

Simulering av nanotrådstransistorer

Lasse Södergren

Prestandautvecklingen av integrerade kretsar de senaste 40 åren kan främst tillskrivas nedskalningen av transistorer. Transistorn är det grundläggande byggblocket i all dagens elektronik. Transistorn fungerar som ett elektriskt relä som används för att styra strömmar. Transistorn består främst utav tre stycken elektroder som kallas gate, source och drain. Mellan source och drain finns där en kanal vars resistans kan styras utav den spänning som läggs på gate-elektroden. På detta sätt kan strömmen genom transistorn styras till att vara av eller på.

Nedskalning till nanoskala av dessa transistorer förbättrar många av dess egenskaper, så som lägre energiförbrukning, användning vid högre frekvenser och har även gjort det möjligt att integrera miljardtals transistorer på ett och samma chip i till exempel en processor (CPU). Traditionellt sett har transistorer byggts utav kisel som har många bra egenskaper för ändamålet men idag hindras fortsatt nedskalning av fysikaliska begränsningar hos materialet. Mycket forskning inriktar sig därför på utveckling av transistorer utav andra material, ett av dessa materialen är III-V halvledare, till exempel InAs eller InGaAs. Dessa material har egenskaper som kan leda till snabbare transistorer och lägre energiförbrukning. III-V halvledare kan användas för att bygga så kallade nanotrådar som bara är ett tiotal nanometer i diameter. Geometrin av dessa strukturer gör det relativt lätt att bygga komponenter där gate-kontakten påverkar kanalen från flera sidor, vilket förbättrar transistorens egenskaper. När dessa nanotrådstransistorer skalas ner till väldigt korta gate-längder förväntas transportmekanismen att bli så kallad ballistisk, vilket innebär att elektronerna inte sprids utav potentialen från atomerna i kanalen, utan passerar rakt förbi. Detta är en idealistisk bild som sätter en övre gräns för hur bra egenskaper transistorn kan ha.

I det här projektet har den maximala prestandan hos nanotrådstransistorer undersökts med hjälp av fysikaliska och ballistiska modeller och simuleringar. Prestandan har undersökts beroende på olika dimensioner av nanotråden. Kapacitanser som har stor inverkan på hur snabb transistorn är, har utvärderats med hjälp av olika modeller. Simuleringsresultaten jämförs också mot uppmätt data för att kunna avgöra modellens tillförlitlighet. Modeller som beskriver hur nanotrådstransistorer fungerar är en viktig del i den fortsatta utvecklingen av dessa komponenter.