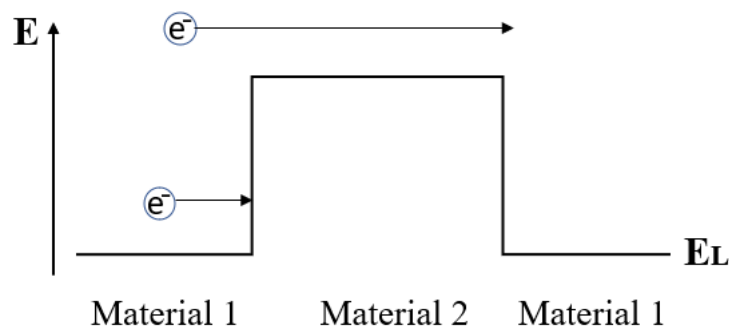


Termoelektriska mätningar på nanotrådar av InAs med asymmetriska potentialbarriärer

Författare: Hanna Lundström

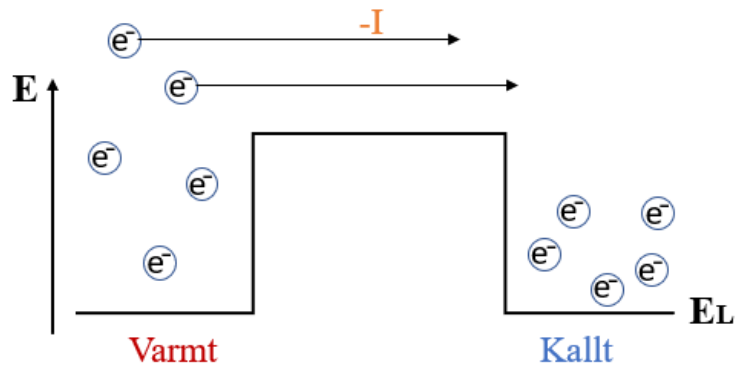
Nanotrådar tillverkade av halvledare är långa smala ”trådar” med en diameter som är ca en tusendel av diametern av ett hårstrå! Halvledare har en egenskap som kallas bandgap, det är ett energigap mellan valensbandet och ledningsbandet där elektroner inte kan befinna sig. Olika halvledare har olika stort bandgap, vilket kan utnyttjas för att anpassa en komponents egenskaper. I nanotrådar är det möjligt att kombinera olika halvledarmaterial som inte är möjliga att kombinera i strukturer med större dimension. Detta gör att nanotrådar utgör en unik plattform för att skapa komponenter med skräddarsydda egenskaper.

Genom att i nanotrådar kombinera olika halvledarmaterial med olika bandgap kan man till exempel skapa så kallade energifilter. Energifilter släpper endast förbi laddningsbärare (som elektroner) som har vissa energier. Figur 1 visar ett ledningsband där två olika halvledarmaterial har kombinerats och skapat en rektangulär barriär (en så kallad rektangulär termionisk barriär), detta formar ett energifilter som släpper över elektroner med hög energi men blockerar elektroner med en låg energi. Nanotrådar med inbyggda energifilter skulle kunna vara intressant för att konvertera termisk energi till användbar energi, som skulle gå att användas till applikationer som är väldigt små. De skulle också kunna vara intressanta för solceller som bygger på att utnyttja laddningsbärare med hög energi, vilket skulle ha potential att generera solceller som kan utnyttja mer av solens energi än dagens kommersiella solceller.



Figur 1. Ledningsbandet (E_L) av en nanotråd av två material med olika bandgap. En elektron med låg energi kan inte passera barriären medan en elektron med hög energi kan passera över barriären.

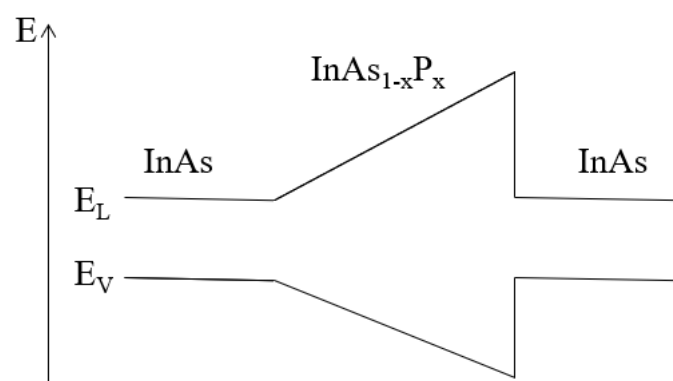
När temperaturen ökar i en halvledare kommer fler elektroner ha hög energi. Om det finns en temperaturskillnad på de olika sidorna av ett energifilter har elektronerna på vardera sida olika förutsättningar att passera filtret. För en rektangulär barriär har elektronerna på den varma sidan större sannolikhet att passera över barriären, se figur 2. På så sätt genererar temperaturskillnaden en ström och termisk energi kan konverteras till elektrisk energi (så kallad termoelektrisk energikonversion).



Figur 2. Ett ledningsband (E_L) med en rektangulär barriär där ena sidan är uppvärmd och den andra hålls kall. Elektronerna på den kalla sidan kan ses ha för låg energi för att passera över barriären medan vissa elektroner på den varma sidan har fått tillräckligt hög energi för att ha möjlighet att passera över barriären och bidra till en ström I (strömmen är noterad som negativ eftersom strömmens riktning är motsatt riktad mot elektronernas riktning).

För att optimera en komponent som är baserad på nanotrådar med en termionisk barriär är det till exempel av intresse att veta om formen på en termionisk barriär spelar någon roll. En första indikation på att formen av barriären har betydelse skulle vara en asymmetri i det termoelektriska beteendet när man värmer på de olika sidorna av en barriär som är asymmetrisk. Detta examensarbete har därför undersökt om en asymmetrisk termionisk barriär leder till asymmetriskt termoelektriskt beteende.

För detta ändamål har termoelektriska mätningar utförts på nanotrådar bestående av halvledaren indiumarsenid med ett segment av indiumarsenidfosfat där andelen fosfat ökar gradiellt. Indiumarsenidfosfat har ett större bandgap än indiumarsenid och segmentet av indiumarsenidfosfat formar en asymmetrisk, triangulär, barriär, se figur 3. Sedan har en sida i taget av barriären värmts upp samtidigt som en elektrisk spänning över nanotråden har varierats för att undersöka det termoelektriska beteendet. Dessa mätningar indikerade asymmetriskt termoelektriskt beteende, vilket tolkades som ett resultat av barriärens asymmetriska form.



Figur 3. Ledningsband (E_L) och valensband (E_V) för en nanotråd med en asymmetrisk barriär som består av indiumarsenid (InAs) med ett segment av indiumarsenidfosfat ($\text{InAs}_{1-x}\text{P}_x$) där andelen fosfat ökar.