

Kapacitansoptimering och Ballistisk Modellering av Nanowire-baserade Transistorer

15 juni 2018

Teknologiutvecklingen inom halvledarindustrin och integrerade kretsar har inom de senaste åren skett i en mycket hög takt, vilket också har medfört en förbättring av transistorernas prestanda. Transistorn är grundläggande biståndsdel i elektroniska kretsar med huvudsaklig uppgift att styra strömmar och fungerar på så sätt som ett elektriskt relä. Transistorn består av tre elektroder, som kallas source, drain och gate. Genom att applicera en elektrisk spänning över gate-elektroden, kan resistansen hos kanalen mellan source och drain kontrolleras. På det sättet styrs strömmen genom den elektriska kretsen. Användningsområden för transistorer sträcker sig från förstärkning av elektriska signaler till att bygga logiska kretsar som används för att utföra många, komplexa lösningar.

Nedskalning av transistorer till storleksordning av tiotals nanometer har under de senaste 40 åren bidragit till ökad prestanda av integrerade kretsar. Idag är det möjligt att integrera fler transistorer, upp till miljarder, på ett och samma chip.

Transistorn baserad på halvledarmaterialet kisel, har varit den dominerande inom industrin. Kisel är ett halvledarmaterial som under flera decennier har varit en enastående kandidat till både digitala och analoga applikationer. Kisel är dock ganska ofördelaktig som en elektisk ledare. De fysikaliska begränsningarna hos det materialet har blivit ett hinder inför en fortsatt nedskalning av transistorer och en fortsatt förbättring av transistorens prestanda. Av denna anledning, utforskas det alltjämt konkurrerande tekniker för att överträffa de existerande kiselbaserade kretslösningarna och för att utveckla nya tekniska lösningar.

Forskning och utveckling av transistor baserad på alternativa material och utformningar kan gynna utmaningar vid ytterligare miniaturisering av transistorer. Ett av alternativen är användande av III-V sammansatta halvledare, främst indiumarsenid InAs eller indiumgalliumarsenid InGaAs. Dessa material har förbättrade egenskaper och kan leda till utveckling av snabba transistorer. Detta beror på att elektronerna i dessa material har en hög hastighet i jämförelse med kisel, vilket på sikt bidrar till en transistor med betydligt lägre energiförbrukning.

Användning av III-V halvledare har öppnat nya dörrar för att utveckla nya typer av transistorer som är baserade på nanotrådar. Strömflödet genom kanalen kan bättre kontrolleras eftersom dess cylindriska geometri tillåter gate-kontakten, som lätt kan lindras runt tråden, att ha mer precis kontroll över kanalen. Prestandan av den typen av transistor förväntas ligga i terahertzområdet, tack vare kombinationen av dessa innovationer. Trots förbättrad transistorprestanda, står de nya teknikerna inför nya utmaningar. Därför bör nya lösningar utredas för att kunna uppnå ett optimerat resultat.

I det här projektet har fysikaliska och ballistiska simuleringar av nanotrådstransistor utförs med syftet att uppskatta prestandan och studera kapacitansernas inverkan. Detta har genomförts genom att variera dimensionerna av den modellerade 3D transistorstrukturen. Dessutom omfattar projektet tillverkning av en platt kondensator som sedan utvärderas. Detta görs i syfte att

undersöka möjligheten att ersätta det traditionella isolerande materialet mellan metal elektroderna med andra material som har lägre dielektrik konstant, som till exempel HSQ. På det viset kan man minska påverkan av parasitiska kapacitanser som annars påverkar transistorprestandan negativt.

Azal Alothmani, Examensarbete inom Teknisk Nanovetenskap, Nanoelectronics group, Lunds Universitet.