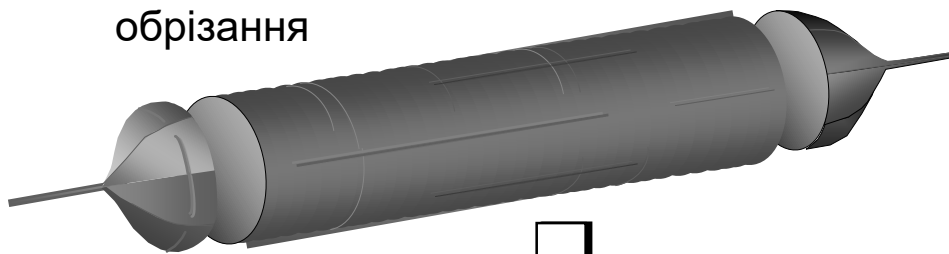


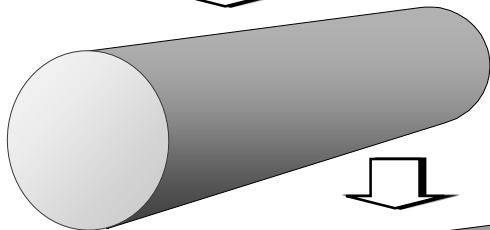


технологія
підкладок і чіпів

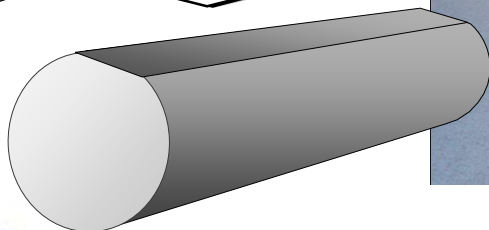
обрізання



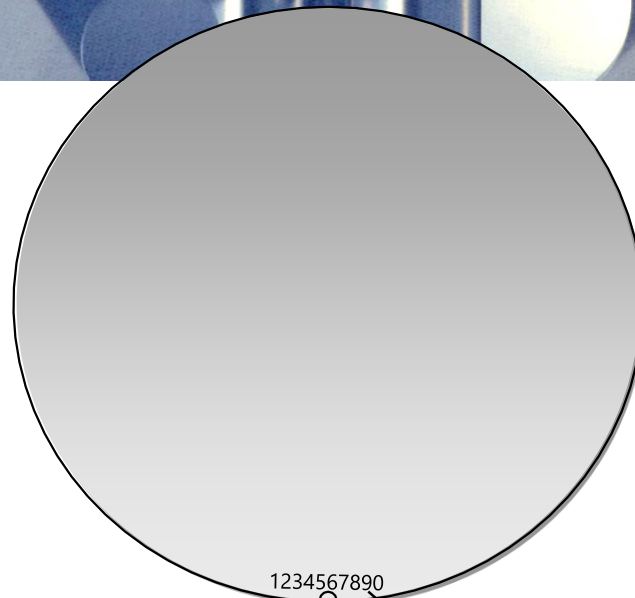
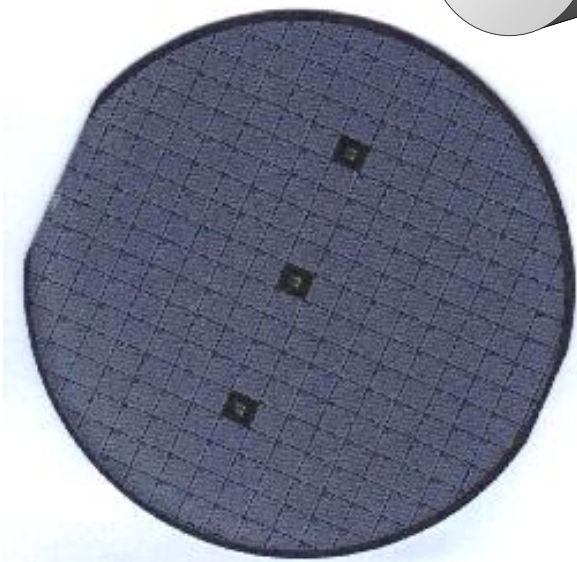
доведення діаметра



фрезерування



орієнтація –
дифрактометр

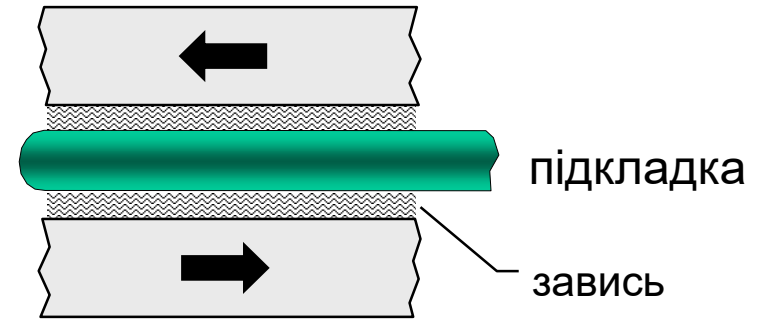
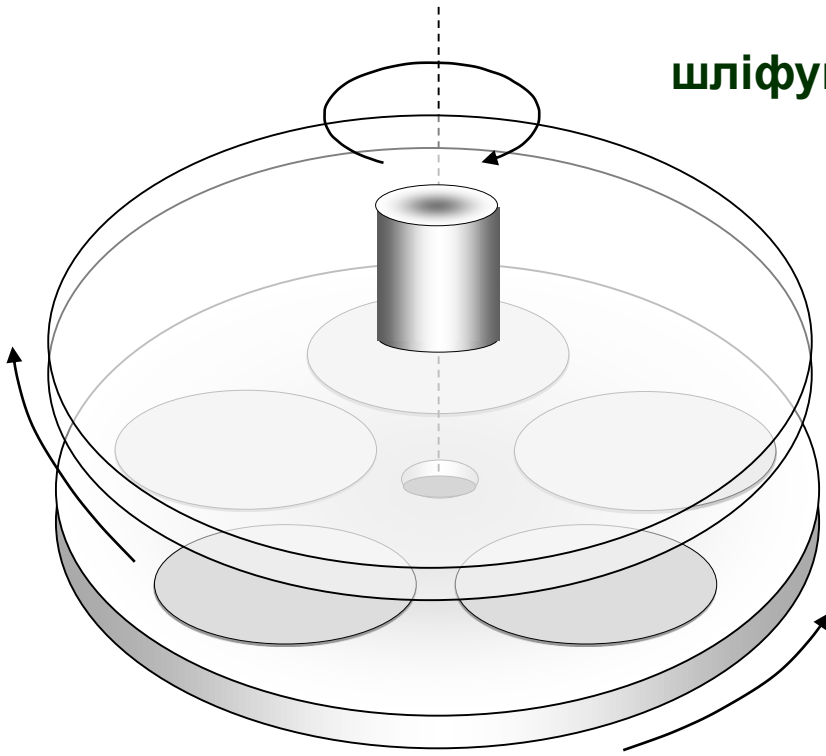


1234567890

виріз

номер

шліфування: вода + Al_2O_3 + гліцерин

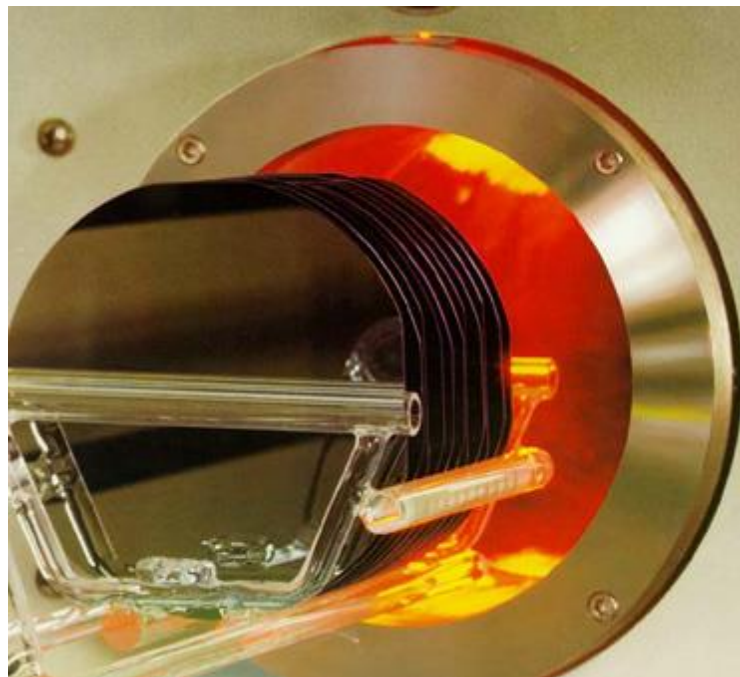
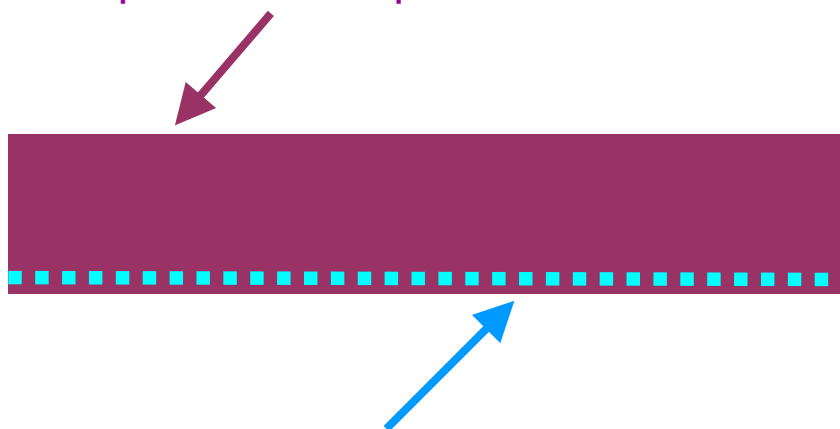


хіміко-мех полірування:
вода + гліцерин + SiO_2 + NH_3
луг зменшує твердість поверхні

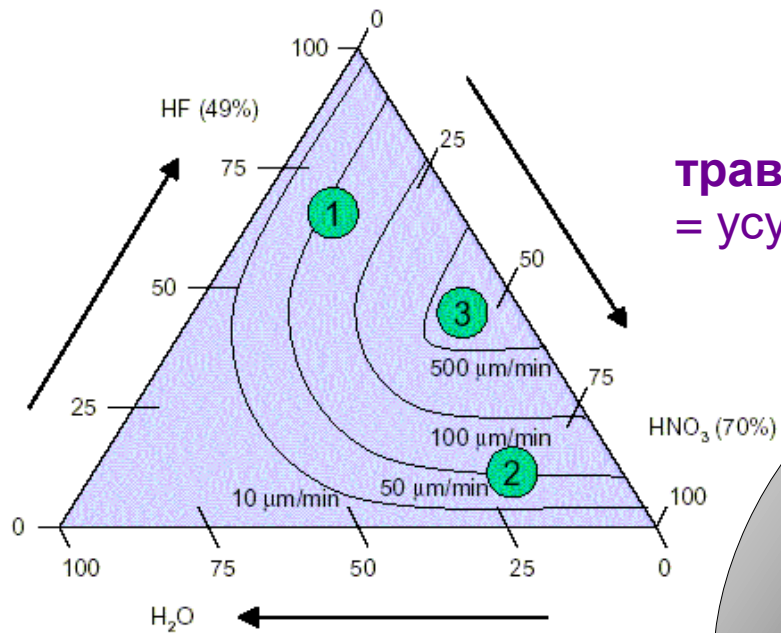


“backside gettering”
= додаткове очищення кремнію

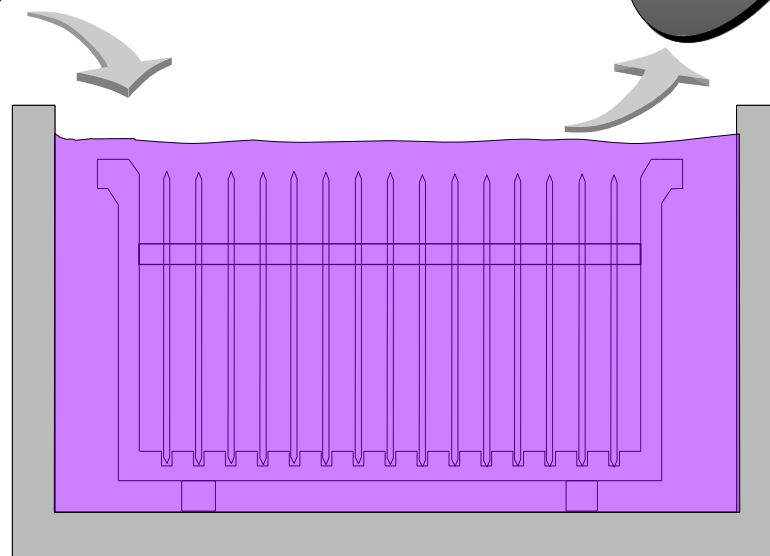
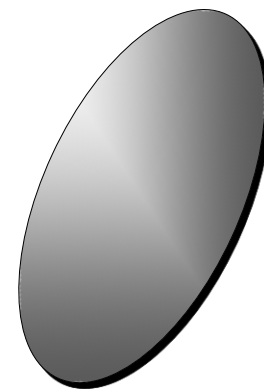
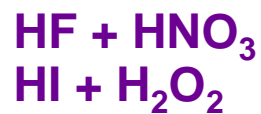
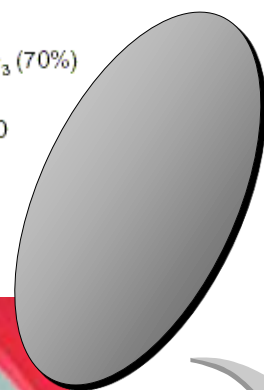
полірована поверхня



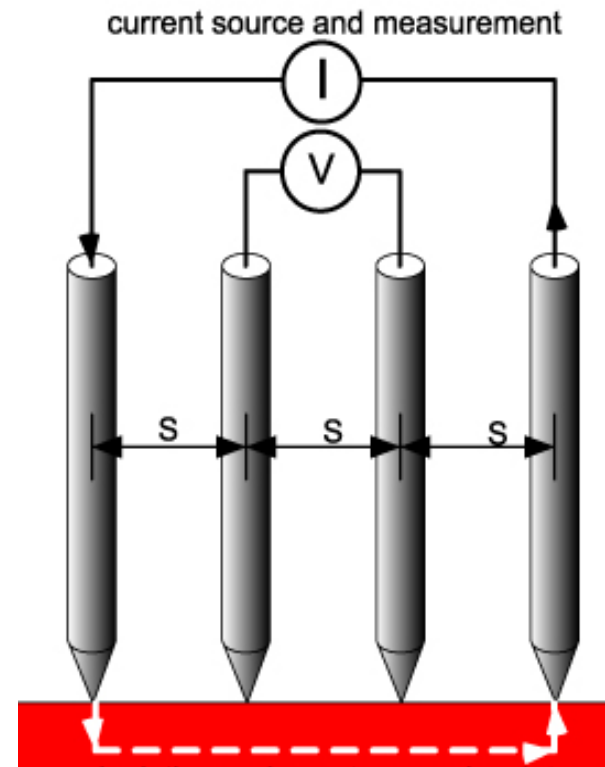
- імплантація іонів Ar (50 keV, $10^{15}/\text{cm}^2$) → аморфізація
- підігрів до 550°C → відбудова крист. структури Si
- Ar утворює кластерні дефекти
- відпал 550°C (5-10 год) → міграція домішок → захоплення в кластерах



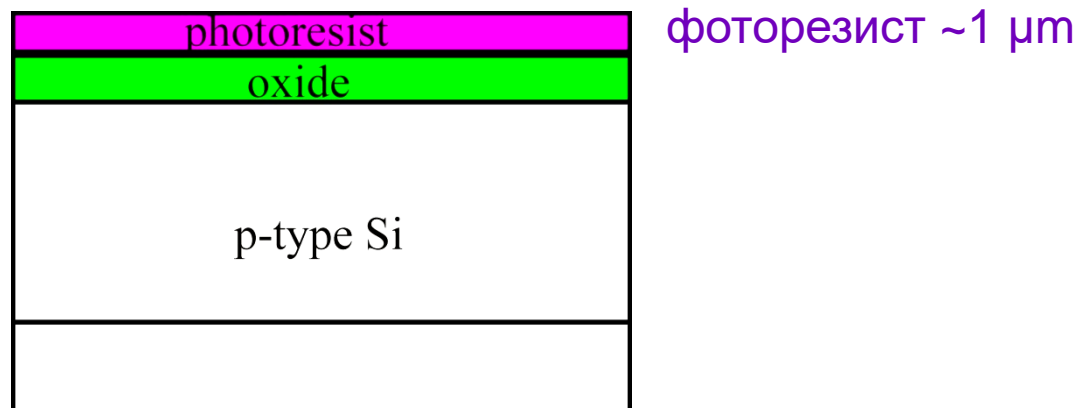
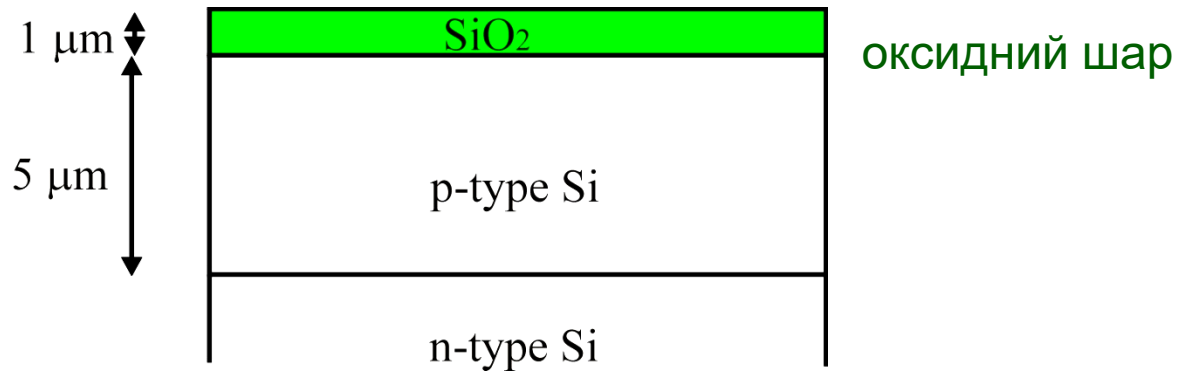
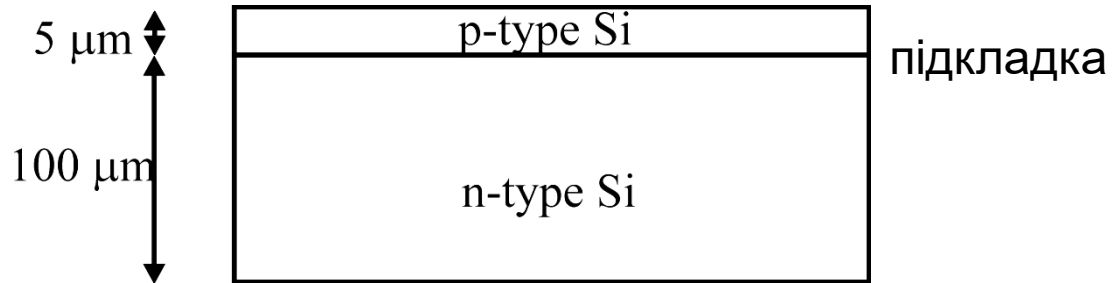
травлення поверхні
 = усунення пошкодженого шару (~20 μm)

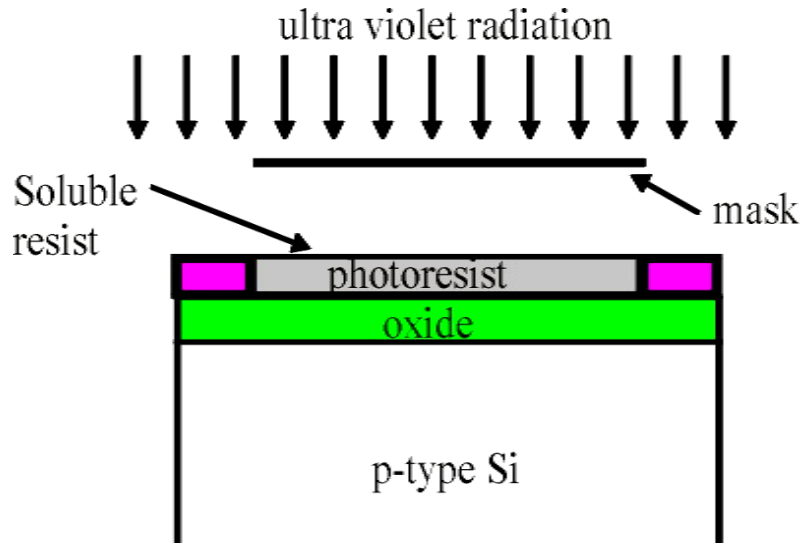


**чотириточкова проба =
контроль провідності =
контроль рівня легування**



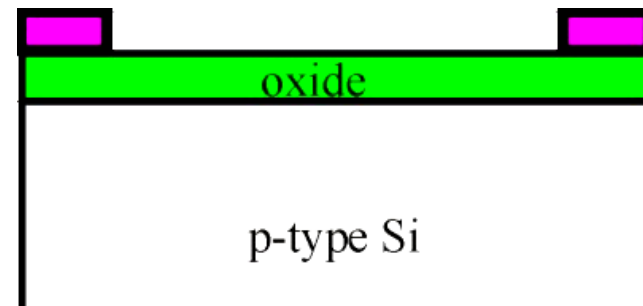
$$\rho_s = 2 \pi \cdot s \cdot V / I \text{ (}\Omega \text{ cm)}$$



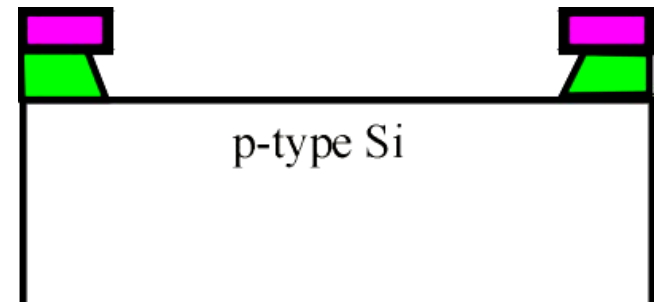


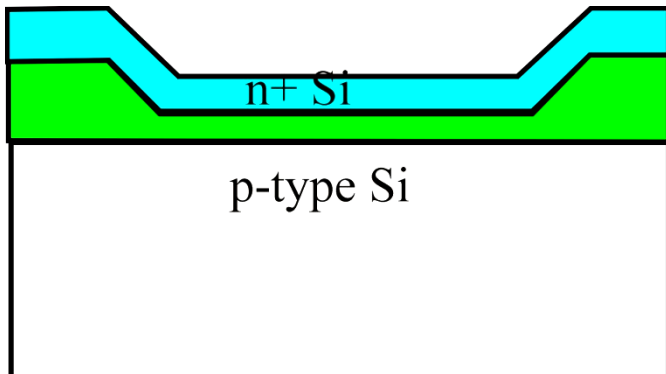
зшивання полімеру
опроміненого UV

усування незшитого полімеру
(розчинник)



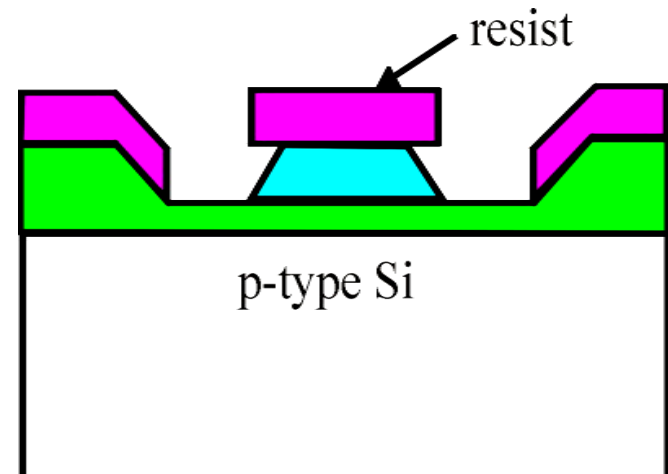
усування шару SiO_2
у віконці полімеру
(травлення HF)



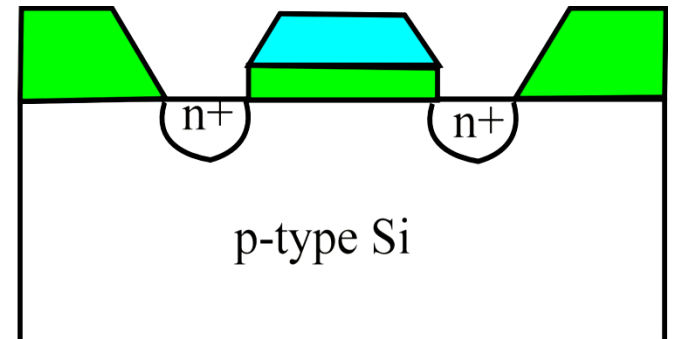


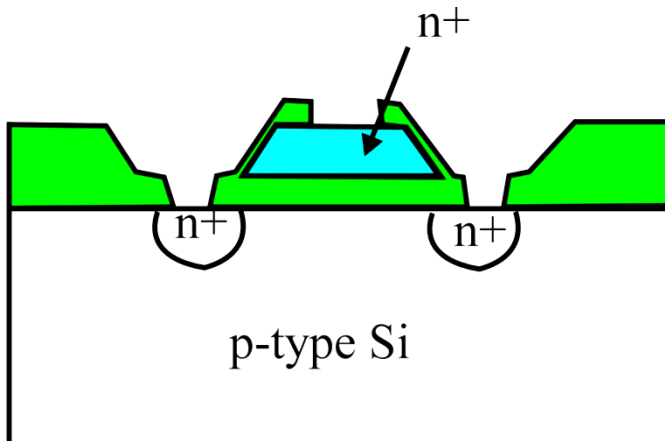
вирощування шару SiO_2
товщина $\sim 50 \mu\text{m}$ = „gate oxide”
накладання шару легovanого Si

накладання фоторезисту (острівець)
усування шару Si
знову шар полімеру



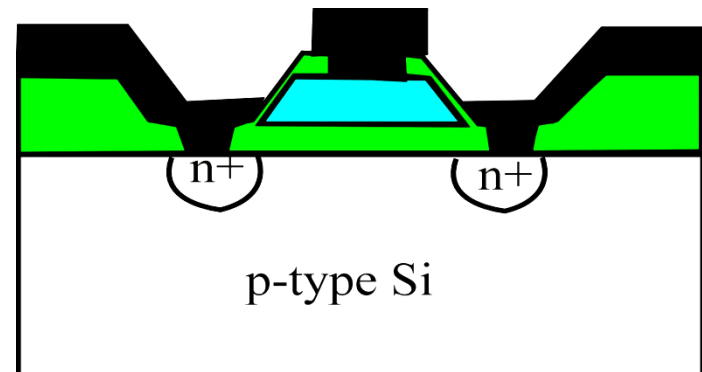
усування SiO_2 у віконцях
легування (P)
відпал = активація легуючих домішок
усування полімеру

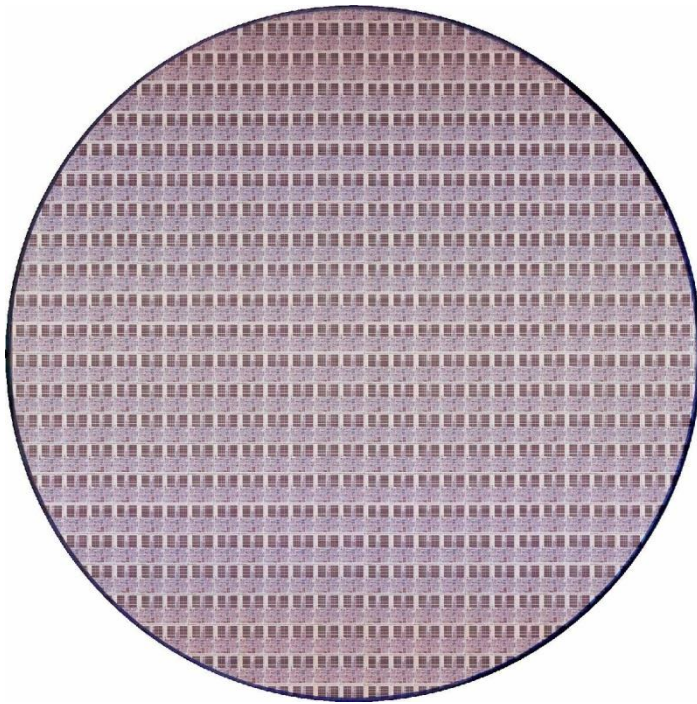




окислення (тонкий ізоляційний шар)
фоторезист (віконця)
усування SiO_2 у віконцях

фоторезист (віконця)
накладання шару Cu (контакти)





діаметр 300 мм

площа 706 см²

маса 127 г

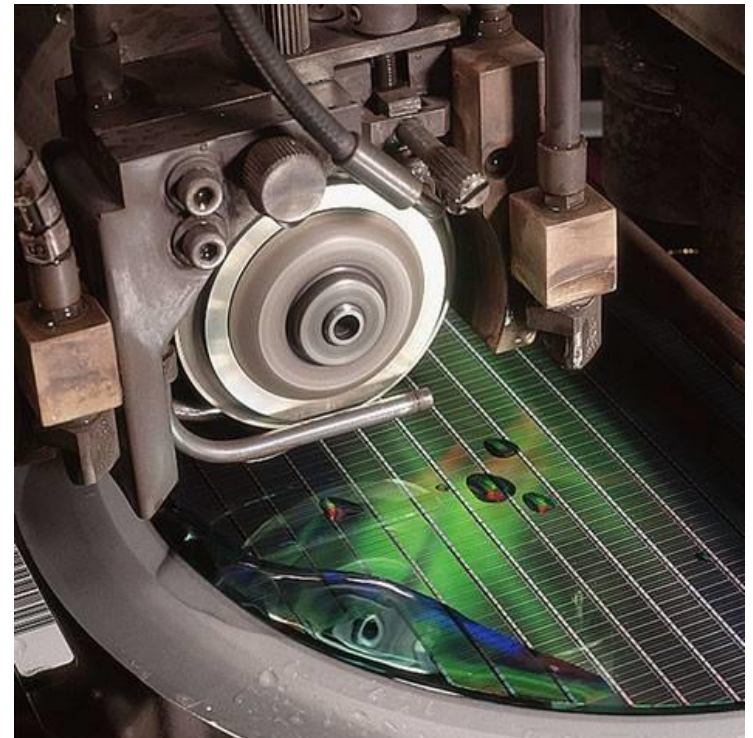
товщина 775 мкм

відхилення товщини 0,08 мкм

шорсткість 0,1 нм

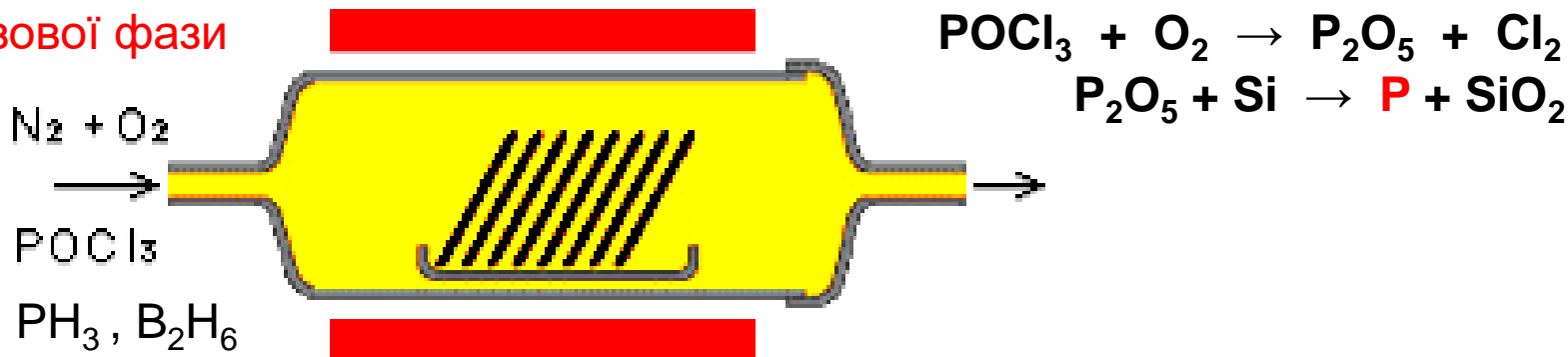
кластерні дефекти < 100 см⁻²

окремі частинки < 0,05 см⁻²

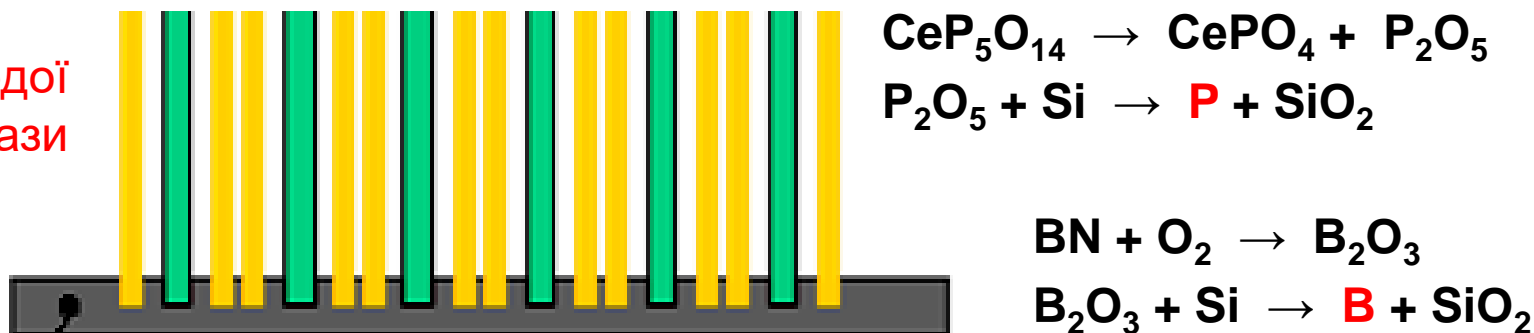


дифузійне легування: **осадження + активація**

- з газової фази



- з твердої фази



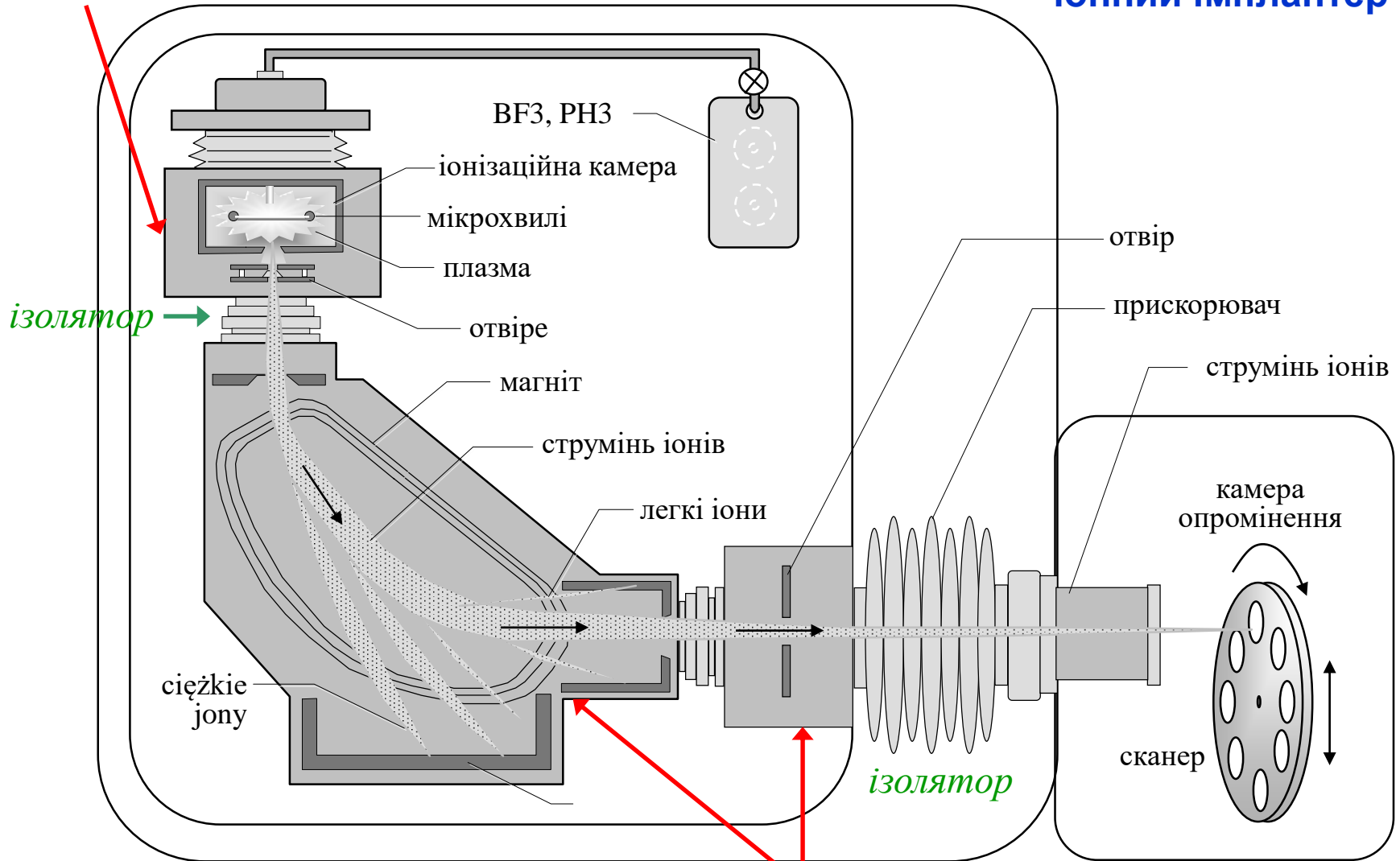
➤ відпал (850 – 1150 °C) → дифузія + активація

➤ усунення решток $SiO_2 + HF \rightarrow HBF_4 + H_2SiF_6$

вади: низька повітряваність, токсичні реагенти, складно малі дози

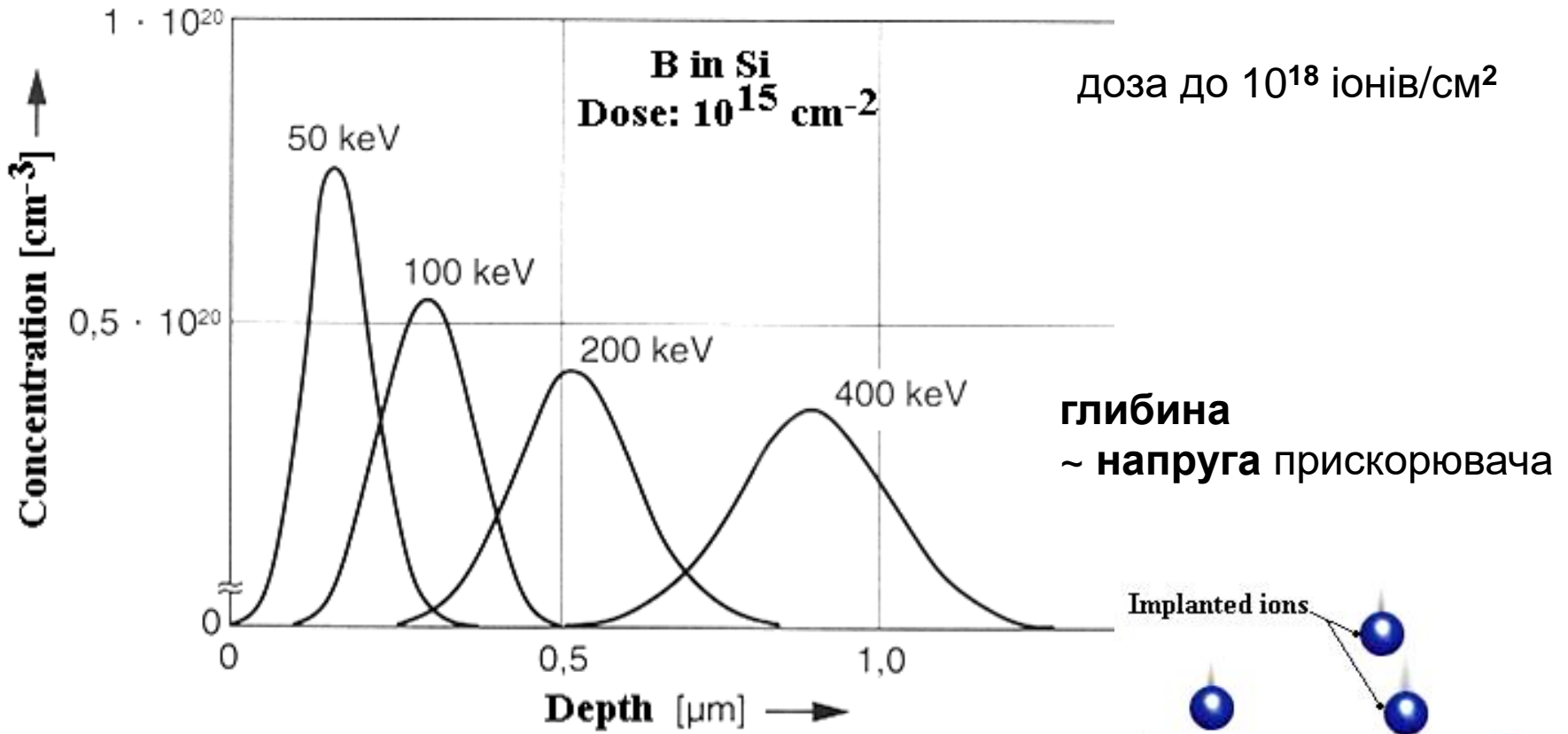
іонний імплантер

70 - 300 kV

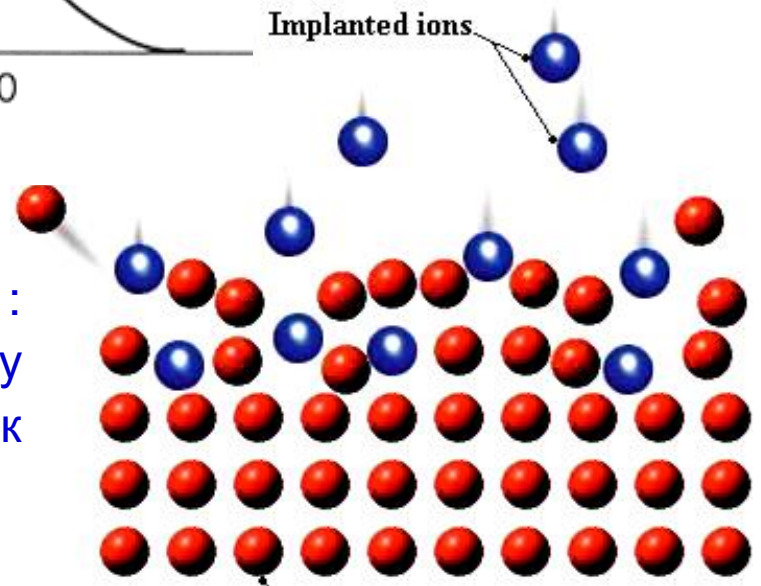


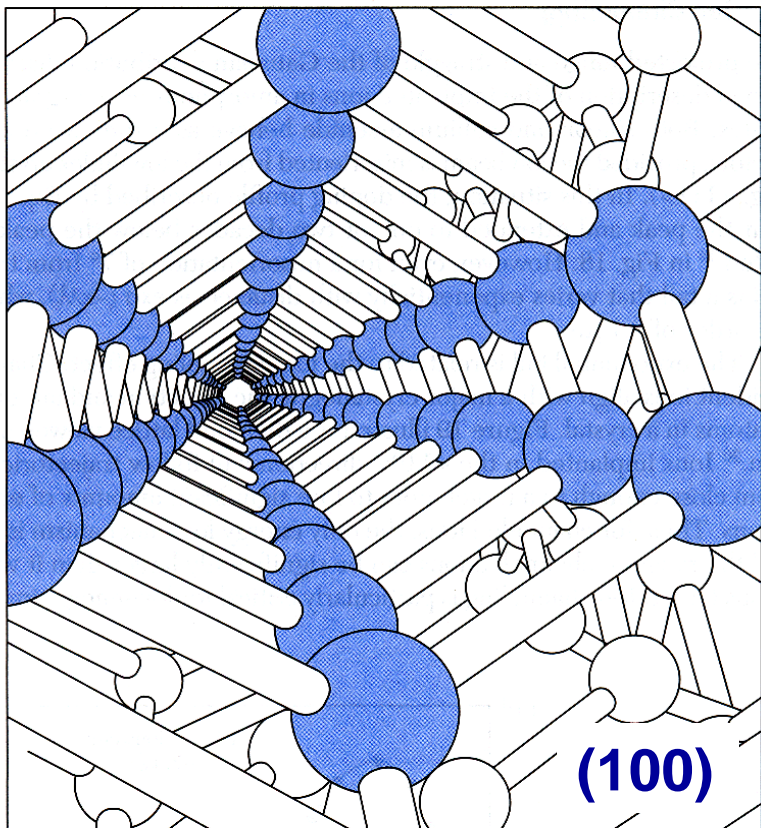
20 - 250 kV

нуль

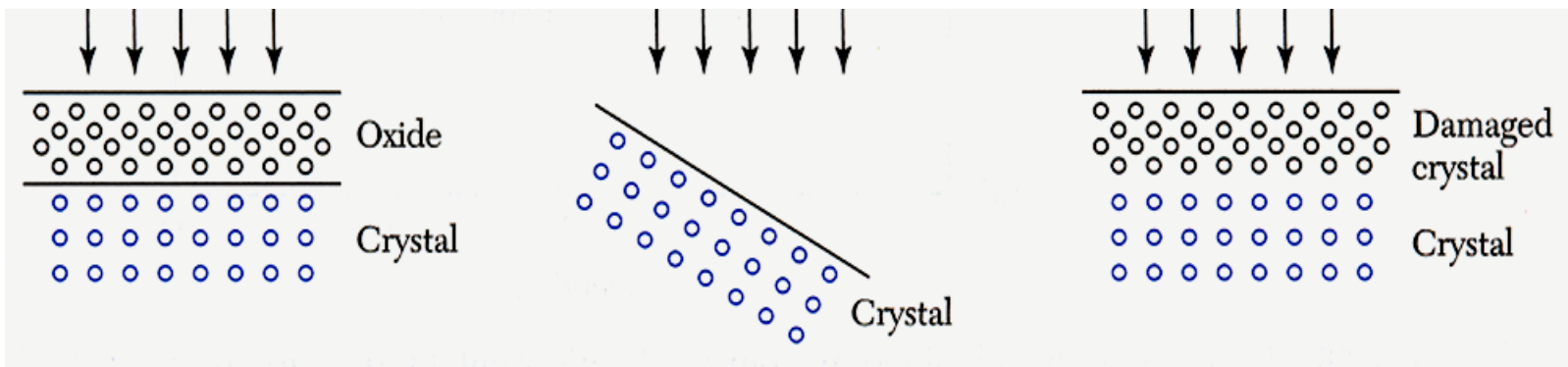
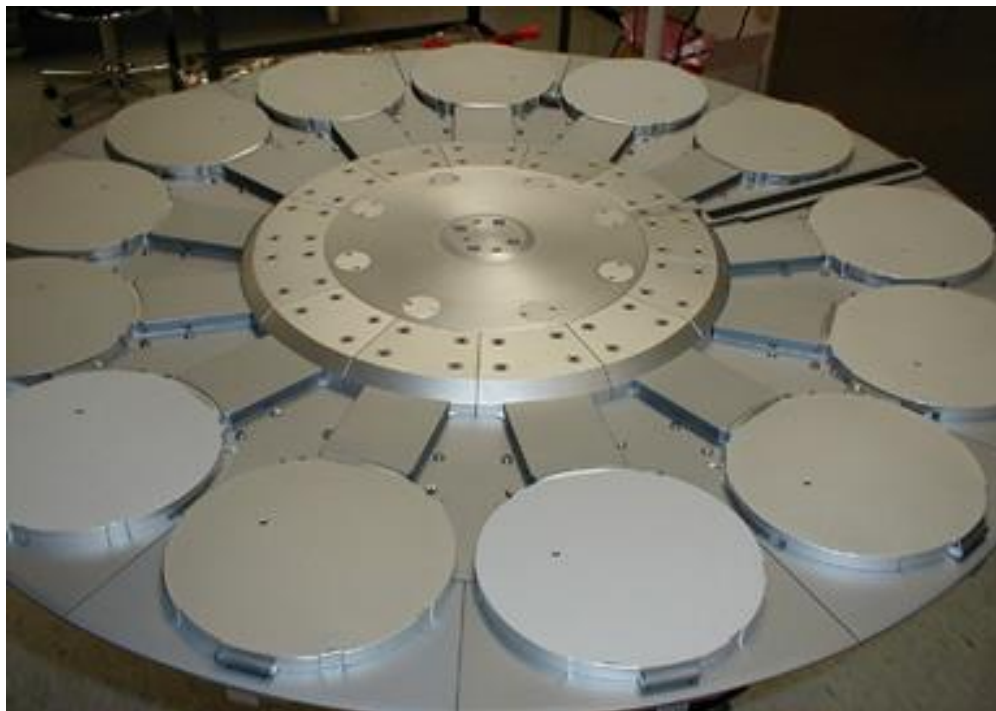


- відпал** (600-900 °C, ~30 хв) :
- відбудова аморфізованого шару
 - вбудовування легуючих домішок





тунельний ефект
важкі іони влітають глибоко в кристал

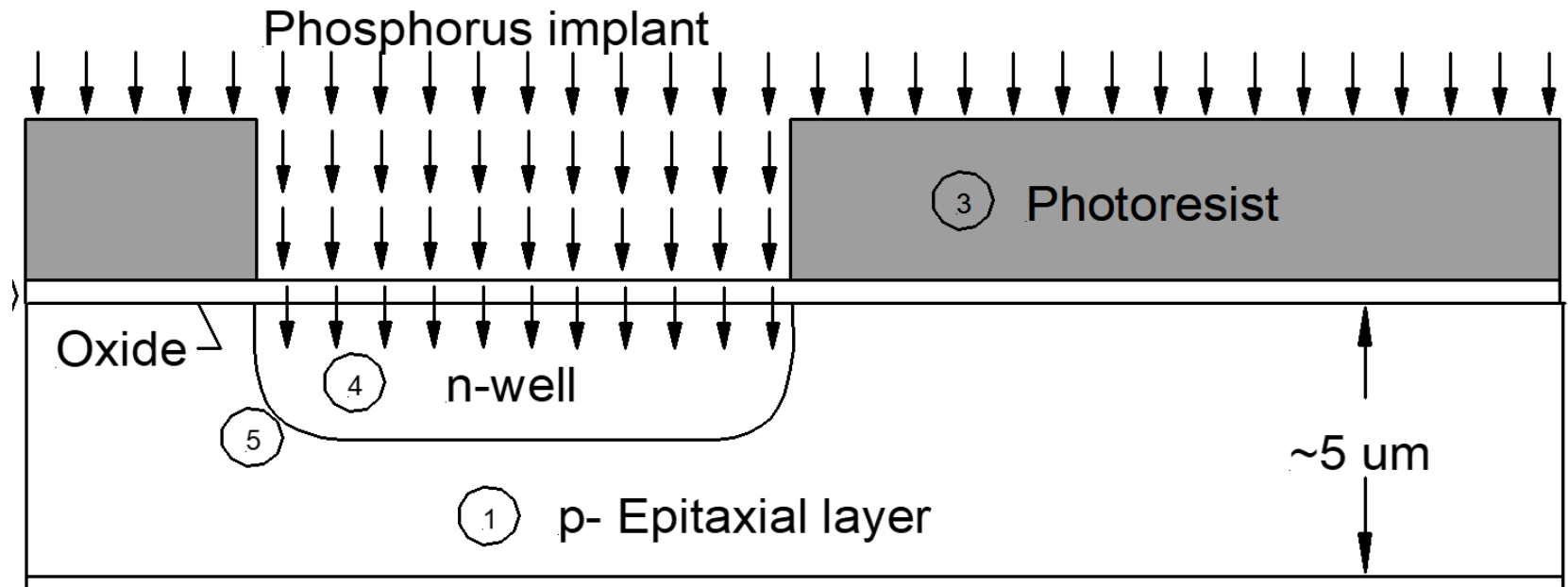


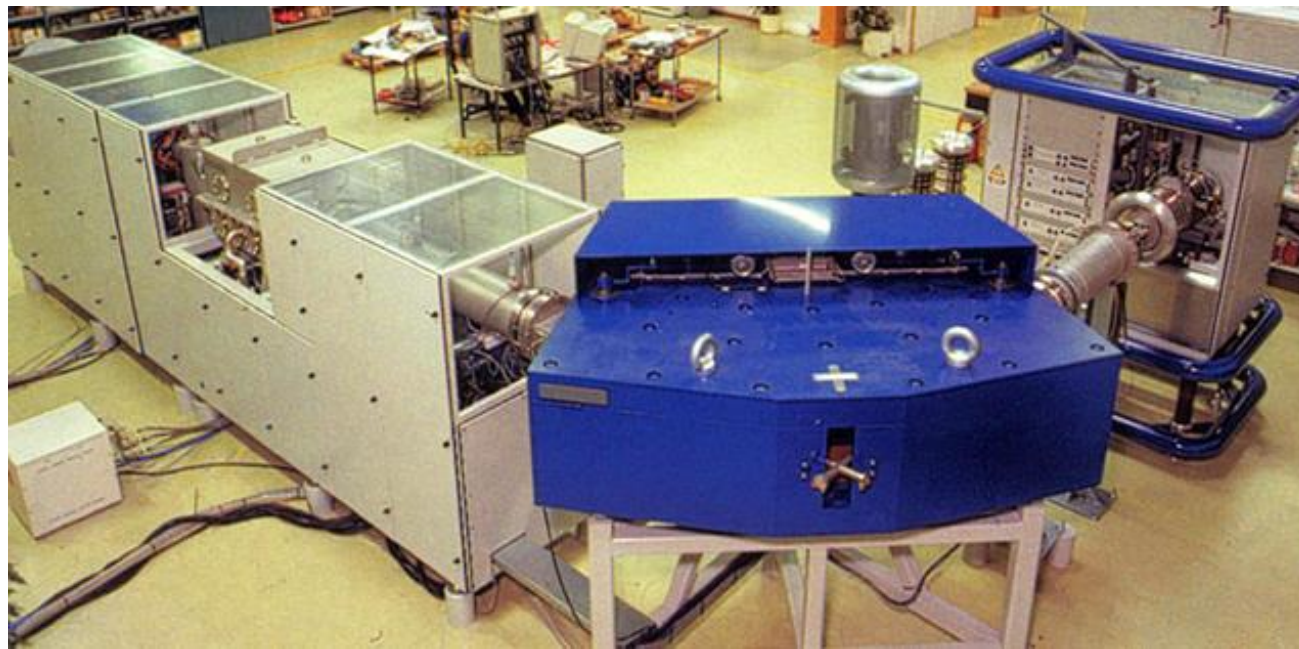
мінімізація: оксидний шар

нахил

аморфний шар

формування контактної області транзистора:
імплантація іонів у віконці фоторезисту
іони, затримані у шарі фоторезисту, усуваються





+ широка гама
легуючих домішок

+ керованість

+ повторюваність

+ кімнатна
температура



- низька
продуктивність

- небезпека для
персоналу

SiO₂:

- хороший ізолятор (напруга пробивання 25-40 МВ/см, реально ~10 МВ/см)
- широка заборонена зона (низьке витікання заряду)
- **проста технологія вирощування**
- **стійкість в технологічних умовах**



Si популярний (GaAs, Ge не утворюють стійких оксидів)
перспективні діелектрики – SiON, HfO₂

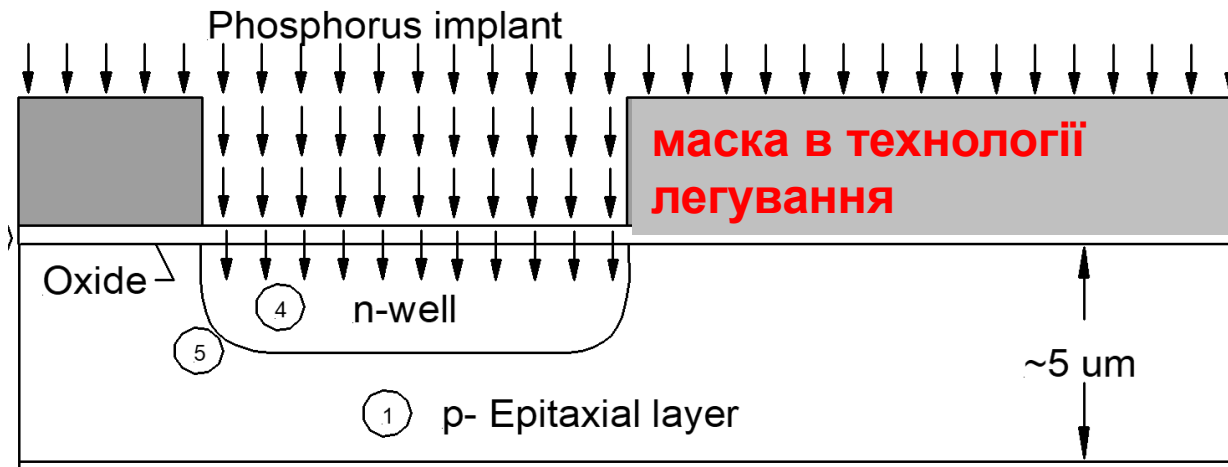
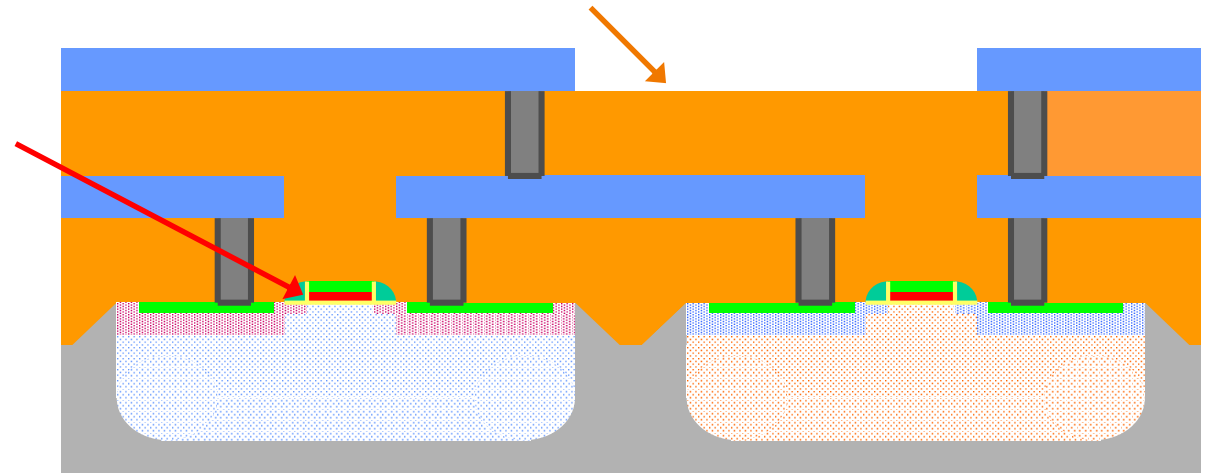
застосування SiO₂:

- пасивація поверхні підкладки



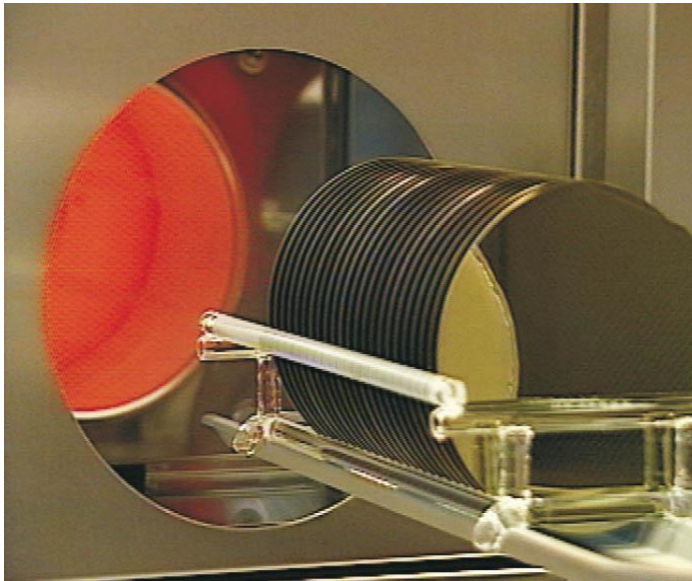
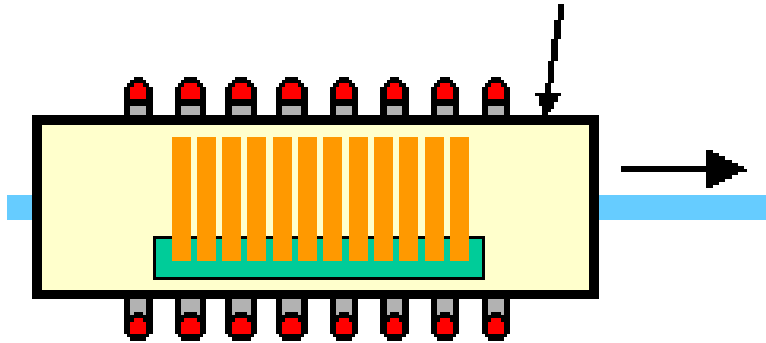
- ізолятор між елементами, між провідниками

- ізолятор затвору (10-20 nm)



товщина ~ 0.5-1 мм

контрольована атмосфера



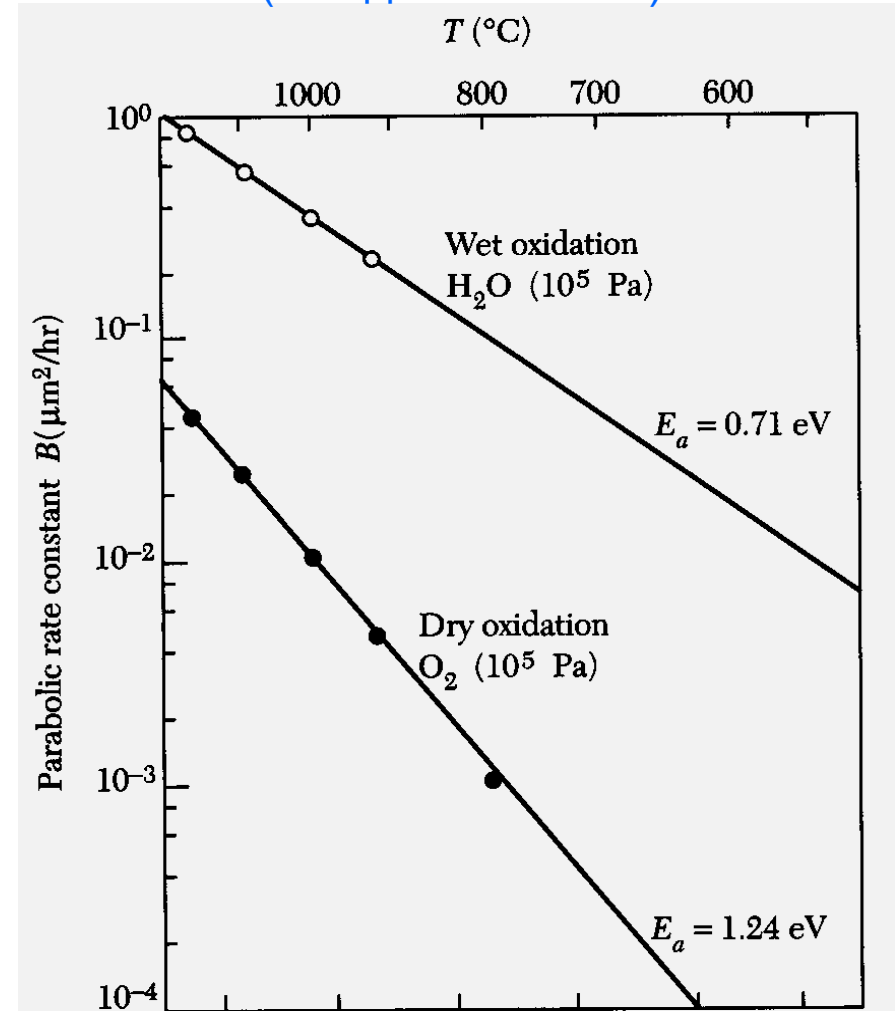
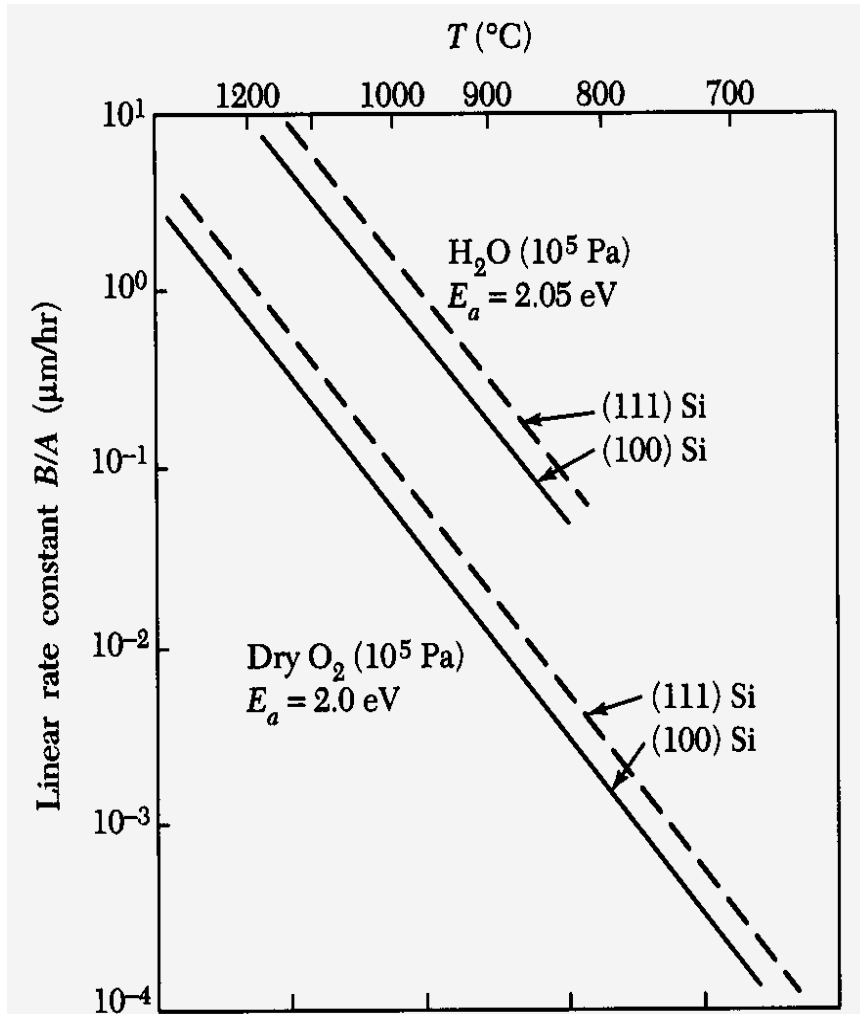
окислення в плазмі →
зниження температури до 600°C

- температура: 700 - 1300 °C
- тиск кисню: 0.2 - 1.0 атм
- тривалість 0,1 - 10 год
- товщина шару SiO₂: 0.03 - 2 мм

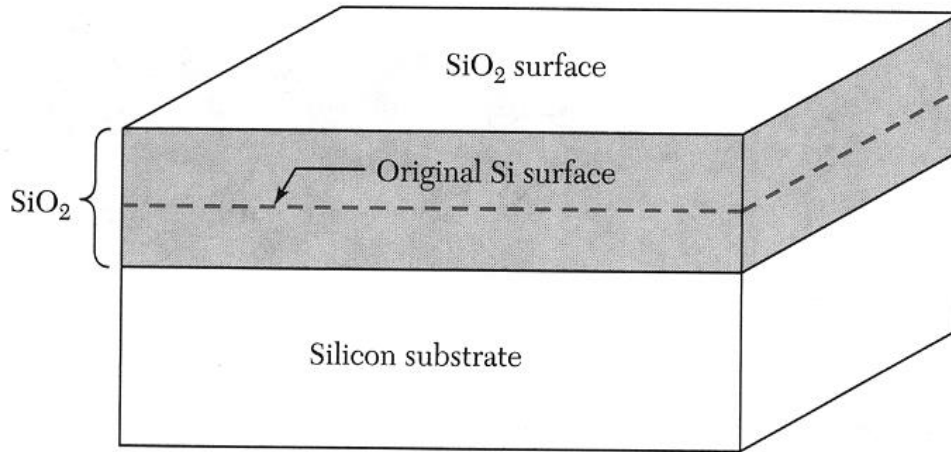


сухе окислення: $\text{Si} + \text{O}_2 \rightarrow \text{SiO}_2$ (якісно \rightarrow ізолятор затвора)

вологе окислення: $\text{Si} + \text{O}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{SiO}_2$ (швидко \rightarrow маска)



швидкість окислення залежить від кристалохімічної конфігурації поверхні кремнію



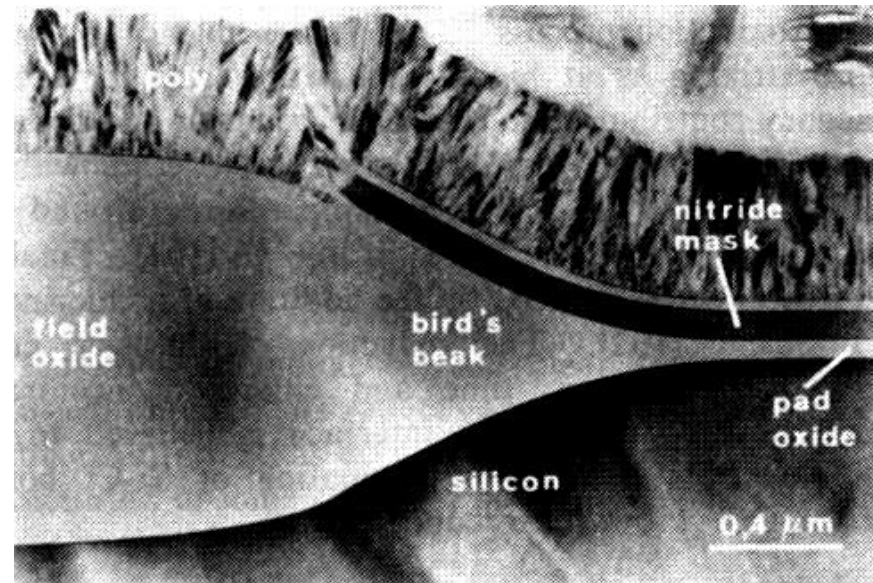
1 моль SiO_2 має більший об'єм ніж 1 моль Si

шар SiO_2 товщиною d забирає шар Si товщиною $0.44d$

→ після локального окислення поверхня стає нерівною

кисень дифундує на бік
→ оксид влізав під маску
→ **віконця спотворюються**

приклад:
вологе окислення, 950°C x 10 год

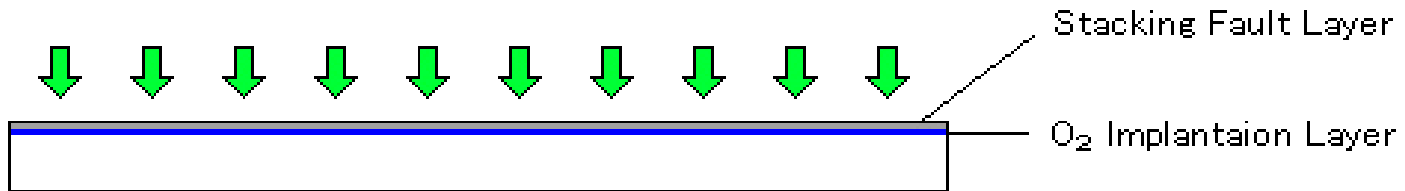


SImOx = Separation by Implantation of Oxygen

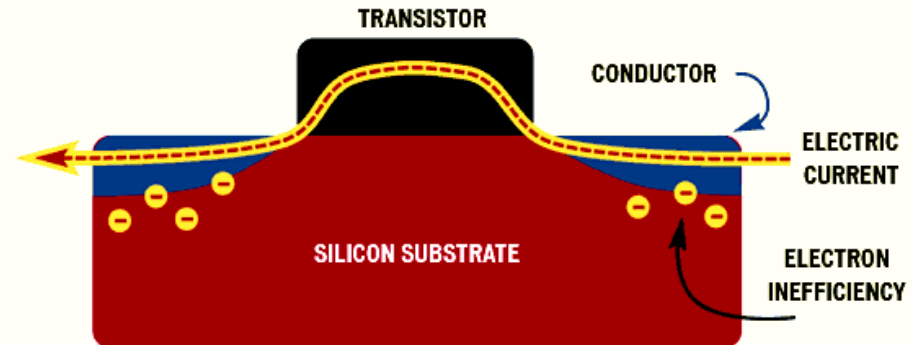
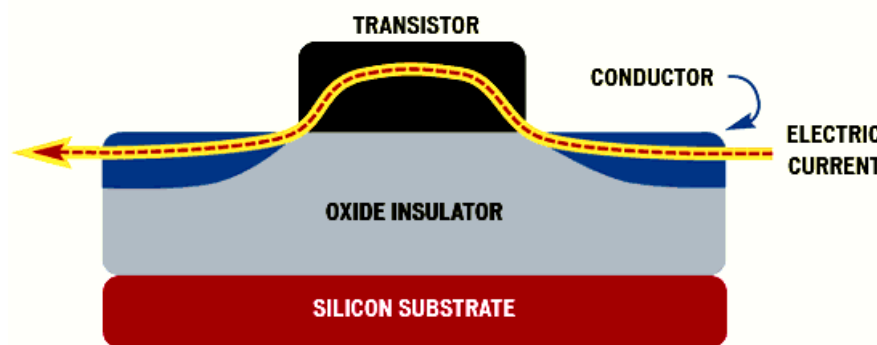
Intel (Pentium III, IV) ; AMD



Oxygen Ion Implantation



High Temperature Annealing



еліпсометрія: метод вимірювання товщини оксидного шару

