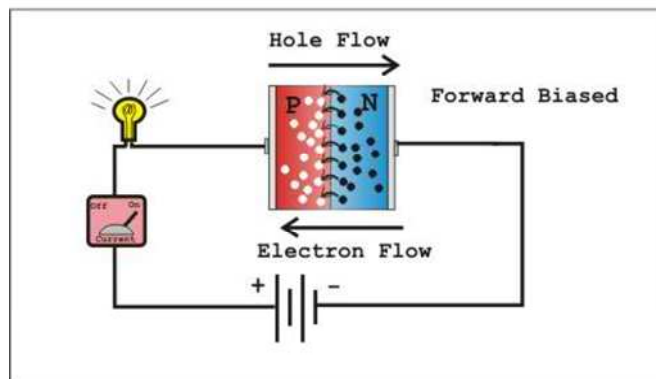


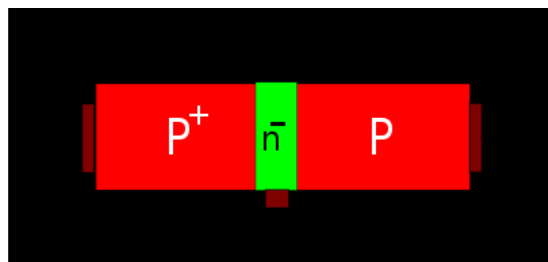
ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΤΩΝ ΗΜΙΑΓΩΓΩΝ

Κρυσταλλοδίοδος - Τρανζίστορ

Μια **ένωση $p-n$** είναι ένας κρύσταλλος ημιαγωγού, στο ένα τμήμα του οποίου έχουμε προσθέσει άτομα *αποδέκτη* και στο άλλο τμήμα άτομα *δότη*, έτσι ώστε το τελικό αποτέλεσμα να *μοιάζει* με συγκόλληση δύο κρυστάλλων ημιαγωγού, ενός τύπου p και ενός τύπου n . Η ένωση αυτή αποτελεί βασικό δομικό στοιχείο ηλεκτρονικών διατάξεων όπως η **κρυσταλλοδίοδος** και το **τρανζίστορ**. Η **δίοδος** ουσιαστικά αποτελείται από μια ένωση $p-n$, ενώ στο **τρανζίστορ** ένας κρύσταλλος ημιαγωγού έχει «ντοπαρισθεί» εναλλακτικά με δότη και αποδέκτη, έτσι ώστε να πάρει τη μορφή ενός «σάντουιτς» τύπου **$p-n-p$** ή **$n-p-n$** . Ένα **ολοκληρωμένο κύκλωμα** είναι ένα μικρό κομμάτι ημιαγωγού στο οποίο περιέχεται ένας πολύ μεγάλος αριθμός τρανζίστορ (έως και αρκετά εκατομμύρια!).



Ένωση $p-n$: Δίοδος



Τρανζίστορ $p-n-p$

Ανάμεσα στις πολλές εφαρμογές της, η **κρυσταλλοδίοδος** χρησιμοποιείται ως **ανορθωτής τάσης** (διάταξη, δηλαδή, που μετατρέπει μια εναλλασσόμενη τάση σε συνεχή), καθώς και ως **ψαλιδιστής εναλλασσόμενης τάσης**.

Το **τρανζίστορ** μπορεί να χρησιμοποιηθεί είτε ως **μεμονωμένη** συσκευή, είτε ως στοιχείο ενός **ολοκληρωμένου κυκλώματος**. Έχει τη δυνατότητα να εκτελεί δύο βασικές λειτουργίες:

(α) Ως *ενισχυτής* ενός ηλεκτρικού σήματος. Με την ιδιότητα αυτή χρησιμοποιείται ως *μεμονωμένη* συσκευή σε πάρα πολλά είδη ηλεκτρικών κυκλωμάτων.

(β) Ως *διακόπτης*, σαν τμήμα ενός *ολοκληρωμένου κυκλώματος*. Αυτό σημαίνει ότι διαθέτει δύο ξεχωριστές καταστάσεις λειτουργίας που αντιστοιχούν στις ενδείξεις «ON» και «OFF». Αυτή η συμπεριφορά είναι που επιτρέπει στα ολοκληρωμένα κυκλώματα να επεξεργάζονται και να αποθηκεύουν ψηφιακές (δυναδικές) πληροφορίες.

Οπτοηλεκτρονικές Διατάξεις

1. Φωτοαγωγιμότητα

Όπως γνωρίζουμε, η ενέργεια ενός φωτονίου μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να διεγερθεί ένα ηλεκτρόνιο της ζώνης σθένους στη ζώνη αγωγιμότητας ενός ημιαγωγού. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα την *αύξηση της αγωγιμότητας* του ημιαγωγού (αφού εμφανίζεται στον κρύσταλλο ένα επιπλέον *ελεύθερο* ηλεκτρόνιο και μία ακόμα οπή), φαινόμενο που είναι γνωστό ως *φωτοαγωγιμότητα*. Την ιδιότητα αυτή εκμεταλλευόμαστε για την *ανίχνευση φωτός*. Η διάταξη που χρησιμοποιείται γι' αυτό το σκοπό είναι η *φωτοδίοδος*, η οποία ουσιαστικά αποτελείται από μια ένωση *p-n*.

2. Εκπομπή φωτός

Ένας ημιαγωγός μπορεί να εκπέμπει φως όταν ένα ηλεκτρόνιο αγωγιμότητας επανενωθεί με μια οπή (δηλαδή, μεταπέσει από τη ζώνη αγωγιμότητας στη ζώνη σθένους). Στο φαινόμενο αυτό βασίζεται η λειτουργία της *διόδου εκπομπής φωτός* ή *LED* (*light-emitting diode*) και του *laser ημιαγωγού*.

Η *LED* αποτελείται από μια ένωση *p-n*. Η συχνότητα και το μήκος κύματος (άρα το χρώμα) του εκπεμπόμενου φωτός εξαρτώνται από το *ενεργειακό χάσμα* του ημιαγωγού. Έτσι, χρησιμοποιώντας διαφορετικά υλικά είναι δυνατό να παράγουμε φως σε μια ευρεία περιοχή χρωμάτων.

Στην *LED* τα φωτόνια παράγονται με *αυθόρμητη εκπομπή*. Δηλαδή, η επανένωση ενός ηλεκτρονίου και μιας οπής είναι μια *τυχαία* διαδικασία που συμβαίνει *ανεξάρτητα* από την επανένωση άλλων ζευγών ηλεκτρονίων-οπών. Αντίθετα, το *φως υψηλής συμφωνίας* που παράγει το *laser ημιαγωγού* απαιτεί τη διαδικασία της *εξαναγκασμένης εκπομπής*. Αυτό σημαίνει ότι η επανένωση ενός ζεύγους ηλεκτρονίου-οπής προκαλεί παρόμοιες επανενώσεις (οι οποίες, τώρα, δεν αποτελούν πλέον τυχαία γεγονότα). Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα όλα τα παραγόμενα φωτόνια, εκτός από ίδια συχνότητα, να έχουν και *σύμφωνη φάση* (θεωρούμενα ως κύματα). Όπως γνωρίζουμε από το μάθημα της Οπτικής, βασική προϋπόθεση για την επίτευξη εξαναγκασμένης εκπομπής είναι η *αντιστροφή πληθυσμών*. Αυτό σημαίνει, στην περίπτωση μας, ότι θα πρέπει να υπάρχουν περισσότερα ηλεκτρόνια στη βάση της ζώνης αγωγιμότητας του ημιαγωγού, απ' ό,τι στην κορυφή της ζώνης σθένους του.

Τα περισσότερο χρησιμοποιούμενα *laser* ημιαγωγού είναι οι **δίοδοι laser**. Σ' αυτές, η διαδικασία της αντιστροφής πληθυσμών γίνεται με τη βοήθεια ενός ηλεκτρικού ρεύματος που ρέει μέσα από την ένωση *p-n*. Υπάρχουν όμως και άλλοι τύποι *laser* ημιαγωγού, οι οποίοι δεν έχουν τη δομή μιας διόδου, και στους οποίους η αντιστροφή πληθυσμών επιτυγχάνεται με *οπτικά* μέσα (απορρόφηση ακτινοβολίας κατάλληλης συχνότητας).

Βοηθήματα – Πηγές για περαιτέρω μελέτη:

R. Turton, *The Physics of Solids* (Oxford, 2000).

Κ. Ι. Παπαχρήστου, *Εισαγωγή στην Ηλεκτρομαγνητική Θεωρία και τη Φυσική των Αγώγιμων Στερεών* (Σχολή Ναυτικών Δοκίμων, 2010).

<http://openeclass.snd.edu.gr/openeclass-2.3.1/modules/document/file.php/TOM6105/EM%20Volume%20PDF.pdf>

http://en.wikipedia.org/wiki/Semiconductor_device

http://en.wikipedia.org/wiki/Laser_diode

http://www.rp-photonics.com/semiconductor_lasers.html

(Βλ. επίσης περιεχόμενους συνδέσμους για *Laser Diodes* , *Optical Pumping* , κλπ.)