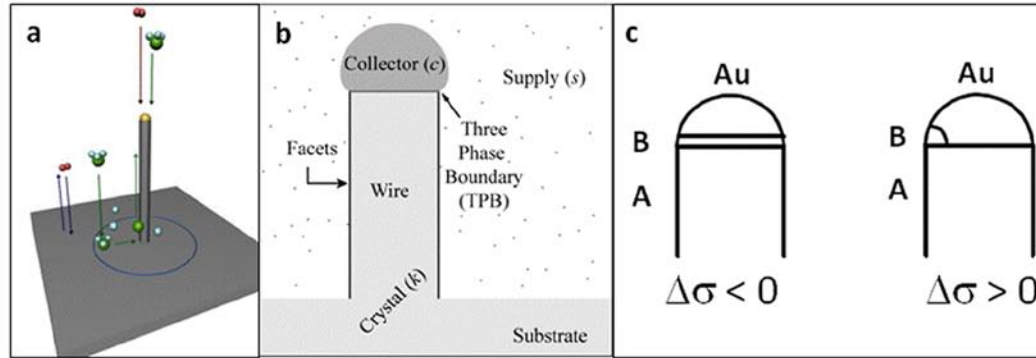
År 1995 besökte Lars Samuelson en forskningsavdelning på Hitachi i Japan där man sedan något år tillbaka kunde växa nanotrådar av galliumarsenid.

Lars insåg att Lund hade resurser för att tekniken skulle kunna utvecklas och satte genast igång denna verksamhet.

		IIIA	IVA	VA	VIA
		Boron B 5	Carbon C 6	Nitrogen N 7	Oxygen O 8
		Aluminum Al 13	Silicon Si 14	Phosphorous P 15	Sulphur S 16
IB	IIB	Gallium Ga 31	Germanium Ge 32	Arsenic As 33	Selenium Se 34
Copper Cu 29	Zinc Zn 30	Indium In 49	Tin Sn 50	Antimony Sb 51	Tellurium Te 52
Silver Ag 47	Cadmium Cd 48	Thallium Tl 81	Lead Pb 82	Bismuth Bi 83	Polonium Po 84
Gold Au 79	Mercury Hg 80				

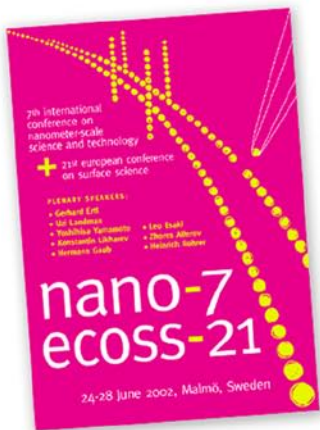
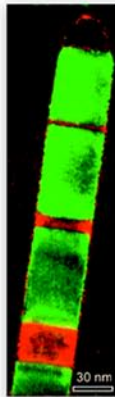
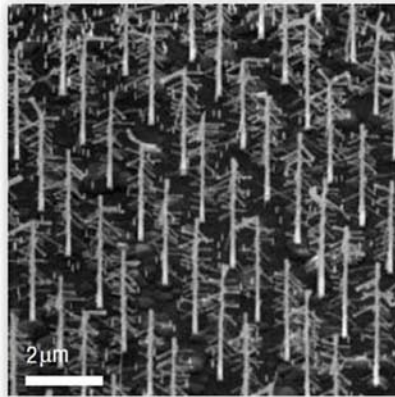
Urklipp från periodiska systemet.
De blåmarkerade är de ämnen som framförallt används på FTF för att skapa halvledare.

Nanotråden



En nanotråd är ca 1-2 mikrometer lång och ca 20-200 nanometer i diameter. Den består oftast av två grundämnen från grupp III och V i det periodiska systemet, men det finns även exempel på kombinationer från grupp II och VI, legeringar av tre eller fyra grundämnen eller enbart från grupp IV. Oftast används guld som katalysator för att växa nanotrådar.

Nanotråden växer till



Nanotråden får nu en central roll i FTF:s verksamhet. För de flesta forskningsgrupper kommer det dagliga arbetet att vara påverkat av nanotrådar.

2002 riktas blickarna mot Lund för att man kan växa nanotrådar med heterostruktur, trådar med segment av olika material (i detta fall av indiumfosfid och indiumarsenid).

Samma år anordnar avdelningen den 7e upplagan av konferensen *Nano*.

2004 lyckas man även växa *grenar* på nanotrådarna, så att det bildas *nanoträd* och som tillsammans utgör en hel *nanoskog*.

Nanoprogrammet



Det första symposiet för nanostudenter, våren 2004. I grupper om 2-3 studenter presenterar man exempel på tillämpad nanoteknik.

Den nedre bilden visar demonstration av en hydrofob skjorta inom funktionella material. Publiken är kurskamrater, inbjudna gymnasieelever och företag, alumner och föreläsare från programmet. Detta evenemang är därefter starten för ett årligen återkommande inslag för förstaårsstudenter.

Det tvärvetenskapliga tankesättet inspirerar Lars Samuelson att utarbeta ett forskningsanpassat civilingenjörsprogram inom nanoteknik i början av 2000-talet.

År 2003 börjar den första kullen sin utbildning i Teknisk nanovetenskap och programmet inkluderar framförallt studier i materialvetenskap, fysik, elektronik och biologi.

Nanokyrkan

Avdelningens expansion ledde till ytterligare behov av utrymme och ny utrustning. Vid årskiftet 2006/2007 stod ett nytt laboratorium klart, som en utvidgning av Berzeliuslaboratoriet. Arkitektoniskt påminner byggnaden om en modern kyrka, och kallas därför allmänt för *Nanokyrkan*.



Samtidigt med det nya laboratoriet står också ett nytt seminarierum klart, det *Kreativa rummet* eller *K-space*.



Renrummen

I Nanokyrkan finns olika renrum som rymmer utrustning för kristallväxt och framställning och karaktärisering av nanostrukturer. Renrummet med högst krav är ISO 5-klassat, bland annat innebär att maximalt 100 000 partiklar med en storlek större än 0.1 mikrometer får finnas i en kubikmeter.



FTF i början av 2000-talet

Övergripande kan man säga att FTF idag har fyra huvudforskningsområden:

Nanomaterial

Nanofysik

Nanokomponenter

Livsvetenskap

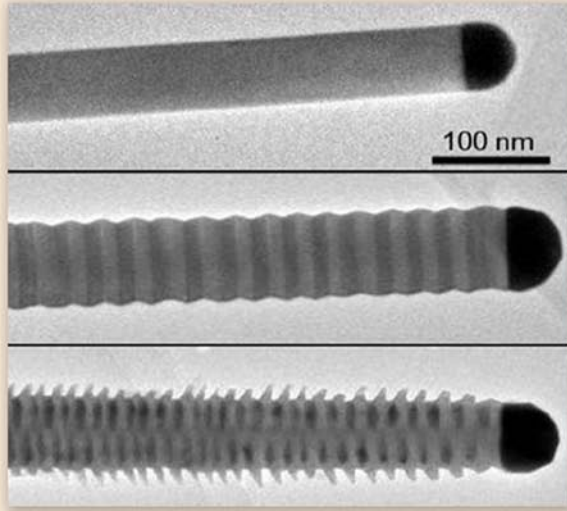
Nanometerkonsortiets framgångar har inneburit att verksamheten på FTF sträcker sig långt utanför Nano-kyrkans salar. FTF:s faciliteter används av fler än 200 forskare från 20 avdelningar på 11 institutioner vid och utanför Lunds Universitet.

Program för kommersialisering har lett till att ett flertal spin-off-företag och EU-projekt genererats.



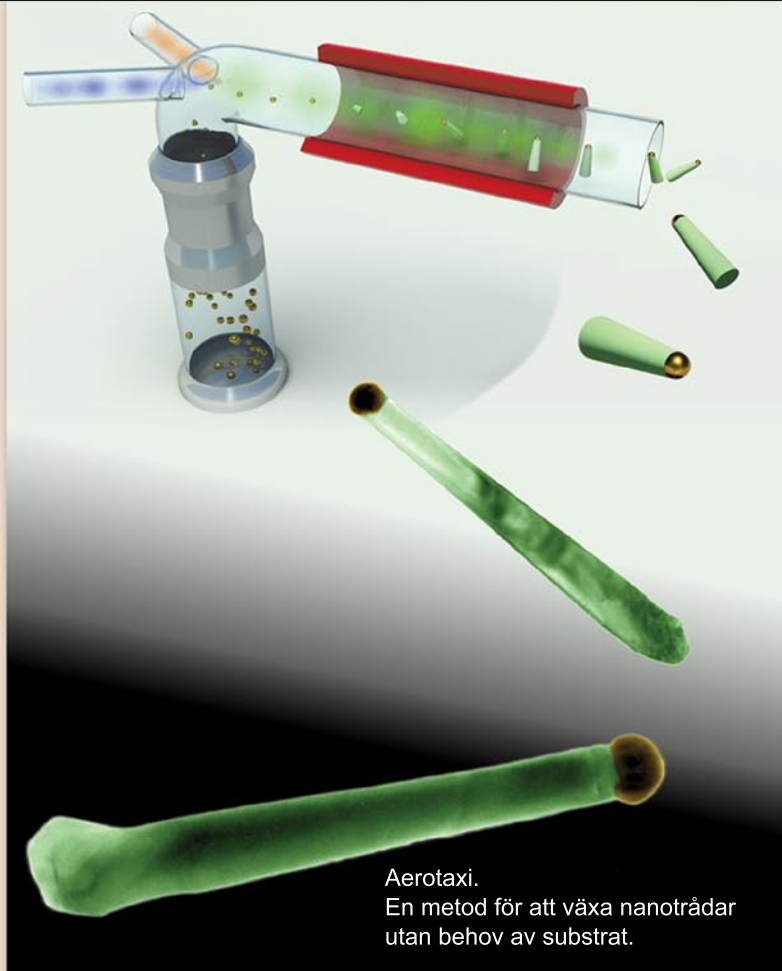
Ett viktigt verktyg för att studera nanostrukturer är svepelektronmikroskopet.

Nanomaterial



Nanotråd med och utan heterostruktur.

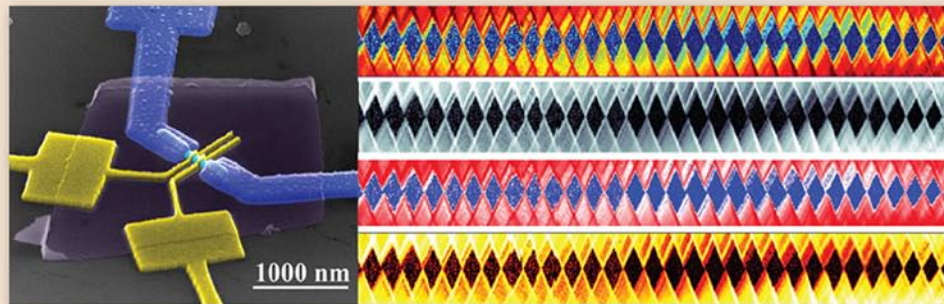
Forskning på nanomaterial omfattar områden som materialvetenskap, kristallväxt och nanostrukturfabrikation.



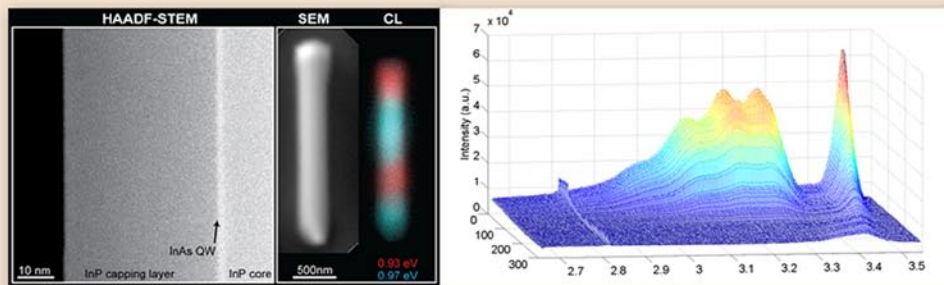
Aerotaxi.
En metod för att växa nanotrådar utan behov av substrat.

Nanofysik

Forskning inom nanofysik omfattar kvantransport och optik fysik.



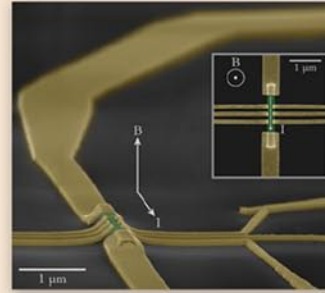
Elektrontransport i nanostrukturer som bland annat innefattat jakten på Majorana fermioner och studier av Coulombdiamanter.



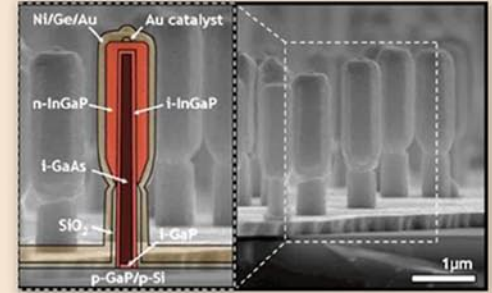
Luminiscensmätningar.

Nanokomponenter

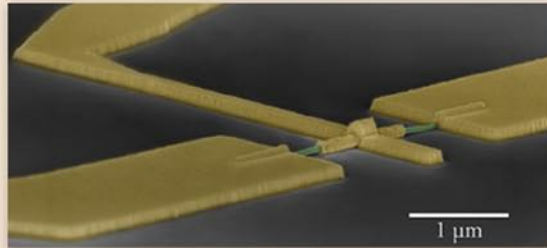
Forskning inom nanokomponenter omfattar nanoelektronik och optoelektronik.



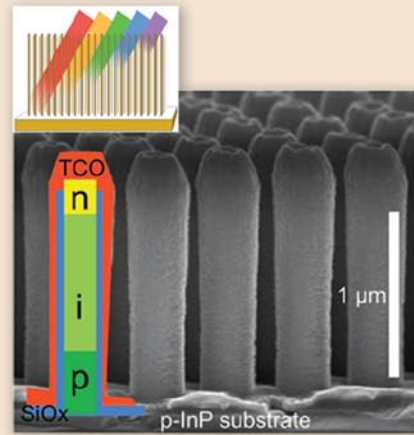
Halleffekten på enskild nanotråd.



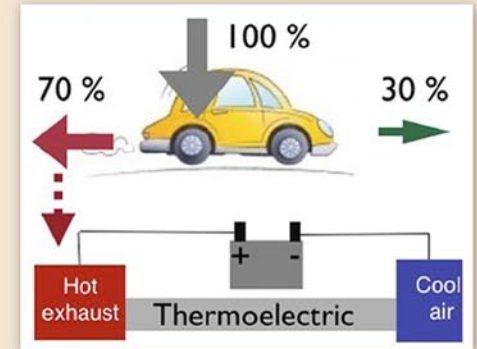
Lysdioder och *on-chip* optoelektronik.



Transistorer



Solceller

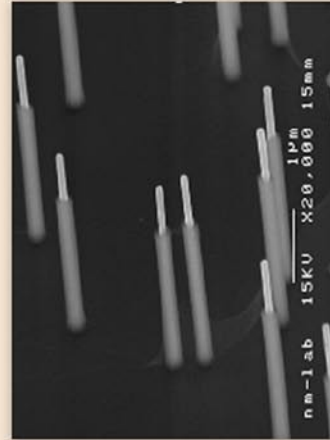


Termoelektricitet

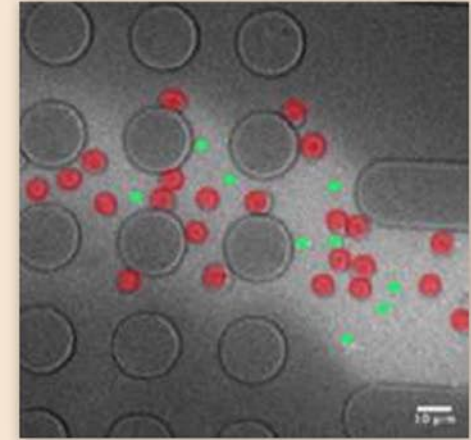


Livsvetenskap

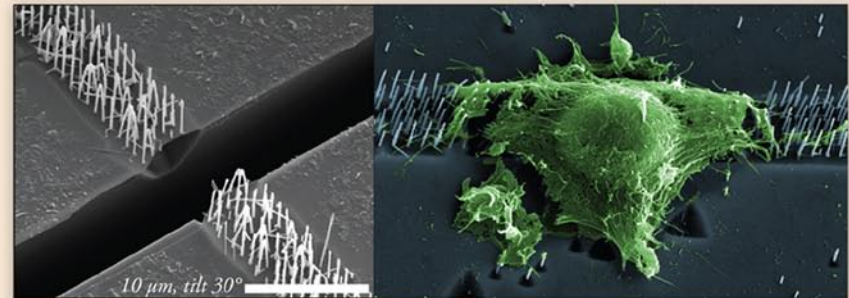
Forskning inom livsvetenskap inkluderar nanobiofysik och nanosäkerhet.



Biosensorer (nanotrådselektroder) för interaktion med nervceller.



Ett exempel på ett *lab-on-a-chip* är en partikel-sorterare. Figuren visar en *bumper array*: Sortering sker bl.a. av att partikelns storlek och form avgör vilken väg den tar sig genom systemet.



Ihåliga nanotrådar för cellinjektion.