

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΊΔΡΥΜΑ ΚΡΗΤΗΣ

ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗΣ

ΘΕΜΑ: ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΤΑΞΗ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΜΟΥ ΔΙΟΔΙΚΟΥ LASER

ΜΥΞΑΚΗΣ ΜΑΝΟΣ

ΕΙΣΗΓΗΤΗΣ: ΠΕΤΡΙΔΗΣ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ

ΧΑΝΙΑ 2012

ΤΕΙ ΧΑΝΙΩΝ ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΗΡΑΚΛΕΙΟΥ

ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗΣ

ΜΑΝΟΣ ΜΥΞΑΚΗΣ

ΤΕΛΕΙΟΦΟΙΤΟΣ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗΣ

ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΤΑΞΗ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΜΟΥ ΔΙΟΔΙΚΟΥ LASER

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΑΣΚΗΣΗ

ΧΑΝΙΑ 2012

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Με την ολοκλήρωση της πτυχιακής άσκησης αυτής για το λόγο του ότι τελειώνω και τις σπουδές μου, θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον εισηγητή μου Κύριο Κωνσταντίνο Πετρίδη για τον πολύτιμο χρόνο του. Με τις υποδείξεις και με τις παρατηρήσεις του καταφέραμε και είχαμε αποτέλεσμα η άσκηση να έχει αυτήν την τελική της μορφή. Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά την οικογένειά μου που μου στάθηκε και με στήριξε όλο αυτό τον καιρό παρ όλες τις δυσκολίες που τυχόν προέκυψαν. Τέλος, ευχαριστώ θερμά όλους όσους βοήθησαν γενικότερα τόσο για την υλοποίηση όσο και για την πραγματοποίηση της άσκησης αυτής.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΆΣΚΗΣΗΣ

1. Εισαγωγή των Laser.	σελ. 9
1.1. Γενικά για L.A.S.E.R.	σελ. 9
1.2. Οι ξεχωριστές ιδιότητες της ακτινοβολίας Laser.	σελ. 12
2. Δίοδοι λέιζερ (Injection laser diode-ILD).	σελ.14
2.1. Βασικά χαρακτηριστικά των ημιαγωγών Laser είναι.	σελ.15
2.2. Βασικά πλεονεκτήματα των laser έναντι των Led.	σελ.16
3. Βασικές κατηγορίες των Laser.	σελ.18
3.1. Μετάδοση της υπηρεσίας HDTV	σελ.20
3.2. Κώδικες γραμμής οπτικού σήματος.	σελ.20
3.3. Κλάσεις Laser	σελ.22
4. Κατασκευή της άσκησης.	σελ.23
4.1. Τα υλικά για την κατασκευή της άσκησης.	σελ.23
4.2. Ηλεκτρονικά κυκλώματα της άσκησης.	σελ.25
4.3. Κύκλωμα τροφοδοσίας του Laser.	σελ.26
4.4. Κύκλωμα ενίσχυσης της φωτοδίοδου.	σελ.30
4.5. Κατασκευή εξολοκλήρου.	σελ.31
5. Πειραματική διαδικασία	σελ.32
5.1. Διαδικασία πραγματοποίησης μετρήσεων.	σελ.32
5.2. Μετρήσεις άσκησης.	σελ.33
6. Βιβλιογραφία.	σελ.36

ΣΧΗΜΑΤΑ ΠΙΝΑΚΕΣ & ΕΙΚΟΝΕΣ

Σχήμα 1(α) CD player	σελ. 9
Σχήμα 1(β) Δίοδος laser	σελ. 10
Σχήμα 1(γ) βασικές αρχές λειτουργίας ενός Laser.	σελ. 11
Σχήμα 1(δ) Laser ρουβιδίου 1960.	σελ. 11
Σχήμα 1(ε) κατευθυντικότητα	σελ. 12
Σχήμα 1(στ) μονοχρωματικότητα	σελ. 12
Σχήμα 1(ζ) χρονική συμφωνία	σελ. 13
Σχήμα 1(η) χρονική συμφωνία	σελ. 13
Σχήμα 1(θ) χωρική συμφωνία	σελ. 14
Εικόνα (2 - 1) : Σχηματικό Laser	σελ. 14
Γράφημα (2.1 - 1) χαρακτηριστική εισόδου εξόδου laser	σελ. 15
Γράφημα (2.2 - 2) Χαρακτηριστική εξόδου λέιζερ.	σελ. 17
Εικόνα (2.2 - 3) αρχή λειτουργίας Laser	σελ. 18
Γράφημα (3-1) περιοχή μήκους κύματος συμβατή με τους ενισχυτές ίνας	σελ. 19
Πίνακας (3.1 - 1) Απαιτούμενο Bandwidth για H.D.TV και S.D.TV	σελ. 20
Εικόνα (3.2 - 3) προειδοποιητικές ταμπέλες ακτίνας laser.	σελ. 22
Σχήμα (4.1 - 1) Πλέξυ γκλας για την βάση στήριξης των εξαρτημάτων.	σελ. 23
Σχήμα (4.1 - 2) Συγκεντρωτικοί φακοί μαζί με την βάση τους.	σελ. 23
Σχήμα (4.1 - 3) το Laser diode της άσκησης με την βάση του	σελ. 24
Σχήμα (4.1 - 4) η φωτοδίοδος της άσκησης με το module της.	σελ. 24
Σχήμα (4.3 - 1) ο μετασχηματιστής και γραφική παράσταση της τιμής εξόδου του.	σελ. 26
Σχήμα (4.3 - 2) ο μετασχηματιστής ο ανορθωτής και γραφική παράσταση.	σελ. 26
Σχήμα (4.3 - 3) ο πυκνωτής και γραφική παράσταση της τιμής εξόδου του.	σελ. 27
Σχήμα (4.3 - 4) ο μετασχηματιστής ο ανορθωτής ο πυκνωτής ο σταθεροποιητής η γραφική παράσταση της τιμής εξόδου του.	σελ. 27
Πίνακας (4.3 - 1) Οι τιμές των ολοκληρωμένων αναλόγως τον τύπο και την σειρά τους.	σελ. 28
Σχήμα (4.3 - 5) γραφική διάταξη τροφοδοτικού του Laser .	σελ. 29
Σχήμα (4.3 - 6) η κυκλωματική διάταξη τροφοδοσίας του Laser πάνω σε διάτρητη πλακέτα όπου και κατασκευάστηκε.	σελ. 29
Σχήμα (4.4 - 1) γραφική διάταξη του κυκλώματος ενίσχυσης της φωτοδίοδου.	σελ. 30
Σχήμα (4.5 - 1) η κατασκευή εξολοκλήρου της άσκησης.	σελ. 31

ΣΧΗΜΑΤΑ ΠΙΝΑΚΕΣ & ΕΙΚΟΝΕΣ

Πίνακας (5.2 - 1) μετρήσεις τιμών της άσκησης.	σελ. 33
Γραφική παράσταση(5.2 - 2) του ρεύματος και της τάσεως του Laser	σελ. 34
Γραφική παράσταση(5.2 - 3) των τάσεων της φωτοδιόδου και της τάσεως του Laser	σελ. 35

1.1. *Εισαγωγή των Laser*

1.2. *Γενικά για L.A.S.E.R*

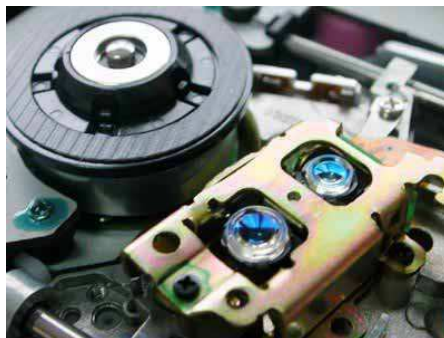
‘Ένα εργαλείο που ψάχνει εφαρμογή’

Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation

‘Οπτική Ενίσχυση μέσω της Εξαναγκασμένης Εκπομπής’

Η τεχνολογία laser αποδεικνύει ότι τα άτομα δεν απορροφούν μονάχα ενέργεια αλλά μπορούν να την ενισχύσουν κάτω από ορισμένες συνθήκες!!

- Το Laser είναι μια πηγή φωτός με μοναδικές ιδιότητες!!
- Το Laser ενισχύει το οπτικό σήμα μέσω ορισμένων διεργασιών .Αυτές είναι :α) εξαναγκασμένη εκπομπή, β) οπτική ανατροφοδότηση.
- Τα βασικά μέρη μιας συσκευής Laser είναι :α) ένα ζεύγος κατόπτρων β) το ενεργό μέσο γ) ο μηχανισμός άντλησης.
- Στο εσωτερικό μιας συσκευής Laser οπτική ακτινοβολία που παράγεται αρχικά προς όλες τις κατευθύνσεις εκπέμπεται τελικά σε μια πολύ καλά καθορισμένη διεύθυνση.
- Της από της πιο γνωστές εφαρμογές των Laser συναντιούνται στα CD players, στα scanners των supermarket, στα συστήματα παρακολούθησης, σε ιατρικές εφαρμογές, στα συστήματα οπτικών επικοινωνιών, σε στρατιωτικές εφαρμογές και σε πολλούς της τομείς.



Σχήμα 1(α) Cd player

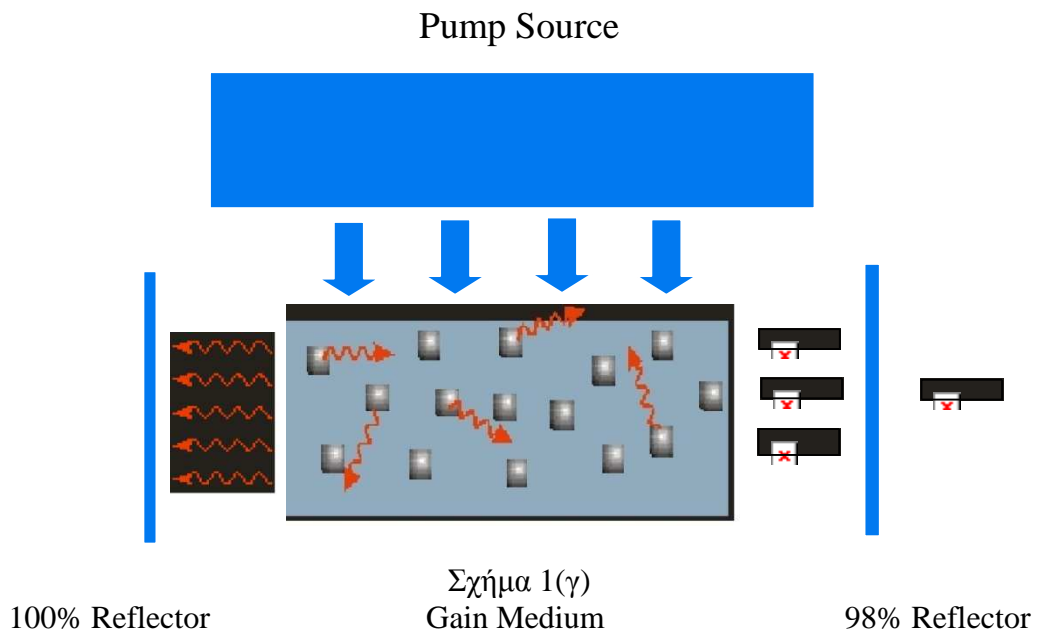
- Τα Laser δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν στον φωτισμό μιας περιοχής ή στα φανάρια κυκλοφορίας!!!!



Σχήμα 1(β) Δίοδος laser

Τα ημιαγώγιμα υλικά χαρακτηρίζονται από υψηλής κανονικότητας κρυστάλλους ατόμων ή ιόντων. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα την δημιουργία ζωνών ενεργειακών καταστάσεων. Ανάμεσα σε αυτές της ζώνες υπάρχουν απαγορευμένες ενεργειακές καταστάσεις οι οποίες είναι γνωστές σαν **ενεργειακά χάσματα**. Στο πυρίτιο το ενεργειακό χάσμα είναι της τάξεως του 1.1 eV. Οι ενεργειακές καταστάσεις μέσα της ζώνες είναι πυκνό – κατοικημένες.

- Ενεργό μέσο (Gain Medium-ενίσχυση σήματος, καθορισμός συχνότητας).
- Οπτικός ταλαντωτής (Ενίσχυση σήματος καθορισμός συχνότητας).
- Πηγή άντλησης (Αναστροφή πληθυσμού)



Το 1958 A.L.Schalow & C.H. Townes δημοσίευσαν την 1^η Θεωρητική εργασία σχετικά με της βασικές αρχές λειτουργίας της Laser.

Επεκτείνανε τα ερευνητικά του ενδιαφέροντα από την περιοχή των μικροκυμάτων (masers 187-10 mm) στο οπτικό φάσμα (400- 700nm).

Βραβεύτηκαν και οι δύο με το βραβείο Nobel.

Το 1960 ο Maiman κατασκεύασε την 1^η πρακτική συσκευή Laser. Ήταν ένα Laser Ρουβιδίου σχήμα (1δ) .

Το 1984 βραβεύθηκε με το βραβείο Nobel.

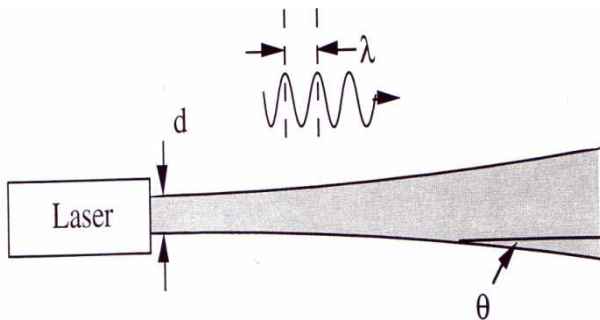


Σχήμα (1δ): Laser ρουβιδίου 1960.

1.2. Οι ξεχωριστές ιδιότητες της ακτινοβολίας Laser

1. Κατευθυντικότητα
2. Μονοχρωματικότητα
3. Χρονική συμφωνία
4. Χωρική συμφωνία

- Κατευθυντικότητα



Σχήμα 1(ε)

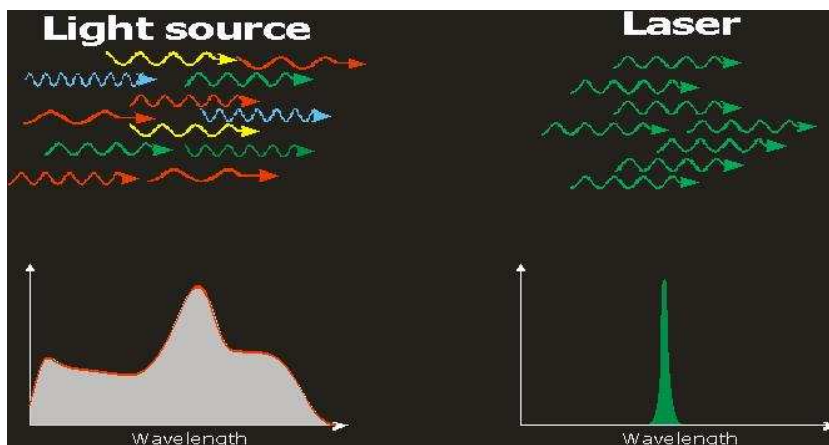
Η γωνία περίθλασης $\theta = \lambda/d$ (1)

όπου:

d = Διάμετρος δέσμης εξόδου

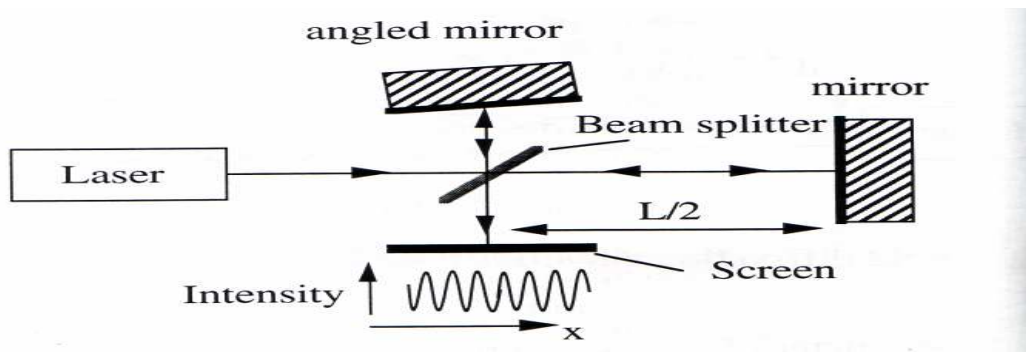
λ = Μήκος κύματος ακτινοβολίας Laser

- Μονοχρωματικότητα



Σχήμα 1(στ)

- Χρονική συμφωνία



Σχήμα 1(ζ)

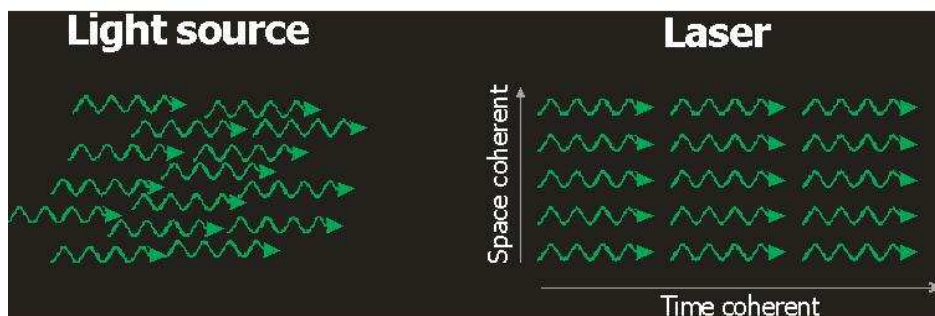
Η απόσταση μέσα στην οποία είναι διακριτοί οι κροσσοί συμβολής καλείται μήκος συμφωνίας (**coherence length**). Ως χρόνο συμφωνίας (**coherence time**) ορίζεται η παρακάτω ποσότητα:

Μήκος συμφωνίας + χρόνος συμφωνίας $\times c$

Το φασματικό εύρος της εκπομπής σχετίζεται με τον χρόνο συμφωνίας:

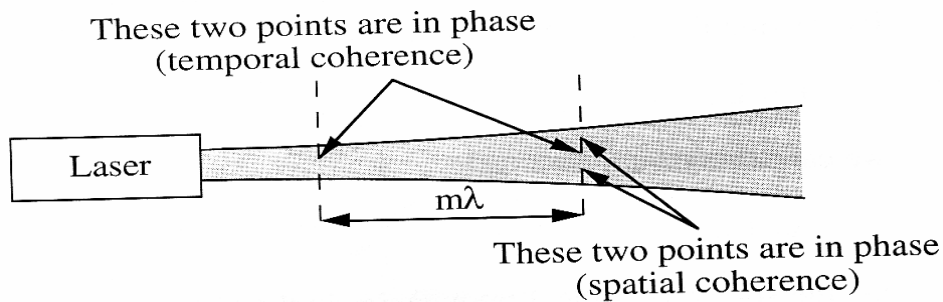
$$\Delta\nu = 1 / t_{coherence} \quad (2)$$

Χρονική συμφωνία



Σχήμα 1(η)

- Χωρική συμφωνία

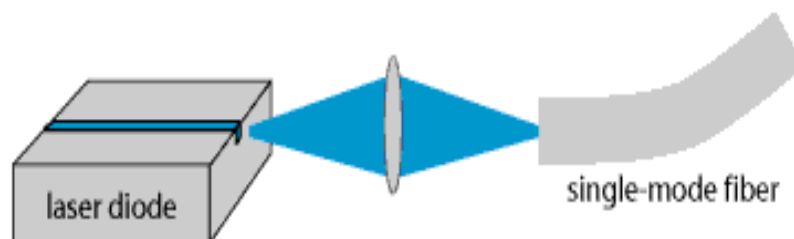


Σχήμα 1(θ)

Το μέγεθος της χωρικής συμφωνίας μας δείχνει ποιά είναι η φάση μεταξύ των διαφόρων σημείων μιας δέσμης κάθετα στην διεύθυνση διάδοσης της .

2. Δίοδοι λέιζερ (Injection laser diode-ILD)

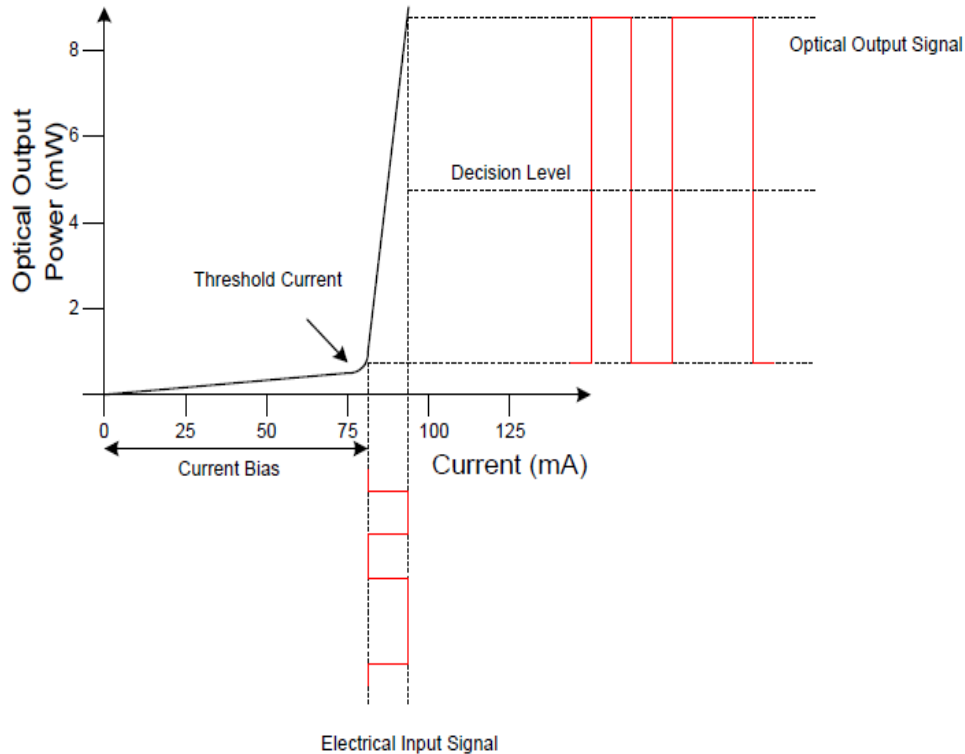
Ο όρος Laser είναι το ακρωνύμιο των όρων Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation δηλαδή ενίσχυση φωτός από εξαναγκασμένη εκπομπή. Στα οπτικά δίκτυα τηλεπικοινωνιών η βασική πηγή φωτός είναι ο ημιαγωγός laser. Το laser ημιαγωγού είναι κατάλληλο για εφαρμογές μονότροπης ίνας. Το κύκλωμα – chip του ημιαγωγού λέιζερ εκπέμπει φως σε δύο κατευθύνσεις. Η μία εστιάζεται στην ίνα μέσω κατόπτρου ενώ από την άλλη πέφτει σε μία φωτοδίοδο η οποία είναι κατάλληλα στραμμένη για να μειωθούν οι ανακλάσεις προς την κοιλότητα του λέιζερ. Η χρήση της φωτοδίοδου έχει την έννοια της παρακολούθησης – monitoring της εξόδου του λέιζερ.



Εικόνα (2 - 1) : Σχηματικό Laser.

2.1. Βασικά χαρακτηριστικά των ημιαγωγών Laser είναι :

- Η Χαρακτηριστική καμπύλη οπτικής ισχύος – ρεύματος εισόδου P – I.



Γράφημα (2.1 - 1) χαρακτηριστική εισόδου εξόδου laser .

- Ικανοποιητική ισχύς εξόδου .
- Ο τρόπος και ο ρυθμός διαμόρφωσης του οπτικού σήματος για την αναπαράσταση των ψηφιακών δεδομένων .
- Η ακρίβεια στο μήκος κύματος που εκπέμπει .
- Το εύρος φάσματος προτιμάται να είναι όσο το δυνατόν περιορισμένο . Η ικανότητα για όσο το δυνατόν μονοχρωματική (απλό μήκος κύματος) εκπομπή έτσι ώστε να ελαχιστοποιείται η διασπορά αφενός και αφετέρου η δυνατότητα να επιτρέπεται η παράθεση καναλιών πολλαπλών μηκών κύματος – W. D.M.
- Το διάγραμμα κατευθυντικότητας της ισχύος εξόδου . Θα πρέπει η NA – Numerical

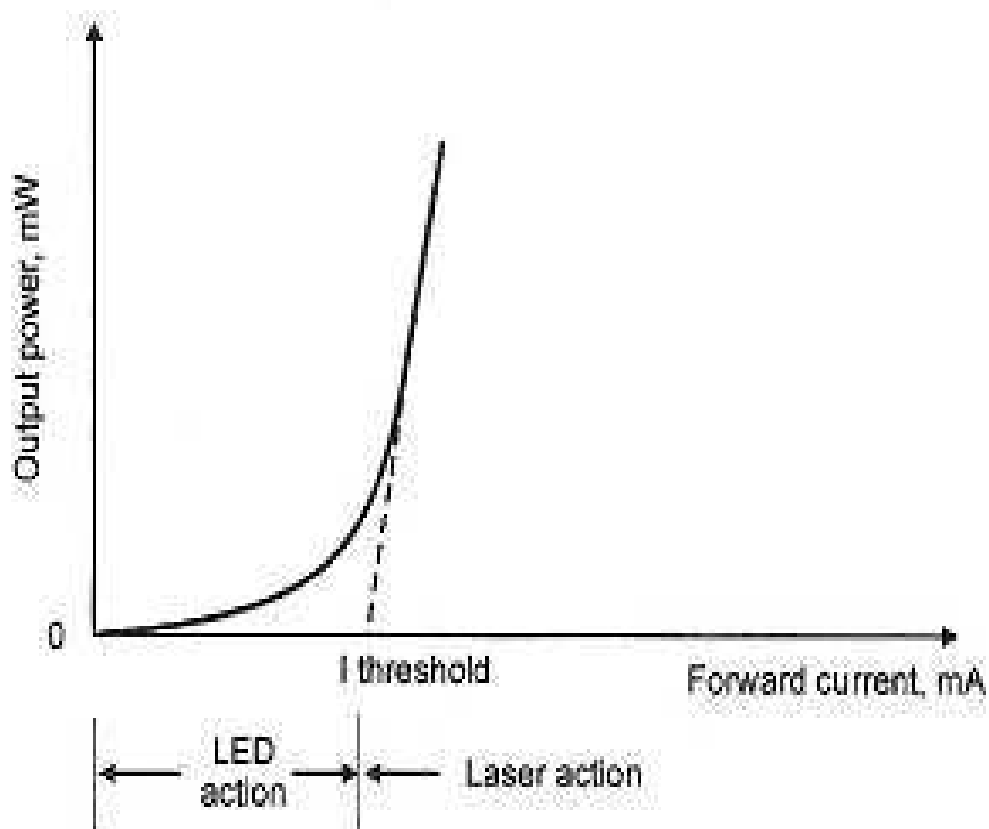
Aperture να είναι μικρότερη από αυτήν της ίνας .

- Χρόνος ζωής .
- Κόστος .

2.2. Βασικά πλεονεκτήματα των laser έναντι των Led.

- Το φασματικό εύρος τους είναι πολύ πιο στενό – narrow .Ειδικά στα Led το φασματικό εύρος αυξάνει όσο το εκπεμπόμενο μήκος κύματος μεγαλώνει . Για μήκη κύματος στα 1300nm ή 1550nm το $\Delta\lambda = 1\text{nm}$. Ενώ για Led στα 1300 nm είναι περίπου στα 170nm .
- Τα εκπεμπόμενα φωτόνια που παράγονται από τα laser έχουν ορισμένη κατεύθυνση με αποτέλεσμα να είναι πιο αποδοτικά εν αντίθεση με εκείνα των Led τα οποία κινούνται σε οποιαδήποτε κατεύθυνση .Κατά συνέπεια το ποσοστό της παραγόμενης ισχύος η οποία είναι συζευγμένη με την ίνα είναι κατά πολύ μεγαλύτερο .
- Η ακτίνα φωτός που παράγεται από τα Laser είναι πολύ στενή σε σχέση με αυτήν των LED η οποία έχει μορφή κώνου.
- Τα φωτόνια που παράγονται είναι σε φάση δηλαδή έχουμε εκπομπή φωτός συνεκτική - coherent.
- Από τα παρακάτω συμπεραίνουμε ότι τα λέιζερ παρουσιάζουν στενό φασματικό εύρος, υψηλή ισχύ, υψηλό βαθμό κατευθυντικότητας και συνεκτικότητα. Αυτός είναι και ο λόγος για τον οποίο τα λέιζερ προτιμώνται σε μακρινές αποστάσεις .

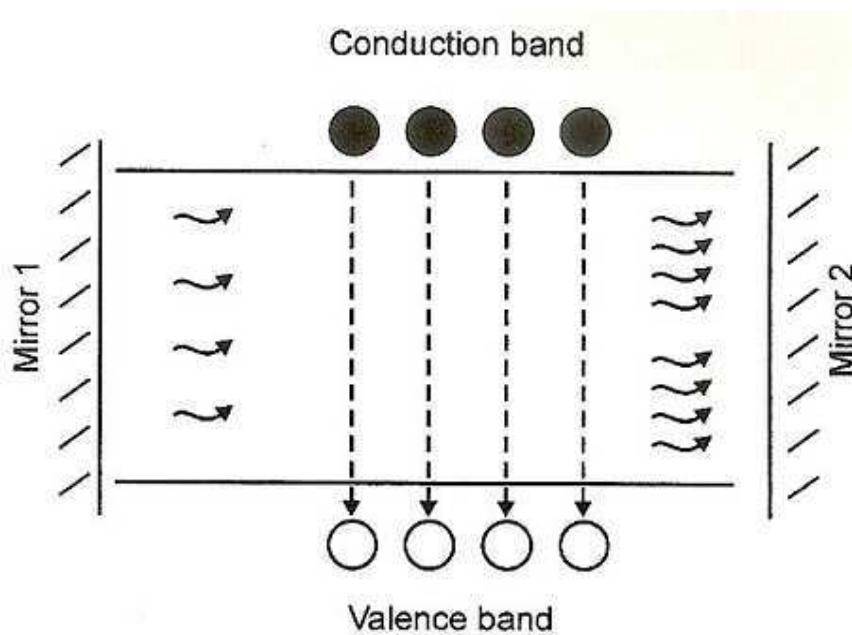
Μια παρατήρηση που πρέπει επίσης να κάνουμε είναι ότι το λέιζερ έχει δύο χαρακτηριστικά ρεύματα το ρεύμα κατωφλίου – threshold current (τυπική τιμή ~ 30 mA πηγής 1m Watt) κάτω από το οποίο λειτουργεί ως Led και το ρεύμα οδήγησης – driving current (τυπική τιμή ~60 mA πηγής 1m Watt) το οποίο οδηγεί το laser .



Γράφημα (2.2 - 2) Χαρακτηριστική εξόδου λέιζερ.

Ο λόγος για τον οποίο συμβαίνει το Laser να λειτουργεί ως Led οφείλεται στο γεγονός ότι στο Laser τα πρώτα εκπεμπόμενα φωτόνια προέρχονται λόγω της διέγερσης του Laser μέσω παροχής ρεύματος. Με άλλα λόγια όταν αρχίζει η δίοδος του Laser να διαρρέεται από ρεύμα διεγείρονται τα πρώτα ηλεκτρόνια του Laser. Τα πρώτα διεγερμένα ηλεκτρόνια ανεβαίνουν ενεργειακές στάθμες και όταν αποδιεγερθούν παράγονται τα πρώτα φωτόνια αυτή η ακτινοβολήση – radiation φωτονίων που προερχόμενη από τα διεγερμένα ηλεκτρόνια ονομάζεται αυθόρμητη εκπομπή – spontaneous emission. Όταν το ρεύμα διέγερσης του Laser θα είναι ικανοποιητικό ώστε να παραχθούν αρκετά φωτόνια έτσι ώστε τα ίδια τα φωτόνια να διεγείρουν εκ νέου το Laser με αποτέλεσμα να παράγονται νέα φωτόνια τα οποία είναι σε φάση με τα πρώτα αυτή η εκπομπή

φωτονίων ονομάζεται εξαναγκασμένη εκπομπή – stimulation emission και άρα το Laser βρίσκεται στην περιοχή λειτουργίας του. Με την χρήση καθρεπτών οι οποίοι τοποθετούνται κατάλληλα στα ενεργά επίπεδα του Laser μπορούμε να πετύχουμε θετική ανάδραση – Positive optical feedback. Δηλαδή λόγω συνεχών ανακλάσεων μπορούν να παράγονται εκατομμύρια φωτόνια δεδομένου ότι η έξοδος των διεγερμένων φωτονίων – stimulated photons προστίθεται στην είσοδο η οποία είναι τα φωτόνια εξόδου – external photons εικόνα (2.2 – 3).



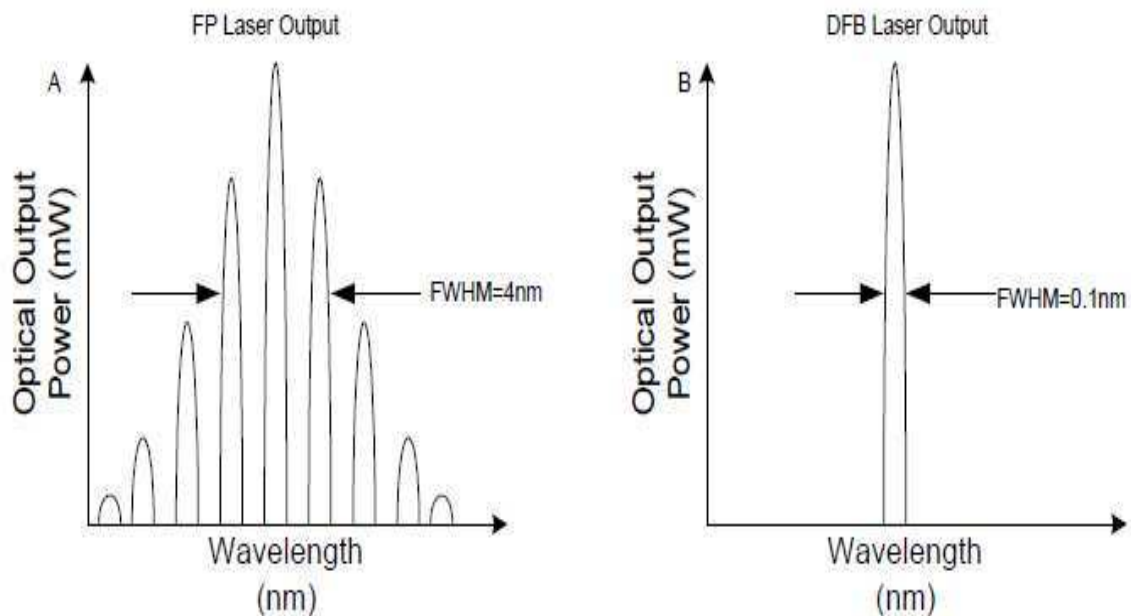
Εικόνα (2.2 - 3) αρχή λειτουργίας Laser

3. Βασικές κατηγορίες των Laser.

Δύο βασικές κατηγορίες Laser που χρησιμοποιούνται ευρέως είναι τα μονολιθικά Laser Fabry - Perot και τα Laser κατανεμημένης ανάδρασης – D.F.B (distributed feedback).

Ο δεύτερος τύπος laser είναι κατάλληλος για W.D.M. - Wavelength Division Multiplexing διότι εκπέμπει σχεδόν μονοχρωματικό φως. Επίσης έχει ικανοποιητικό λόγο σήματος προς τον θόρυβο καλή γραμμικότητα και μπορεί να χρησιμοποιηθεί για υψηλούς ρυθμούς μετάδοσης .

Οι κεντρικές συχνότητες του laser D.F.B. Είναι στην περιοχή 1310 nm και από 1520-1565 nm. Η δεύτερη περιοχή μήκους κύματος είναι συμβατή με τους ενισχυτές ίνας με πρόσμιξη ερβίου – E.D.F.A. Γράφημα (3 - 1)



Γράφημα (3 - 1)

Από τα παραπάνω διαγράμματα παρατηρούμε ότι το φασματικό εύρος κατά το οποίο έχουμε πτώση της μέγιστης ισχύος κατά το ήμισυ (-3 db) – Full Width Half Max – FWHM είναι μικρότερο για το DFB laser από αυτό του FP laser.

Ακόμα ένα είδος είναι το VCSEL – Vertical Cavity Surface Emitting Laser. Έχει πολύ μικρές διαστάσεις με αποτέλεσμα να μπορούν να παραχθούν σε μεγάλες ποσότητες από τους κατασκευαστές. Επίσης λόγω των μικρών διαστάσεων του πετυχαίνουμε μικρή κατανάλωση ισχύος καθώς και μεγάλη ταχύτητα αντίδρασης. Τα VCSEL ακτινοβολούν μία κυκλική ακτίνα φωτός σε αντίθεση με τα δύο παραπάνω είδη.

3.1. Μετάδοση της υπηρεσίας HDTV.

Δύο πηγές laser FP και D.F.P με φασματικό εύρος F.W.H.M. 4nm και 0,2nm αντίστοιχα και με δυνατότητα εκπομπής είτε στα 1310 nm είτε στα 1550 nm αναλαμβάνουν την μετάδοση της υπηρεσίας HDTV (1,485Gigabits/sec) και S.D.TV για λογαριασμό μιας ομάδας χρηστών. Η μετάδοση – broadcast κυματοδηγείται από την ίνα SMF – 28 (Single Mode Fiber) η οποία παρουσιάζει χρωματική διασπορά – Chromatic Dispersion CD 2 p sec/nm. Km για τα 1300 nm και 17 p sec/nm Km για τα 1550 nm. Οι απαντήσεις για χαμηλό dispersion jitter για την ικανοποιητική μετάδοση των δύο υπηρεσιών HDTV και S.D.TV ανέρχεται σε 201,9 p sec και 1110 p sec αντίστοιχα. Με βάση τα δεδομένα αυτά παρατίθεται ο συγκριτικός πίνακας μέγιστης χιλιομετρικής απόστασης μεταξύ πομπού και δέκτη χωρίς την μεσολάβηση κάποιας ενισχυτικής βαθμίδας ή αναγεννητή.

	Fabry-Perot		DFB	
	1310	1550	1310	1550
HDTV	25km	3km	500km	58km
SDTV	137km	32km	2,750km	323km

Πίνακας (3.1 - 1) Απαιτούμενο Bandwidth για H.D.TV και S.D.TV

Στα laser η διαμόρφωση του φωτός για την μετάδοση των ψηφιακών δεδομένων μπορεί να γίνει είτε απευθείας – direct modulator είτε με χρήση εξωτερικού διαμορφωτή – external optical modulator .

3.2. Κώδικες γραμμής οπτικού σήματος.

Πριν την μετάδοση της πληροφορίας προηγείται η εφαρμογή κώδικα γραμμής στο ψηφιακό σήμα και ως τελευταίο στάδιο είναι η διαμόρφωση κώδικες γραμμής - code line εφαρμόζονται στο ψηφιακό σήμα με σκοπό το λογικό 1 και το λογικό 0 του ψηφιακού να αποκτήσουν ιδιαίτερα ηλεκτρικά χαρακτηριστικά. Τα πλεονεκτήματα της εφαρμογής ενός κώδικα γραμμής είναι ότι:

- Υπάρχει δυνατότητα μετάδοσης σημάτων χρονισμού μαζί με την μετάδοση της πληροφορίας.
- Μπορεί να γίνει ευκολότερη η ανίχνευση και διόρθωση λαθών – error detection.
- Μειώνεται το φασματικό περιεχόμενο του σήματος πληροφορίας ειδικά σε μεγάλες ταχύτητες μετάδοσης.
- Τέλος ελαχιστοποιείται η DC συνιστώσα του μη κωδικοποιημένου σήματος πληροφορίας.

Τέτοιοι κώδικες γραμμής είναι ο Unipolar NRZ ο οποίος δίνει την ίδια την πληροφορία, ο Polar NRZ ο οποίος είναι ο Unipolar αλλά με DC συνιστώσα μηδενική.

Άλλος ένας κώδικας γραμμής που εφαρμόζεται είναι ο AMI – Alternative mark inversion. Με τον συγκεκριμένο κώδικα το ηλεκτρικό σήμα παρουσιάζει κατά μέσο όρο μηδενική DC συνιστώσα. Αυτό εξυπηρετεί στην περίπτωση που το σήμα πρέπει να διανύσει μεγάλη απόσταση εντός ομοαξονικού καλωδίου.

Όσον αφορά το laser μια τυπική παράμετρος η οποία θα μπορούσε να αναφερθεί είναι η SMSR [db] Side Mode Suppression Ratio η οποία δίνει το λόγο της έντασης – intensity του οπτικού σήματος στον παράπλευρο λοβό(παράπλευρο μήκος κύματος). Με την χρήση αυτής της παραμέτρου ελέγχουμε το φασματικό εύρος – spectral width $\Delta\lambda$ του laser. Όσο μεγαλύτερο SMSR τόσο μικρότερο $\Delta\lambda$ άρα τόσο το laser προσεγγίζει το μονοχρωματικό μήκος κύματος.

Επίσης σημαντικό είναι η απόδοση της παραγόμενης οπτικής ισχύος του laser σε συνάρτηση με την καταναλισκόμενη ηλεκτρική ισχύς. Η αποδοτικότητα του laser ως προς την ισχύ ονομάζεται **I power efficiency η_p** . Επίσης πολύ σημαντικό σε μια δίοδο laser είναι η παράμετρος **R.I.N. I Relative Intensity Noise**.

Η ενέργεια ενός φωτονίου δίνεται από την σχέση :

$$E = hc / \lambda \text{ όπου}$$

$$h = 6,636 \times 10^{-34} \text{ σταθερά Planck και}$$

$$c = 2,998 \times 10^8 \text{ η ταχύτητα του φωτός στο κενό}$$

Με δεδομένη τιμή του $\lambda = 632 \times 10^{-9} \text{ m}$, τότε

$$E = (6,626 \times 10^{-34} * 2,998 \times 10^8) / 632 \times 10^{-9} = 3,143 \times 10^{-19} \text{ J}$$

$$1 \text{ watt} = 1 \text{ Joule} / \text{second}$$

$$\text{έστω ότι η ισχύς του laser είναι } P = 0,5 \text{mW} = 5 \times 10^{-4} \text{ Joule} / \text{second}$$

Σε χρόνο ενός δευτερολέπτου παράγονται

$$5 \times 10^{-4} / 3,143 \times 10^{-19} = 1,591 \times 10^{15} \text{ Φωτόνια ανά δευτερόλεπτο.}$$

3.2. Κλάσεις Laser

Κλείνοντας την παράγραφο θα αναφέρουμε ότι ο κάθε πομπός laser χαρακτηρίζεται και από μία κλάση - Class ανάλογα με την ισχύ του οπτικού σήματος που παράγει. Όσο πιο μεγάλη είναι η ισχύς του laser τόσο περισσότερη ζημιά μπορεί να προκαλέσει σε ενδεχόμενη επαφή διά γυμνού οφθαλμού. Μερικές από τις πιο επικύνδινες κλάσεις είναι η Class III a 1-5m Watt Class III b 5-500m Watt και Class IV μεγαλύτερη των 500m Watt Στην εικόνα 3.2 – 3 φαίνονται μερικές ενδεικτικές προειδοποιητικές ταμπέλες .



Εικόνα (3.2 – 3)προειδοποιητικές ταμπέλες ακτίνας laser.

4. Κατασκευή της Άσκησης

Για την κατασκευή της άσκησης χρησιμοποιήθηκαν μια σειρά από υλικά τόσο για την κυκλωματική της διάταξη όσο και για την υλοποίηση της γενικότερα.

4.1. Τα υλικά για την κατασκευή της άσκησης είναι τα εξής:

- **Πλέξυ Γκλάς** :Ένα κομμάτι Πλέξυ γκλάς περίπου 50 cm X 40 cm χρησιμοποιήθηκε ως κύριο σώμα της κατασκευής και για την βάση της στήριξης της.



Σχήμα (4.1 - 1) Πλέξυ γκλας για την βάση στήριξης των εξαρτημάτων.

- **Φακοί Συγκέντρωσης** :Δύο φακοί συγκέντρωσης πανομοιότυποι βαθμού +8.00 οι οποίοι χρησιμοποιήθηκαν για την συγκέντρωση της δέσμης του Laser στην φωτοδίοδο.



Σχήμα (4.1 - 2) Συγκεντρωτικοί φακοί μαζί με την βάση τους.

- **Laser Diode:** Το laser είναι ένα εξάρτημα που για λόγους προστασίας κυρίως, δεν διανέμεται στην αγορά ελεύθερα. Έτσι για την άσκηση χρησιμοποιήθηκε ένα κοινό Laser της παράνομης αγοράς με τα εξής χαρακτηριστικά :

DANGER LASER RADIATION
AVOID OIRECT EYE EXPOSURE
MAX OUTPUT POWER<30mW
WAVELENGTH 632nm
CLASS 111 LASER PRODUCTS



Σχήμα (4.1 - 3) το Laser diode της άσκησης με την βάση του.

- **Photo Diode:** Η Φωτοдиодος που χρησιμοποιήθηκε μετά την συγκέντρωση της δέσμης του Laser διαμέσου αυτής σε ηλεκτρικό σήμα είναι η BPW 34. Το κύκλωμα της τροφοδοτείται με τάση από του τροφοδοτικού του Laser και για να δουλέψει πολώνεται ανάστροφα. .



Σχήμα (4.1 - 4) η φωτοдиодος της άσκησης με το module της, όπου διακρίνετε η διάσταση της.

4.2. Ηλεκτρονικά κυκλώματα της άσκησης

Η κατασκευή του ηλεκτρονικού κυκλώματος της άσκησης περιορίζεται σε ένα κύκλωμα τροφοδοσίας και ένα κύκλωμα ενίσχυσης.

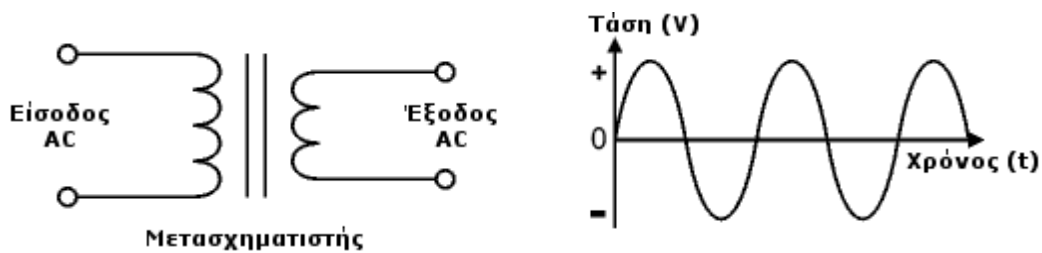
- Τα υλικά για την κατασκευή των κυκλωμάτων είναι τα εξής:
- **Κύκλωμα τροφοδοσίας:**
- Διακόπτης On Off
- Ασφαλειοθήκη με ασφάλεια 1.6A 250 V
- Μετασχηματιστής 220 V στα 17 V
- Γέφυρα ανόρθωσης στα 25 V
- Πυκνωτής ηλεκτρολυτικός στα 25 V 1000μF
- 5 πυκνωτές στα 100nF κεραμικοί
- 2 σταθεροποιητές τάσης της σειράς 78XX στα 10 V και 5 V. 7810 και 7805 αντίστοιχα
- Αντίσταση 470 Ω ¼ W
- Αντίσταση 220 Ω ¼ W
- Ροοστάτης 470 Ω
- Ένα Led κόκκινο
- Το IC LM 317 σταθεροποιητή
- Το Laser diode
- **Κύκλωμα ενίσχυσης:**
- Αντίσταση 1KΩ ¼ W
- Αντίσταση 10KΩ ¼ W
- Αντίσταση 220Ω ¼ W
- Το Τρανζίστορ της σειράς BC 337 τύπου NPN
- Την φωτοδίοδο της σειράς BPW 34

*Το κύκλωμα ενίσχυσης δουλεύει με την τάση των 10 Volts από το κύκλωμα τροφοδοσίας που προαναφέρθηκε, ενώ η φωτοδίοδος που συνδέεται στην είσοδο του πολώνεται με τάση των 5 Volts.

*Το ηλεκτρονικό κύκλωμα της άσκησης πραγματοποιήθηκε σε διάτρητη πλακέτα.

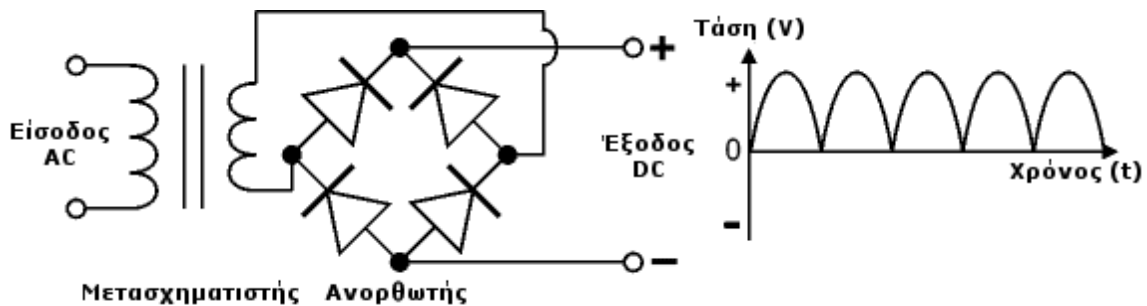
4.3. Κύκλωμα τροφοδοσίας του Laser.

Το πρώτο είναι ένα κύκλωμα τροφοδοσίας που τροφοδοτεί το Laser. Η αρχή λειτουργίας του είναι η εξής: Δέχεται την τάση του δικτύου της ΔΕΗ των 220 Volt στην είσοδο του, αφού περάσει τον διακόπτη ON OFF και την ασφάλειας 1,6A 250V προστασίας .Στην συνέχεια η τάση αυτή περνάει στο πρωτεύον του μετασχηματιστή και μετατρέπεται σε τάση περίπου 17 Volt στο δευτερεύον του(σχήμα 4.3 - 1).



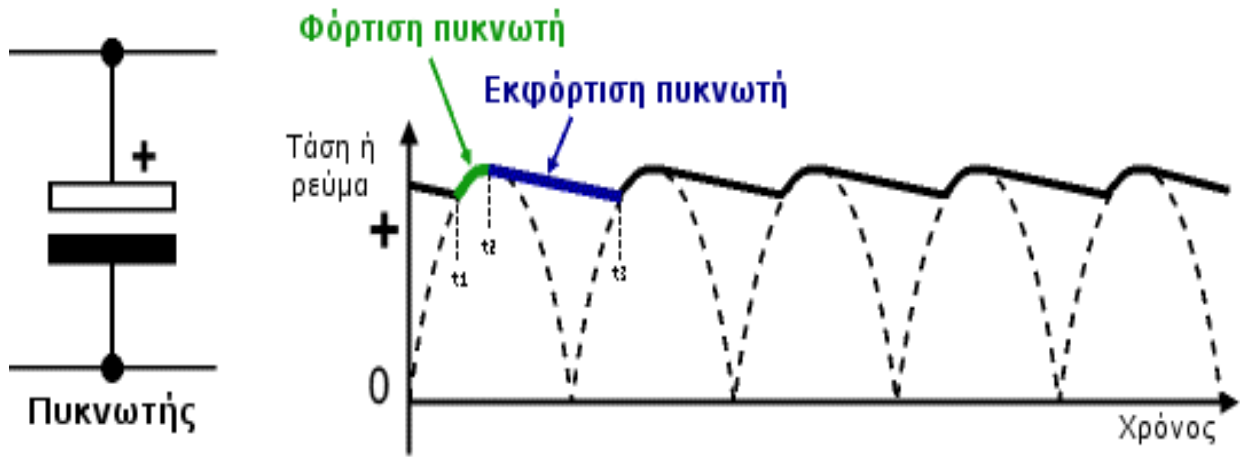
Σχήμα (4.3 - 1) ο μετασχηματιστής και γραφική παράσταση της τιμής εξόδου του.

Η τάση αυτή επειδή είναι εναλλασσόμενη ,τοποθετείτε στο κύκλωμα μια γέφυρα ανόρθωσης ημιαγωγών , όπου μας δημιουργεί μία τάση θετικής τιμής η οποία είναι ακόμα μεταβαλλόμενη (ανόρθωση σχήμα (4.3 - 2)).



Σχήμα (4.3 - 2) ο μετασχηματιστής ο ανορθωτής και γραφική παράσταση της τιμής εξόδου του.

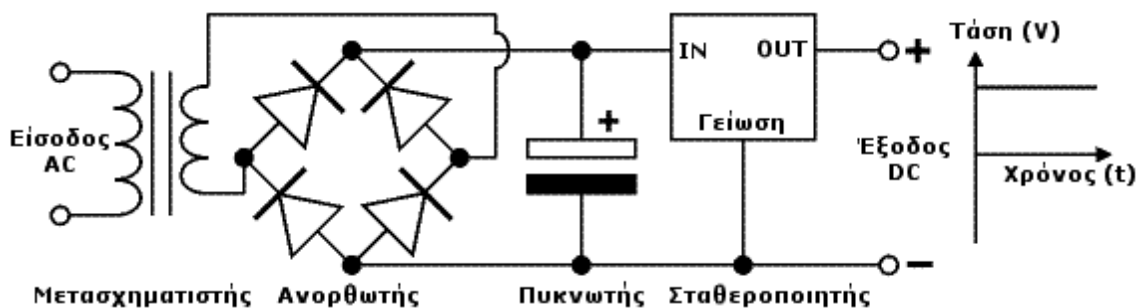
Σε αυτήν την περίπτωση τοποθετούμε έναν ηλεκτρολυτικό πυκνωτή 1000μF στα 25 V όπου πραγματοποιεί μια σταθεροποίηση της μεταβαλλόμενης τάσης σε μια συνεχής DC τάση (σχήμα 4.3 - 3).



Σχήμα (4.3 - 3) ο πυκνωτής και γραφική παράσταση της τιμής εξόδου του.

Η λειτουργία του πυκνωτή είναι πολύ απλή και κατανοητή αφού κατά την άνοδο της θετικής ημιπεριόδου και συγκεκριμένα την χρονική στιγμή t1 (καμπύλη πράσινη) φορτίζεται έως την χρονική στιγμή t2 (καμπύλη μπλε). Από εκεί και πέρα η τιμή της τάσης αρχίζει και πέφτει οπότε αυτός αρχίζει και εκφορτίζεται έως ότου η τιμή της τάσης κατά την χρονική στιγμή t3 αρχίζει και ξανά ανεβαίνει όπου και ξανά φορτίζεται. Έτσι έχουμε καταφέρει και έχουμε μια συνεχής τάση της οποίας η σταθεροποίηση εξαρτάται κατά κύριο λόγο από την τιμή του πυκνωτή.

Στην συνέχεια πραγματοποιείται μία σταθεροποίηση και πτώση της τάσης των 17 Volt του σχήματος (4.3 - 3) σε 10 Volt περίπου με τον σταθεροποιητή τάσης IC 7810 σχήμα (4.3 - 4).



Σχήμα (4.3 - 4) ο μετασχηματιστής ο ανορθωτής ο πυκνωτής ο σταθεροποιητής και γραφική παράσταση της τιμής εξόδου του.

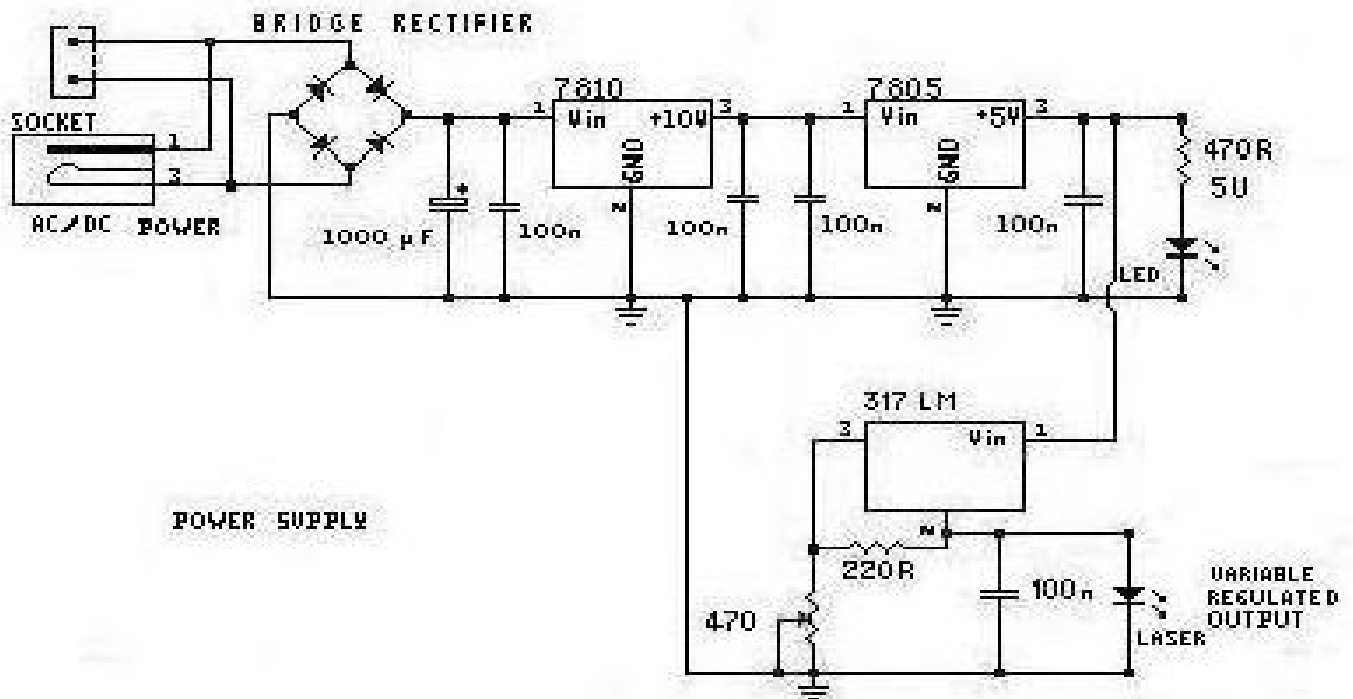
Εδώ πρέπει να επισημάνουμε ότι ο σταθεροποιητής τάσης είναι ένα ολοκληρωμένο εξάρτημα πολύ απλό στην εφαρμογή του , αφού το αποτελούν μόνο τρεις ακροδέκτες .Ο ένας δέχεται την είσοδο της τάσης ως προς τον δεύτερο που είναι κοινός και ο τρίτος είναι η έξοδος της τάσης που μας παρέχει ανάλογα με τον τύπο της σειράς του .Ενδεικτικά φαίνεται ο παρακάτω πίνακας(4.3 - 1).

IC	Volt	IC	Volt
7905	-5	7805	5
7908	-8	7808	8
7910	-10	7810	10
7912	-12	7812	12

Πίνακας (4.3 - 1)Οι τιμές των ολοκληρωμένων αναλόγως τον τύπο και την σειρά τους.

Μετά έχουμε μια δεύτερη πτώση αυτής των 10 Volt σε 5 Volt με τον ίδιο ακριβώς τρόπο μόνο που αυτή την φορά χρησιμοποιούμε τον σταθεροποιητή τάσης IC 7805.Αυτό συμβαίνει διότι η τροφοδοσία που απαιτείται για να δουλέψει το Laser Diode είναι χαμηλής τάσης (περίπου 3 με 4 Volts) . Οι πυκνωτές των 100nF που τοποθετούνται ανάμεσα στα ολοκληρωμένα IC είναι για την εξομάλυνση και την καλύτερη σύζευξη αυτών. Χρησιμοποιώντας την αντίσταση των 470 Ω προστατεύουμε την ενδεικτική λυχνία ON OFF του κυκλώματος που δεν είναι τίποτα άλλο από ένα LED (Light Emitting Diode).

Τέλος στην τάση των 5 volt τοποθετείται το LM 317 που σε συνεργασία με μια αντίσταση των 220 Ω και ένα ροοστάτη στα 470 Ω μας δίνει στην έξοδο του την μεταβλητή τιμή της τάσης από τα 1,5Volt έως 4,5 Volt όπου και έχουμε πλώσει το Laser Diode. Στα παρακάτω σχήματα (4.3 - 5) και (4.3 - 6) φαίνονται αντίστοιχα η γραφική και η κυκλωματική διάταξη της τροφοδοσίας του Laser, καθώς και οι τιμές των εξαρτημάτων που χρησιμοποιήθηκαν για την άσκηση.



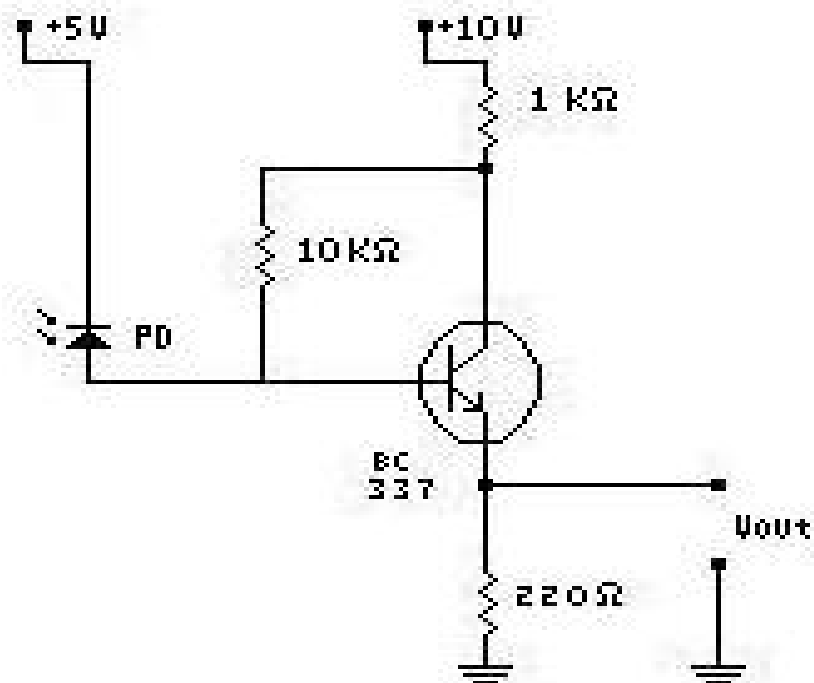
Σχήμα (4.3 - 5) γραφική διάταξη τροφοδοτικού του Laser .



Σχήμα (4.3 - 6) η κυκλωματική διάταξη τροφοδοσίας του Laser πάνω σε διάτρητη πλακέτα όπου και κατασκευάστηκε.

4.4. Κύκλωμα ενίσχυσης της φωτοδιόδου.

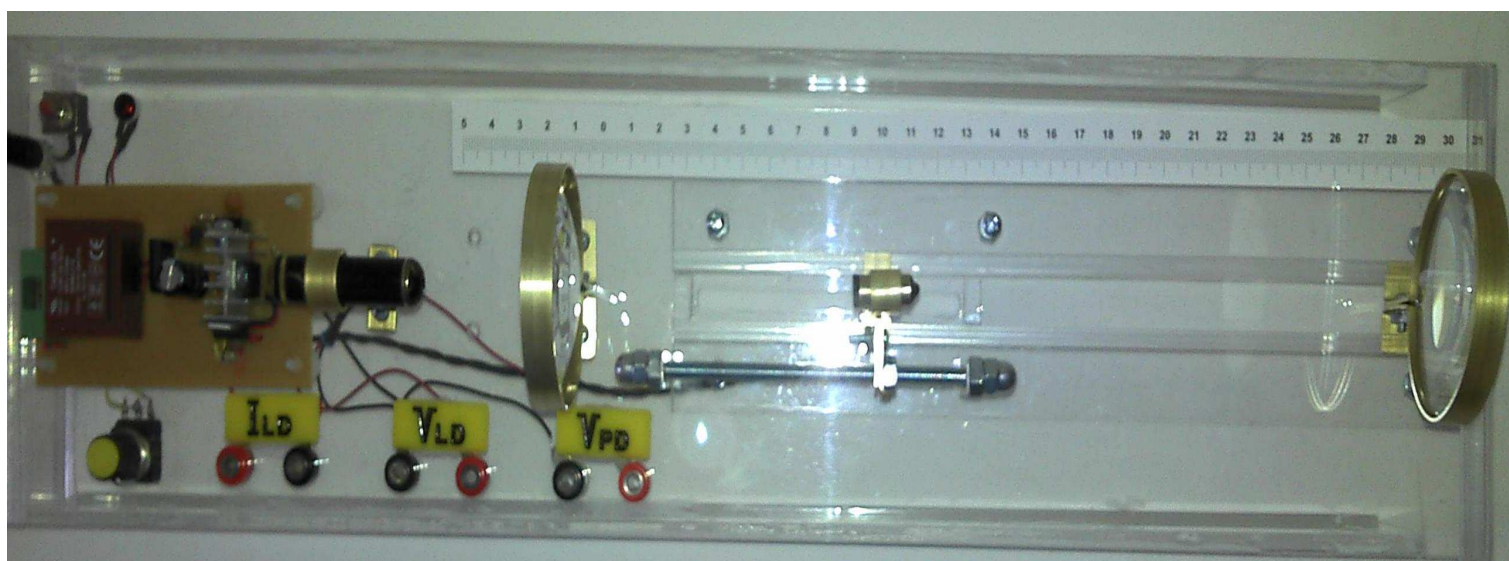
Τελειώνοντας με το κύκλωμα τροφοδοσίας του Laser, συνεχίζουμε με το κύκλωμα ενίσχυσης της φωτοδιόδου που δεν είναι άλλο από ένα κύκλωμα κοινού συλλέκτη το οποίο ενισχύει την χαμηλή τιμή της εξόδου της. Η τιμή του ρεύματος της φωτοδιόδου είναι ανάλογη της πυκνότητας των φωτονίων της δέσμης του Laser που πέφτουν πάνω σε αυτήν. Έτσι το ρεύμα της βάσης I_b του ενισχυτή μεταβάλλεται ανάλογα με την τιμή αυτή. Η ενίσχυση είναι γραμμική αφού το τρανζίστορ δουλεύει στο σημείο ηρεμίας και δεν έχουμε μεγάλη μεταβολή της τιμής της φωτοδιόδου. Σε αυτό το σημείο πρέπει να τονίσουμε ότι για να δουλέψει η φωτοδίοδος σαν φωτοδίοδος και όχι σαν απλή δίοδος πρέπει να πολωθεί ανάστροφα.



Σχήμα (4.4 - 1) γραφική διάταξη του κυκλώματος ενίσχυσης της φωτοδιόδου.

4.5. Κατασκευή εξολοκλήρου

Με την υλοποίηση της άσκησης δημιουργήθηκε η κατασκευή αυτή που φαίνεται στο επόμενο σχήμα όπου, πολλά από τα μέρη που την αποτελούν τα έχουμε αναφέρει παραπάνω. Διακρίνεται εύκολα από αριστερά προς τα δεξιά το ηλεκτρονικό κύκλωμα της άσκησης και το Laser . Στην κάτω μεριά φαίνονται ο ροοστάτης και οι μπόρνες απ' όπου παίρνουμε τις μετρήσεις. Στο κέντρο τον πρώτο φακό συγκέντρωσης, την φωτοδίοδο πάνω στο κινητό μέρος της άσκησης. Τέλος δεξιότερα τον δεύτερο φακό με την βάση του.



Σχήμα (4.5 - 1) η κατασκευή εξολοκλήρου της άσκησης.

5. Πειραματική διαδικασία

5.1. Διαδικασία πραγματοποίησης μετρήσεων.

Για την πραγματοποίηση των μετρήσεων της άσκησης χρησιμοποιήθηκαν δύο Βολτόμετρα και ένα Αμπερόμετρο.

- Ενεργοποίηση της κατασκευής από τον διακόπτη On Off.
- Τοποθέτηση του ροοστάτη τελείως αριστερά.
- Τοποθέτηση του κινητού μέρους της φωτοδιόδου αριστερά προς την κατεύθυνση του Laser.
- Τοποθέτηση των οργάνων μέτρησης στις αντίστοιχες μπόρνες και στις σωστές κλίμακες.
- Εκκίνηση της περιστροφής του ροοστάτη προς τα δεξιά με αργή κίνηση έτσι ώστε να πάρουμε τις μετρήσεις.

Αφού πραγματοποιηθεί η διαδικασία των μετρήσεων στην θέση της φωτοδιόδου στην απόσταση των 3 cm, τοποθετούμε τον ροοστάτη σε θέση τέτοια ώστε η τιμή της πολικότητας του Laser να είναι 3,3 V (Βολτόμετρο ένα). Αυτό γίνεται για να πραγματοποιηθεί στην συνέχεια σωστή μέτρηση της πυκνότητας της δέσμης του Laser στην φωτοδίοδο.

Στην συνέχεια πραγματοποιούμε μετατόπιση του κινητού μέρους της άσκησης (θέση της φωτοδιόδου) προς τα αριστερά έως ότου παρατηρήσουμε την καλύτερη το δυνατόν συγκέντρωση της δέσμης η οποία είναι σε απόσταση περίπου 10 cm από τον πρώτο φακό συγκέντρωσης .Τέλος επαναλαμβάνουμε τα δύο τελευταία βήματα των προηγούμενων μετρήσεων και τα αποτελέσματα των μετρήσεων αναγράφονται παρακάτω.

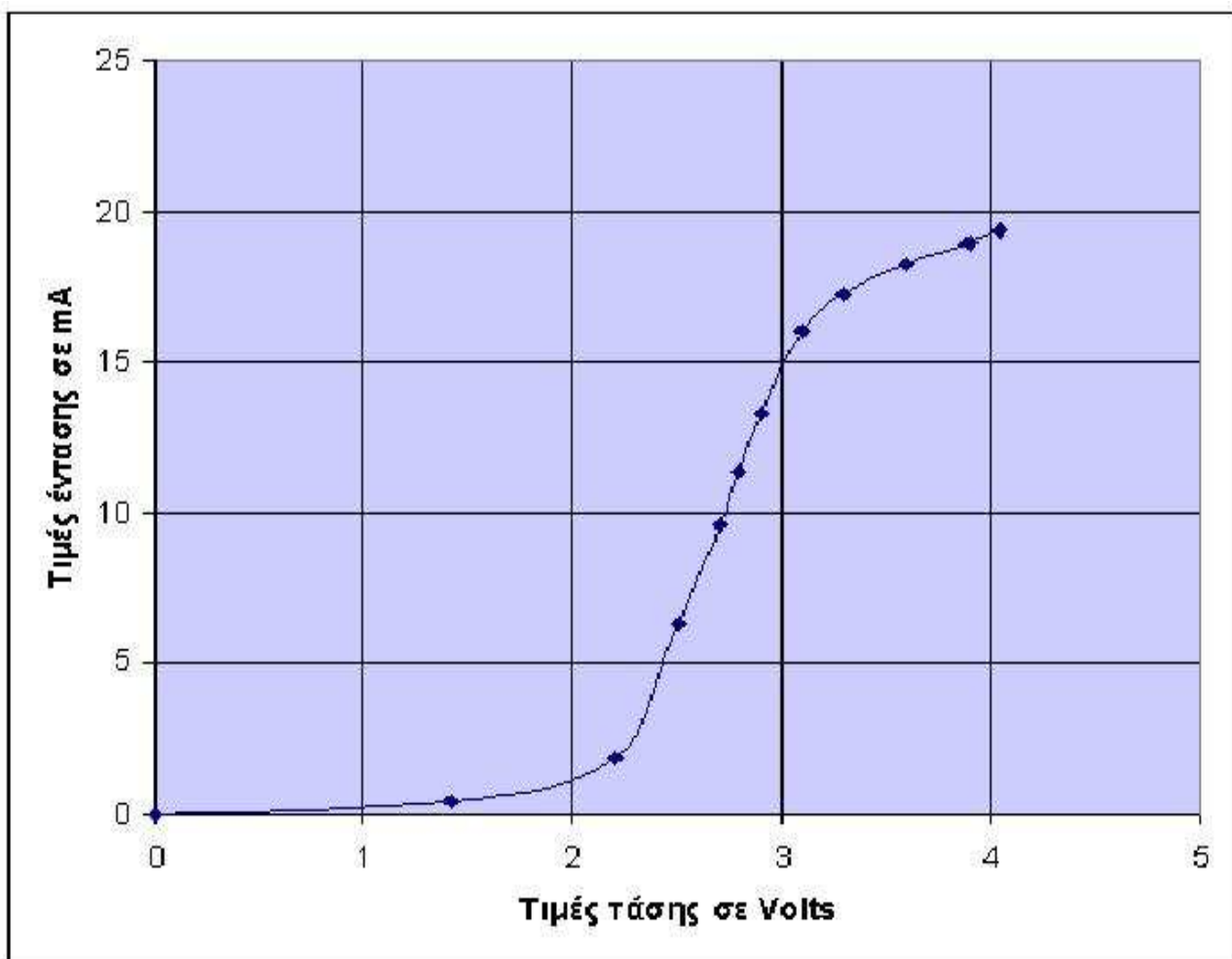
5.2. Μετρήσεις άσκησης

Οι μετρήσεις που πήραμε πάνω στην άσκηση είναι, τιμές τάσης και έντασης αυτών της πόλωσης του Laser και αντίστοιχες τιμές αυτών της φωτοδιόδου, σε απόσταση 3cm και 10cm από τον πρώτο φακό συγκέντρωσης. Αυτές είναι οι ακόλουθες που φαίνονται στον παρακάτω πίνακα.

I_{LD} σε mA	V_{LD} σε V	V_{PD} σε V σε 3cm	V_{PD} σε V σε 10cm
0,42	1,42	1,98	1,98
1,94	2,2	1,98	1,98
6,32	2,5	1,98	1,98
9,62	2,7	1,98	1,98
11,35	2,8	2,1	2,17
13,32	2,9	2,1	2,22
16,12	3,1	2,11	2,26
17,3	3,3	2,11	2,28
18,3	3,6	2,12	2,3
18,95	3,9	2,12	2,31
19,35	4,05	2,13	2,32

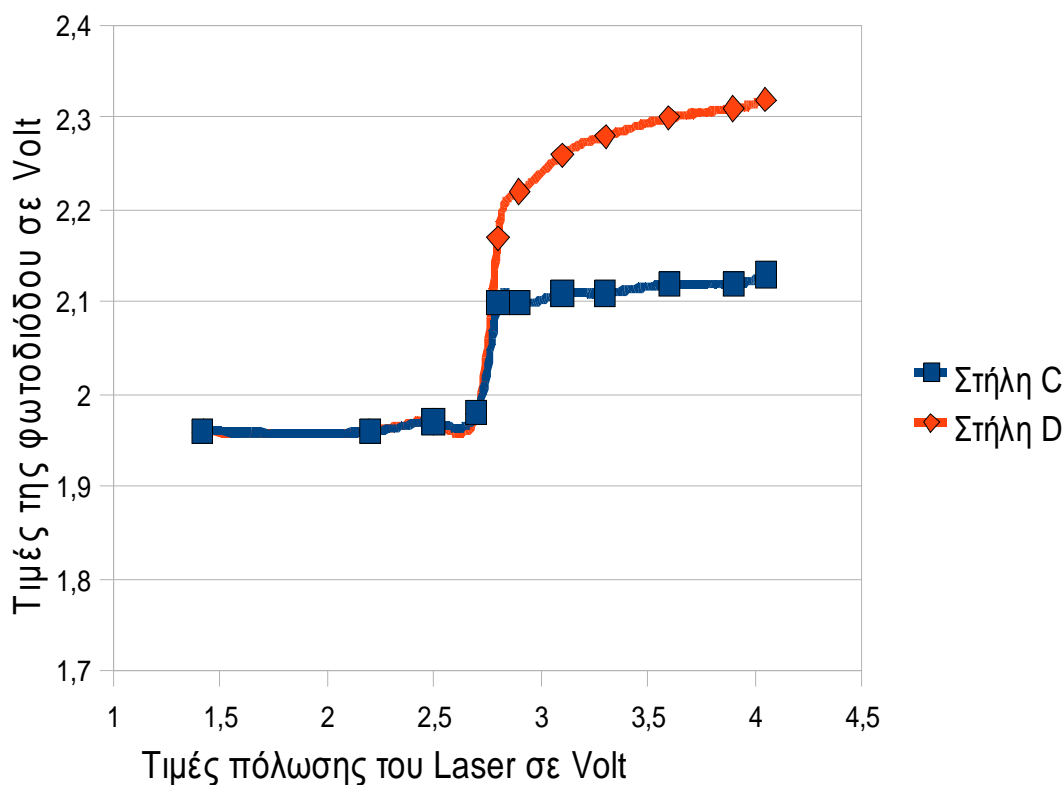
Πίνακας (5.2 - 1) μετρήσεις τιμών της άσκησης.

Παρακάτω φαίνεται η γραφική παράσταση των τιμών της τροφοδοσίας του Laser της άσκησης που πήραμε μετά τις μετρήσεις τάσης και έντασης .Για τιμές Τάσης από 1,42 Volt έως 4,05 Volt και τιμές έντασης από 0,42 mA έως 19,35 mA .



Γραφική παράσταση(5.2 - 2) του ρεύματος και της τάσεως του Laser

Επίσης μια γραφική παράσταση που πρέπει να επισημάνουμε είναι αυτή της εξόδου της φωτοδιόδου για ανάλογες τιμές της τάσης των τιμών του Laser.



Γραφική παράσταση(5.2 - 3) των τάσεων της φωτοδιόδου και της τάσεως του Laser

Παρατηρούμε ότι οι χαρακτηριστικές είναι δυο, στήλη C και στήλη D. Η πρώτη είναι για τιμές όπου η φωτοδιόδος απέχει 3 cm από τον φακό συγκέντρωσης και η δεύτερη για τιμές όπου η φωτοδιόδος απέχει 10 cm.

Είναι ξεκάθαρο πως όσο καλύτερη συγκέντρωση της δέσμης έχουμε πάνω στην επιφάνεια της φωτοδιόδου τόσο υψηλότερη και η τιμή της εξόδου της.

6. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

- Παράγραφος **1.** Σημειώσεις εισαγωγές στα laser Κ. Πετρίδης από ηλεκτρονική Βιβλιοθήκη στο e-class.
- Παράγραφος **2. & 3.** Σημειώσεις εισαγωγές στα laser από αποτελέσματα παγκόσμιου ιστού <<συγκεκριμένα ορισμός θεωρία εισαγωγικά για laser diode Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης>>.
- Παράγραφος **4.** Αγορά των ηλεκτρονικών εξαρτημάτων από κατάστημα ηλεκτρονικών ειδών Ο.Ε.Μαυροματάκης στα Χανιά.
- Παράγραφος **4.** Συμμετοχή στην κατασκευή από την Χαρακτική ΙΔΕΑ στα Χανιά.
- Παράγραφος **5.** Πειραματική διαδικασία .Πραγματοποίηση των μετρήσεων της άσκησης στο εργαστήριο Εφαρμογών Κ. Πετρίδη στο ΤΕΙ ΧΑΝΙΩΝ ΚΡΗΤΗΣ.