



ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΙΚΑ ΥΛΙΚΑ

Ενότητα 10: ΗΜΙΑΓΩΓΟΙ

ΛΙΤΣΑΡΔΑΚΗΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ
ΤΗΜΜΥ



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ ΚΑΙ ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ

Άδειες Χρήσης

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό υπόκειται σε άδειες χρήσης Creative Commons.
- Για εκπαιδευτικό υλικό, όπως εικόνες, που υπόκειται σε άλλου τύπου άδειας χρήσης, η άδεια χρήσης αναφέρεται ρητώς.



Χρηματοδότηση

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό έχει αναπτυχθεί στα πλαίσια του εκπαιδευτικού έργου του διδάσκοντα.
- Το έργο «Ανοικτά Ακαδημαϊκά Μαθήματα στο Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης» έχει χρηματοδοτήσει μόνο τη 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.





ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ

ΑΝΟΙΚΤΑ
ΑΚΑΔΗΜΑΪΚΑ
ΜΑΘΗΜΑΤΑ



ΗΜΙΑΓΩΓΟΙ



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ ΚΑΙ ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



ΕΣΠΑ
2007-2013
πρόγραμμα για την ανάπτυξη
ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ

Περιεχόμενα ενότητας

1. Ημιαγωγοί

- i. Ενεργειακές ζώνες και χάσματα.
- ii. Αγωγοί – Ημιαγωγοί – Μονωτές.
- iii. Στάθμη Fermi και κατανομή Fermi – Dirac.
- iv. Ενδογενείς ημιαγωγοί.
- v. Αγωγοί με προσμίξεις.
- vi. Επαφή p – n.
- vii. Φωτοδίοδος και δίοδος φωτοεκπομπής.

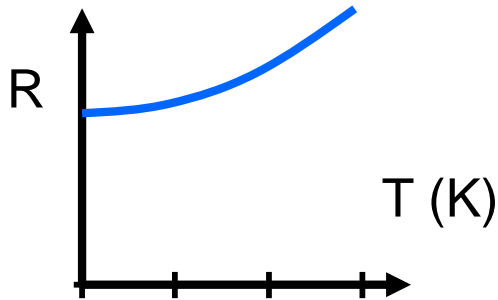


Σκοποί ενότητας

- Να εξοικειωθούν οι φοιτητές με τις έννοιες των ενεργειακών ζωνών και χασμάτων.
- Να είναι σε θέση οι φοιτητές να παριστάνουν σχηματικά το διάγραμμα ενεργειακών ζωνών για αγωγούς, ημιαγωγούς και μονωτές.
- Να μπορούν οι φοιτητές να υπολογίσουν την αγωγιμότητα σε ενδογενείς ημιαγωγούς αλλά και σε αγωγούς με προσμίξεις.
- Να είναι σε θέση οι φοιτητές να προσδιορίσουν το δυναμικό της επαφής $p - n$.

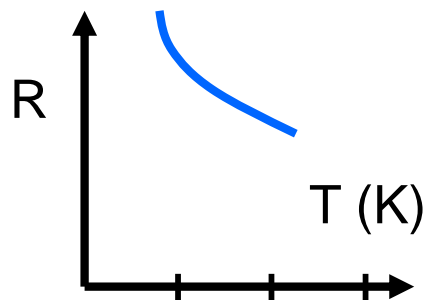


ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΦΟΡΕΩΝ ΜΕ ΤΗ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ



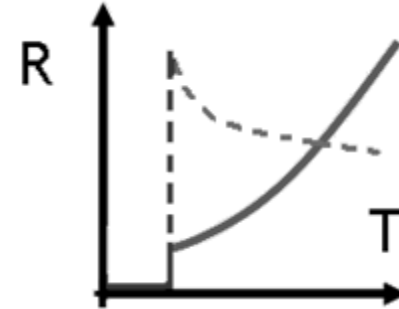
Αγωγοί

$$\sigma = n \cdot e \cdot \mu_e(T)$$



ημιαγωγοί/μονωτές

$$\sigma = n(T) \cdot e \cdot \mu$$

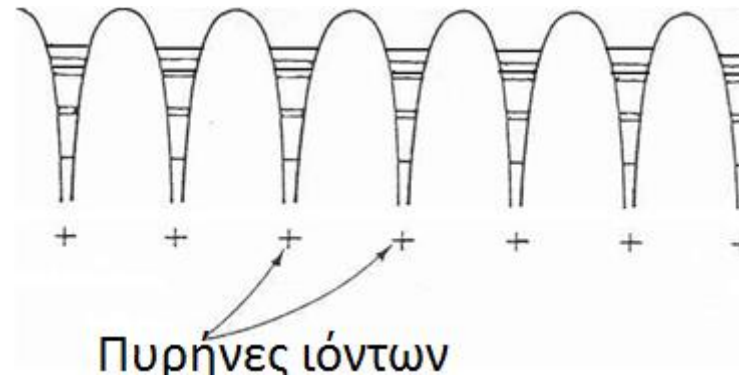
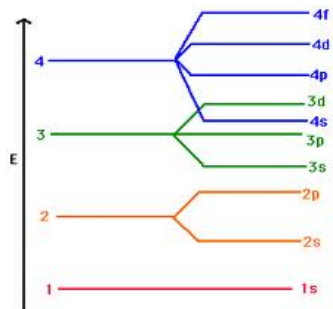
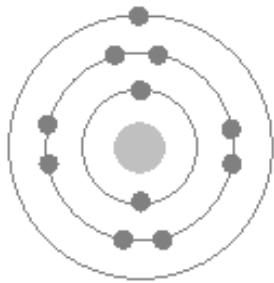


υπεραγωγοί

- Στους αγωγούς ο αριθμός των ηλεκτρονίων αγωγιμότητας είναι σταθερός.
- Στους ημιαγωγούς ο αριθμός των φορέων αγωγιμότητας αυξάνεται με τη θερμοκρασία.



ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΤΩΝ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΩΝ ΣΕ ΕΝΑΝ ΚΡΥΣΤΑΛΛΟ

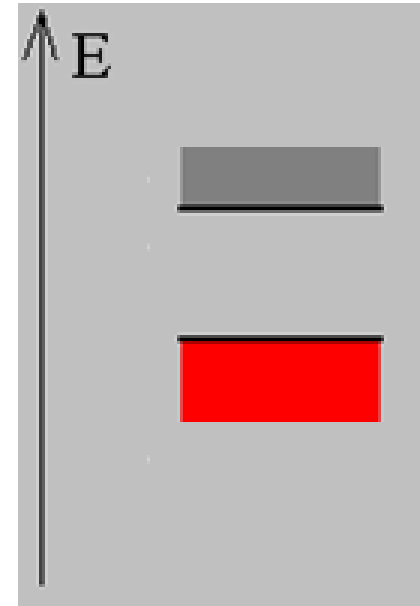
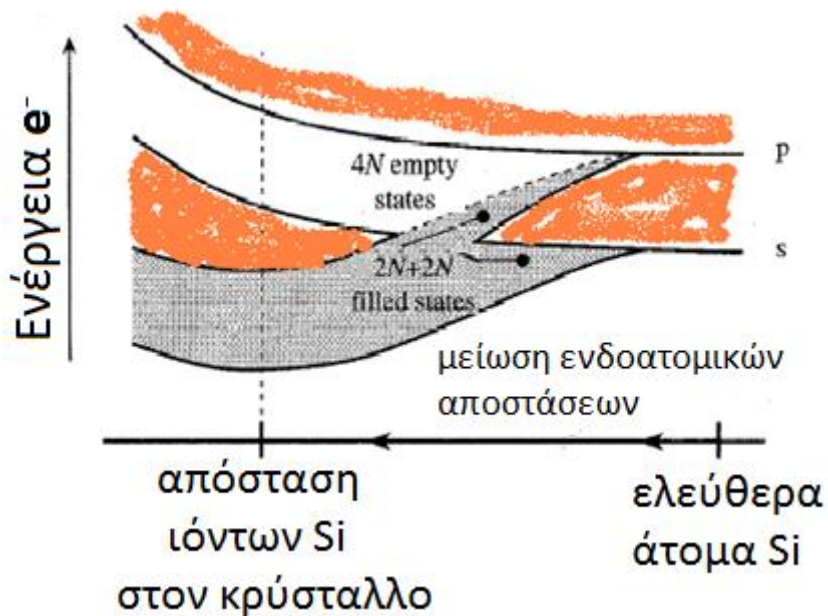


- Όπως και στο απομονωμένο άτομο, η ενέργεια είναι κβαντισμένη = δεν παίρνει συνεχείς τιμές, αλλά διακριτές.
- Μια ενεργειακή κατάσταση μπορεί να έχει μόνο 1 ηλεκτρόνιο (μόνο 2 με αντίθετο σπιν) (Αρχή του Pauli).

⇔ Κάθε ηλεκτρόνιο του ατόμου έχει διαφορετικούς κβαντικούς αριθμούς.



ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟ ΧΑΣΜΑ



- Υπάρχουν περιοχές ενέργειας χωρίς διαθέσιμες ενεργειακές καταστάσεις (απαγορευμένη ζώνη).
- Είναι συνέπεια της κβάντωσης της ενέργειας.



ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΕΣ ΖΩΝΕΣ (1)

- Σε ένα στερεό, τα ηλεκτρόνια που είναι σε ψηλότερες υποστιβάδες αλληλεπιδρούν με αυτά των γειτονικών ατόμων.
- Δεν μπορούν να έχουν την ίδια ακριβώς ενέργεια (αρχή του Pauli).
- Η ενεργειακή κατάσταση των N ηλεκτρονίων μιας υποστιβάδας τροποποιείται.

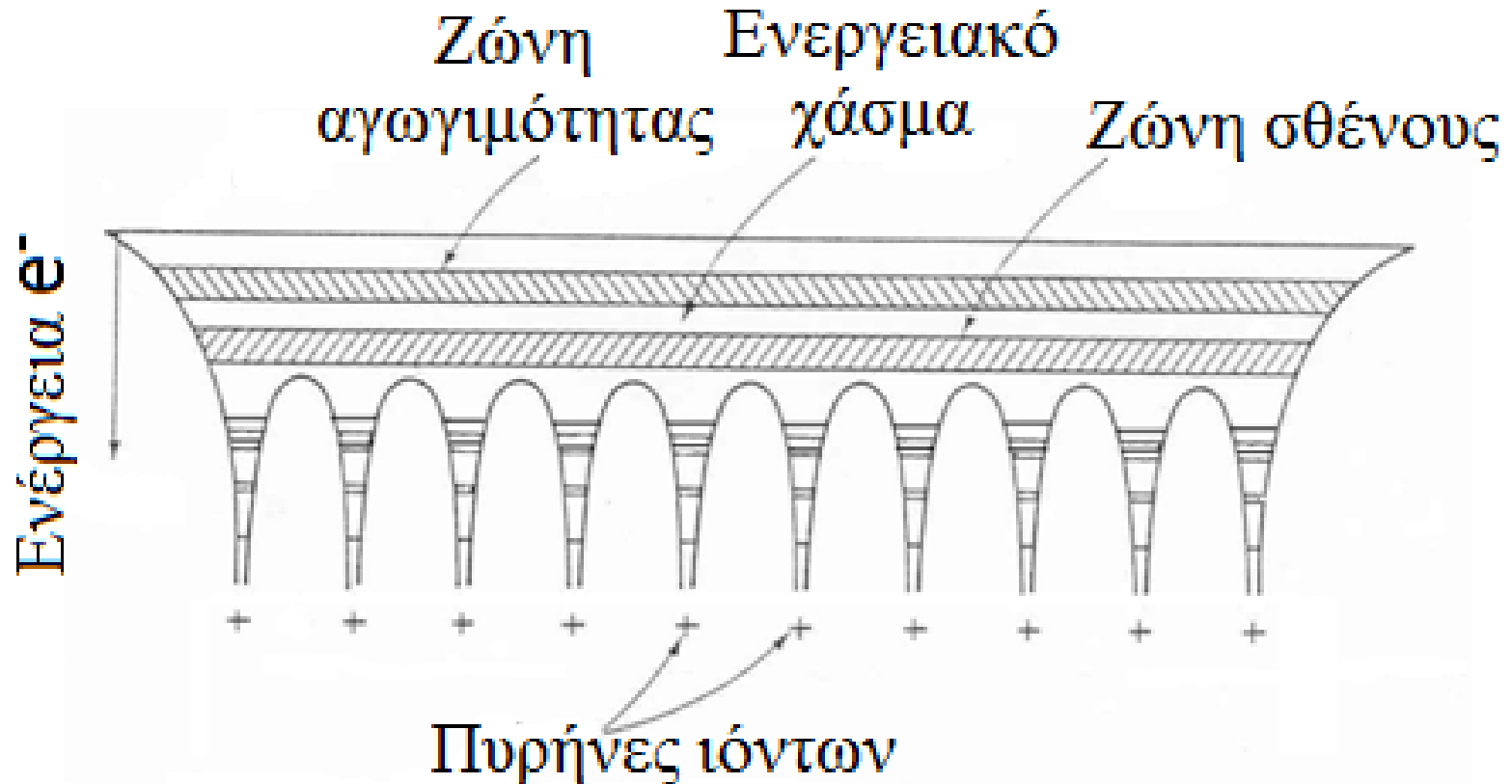


ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΕΣ ΖΩΝΕΣ (2)

- Οι διακριτές ενεργειακές καταστάσεις εκτείνονται σε μια περιοχή ενεργειών (μερικά eV).
- Επειδή απέχουν ελάχιστα, στην περιοχή αυτή (ενεργειακή ζώνη) θεωρούμε πως η μεταβολή της ενέργειας είναι συνεχής.
- Η ενεργειακή ζώνη αντιστοιχεί σε μια υποστιβάδα και έχει ορισμένο αριθμό ενεργειακών καταστάσεων ($2N$). Οι ενεργειακές ζώνες μπορεί να επικαλύπτονται.



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΩΝ ΖΩΝΩΝ ΣΕ 1- ΔΙΑΣΤΑΣΗ

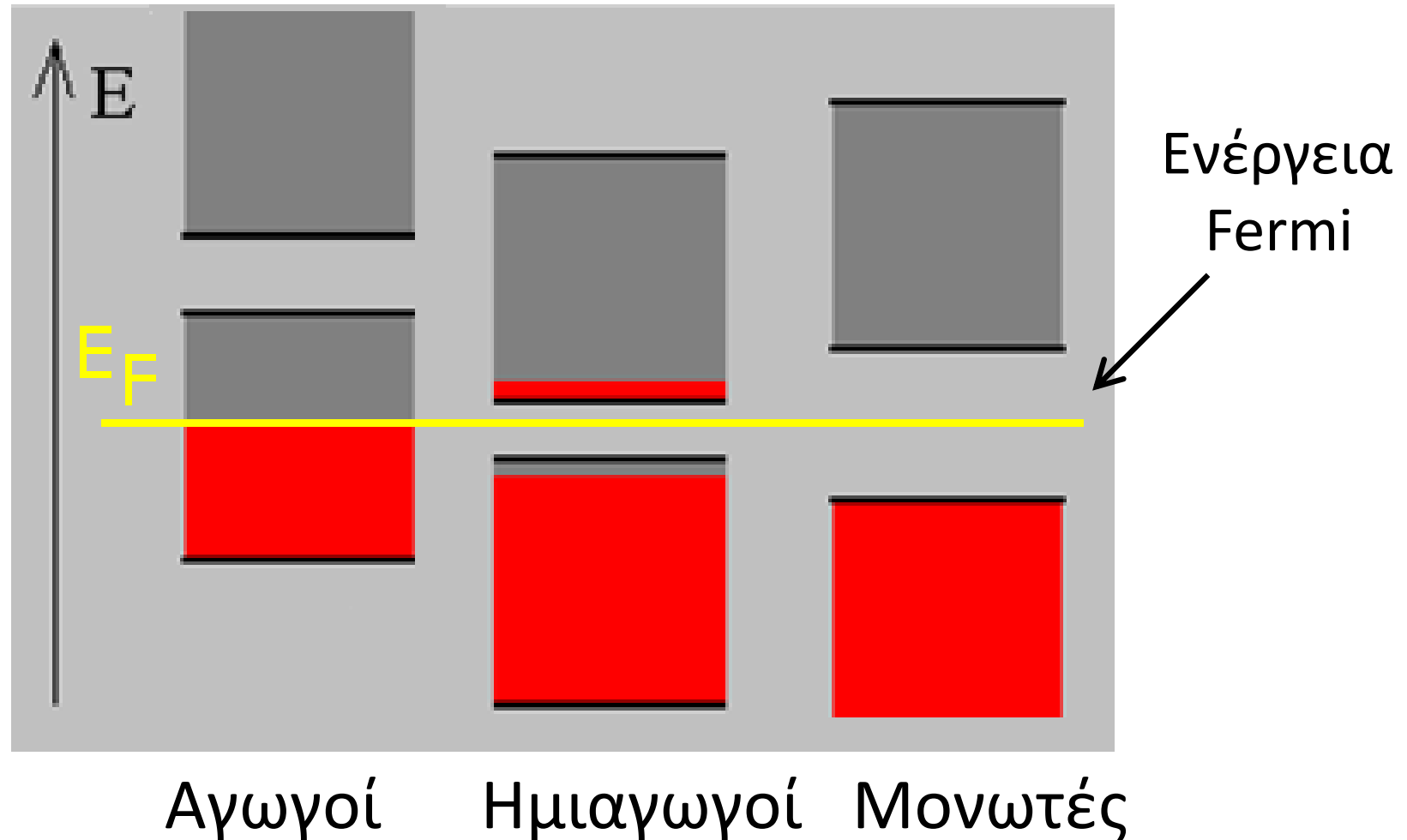


ΔΙΑΚΡΙΣΗ ΑΓΩΓΩΝ - ΜΟΝΩΤΩΝ

- Η αγωγιμότητα εξαρτάται από τον αριθμό ηλεκτρονίων που μπορούν να μεταβάλουν την ενέργειά τους...
- ...μπορούν αν υπάρχουν διαθέσιμες ενεργειακές καταστάσεις (υπάρχουν =επιτρεπτές διαθέσιμες= κενές).
- Στους αγωγούς η ζώνη σθένους είναι και ζώνη αγωγιμότητας – έχει πολλές διαθέσιμες ενεργειακές καταστάσεις.
- Στους μονωτές η ζώνη σθένους είναι πλήρης. Διαθέσιμες καταστάσεις υπάρχουν στη ζώνη αγωγιμότητας, μετά το ενεργειακό χάσμα.
- Η διαφορά μονωτών και ημιαγωγών είναι ποσοτική –εξαρτάται από το μέγεθος του ενεργειακού χάσματος.



ΔΙΑΚΡΙΣΗ ΑΓΩΓΩΝ – ΜΟΝΩΤΩΝ ΣΧΗΜΑΤΙΚΑ



ΣΤΑΘΜΗ FERMI

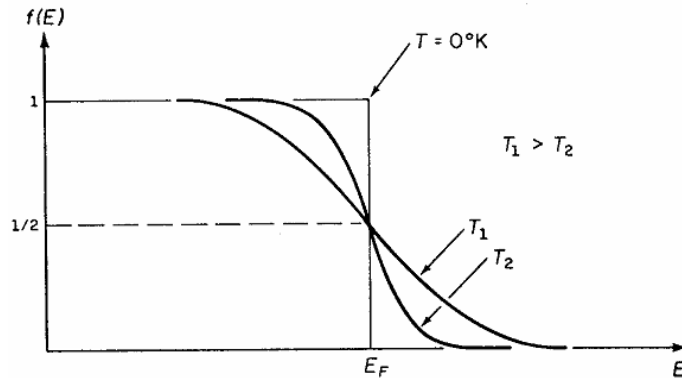
- Τα ηλεκτρόνια βρίσκονται στις χαμηλότερες δυνατές ενεργειακές καταστάσεις.
- Ορισμός: Η υψηλότερη ενεργειακή κατάσταση που είναι κατειλημμένη από ηλεκτρόνια στη θερμοκρασία $T=0^\circ\text{K}$ είναι η στάθμη Fermi E_F .
- αριθμός κατειλημμένων καταστάσεων ίσος με ?

$$n=(V/3\pi^2)k_F^3=N \Rightarrow k_F=(3\pi^2N/V)^{1/3}$$

- Η ενέργεια Fermi εξαρτάται από τον αριθμό των ελεύθερων ηλεκτρονίων ανά μονάδα όγκου του στερεού.



Η ΣΥΝΑΡΤΗΣΗ ΚΑΤΑΝΟΜΗΣ FERMI-DIRAC



$$f(E) = \frac{1}{1 + \exp\left(\frac{E - E_F}{k_B T}\right)}$$

- Σε μεγαλύτερη θερμοκρασία, υπάρχουν περισσότερα ηλεκτρόνια σε ψηλότερες ενεργειακές καταστάσεις (θερμικά διεγερμένα).
- Η κατανομή **F-D** δίνει την πιθανότητα κατάληψης μιας στάθμης **E** σε θερμοκρασία **T**.

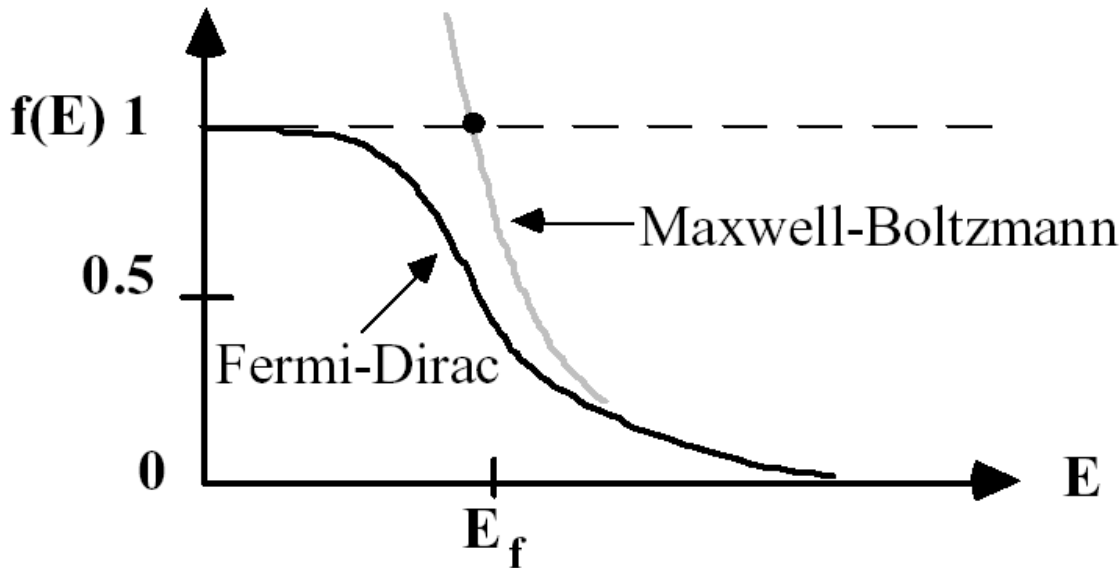
k_B η σταθερά Boltzmann:

$$k_B = 1.38 \times 10^{-23} \text{ J/K} = 8.6 \times 10^{-5} \text{ eV/K}$$

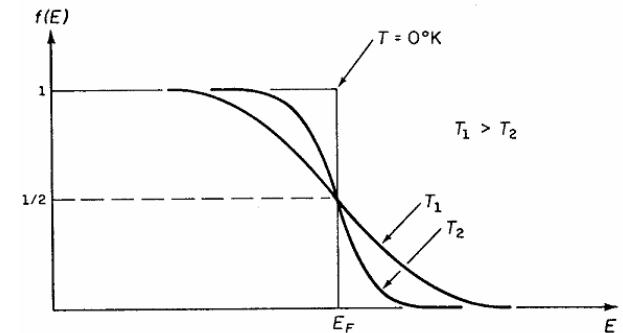
- $kT_{300} = 4.2 \times 10^{-21} \text{ J} = 0.026 \text{ eV}$



Η ΣΥΝΑΡΤΗΣΗ ΚΑΤΑΝΟΜΗΣ FERMI-DIRAC (2)



$$f(E) = \frac{1}{1 + \exp\left(\frac{E - E_F}{k_B T}\right)}$$



- Για μεγάλο E ($E - E_F \gg kT$): $f(E) = \exp[-(E - E_F)/kT]$ (MB).
- Για μικρό E ($E_F - E \gg kT$): $f(E) = 1 - \exp[(E - E_F)/kT] \cong 1$.
- Σημαντική μεταβολή κοντά στην E_F $f(E) = 0 - 1$.
- Για $E = E_F$ και $T \neq 0$, ο εκθέτης μηδενίζεται και $f(E) = 1/2$.



ΔΙΑΚΡΙΣΗ ΑΓΩΓΩΝ – ΜΟΝΩΤΩΝ (επαναδιατύπωση)

- Η αγωγιμότητα εξαρτάται από τον αριθμό ηλεκτρονίων που μπορούν να μεταβάλουν την ενέργειά τους...
- ...μπορούν αν υπάρχουν διαθέσιμες ενεργειακές καταστάσεις (υπάρχουν =επιτρεπτές διαθέσιμες= κενές).
- Στους αγωγούς η στάθμη Fermi βρίσκεται μέσα σε μια ενεργειακή ζώνη (ζώνη σθένους που είναι και ζώνη αγωγιμότητας) .
- Στους μονωτές η στάθμη Fermi βρίσκεται μέσα στο ενεργειακό χάσμα.
- Οι ημιαγωγοί είναι μονωτές με ενεργειακό χάσμα μερικές δεκάδες $k_B T$.




ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑ ΣΕ ΠΛΗΡΕΙΣ ΚΑΙ ΜΗ-ΠΛΗΡΕΙΣ ΖΩΝΕΣ

- σε μια πλήρη ζώνη δεν υπάρχουν διαθέσιμες ενεργειακές καταστάσεις - το συνολικό ρεύμα είναι:

$$J = -e \sum_i^N \vec{v}_i = 0$$

- σε μια σχεδόν πλήρη ζώνη τα ηλεκτρόνια μπορούν να επιταχυνθούν- το συνολικό ρεύμα είναι:

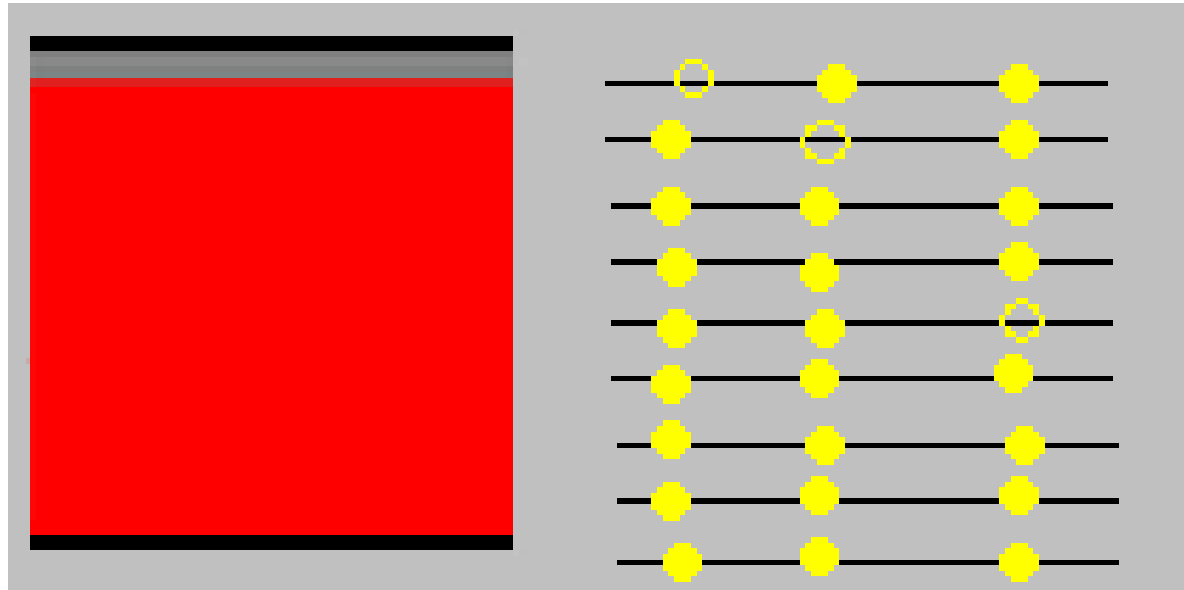
Λείπει ένα ηλεκτρόνιο με ταχύτητα u_j


$$J = -e \sum_{i \neq j}^N \vec{v}_i = -e \sum_i^N \vec{v}_i + e \cdot \vec{v}_j = +e \cdot \vec{v}_j$$

- Το ρεύμα από τη συλλογική κίνηση των ηλεκτρονίων φαίνεται να προέρχεται από **υποθετικούς φορείς** με θετικό φορτίο.



“ΟΠΕΣ”

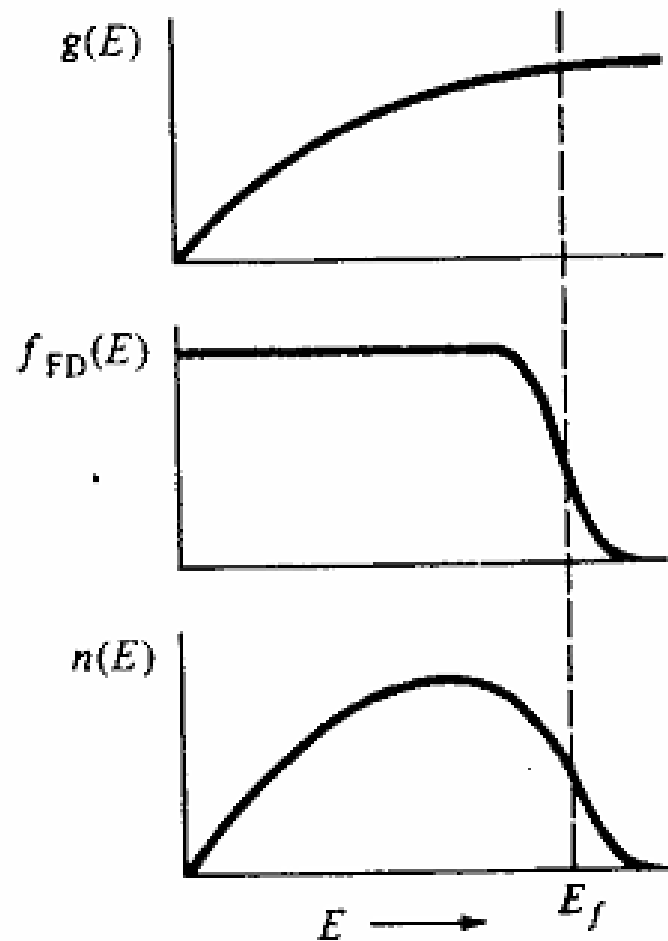


- Είναι κενές ενεργειακές καταστάσεις σε σχεδόν πλήρη ζώνη (σθένους).
- Περιγράφουμε την ενεργειακή μεταβολή και την κίνηση της οπής, αντί για τη συλλογική συμπεριφορά πολλών ηλεκτρονίων.

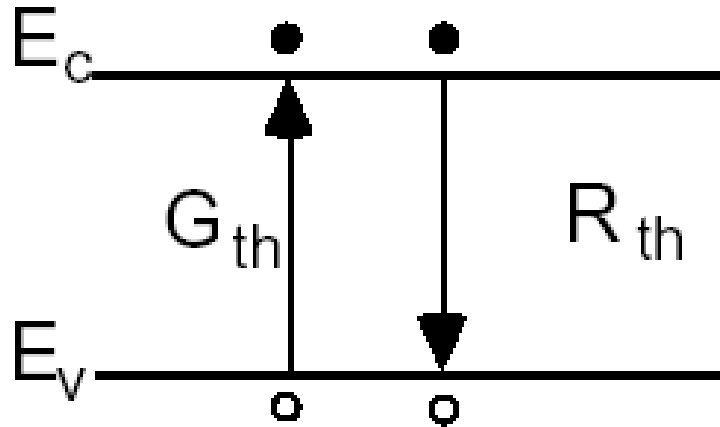


ΑΡΙΘΜΟΣ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΩΝ

- Η αγωγιμότητα εξαρτάται από τον αριθμό ηλεκτρονίων ($\sigma = n \cdot e \cdot \mu_e$).
- Είναι ο αριθμός των καταστάσεων επί την πιθανότητα κατάληψης.
- Σε μια περιοχή ενέργειας ΔE είναι $n(E) = \int g(E) \cdot f(E) \cdot dE$.
- $g(E)$ η πυκνότητα των ενεργειακών καταστάσεων.



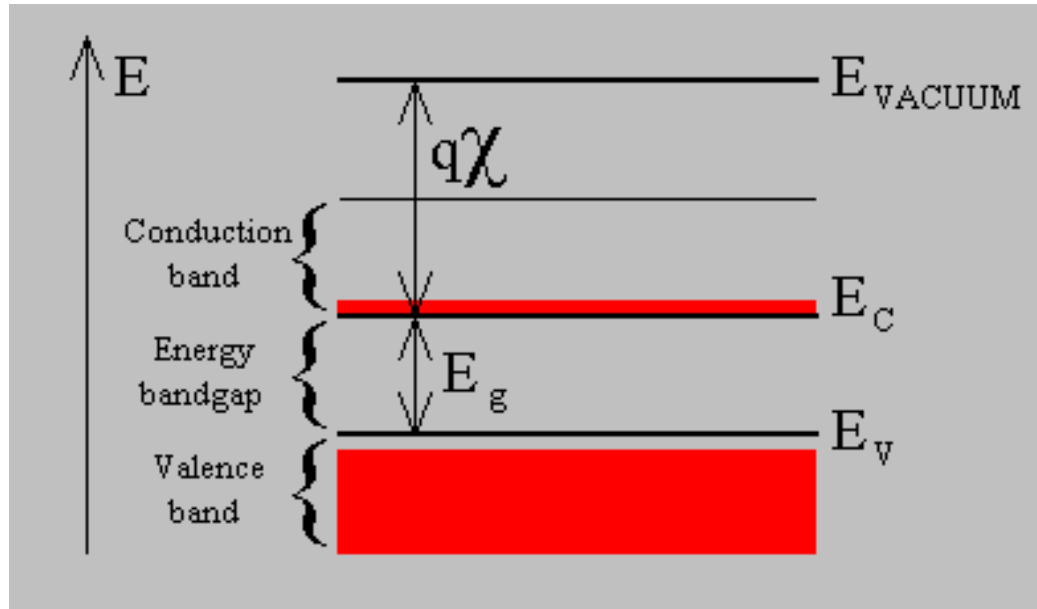
ΓΕΝΕΣΗ - ΑΝΑΣΥΝΔΕΣΗ ΦΟΡΕΩΝ



- ✓ Διαρκής θερμική διέγερση και αποδιέγερση ηλεκτρονίων.
- ✓ = γένεση και ανασύνδεση ζευγών ηλεκτρονίου-οπής.
- ✓ Σε θερμοδυναμική ισορροπία, το ποσοστό διεγερμένων φορέων δίνεται από την $f(E)$.



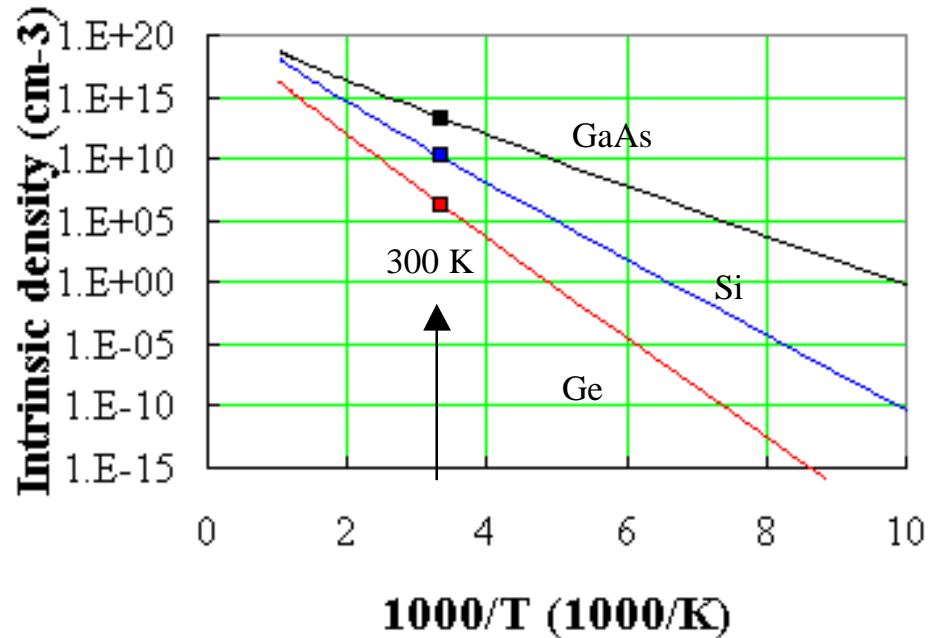
ΗΜΙΑΓΩΓΟΙ ΧΩΡΙΣ ΠΡΟΣΜΙΞΕΙΣ : ΑΜΙΓΕΙΣ, ΕΝΔΟΓΕΝΕΙΣ



- Η θερμική διέγερση δημιουργεί ηλεκτρόνια αγωγιμότητας και “οπές” κατά ζεύγη.
- $n = p$
- $\sigma = n \cdot e \cdot \mu_e + p \cdot e \cdot \mu_h = n \cdot e \cdot (\mu_e + \mu_h)$



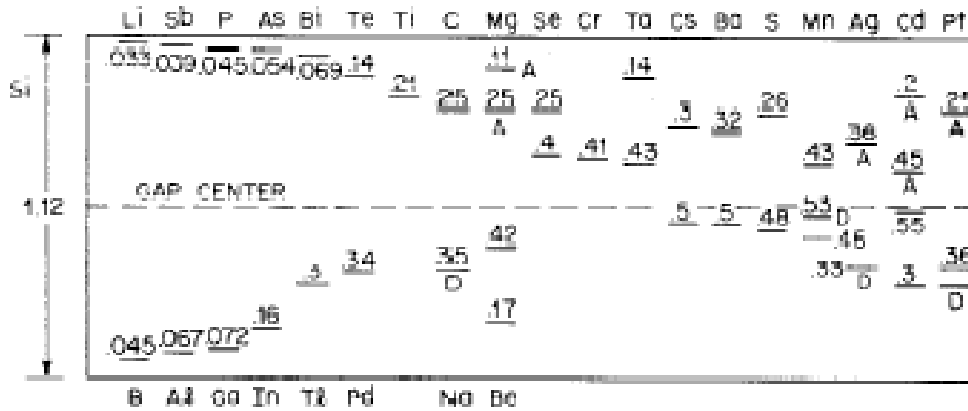
ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗ ΦΟΡΕΩΝ



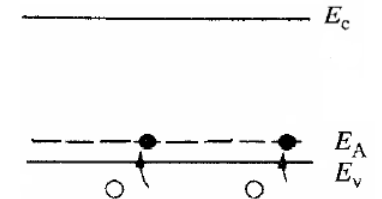
- Στους αμειγείς ημιαγωγούς $E_F = E_G/2$.
- $(n = \int g(E) \cdot f(E) \cdot dE \dots) n_i \cong N_C \exp[-(E_G)/2kT]$.
- $N_C \cong 2,5 \times 10^{25} (T/300\text{K})^{3/2} \text{ m}^{-3}$.



ΗΜΙΑΓΩΓΟΙ ΜΕ ΠΡΟΣΜΙΞΕΙΣ



Προσμίξεις δότη

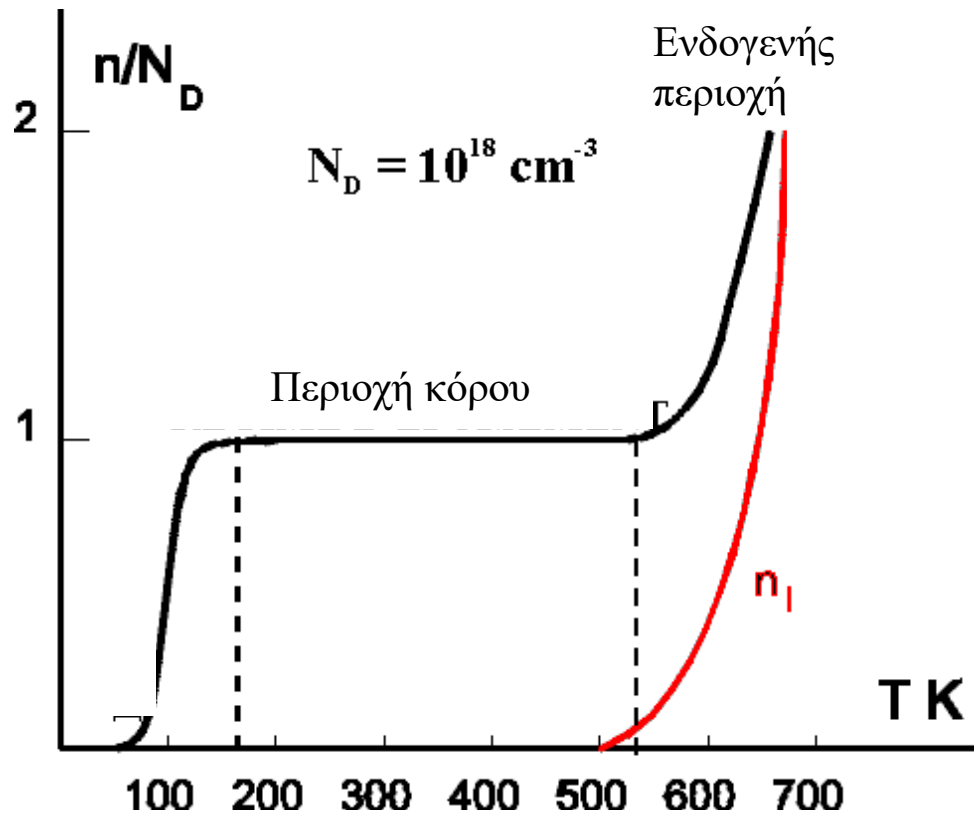


Προσμίξεις αποδέκτη

- Οι προσμίξεις εισάγουν πρόσθετες καταστάσεις μέσα στο ενεργειακό χάσμα.
- Λόγω πρόσμιξης, $n \neq p$.
- Όμως, $n \cdot p = n_i^2$.
- Τύπου n (προσμίξεις δότη): $\sigma = n \cdot e \cdot \mu_e$
 $n \cong N_D \gg p$
- Τύπου p (προσμίξεις αποδέκτη): $\sigma = p \cdot e \cdot \mu_h$
 $p \cong N_A \gg n$



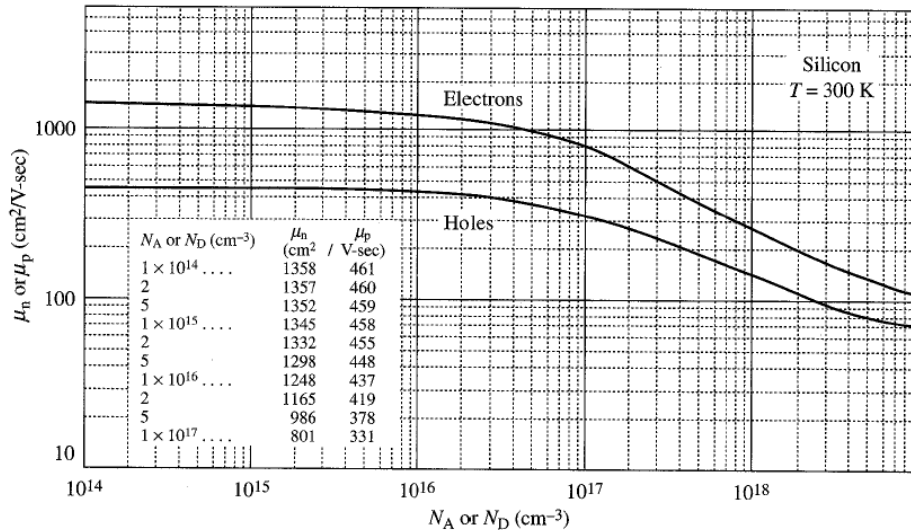
ΗΜΙΑΓΩΓΟΙ ΜΕ ΠΡΟΣΜΙΞΕΙΣ



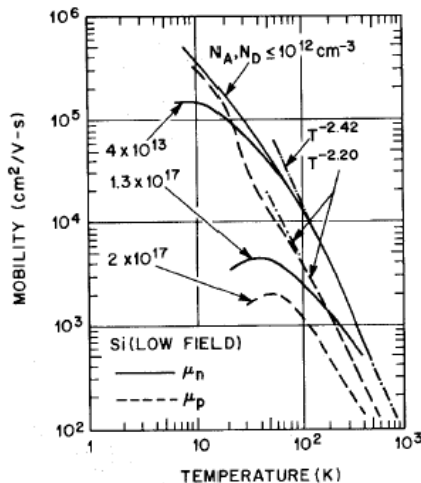
- Μεταβολή συγκέντρωσης φορέων με τη θερμοκρασία.



ΕΥΚΙΝΗΣΙΑ



- Μεταβολή με τη συγκέντρωση των προσμίξεων.



- Μεταβολή με τη θερμοκρασία.



ΡΕΥΜΑ ΜΕΤΑΤΟΠΙΣΗΣ

- Πυκνότητα ρεύματος μετατόπισης

$$J_{(\mu)} = I/A = -ne\mathbf{u}_D = ne\mu \cdot \mathbf{E} = \sigma \cdot \mathbf{E} \text{ (νόμος του } \Omega\mu)$$

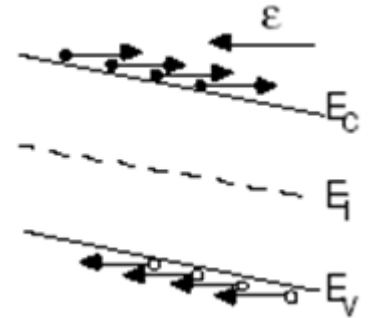
- Στους ημιαγωγούς: $\sigma = ne\mu_e + pe\mu_h$
- Υπάρχουν δύο συνιστώσες ρεύματος μετατόπισης

- ρεύμα μετατόπισης ηλεκτρονίων: $J_{n(\mu)} = ne\mu_e \cdot \mathbf{E}$

- ρεύμα μετατόπισης οπών: $J_{p(\mu)} = pe\mu_h \cdot \mathbf{E}$

- Το ρεύμα μετατόπισης είναι

$$J_{(\mu)} = J_{n(\mu)} + J_{p(\mu)} = (ne\mu_e + pe\mu_h) \cdot \mathbf{E}$$



ΔΙΑΧΥΣΗ

- Λόγω τυχαίας θερμικής κίνησης, μετακίνηση προς την πλευρά με τη χαμηλότερη συγκέντρωση.
- Νόμος του Fick: $F = -D \frac{dN(x)}{dx}$
- Συντελεστής διάχυσης: $D = (kT/e) \cdot \mu$
- Δύο συνιστώσες ρεύματος διάχυσης

$$J_{(\delta)} = J_{n(\delta)} + J_{p(\delta)}$$

– ρεύμα διάχυσης ηλεκτρονίων $J_{n(\delta)}(x) = eD_n \frac{dn(x)}{dx}$

– ρεύμα διάχυσης οπών $J_{p(\delta)}(x) = -eD_p \frac{dp(x)}{dx}$



2 ΕΙΔΗ ΡΕΥΜΑΤΩΝ & 2 ΕΙΔΗ ΦΟΡΕΩΝ

- Στους ημιαγωγούς η συνολική αγωγή του ρεύματος οφείλεται στη μετατόπιση και στη διάχυση ηλεκτρονίων και οπών:

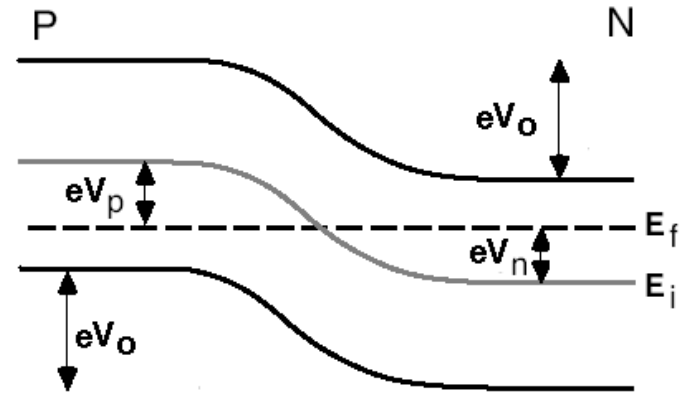
$$J_n = J_{n(\mu)} + J_{n(\delta)} = ne\mu_e \mathbf{E} + eD_n \frac{dn(x)}{dx}$$

$$J_p = J_{p(\mu)} + J_{p(\delta)} = pe\mu_h \mathbf{E} - eD_p \frac{dp(x)}{dx}$$



ΕΠΑΦΗ P-N, ΔΥΝΑΜΙΚΟ ΕΠΑΦΗΣ

$$V_o = \frac{kT}{e} \ln \frac{n_{no} p_{po}}{n_i^2} = \frac{kT}{e} \ln \frac{N_D N_A}{n_i^2}$$



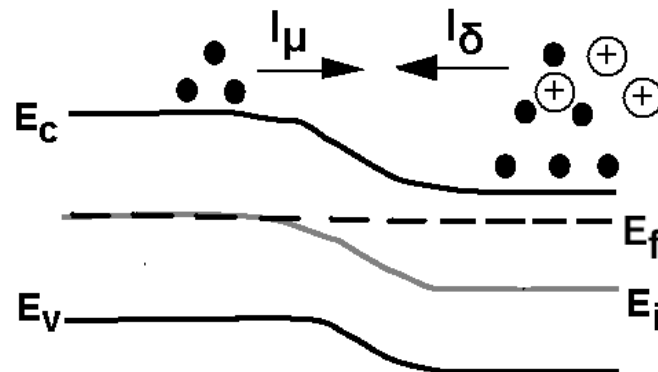
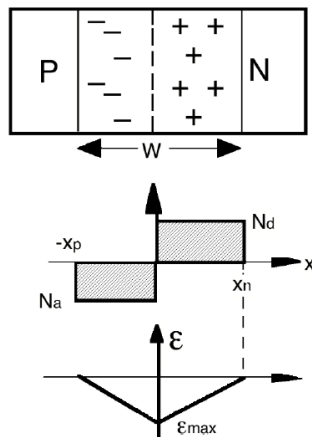
- Η βαθμίδα συγκέντρωσης συνεπάγεται ύπαρξη εσωτερικού ηλεκτροστατικού πεδίου και διαφοράς δυναμικού (σε κατάσταση ισορροπίας, $J=0$).

$$J_p = J_{p(\mu)} + J_{p(\delta)} = ep(x)\mu_h \mathcal{E}(x) - eD_p \frac{dp(x)}{dx} = 0$$

$$\Rightarrow \mathcal{E}(x) = \frac{1}{p(x)} \frac{D_p}{\mu_h} \frac{dp(x)}{dx}$$



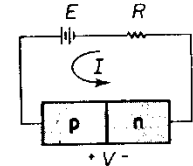
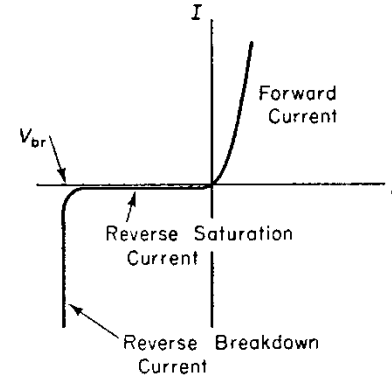
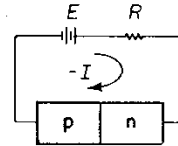
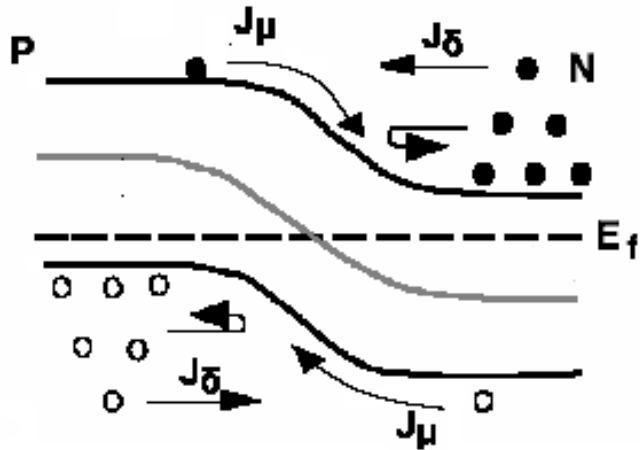
ΕΠΑΦΗ P-N, ΦΟΡΤΙΑ ΧΩΡΟΥ



- Οι φορείς πλειονότητας **διαχέονται** προς την άλλη πλευρά της επαφής (όπου είναι φορείς μειονότητας).
- Αφήνουν πίσω τους ιονισμένα άτομα πρόσμιξης ("**φορτία χώρου**") που δημιουργούν ηλεκτροστατικό πεδίο.
- Λόγω του πεδίου οι φορείς μειονότητας **μετατοπίζονται** πίσω στην αντίθετη πλευρά.
- Σε κατάσταση ισορροπίας, το ρεύμα διάχυσης και το ρεύμα μετατόπισης είναι ίσα.



ΕΠΑΦΗ P-N, ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΗ I-V

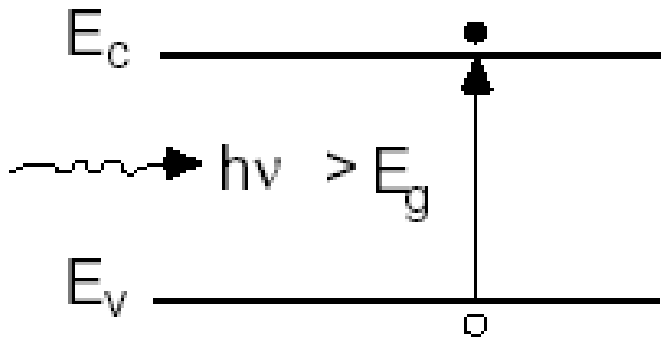


Σχ. 4.5 Χαρακτηριστική I-V ιδανικής διόδου

- Το ρεύμα μετατόπισης δεν εξαρτάται από το δυναμικό της επαφής. Περιλαμβάνει φορείς μειονότητας κοντά στην περιοχή φορτίων χώρου και ζεύγη φορέων που παράγονται στην π.φ.χ.
- Το ρεύμα διάχυσης περιλαμβάνει τους φορείς με ενέργεια μεγαλύτερη από το φράγμα δυναμικού. Εξαρτάται εκθετικά από το δυναμικό της επαφής.
- Η εξωτερική τάση πόλωσης αυξάνει ή μειώνει το δυναμικό στην επαφή, αντίστοιχα και το ρεύμα διάχυσης.



ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΜΗ-ΙΣΟΡΡΟΠΙΑΣ

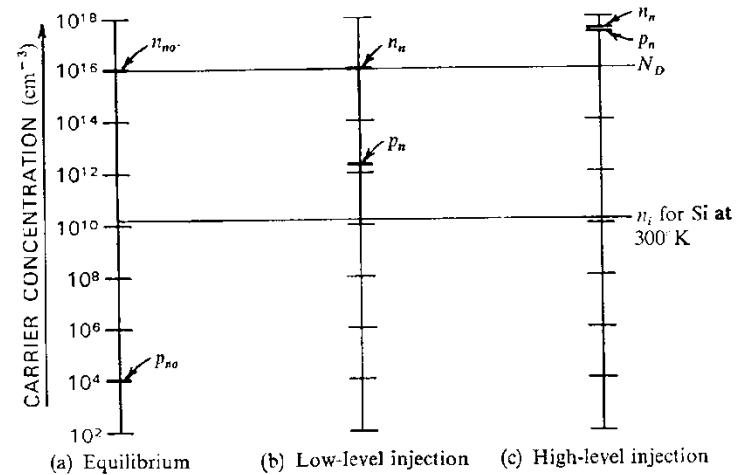


Δημιουργία επιπλέον ζευγών ηλεκτρονίων-οπών με οπτική διέγερση:

$$\Delta n = \Delta p$$

$$n = n_0 + \Delta n \quad \& \quad p = p_0 + \Delta p$$

$$np > n_0 p_0 = n_i^2$$



Σε χαμηλή έγχυση ($\Delta n \ll n_0$) αυξάνονται σημαντικά οι φορείς της μειονότητας

$$n = n_0 + \Delta n \approx n_0,$$

$$p = p_0 + \Delta p \approx \Delta p \gg p_0$$



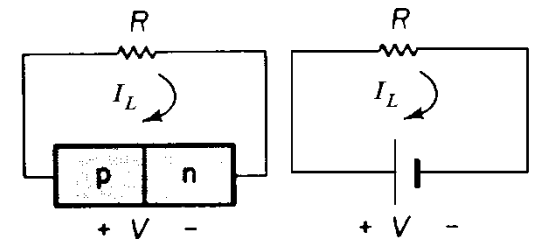
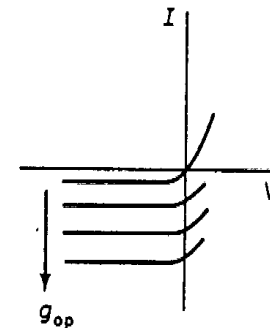
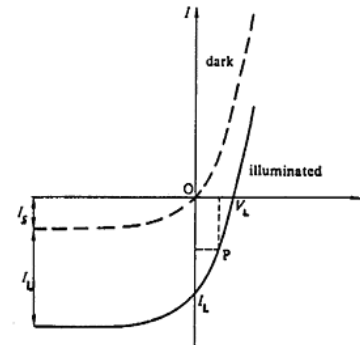
ΦΩΤΟΔΙΟΔΟΣ – Φ/Β

- το ανάστροφο ρεύμα εξαρτάται από τη γένεση φορέων στη μεταβατική περιοχή

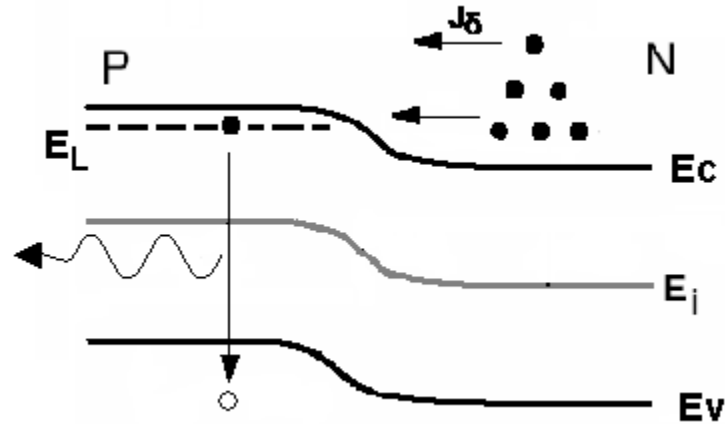
⇒ το ανάστροφο ρεύμα αυξάνεται με την οπτική έγχυση

$$I = I_S [\exp(eV/kT) - 1] - I_L$$

$$E_L = h\nu > E_G$$



ΔΙΟΔΟΣ ΦΩΤΟΕΚΠΟΜΠΗΣ (LED)



- Η δίοδος φωτοεκπομπής έχει μια στάθμη πρόσμιξης E_{LE} πολύ κοντά στη ζώνη αγωγιμότητας.
- Τα ηλεκτρόνια της περιοχής n που εγχύονται στην περιοχή p (ρεύμα διάχυσης) πηγαίνουν και στη στάθμη E_{LE}
- Από την E_{LE} αποδιεγείρονται εκπέμποντας ακτινοβολία
- Χρησιμοποιούνται ημιαγωγοί GaAs, GaP και Ga(As,P) που δίνουν υπέρυθρο και ορατό ($\lambda \approx 430-670 \text{ nm}$, $E_g \approx 3.0-1.9 \text{ eV}$).

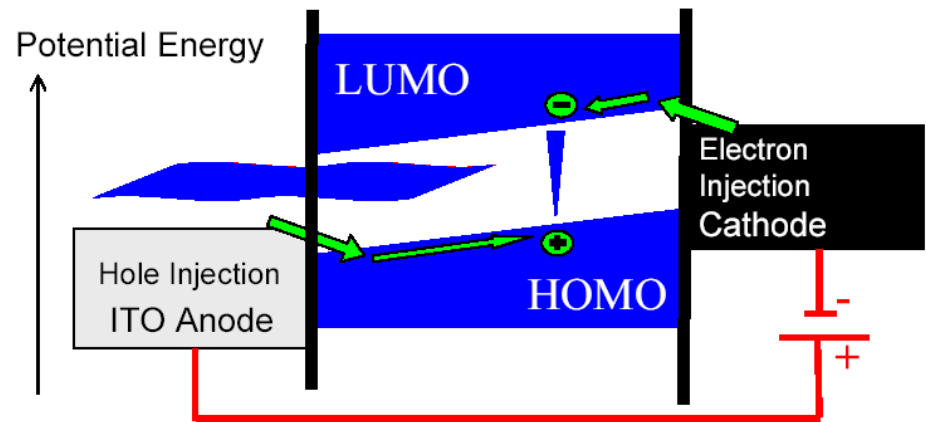
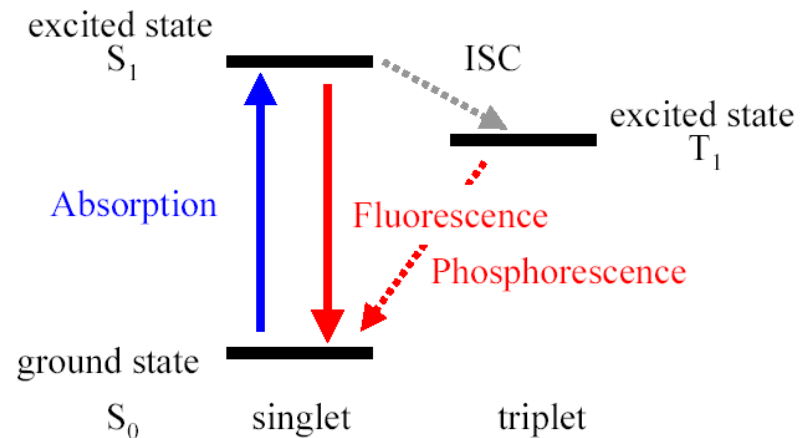


ΟΡΓΑΝΙΚΑ LED

– Πλεονεκτήματα

- Χαμηλή κατανάλωση
- Μικρότερες διαστάσεις
- Μεγαλύτερη φωτεινότητα
- Απλούστερη κατασκευή

– Ενεργειακές στάθμες μοριακών τροχιακών (MO) LU-HO



Σημείωμα Αναφοράς

Copyright Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Λιτσαρδάκης Γεώργιος.
«Ηλεκτρολογικά Υλικά. Ημιαγωγοί». Έκδοση: 1.0. Θεσσαλονίκη 2014.

Διαθέσιμο από τη δικτυακή διεύθυνση:

<https://opencourses.auth.gr/courses/OCRS492/>.



Σημείωμα Αδειοδότησης

Το παρόν υλικό διατίθεται με τους όρους της άδειας χρήσης Creative Commons Αναφορά - Παρόμοια Διανομή [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».



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

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





Τέλος ενότητας

Επεξεργασία: Τονοζλής Γεώργιος
Θεσσαλονίκη, 03/06/2015



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ ΚΑΙ ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



ΕΣΠΑ
2007-2013
πρόγραμμα για την ανάπτυξη
ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ



ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ

Σημειώματα

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.

