

LASER 4

**ΜΕΛΕΤΗ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ ΜΕΓΕΘΩΝ
ΤΟΥ ΔΙΟΔΙΚΟΥ LASER ΑΙΣΘΗΤΙΚΗΣ ΚΑΙ
ΦΥΣΙΚΟΘΕΡΑΠΕΙΑΣ
GaAs (ΤΥΠΟΥ FE-LA 10)**

A. ΘΕΩΡΙΑ

Για την κατανόηση και καλύτερη εκτέλεση αυτής της άσκησης, είναι απαραίτητη η γνώση της θεωρίας που αναφέρεται στην αρχή λειτουργίας των διοδικών Laser (άσκηση **Laser 5** και συγκεκριμένα από την παράγραφο 1 έως και 2.4). Επίσης για τη μέτρηση του μήκους κύματος είναι απαραίτητη η γνώση της θεωρίας της συμβολής συμφώνου φωτός (παράγραφος 2 της άσκησης **Laser 2** και ιδιαίτερα της παραγρ. 2.2 που αναφέρεται στα οπτικά φράγματα).

B. ΠΕΙΡΑΜΑ

1. Σκοπός

Σκοπός της άσκησης είναι η μέτρηση χαρακτηριστικών μεγεθών του διοδικού Laser της άσκησης αυτής, που χρησιμοποιείται στην αισθητική και φυσικοθεραπεία (μήκος κύματος, κατευθυντικότητα, φωτισμός) με τη χρήση απλών μέσων, όπως το οπτικό φράγμα και το λουξόμετρο.

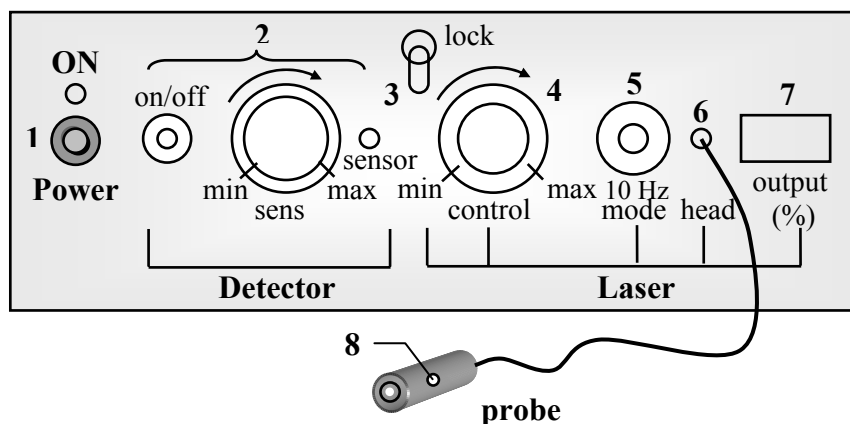
2. Πειραματική διαδικασία

Η πειραματική διάταξη περιλαμβάνει τα παρακάτω εξαρτήματα:

1. Διοδικό Laser GaAs ισχύος 6 mW (μέγιστη ισχύς)
2. Τροφοδοτικό (τύπος FE-LA10)
3. Ένα οπτικό φράγμα με σταθερά $d = 1.75 \times 10^{-3}$ mm
4. Μια φωτοαντίσταση που είναι προσαρμοσμένη σε βαθμολογημένο σύστημα μικρομετρικής μετατόπισης, για τον προσδιορισμό της ακτινικής κατανομής (profile) της έντασης της δέσμης Laser. Ένα Λουξόμετρο
5. Μια οπτική τράπεζα με κατάλληλα στηρίγματα για τη στήριξη των παραπάνω εξαρτημάτων

2.1 Περιγραφή της διάταξης του διοδικού Laser

Το Laser αυτό είναι διοδικό Laser κατηγορίας III β, δηλαδή αρκετά επικίνδυνο, έτσι



Σχήμα 1 Η διάταξη του laser GaAs (FE – LA 10).

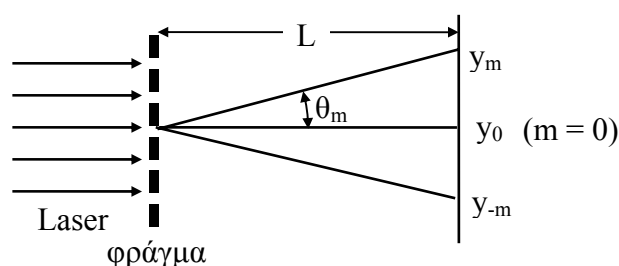
ώστε οι χρήστες πρέπει να χρησιμοποιούν ειδικά γυαλιά. Η πρόσοψη του τροφοδοτικού της συσκευής απεικονίζεται στο Σχήμα 1.

- 1--- Διακόπτης – ενδεικτικό LED λειτουργίας.
- 2--- Σύστημα ανίχνευσης αγωγιμότητας δέρματος.
- 3--- Κλειδί συσκευής.
- 4--- Ρυθμιστής ισχύος εξόδου του Laser.
- 5--- Λειτουργία πρόσθετου τρόπου συχνότητας 10Hz.
- 6--- Σύνδεση με το probe (κεφαλή) του Laser.
- 7--- Ψηφιακός ενδείκτης ισχύος του Laser. Στο όργανο αυτό αναγράφεται η επί της % ισχύς εξόδου του Laser σε σχέση με τη μέγιστη ισχύ εξόδου των 6 mW.
- 8--- Διακόπτης λειτουργίας ακτινοβολίας εξόδου.

2.2 Διαδικασία εκτέλεσης πειράματος

A. Προσδιορισμός μήκους κύματος του Laser

Θα προσδιορίσουμε το μήκος κύματος λ της εκπεμπόμενης από το Laser GaAs ακτινοβολίας, χρησιμοποιώντας ένα οπτικό φράγμα σταθεράς $d = 1.75 \times 10^{-3}$ mm. Στο Σχήμα 2 φαίνεται το διάγραμμα μιας τέτοιας διάταξης.



Σχήμα 2

Από τον τύπο του οπτικού φράγματος (για κάθετη πρόσπτωση της δέσμης Laser) και από τη γεωμετρία του Σχήματος 2 έχουμε:

$$d \eta \theta_m = m \lambda \quad \text{όπου } m = 0, \pm 1, \pm 2, \pm 3, \dots \text{ (τύπος του φράγματος)} \quad (1)$$

όπου θ_m η γωνία που προσδιορίζει τη διεύθυνση του κροσσού m – τάξης, y_m η απόσταση του κροσσού m – τάξης από τον κεντρικό κροσσό και L η απόσταση του πετάσματος από το οπτικό φράγμα.

Όμως για μικρές γωνίες θ , ισχύει προσεγγιστικά:

$$\eta \theta_m = \varepsilon \theta_m = \theta_m = y_m / L \quad (2)$$

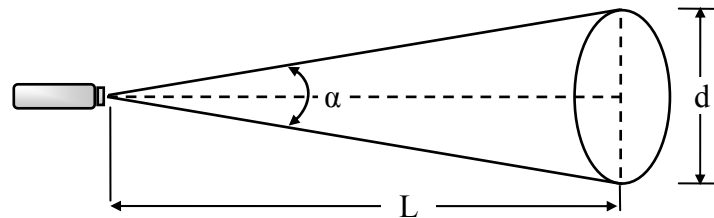
Από τις σχέσεις (1) και (2) υπολογίζουμε το μήκος κύματος λ ως:

$$\lambda = \frac{d}{m} \left(\frac{y_m}{L} \right) \quad (3)$$

B. Μέτρηση της κατευθυντικότητας της δέσμης του Laser

Το φως που εκπέμπεται από ένα Laser είναι περιορισμένο σε μια στενή δέσμη, η οποία σταδιακά διευρύνεται (αποκλίνει) καθώς απομακρύνεται από την έξοδο του Laser. Το διάγραμμα του Σχήματος 3 δείχνει την απόκλιση μιας τέτοιας δέσμης.

Αν θεωρήσουμε ως D τη διάμετρο της δέσμης σε απόσταση L από το Laser, τότε η γωνία απόκλισης α της δέσμης υπολογίζεται από τη γεωμετρία του Σχήματος 3:



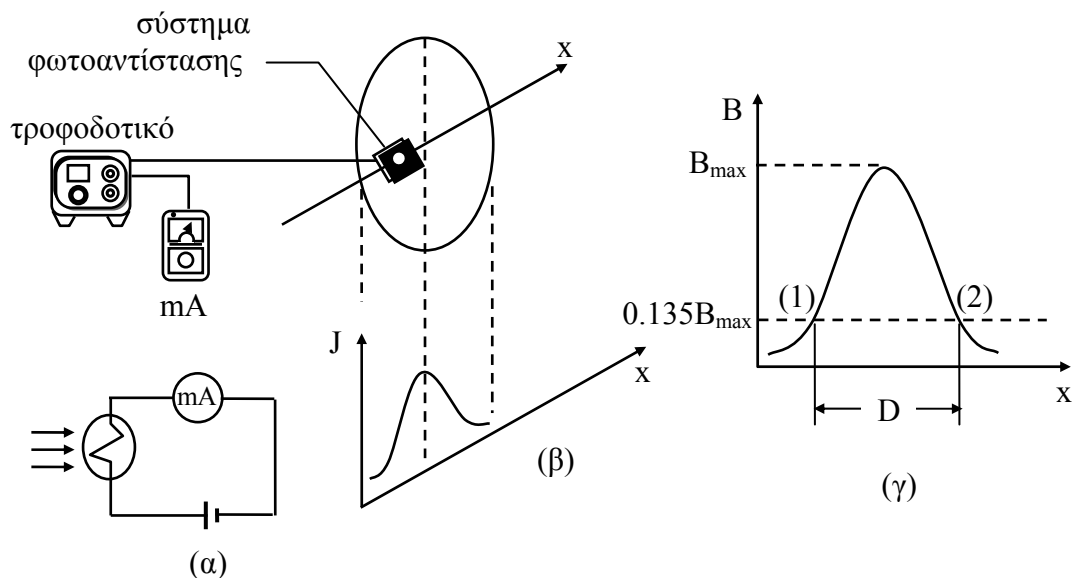
Σχήμα 3

$$\varepsilon\phi(\alpha/2) = (d/2)/L = D/2L$$

όμως για μικρές γωνίες $\alpha/2 = D/2L$ και επομένως:

$$\alpha = D/L \text{ (ολική γωνία απόκλισης)} \quad (4)$$

Θα προσδιορίσουμε τη διάμετρο D από την κατανομή της έντασης κατά μήκος μιας οριζόντιας διαμέτρου της τομής της δέσμης.



Σχήμα 4

Προς τούτο χρησιμοποιούμε μια φωτοαντίσταση που είναι προσαρμοσμένη στο άκρο ενός κοχλία ο οποίος μπορεί να την μετακινεί μικρομετρικά. Να λάβετε υπ' όψιν ότι μια στροφή του κοχλία αντιστοιχεί σε μετακίνηση της φωτοαντίστασης κατά $0,8 \text{ mm}$. Η φωτοαντίσταση είναι συνδεδεμένη με μιλλιαμπερόμετρο για τη μέτρηση

της έντασης του ηλεκτρικού ρεύματος I (mA) και πηγή συνεχούς $0 - 12$ V (Σχήμα 4α).

Η φωτοαντίσταση καλύπτεται από μάσκα που φέρει μια μικρή οπή για να διευκολύνεται η διέλευση λεπτής δέσμης φωτός προς την επιφάνειά της. Όταν η επιφάνεια της φωτοαντίστασης φωτιστεί, τότε το κύκλωμα διαρρέεται από ρεύμα. Επειδή δε ο φωτισμός είναι αρκετά μικρός, το μετρούμενο ρεύμα είναι ανάλογο της έντασης του φωτός. Κατ' αυτό τον τρόπο μπορούμε να παρακολουθήσουμε με ικανοποιητική λεπτομέρεια τις μεταβολές της έντασης J του φωτός σε πολύ στενές περιοχές, κατά μήκος της διαμέτρου της δέσμης. Σε μια πρώτη προσέγγιση το διάγραμμα $J - x$ θα μας δώσει το προφίλ (Σχήμα 4β) της δέσμης του Laser (δηλαδή την κατανομή της έντασης κατά μήκος της διαμέτρου x της δέσμης).

Εδώ για πρακτικούς λόγους θα θεωρήσουμε ότι $1 \text{ mA} = 100 \text{ Lux}$ και θα πραγματοποιήσουμε το διάγραμμα $B = f(x)$ (Σχήμα 4γ). Στον άξονα B βρίσκουμε το σημείο $0.135B_{\max}$ και φέρουμε παράλληλο προς τον άξονα x . Η τομή της παραλλήλου με την καμπύλη $B = f(x)$ στα σημεία (1) και (2), μας προσδιορίζει τη διάμετρο D της δέσμης.

Προσοχή! Μην κοιτάτε απ' ευθείας τη σχισμή εξόδου του Laser - πάρτε όλα τα απαραίτητα μέτρα προστασίας.

Γ. Μέτρηση ισχύος του Laser

Η μέγιστη ισχύς εξόδου του Laser (GaAs – τύπος FE-LA 10) είναι, όπως δίνεται από τον κατασκευαστή του, 6 mW .

Το Laser φέρει ενσωματωμένο ψηφιακό ενδείκτη από την ανάγνωση του οποίου υπολογίζουμε την ισχύ εξόδου του Laser, εφ' όσον η ψηφιακός ενδείκτης μας δίνει το ποσοστό (επί της %) της μέγιστης ισχύος εξόδου του Laser. Έτσι αν π.χ. η ένδειξη του ψηφιακού ενδείκτη είναι 80% , αυτό σημαίνει ότι η ισχύς εξόδου του Laser είναι $0.80 \times 6 \text{ mW} = 4.8 \text{ mW}$.

Η έξοδος του Laser ρυθμίζεται με τη βοήθεια ειδικού ρυθμιστή (βλ. περιγραφή οργάνου παραπάνω – ρυθμιστής 4). Στρέφοντας τον ρυθμιστή αυτόν επιτυγχάνουμε διάφορες τιμές ισχύος εξόδου από $0 - 6 \text{ mW}$. Αν στην έξοδο του Laser τοποθετήσουμε λουξόμετρο, μπορούμε να βρούμε την αντιστοιχία μεταξύ των ενδείξεων του ψηφιακού ενδείκτη και του φωτισμού της δέσμης Laser σε Lux.

3. Εργασίες

A. Μέτρηση του μήκους κύματος του Laser

- A 1. Τοποθετήστε και στερεώστε επάνω σε οπτική τράπεζα το probe (κεφαλή) του Laser, ένα οπτικό φράγμα σταθεράς $d = 1.75 \times 10^{-3}$ mm αμέσως μετά την έξοδο του Laser και πέτασμα.
- A 2. Θέστε σε λειτουργία το Laser σε μέγιστη ισχύ και ρυθμίστε τις σχετικές αποστάσεις φράγματος – πετάσματος ώστε να σχηματισθούν στο πέτασμα καθαροί κροσσοί συμβολής (αναζητήστε τουλάχιστον 5 κροσσούς συμβολής).
- A 3. Τοποθετήστε στο πέτασμα χιλιοστομετρικό χαρτί. Σημειώστε τη θέση των κροσσών συμβολής στο χιλιοστομετρικό χαρτί και αναγνωρίστε τον κροσσό μηδενικής τάξης (είναι ο πιο έντονος).
- A 4. Μετρείστε την απόσταση L του πετάσματος από το οπτικό φράγμα $L = \dots$ cm
- A 5. Σβήστε το Laser και αφαιρέστε το χιλιοστομετρικό χαρτί από το πέταμα. Μετρείστε την απόσταση y_m του κροσσού m τάξης, από τον μηδενικής τάξης, για κάθε έναν από τους κροσσούς που απεικονίσατε στο χιλιοστομετρικό χαρτί. Τις τιμές y_m καταχωρείστε τις στον Πίνακα 1.
- A 6. Από τη σχέση (3) υπολογίστε το μήκος κύματος λ του Laser. Τις τιμές του λ καταχωρείστε τις στον Πίνακα 1.
- A 7. Υπολογίστε τη μέση τιμή λ του μήκους κύματος.

Πίνακας 1

L = (mm)			
m	Y_m (mm)	λ (nm)	$\bar{\lambda}$ (nm)

B. Κατευθυντικότητα και Profile της δέσμης του Laser

- B 1. Αφαιρέστε το φράγμα από την οπτική τράπεζα και τοποθετήστε στην πορεία της δέσμης τη διάταξη της φωτοαντίστασης, σε απόσταση $L = 60 \text{ cm}$, έτσι ώστε η οπή της μάσκας να βρίσκεται στα όρια της δέσμης του Laser. Η διαπίστωση αυτή γίνεται από το γεγονός ότι το μιλλιαμπερόμετρο θα δείχνει μηδενικό ρεύμα.
- B 2. Στρέψτε τον κοχλία και ανά στροφή λάβετε την ένδειξη του μιλλιαμπερόμετρου την οποία ανάγετε σε Lux, συμπληρώνοντας τον Πίνακα 2.
- B 3. Θέστε το Laser εκτός λειτουργίας.
- B 4. Αποδώστε γραφικά τη σχέση $B = f(x)$. Η γραφική αυτή παράσταση μας δίνει το profile της δέσμης.
- B 5. Από το διάγραμμα $B = f(x)$ προσδιορίστε τη διάμετρο D της δέσμης.
- B 6. Από τη σχέση (4) υπολογίστε την ολική γωνία απόκλισης α .

Πίνακας 2

Στροφές Κοχλία	x (mm)	I (mA)	B (Lux)

Γ. Μέτρηση της ισχύος του Laser

- Γ 1. Αφαιρέστε την φωτοαντίσταση. Τοποθετήστε στην έξοδο του Laser κατάλληλο κατευθυντήρα τον οποίον θα στερεώσετε στην οπτική τράπεζα. Στο άλλο άκρο του κατευθυντήρα τοποθετήστε και στερεώστε την ευαίσθητη επιφάνεια του λουξόμετρου.
- Γ 2. Θέστε σε συνεχή λειτουργία το Laser. Με τη βοήθεια του ρυθμιστή 4 μεταβάλλετε την ισχύ εξόδου της δέσμης του Laser. Για κάθε τιμή ισχύος εξόδου του Laser μετράτε με τη βοήθεια του λουξόμετρου τον φωτισμό B της δέσμης του Laser. (Τις τιμές ισχύος της δέσμης του Laser τις παίρνουμε με τη βοήθεια του ψηφιακού ενδείκτη 7 πολλαπλασιάζοντας κάθε φορά το ποσοστό που δίνει ο ενδείκτης επί τη μέγιστη τιμή ισχύος των 6 mW).
- Γ 3. Αποδώστε γραφικά τη σχέση $B = f(P)$.

Πίνακας 3

% P_{max}	P (mW)	B (Lux)