



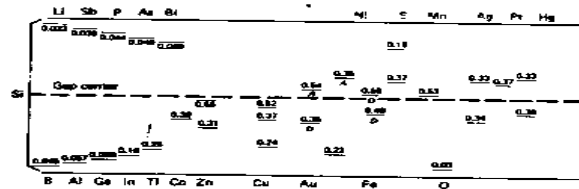
ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ
Εθνικόν και Καποδιστριακόν
Πανεπιστήμιον Αθηνών

Σχεδίαση Ολοκληρωμένων Κυκλωμάτων

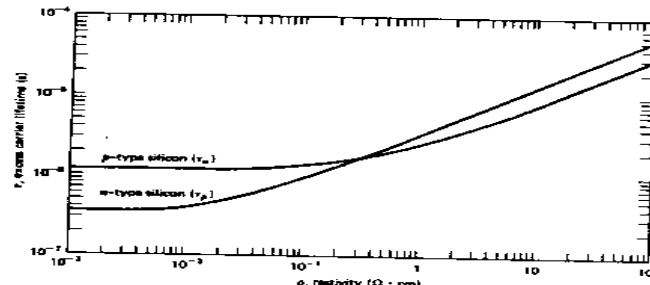
Ενότητα Α-Κεφάλαιο 4: Διάχυση και εμφύτευση
Ιόντων

Αγγελική Αραπογιάννη
Τμήμα Πληροφορικής και Τηλεπικοινωνιών

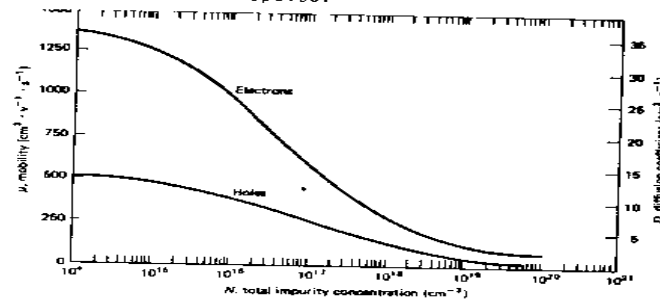
Εισαγωγή προσμίξεων (1από2)



Σχ.4.1. Ενδογενικές στάθμες των κυριότερων προσμίξεων, μέσα στο ενεργειακό χρώμα του πυριτίου.



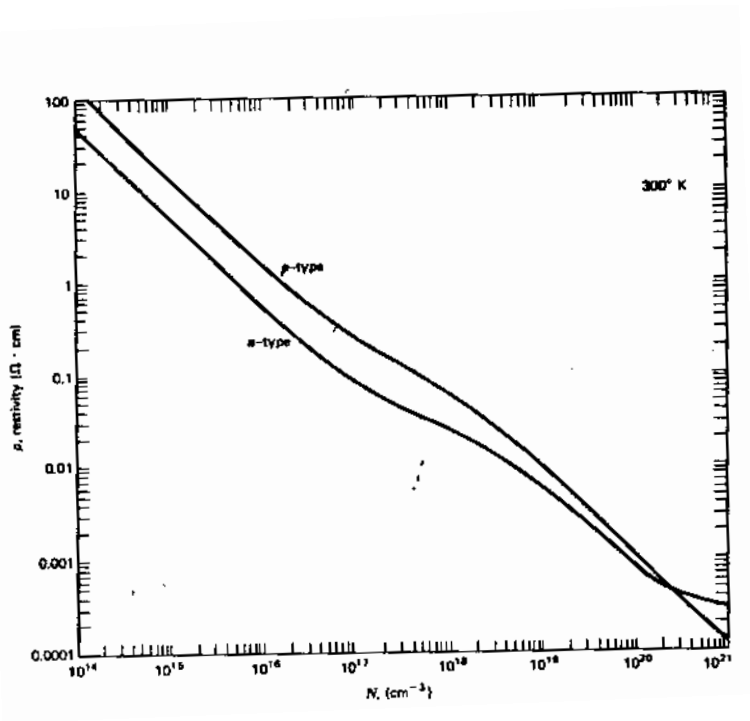
Σχ.4.2. Χρόνος ζωής του πλεονάζοντος φορέων, σαν συνάρτηση της ειδικής αντίστασης στο πυρίτιο.



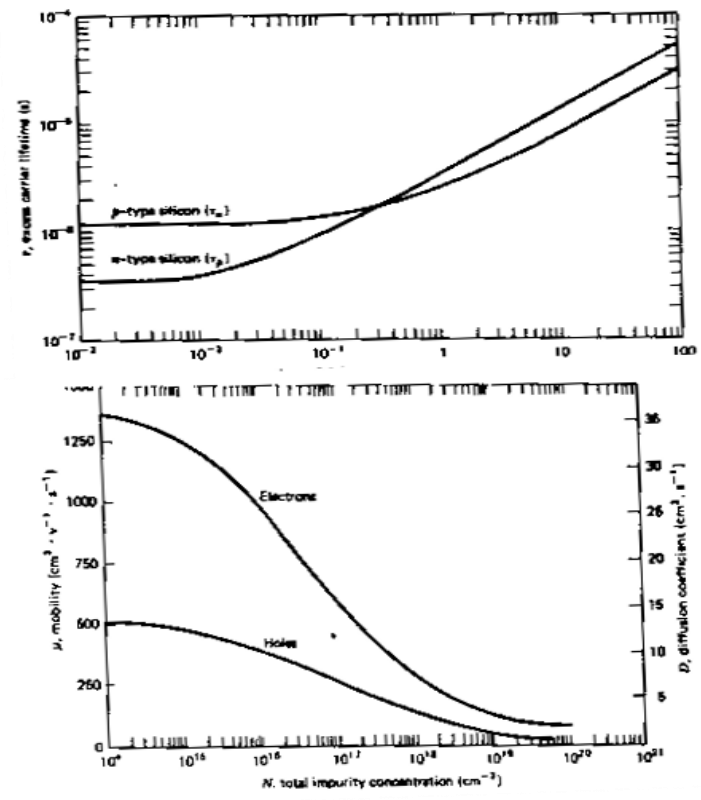
Σχ.4.3. Ταχύτητα φορέων και συντελεστής διάχυσης σαν συνάρτηση της ολικής συγκέντρωσης προσμίξεων στο πυρίτιο σταθς 300°K.

Εισαγωγή προσμίξεων (2από2)

Ειδική αντίσταση



Ευκνησία φορέων



Το μοντέλο της Διάχυσης (1από2)

Ο πρώτος νόμος του Fick

$$J_N = -D \frac{\partial N}{\partial x}$$

Ο δεύτερος νόμος του Fick

$$\frac{\partial N}{\partial t} = -\frac{\partial J_N}{\partial x}$$

$$\left. \begin{array}{l} J_N = -D \frac{\partial N}{\partial x} \\ \frac{\partial N}{\partial t} = -\frac{\partial J_N}{\partial x} \end{array} \right\} \frac{\partial N}{\partial t} = -\frac{\partial}{\partial x} \left(-D \frac{\partial N}{\partial x} \right)$$

$$\frac{\partial N}{\partial t} = D \frac{\partial^2 N}{\partial x^2}$$

Διάχυση σταθερής πηγής

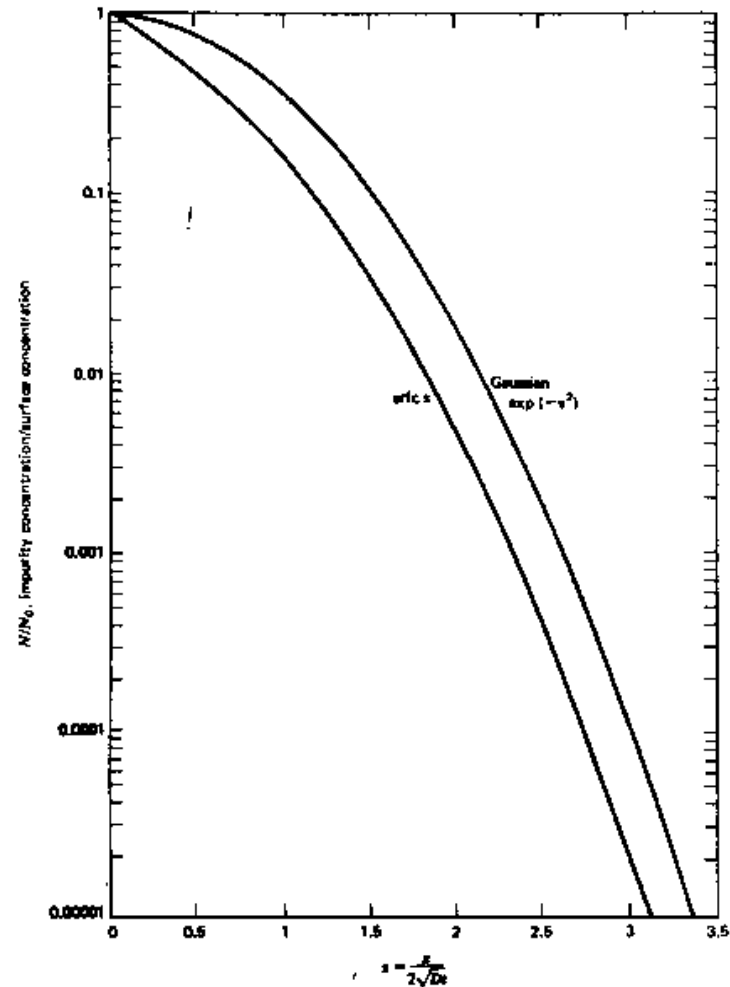
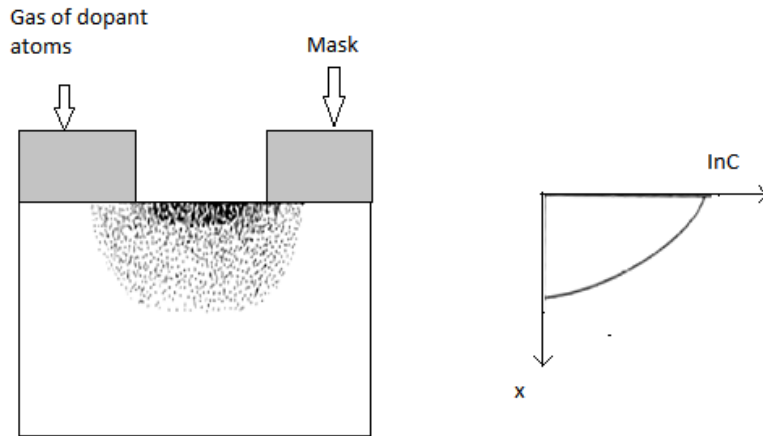
$$N(x, t) = N_0 \operatorname{erfc} \left(\frac{x^2}{4Dt} \right)^{1/2}$$

Διάχυση περιορισμένης πηγής

$$N(x, t) = \left[\frac{Q}{(\pi Dt)^{1/2}} \right] \exp \left(-\frac{x^2}{4Dt} \right)$$



Το μοντέλο της Διάχυσης (2από2)



Σχ.4.4. Συμπληρωματική συνάρτηση σφάλματος και Γκαουσιανή κατανομή.

Η πρακτική διαδικασία της διάχυσης

Προαπόθεση

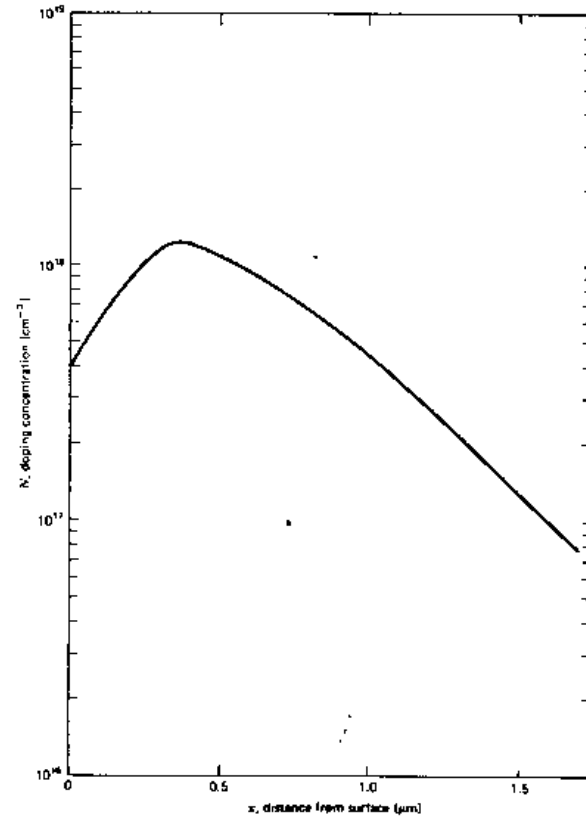
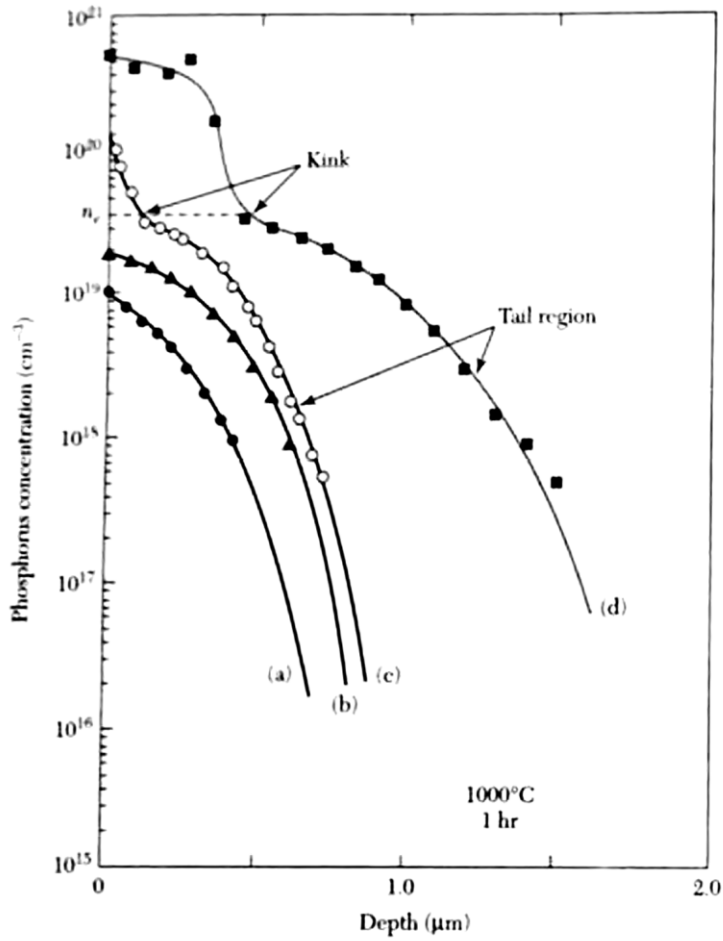
$$Q = 2N_{01} \left(\frac{D_1 t_1}{\pi} \right)^{1/2}$$

Ανακατανομή

$$N(x, t_1, t_2) = \left(\frac{2N_{01}}{\pi} \right) \left(\frac{D_1 t_1}{D_2 t_2} \right)^{1/2} \exp \left(- \frac{x^2}{4D_2 t_2} \right)$$

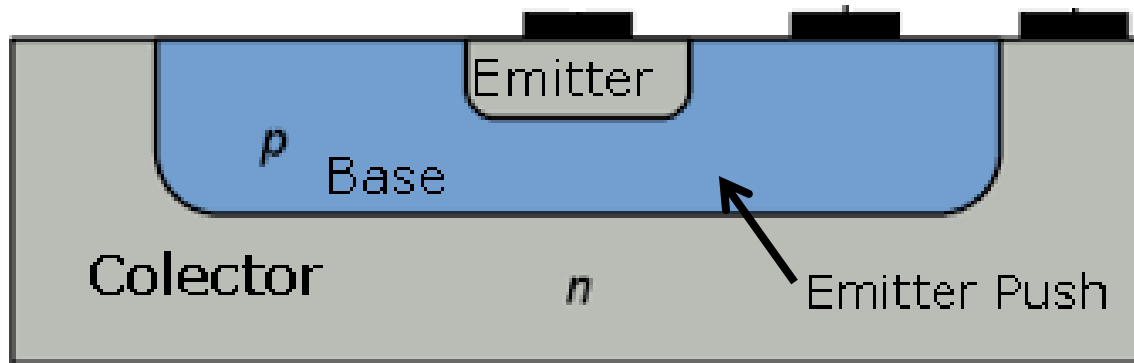


Οξείδωση κατά τη Διάχυση

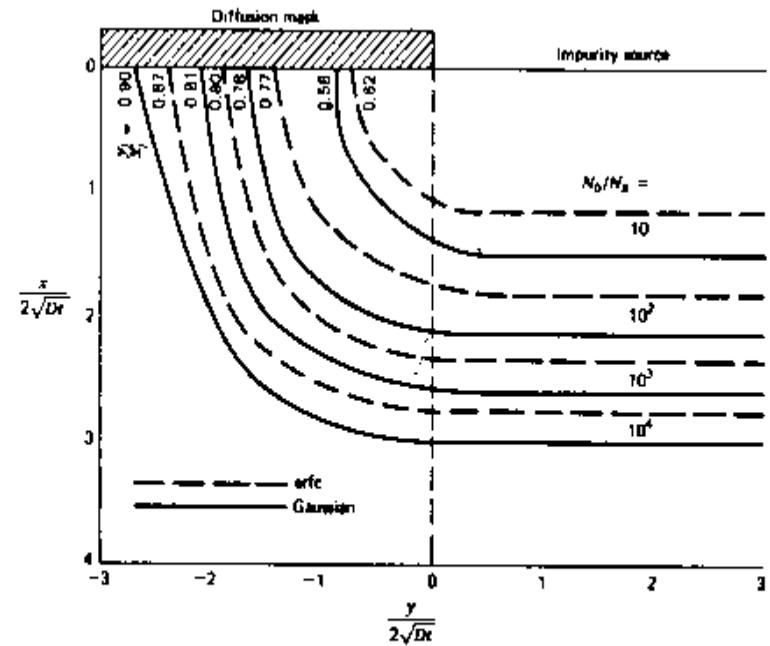
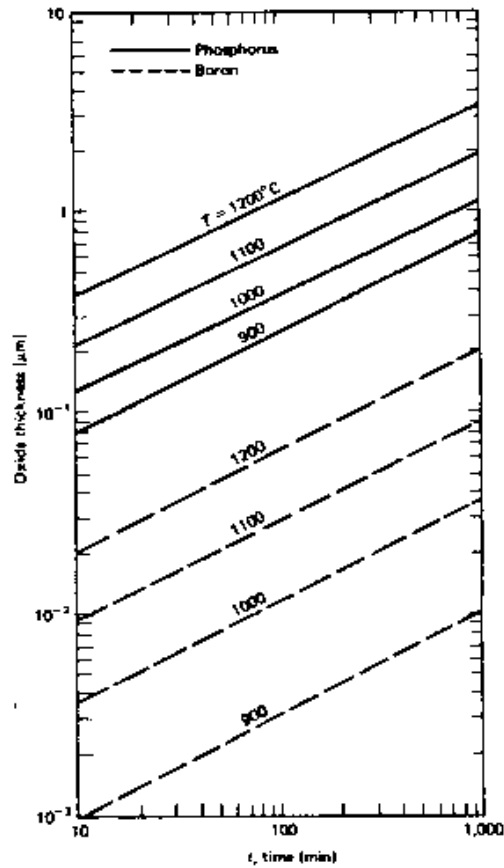


Σχ.4.5. Ανακατανομή μιας Γκαουσιανής προσμίξεων διάχυσης Βαρίου μετά από οξείδωση.

Διαδοχικές Διαχύσεις



Μάσκες Διάχυσης

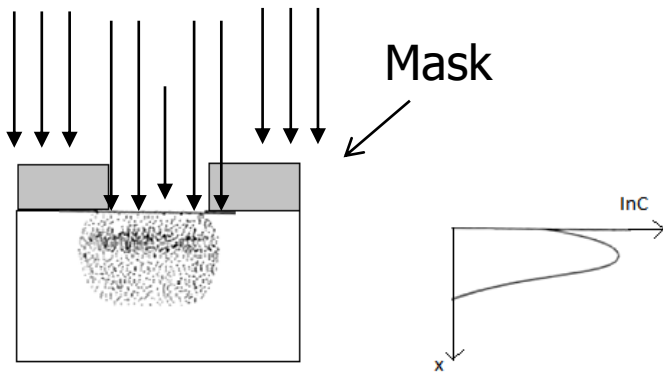


Σχ.4.7. Πλευρική διάχυση.

χ.4.6. Ελάχιστο πάχος οξειδίου που απαιτείται σαν μάσκα διάχυσης του Φωσφόρου και του Βορίου.

Εμφύτευση Ιόντων-Το μοντέλο της Εμφύτευσης

High-velocity dopant ions

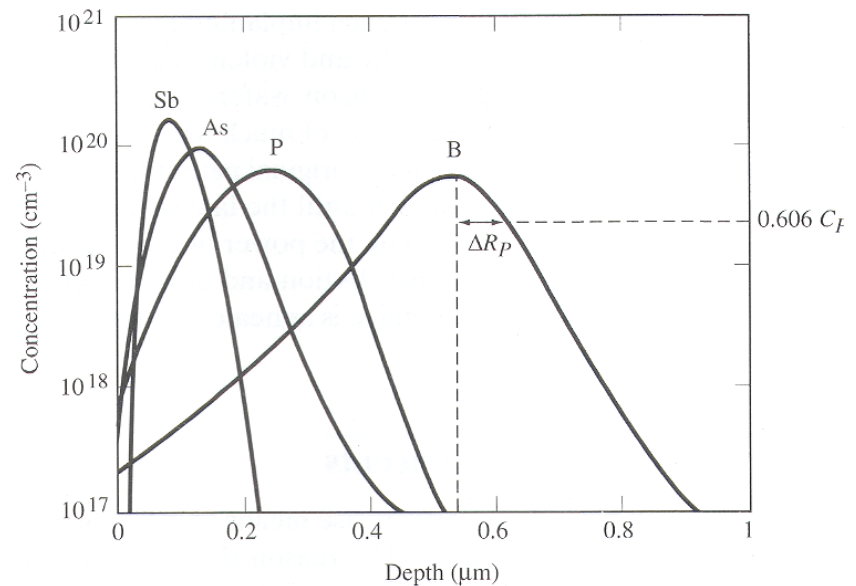


$$N(x) = N_p \exp \left[-\frac{(x - R_p)^2}{2\Delta R_p^2} \right]$$

A) Κρούσεις των ιόντων με τους πυρήνες ή τα ηλεκτρονικά νέφη των ατόμων του κρυστάλλου.

B) Άμορφο υπόστρωμα.

Γ) Μέση και όχι ολική διαδρομή των ιόντων.

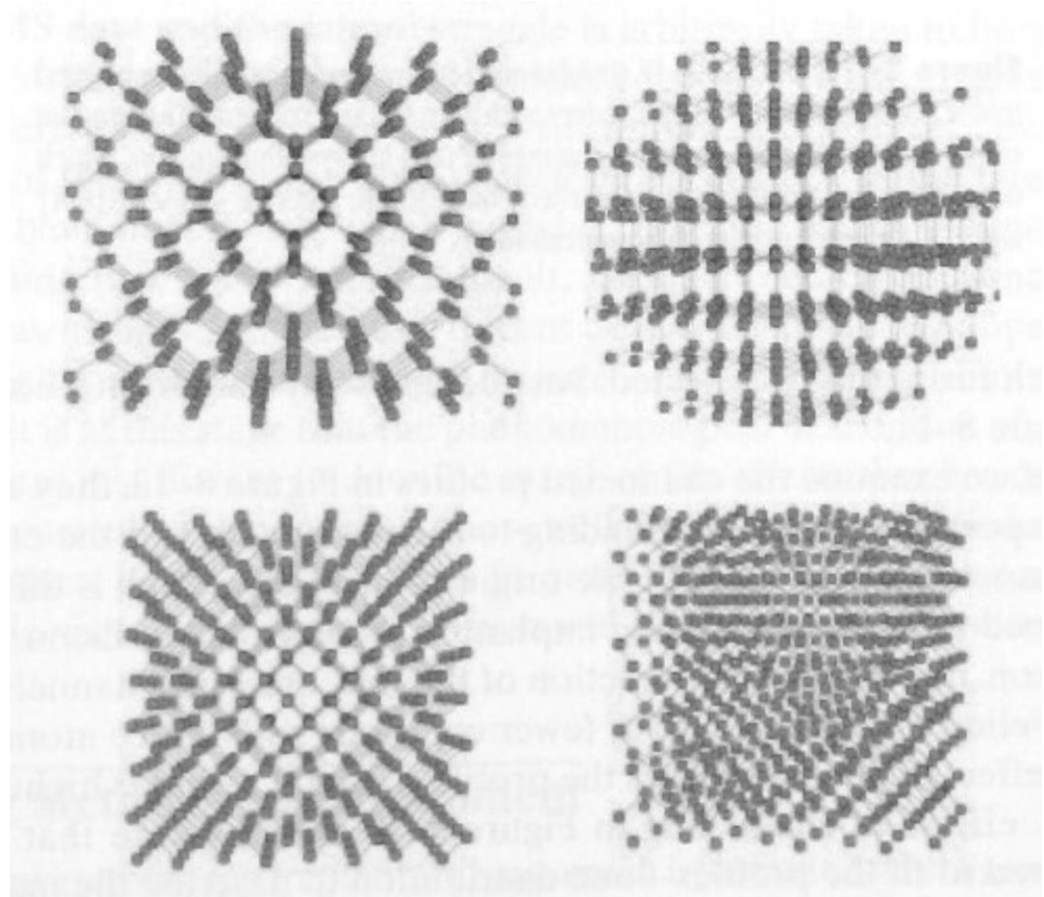


Το μοντέλο της Εμφύτευσης (1από3)

A) Κρούσεις των ιόντων με τους πυρήνες ή τα ηλεκτρονικά νέφη των ατόμων του κρυστάλλου.

B) Άμορφο υπόστρωμα.

Γ) Μέση και όχι ολική διαδρομή των ιόντων.



Το μοντέλο της Εμφύτευσης (2από3)

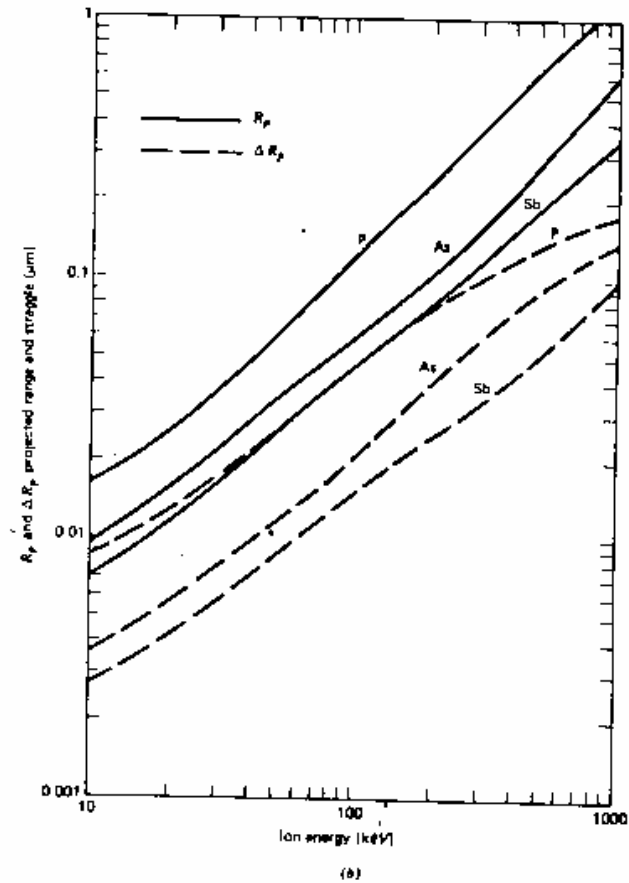
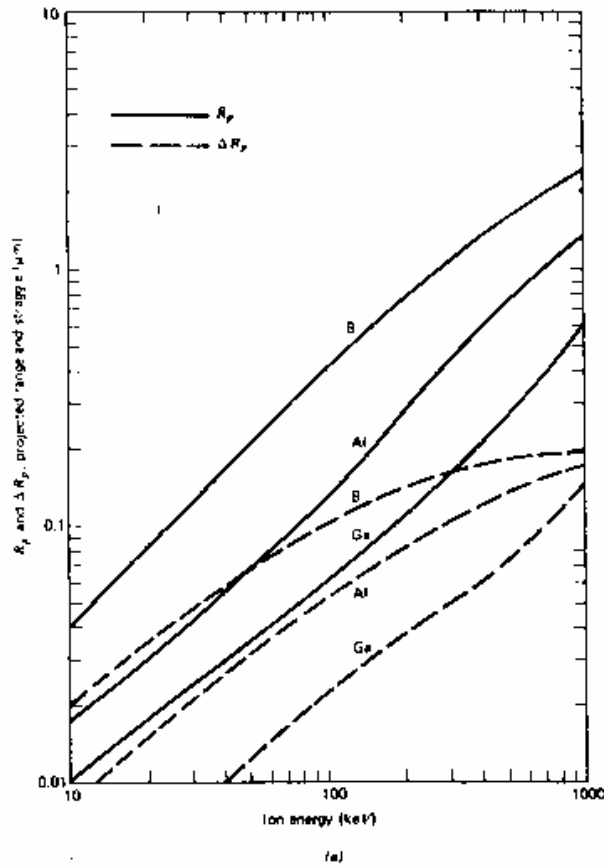
$$N(x) = N_p \exp\left[-\frac{(x - R_p)^2}{2\Delta R_p^2}\right]$$

$N(s)/N_p$	1	0,5	0,1	0,01	0,001	0,0001
$X=R_p x$	0	$1,2\Delta R_p$	$2\Delta R_p$	$3\Delta R_p$	$3,7\Delta R_p$	$4,3\Delta R_p$

$$N_s = \int_{-\infty}^{+\infty} N(x) dx \Rightarrow N_s = \Delta R_p N_p \sqrt{2\pi} \Rightarrow N_p = \frac{N_s}{\sqrt{2\pi} \cdot \Delta R_p} = \frac{0,4N_s}{\Delta R_p}$$

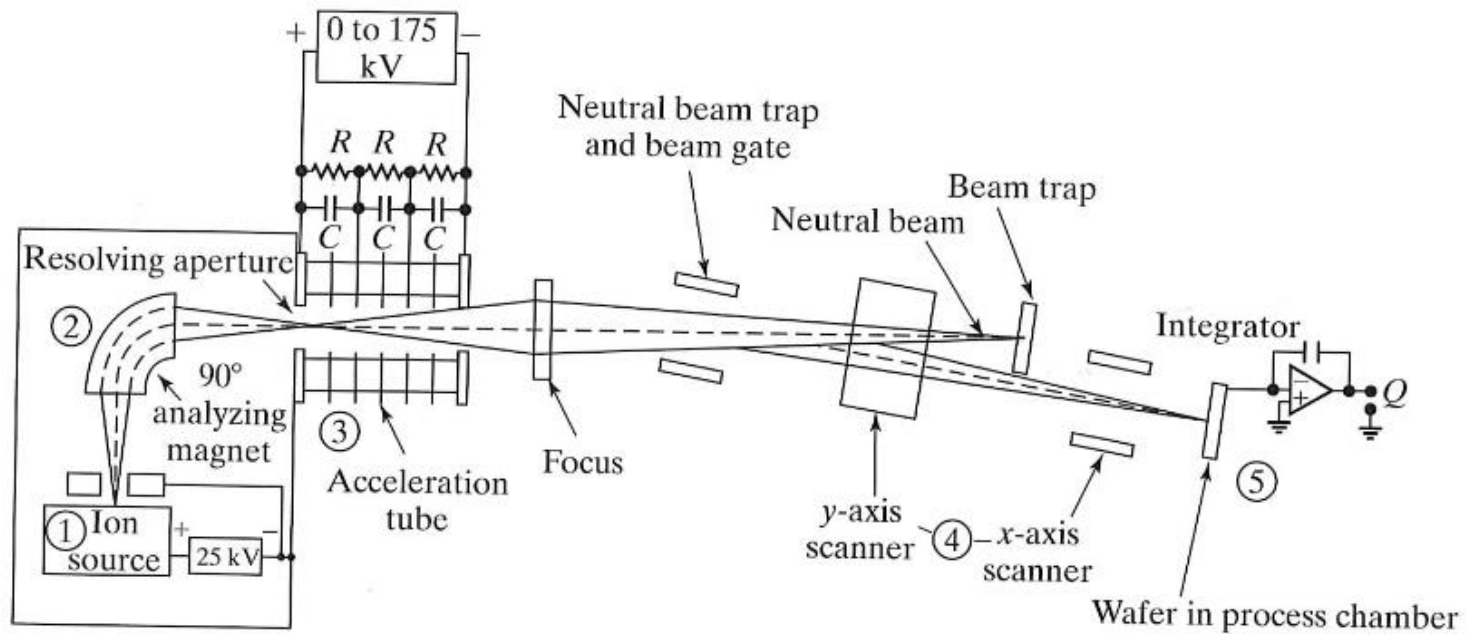


Το μοντέλο της Εμφύτευσης (3από3)



Σχ. 4.8. Οι R_p και ΔR_p σαν συναρτήσεις της ενέργειας εμφύτευσης.

Η συσκευή Εμφύτευσης Ιόντων



Μάσκες για την Εμφύτευση Ιόντων

$N(s)/N_p$	1	0,5	0,1	0,01	0,001	0,0001
$X=R_p x$	0	$1,2\Delta R_p$	$2\Delta R_p$	$3\Delta R_p$	$3,7\Delta R_p$	$4,3\Delta R_p$

$$t_m = R_p + 4.3 \Delta R_p$$

Ανόπτηση μετά την Εμφύτευση Ιόντων

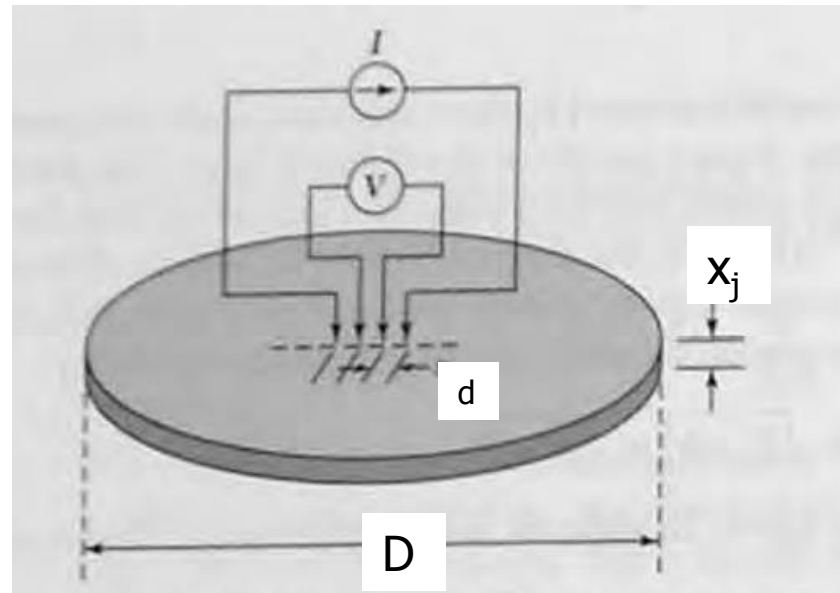
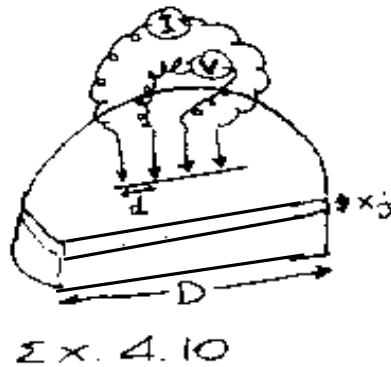


Χαρακτηρισμός της κατανομής προσμίξεων (1 από 3)

Μέτρηση της αντίστασης φύλλου

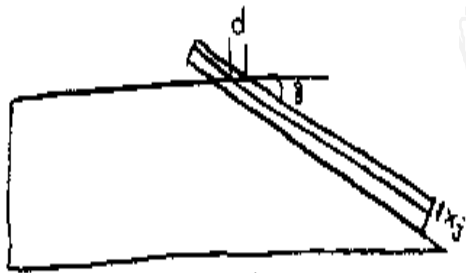
$$R_s = \rho/x_j = (V/I) (\pi/\ln 2) = 4,532 (V/I)$$

για $d \ll D$ και $x_j \ll d$



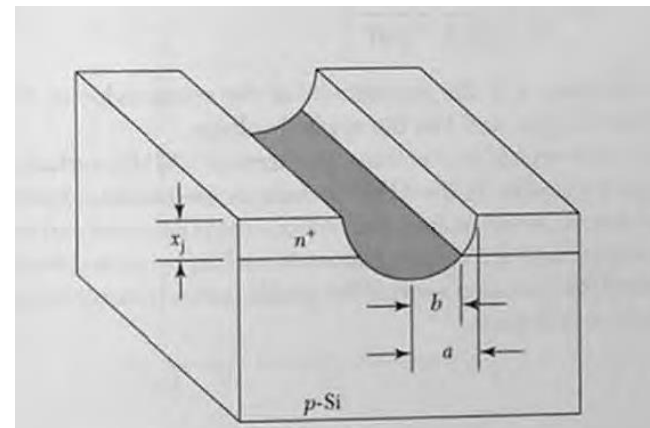
Χαρακτηρισμός της κατανομής προσμίξεων (2από3)

Μέτρηση του βάθους επαφής



Σχ. 4.11

$$d = x_j / \sin\theta$$



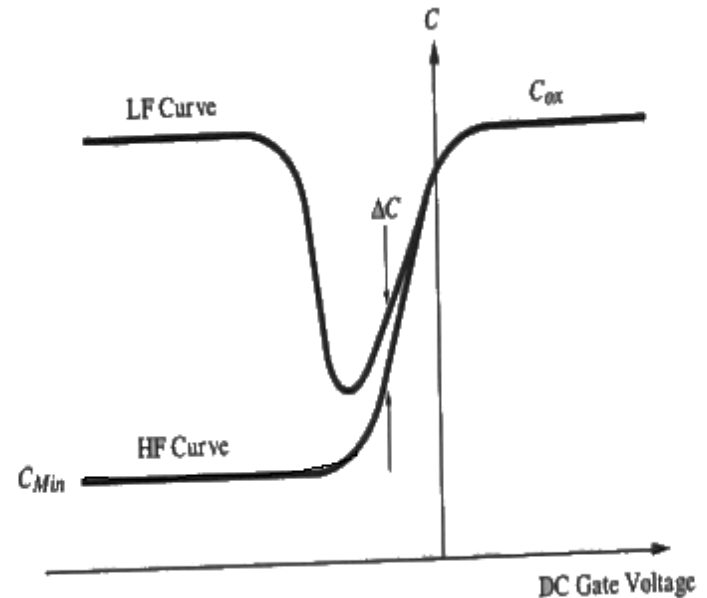
Χαρακτηρισμός της κατανομής προσμίξεων (3 από 3)

Μετρήσεις της κατανομής των προσμίξεων

$$N(x) = (-C^3 / q \epsilon_s A^2) (dC/dV)^{-1}$$

$$x = \epsilon_s A / C$$

$$\Delta V = x \Delta E$$



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 4: Διάχυση και εμφύτευση Ιόντων.». 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

Το Έργο αυτό κάνει χρήση των ακόλουθων έργων:

- Εικόνες 1-3,5-9,11,12,14: Original from: R. Colclaser. *Microelectronics Processing and Device Design*. New York, NY: John Wiley & Sons, 1980.
- Εικόνα 8: Modified. Original: by Matthewbeckler (Own work) [Public domain], via Wikimedia Commons.
https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/e/ed/Npn_bjt_cross_section.svg
- Εικόνα 13: Original from: Jaeger R. C., *Introduction to Microelectronic Fabrication*, Second Edition, New Jersey: Prentice Hall.

