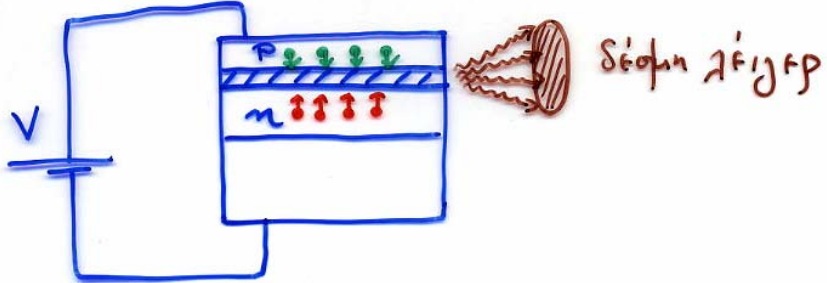


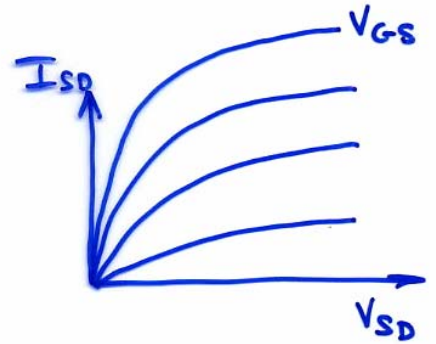
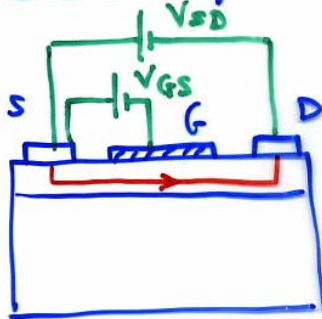
Οπτική κυτρονική διατάξη

π.χ. λέιζερ



Μικροηλεκτρονική διατάξη

π.χ. τρανζίστορ
επιδραστικό ηδίων



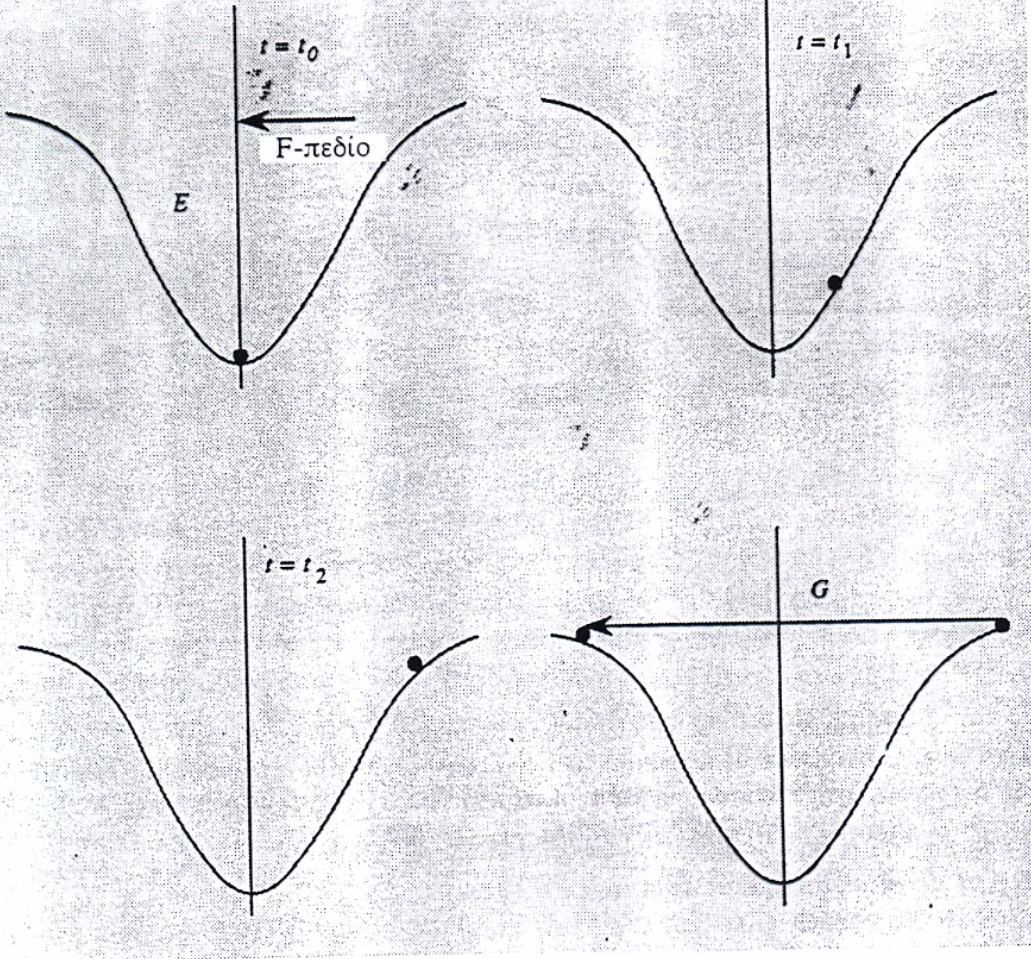
⇒

ρεύματα,
φαινόμενα μεταφοράς φορτίου

Μεταφορά φορτίου

Απουσία σφαιδίστων,

$$\hbar \cdot \frac{d\vec{k}}{dt} = -e \cdot \vec{F}$$



Ισχύει ότι
 $E_{\vec{k}} = E_{\vec{k} + \vec{K}}$
 ↑
 πρωτεύον
 διάνυσμα
 στον
 ανάστροφο
 χώρο.

Πραγματικά, \vec{K}
 ισοδυναμεί
 με το εύρος
 της ζώνης
 Brillouin.

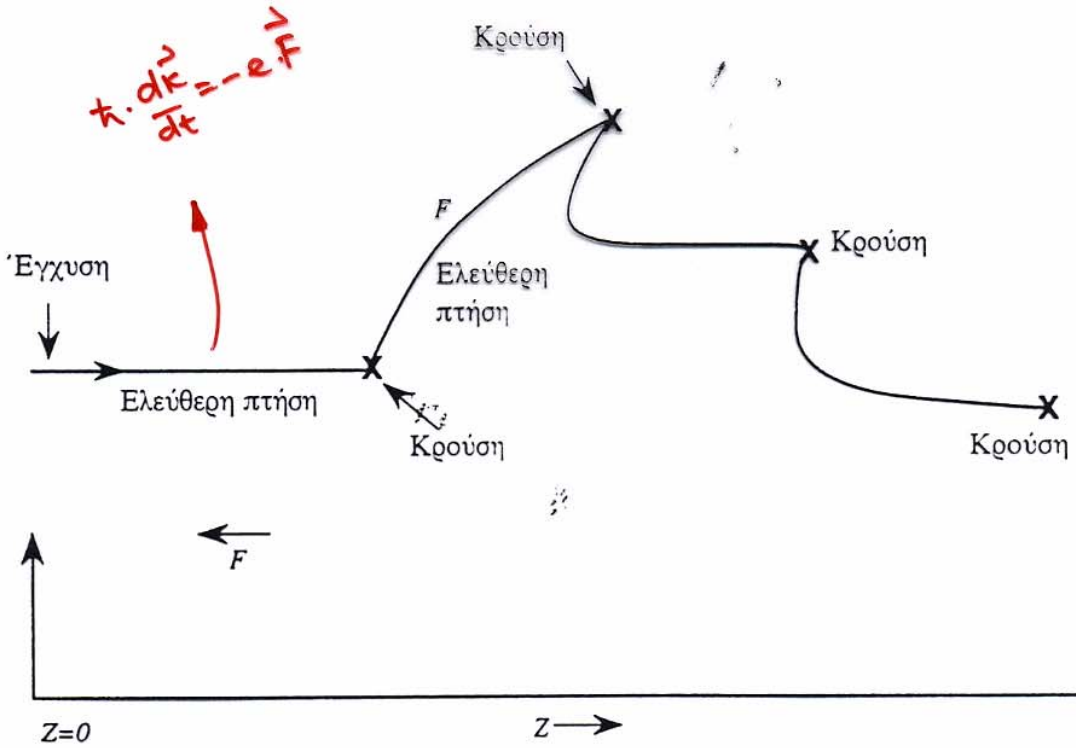
Ταλαντώσεις Bloch

Στην πράξη έχουμε σκεδάσις

γωνία
προσπίπτει
e-e
e-h
⋮

2010/11/15

13



Σκεδάσις { ελαστική $E_i = E_f$
μη ελαστική $E_i = E_f \pm \Delta E$

Για ημιτονοειδή δυναμικό σκέδασις $V(\vec{r}, t) = V(\vec{r}) \cdot e^{i\omega t}$

$\Delta E = \hbar\omega$

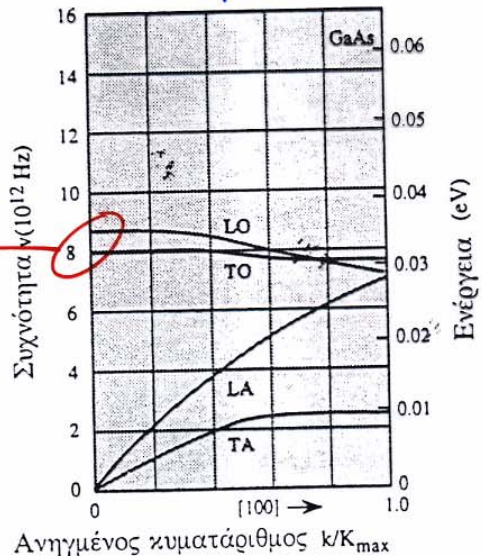
Φωνόνια → ιδιομορφασάσι της δόνησης του πλέγματος

δόννηση
συμπεριφορά
αίτια

$$\vec{u}_i(\vec{q}) = \vec{u}_{0i} \cdot \exp i(\vec{q} \cdot \vec{r}_i - \omega t)$$

πλάτος
ταράξεως

Ιδιοτιμή

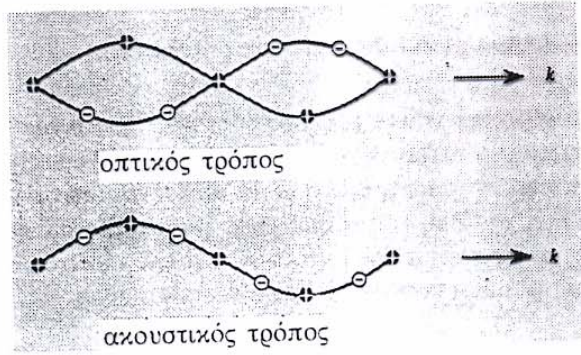


Σύδραση από
οπτικά
φωνόνια
 $\hbar\omega \approx 30 \text{ meV}$

Οπτικός και ακουστικός
τρόπος

Εγκάρσια και διαμήκη
φωνόνια

(a)



Τα δύο άτομα στη μονα-
διαία κυψελίδα ταλαντώνο-
νται με αντίθετη κίνηση.

Τα δύο άτομα στη μονα-
διαία κυψελίδα ταλαντώνο-
νται στην ίδια διεύθυνση.

(b)

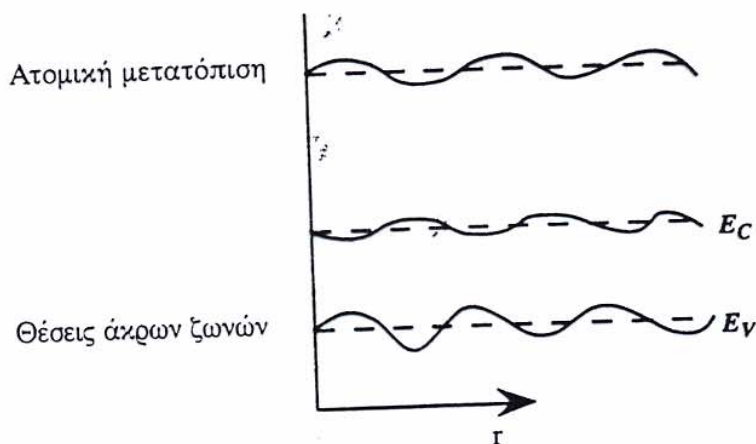
Φωνόνια = μποζόνια

αριθμός φωνονίων
με συχνότητα ω

$$n_\omega = \frac{1}{\exp\left(\frac{\hbar\omega}{k_B T}\right) - 1}$$

Καθε γωνίο παρατόργωνη ζοιιμά το πζίρτα.

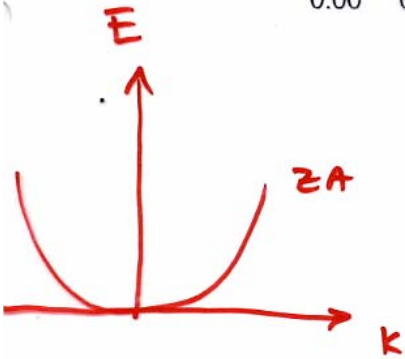
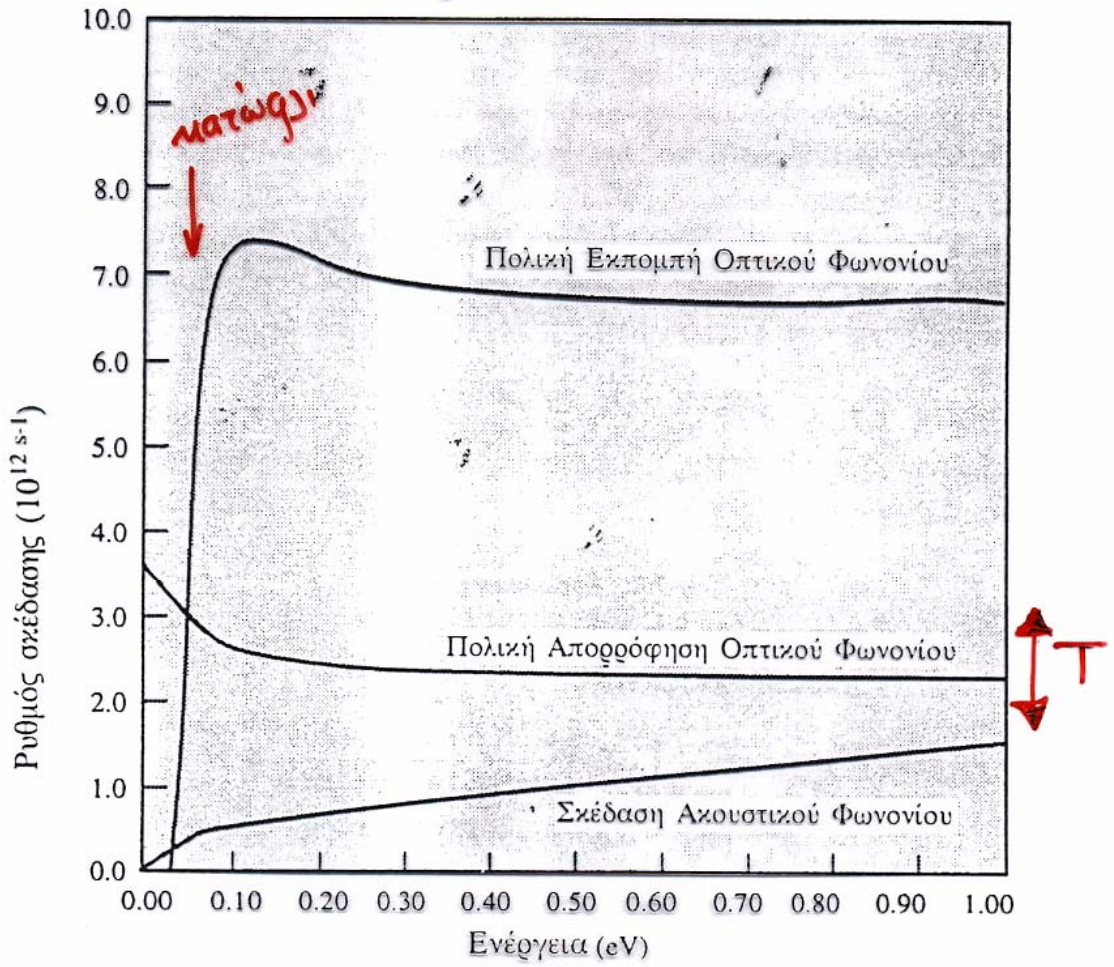
Αυεί η παρατόργωνη οδγχι σε ούδδαση γορτίω
(είτε για ολιζιμά είτε για αίνουσιμά γωνίω)

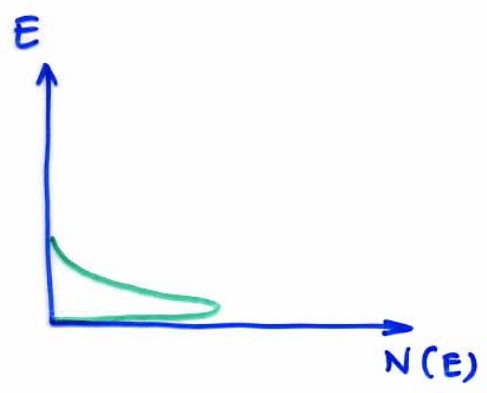
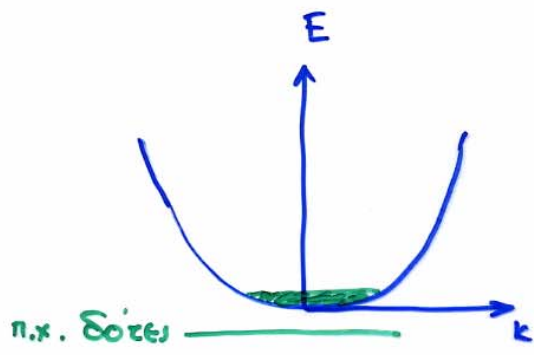


Σε σύνθετες ηλιαζυγιάς (GaAs) κάθε οπτικό διαμήκως
γωνίο παράη ζοιιμά παρατόργωνη διπόλων το
οποίο οδγχι σε ισχυρί ούδδαση μέσω αζζυηζιόδρασ
Coulomb (καυράς εφβείτας)

~~Δυναμικό~~ Δυναμικό ούδδαση Fröhlich

GaAs, $T=300\text{K}$





Μας ενδιαφέρει η συλλογική συμπεριφορά ενός ημιδουλεμένου γορτίου.

π.χ. $\langle \vec{v} \rangle$ σαν συνάρτηση του \vec{F}

Μοντέλο Drude για χαμηλά πεδία

- (i) ανεξάρτητοι φορτίς ~~e^-~~
- (ii) Ο χρόνος τ_{sc} = μέσος χρόνος ανάτσα σε διαδοχικές κρούσεις
- (iii) Μεταξύ κρούσεων $\hbar \cdot \frac{d\vec{k}}{dt} = e\vec{F}$ (1)
- (iv) Μετά την κρούση, ο φορτίς χάνει όλη την ^{επιπλέον} ενέργεια που έχει αποκτήσει λόγω (1), και ο ημιδουλεμένος e^- βρίσκεται σε θερμική ισορροπία, $\langle \vec{v} \rangle = 0$

Με βάση αυτές τις υποθέσεις:

$$\langle \vec{v} \rangle = -e \cdot \vec{F} \cdot \tau_{sc} = \vec{v}_{dr}$$

$$\vec{J} = -n \cdot e \cdot \vec{v}_{dr} = \frac{n \cdot e^2 \tau_{sc}}{m^*} \cdot \vec{F}$$

$$\vec{J} = \sigma \cdot \vec{F}$$

$$\Rightarrow \sigma = \frac{n \cdot e^2 \tau_{sc}}{m^*}$$

Ορίζεται σαν κινητικότητα (mobility) μ ,

το λόγο

$$\frac{v_{dr}}{F} = \mu = \frac{e \cdot \tau_{sc}}{m^*}$$

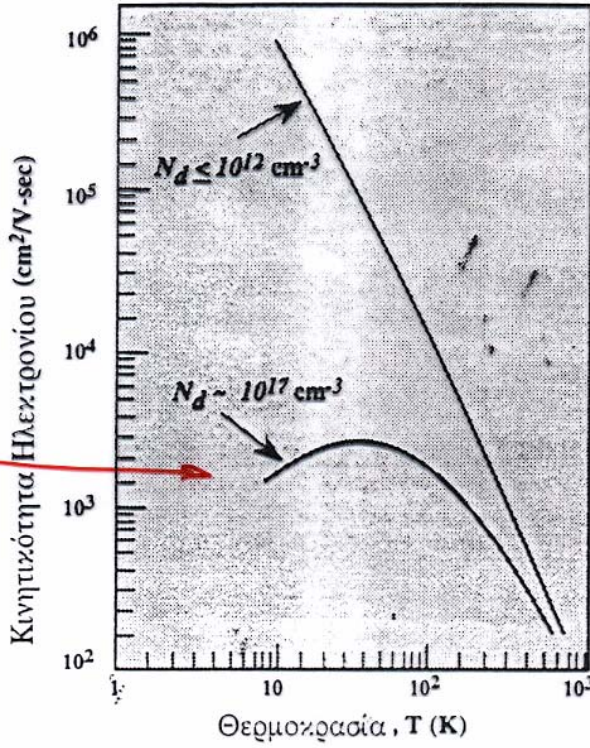
μακρο-συστοιμιά

μικρο-συστοιμιά μείωση

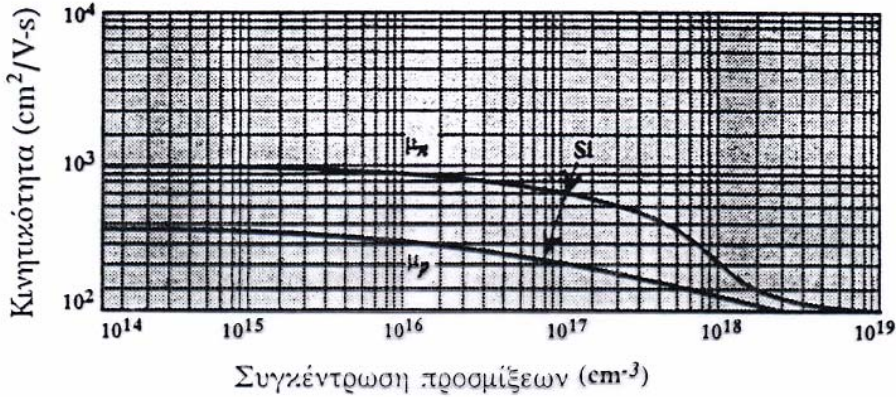
Ταχυρή εξάρτηση από m^* ($\tau_{sc} \downarrow$ όταν $m^* \uparrow$)

Si (καθαρά πεδία)

ομίδαση
λόγω
προσμίξεων



(a)



T = 300K

(b)

• μηχανισμοί σκέδασης φορέων

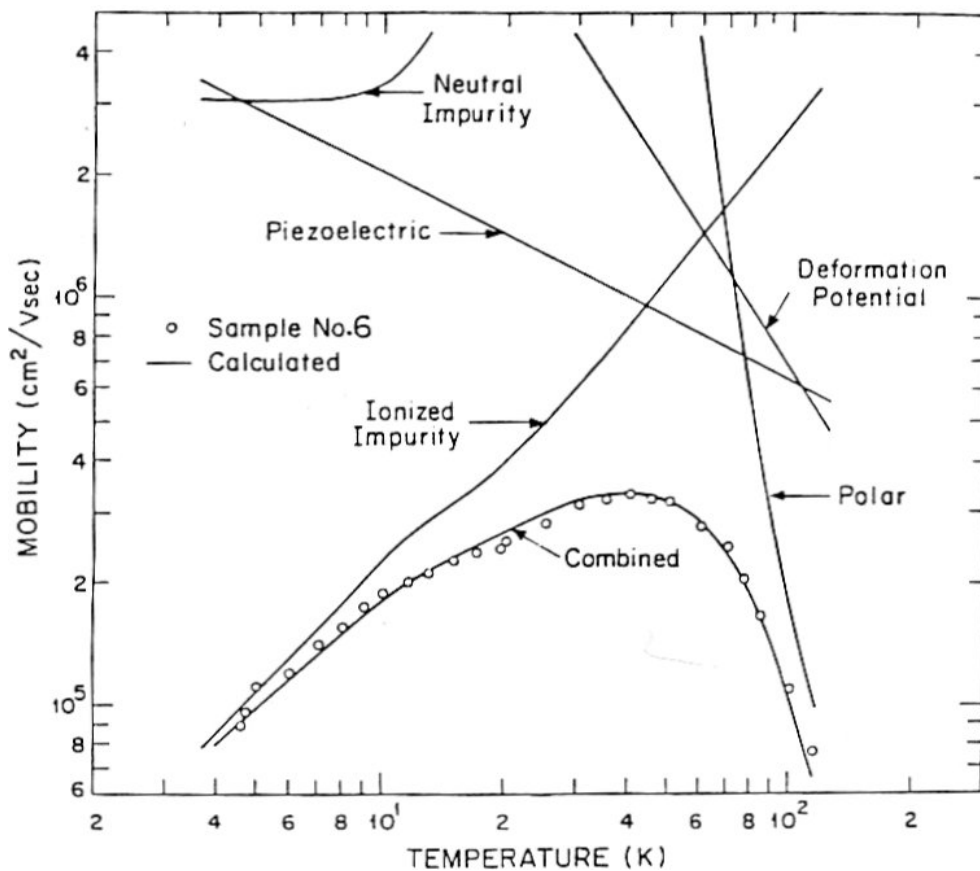
Υψηλές T →

πλέγμα (φωνόνια)

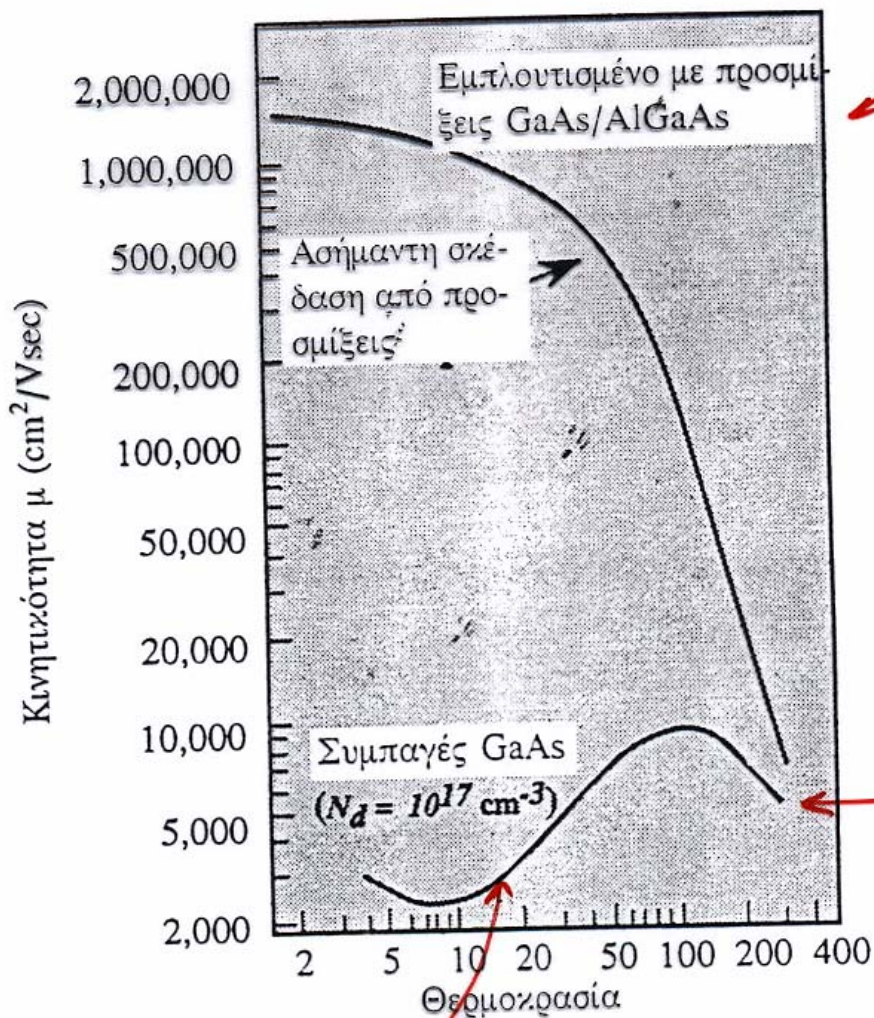
όλα τα υλικά έχουν
περίπου ίδιο $\tau \sim T^{-3/2}$

Χαμηλές T →

3D – ιονισμένες ατέλειες
 $\tau \sim T^{3/2}$



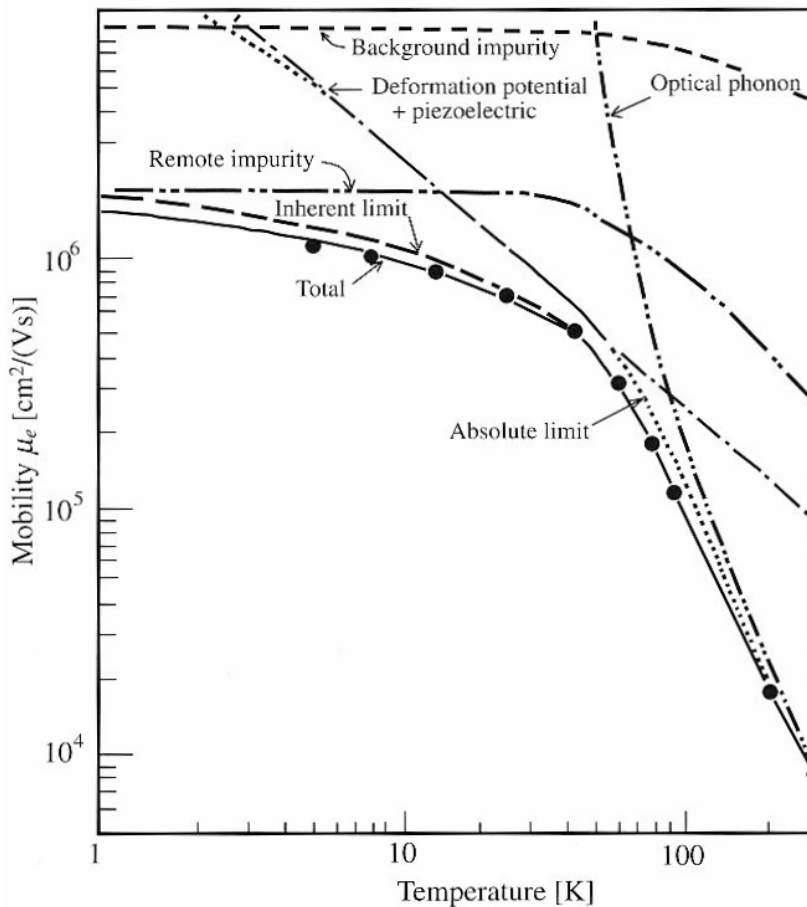
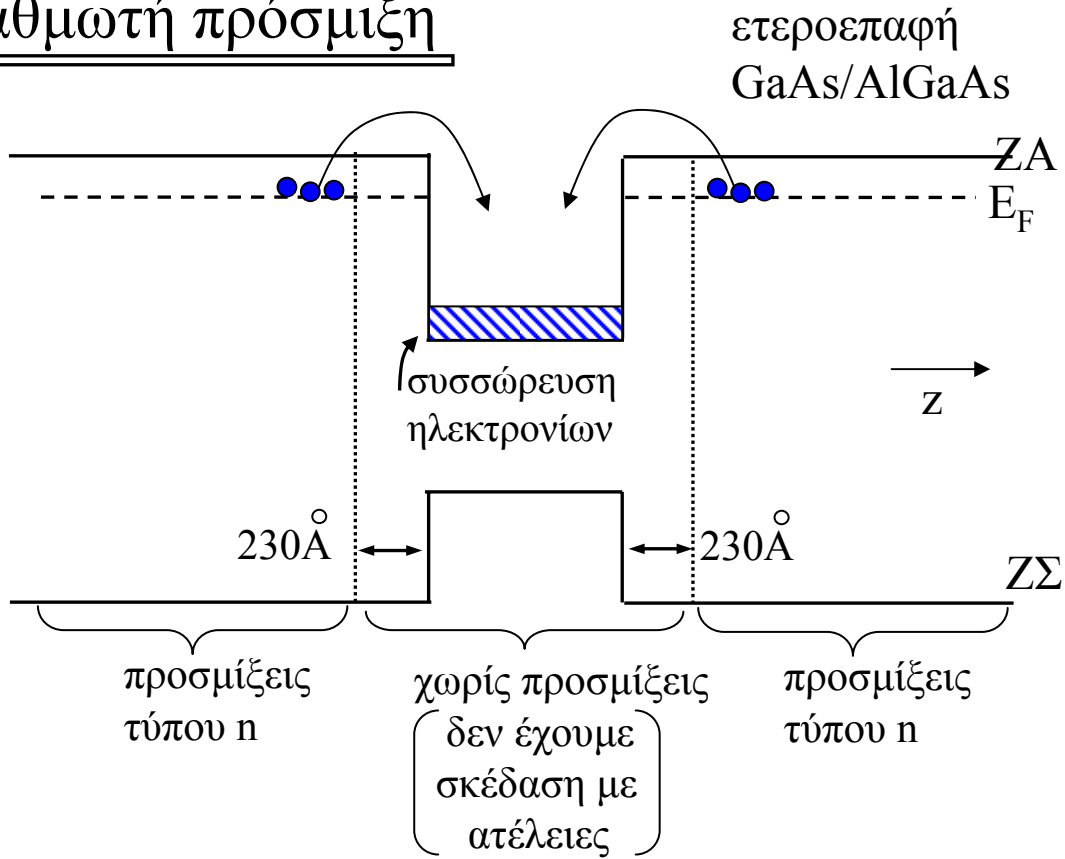
GaAs (χαμηλά ητδία)



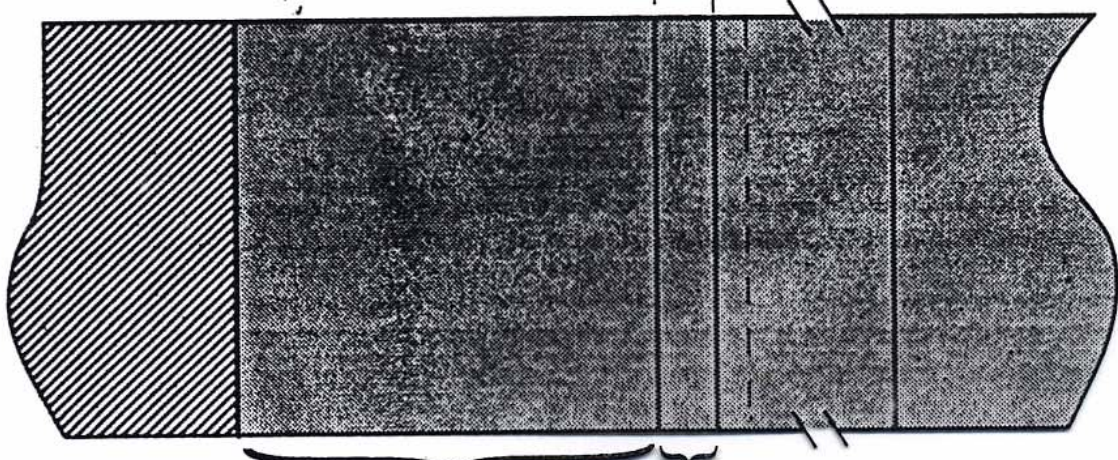
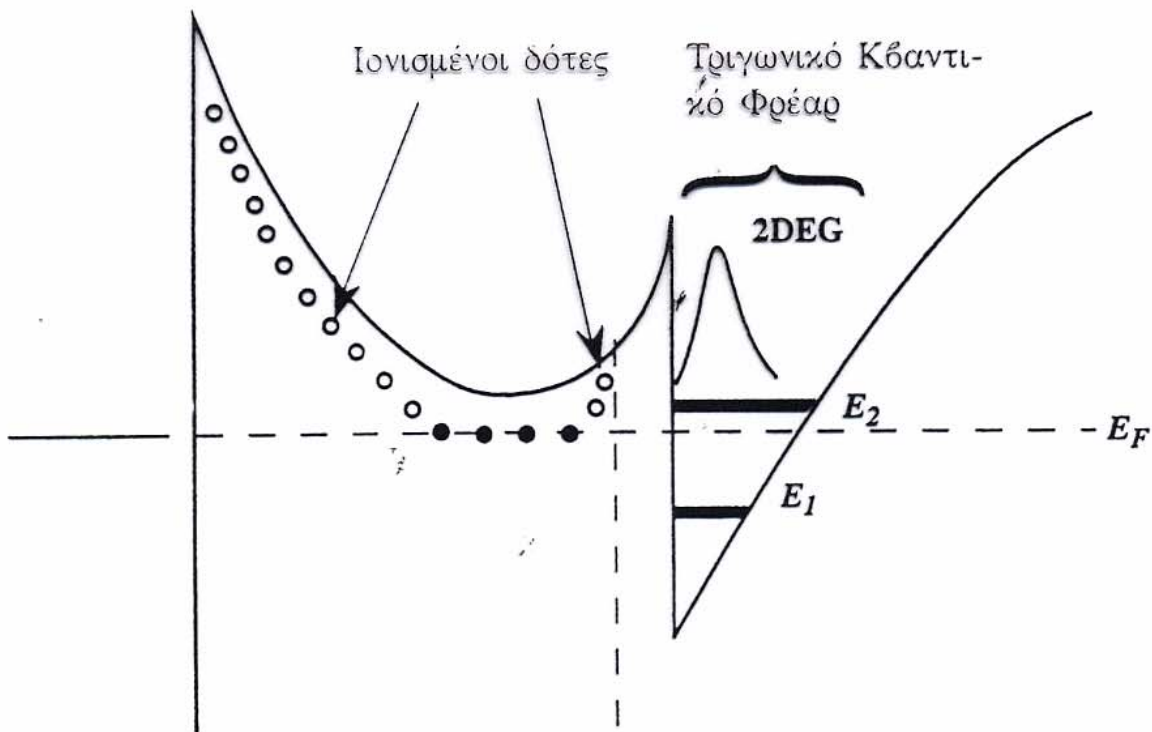
επιηγουτιστός
διαφοργωσ

πολύ μεγαλύτερος
από Si
(λόγω m^*)

ιονιστική
ηρεστική



Εμπηροειδής διαμόρφωση



Πύλη
Μετάλλου

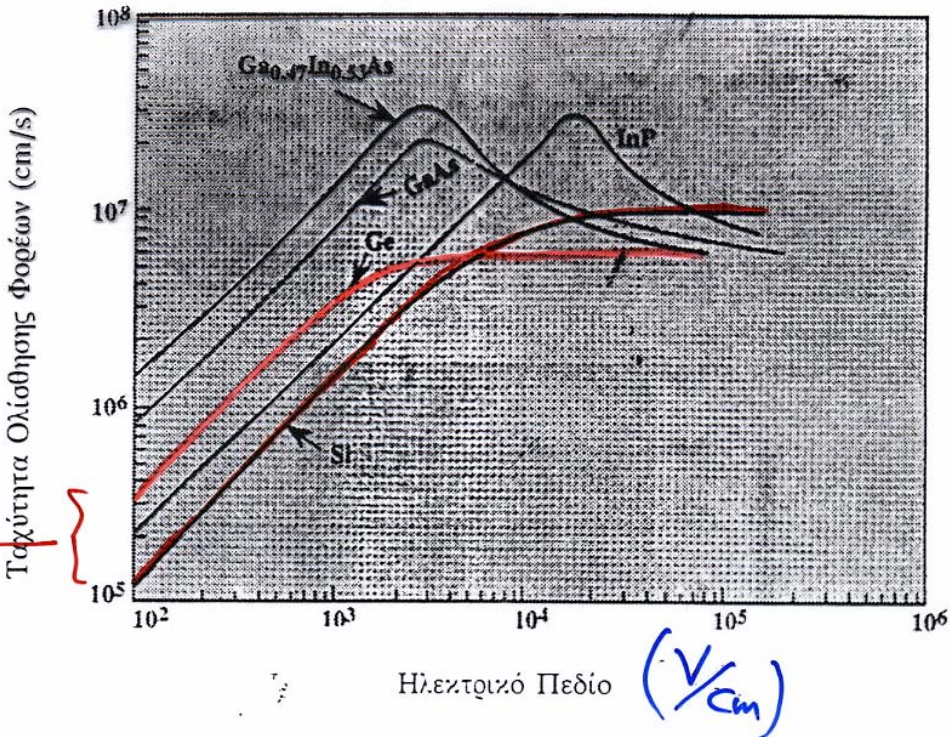
n^+ ALGaAs
Στρώμα Δότη

ALGaAs
Διαχωριστικό
τιμήμα

GaAs

Si
Απομονωτής Υπόστρωμα

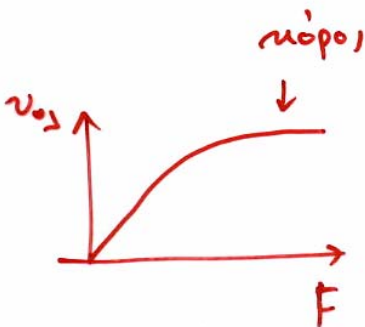
Σεως πηρισσότερες Διατάξης → μεταφορά σε υγρά πεδία.



Επίσημα καθαίσι

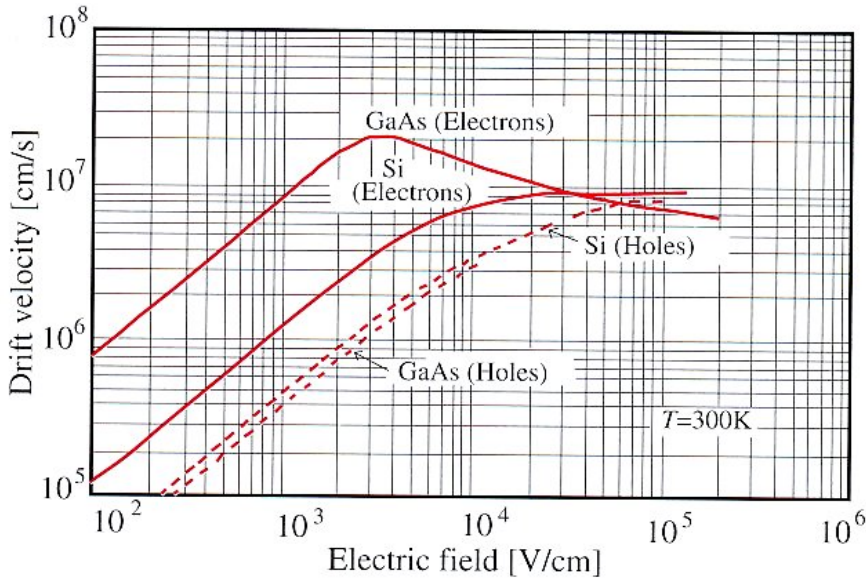
Υγρά πεδία → "δερμά" ης τυζρόνια → πηρισσότερες ουτδίασις

$$\mu = \frac{e \cdot \tau_{sc}}{m^*} \downarrow$$

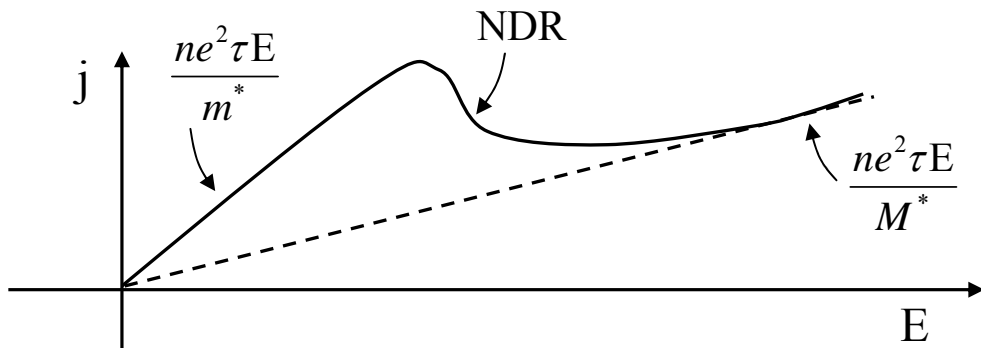
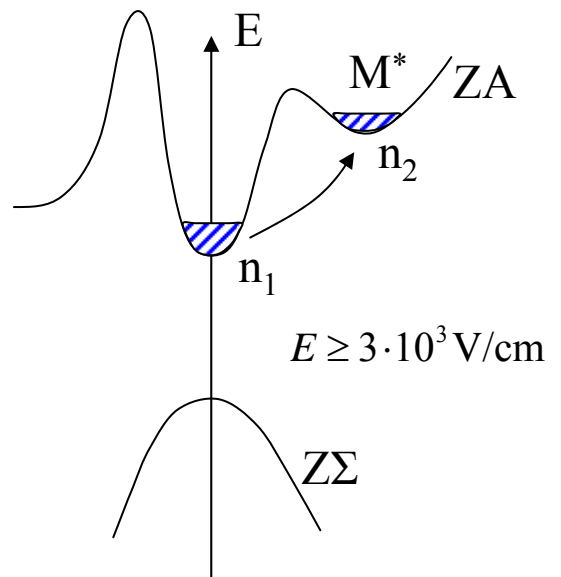
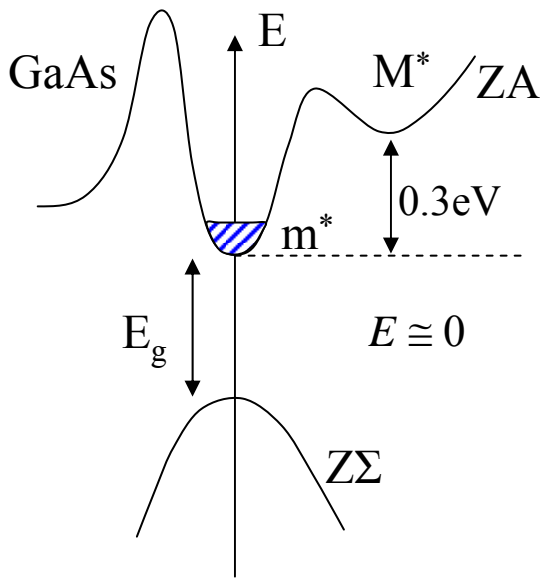


Si : σε ε' παρατήρων στην ίδια μοιγιάδα αόφη και στα υγρά πεδία

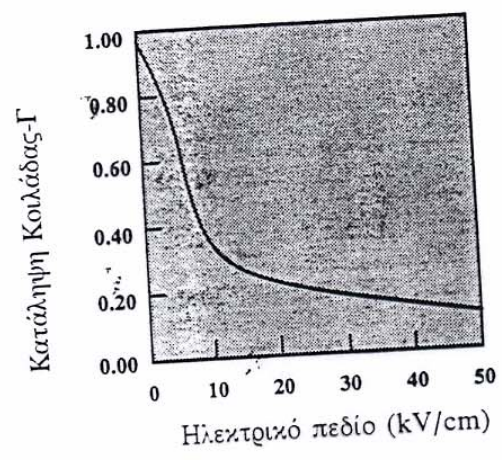
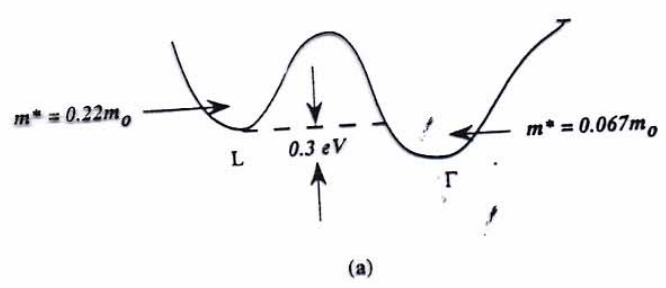
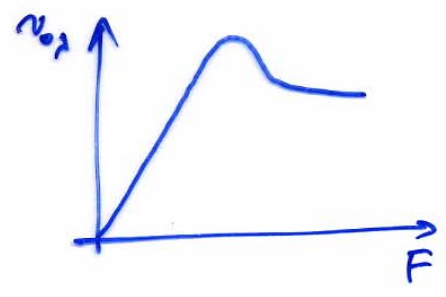
Ge, AlAs Επίσημα



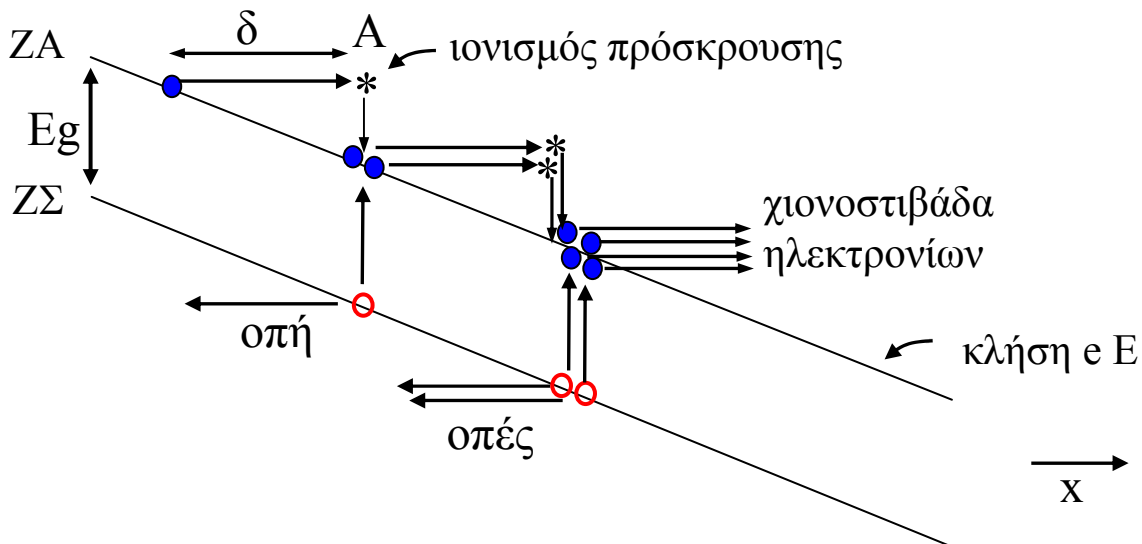
NDR για
 $E > 3 \cdot 10^3 \text{ V/cm}$



GaAs σε υψηλά πεδία

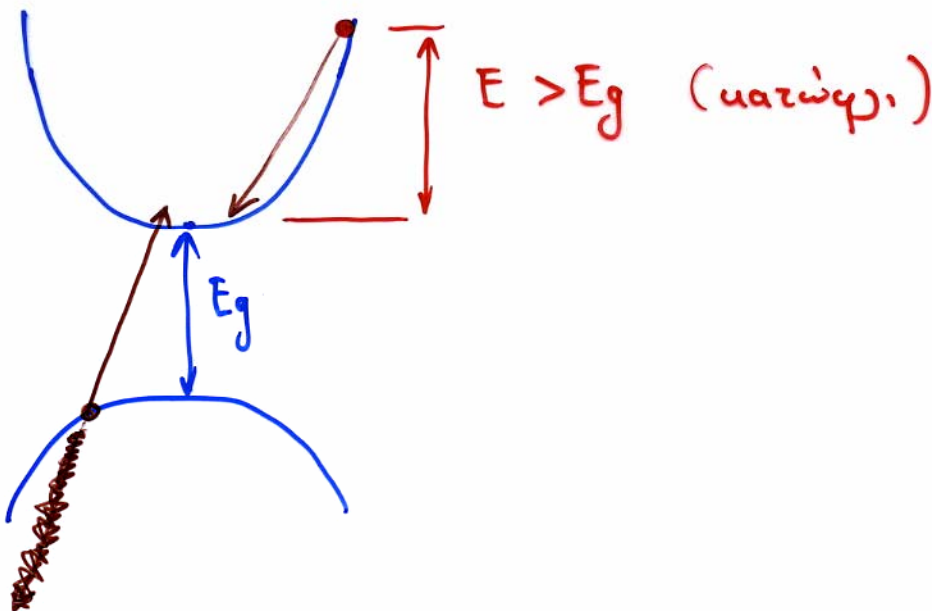


Μέσα σε $\tau_{sc} \sim 0.1 - 1 \text{ ps}$, το ηλεκτρόνιο που \square
 έχει αποκτήσει ενέργεια $\left(\hbar \cdot \frac{d\vec{k}}{dt} = -e \cdot \vec{F}, E - E_c = \frac{\hbar^2 k^2}{2m^*} \right)$
 μανι να το περάσει στην κοιλιάδα L (η κοιλιάδα
 L έχει μεγαλύτερο m^* επομένως η συζωτική ταχύτητα
 ή κινησιμότητα πέφτει στην αρχή μέχρι όταν
 σταθεροποιηθεί σε τιμή μόρα όταν τα περισσότερα
 e^- είναι στην L)



Σε αόρα υψηλότερα πεδία $> 100 \text{ kV/cm}$

Ιονισμός υαλούς ή Κατάρτυση Χιονοστιβάδας



Το τελικό αποτέλεσμα είναι $\left. \begin{array}{l} 2 e^- \\ 1 h^+ \end{array} \right\}$ αύξηση ρύθισης