



ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ  
Εθνικόν και Καποδιστριακόν  
Πανεπιστήμιον Αθηνών

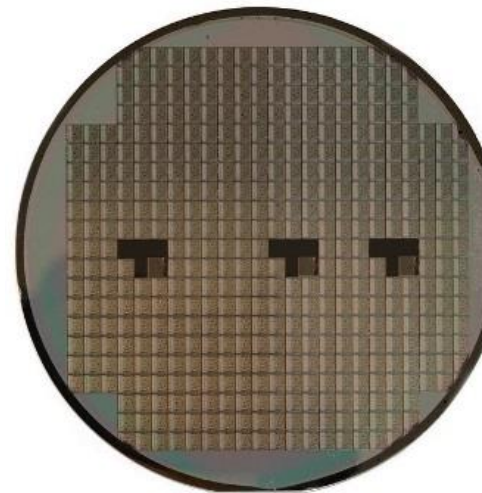
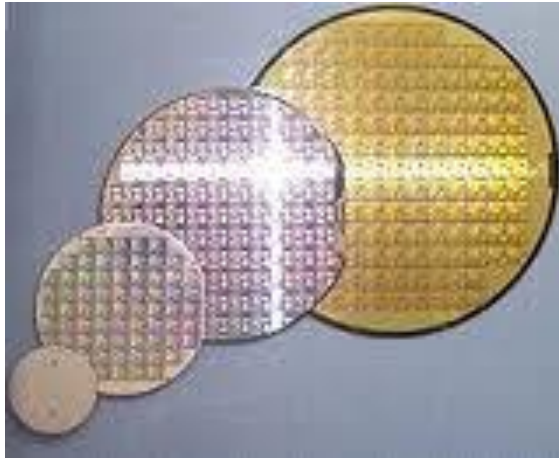
# Σχεδίαση Ολοκληρωμένων Κυκλωμάτων

Ενότητα Α-Κεφάλαιο 2: Ανάπτυξη κρυστάλλων-  
προετοιμασία δισκίων-επιταξία

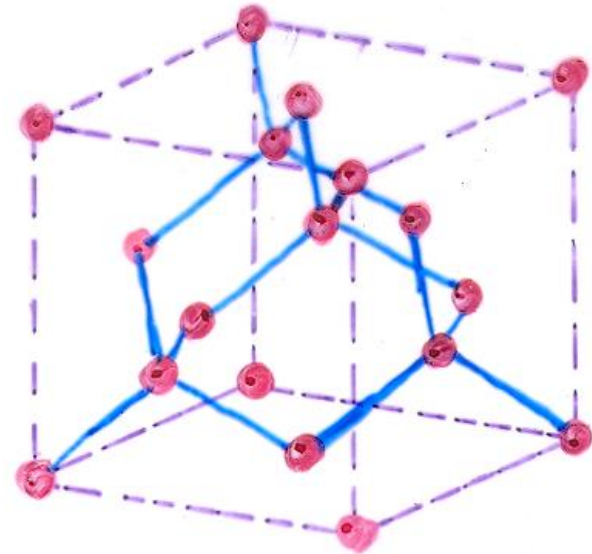
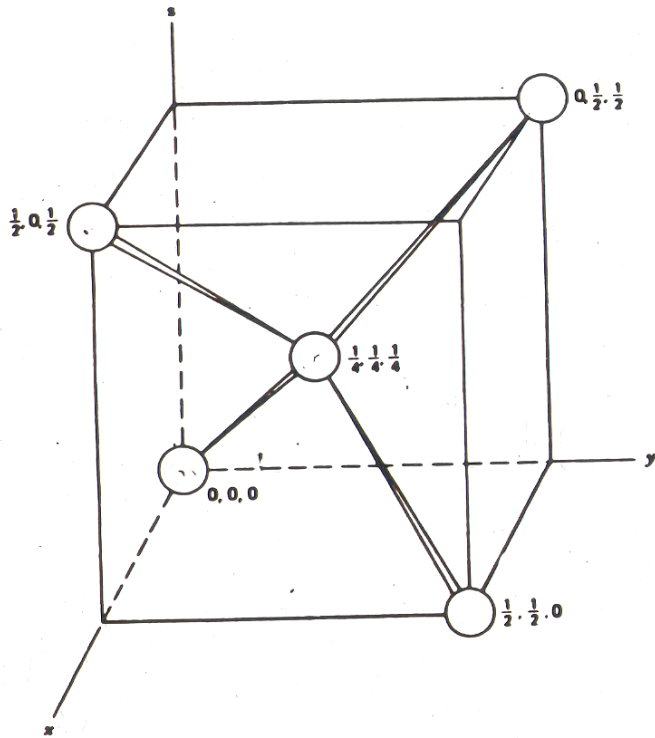
Αγγελική Αραπογιάννη

Τμήμα Πληροφορικής και Τηλεπικοινωνιών

# Το υπόστρωμα



# Η κρυσταλλική δομή του Si



# Ατέλειες στους κρυστάλλους (1από2)

## Σημειακές ατέλειες

$$n_s = N \exp\left(\frac{-E_s}{kT}\right)$$

Ατέλειες Schottky

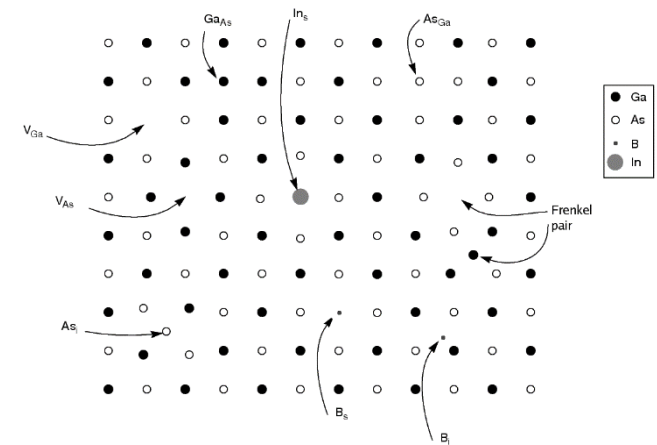
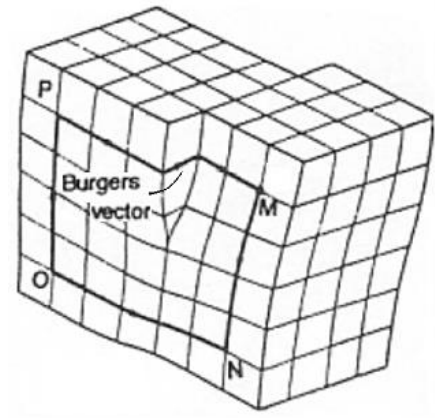
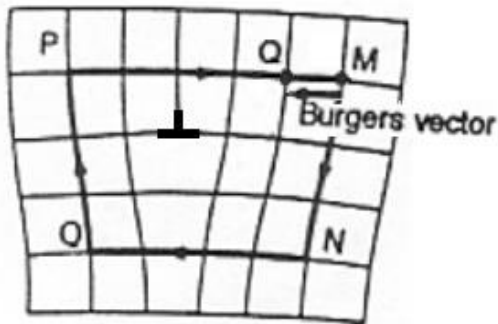
$$n_F = \sqrt{NN'} \exp\left(\frac{-E_F}{2kT}\right)$$

Ατέλειες Frenkel

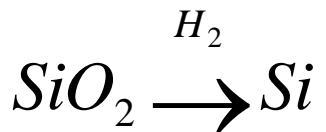


# Ατέλειες στους κρυστάλλους (2από2)

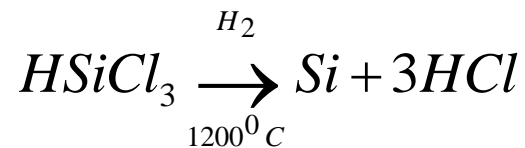
## Εκτεταμένες ατέλειες



# Καθαρισμός του πυριτίου

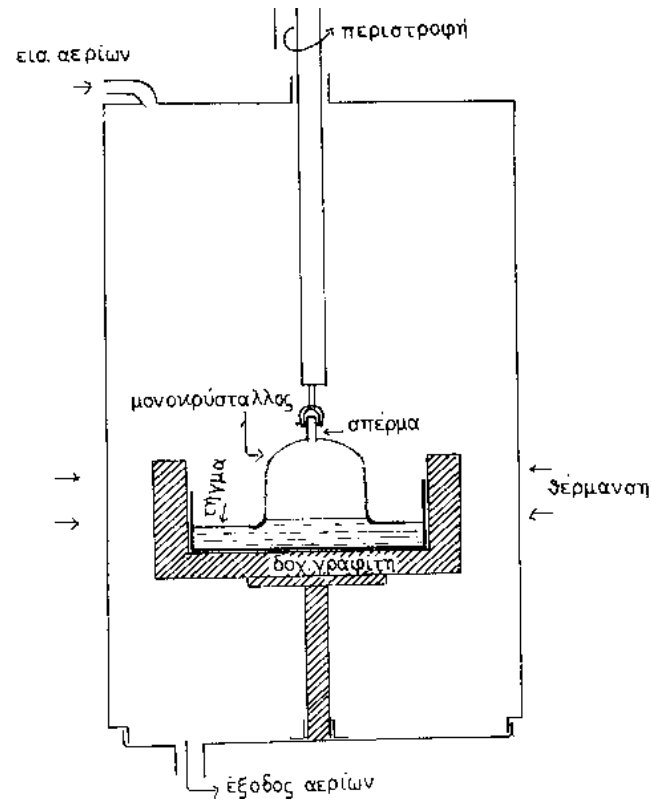


Si μεταλλουργικής ποιότητας με  
καθαρότητα 98%



# Ανάπτυξη μονοκρυστάλλων πυριτίου (1 από 3)

Η μέθοδος Czochralski



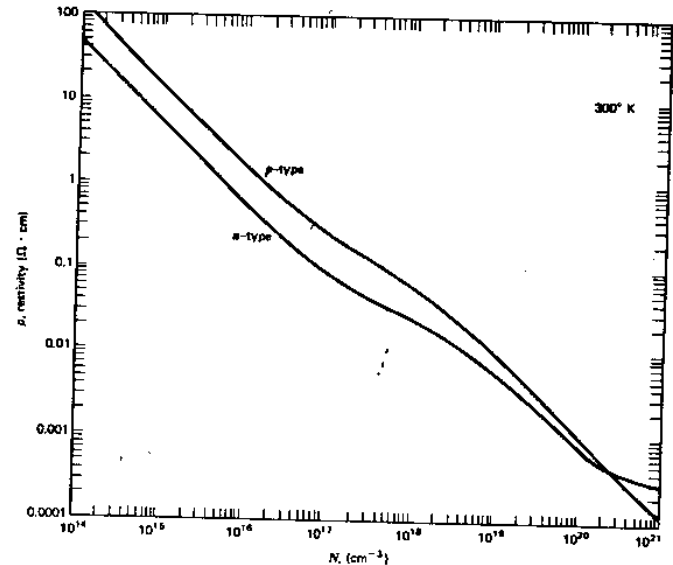
ΣΧ. 2.2. Η συσκευή παραγωγής κρυστάλλων

# Ανάπτυξη μονοκρυστάλλων πυριτίου (2 από 3)

Πίνακας 2.1.

Συντελεστές διαχωρισμού των προσμίξεων  
αντιμετάστασης στο Si

στοιχείο	k
B	0.80
Al	0.0020
Ga	0.0080
In	0.0004
P	0.35
As	0.30
Sb	0.023



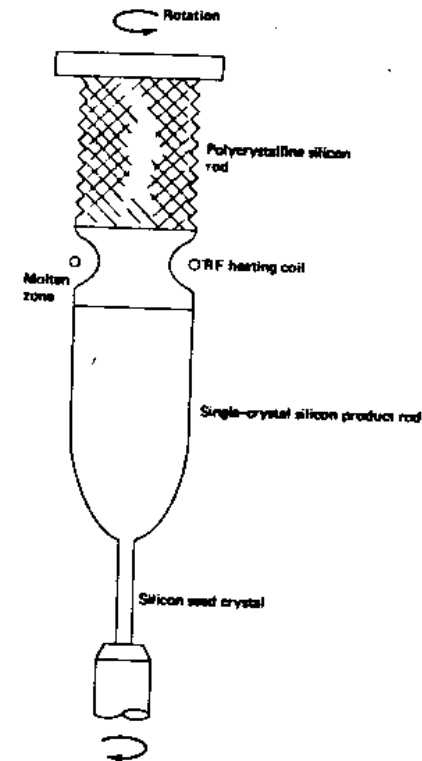
Σχ.2.3. Η ειδική αντίσταση σαν συνάρτηση της συγκέντρωσης προσμύξεων στο πυρίτιο στους 300°K.

$$N_S \left( \frac{x}{l} \right) = k \cdot N_{LO} \cdot \left( 1 - \frac{x}{l} \right)^{k-1}$$



# Ανάπτυξη μονοκρυστάλλων πυριτίου (3από3)

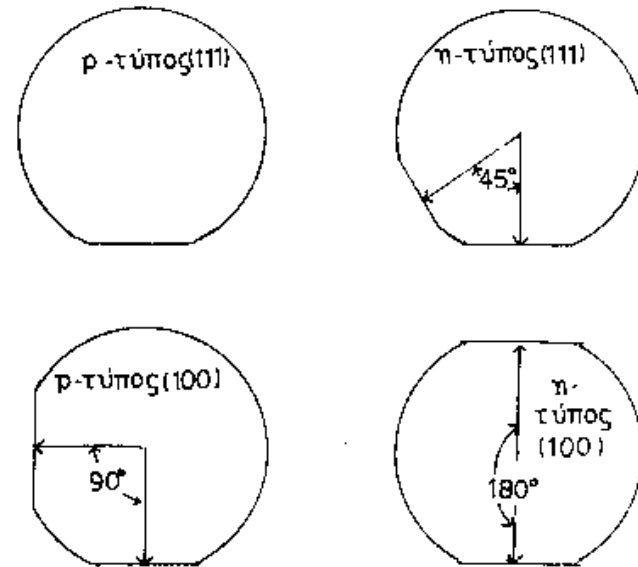
Η μέθοδος Κινητής Ζώνης  
(Float Zone)



Σχ.2.4. Η συσκευή ανάπτυξης κρυστάλλων με τη μέθοδο κινητής ζώνης.

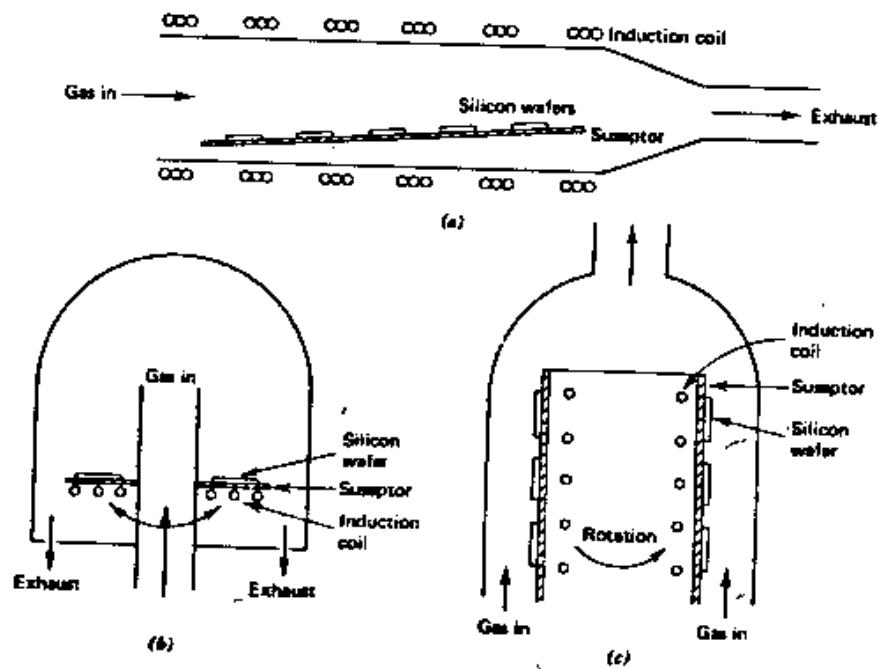
# Προετοιμασία Πλακετών (Δισκίων)

- 1) Καθορισμός της διαμέτρου.
- 2) Προσανατολισμός.
- 3) Κοπή των δισκίων.
- 4) Etching.
- 5) Τελικό γυάλισμα και καθάρισμα.



ΣΧ.25. Εγκοπές προσανατολισμού των δισκίων Si

# Επιταξία



Σχ.2.6. Τρεις τύποι αντιδραστήρων για επιταξία.

# Καθαρός χώρος



# Τέλος Ενότητας



Ευρωπαϊκή Ένωση  
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



# Χρηματοδότηση

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό έχει αναπτυχθεί στο πλαίσιο του εκπαιδευτικού έργου του διδάσκοντα.
- Το έργο «**Ανοικτά Ακαδημαϊκά Μαθήματα στο Πανεπιστήμιο Αθηνών**» έχει χρηματοδοτήσει μόνο την αναδιαμόρφωση του εκπαιδευτικού υλικού.
- Το έργο υλοποιείται στο πλαίσιο του Επιχειρησιακού Προγράμματος «Εκπαίδευση και Δια Βίου Μάθηση» και συγχρηματοδοτείται από την Ευρωπαϊκή Ένωση (Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο) και από εθνικούς πόρους.



Σημειώματα

# Σημείωμα Ιστορικού Εκδόσεων Έργου

Το παρόν έργο αποτελεί την έκδοση 1.0.





# Σημείωμα Αναφοράς

Copyright Εθνικών και Καποδιστριακών Πανεπιστημίων Αθηνών, Αραπογιάννη Αγγελική 2014. «Σχεδίαση Ολοκληρωμένων Κυκλωμάτων. Ενότητα Α-Κεφάλαιο 2: Ανάπτυξη κρυστάλλων-προετοιμασία δισκίων-επιταξία.».  
Έκδοση: 1.0. Αθήνα 2014. Διαθέσιμο από τη δικτυακή διεύθυνση:  
<http://opencourses.uoa.gr/courses/DI31/>



# Σημείωμα Αδειοδότησης

Το παρόν υλικό διατίθεται με τους όρους της άδειας χρήσης Creative Commons Αναφορά, Μη Εμπορική Χρήση Παρόμοια Διανομή 4.0 [1] ή μεταγενέστερη, Διεθνής Έκδοση. Εξαιρούνται τα αυτοτελή έργα τρίτων π.χ. φωτογραφίες, διαγράμματα κ.λ.π., τα οποία εμπεριέχονται σε αυτό και τα οποία αναφέρονται μαζί με τους όρους χρήσης τους στο «Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων».



[1] <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

Ως **Μη Εμπορική** ορίζεται η χρήση:

- που δεν περιλαμβάνει άμεσο ή έμμεσο οικονομικό όφελος από την χρήση του έργου, για το διανομέα του έργου και αδειοδόχο
- που δεν περιλαμβάνει οικονομική συναλλαγή ως προϋπόθεση για τη χρήση ή πρόσβαση στο έργο
- που δεν προσπορίζει στο διανομέα του έργου και αδειοδόχο έμμεσο οικονομικό όφελος (π.χ. διαφημίσεις) από την προβολή του έργου σε διαδικτυακό τόπο

Ο δικαιούχος μπορεί να παρέχει στον αδειοδόχο ξεχωριστή άδεια να χρησιμοποιεί το έργο για εμπορική χρήση, εφόσον αυτό του ζητηθεί.



# Διατήρηση Σημειωμάτων

Οποιαδήποτε αναπαραγωγή ή διασκευή του υλικού θα πρέπει να συμπεριλαμβάνει:

- το Σημείωμα Αναφοράς
- το Σημείωμα Αδειοδότησης
- τη δήλωση Διατήρησης Σημειωμάτων
- το Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (εφόσον υπάρχει)

μαζί με τους συνοδευόμενους υπερσυνδέσμους.



# Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (1 από 2)

Το Έργο αυτό κάνει χρήση των ακόλουθων έργων:

- Εικόνα 1: See page for author [**GFDL** (<http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html>) or **CC-BY-SA-3.0** (<http://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/>)], via Wikimedia Commons. Retrieved from :  
[https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/d/d7/Wafer\\_2\\_Zoll\\_bis\\_8\\_Zoll\\_2.jpg](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/d/d7/Wafer_2_Zoll_bis_8_Zoll_2.jpg)
- Εικόνα 2: By Inductiveload (Own work) [**Public domain**], via Wikimedia Commons. Retrieved from :  
[https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/e/e2/Silicon\\_wafer.jpg](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/e/e2/Silicon_wafer.jpg)
- Εικόνες 5,6: By Javier Bartolomé Vílchez (Autor de la imagen original: David Gabriel García Andrade) (Modificación de una imagen subida al Commons) [**GFDL** (<http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html>) or **CC-BY-SA-3.0** (<http://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/>)], via Wikimedia Commons. Retrieved from:  
[https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/5/57/Vector\\_de\\_Burgers.PN](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/5/57/Vector_de_Burgers.PN)

G



# Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (2 από 2)

Το Έργο αυτό κάνει χρήση των ακόλουθων έργων:

- Εικόνα7: By Knordlun at en.wikipedia (Transferred from en.wikipedia) [*Public domain*], from Wikimedia Commons. Retrieved from:  
<https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/1/11/Compounddefects.png>
- Εικόνες 8,9,10,12: Original image from: R. Colclaser. *Microelectronics Processing and Device Design*. New York, NY: John Wiley & Sons, 1980.
- Εικόνα 13: O. Usher (UCL MAPS) [**CC BY 2.0** (http://creativecommons.org/licenses/by/2.0)], μέσω των Wikimedia Commons. Retrieved from:  
[https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/2/28/Photolithography\\_lab\\_in\\_the\\_LCN\\_cleanroom.jpg](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/2/28/Photolithography_lab_in_the_LCN_cleanroom.jpg)

