

A close-up photograph of a microchip on a printed circuit board (PCB). A bright red laser beam is directed at the chip, creating a focal point of light. The background is a soft, out-of-focus blue and cyan gradient.

Forskning

i fokus



Institutionen för Mikroelektronik och Informationsteknik
- en del av IT-universitetet i Kista



Att bygga broar

Utvecklingen inom mikroelektronik och informationsteknik går med en svindlande hastighet, och allt högre krav ställs på de människor och organisationer som skall vara med i det främsta ledet.

- ◆ Det ställs krav på fördjupad förståelse av material, komponenter och tekniska system, samtidigt som komplexiteten ökar exponentiellt.
- ◆ Det ställs krav på en breddad kunskap och förståelse, för att bryta ny mark och utveckla nya discipliner.
- ◆ Det ställs krav på integration av olika kompetenser och ämnesområden, för att spränga barriärer och göra det som tidigare ansågs omöjligt.

Vi på KTH vill anta utmaningen. Vi vill utveckla kunskaperna och möta ökande krav på integration och bredd. Därför har vi bildat Institutionen för Mikroelektronik och Informationsteknik – IMIT – genom en sammanslagning av institutionerna för Elektronik och Teleinformatik samt delar av Fysikinstitutionen. Inom denna nya konstellation ryms spetskompetens över ett brett spektrum av forskningsområden – från grundläggande fysik, materialfysik och optik till elektroniska och fotoniska komponenter, elektronik- och datorsystem samt system för kommunikation inom tele och data. Med andra ord täcks det mesta av det – som i bred mening – är den nya informationsteknologin och mer därtill.

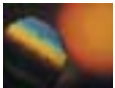
IMIT är därför väl rustad att möta nya utmaningar och lösa nya problem – både av grundläggande och tillämpad natur. De bästa idéerna och de kreativa lösningarna uppstår i gränsland mellan olika kulturer och discipliner. Därför vill vi skapa ett gott samarbete med andra universitet, med industri och med forskningsinstitut.

På de följande sidorna ger vi en presentation av våra kompetensområden och resurser när det gäller forskningen. Men inte bara våra forskningsresurser står till förfogande – vi åtar oss gärna utbildningsuppdrag inom våra kompetensområden.

Vi hoppas att vi kan väcka din nyfikenhet och inspirera till framtida samarbetsprojekt.

Mikael Östling
Prefekt

Forskning i fokus



Materialfysik och elektroniska material 4



Fysikaliska och elektroniska komponenter 6



Optik, fotonik och kvantteori 8



Elektronik- och datorsystem 10



Kommunikationssystem 12



Centra 14

Materialfysik och elektronis

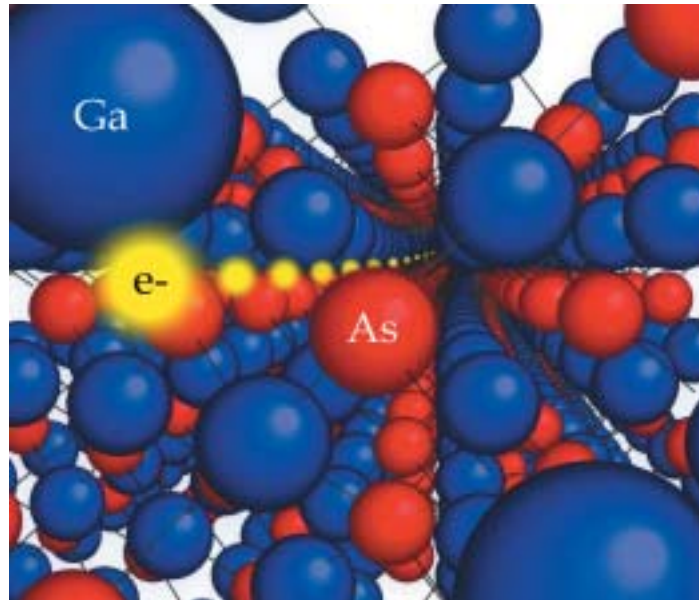
5 professorer 25 forskare 30 doktorander

I vårt vardagsliv omges vi av komponenter och utrustning vars funktion bygger på kristaller – det moderna IT-samhällets minsta beståndsdelar. Nyckeln till en kristalls egenskaper ligger i de ingående atomernas beskaffenhet tillsammans med kristallens struktur, som beskrivs av atomernas placering i ett regelbundet mönster – ett gitter.

De allra flesta elektroniska kretsar tillverkas i närmast perfekta enkristaller av grundämnet kisel. Vissa applikationer, som kräver hög frekvens eller optiska funktioner, görs bättre i kristaller tillverkade av mer komplexa material, såsom indiumfosfid och gallium-arsenid.

Ytterligare andra använder i stället kiselkarbid när hantering av höga strömmar och spänningar är önskvärd.

Trenden är att alltmer prestandabestämmande funktioner byggs in direkt i själva halvledarkristallen. Kvantbrunnar blir tredimensionella kvantboxar, tätpackningen ökar, samtidigt som möjligheten att kombinera olika material och komponenter på samma chip kommer att öka. Utvecklingen går alltså mot alltmer komplexa kristaller och strukturer.



Materialfysik

En nyckel till all beskrivning av materialegenskaper ligger i ämnens struktur. I första hand kristallstrukturen, som i sin tur kan förklaras om man känner egenskaperna hos elektronernas tillstånd i gittret.

Kvantmekaniska beräkningar av elektrontillstånden är därför grunden för att ge en djupare förståelse av t ex fasta ämnens egenskaper. Vi har gjort sådana beräkningar för grundämnen – t ex järn och wolfram – och för viktiga föreningar – t ex titankarbid.

Utifrån elektrontillstånden kan vi sedan beräkna bindningsenergi, elastiska egenskaper och värmekapacitet.

Vår verksamhet omfattar både grundforskning och forskning inriktad mot tillämpningar. Till det senare hör bl a energiförhållanden av betydelse för metallurgiska beräkningar.

Vi forskar inom *alla* typer av material, legeringar och komposit. Vi har bl a Sveriges enda facilitet för analys av vätgas i tunna filmer.

Halvledarmaterial

Noggrann kontroll av kristalltillväxten är en förutsättning för modern mikroelektronik. Numera kan halvledarkristaller skräddarsys för speciella komponenter eller tillämpningar. Vi kan – atomlager för atomlager –

styra både sammansättning och elektrisk ledningsförmåga i skikten och därmed helt förändra kristallens egenskaper. Detta är en viktig del i tillverkningen av exempelvis halvledarlasrar för fiberoptik eller CD-spelare.

Vår forskning handlar främst om epitaxi, d v s kristallodling: design, tillverkning och analys av material och strukturer för avancerade fotoniska och elektroniska komponenter. Vi har lång erfarenhet av s k ”bandgap engineering” för att utnyttja de kvantmekaniska effekterna i konstgjorda kristallstrukturer. Den huvudsakliga teknik vi använder är gasfasepitaxi för gallium-arsenid och indium-fosid – MOVPE (Metal-Organic Vapor Phase Epitaxy), men vi har också utvecklat en unik tillverkningsmetod för selektiv epitaxiell tillväxt av indiumfosid – Hydrid-VPE.

Andra områden där vi har stor aktivitet är torr-etsning, ytemitterande lasrar (VCSELs) och materialanalys. Vi har bland annat utvecklat en ny teknik ”Scanning Capacitance Microscopy” (SCM) för att studera ledningsförmåga på nanometernivå.

Våra mer långsiktiga forskningsprojekt berör områden som tillverkning av nya effektivare material för halvledarlasrar, tillverkningsprocesser för fotoniska kristaller och galliumnitrid-teknologi för nya tillämpningsområden.

ska material

Fasta tillståndets elektronik

Vår forskning fokuserar på halvledare av kisel, kisel-germanium och kiselkarbid. Forskningsprogrammet är process- och materialorienterat, men omfattar också komponenter och komponentfysik. Vi ägnar oss både åt grundforskning och applikationsmotiverad forskning. Vi studerar hur defekter och föroreningsatomer påverkar materialen i halvledare, och hur detta påverkar användningen i moderna komponenter. Vi försöker "se in i" komponenterna och studerar strömbanor, elektroner och hål eller mäter den lokala temperaturen.

Kiselkarbid (SiC) är ett "nytt" halvledarmaterial med unika egenskaper. Det har ett högt bandgap och också mycket hög s_k "kritisk fältstyrka". Det kan användas i komponenter med mycket höga temperaturer, och det tål hög spänning. Intresset är därför stort inom elkraftindustrin. Vi studerar defekter och föroreningar och ser hur de diffunderar i materialet. Vi utvecklar datorsimuleringsverktyg för att beräkna prestandan hos komponenter och en högspänd diod för att utforska materialets spänningstålighet. Vi har också utvecklat en ny optisk teknik för att "se" laddningsbärare "inuti" strömledande kiselkarbidkomponenter.

Studiet av defekter och diffusion i halvledare – speciellt i samband med jonimplantation – har en lång tradition hos oss. Ett mycket hett område är karakterisering av fenomenet transient diffusion som begränsar möjligheten att åstadkomma ultra-grunda pn-övergångar – en stötesten för modern VLSI-teknologi.

Ett nytt och mycket spännande projekt är området nanostrukturer i kisel. Vid arbetet med små dimensioner ger kvantfysiken sig till känna, och kiset får nya egenskaper – man talar om s_k nanokristaller. Bl a blir kiset optiskt aktivt, vilket skulle kunna användas för ljusemitterande komponenter – t ex displayer. Vi använder också elektronstrålelitografi för att tillverka nanostrukturer som sedan krymps ytterligare med hjälp av oxidation eller elektrokemisk etsning. Målet är "kisel-slöjd" på nanometernivå!

På mikrometernivå kan 3-dimensionella strukturer tillverkas med hjälp av djupetsning i kisel (s k Deep Reactive Ion Etching) vilket vi bl a använt för att göra en avbildande röntgendetektor (tandläkarröntgen) med hög känslighet. En vidareutveckling av detta är elektrokemisk etsning där pelare och porer kan framställas med mycket stort djup-bredd-förhållande.

Resurser

En viktig förutsättning för vår forskning är KTHs halvledarlaboratorium, där kristaller och komponenter för olika ändamål tillverkas. Vi kan erbjuda allt från maskintid till att utföra särskilda processteg och mätningar. Se vidare beskrivning på sidan 15.

Vi har en omfattande analysverksamhet, där tekniker för materialanalys, såsom SIMS (secondary ion mass spectro-metry), RBS (Rutherford back-scattering spectrometry) och röntgendiffraktometri ingår, liksom elektrisk karakterisering av halvledare, bl a DLTS (deep level transient spectroscopy), C-V- och I-V-mätningar.

Vi har också reflektometer, vätgasreaktionskammare, magneto-optisk utrustning, magnetoresistansutrustning, lågtemperaturlivsystem m m.

Vi kan även karakterisera optiska komponenter såsom lasrar och lysdioder.

Samarbetspartners

Några av våra akademiska samarbetspartners är:

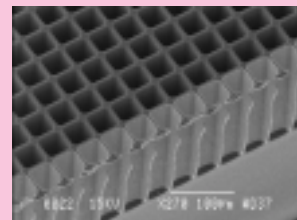
Uppsala Universitet
Linköpings Universitet
Chalmers Tekniska Högskola, Göteborg
Århus University, Danmark
University of Iceland
Vilnius University, Litauen
Clarendon Laboratory, Oxford, England
Free University, Amsterdam, Nederländerna
University of Würzburg, Tyskland
University of Trento, Italien
SUNY, Albany, USA
NIST, Gaithersburg, USA
University of Santa Barbara, USA
Australian National University, Canberra

Vi samarbetar även med utländska och inhemska industriföretag både på uppdragsbasis och i form av forskningssamarbete bl a:

ACREO, Kista
Ericsson Microelectronics, Kista
ADC-Altitud, Järfälla
Mitel Semiconductors, Järfälla
ABB Corporate Research, Västerås
FOI, Linköping
Philips Eindhoven, Nederländerna
Agilent Technologies, USA



120 μm hög pelare etsad i kisel med elektrokemisk etsteknik



Porer etsade i kisel med DRIE (deep reactive ion etching).

Ordförklaringar

Epitaxi Kristallodling av tunna enkristallina filmer av olika material i olika skikt.

Bandgap Engineering Med epitaxi genererade konstgjorda potentialskillnader (på grund av olika bandgap i olika material) som styr elektroner och ljus på ett effektivt sätt. På så sätt kan skikten göras så tunna att kvantmekaniska effekter kan utnyttjas för att höja prestandan.

Vertikalkavitetskomponenter (Vertical Cavity Devices) Optiska komponenter där ljuset går ut vertikalt från en halvledarskiva (i motsats till kantemitterande komponenter där ljuset går ut genom den smala sidokanten). Vertikalkavitetskomponenter har många fördelar, men är svårare att göra.

VLSI (Very Large Scale Integration) Kiselchip med hög transistorpackningstäthet.

Kontakt

Professor Björgvin Hjörvarsson, bjorgvin.hjorvarsson@it.kth.se
Professor Ulf Karlsson, ulf.karlsson@it.kth.se
Professor Gunnar Landgren, gunnar.landgren@it.kth.se
Docent Jan Linnros, jan.linnros@it.kth.se

Fysikaliska och elektroniska

4 professorer 15 forskare 30 doktorander

Ett av forskningens mål kan vara att fördjupa grundvetenskapliga kunskaper och att utveckla tillämpningar av nya material och ny experimentell teknik – något som i sin tur kan appliceras på t ex nya komponenter. Några fundamentala tekniker, som kan komma till användning är kristallodling och kvalificerad analysteknik. Med hjälp av dessa kan nya material och strukturer tillverkas och karakteriseras. Dessutom får vi möjlighet att studera deras fysikaliska egenskaper.

För att praktiskt kunna tillämpa materialforskningens resultat krävs ett gediget kunnande i komponentteknologi. Det handlar om komponentfysik samt om modellering och tillverkning av komponenter. Ämnet kombinerar kunskap från – och binder samman – områdena materialfysik och elektroniska kretsar.

En aktuell tillämpning är komponenter för trådlös kommunikation såsom mobiltelefoni, basstationer och Bluetooth. Marknaden efterfrågar allt mindre och allt snabbare transistorer. Då handlar det främst att få bort det som idag upplevs som flaskhalsar och att hitta bättre lösningar för t ex A/D omvandlare, lågeffektkretsar för mobiltelefoner och snabba, noggranna kretsar för basstationer.

Kombinationen av halvledarforskningen inom komponentteknologi och den grundläggande fysikforskningen inom den kondenserade materiens fysik skapar möjligheter för att utveckla framtidens elektroniska komponenter.

Kondenserade materiens fysik

Vi har teknologi för kristallodling och förfogar över kvalificerad experimentell instrumentering. Den används för karakterisering av material samt för studier av deras elektriska och magnetiska egenskaper.

Vi odlar kristaller i olika former – t ex som film eller multilager – med förmåga att lagra information i form av elektriska impulser eller magnetiska fält. Vi studerar svaga magnetiska fält, infraröd strålning och tryck samt materials förmåga att reagera på elektriska eller magnetiska fält och att förmedla elektriska, magnetiska eller optiska signaler.

För att optimalt kunna utnyttja högttemperatursupraleddare i elektroniktillämpningar måste deras egenskaper i magnetfält förstås. Vi studerar vortexdynamik och den kritiska strömtätheten i supraleddare.

Vi forskar på kvasikristaller och oxidmaterial – t ex supraleddare, ferroelektrika, kolossal magnetoresistans, tunna ferritfilmer, elektroniska transportegenskaper och



metall-isolatorövergångar.

Vår kompetens finns inom monokristalltillverkning, tunnfilmstillverkning, röntgendiffraktionsanalys, magnetiska mätningar, dielektriska mätningar, elektrontransport och mikrovågsspektrometri.

Komponentteknologi

Vår verksamhet omfattar komponentfysik samt modellering och tillverkning av komponenter. I första hand är det transistorer i kisel och kisel-germanium som studeras, men även nya material som kiselkarbid (SiC) samt integrerade passiva komponenter som kondensatorer, resistanser och induktanser som behövs för att göra analoga kretsar.

Ett viktigt forskningsområde är högfrekvenskisel. CMOS är den dominerande tekniken för tillverkning av kretsar och mikroprocessorer, men den tekniken har

komponenter



tidigare inte riktigt kunnat hävda sig när det gäller analoga tillämpningar i högfrequensbanden. Utmaningen för oss som forskare blir då att utveckla CMOS för radiofrekvensbruk – RF-CMOS.

En framgångsrik utveckling av ”trådlöst Internet” förutsätter att CMOS-tekniken utvecklas för frekvensbanden 5-10 GHz. Mobila terminaler, mikrovågslänkar och fiberoptisk kommunikation förutsätter kretslösningar för frekvensområdet 60-70 GHz. Det kommer att krävas en radikalt ny kretsarkitektur för att klara kraven på RF-CMOS.

Bipolär högfrequenskisel är en annan viktig del av verksamheten. Det handlar om att utveckla

bipolära integrerade kretsar som blandar analog-, RF- och digitalteknik – BiCMOS-teknologi. Dessa blandchip är en nödvändig förutsättning för framtida utveckling inom det mobila området. Dagens låga överförings-hastigheter i mobiltelefoni kommer att öka från omkring 10 kb/s idag via 1 Mb/s till uppemot 10 MB/s i framtiden. Det ställer stora krav på ingående komponenter.

Kiselkarbid (SiC) är ett nytt och lovande halvledar-material. Här forskar vi på högfrequens- och högspänningstillämpningar.

Materialet har egenskaper som gör det lämpligt för mycket höga spänningar, effekter och temperaturer, men även höga frekvenser. Vi utvecklar grundläggande processteg för komponenttillverkning som etsning, kontakter och dielektrika, för att sedan sätta samman dem till processekvenser för transistorer.



Kiselbricka med komponenter processade i KTHs halvledarlaboratorium.

Resurser

Vi har komplett utrustning inte bara för att tillverka nya material och tunna filmer, utan också för att studera ljus över ett stort frekvensområde och för att analysera elektriska, magnetiska och optiska egenskaper från mikrovågor till infrarött och ultraviolett ljus, och för temperaturer från 4.2 K (flytande helium) till 1400° C. Detta inkluderar bredbandig radiospektrometer, magnetooptisk spektrometer, ferro-elektriska och piezoelektriska mätverktyg, supraledande magneter och magnetometer. Vi har tillgång till komplett komponentprocessutrustning i KTHs halvledarlaboratorium. Se vidare sidan 15.

Vårt labb för komponentmätningar klarar upp till 300 mm skivor i ljustät, RF-skärmd probstation. Elektriska mätningar kan göras för temperaturer mellan 10 och 300° C, i strömintervallet 20 fA till 1 A och spänningsintervallet 1 mV och 300V. Fullständig s-parameteranalys kan göras mellan 45 MHz och 26.5 GHz. Dessutom kan vi göra kapacitansmätningar mellan 20Hz och 1 MHz samt 1/f-brusmätningar. Fysikaliska simuleringar för både komponenter och tillverkningsprocesser kan göras med mjukvara från Avanti, Silvaco och ISE.

Samarbetspartners

Vi har ett brett, internationellt kontaktnät med universitet och forskningsinstitutioner över hela världen bl a:

KFA Jülich, Tyskland

EC Ultra Low Temperature Facility, Bayreuth, Tyskland

Centre National de la Recherche Scientifique - CNRS Grenoble, Frankrike

Stanford University, USA

University of Florida, Gainesville, USA

Brookhaven National Laboratories, USA

University of Missouri, USA

North Carolina State University, USA

University of Virginia, USA

Kyoto University, Japan

Kumamoto University, Japan

Nagoya Institute of Technology, Japan

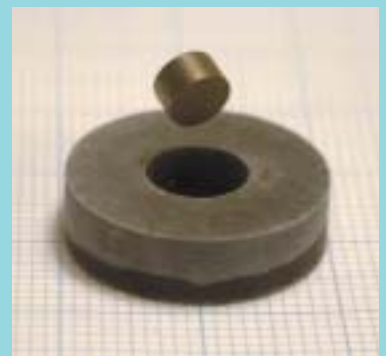
Osaka University, Japan

Vi samarbetar även med industriföretag bl a:

Ericsson Microelectronics, Kista

ABB Corporate Research, Västerås

STMicroelectronics, Frankrike



Meissnereffekten. Ett måttligt magnetfält trängs ut ur en supraledare. En magnet svävar på sitt eget magnetfält.

Ordförklaringar

CMOS (Complementary Metal Oxide Semiconductor) En teknik för att tillverka kretsar och mikroprocessorer

BiCMOS (Bipolar CMOS) Bipolär CMOS

RF (Radio Frequency) Radiofrekvens

Kontakt

Professor Alex Grishin, alex.grishin@it.kth.se

Professor Sture Petersson, sture.peterson@it.kth.se

Professor Östen Rapp, osten.rapp@it.kth.se

Professor Mikael Östling, mikael.ostling@it.kth.se

Optik, fotonik och kvantte

5 professorer 15 forskare 20 doktorander

Explosionen inom informationsteknologin vore inte möjlig utan fiberoptik. De sk elektroniska motorvägarna för Internet är i själva verket optiska. Informationen i telenätet transporteras som ljuspulser i fibrer av glas i svindlande datamängder och hastigheter – miljardtals bitar per sekund. En ljuspartikel kallas för foton, och med fotonik för IT avses teknologin för användning av ljus för transmission, lagring och bearbetning av information.

Optisk dataöverföring har blivit så snabb att tiden för generering och detektering av korta ljuspulser blir betydelsefull. Man måste ta hänsyn till tidsförloppen i komponenterna och utveckla nya strukturer med kortare reaktionstider.

Utvecklingen går också mot mera effektsnåla och kompakta system. Känsligheten för hur lite ljus man kan skicka och ändå överföra en viss information börjar närma sig det fysiken tillåter oss att göra. Ytterst sätts gränsen av de speciella kvantmekaniska lagarna, och vi försöker förstå deras gränser och samtidigt utnyttja fysikens möjligheter optimalt.

Kvantfysikaliska fenomen beskrivs med allt mer avancerade teoretiska modeller. Idag studeras t ex fysikaliska fenomen som inte kan förklaras med enkla enpartikelmodeller, utan som kräver modeller för många växelverkande atomer eller elektroner. Detta forskningsområde omfattar bl a fasövergångar i supraledare och magneter, starkt korrelerade system och nanostrukturer i halvledare.



Optik

Inom optikområdet täcker vi både forskning och tillämpad teknik inom t ex laserteknik- och IT-området. Vi specialiserar oss på de delar som rör femtosekundsoptik och spektroskopi av halvledande nanostrukturer samt elektromagnetisk optik, närfältsoptik och koherensoptik.

Vi använder oss av femtosekundslasrar för att undersöka nya halvledarstrukturer med mycket korta reaktionstider, som kan användas i snabb optoelektronik. Vi utvecklar även tidsupplöst närfältsmikroskopi. Elektromagnetisk optik behandlar ljusets interaktion med materia, där hänsyn måste tas till ljusets vektornatur. Det finns mikro- och nanostrukturer med tillämpningar inom diffraktiv optik och fotoniska material. Inom koherensoptik studerar vi effekter av helt eller partiellt koherent strålning samt nya sorters ljusfält.

Optik är knutet till många teknik- och forskningsområden – avbildning, holografi, optisk mätteknik, fiberoptik, ickelinjära fenomen, ytanalys, kemisk analys, kvantelektronik samt utveckling av nya lasrar är alla viktiga tillämpningar av optik.

Fotonik och mikrovågsteknik

Vi bedriver forskning inom ett brett spektrum – från grundläggande kvantfysik och nanoelektronik till komponentteknologi och system för fiberoptisk kom-

munikation och höghastighetselektronik.

Inom området laserteknologi och optoelektronisk integration utvecklas och forskas kring komponenter för fiberoptisk kommunikation – från fabrikation och processteknologi till utvärdering och användning av komponenter i system. Vi har bl a utvecklat mottagare där transistorer integrerats med ljusdetektorer för fiberoptiska system för 40 Gigabit/sek transmission. Det innebär att en enstaka laser skulle kunna skicka innehållet i sju CD ROM-skivor på en enda sekund genom en optisk fiber.

I vår forskning kring ljusmodulatorer för fiberoptisk kommunikation har vi uppnått bandbredder på över 60 GHz, och vi forskar vidare kring nya koncept för att nå ännu högre prestanda.

Vi har också projekt för att göra optik baserad på kiselteknologi. Det mesta av dagens elektronik är baserad på kisel, och det är därför också intressant att kunna göra integrerade optiska kretsar i kisel. Teknologin inom optoelektronik och integrerad optik kommer att utgöra grunden för bredband med optisk fiber till hemmen.

Vi arbetar också inom mikroelektronik, där komponenterna görs allt mindre. Vi har utvecklat speciella metoder för att göra extremt små elektronikkomponenter – i storleksordningen 100 nm. Komponenterna blir

då så små att elektronerna – helt enligt kvantmekaniken – börjar uppträda som vågor. Vi söker svar på frågan vilka nya möjligheter de komponenter, som utnyttjar elektronernas vågegenskaper, öppnar för framtidens elektronik.

Kvantelektronik och kvantoptik

En av kvantfysikens stora fördelar är att den ger nya möjligheter att snabbt och säkert hantera information. Vi utvecklar sk kvantkryptografi – en metod för att sända information med hjälp av ljus på ett sätt så att fysikens lagar garanterar att varje försök till tjuvlyssning upptäcks. Inom detta projekt bygger vi bl a ett kvantkryptografiskt system, som är direkt kompatibelt med konventionella fiberoptiska system.

Vi studerar även egenskaper hos fotoniska komponenter baserade på periodiska dielektriska strukturer där brytningsindex varierar i en eller flera dimensioner – sk optiska kristaller eller fotoniska bandgapsstrukturer.

Ett annat fält är mycket små halvledarlasrar, där vi arbetar med matematiska modeller för ljusegenskaper i ytemitterande lasrar.

Kondenserade materiens teori

Vi studerar kollektiva fenomen i system sammansatta av ett stort antal växelverkande partiklar. Ett exempel är fasövergångar som uppträder när någon yttre parameter – t ex temperaturen – ändras. Vi studerar en rad olika fysikaliska system – t ex supraledare och magneter. Ett intressant område är kvantfasövergångar, som drivs av kvantfluktuationer snarare än av termiska fluktuationer. Här studerar vi t ex fasövergångar i oordnade magnetiska system.

Vi arbetar med växelverkande elektronsystem, där avgörande framsteg nyligen uppnått i form av kraftfulla simuleringsalgoritmer. Vi studerar olika problem – t ex Kondo-gittermodeller för tunga fermionsupraledare samt simulering av ultratunna ferromagnetiska filmer, som är av stort intresse för tillämpningar inom magnetisk lagringsteknologi.

Vi studerar även nanostrukturer i olika halvledarmaterial. Ett grundläggande projekt är att studera transport av elektroner och hål i en skiktad struktur i ett magnetfält. Inom tillämpad halvledarforskning samarbetar vi med fotonikgruppen inom design av optiska intersubbandmodulatorer och spinntransistorer.

Resurser

Vi har utrustning för höghastighetslaseroptik och spektroskopi, bl a ett Ti:safir lasersystem, som kan skapa femtosekundspulser. Vi har mätinstrument för tidsupplöst fotoluminiscens, transmissions- och reflektionsmätningar som kan kombineras med scannande, optiskt närfältsmikroskopi (SNOM).

Vi har goda experimentella resurser för tidsupplöst eller spektroskopisk mätning av mycket svagt ljus samt kryostatisk utrustning, där vi kan göra noggranna elektriska och optiska brusmätningar vid mycket låga temperaturer.

Vi har även en avancerad instrumentpark för elektriska mätningar på högfrequenskomponenter upp till 20 Gbit/sekund och för mikrovågsmätningar upp till 60 GHz.

För avancerad simulering har vi kraftfulla datorer och specialutvecklade programvara. Vi håller på att bygga upp ett objektbaserat C++ programbibliotek att användas vid simulering av kvantmekaniska gittermodeller.

Samarbetspartners

Vi samverkar nära med ett antal internationella organisationer. En stor del av vår forskning bedrivs i samverkan med andra forskningsinstitutioner i Sverige och utanför landets gränser. Några akademiska samarbetspartners är:

Karolinska Institutet, Stockholm
Chalmers Tekniska Högskola, Göteborg
Linköpings Tekniska Högskola
Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet, Trondheim
Technical University of Denmark
Åbo Akademi, Finland
Tampere University, Finland
Helsinki University of Technology, Finland
Semiconductor Physics Institute, Vilnius, Litauen
University of Utrecht, Nederländerna
Freie Universität, Berlin, Tyskland
Technische Universität Berlin, Tyskland
Université de Savoie, Chambéry, Frankrike
University of Geneva, Switzerland
University of Rome "La Sapienza", Italien
Ioffe Technical-Physical Institute, St. Petersburg, Ryssland
Institute of Chemical Physics, Academy of Sciences, Moskva, Ryssland
Los Alamos National Laboratory, USA
Stanford University, USA
Cornell University, USA
University of California at Santa Barbara, USA
University of Rochester, USA
California Institute of Technology, USA
Nihon University, Japan
Australian National University, Canberra



Simulering av vortexlinjer i en modell av en högtemperatur-supraledare.

Vid sidan av vår grundforskning deltar vi i forskningssamarbete med forskningsinstitut samt svenska och utländska företag bl a:

ACREO, Kista
Ericsson, Kista
Optillion, Kista
Mitel Semiconductors, Järfälla
ADC-Altitun, Järfälla
Alcatel, Frankrike
France Telecom, Frankrike
Cisco Systems, USA
Lucent Technologies, USA
Nippon Telephone & Telegraph, Japan

Kontakt

Professor Gunnar Björk, gunnar.bjork@it.kth.se
Professor Ari Friberg, ari.friberg@it.kth.se
Professor Bozena Jaskorzynska, bozena.jaskorzynska@it.kth.se
Professor Anders Rosengren, anders.rosengren@it.kth.se
Professor Lars Thylén, lars.thylen@it.kth.se

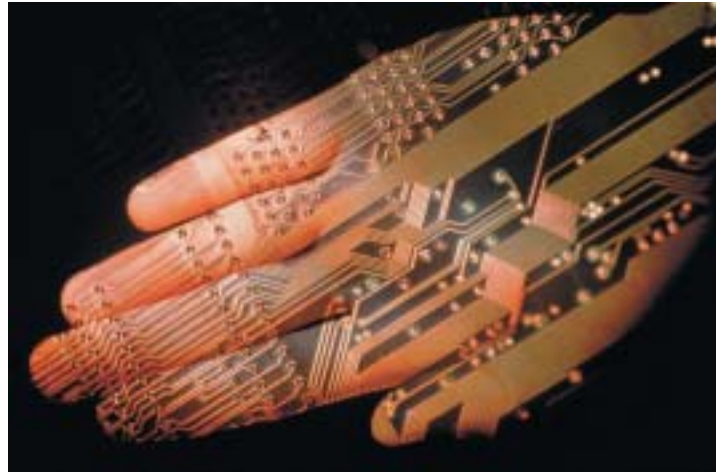
Elektronik- och datorsystem

6 professorer 20 forskare 20 doktorander

Dagens snabba utveckling inom IT ställer allt högre krav på den teknik som används. Så blir t ex de ingående elektroniska kretsarnas hastighet allt viktigare. För att öka denna måste allt fler små och väldigt snabba transistorer placeras i varje krets. Idag finns det mikroprocessorer – t ex Intels processor Pentium – och minneskretsar som innehåller upp till en miljard transistorer. Och utvecklingen går mot allt mer komplexa system.

För att utifrån dessa snabba kretsar bygga upp högpresterande tillämpningar utvecklar man parallella datorsystem, där flera processorer används för att gemensamt arbeta snabbare eller för att lösa problem som är större än vad som är möjligt med bara en processor. Man kan också se den strategin på chipnivå. Flera tillverkare planerar multiprocessorer på chip i sina produkter, och vi kommer att få se detta även i inbyggda system. Även datorarkitekturen kan förbättras för att nå högre effektivitet. Och då handlar det generellt om konsten att konstruera datorer med fokus på gränssnittet mellan maskin- och programvara.

För nätbaserade applikationer behövs – förutom programmering – också bl a analys och verifiering av nätverk. På marknaden finns det verktyg som kan analysera och generera kod. Men nätverk bör också analyseras ur ett mer beteendevetenskapligt perspektiv, för att man ska kunna garantera att nätverket och applikationerna fungerar tillsammans som avsett.



Elektroniksystemkonstruktion

För att öka de elektroniska kretsarnas hastighet måste allt fler små och mycket snabba transistorer placeras i varje krets. Vi forskar på hur man på bästa möjliga sätt kan beskriva och konstruera elektroniska kretsar som innehåller miljardtals transistorer. Detta är ett komplext problem, eftersom det i dagsläget inte finns datorprogram som löser detta på ett tillfredsställande sätt.

Dagens program för att konstruera elektroniska kretsar ger upphov till många fel. I vår forskning försöker vi utveckla metoder som bygger på matematiska modeller, som ska hjälpa datorprogrammen att konstruera välfungerande elektroniska kretsar på ett enkelt sätt.

Kraven på elektronikkretsar stiger för varje dag. Hur ska framtidens kretsar vara konstruerade för att kunna köras i hastigheter över 1 GHz = 1000 MHz? För att hantera den informationsmängden i en traditionell elektronisk krets krävs stora mängder elektrisk energi. Det gör att kretsen blir varm, och därmed slutar den fungera. Vi undersöker om man kan dela kretsen i mindre block, så att alla transistorer inte styrs exakt samtidigt. Detta sparar energi, och kretsen blir alltså inte lika varm.

Om vi lyckas, kan lösningarna användas inom många olika områden inom elektronikkonstruktion. Det gör att vi i framtiden kan få bättre mobiltelefoner, medicinsk apparatur, elektronik i bilar m m.

Vår forskning omfattar integration av blandade signaler, digital-analog omvandlare, högnivå hårdvarusyntes, systemsyntes, samdesign av hårdvara och mjukvara samt inbyggda system.

Datorarkitektur

Vår forskning bedrivs inom två områden: parallella datorsystem och datorarkitektur. Det är viktigt att programvaran stämmer överens med arkitekturen för bästa prestanda. I moderna datorarkitekturer – t ex Intel IA-64 – exponeras maskinvaran för programmerarna, vilket har medfört att arkitekturfrågorna blivit viktigare. Det blir dessutom allt vanligare att processorer används som sk IP-block och integreras tillsammans med andra funktioner på ett ASIC-chip. Detta bidrar också till att arkitekturfrågorna kommer i fokus.

När det gäller serverarkitektur har parallella system blivit det vanligaste valet. Vi kan också se att den

strategin väljs på chipnivån. Flera tillverkare planerar multiprocessorer på chip i sina produkter, och trenden är att vi kommer att se detta även i inbyggda system. Vi forskar både på programvaru- och maskinvarufrågor för parallella system.

Vi forskar också kring verktyg och metoder för de som programmerar tillämpningar som använder symmetriska paralleldatorer (SMP) med OpenMP – en industristandard för programmering av paralleldatorer med delat minne. Där utvecklar och utvärderar vi ett programsystem för att kunna exekvera OpenMp-tillämpningar på SMP-kluster.

Vi håller också på att skapa ett nationellt forskningsprogram för att tillsammans med andra svenska högskolor studera olika aspekter för att konstruera multiprocessorer på chip.

Parallella och distribuerade system

Att bygga upp högpresterande nätbaserade applikationer är en svår uppgift. Det räcker inte med att man kan programmering – man behöver också kunna modellering, programanalys, specificering och verifiering av nätverk.

Vi måste kunna analysera datorsystem ur ett mer beteendevetenskapligt perspektiv. Det kan då t ex handla om säkerhetsfrågor i nätverk – både driftsäkerhet, datasäkerhet och integritetsfrågor.

För att utveckla sådana analysmetoder krävs djupa kunskaper i semantik och programlogik vid sidan av applikationsinriktade kunskaper.

Vårt forskningsfokus ligger på principer, verktyg och tillämpningar för semantiskt baserad programvaruspecificering och -verifiering. Det omfattar bl a programanalystekniker för specificering och verifiering, modelleringsspråk baserat på UML (Unified Modelling Language), tekniker för att använda experimentella programmeringsspråk som t ex Haskell.

Ett viktigt tillämpningsområde är säkerhet, där vi jobbar med ämnen som konfidentialitet för mobil kod samt logiker och system för flexibel behörighetskontroll.

Vi har bl a varit med att ta fram ett verifikationsverktyg för programmeringsspråket Erlang, utvecklat på Ericssons datalogilab, och vi har assisterat flera småföretag inom området formell analys och modellering.

Resurser

Vi kan utföra prestandautvärderingar och föreslå tekniska lösningar inom vårt område. Vi kan också erbjuda assistans i konkreta modellerings-, specificerings- och verifieringsuppgifter och ta fram nya verifieringssverktyg.

Vi kan även erbjuda kurser inom följande ämnen:

- Low power design
- Interconnect-centric design
- Fault tolerant design
- HW/SW Codesign
- System Modelling
- ASIC Design

Sammarbetspartners

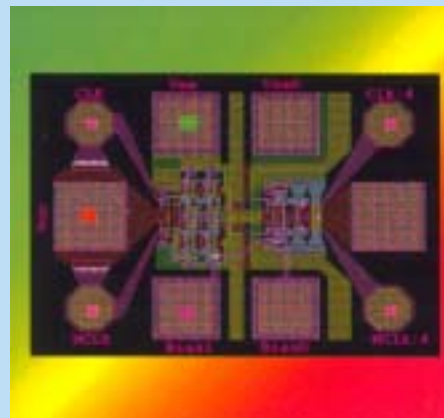
Vi har ett aktivt samarbete såväl nationellt som internationellt med universitet och näringsliv. Till våra akademiska sammarbetspartners hör:

- Uppsala Universitet
- Linköpings Tekniska Högskola
- Chalmers Tekniska Högskola, Göteborg
- Lunds Tekniska Högskola
- Turku Technical University, Finland
- Tallin Technical University, Estland
- Universität Braunschweig, Tyskland
- Universitat Politècnica de Catalunya, Barcelona, Spanien
- University of California, Berkley, USA

Bland våra industrikontakter märks:

- Ericsson Radio, Kista
- Ericsson Infokom, Kista
- ACREO, Linköping
- Axis Communications, Lund
- IMEC, Belgien
- Pallas GmbH, Brühl, Tyskland

Vi samverkar också intimt med Swedish Institute of Computer Science (SICS), Kista.



Ordförklaringar

IP-block (Intellectual Property) En delkonstruktion som integreras med egna konstruktioner på samma chip.

ASIC (Application Specific Integrated Circuit) Egenkonstruerade integrerade kretsar.

Kontakt

- Professor Rassul Ayani, rassul.ayani@it.kth.se
- Professor Mats Brorsson, mats.brorsson@it.kth.se
- Docent Mads Dam, mads.dam@it.kth.se
- Professor Seif Haridi, seif.haridi@it.kth.se
- Professor Joachim Parrow, joachim.parrow@it.kth.se
- Professor Hannu Tenhunen, hannu.tenhunen@it.kth.se

Kommunikationssystem

5 professorer 10 forskare 10 doktorander

Telekommunikation har blivit en drivkraft för forskning och teknologutveckling. Och ett antal tekniker och system har utvecklats för att fylla olika behov. Exempelvis har system baserade på optik och elektronik utvecklats för fiber- och radiokommunikation för att tillfredsställa behoven av hög kapacitet respektive större rörlighet.

I alla system har mjuk- och hårdvara sina givna platser. Men hur ska man utnyttja och kombinera olika teknikers möjligheter för att bygga framtida kommunikationsnät? Hur ger man på bästa sätt stöd åt både audiovisuella tjänster och datatjänster? Hur ska näten dimensioneras och hur hanteras de? De här frågeställningarna söker vi svar på. Genom att kombinera olika tekniker får vi ett resultat som ger mer än summan av delarna.

Datorkommunikation inom telekommunikationsområdet har tidigare varit av underordnad betydelse. Men området har gått från att vara en liten nisch inom telekommunikation till att bli ett av de hetaste områdena – en fråga om överlevnad för många företag.

Inom Internet och mobil telefoni sker en dynamisk utveckling och här märks en stark framtidstro. Internet skapades ju inte för mobil mottagning eller för realtidstjänster, och vår forskning syftar till att studera hur en sådan anpassning skulle kunna ske. Vi intresserar oss också för vad en allt större integrering inom media-, tele- och datorkommunikation kan komma att betyda.



Radioelektronik

Radioelektroniken är central för de mobila system som nu planeras. Vid sidan av mobila system som 2G, GPRS och 3G, som har stor geografisk täckning, finns fler småskaliga system av typ PAN eller WLAN. Stora skillnader finns i prestanda, täckningsgrad, effektnivåer och inte minst i pris.

I alla dessa system kommer framgången till stor del att bero på hur väl vi lyckas lösa radiodelarna. Problemen är att relativt få behärskar området. Därtill krävs detaljkunskaper från ett flertal olika områden, t ex inom signalbehandling, komponenter, analog elektronik, mixed signal konstruktion, standardisering, radioteknik. Dessutom är en analog konstruktion i t ex kisel ännu inte förutsägbar på samma sätt som den är på den digitala sidan – och det är helt enkelt svårare att få den att fungera.

Traditionellt har vi använt bipolär teknik för radioelektroniken – det var endast den tekniken som gav tillräcklig snabbhet. Nya teknologier spelar en betydande roll. Tack vare Moores lag är CMOS-transistorer nu så snabba att de också kan användas för radiodelarna. De trådlösa systemen kan därmed få ett storskaligt genom-

brott – den nya CMOS-teknologin finns där, och priset är mycket lågt.

Vår forskning fokuseras kring de nya radiosystemens konstruktion i lägstkostnadteknologier.

Teletrafik

Vår forskning inriktas på främst arkitektur- och prestandastudier inom Internet. Pågående forskning gäller tjänstekvalitet och prestandaövervakning på Internet. Det handlar om att formge en egen tjänstarkitektur för att ge stöd för audiovisuella tjänster. Våra idéer bygger på en kombination av trafikstyrning och felhantering för att uppnå lämpliga kvalitetsnivåer.

Vi kommer på sikt att utöka våra studier till att beakta *hela* förmedlingskedjan från informationskällan via nät till mottagande dator för presentation. Nu startar vi ett nytt forskningsområde: systemarkitekturer för högpresterande väljare (mer än 10 Gb/s per port). Vi skapar en lämplig miljö för test och prototypbyggen. Vi bedriver även studier av optiska nät – främst med avseende på tillförlitlighet.

Datorkommunikation

Vi forskar på datorkommunikation i dess bredaste betydelse. Vi har lagt tonvikten på forskning på trådlös, mobil kommunikation mellan datorer och mellan datorer och kringutrustning. Vår forskning går ut på att finna den arkitektur och de protokoll som är nödvändiga för att stödja framtida mobila dator- och kommunikationssystem.

Telekommunikation

Vi bedriver forskning på telekommunikationssystem – särskilt då kommunikationsprotokoll. Vår forskning domineras av frågor som rör mobil telekommunikation. Det handlar om tjänster i framtida mobila, trådlösa telenät och om marknaderna i den nya ekonomin. Vi intresserar oss för Internet i stort, för skalbarhetsfrågor, mobilt Internet och trådlös access. Vi bedriver dessutom forskning om stödsystem för lärande.

Dator-, tele- och mediekommunikationsområdena sammanfaller alltmer. Vi forskar på vad detta kommer att betyda för företagen. Utmaningen är att integrera teknologierna och göra dem allmänt tillgängliga, tillförlitliga, säkra och hanterbara.

Vi anlägger också ett ekonomiskt perspektiv på förändringarna inom dator- och telekommunikationsområdet. Vi studerar då processer från idé till fullmogen produkt och effekterna på företagets produktionsprocesser. De nya teknologierna öppnar för nya aktörer och nya affärsmodeller. Vi kommer att se ett helt nytt tänkande när det gäller produkter och tjänster.

Vi har unika möjligheter att bedriva forskning inom detta område. Vi kommer att ha tillgång till riktiga nätverk som ligger i framkant av utvecklingen och som används av riktiga användare. Som det trådlösa nätverk som används inom IT-universitetet i Kista och försöket med StockholmOpen.Net som är ett öppet kommunikationsnätverk som nyligen startat i Kista.

Det finns givetvis starka kopplingar mellan den forskning vi bedriver och våra två nybildade centra för Internet-teknik och för trådlös kommunikation.



Tjänster

Vi ger uppdragsutbildning inom våra kompetensområden, längre forsknings-samarbeten är mycket intressanta, men vi diskuterar också gärna kortare utredningar, till exempel i form av examensarbeten.

Sammarbetspartners

Vårt kontaktnät är utbrett över universitet och forskningslaboratorier i Europa och USA. Bland de akademiska kontakterna märks: Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet, Trondheim
Tekniska Högskolan i Helsingfors, Finland
Oulu University, Uleåborg, Finland
Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne, Schweiz
Eurecom, Sophia-Antipolis, Frankrike
Columbia University, USA
Stanford University, USA
Center for Telecommunications, Stanford University, USA
Ohio State University, USA
University of Colorado, USA

Vi har gemensamma forskningsprojekt med ett antal företag bl a:
Ericsson, Kista
Ericsson Research, Kista
Nokia Network Reserch Center, Kista
Telia, Farsta
Telia Prosoft, Haninge
Telia Research, Farsta
SICS, Swedish Institute of Computer Science, Kista
Spirea AB, Kista

Vi medverkar i KTHs forskningscentra för trådlösa system respektive Inter-netteknik. Se vidare sidan 14.

Ordförklaringar

LAN (Local Area Network)

PAN (Personal Area Network)

WLAN (Wireless LAN)

CMOS (Complementary Metal Oxide Semiconductor) En teknik för att tillverka kretsar och mikroprocessorer

Kontakt

Professor Gunnar Karlsson, gunnar.karlsson@imit.kth.se
Professor Håkan Olsson, hakan.olsson@imit.kth.se
Professor Björn Pehrson, bjorn.pehrson@imit.kth.se

KTH Online

KTH Online är ett akademiskt centrum inom KTH, med uppgift att producera teknikstöd för utbildning både för KTHs grundutbildning och för fort- och vidareutbildning. Vi erbjuder företag och organisationer utbildning inom KTHs kompetensområden.

Vi vill att yrkesarbetande ska kunna studera – utbildningarna är därför till stor del internetbaserade och utvecklade med en pedagogik just för detta syfte. Internetbaserad distansutbildning passar mycket bra för fort- och vidareutbildning. Frihet i tid och rum gör studier möjliga även för yrkesverksamma.

Vi kan också anordna seminarier och workshops eller skraddarsy kurser som är anpassade till företagens utbildningsbehov.

På KTH Online finns ett stort kunnande inom teknik och media samt ett genuint intresse för pedagogik och vuxenutbildning. Vår ambition är att göra KTHs kunskaper tillgängliga för livslångt lärande på ett flexibelt sätt.

Kontakt

Kristina Edström, kristina.edstrom@it.kth.se

Svenska Centret för Internetteknik

Svenska Centret för Internetteknik ska verka som en katalysator för samverkan inom Internetområdet. Centret ska verka för samordning av utbildningsinsatser och kvalificerad utbildning inom Internetområdet.

Centret ska även bedriva forskning, utveckling, utbildning och experimentell nät drift. Verksamheten ska hålla högsta internationella kvalitet och fungera som en nod i det informella globala nätverk som driver internetutvecklingen framåt. Centret ska ha en nationell bas genom samverkan med regionala och lokala initiativ samt vara väl förankrat i europeiska och andra internationella sammanhang.

Centret ska attrahera kompetenta personer och tillgodogöra sig teknisk kompetens som ska spridas öppet till alla delar av samhället. Resultatet ska kunna bli unika forskningsresultat, nya produkter och tjänster för etablerade företag samt nydanande industriell verksamhet.

Centret startade sin verksamhet 2001 och svarar för en ny mastersutbildning i Internetteknik som påbörjas hösten 2001.

Kontakt

Professor Björn Pehrson, bjorn.pehrson@it.kth.se

KTH Center for Wireless Systems - Wireless@KTH

Wireless@KTH skall verka inom utbildning och forskning inom trådlös och mobil kommunikation. Centret ska vara en mötesplats för näringslivet och forskarvärlden och dessutom en källa till kompetens.

Trådlös kommunikation är ett strategiskt område för den svenska industrin. Behovet av kunnande och välutbildad personal inom företagen är mycket stort. Områdets tvärvetenskapliga karaktär kräver därför att forskning och utbildning organiseras på ett annat sätt än inom traditionella områden.

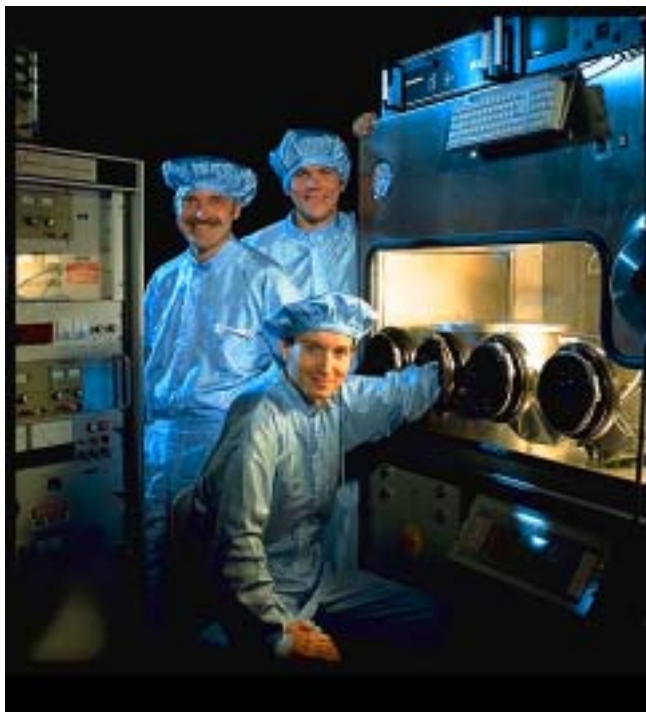
Wireless@KTH ska vara ledande och trendsättande samt tillhandahålla en attraktiv miljö och locka till sig toppkrafter från hela världen. Centret ska leda och samordna större forskningsprojekt och ska skapa en attraktiv civilingenjörsutbildning inom området mobil kommunikation med gott internationellt renommé.

Wireless@KTH skall samarbeta aktivt med industrin. Från start finns Telia, Ericsson, Nokia och Microsoft med som partners, men på sikt hoppas man på att kunna erbjuda partnerskap till alla företag i Stockholmsregionen som är aktiva inom området trådlös kommunikation.

Wireless@KTH startade sin verksamhet under 2001. Det hör organisatoriskt till Institutionen för Signaler, Sensorer och System, men det finns ett nära samarbete med Institutionen för Mikroelektronik och Informationsteknik. Centret kommer också att ha sina lokaler i Kista.

Kontakt

Föreståndare Claes Beckman, claes.beckman@wireless.kth.se



Halvledarlaboratoriet

Halvledarlaboratoriet är KTHs resurs för utbildning, utveckling och tillverkning av komponenter i halvledarmaterial. Laboratoriet kan erbjuda fullständiga processer för tillverkning av elektronik och mikromekanik i kisel, för optoelektronik i galliumarsenid och indiumfosfid samt för kraftkomponenter i kiselkarbid.

De största användarna är KTHs institutioner för Mikroelektronik och Informationsteknik och för Signaler, Sensorer och System samt ACREO, ett forskningsinstitut för mikroelektronik och optik. Dessutom används laboratoriets resurser av etablerade industriföretag och ett växande antal avknopningsföretag för utveckling och småskalig produktion av halvledarkomponenter. Totalt arbetar mer än 150 personer i laboratoriet. Betydligt många fler är beroende av resultat från laboratoriets processer för sin verksamhet.

Halvledarlaboratoriet har ca 10 anställda, som arbetar med anläggningsdrift, mediaförsörjning, säkerhetsfrågor och samordning m m. Ansvaret för utrustningar och processer ligger i första hand på laboratorieanvändarna.

Kontakt

Docent Nils Nordell, nils.nordell@it.kth.se

Resurser

Processlaboratoriet har en renrumsyta av 1300 m² i klasserna 100, 1000 och 10000 (partiklar/ft³). Dessutom finns det laboratorier för materialanalys och för montering av komponenter.

Processer för 100 mm diameter kisel:

- Stepperlitografi (i-line, 0.5 μm)
- Kontaktlitografi
- Metallisering (Sputter, förångning)
- Torrrets (ICP, RIE)
- Si/SiGe epitaxi
- SiO_x Plasmadeponering
- Ugnprocesser (diffusion, oxidation, deponering)
- Jonimplantation
- Anneal (RTA)
- Diverse vätets- och tvättprocesser

Processer för 100 mm GaAs, 50 mm InP och SiC:

- Stepperlitografi (i-line, 0.5 μm)
- Kontaktlitografi
- Metallisering (sputter, förångning)
- Torrrets (ICP, RIE)
- Epitaxi:
 - MOVPE för InP/InGaAsP, GaAs/AlGaAs
 - HVPE för InP/InGaAsP
 - VPE för SiC
- SiO_x och SiN_x Plasmadeponering
- Jonimplantation
- Anneal (ugn och RTA)
- Diverse vätets- och tvättprocesser

Analys

- Röntgendiffraktion
- Fotoluminiscens
- Halleffekt-mätningar
- C-V- profilering
- Elektronmikroskop (SEM)
- Optisk mikroskopi
- Ellipsometer
- Ytprofilometer

Halvledarlaboratoriet driver också en mekanisk verkstad.



*Utgiven av Institutionen för Mikroelektronik och Informationsteknik, IMIT, med stöd av Teknikbrostiftelsen i Stockholm.
Produktion Docent Nils Nordell, IMIT och Informationschef Jannecke Schulman, IT-universitetet
Foto: EyeWire, Photodisc, Peter Ewers, IMIT m fl.
Tryck: TrykeriEtt, Stockholm, 2001*



Kontakt med

Institutionen för Mikroelektronik och Informationsteknik

KTH - Electrum

Besöksadress

Kistagången 16 / Isafjordsgatan 22

Verksamheter

Materialfysik och elektroniska material
Fysikaliska och elektroniska komponenter
Optik, fotonik och kvantteori
Halvledarlaboratorium
Wireless@KTH (besöksadress Isafjordsgatan 30 B)

Postadress

Electrum 229, 164 40 Kista
Telefon 08-752 14 00

KTH - Forum

Besöksadress

Isafjordsgatan 39

Verksamheter

Elektronik- och datorsystem
Kommunikationssystem
KTH Online
Centrum för Internetteknik

Postadress

Adress och telefonnummer tills vidare:
Electrum 229, 164 40 Kista
Telefon 08-752 14 00

e-post: info@imit.kth.se

www.imit.kth.se

