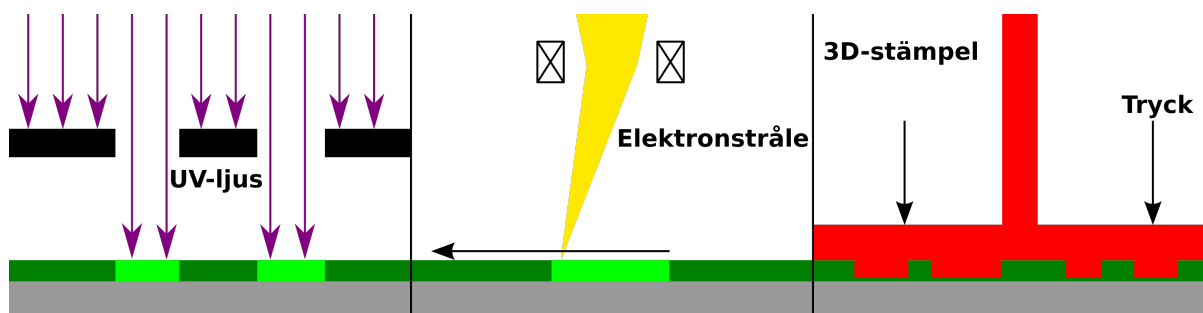


3D-stämplat för tillverkning av nanostrukturer

Oskar Boström

I dagens samhälle är datorer en allt viktigare del, både i vardagslivet, för vetenskapen och inom arbetslivet. Den konstanta strävan mot allt kraftfullare datorer har drivit på utvecklingen av transistorer, den huvudsakliga komponenten i datorernas beräknande del, processorn. Utvecklingen är mestadels centrerad runt krympning av dessa komponenter, så att man kan få plats med fler på samma yta och på så vis öka processorns, och samtidigt datorns, kraft.

I produktionen av transistorerna används stora plattor av kisel, där områden modifieras med olika metoder för att till exempel lägga på eller etsa bort material från kiselplattan, eller ändra sammansättningen av ämnen inuti kiset för att få fram särskilda egenskaper. För att kunna bestämma vilka områden som ska utsättas för modifikationen används ofta ett tunt lager av plast för att täcka de områden som inte ska modifieras. Detta lager måste först mönstras för att maskera rätt ytor. Det finns ett antal metoder, gemensamt kallade litografiska processer, för denna mönstring, bland annat att exponera dessa områden med strålning med hög energi, t ex ultraviolett (UV) ljus eller elektronstrålar. Detta bryter kemiska bindningar i plasten, vilket ökar lösligheten så man lätt kan skölja bort lagret i ett lösningsmedel och bara lämna kvar ett lager som motsvarar det mönster man vill ha.



Exempel på tre olika tekniker för litografi, baserad på ett plastmaterial (grönt) på kisel (grått). Vänster: Optisk litografi med UV-ljus som ökar lösligheten på exponerade områden. Mitten: elektronstrålelitografi där en fokuserad stråle av elektroner styrs över provet, och ökar lösligheten på utsatta områden. Höger: nanoimprintlitografi där mönstringen görs av en tredimensionell stämpel som trycker undan maskeringslagret med hjälp av högt tryck.

Dessa metoder har olika begränsningar, till exempel upplösning för UV-baserad litografi eller produktionshastighet för elektronstrålelitografi. Då vi börjar nå storlekar vid gränsen för UV-litografins upplösning, och elektronstrålelitografins dåliga produktionshastighet gör den olämplig för industriella applikationer, är det attraktivt att utveckla nya metoder som kan göra samma saker, men snabbare och med högre upplösning.

En metod med hög potential för att ersätta dessa etablerade metoder är nanoimprintlitografi (NIL). Här använder man en tredimensionell stämpel som pressar undan det trögflytande, ofta plastbaserade, maskeringslagret under högt tryck, för att sedan härda lagret, så att mönstret stannar efter att stämpeln lyfts av. Denna metod är förhållandevis enkel jämfört med de senaste varianterna på de tidigare nämnda, mer väletablerade metoderna. Eftersom NIL är baserad på mekanisk förflyttning av masken behövs inga avancerade maskiner, som lampor för UV-ljus med extra hög energi som för den senaste optiska litografien, eller elektronkanoner och magnetiska linser som för elektronstrålelitografi.

Den viktigaste komponenten är en hydraulisk press. Extra utrustning beror på den metod som valts för härdningen, som kan vara uppvärmning och nedkyllning, eller kemiska reaktioner mellan plastmolekylerna när de utsätts för UV-ljus. Trots den relativt enkla processprincipen är resultaten utmärkta. Den maximala upplösningen är mycket hög: det bästa publicerade resultatet är 2 nanometer, med en stämpel som använder kolnanorör som stämpelns utstickande delar. Detta är högre än den senaste utvecklingen inom UV-litografi som förväntas ha en upplösning på 13,5 nm, och är likvärdigt med upplösningen hos elektronstrålelitografi. NIL mönstrar dock hela provytan samtidigt, till skillnad mot elektronstrålelitografen, där ytan måste exponeras pixel för pixel, vilket gör NIL mycket snabbare, och därmed bättre för industriella applikationer.



Exempel på de tre typerna av sidoväggprofil: positiv, vertikal och negativ.

En av de faktorer som begränsar användandet av NIL är de krav som måste uppfyllas av stämplarna för att mönsteröverföringen ska fungera. Sidoväggarnas vinklar är kritiska: om väggarna har en negativ profil, dvs om hålets är smalare vid öppningen än vid botten, kommer stämpeln fastna i maskeringslagret och bli svårt att lyfta av utan att riva sönder masken. Dessa krav innebär att det krävs väl anpassade produktionsmetoder, vilket leder till att stämplarna produceras av specialiserade företag, för relativt höga priser. Detta är inte ett problem för industrierna, eftersom stämplarna kan användas många gånger vilket ökar kostnadseffektiviteten. För forskning däremot kan kostnaden vara ett problem, då stämplarna ofta inte används tills de blir utslitna. Då NIL inte utnyttjas lika ofta inom forskningen som de andra etablerade litografiska metoderna, riktar mindre utveckling mot metoden, och synligheten mot industrin är även den lägre.

I detta projekt utvecklades en enkel metod för tillverkning av enklare stämplor på plats i labbet, med avsikt att göra NIL en mer attraktiv metod för forskningsprojekt, och på så vis höja dess synlighet och status. En uppsättning kiselstämplor med 200 nanometer stora strukturer tillverkades, och dessa kunde sedan användas för att mönstra ett plastlager. Detta bevisar att tillverkningsprocessen fungerar, och ger ett nytt alternativ för att skaffa stämplor för nanoimprintlitografi, vilket förhoppningsvis uppmuntrar användandet av tekniken över andra litografier.