

Sveptunnelmikroskopi med nanotrådar av halvledarmaterial

Ett sveptunnelmikroskop (STM) fungerar med samma princip som en blind person med käpp. Det ”känner” över en yta med en spets och skapar en bild över hur ytan ser ut. Vid gynnsamma förhållanden kan man nå upplösningar där man kan urskilja separata atomer.

Mikroskopet känner genom att mäta tunnelströmmen mellan dess spets och provet. Tunnelström kan uppstå när två material befinner sig mycket nära, men inte i kontakt, med varandra. Dessa strömmar är så känsliga för avstånd att atomer bara en nanometer (10^{-9} m) längre bak än den yttersta atomen på spetsen bara bidrar en bråkdel till den resulterande strömmen.

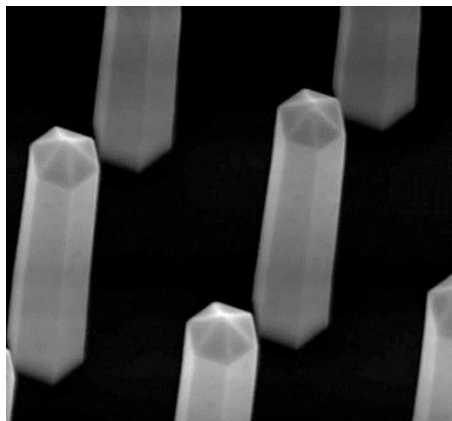
Detta betyder att spetsens form är en avgörande faktor för bra bilder. Om spetsen är ojämn ökar sannolikheten för artefakter. En artefakt inom mikroskopi är någonting som dyker upp på bilderna men inte finns i verkligheten.

Inom sveptunnelmikroskopin spelar spetsens egenskaper stor roll för den resulterande bilden. Tidigare har spetsar med hög kvalitet varit dyra eller tidskrävande att framställa.

En av de vanligaste metoderna att framställa spetsar är att etsa fram en spets från en wolframtråd. Denna metod är snabb och billig, men man har ingen kontroll över den exakta formen av spetsen.

Det finns ett flertal metoder att framställa spetsar med precisa dimensioner, men gemensamt för dessa är att de är dyra eller tar lång tid för att framställa en spets. Under ett vanligt STM-projekt används ett flertal spetsar, så tillverkningen av dem kan vara en begränsande faktor för projektet. Det finns därför ett intresse för en framställningsmetod av spetsar med hög precision som är förhållandevis billig och snabb.

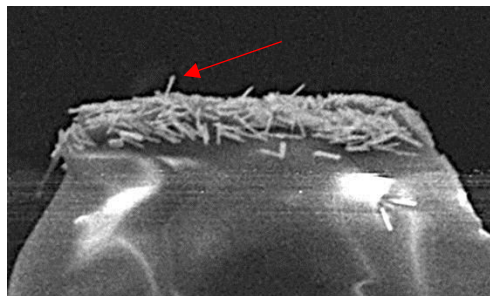
Nanotrådar i halvledarmaterialet galliumnitrid (GaN) är utmärkta kandidater att använda som spetsar i ett STM då de kan växas med stor precision, som visas i bilden nedan. GaN är även ett förhållandevis hårt material, vilket minskar risken för att de går sönder under användning.



SEM-bild av nanotrådarna som använts i projektet.
Bilden är $10 \times 10 \mu\text{m}$

En metod för att snabbt skapa STM-spetsar med dessa nanotrådar som yttersta spets har utvecklats. Grundprincipen i tillverkningsmetoden är att applicera ett elektriskt ledande lim på enkelt tillgängliga wolframpetsar för att sedan doppa dessa i prover med nanotrådar. Målet är att en nanotråd kommer sticka ut från spetsens yta så att mätningarna i mikroskopet utförs av en ensam nanotråd. För att optimera avkastningen av fungerande spetsar testades många olika tillverkningsmetoder som sedan utvärderades i ett svepelektronmikroskop (SEM). Några av de variabler som testats är olika lim, längd på nanotrådarna, upplockningsmetod av nanotrådarna och ursprungsformen på wolframpetsarna.

Med den slutgiltiga processen var en av tre spetsar användbara i mikroskopet. Det tog endast 15 minuter att tillverka en av dessa spetsar vilket är en signifikant förbättring jämfört med tidigare metoder med nanotrådar som spets. Nedan visas en bild på en av dessa färdiga spetsar.



Färdig spets med nanotrådarna synliga ytterst på wolframpetsen. Pilen visar den nanotråd som kommer användas vid skanning.
Bilden är $80 \times 40 \mu\text{m}$.