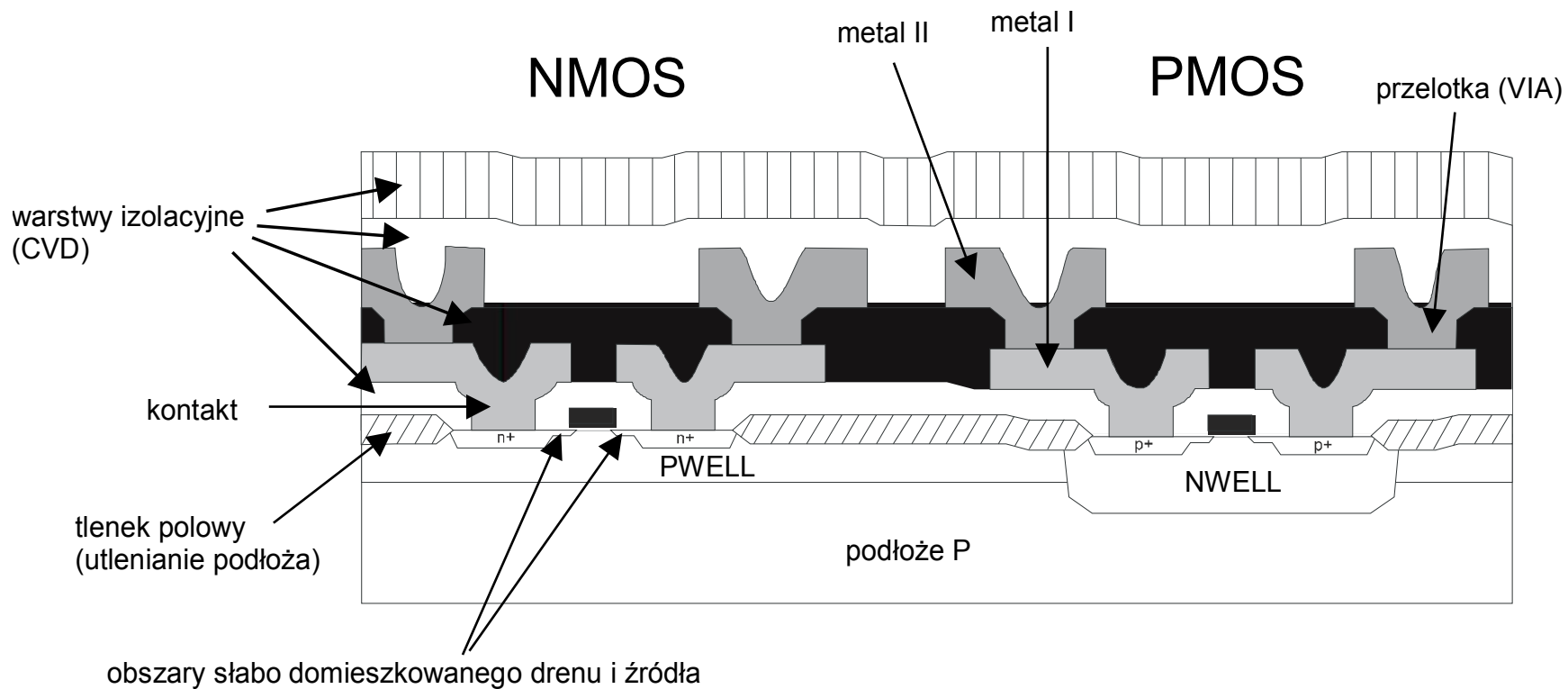
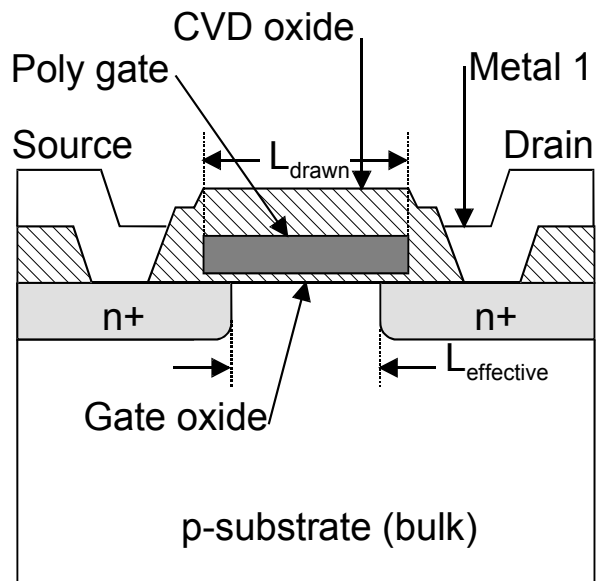


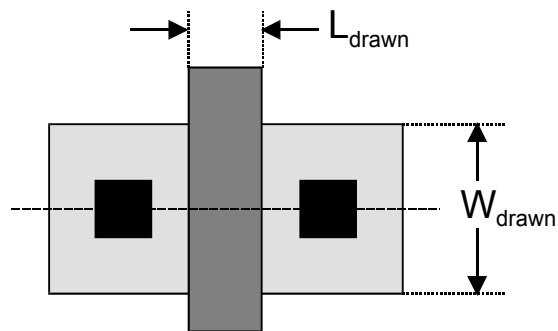
Struktura CMOS



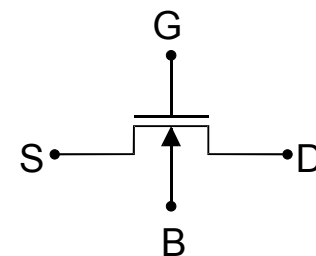
Physical structure



Layout representation

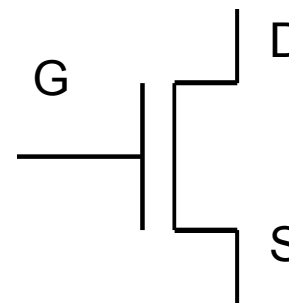
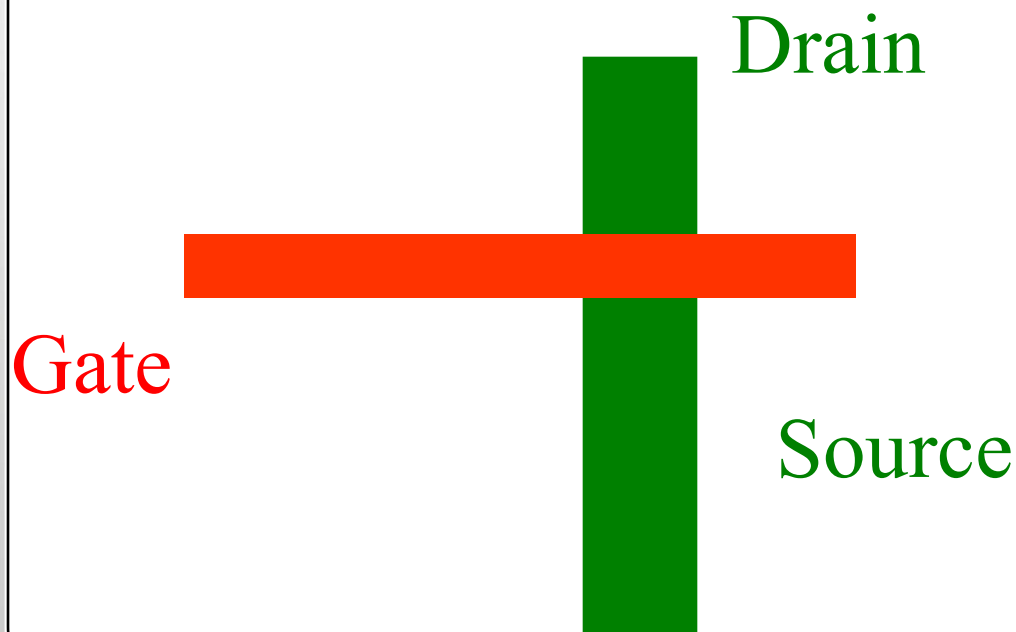


Schematic representation

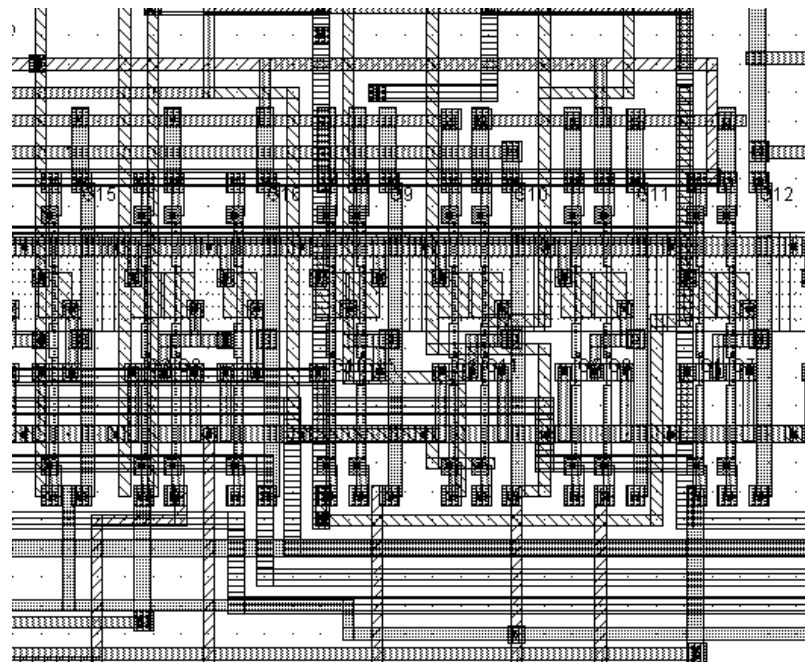
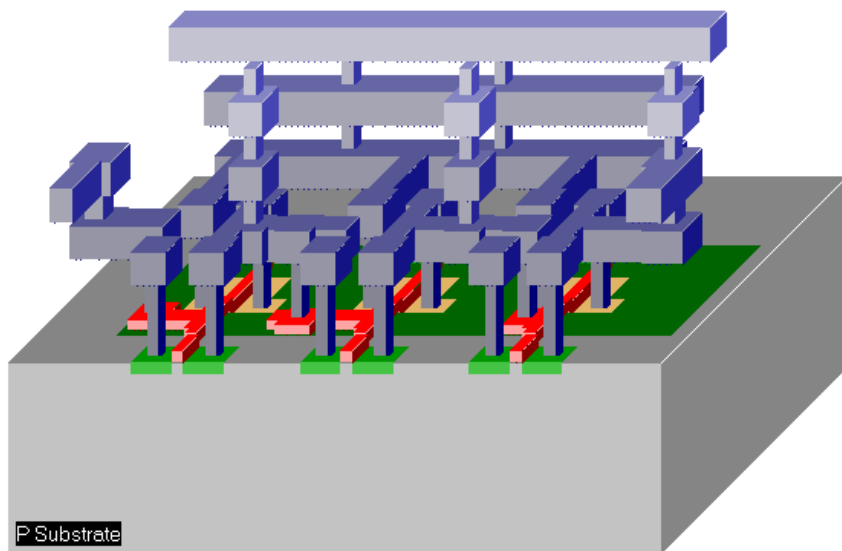


Tranzystor MOS

powstaje w układzie scalonym zawsze gdy nastąpi przecięcie ścieżki polikrzemowej z warstwą dyfuzji



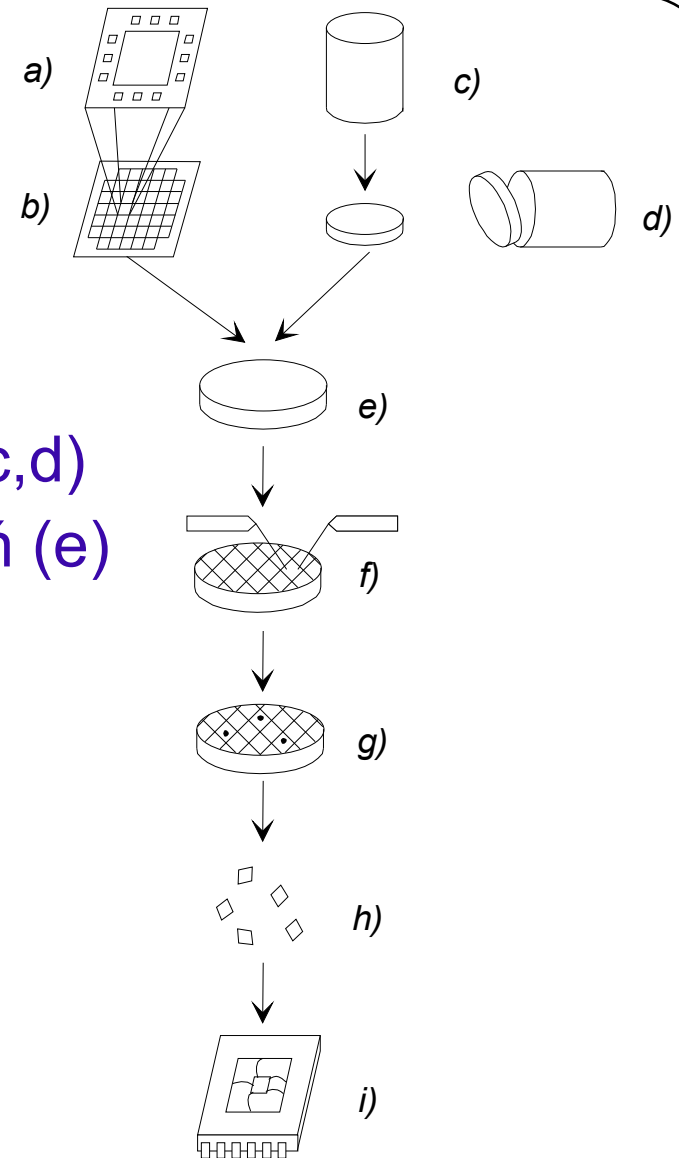
Wytworzone maski stanowią matrycę, która pozwala na powielanie struktury układu na całej powierzchni płytki krzemowej





Technologia krzemowa

- Wytwarzanie masek (a,b)
- Wytwarzanie płytek krzemowych (c,d)
- Wytwarzanie elementów i połączeń (e)
- Testowanie ostrzowe (f)
- Selekcja płytek (g)
- Cięcie płytki (h)
- Montaż (i)
- Testowanie końcowe

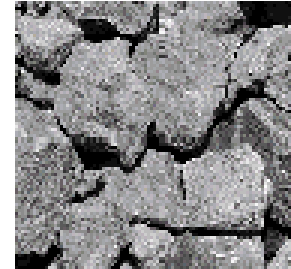




Wytwarzanie płytek krzemowych

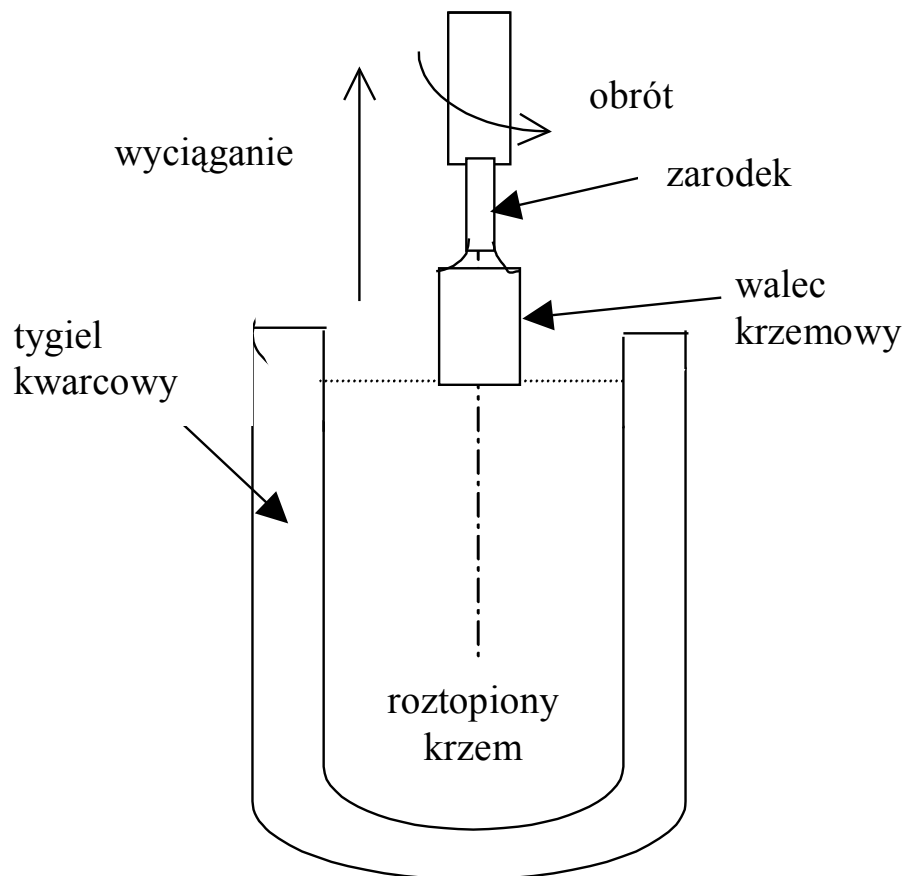
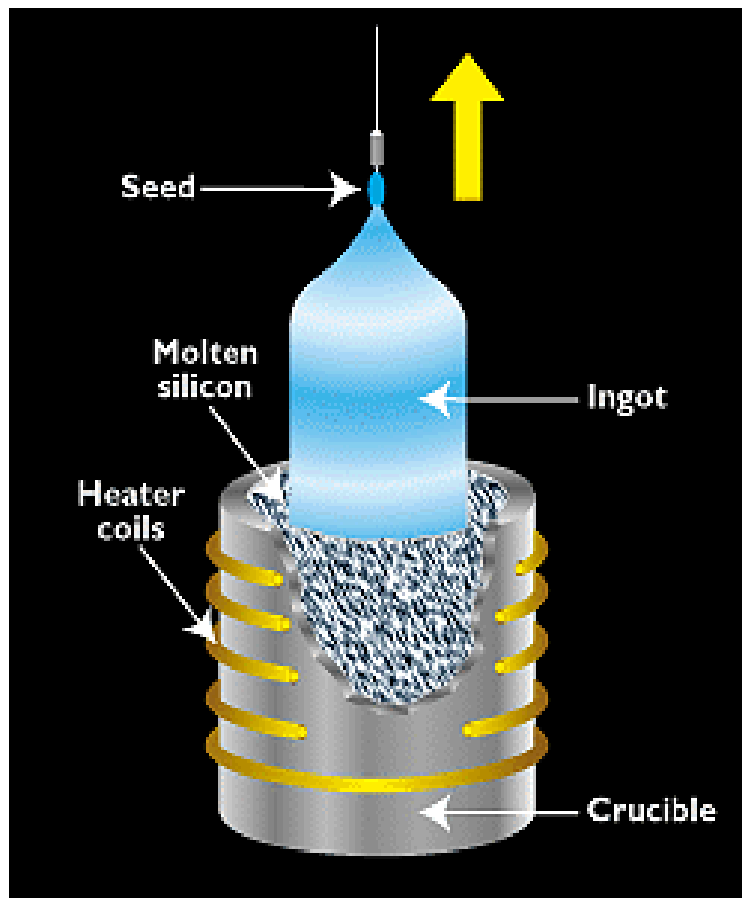
- Wytworzenie krzemu polikrystalicznego
- Wytworzenie monokryształu krzemu
- Cięcie
- Polerowanie mechaniczne i chemiczne
- Czyszczenie
- Kontrola
- Pakowanie i wysyłka

Czysty krzem

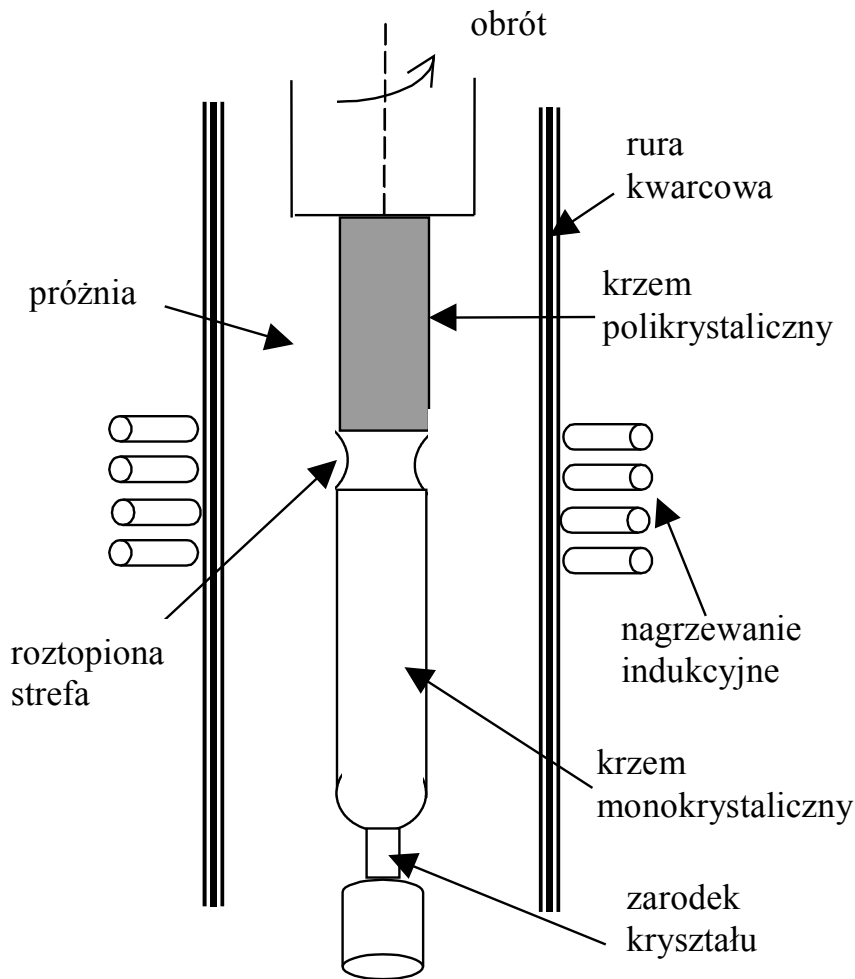


- ❑ koncentracja atomów zanieczyszczeń mniejsza niż 10^{13} at/cm³
- ❑ jeden atom zanieczyszczenia na 10 miliardów atomów krzemu
- ❑ 99.99999999% zawartości krzemu

Metoda Czochralskiego



Wytapianie strefowe





Wytwarzanie elementów i połączeń

- ❑ Zmiana właściwości materiału lub nałożenie nowej warstwy
- ❑ Fotolitografia
- ❑ Trawienie



Zmiana właściwości materiału

- ❑ Domieszkowanie w drodze dyfuzji
- ❑ Domieszkowanie przez implantację jonów
- ❑ Utlenianie podłoża



Domieszkowanie w drodze dyfuzji

Dyfuzja w ciele stałym jest to ruch atomów w sieci krystalicznej na skutek różnej ich koncentracji w różnych obszarach sieci.

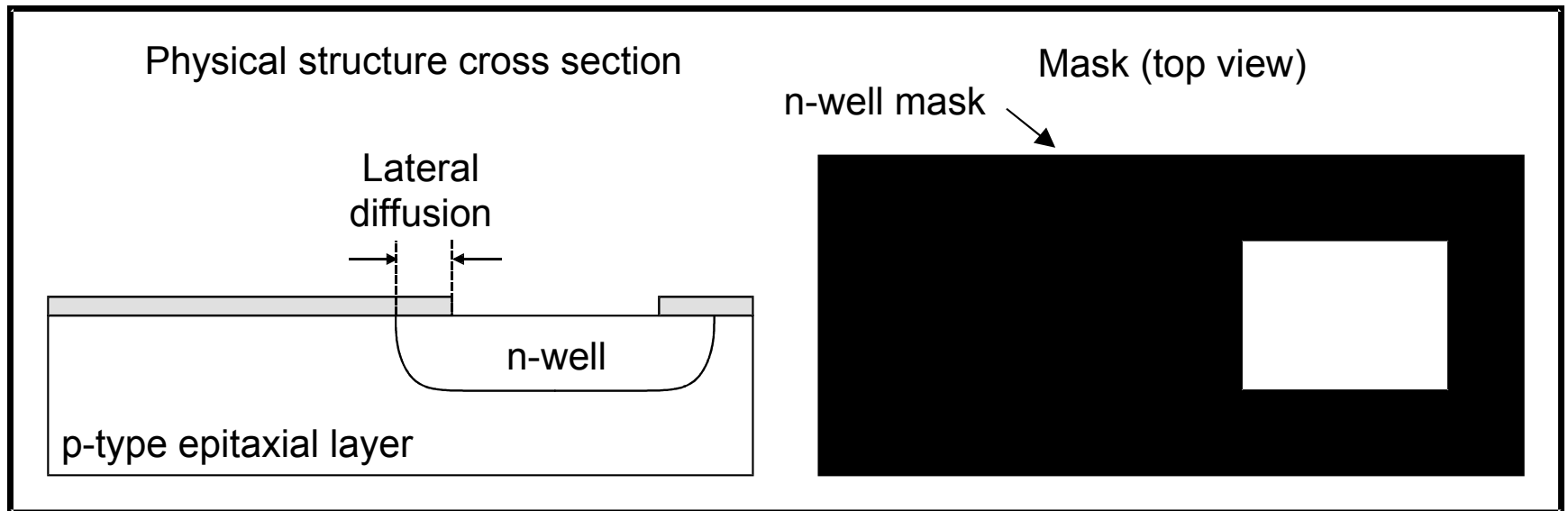
→ Temperatura 800 - 1200°C

im temperatura jest większa tym dyfuzja jest szybsza

Domieszkowanie w drodze dyfuzji

Bor, fosfor lub arsen z fazy gazowej

- ◆ Dyfuzja pionowa i pozioma



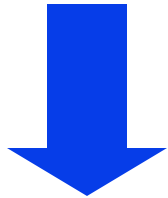


Domieszkowanie przez implantację jonów

Polega na "wbijaniu" przyspieszonych w polu elektrycznym jonów domieszki w materiał podłoża

- ❑ Jony domieszek rozpędzone w polu elektrycznym
- ❑ Energia jonów: kilkaset keV
- ❑ Wąski profil domieszkowania
- ❑ Uszkodzenie struktury siatki krystalicznej
- ❑ Konieczność wygrzewania
- ❑ Późniejsza dyfuzja domieszek
- ❑ Duża dokładność dawki

Wytwarzanie warstwy dwutlenku krzemu SiO_2



1. Utlenianie

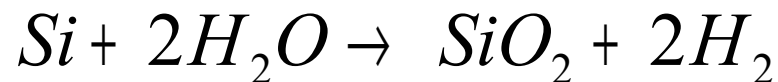
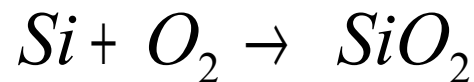


- Termiczne w suchym tlenie
- Termiczne w parze wodnej



Utlenianie podłoża

- ❑ Temperatura 950 - 1150°C
- ❑ Zużywane podłoże (44% grubości tlenku)
- ❑ Szybkość zależy do ciśnienia i temperatury
- ❑ Suche lub mokre:





2. Nakładanie warstwy tlenku

Tlenki pasywujące i zabezpieczające można otrzymać tylko metodą nakładania



Reakcja chemiczna w atmosferze gazowej



Nanoszenie nowych warstw

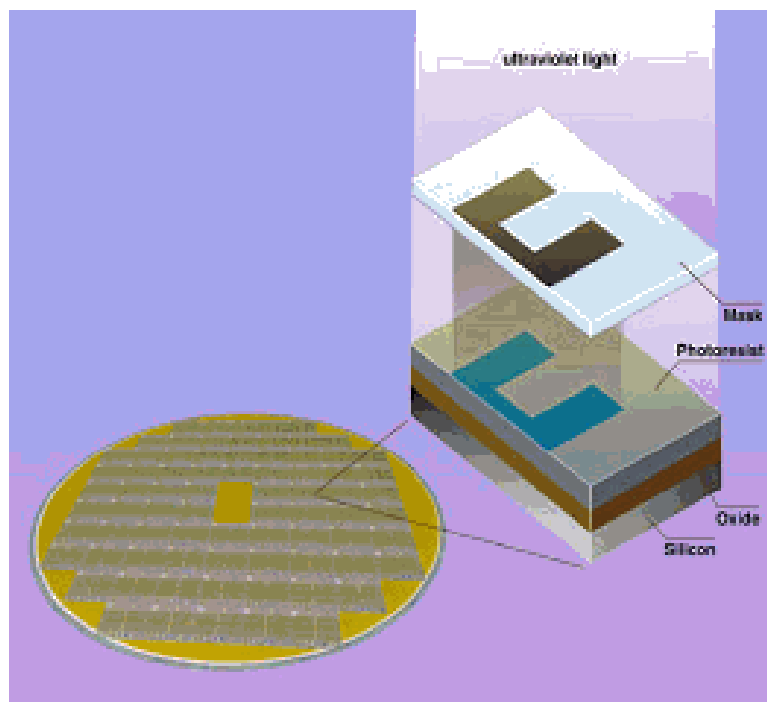
Metodami osadzania wytwarza się warstwy

- dielektryczne,
- monokrystaliczne,
- polikrystaliczne
- warstwy metali trudno topliwych.

- Chemical Vapor Deposition (CVD)
 - Low Pressure CVD
 - Plasma Enhanced CVD
- Physical Vapor Deposition (PVD)
 - Evaporation
 - Sputtering

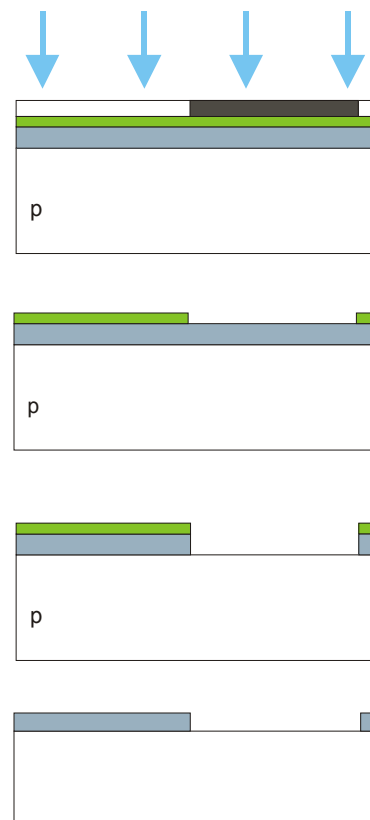
Maskowanie i litografia

polega na «przekopiowaniu» na powierzchni płytki motywu przedstawiającego każdy poziom maski



Fotolitografia (rzeźbienie światłem)

- Pokrycie płytki krzemowej równomierną warstwą fotorezystu
- Naświetlenie
- Rozpuszczenie obszaru naświetlonego lub nienaświetlonego
- Operacje technologiczne na odkrytych obszarach
- Usunięcie utwardzonego fotorezystu

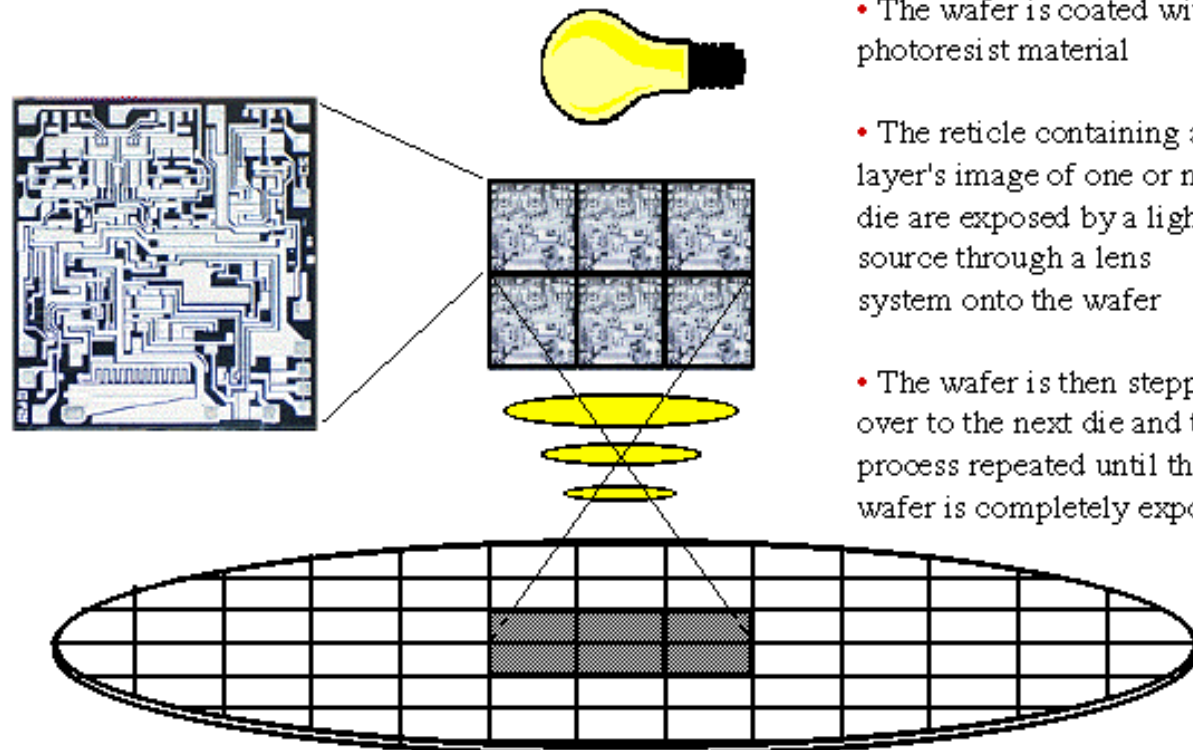


Typy litografii

- Optyczna (praktycznie ultrafiolet)
(0.3- 0.4 μm)
- Rentgenowska (*promienie X o małej energii*)
(1- 100 Angstroem)
- Elektronowa (*strumień elektronów*) (dł. fali dla energii
10keV - 1Angstroem)
- ✦ Jonowa (strumień jonów)



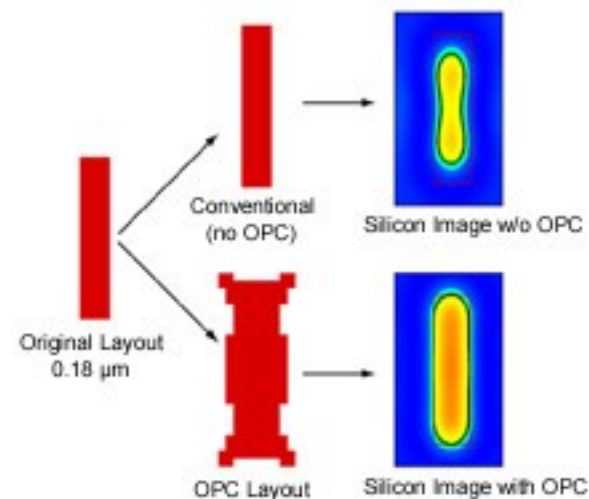
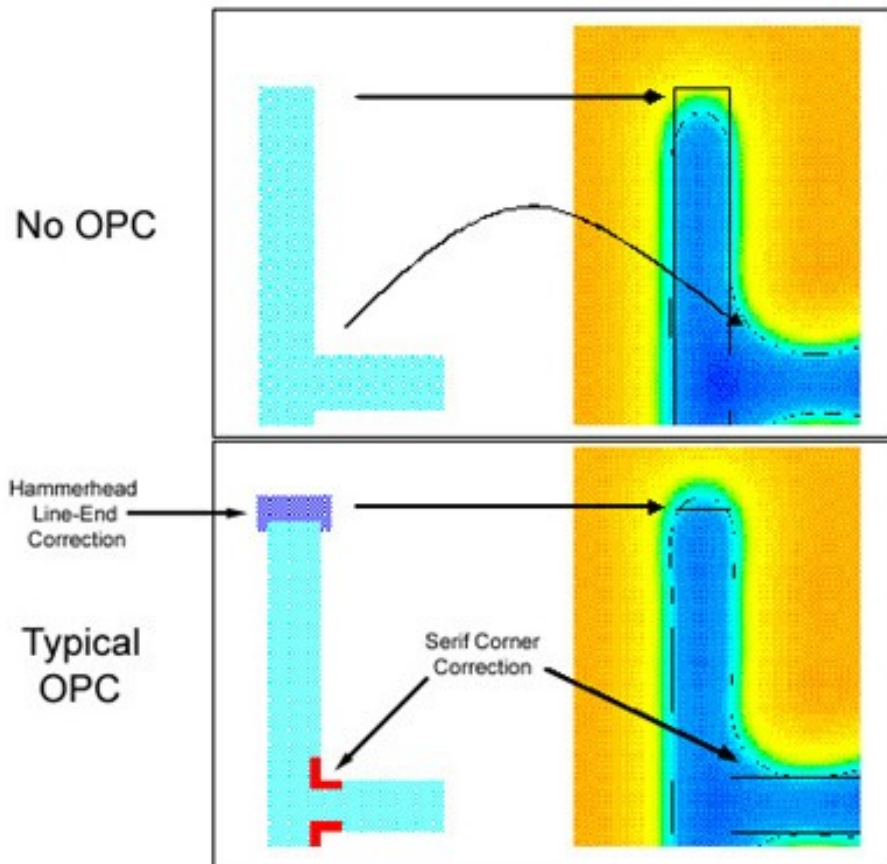
Photolithography Process



- The wafer is coated with photoresist material
- The reticle containing a layer's image of one or more die are exposed by a light source through a lens system onto the wafer
- The wafer is then stepped over to the next die and the process repeated until the wafer is completely exposed

Optical Proximity Correction

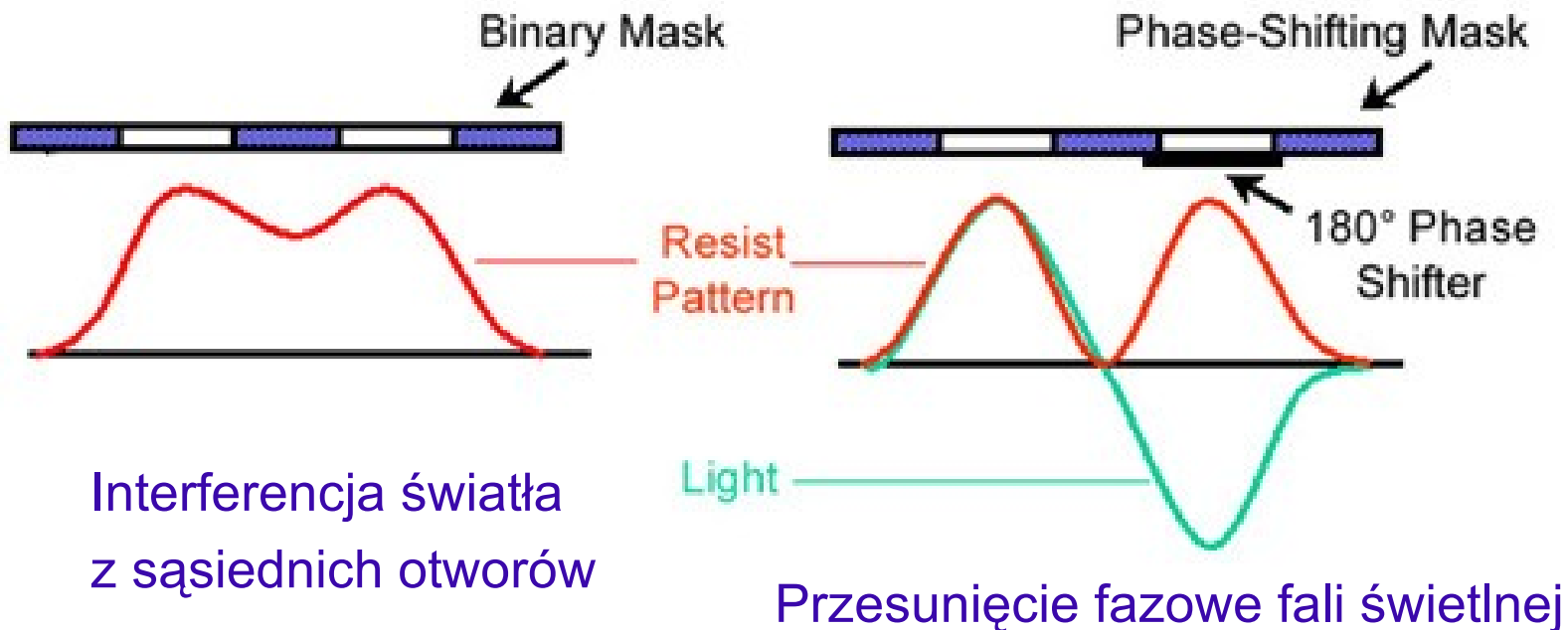
korekcja gęstości optycznej wiązki



Źródło: Numerical Technologies <http://www.numeritech.com>

Maski wielofazowe

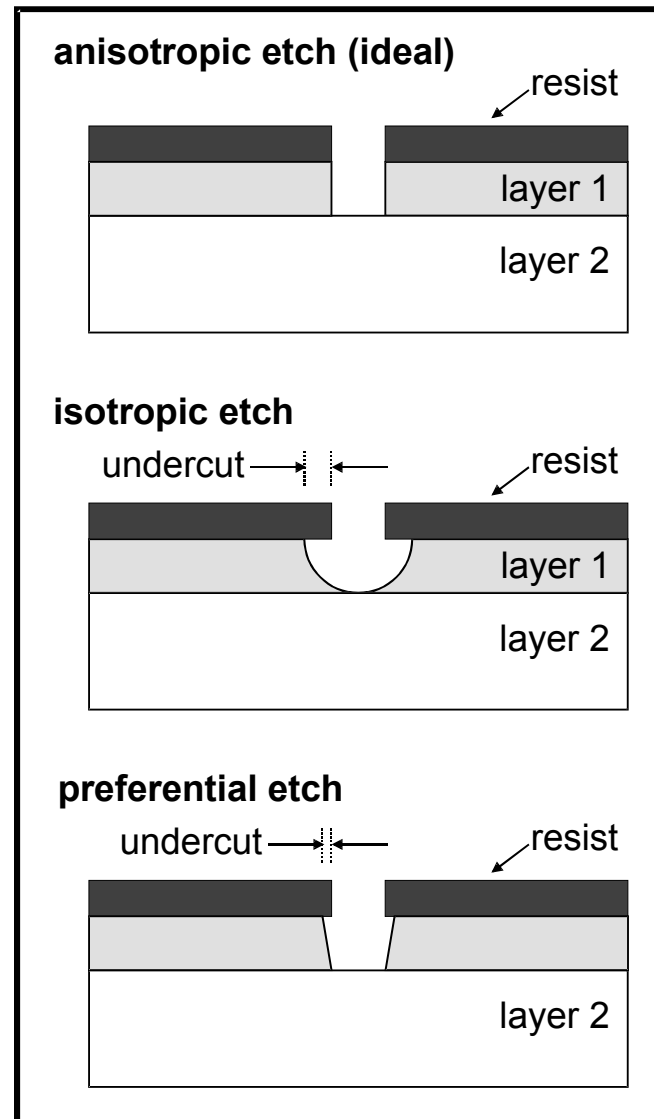
zwiększanie rozdzielczości odwzorowania cd.



Źródło: Numerical Technologies <http://www.numeritech.com>

Trawienie

- Usuwanie niezabezpieczonego materiału
- Występuje we wszystkich kierunkach
- Wytrawianie poziome powoduje powstawanie podtrawień (*under cut*)
- Uprzywilejowany kierunek minimalizuje podtrawienia



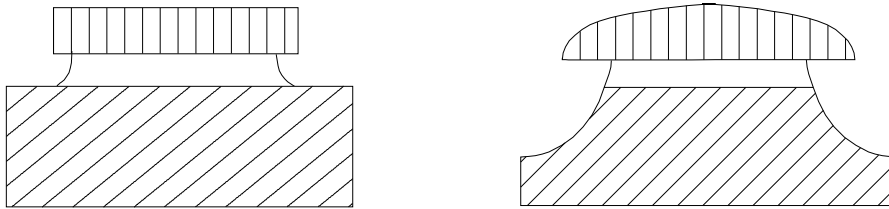


Trawienie - techniki

- Trawienie mokre – użycie odczynników chemicznych do usunięcia zbędnego materiału
- Trawienie suche lub w plazmie użycie zjonizowanych gazów aktywnych wspomaganych przez wytworzoną plazmą
 - Zalety trawienia suchego:
 - Wysoka rozdzielczość
 - Wysoka anizotropia

Parametry trawienia

selektywność - zdolność do wybiórczego trawienia jednego materiału bez szkody dla innych materiałów znajdujących się na tej samej płytce



anizotropowość - znacznie większa szybkość trawienia w jednym, wyróżnionym kierunku



← zapewnia większą wierność w odwzorowywaniu kształtów