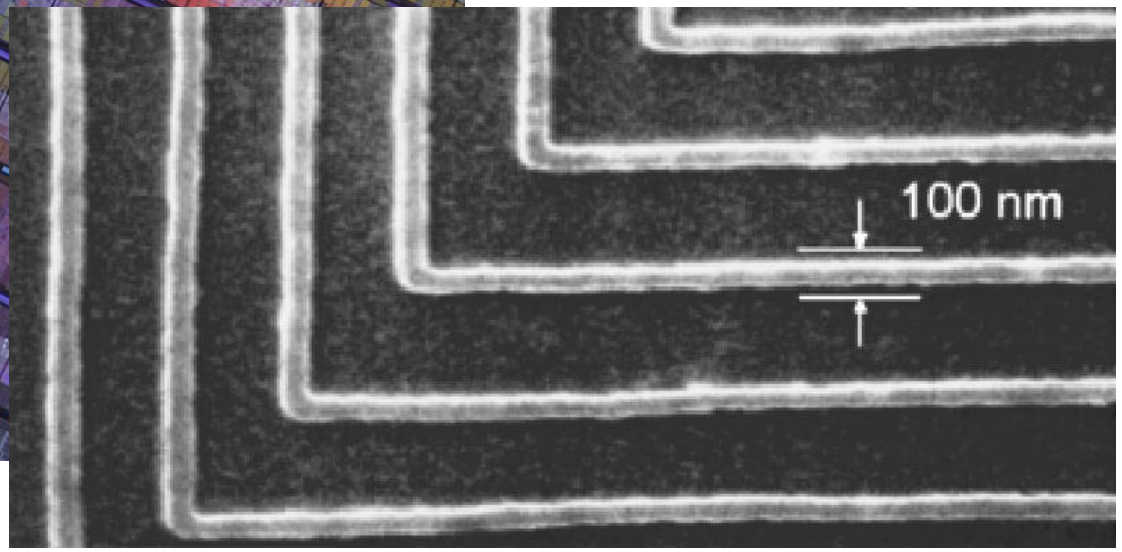
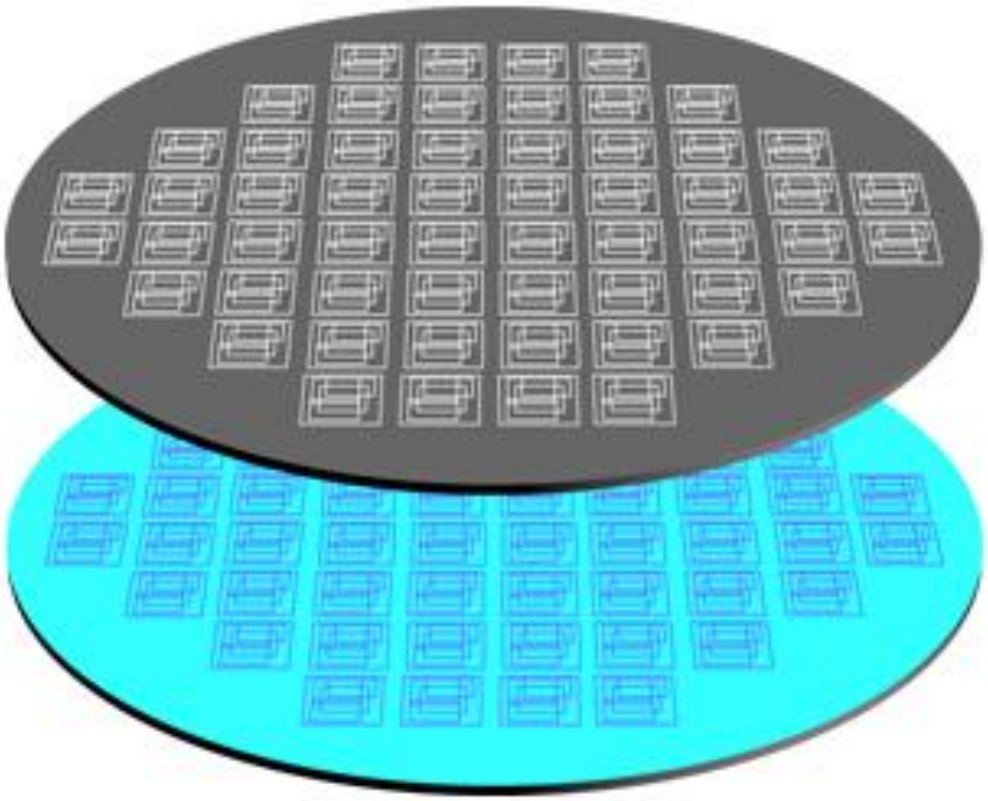
фотолітографія





маска

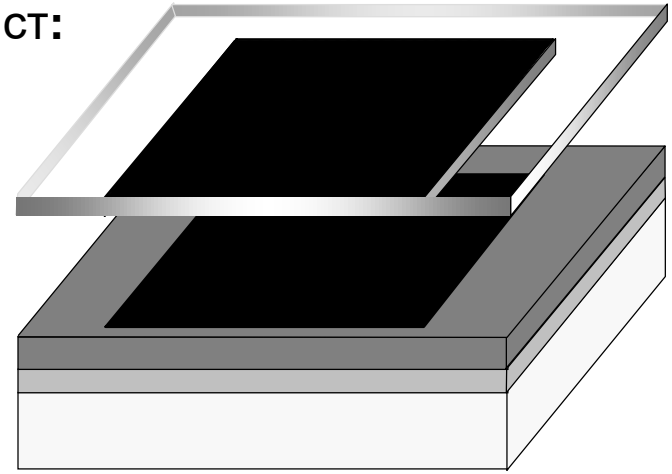
фоторезист

підкладка

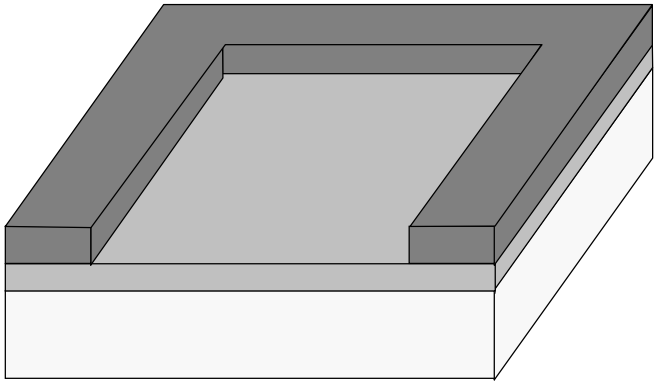
- перенесення зображення
- утворення тимчасового захисного матеріалу

негативний фоторезист:

розчинність полімеру зменшується

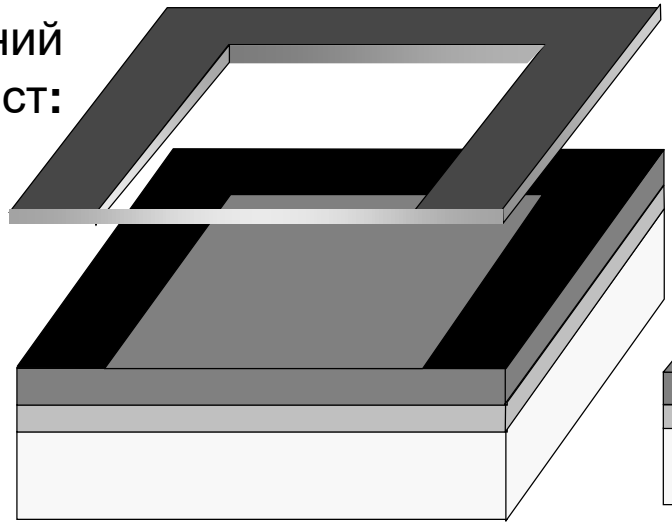


зворотнє зображення

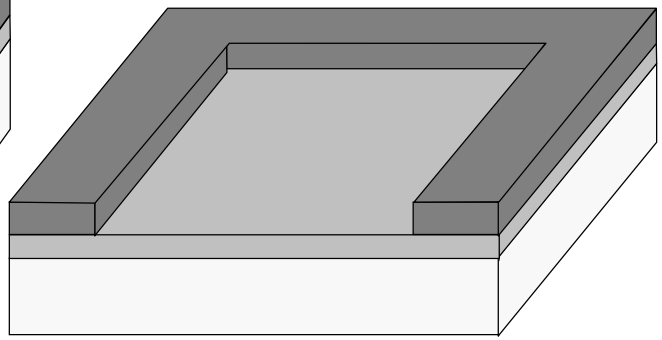


позитивний фоторезист:

розчинність полімеру зростає



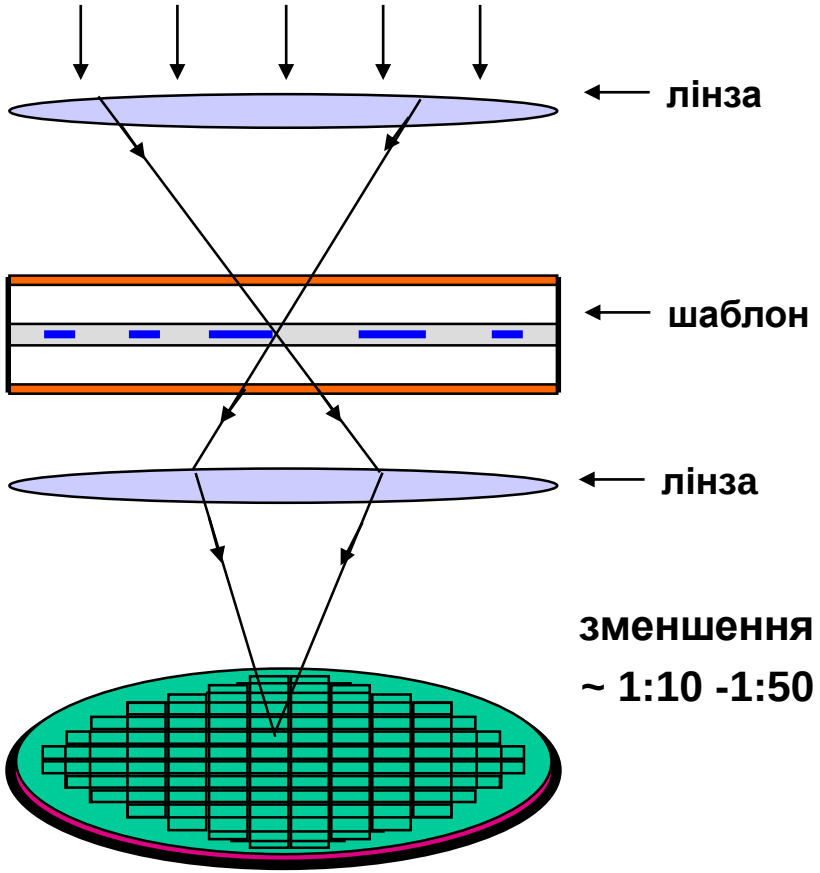
пряме зображення

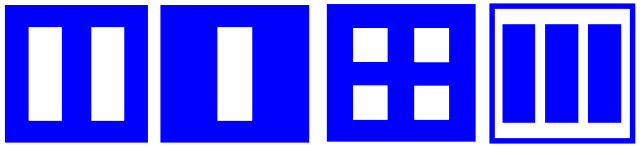


проекція окремого поля

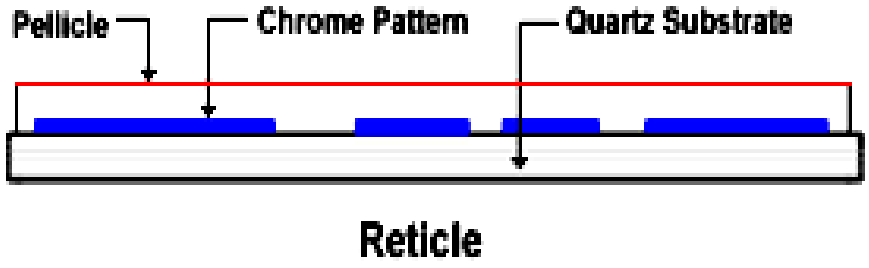
stepper

~ 50 підкладок/год



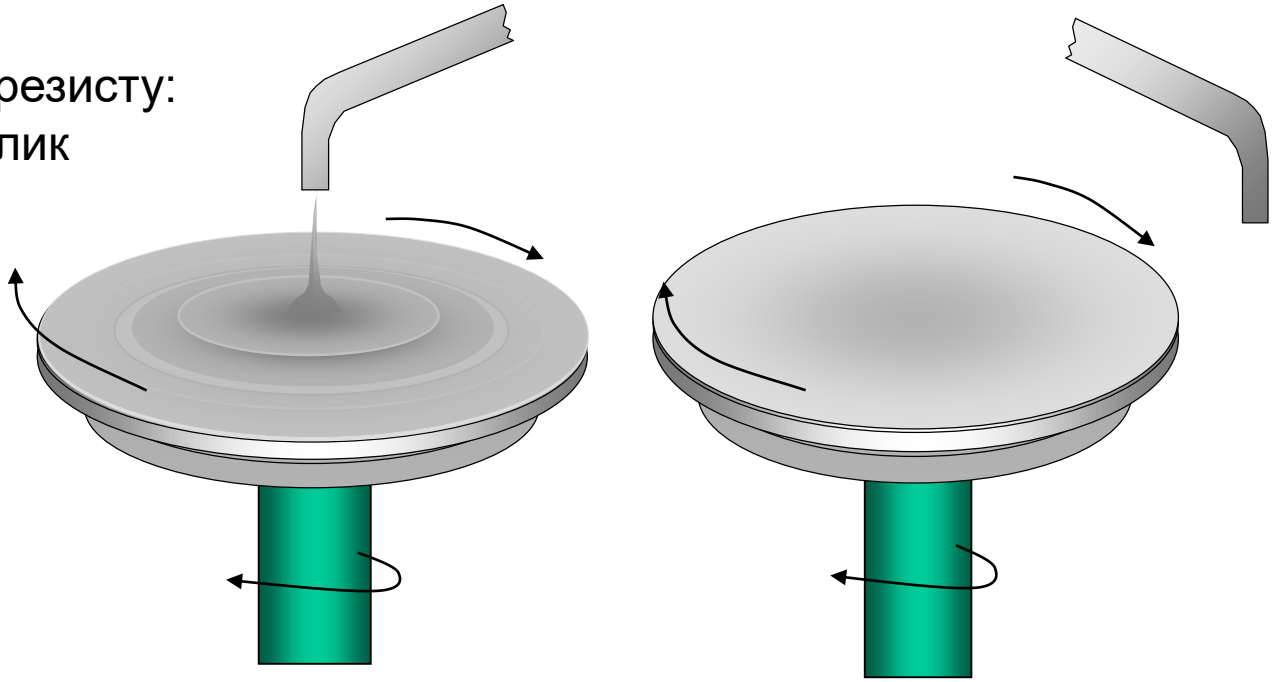


набір шаблонів для транзистора



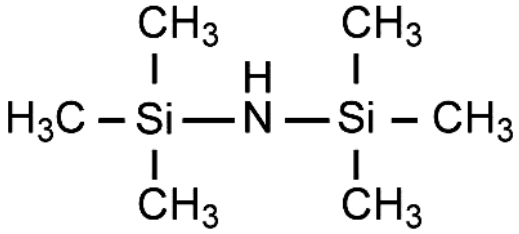
накладання фоторезисту:

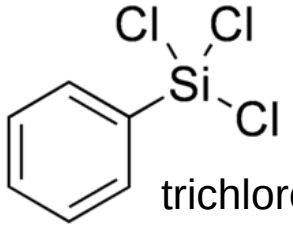
- вакуумний столик
- поливання
- 500 rpm
- 4000 rpm



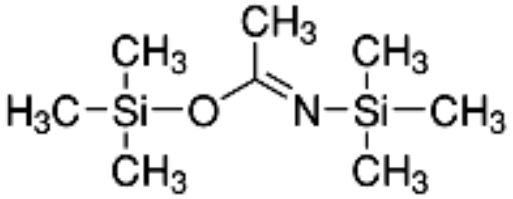
промотори адгезії:

1,1,1,3,3,3-hexamethyldisilazane (HMDS)





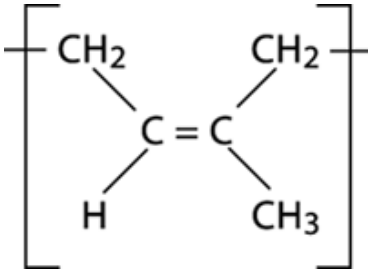
trichlorophenylsilane



bis(trimethylsilyl)acetamide (BSA)

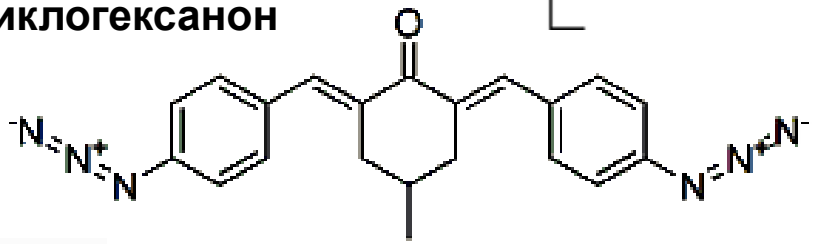
негативний фоторезист:

поліізопрен

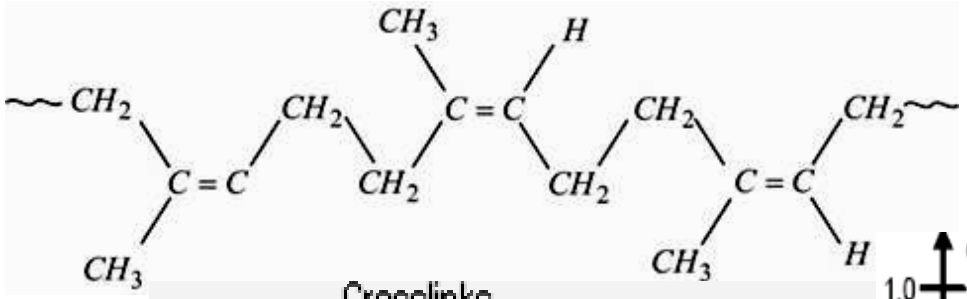


фотосенсибілізатор:

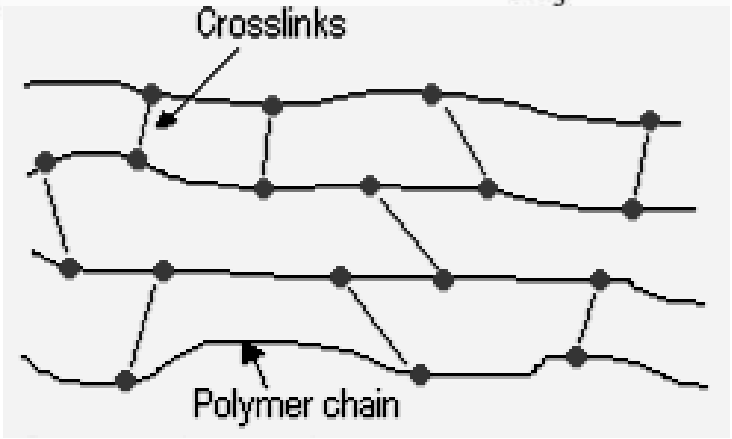
2,6-біс(4-азидобензаль)-4-метилциклогексанон

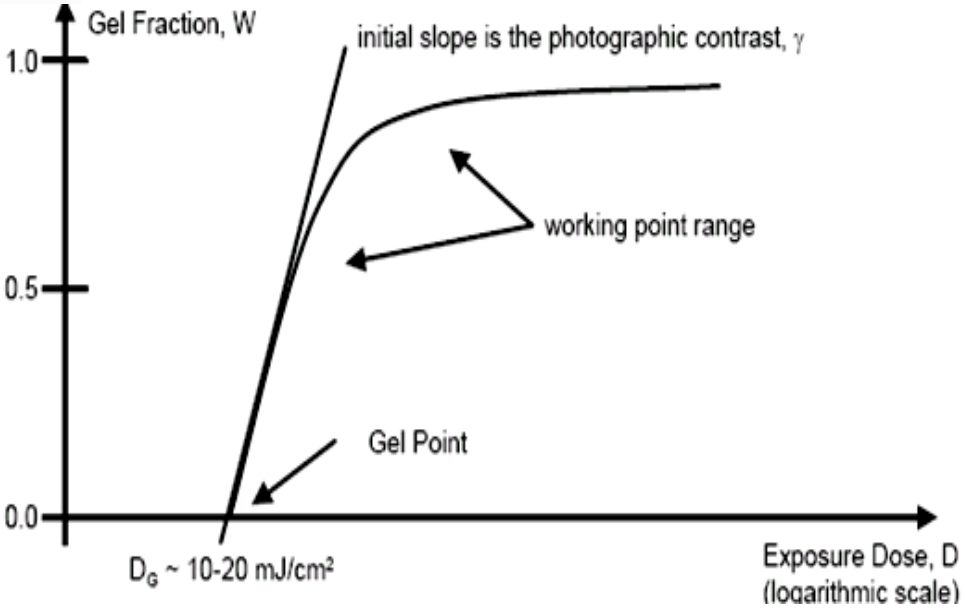


нітрильні бірадикали = ініціатори зшивання



- висока адгезія
- висока фоточутливість
- роздільна здатність ~3 мкм

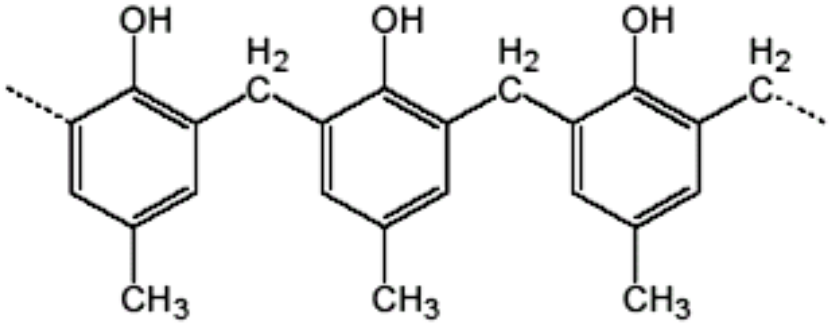




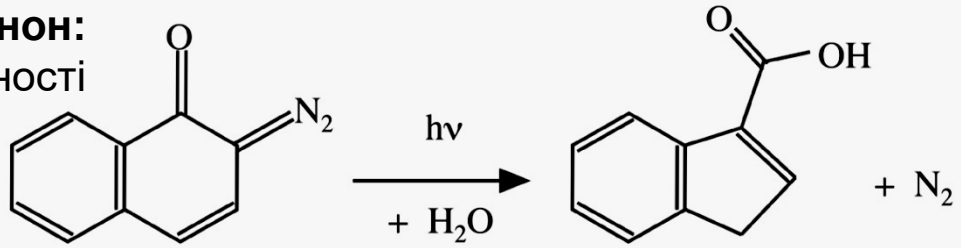
вада – набухання полімеру

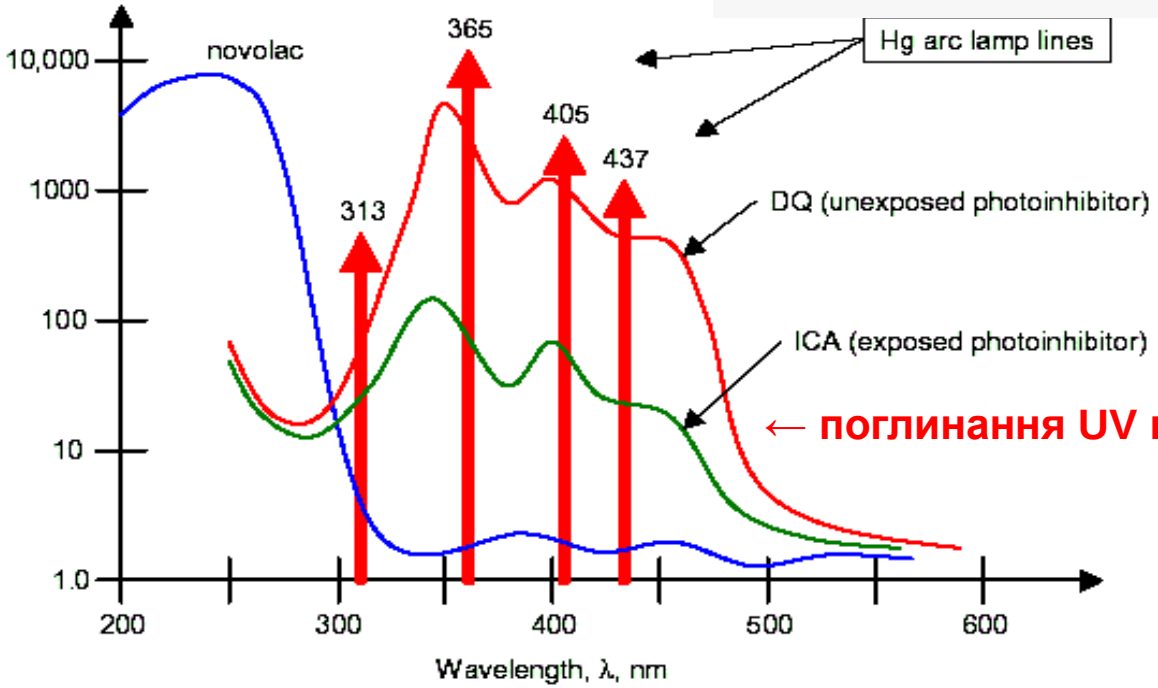
позитивний фоторезист:

крезол-формальдегідний олігомер
1000 - 3000 г/моль
+ ксилол, етилацетат



діазонафтохінон:
фоточутливий інгібітор розчинності

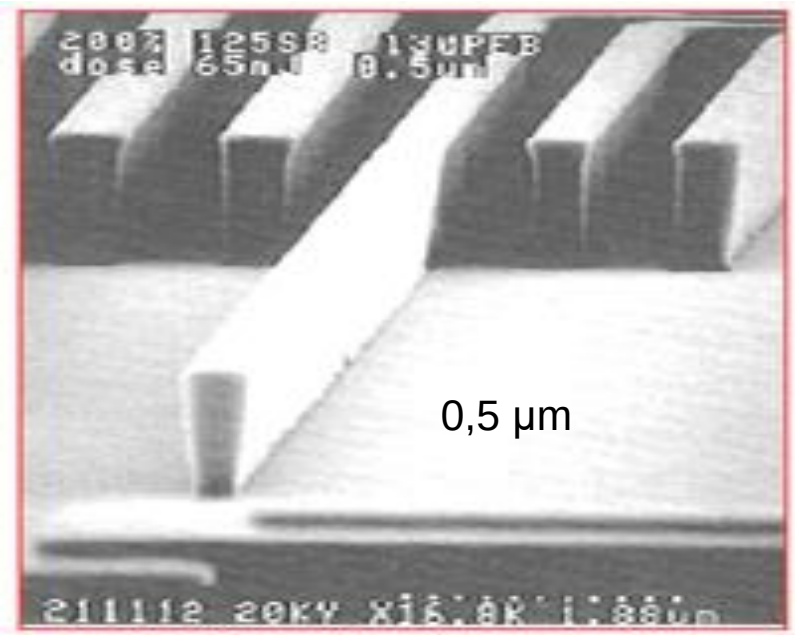


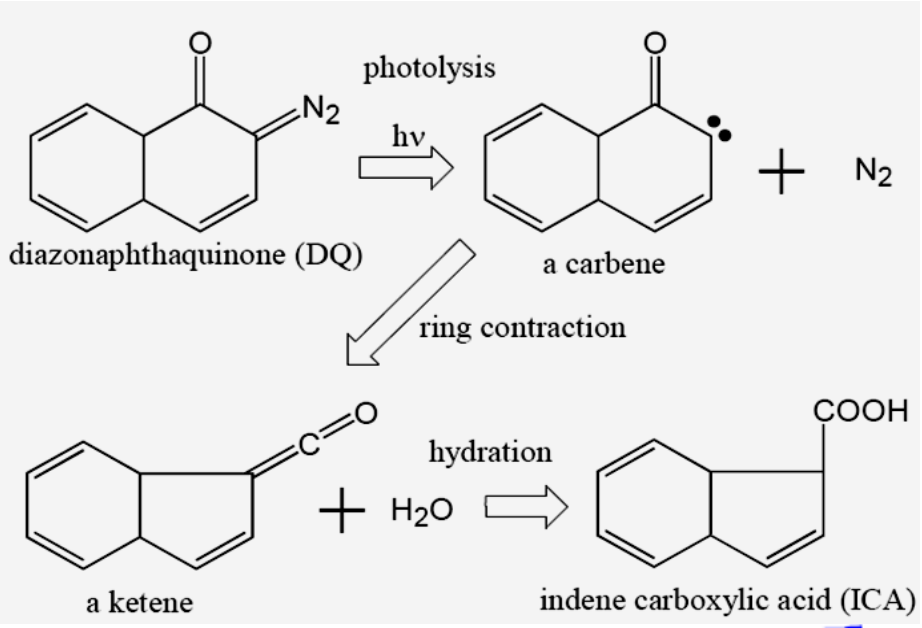


проявлення –
лужний водний розчин
(~0,15 M KOH)

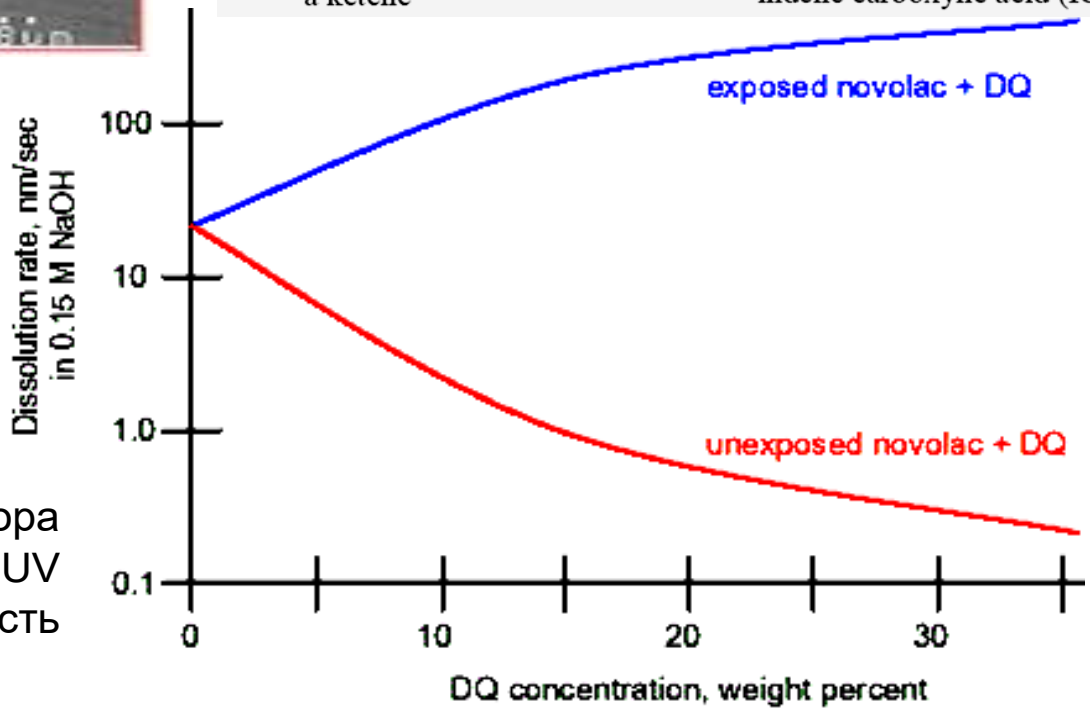
← поглинання UV відповідне до лампи Hg

ароматичний олігомер
стійкий до плазми



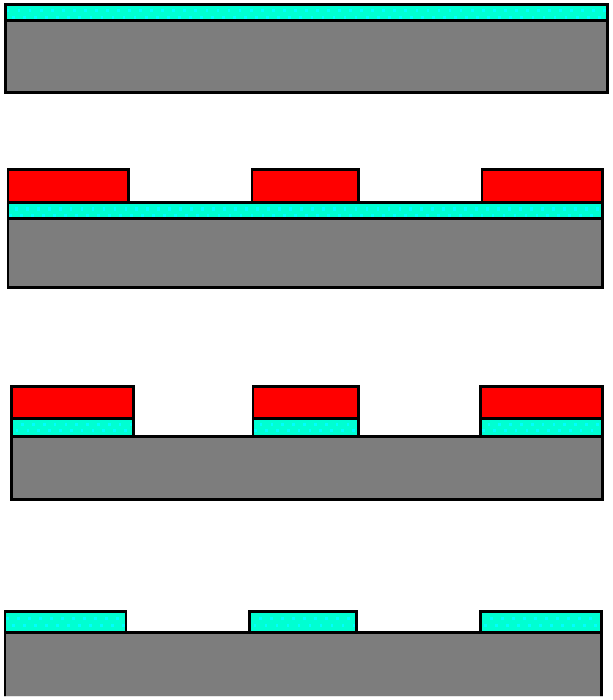


відсутність набрякання →
висока роздільна здатність



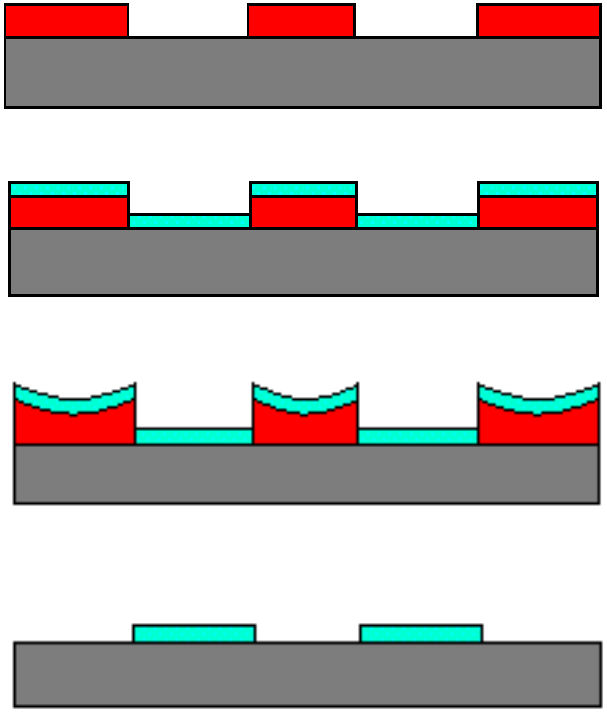
високий вміст сенсибілізатора
→ велика доза UV
→ низька фотоефективність

etch back

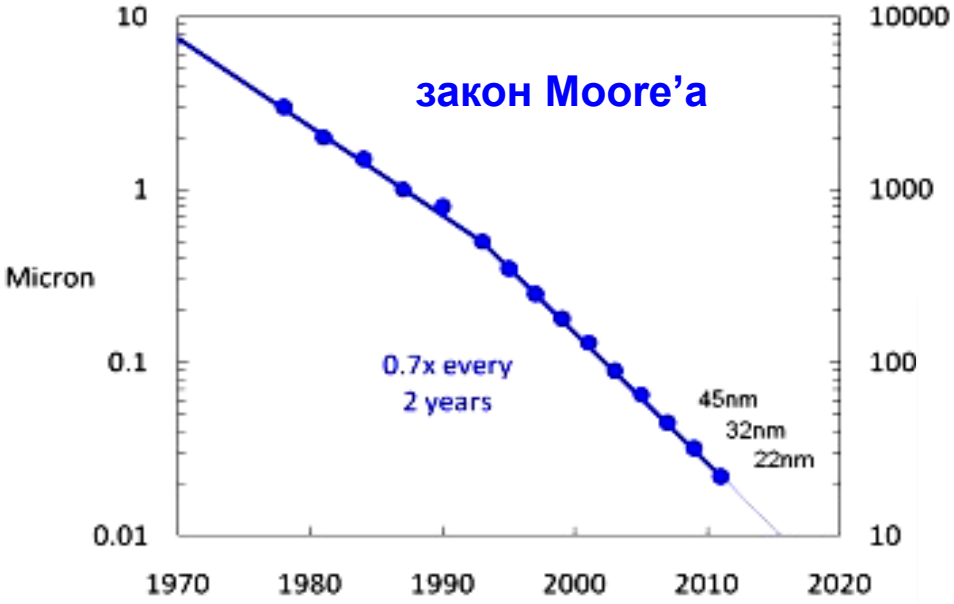


травлення **шару Al**
у вікнах **фоторезисту**

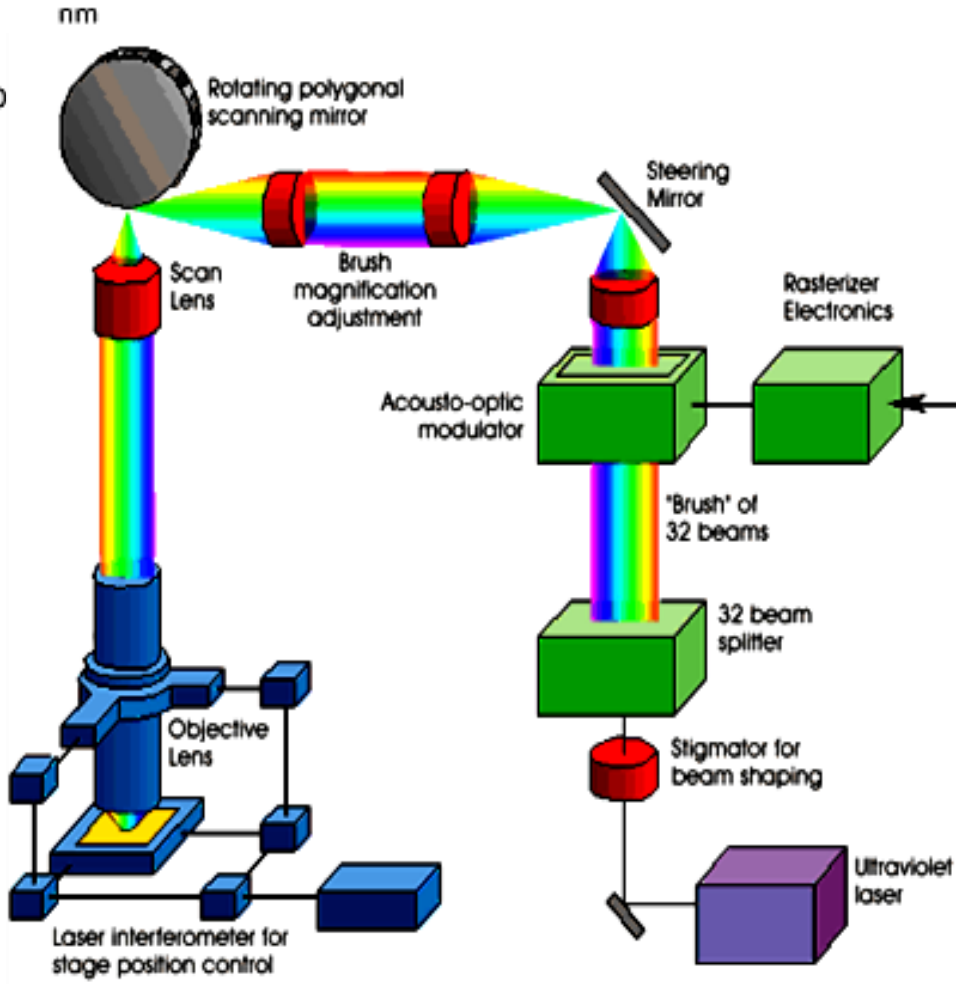
lift-off



фоторезист набрякає →
усуває **шар Al**



джерела випромінювання UV:
- лампа Hg
- **ексимерний лазер**

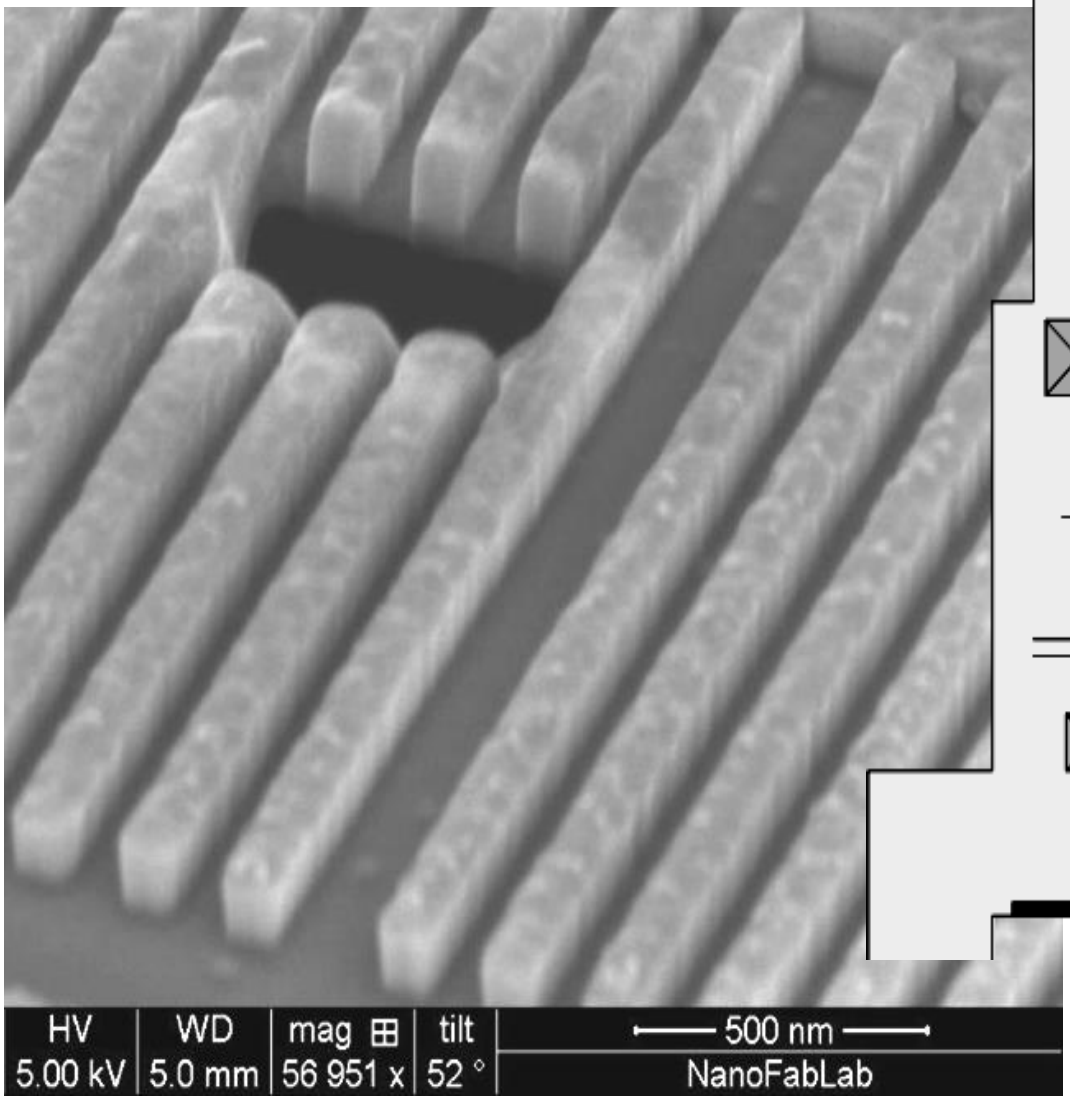


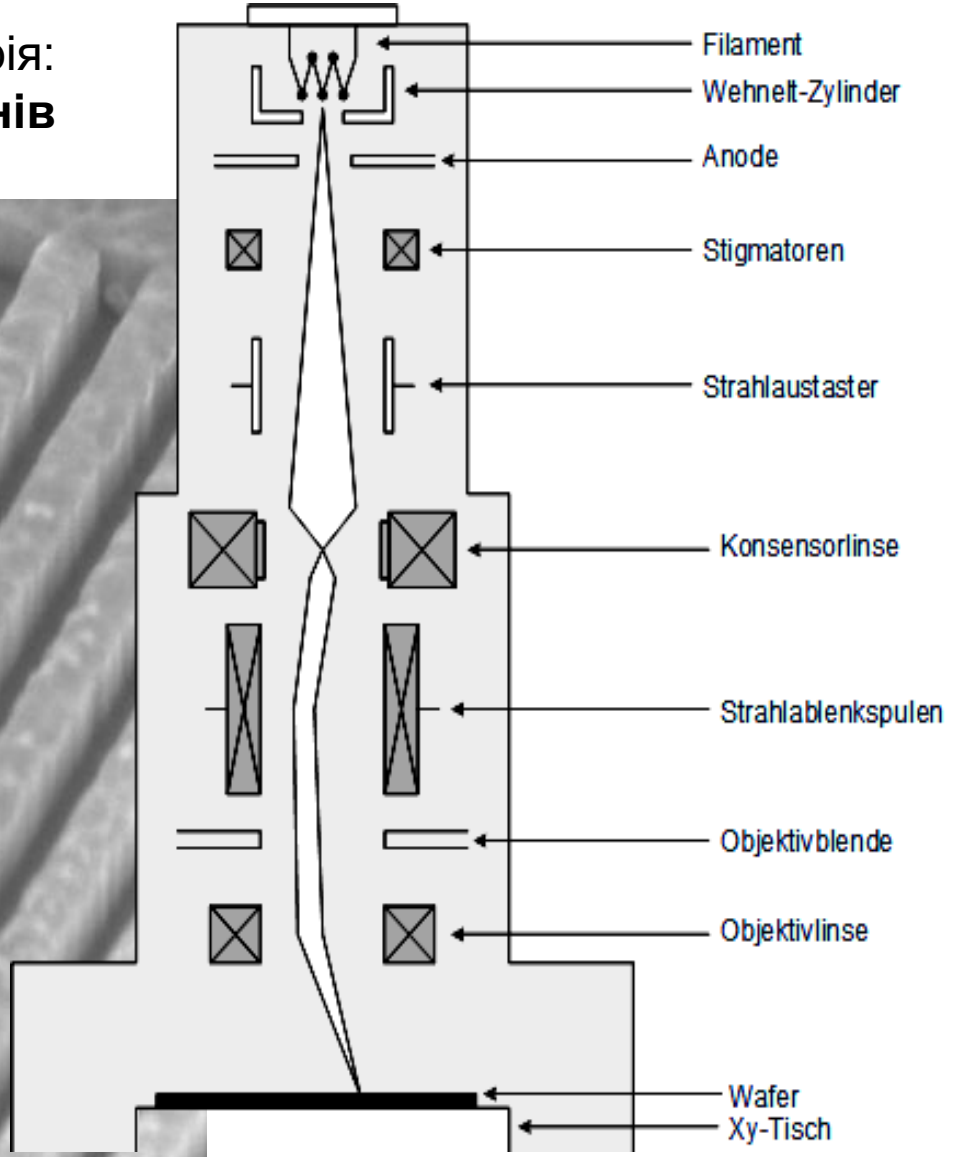
зменшення розмірів елементівї потребує зменшення довжини хвилі

h-лінія Hg	405 nm	
i-лінія Hg	365 nm	
KrF лазер	248 nm	500 J/s
ArF лазер	193 nm	80 J/s
F_2 лазер	157 nm	0,06 J/s

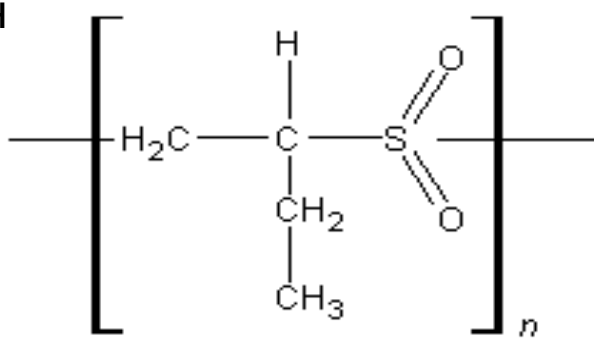
$$Kr + NF3 + h\nu \rightarrow KrF + h\nu$$

пост-оптична літографія:
струмінь електронів/іонів





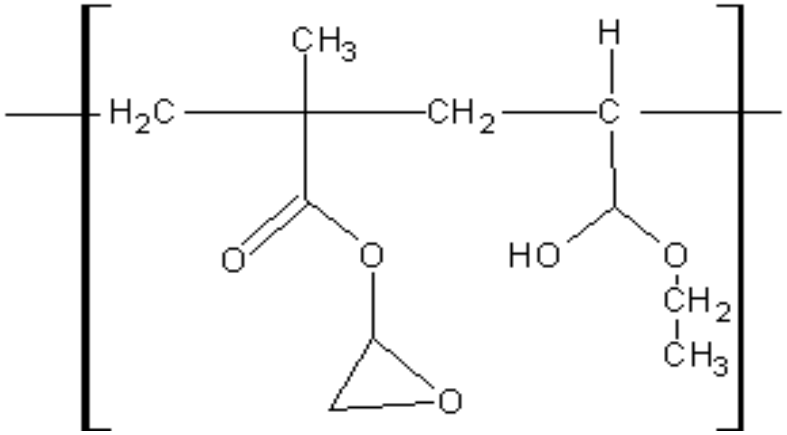
позитивний фоторезист:
полібутен-1-сульфон



струмінь електронів
→ розривання макромолекул
→ розчинні олігомери

негативний фоторезист:
кополімер гліцидилметакрилату і етилакрилату

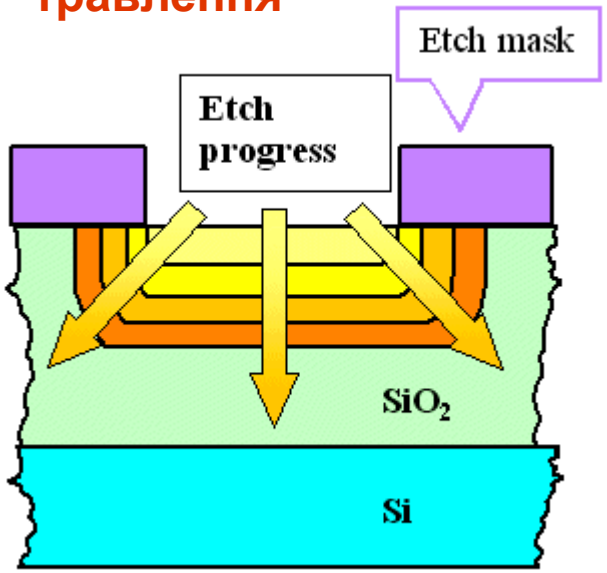
аніонна полімеризація
гліцидилових груп →
зшивання макромолекул

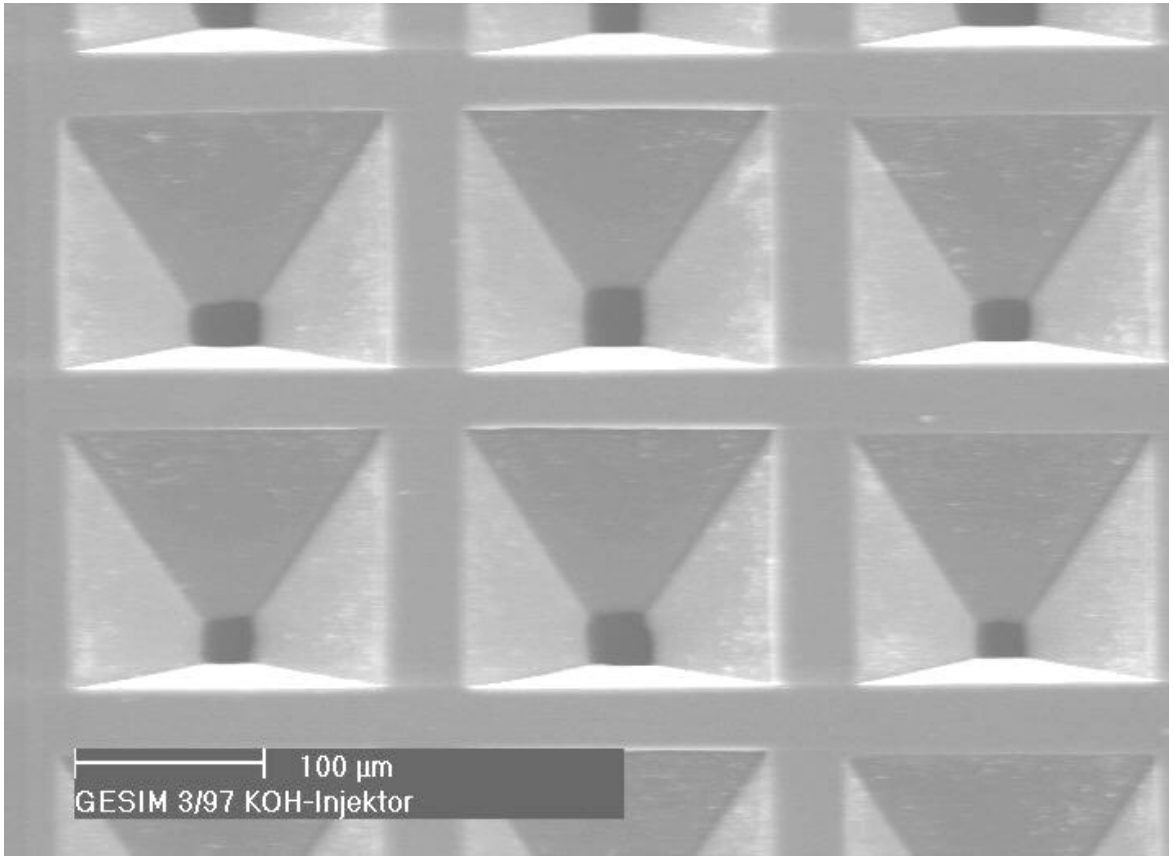


мокре травлення:

SiO_2	$HF + NH_4F$
Si полі	$HF + HNO_3 / H_2O_2$
Al:	$H_3PO_4 + HNO_3 + CH_3COOH + H_2O$ (80+5+5+10%)
Si_3N_4:	H_3PO_4

ізотропне травлення

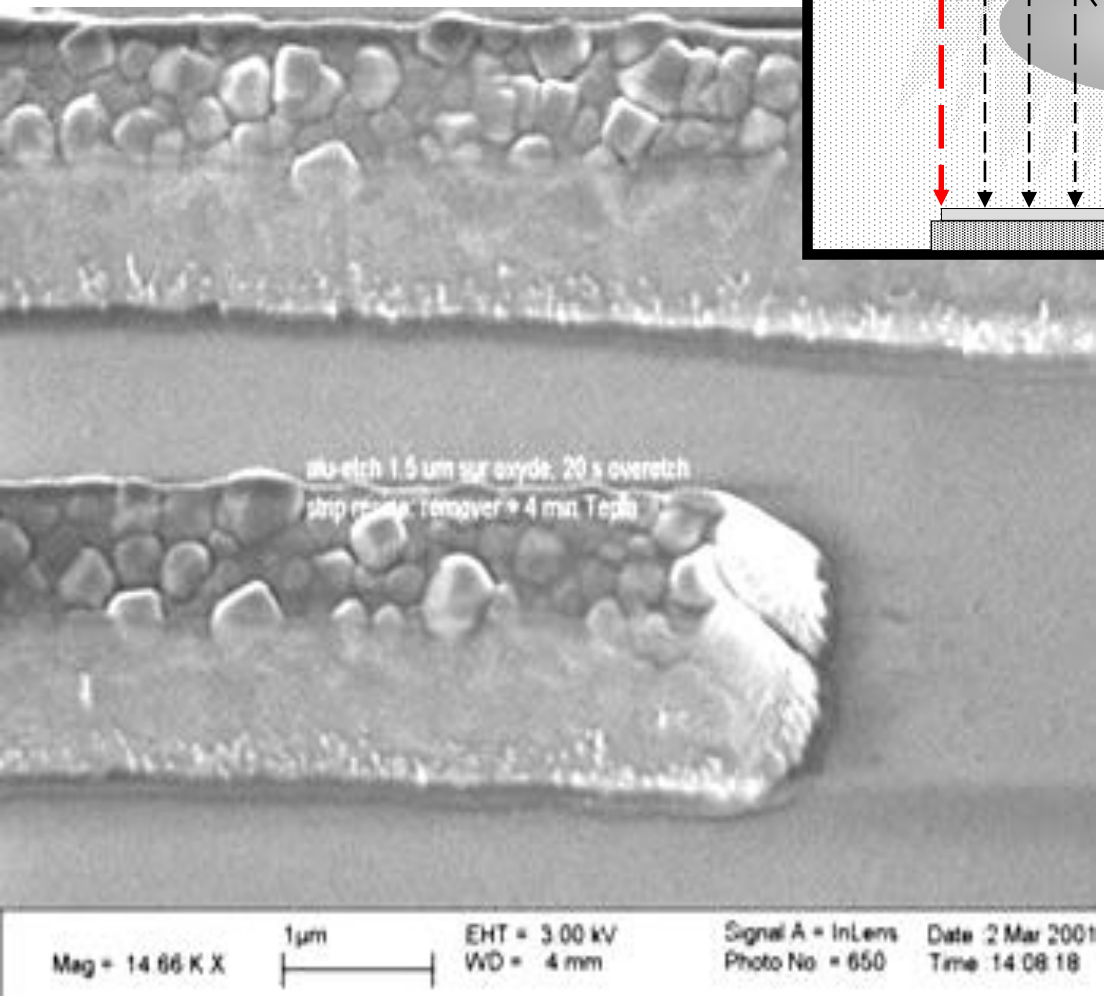


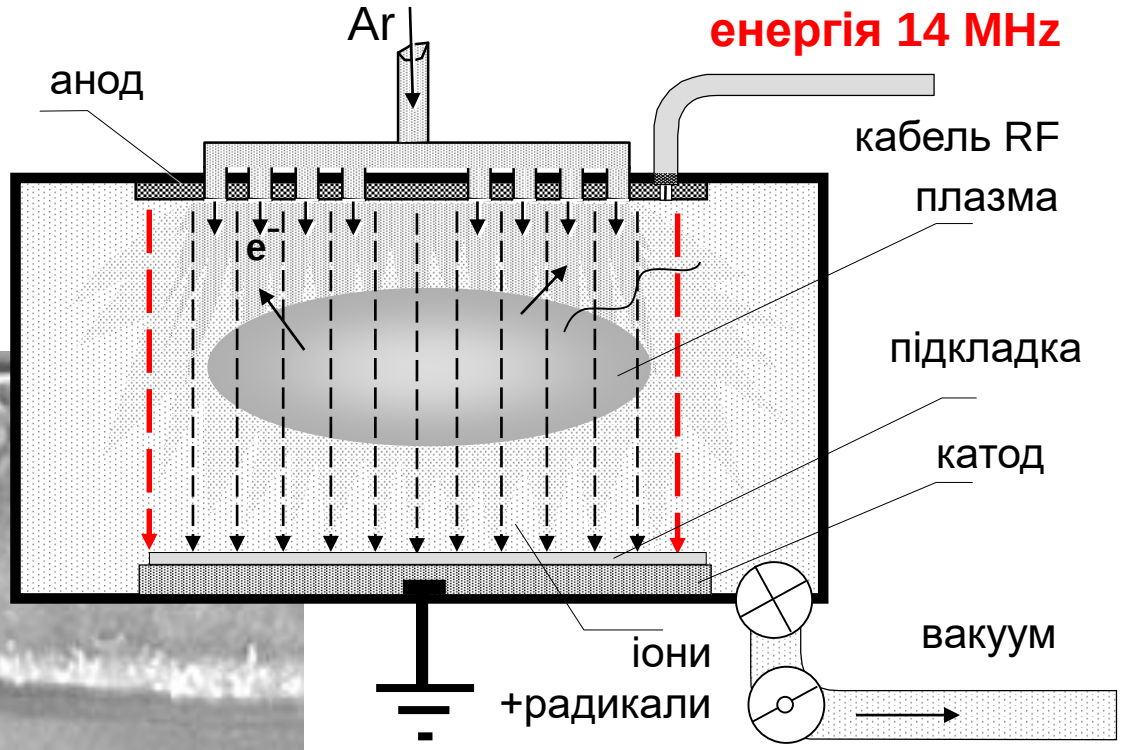


Si моно: лужне анізотропне травлення: $Si + OH^- + H_2O \rightarrow Si(OH)_6^{2-}$

$H_2N\text{-}CH_2\text{-}CH_2\text{-}NH_2$, $(CH_3)_4N^+OH^-$, $H_2N\text{-}NH_2$, KOH

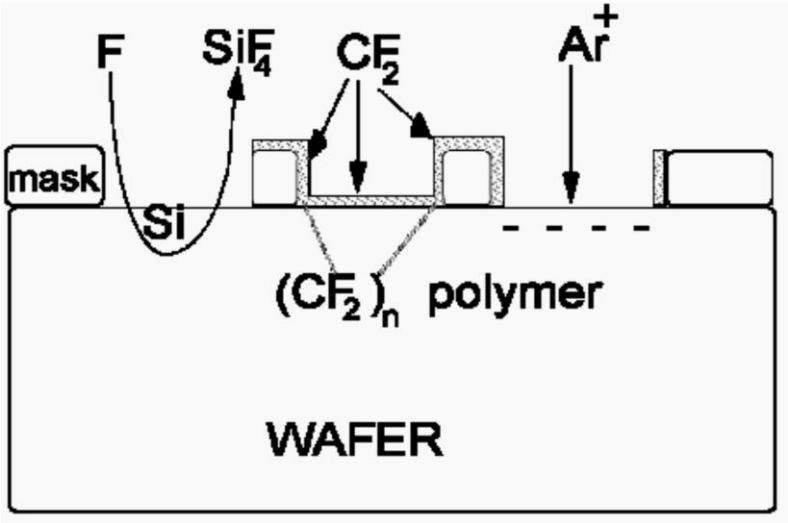
„dry” – травлення в плазмі:





реактивні частинки:

- F2, Cl2/BCl3 - для Al
- CF4 - для Si, SiO2, Si3N4

- реактивне травлення Si: Ar^+ plazma
- допоміжна речовина F• + Si → SiF4
- $CF_4 \rightarrow \bullet CF_2 \bullet + F\bullet + F\bullet$
- $\bullet CF_2 \bullet$ радикали охолджуються → $(CF_2)_n$ полімер
- PTFE стійкий до радикалів F• але деструкція під впливом Ar+

аізотропне травлення