

## DEFINICIJA

Mikro Litografija (*micro lithography*) podrazumeva skup metoda kojima se pomoću šablona može izraditi određene strukture u mikro području primene.

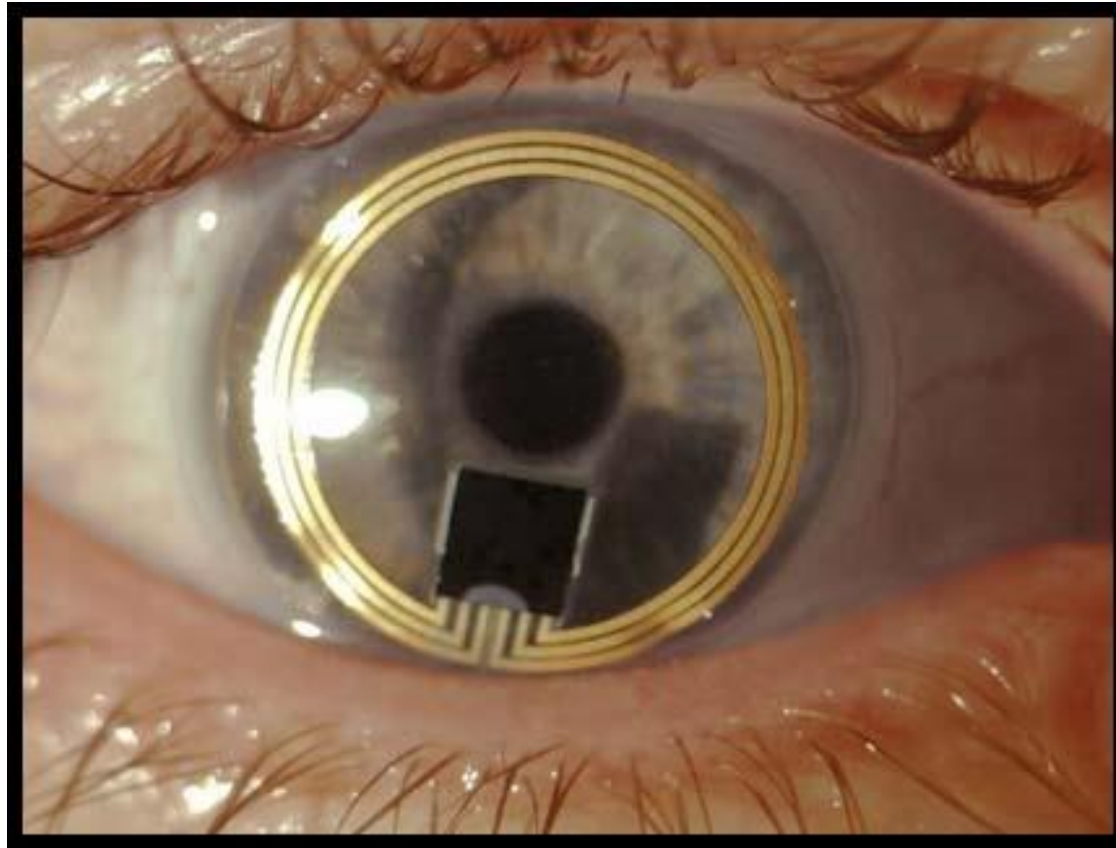
Dimenzije struktura su manje od  $10\ \mu\text{m}$  kod mikrolitografije



## PODELA

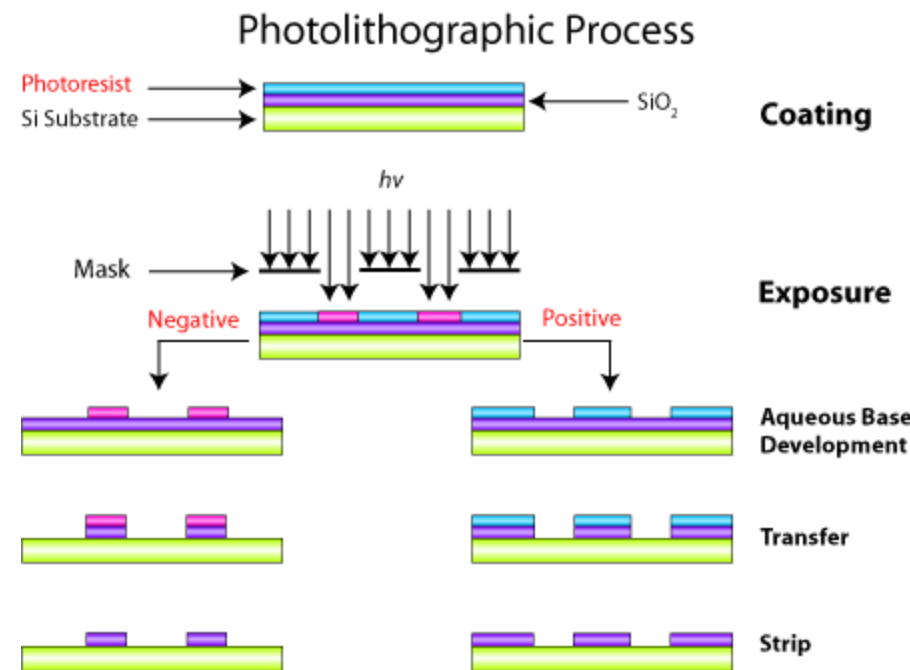
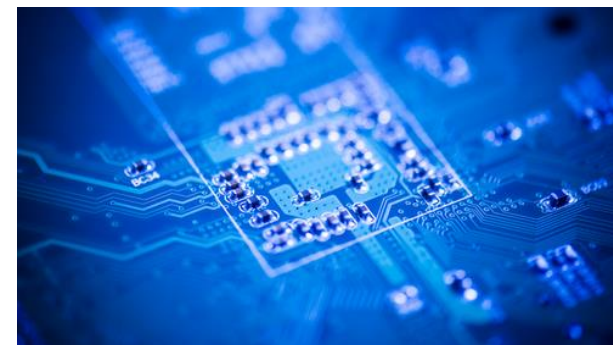
Metode mikro litografije su:

- fotolitografija (*photolithography*),
- litografija X-zracima (*X-ray lithography*),
- litografija elektronskim zracima (*electron beam lithography*),
- litografija interferencijom (*interference lithography*),



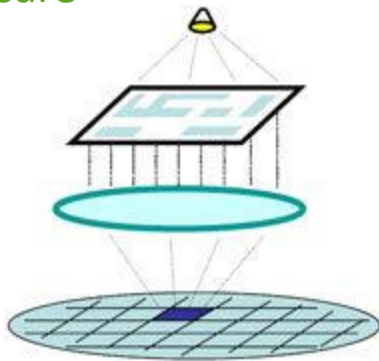
## Fotolitografija:

- PRIMENA-Koristi se za integralna kola i računarske komponente.
- PREDNOST-Jako je efikasna i jeftina obrada, kod koje se upravlja veličinom i oblikom struktura
- MANA-Zahteva jako ravne površine prethodno podrobno očišćene.
- POSTUPAK-Fotolitografija počinje sa prethodno očišćenom Si podlogom (*substrate*), na koju se postavlja silicijum dioksid procesom oksidacije. Zatim se prevlači foto-osetljivim slojem-rezist (*resist*), a onda izlaže **UV** svetlosnim zracima, koji prolaze kroz **masku od stakla** sa željenom šarom. Tokom procesa razvijanja pod dejstvom određenog rastvora se razlažu ozračene zone kod pozitivnog rezista ili neozračene kod negativnog rezista. Na taj način se stvara šablon. Nakon toga, se šara prenesi nagrivanjem, što je i bio cilj. Rezist se kasnije uklanja dejstvom određenih hemikalija.



# MIKRO OBRADA I KARAKTERIZACIJA – MIKRO LITOGRAFIJA - 4

➤Maska (kvarcna ploča sa hromiranim šarom) je napravljena litografijom elektronskim zracima se koristi za ponavljajuće paterne na vaferima primenom optičkog sistema za umanjivanje snimka šare

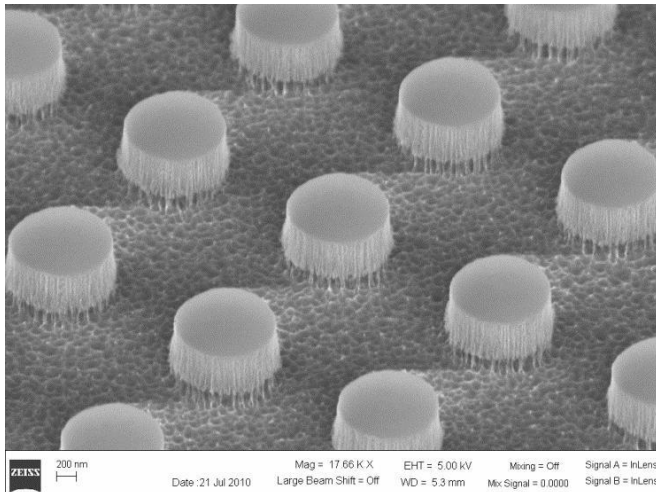
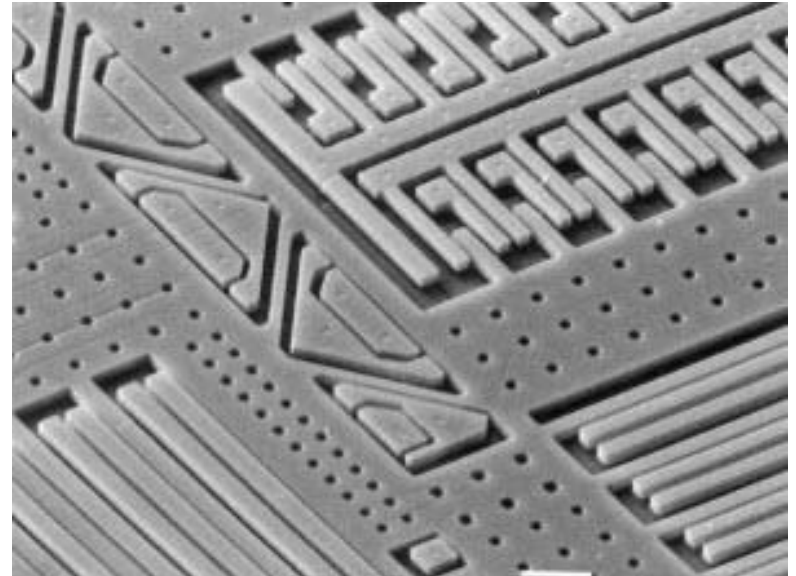


Light source

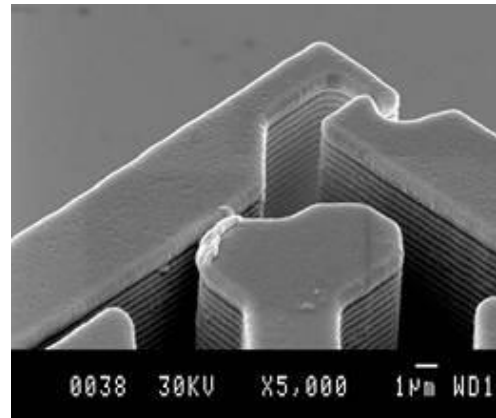
Mask

Lens to reduce image

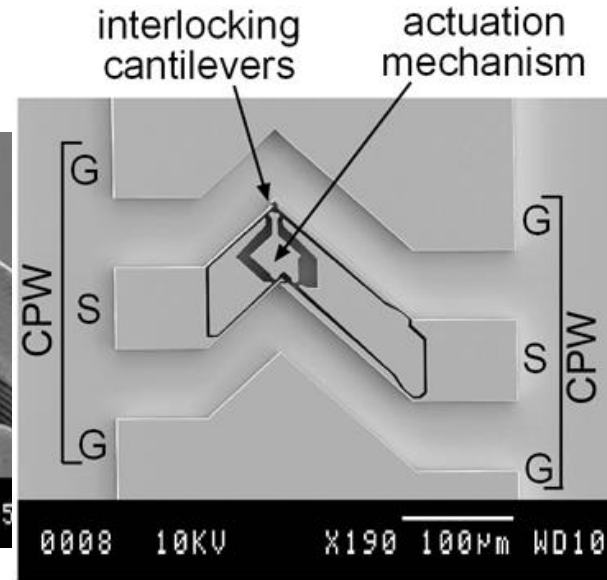
Die being exposed on wafer



ZEISS 200 nm  
Date: 21 Jul 2010  
Mag = 17.66 KX  
Large Beam Shift = Off  
EHT = 5.00 kV  
WD = 5.3 mm  
Mixing = Off  
Mix Signal = 0.0000  
Signal A = InLens  
Signal B = InLens

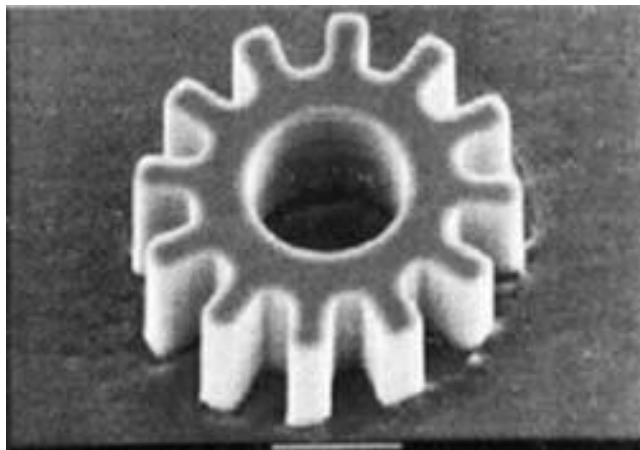


0038 30KV X5,000 1µm WD15

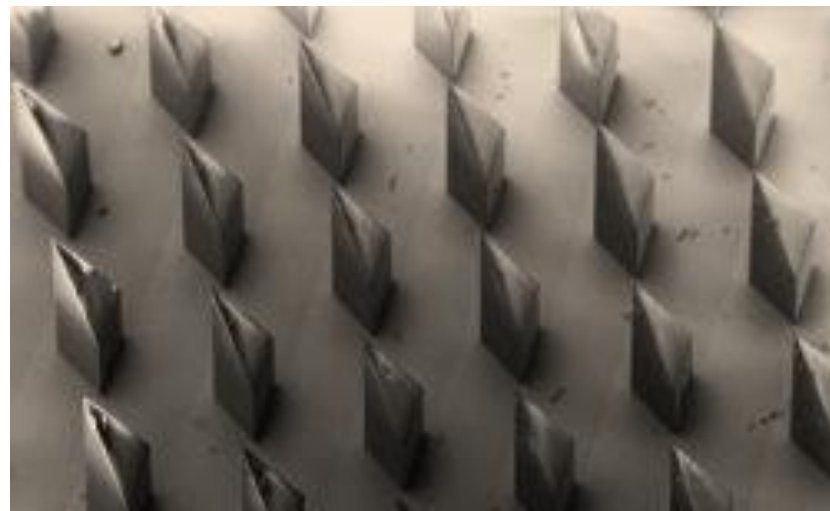


## Litografija X zracima

- To je projekciona litografska metoda slična fotolitografiji.
- POSTUPAK-Maska je izrađena od materijala koji selektivno apsorbuje ili propušta X-zrake. Izrađuje se hemijskim naparavanjem ili samo organizovanjem. Maska je od dijamanta, berilijuma, silicijuma, a sloj koji apsorbuje X-zrake je npr. od zlata. Masku je moguće koristiti više puta i izrađivati veliki broj kopija. Zaštitni sloj je na bazi ugljeničnog polimera koji prianja na Si podlogu. Nakon izlaganja zracima polimer postaje više rastvorljiv, te se uklanja upravo sa osvetljenih mesta. Osnovna podloga je od PMMA.
- PREDNOST-Rezolucija je bolja od fotolitografije jer je talasna dužina X zraka (0.1-1.0nm) manja od svetlosne.
- NEDOSTATAK -Skupa sinhronizacija zraka.



D=30 $\mu$ m



Mikroigle za kontrolisano doziranje lekova

## Lithographie Galvanoformung Adformung- LIGA

POSTUPAK-Litografija X-zracima, galvanizacija i kopiranje npr. kalup za pl.def.

PRIMENA-Izrada kalupa za dalju brzu i jeftiniju replikaciju

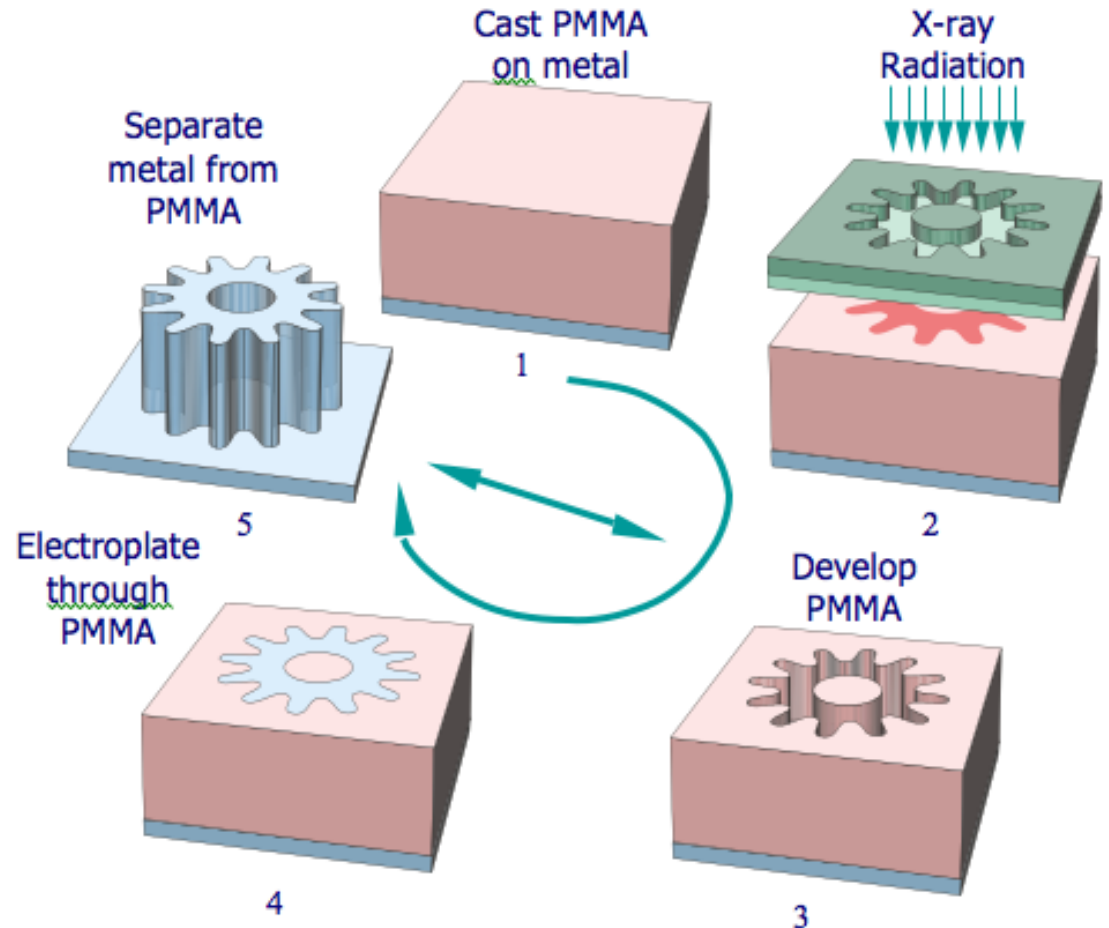
MATERIJALI – PMMA, polikarbonat, Ni, Cu, Au

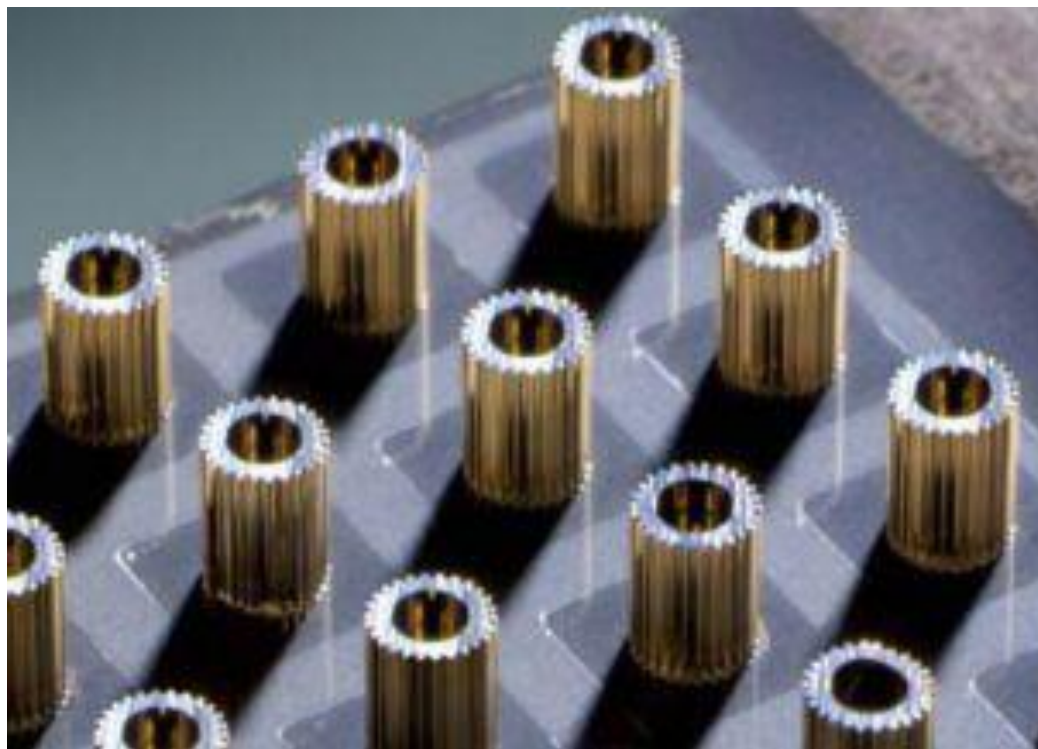
PREDNOSTI-Izrada visokih struktura

MANE-Spor proces

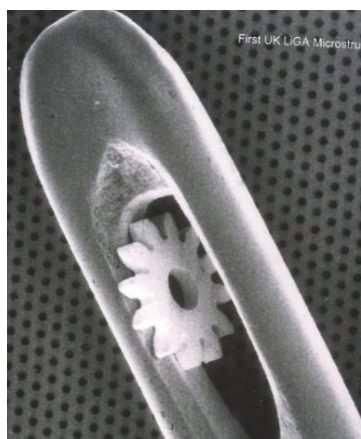
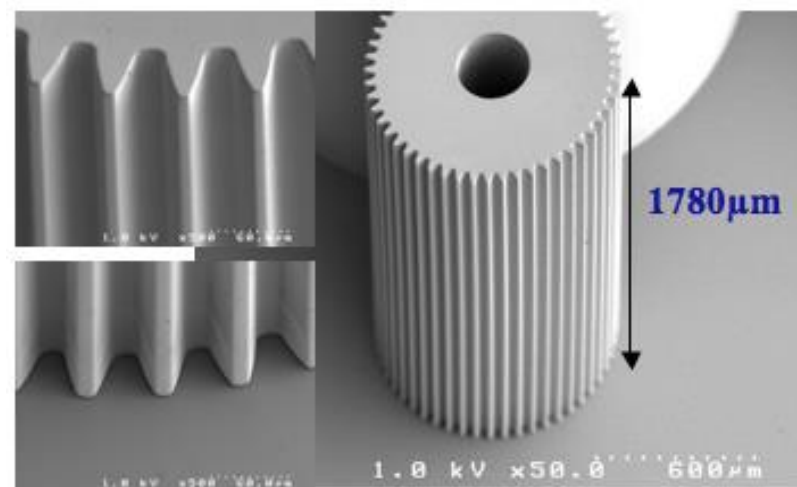
Strukture su:

- Bilo kod oblika koji se ne menja po dužini
- Visina struktura iznad 1 mm
- Najmanja dimenzija u poprečnom preseku može biti i do  $0.2 \mu\text{m}$
- Odnos strukture i detalja je od 50 do 500
- Kvalitet površine je u submikronskom području Ra je i do 30 nm.





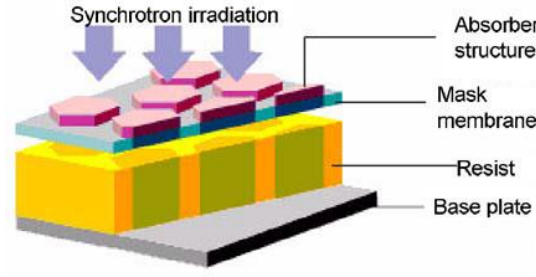
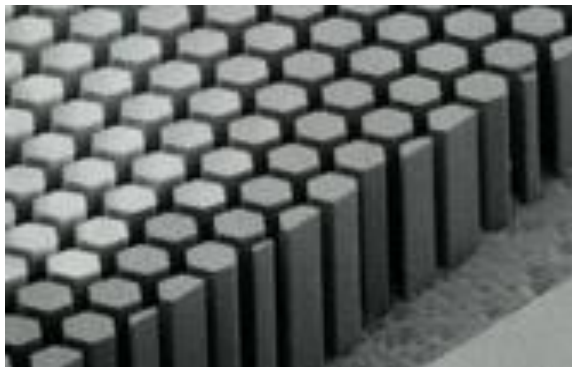
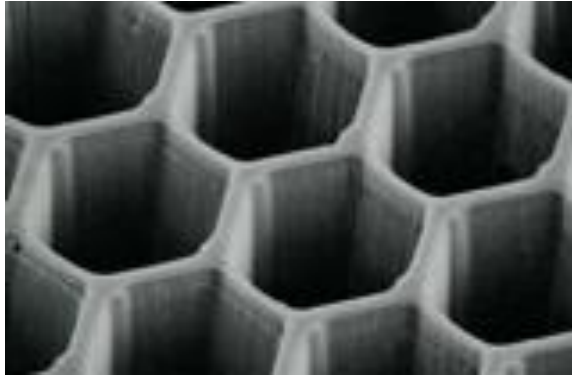
Mikrostrukture od Ni, NiCo, Au sa detaljima manjim od  $1\mu\text{m}$  i visine od 100 do  $2000\mu\text{m}$ .



Strukture su:

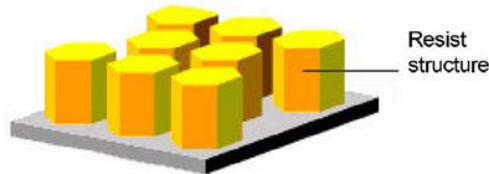
- Odnosa visine i dužine 100:1
- Paralelnih bočnih strana pod uglom od  $89.95^\circ$  u odnosu na podlogu
- Glatkih strana kvaliteta obrađenih površina od  $R_a = 10\text{ nm}$
- Visine od  $10\mu\text{m}$  do nekoliko mm

Strukture od metala se koriste u procesima plastičnog oblikovanja. Šupljine mogu biti kalupi sa toplo utiskivanje ili inj. brizganje, a pune strukture umeci ili alati za utiskivanje.



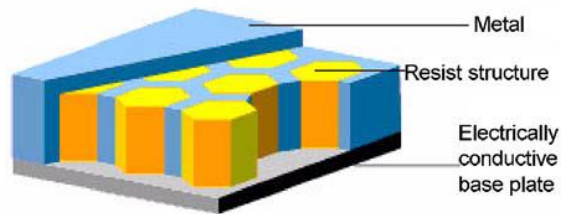
(a)

### 2. Development

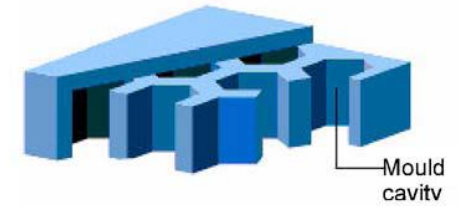


(b)

### 3. Electroforming

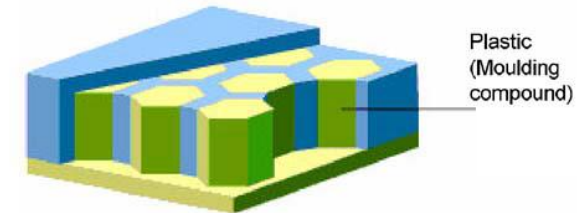


(c)



(d)

### 5. Mould filling



(e)

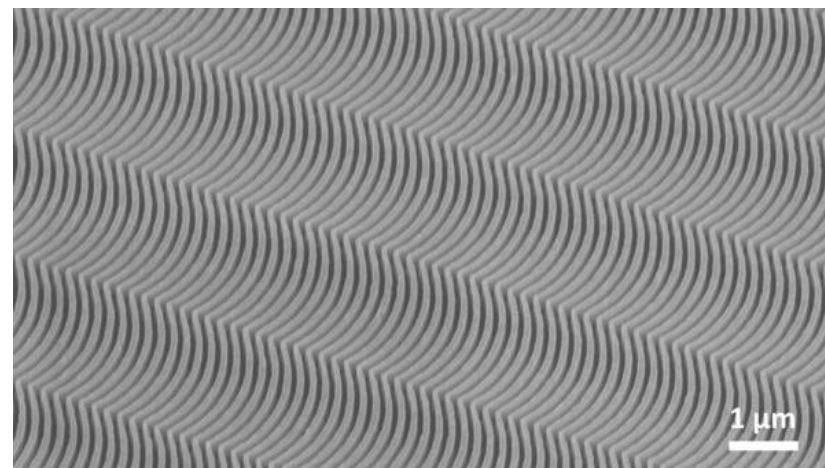
### 6. Mould release



(f)

## Litografija elektronskim zracima

- PREDNOST-Litografija bez maske i njome se mogu izraditi matrične strukture koje se ponavljaju na desetak nm.
- PRIMENA-Maske za ostale procese litografije i utiskivači za proces litografije nano utiskivanjem se izrađuju ovom metodom.
- MANA-Spor i skup proces sa problemom rastera

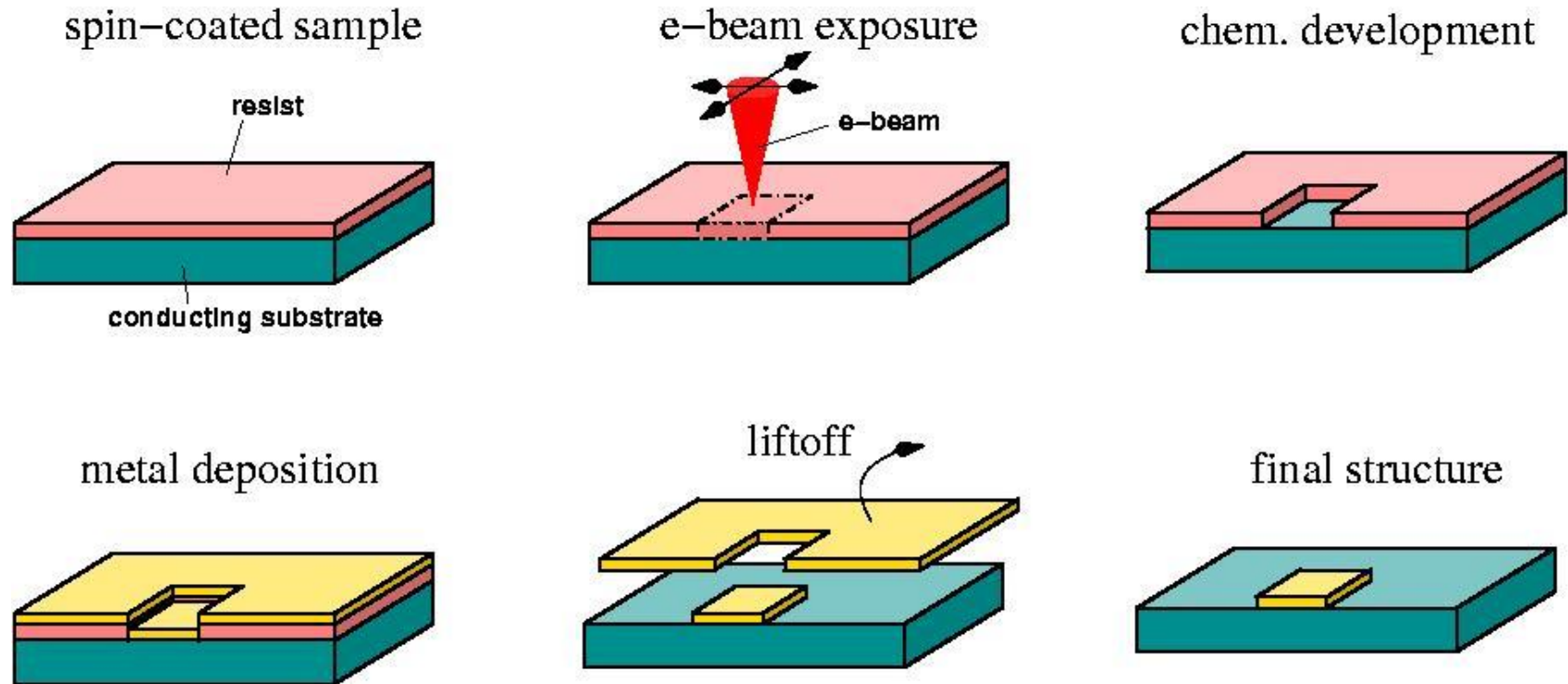


150 nm široke nanostrukture na 500 nm debeloj silikonskoj membrani

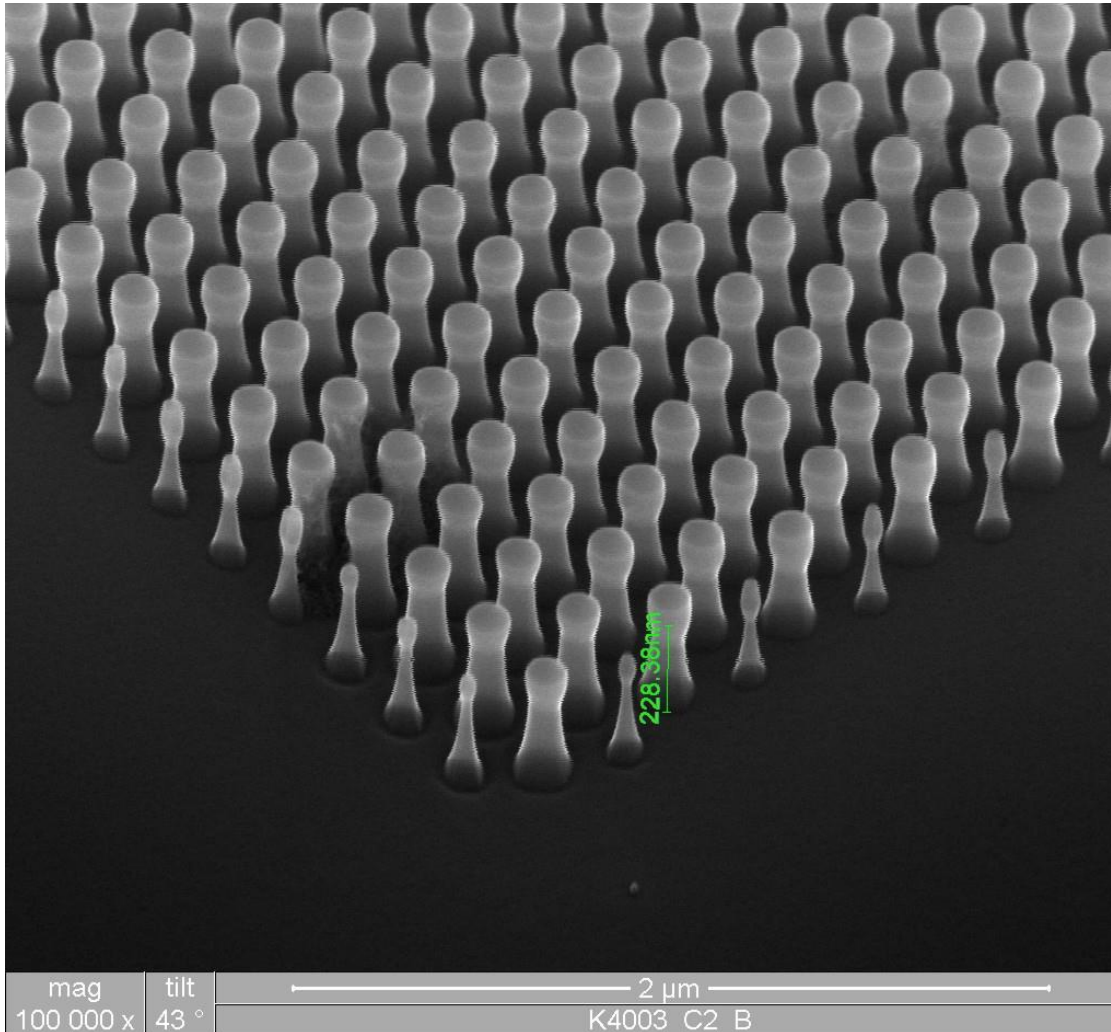
Sistem se sastoji od izvora elektronskog zraka ( $W/ZrO_2$ ), sistema sočiva, sistema za skretanje zraka koji omogućava “pisanje u polju”, pokretne platforme sa interferometrom čime se greška smanjuje do ispod 20nm i računara sa softverom

# MIKRO OBRADA I KARAKTERIZACIJA – MIKRO LITOGRAFIJA - 10

POSTUPAK-Proces počinje ravnom podlogom najčešće od indijum-kalaj-oksida. Podloga se prevlači elektron osetljivom prevlakom od PMMA debljine 100 nm. Nakon ozračivanja, tj. “pisanja e-zrakom”, makromolekuli PMMA menjaju svojstvo rastvorljivosti. Nakon dejstva hemikalije ozračen deo se uklanja i tako nastaje šablon za proces nanošenja izabranog materijala neparavanjem. Nakon uklanjanja zaštitnog sloja ostaje željena struktura.



Oči nekih noćnih moljaca su prekrivene stubićima koji imaju antirefleksnu ulogu. Matrica nanometarskih stubića je izrađena litografijom elektronskim zracima.



|   |  |
|---|--|
| 1. Spin on e-beam resist.                                     |  |
| 2. E-beam exposure and development.                           |  |
| 3. Dry silicon etch.  |  |
| 4. Resist strip.  |  |
| 5. Dry oxidation for damage removal and smoothing of profile. |  |
| 6. Oxide strip  |  |

mag  
100 000 x

tilt  
43 °

2 μm

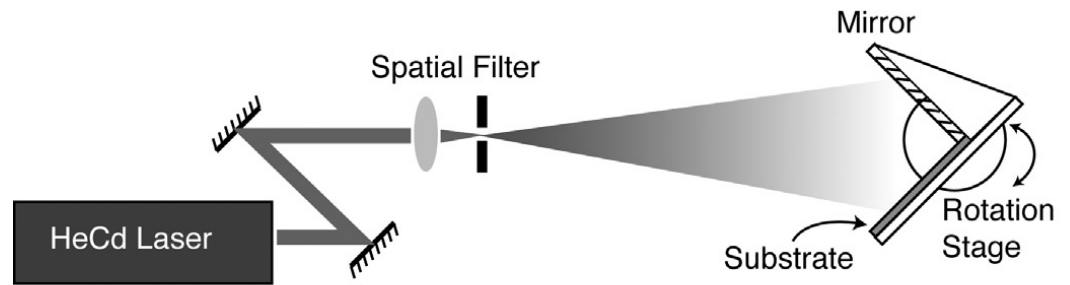
K4003\_C2\_B

## Litografija interferencijom

•POSTUPAK-Proces se bazira na interferenciji dva koherentna zraka čime se dobija stojeći talas koji ozračuje zaštitni sloj. Periodičnost nanostruktura odgovara polovini talasne dužine interferencirajućih zraka, te se 100nm dobija UV zračenjem, a 30-40nm laserskim zračenjem

•PREDNOSTI:Ne koristi se maska, nije skup proces, jednim prolazom se dobija kompletna struktura

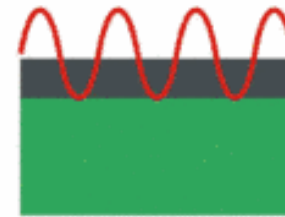
•Metod kojim se izrađuju periodični šabloni ravnomerno raspoređeni na velikoj površini (do 1m<sup>2</sup>). Primitivi mogu biti kružnog, kvadratnog ili šestougaoanog poprečnog preseka (2, 4, 3 zraka



1) Spin Coating



2) Exposure



3) Development



4) Metal Evaporation



5) Lift Off



6) Metal-assisted Etching

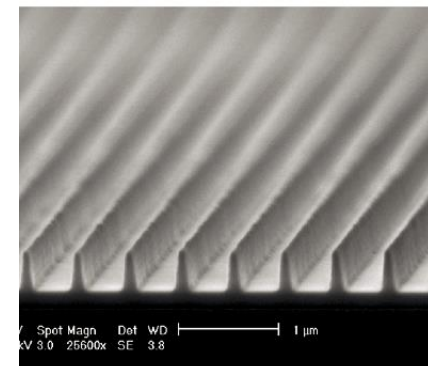
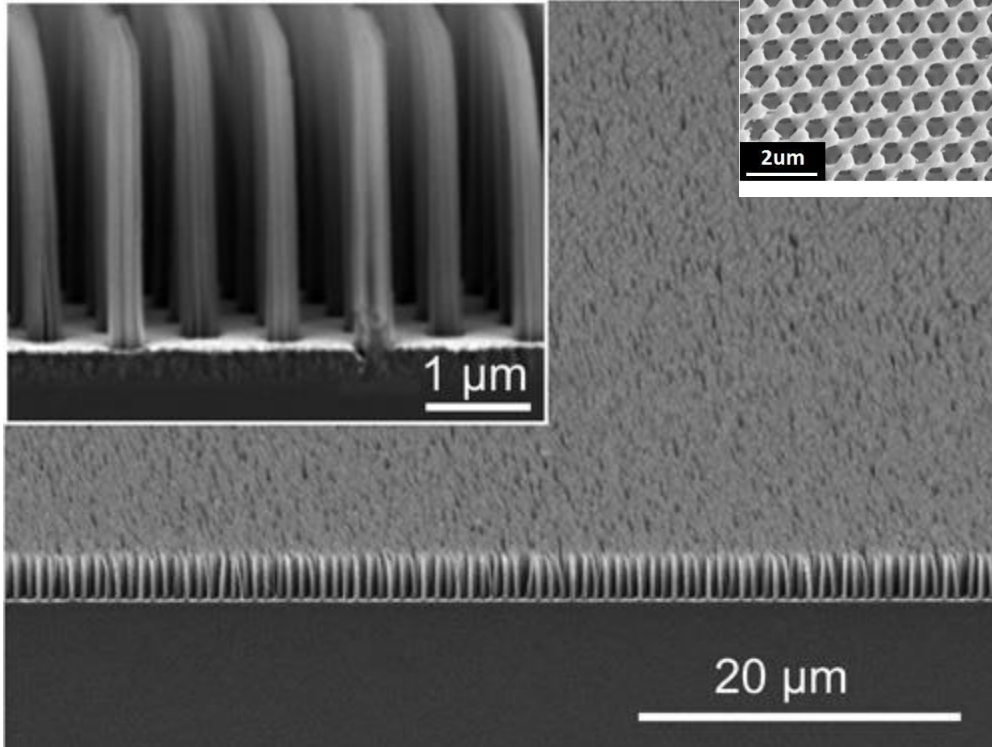
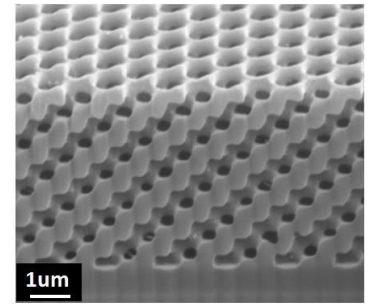
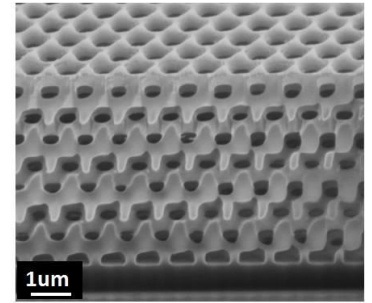
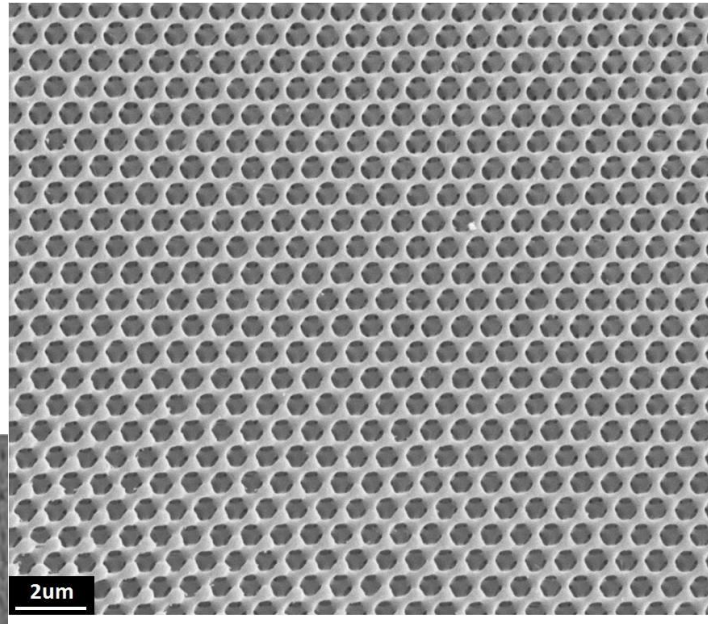
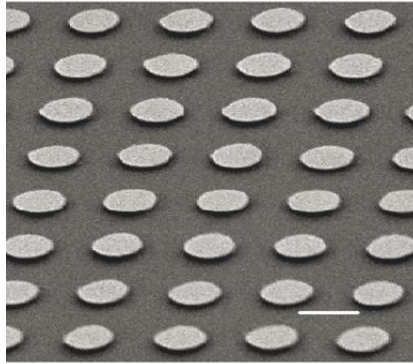


Photo Resist

Silicon

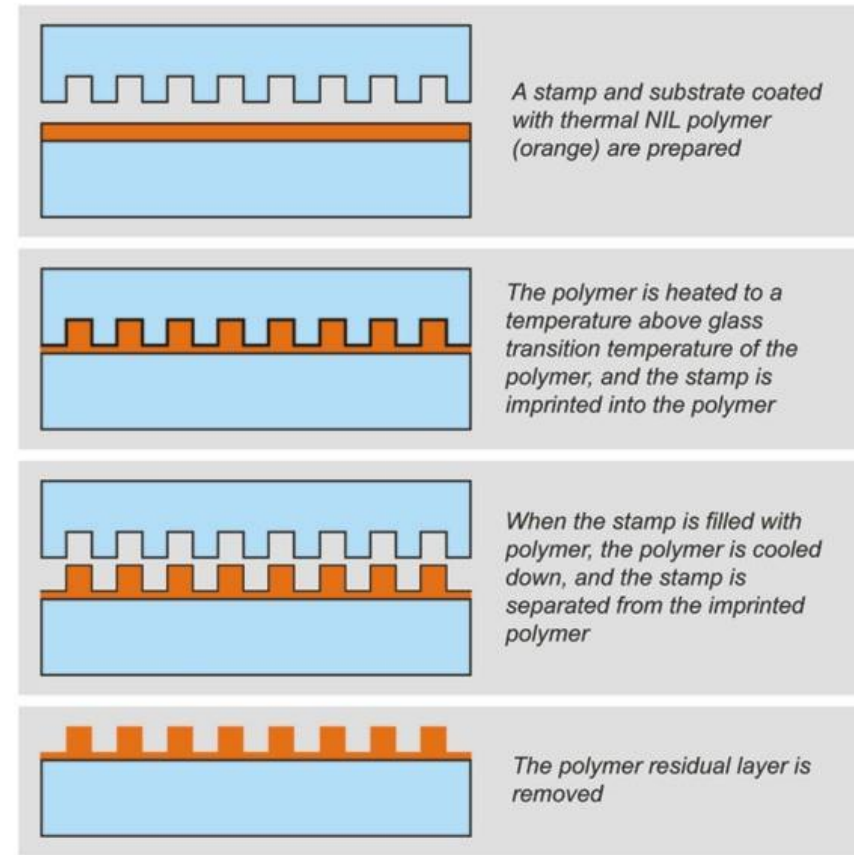
Metal

# MIKRO OBRADA I KARAKTERIZACIJA – MIKRO LITOGRAFIJA - 13



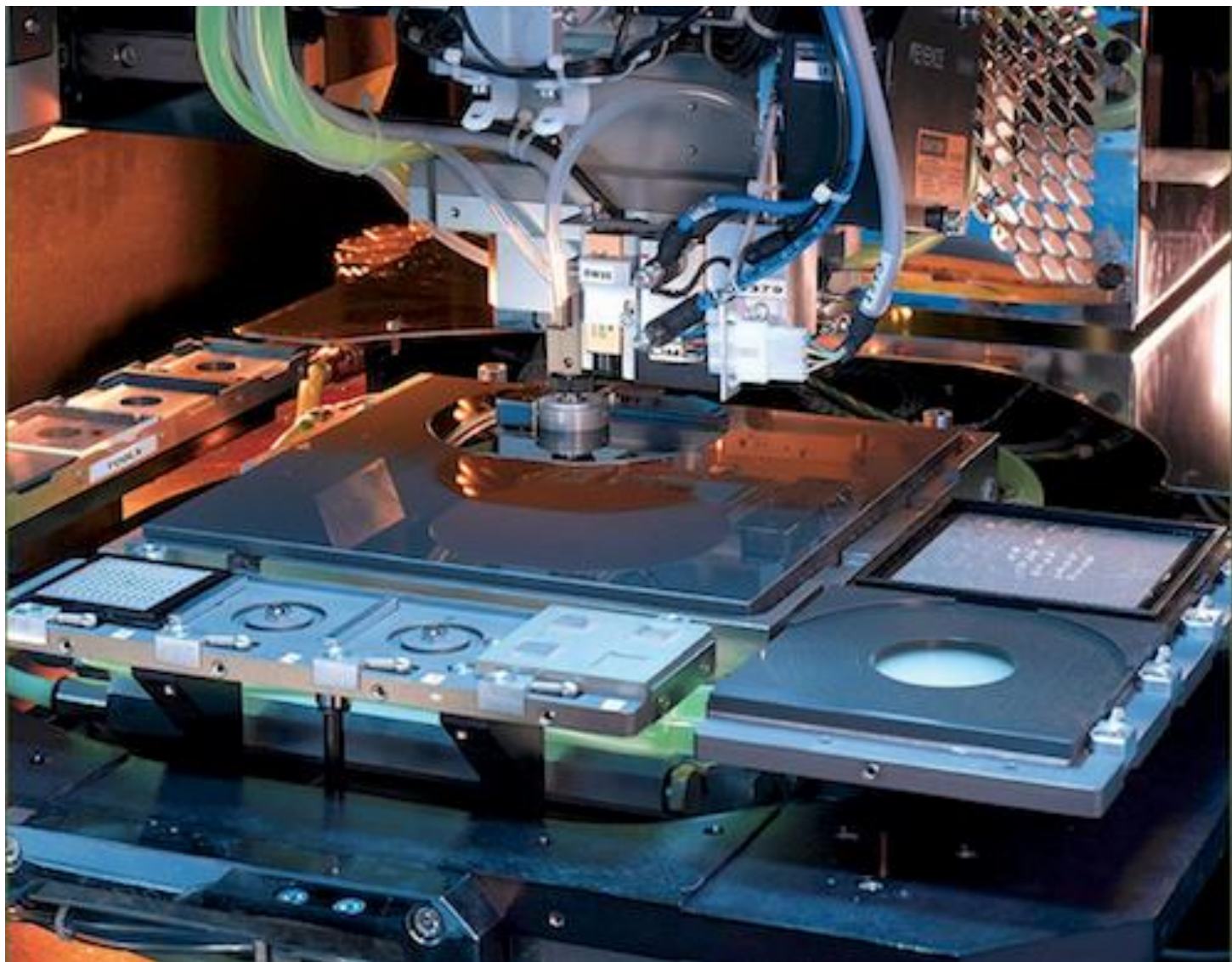
## Litografija mikro utiskivanjem

- POSTUPAK-Podrazumeva utiskivanje šablona koji se nalazi na utiskivaču u termoplastičan materijal koji je zagrejan iznad temperature ostakljivanja. Pritisak se tokom procesa ostvaruje dok u potpunosti termoplastičan materijal ne ispuni šupljine. Nakon hlađenja se utiskivač odvaja i termoplastični materijal se izlaže dodatnoj obradi kojom se uklanja sloj sa zaostalim naponima.
- MANA-Utiskivači su od silicijuma i šablon na njima je generisan nagrizanjem ili litografijom elektonskim zrakom. To je skupi deo procesa.
- PREDNOST-Sam proces utiskivanja nije skup i predstavlja brz način generisanja nano struktura na velikim površinama sekvencionalnim ponavljanjem šeme.
- PRIMENA-Može koristiti i princip valjanja sa metalnim valjcima kao utiskivačima ili providnim utiskivačima kod UV utiskivanja.



## UV litografija nano utiskivanjem

utiskivači se prave providni da bi se nakon utiskivanja ozračili UV zracima i tako ispravile greške u površinskom sloju pre uklanjanja utiskivača.



## LITERATURA

<http://gmwgroup.harvard.edu/research/>

<http://www.memsnet.org/mems/fabrication.html>

[http://www.nature.com/nature/journal/v448/n7151/fig\\_tab/nature05968\\_F1.html](http://www.nature.com/nature/journal/v448/n7151/fig_tab/nature05968_F1.html)