



LUND UNIVERSITY

Block Copolymer Nanolithography for Sub-50 nm Structure Applications

Löfstrand, Anette

2021

Document Version:

Publisher's PDF, also known as Version of record

[Link to publication](#)

Citation for published version (APA):

Löfstrand, A. (2021). *Block Copolymer Nanolithography for Sub-50 nm Structure Applications*. [Doctoral Thesis (compilation), Department of Physics]. Department of Physics, Lund University.

Total number of authors:

1

Creative Commons License:

CC BY

General rights

Unless other specific re-use rights are stated the following general rights apply:

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal

Read more about Creative commons licenses: <https://creativecommons.org/licenses/>

Take down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

LUND UNIVERSITY

PO Box 117
221 00 Lund
+46 46-222 00 00

Popular Science Summary in Swedish

Vad kan vi göra för att vidareutveckla högteknologin, som vårt samhälle bygger på idag? Tillverkning av högteknologisk utrustning kräver ofta att mönster görs på nanometerskala, dvs i storleksordningen från miljondelar av en millimeter till knappt en tusendel av en millimeter. Detta arbete handlar om hur mönster ner till 5 nm kan göras genom att använda en särskild typ av polymer. Denna kallas för sampolymer och består av minst två olika delar, som inte vill sammanblandas. Generellt kan man säga att ju svårare delarna har att blandas, desto mindre strukturer kan man göra. Att göra mönster för att överföra dem till ett annat material kallas även för litografi med mönsteröverföring. Det finns alltså ett intresse från såväl industrin, som från universitet, att vidareutveckla litografi- och mönsteröverföringstekniker.

Arbetet visar dels hur man kan överföra linjer med endast 12 nm periodicitet ner i kisel, dels hur man kan göra en mall för att växa nanotrådar med endast 50 nm periodicitet, vilka båda skulle kunna användas för exempelvis vidareutveckling av transistorutrustning. Genom att belägga en yta med en tunn sampolymerfilm och sedan utsätta filmen för ångor från lösningsmedel, har polymeren först organiserats i olika mönster – med liggande eller stående cylindrar av den ena polymerdelen. Dessa mönster kan även styras, genom att polymeren läggs på en yta med vägledande linjer. Om man dessutom gör dessa linjer i samma riktning som ytans kristallriktning, alltså i samma riktning som atomerna ligger ordnade i materialet under, kan man få särskilt ordnade uppställningar av stående nanotrådar när man senare växer material från ytan.

Innan man kan växa material från ytan måste man på något sätt överföra mönstret. Ett sätt är att göra en mall, då man först öppnar upp porer i cylinderdelen av polymeren genom att sänka ner den i alkohol, och här har visats att framför allt en förhöjd alkoholtemperatur gav en större pordiameter, samt ett något glesare mönster. Då porerna öppnats har sedan s.k. torretsning använts för att öppna upp hålen hela vägen ner till ytan inunder. Torretsning utförs med hjälp av gaser i en lågtryckskammare, där endast vissa typer av material tas bort på ett välkontrollerat sätt. Därefter har materialet inunder etsats vid de blottlagda hålen, medan det skyddats av den kvarvarande polymeren runtomkring. För att sedan kunna växa nanotrådar användes substrat av kisel, belagda med halvledarmaterialet indiumarsenid, samt ett tunt lager kiselnitrid. Med hjälp av sampolymer, organiserad längs linjer i substratets kristallriktning, har porer öppnats upp och mönsteröverförts genom kiselnitriden. För att minimera skador på den känsliga ytan har den sista kiselnitriden i hålen etsats bort i syrabad. Därefter

lades substratet i en lågtryckskammare vid hög temperatur med ångor, där både indium och arsenik ingick. Från ytan kommer, under rätt förutsättningar, vertikala trådar av indiumarsenid att växa. Märk väl att de endast kommer att växa upp ur öppningarna i kiselnitriden. På grund av att materialet växer snabbare i vissa riktningar än andra, kommer nanotrådarna att få ett karakteristiskt sexkantigt utseende i genomskärning. Det har här visats att rader med 35 nm breda stående nanotrådar, med cirka 50 nm periodicitet, kunnat styras antingen till en ordnad uppställning, där mellanrummen mellan trådarna är mer triangulära, en s.k. stjärnkonfiguration, eller också till en, där mellanrummen är mer jämna, en s.k. solkonfiguration. Eftersom sådana nanotrådar kan användas för att göra transistorer, och intresset att få plats med fler transistorer per ytenhet aldrig verkar avta, har även oxid- och metallager lagts på för att demonstrera hur grind runt om (*eng. gate all-around*) ter sig för dessa tätt stående nanotrådar. Detta är nämligen ofta ett efterföljande steg för att göra transistorer.

Ett helt annat sätt att göra mönsteröverföring från sampolymerer är att infiltrera polymeren med ämnen som innehåller metall, respektive syre. Om detta görs i en lågtryckskammare vid förhöjd temperatur, kan de tillförda ämnena reagera med vissa funktionella grupper i polymeren, och sedan bilda metalloxid där. Detta kallas då för ett hybridmaterial. I arbetet har en sampolymer använts, som har sådana funktionella grupper endast i den ena delen av polymeren. På så vis har aluminiumoxid bildats i enbart cylinderdelen av mönstret, medan övrig polymer förblivit oförändrad. Härigenom underlättades mönsteröverföringen avsevärt, då hybridmaterialet kan motstå etsning mycket längre tid än polymeren. Det kvarvarande mönstret av hybridmaterial har här sedan använts som mall, för att överföra ett linjemönster med 12 nm periodicitet ner i kisel. Även denna typ av mönster skulle kunna vara användbart vid transistortillverkning, till exempel s.k. FinFET:ar, som ofta har höga fenor etsade i kisel. Utöver detta har infiltreringsgraden i polymerer undersökts med hjälp av s.k. neutronreflektometri. Då används en samlad stråle av neutroner, vilken reflekteras mot ytan. Varje typ av ämne reflekteras sedan på ett unikt sätt. Genom att titta på den reflekterade strålen kan man sedan bestämma vilka ämnen som ligger på ytan, samt hur tjocka de olika lagren är. Metoden har använts för att undersöka hur olika parametrar inverkar på infiltrationsgraden, där upp till 40 vol% aluminiumoxid uppnåtts i polymeren maltoheptaose, medan polystyren var opåverkad. Resultaten bidrar således till vidareutvecklingen av litografi med mönsteröverföring på nanometerskala, särskilt för strukturer mindre än 50 nm.