

## **Περίληψεις βιντεοσκοπημένων πειραματικών επιδείξεων(β)**

### **(E) Το laser HeNe σαν ενισχυτής φωτός**

- Μία λυχνία εκκένωσης laser HeNe ( $\lambda = 632.8 \text{ nm}$ ) σε αναστροφή πληθυσμού λειτουργεί σαν ενισχυτής φωτός
- Ενισχύει το φως ακριβώς στο μήκος κύματος  $632.8 \text{ nm}$
- Η ενίσχυση είναι μικρή: ( $\sim 5\%$ ) ανά απλή διαδρομή ανάμεσα στα κάτοπτρα
- Χρησιμοποιείται (α) δέσμη laser HeNe σαν φωτεινή πηγή και (β) λυχνία laser HeNe (σε αναστροφή πληθυσμού) σαν οπτικός ενισχυτής
- Η ένταση της δέσμης laser που διέρχεται από τον οπτικό ενισχυτή ελέγχεται με παλμογράφο μέσω φωτοστοιχείου
- Ο παλμογράφος δείχνει αρχικά ένταση δέσμης  $\sim 370 \text{ mV}$ , όταν ο οπτικός ενισχυτής δεν είναι σε αναστροφή πληθυσμού
- Η ένδειξη του παλμογράφου δεν μηδενίζεται αν μπλοκαριστεί η πορεία της φωτεινής δέσμης (παραμένει μια χαμηλή ένταση στα  $\sim 8 \text{ mV}$ ), γιατί στο φωτοστοιχείο μπαίνει φως από το περιβάλλον
- Τοποθετείται προστατευτικό κάλυμμα στο φωτοστοιχείο για να προστατευθεί από το φως του περιβάλλοντος
- Με το προστατευτικό κάλυμμα, η διερχόμενη το φωτοστοιχείο δέσμη μετράει τώρα  $\sim 364 \text{ mV}$  στον παλμογράφο
- Η ένταση της δέσμης laser HeNe που διέρχεται από γυάλινη πλάκα μειώνεται κατά  $8\%$  μετά από 2 ανακλάσεις στις επιφάνειες της ( $\sim 4\%$  της έντασης ανακλάται σε κάθετη πρόσπτωση στη πλευρά)
- Αν περάσει όμως μέσα από τον οπτικό ενισχυτή, η ένταση αυξάνεται στα  $\sim 381 \text{ mV}$ : αύξηση κατά  $\sim 5\%$
- Αποδεικνύεται πως αυτή η ενίσχυση δεν οφείλεται στην αυθόρμητα εκπεμπόμενη (ροζ) ακτινοβολία, γιατί όταν ανάβει ο οπτικός ενισχυτής χωρίς φωτεινή πηγή ο παλμογράφος εξακολουθεί να δείχνει ένταση δέσμης μηδέν
- Συμπέρασμα: Το φως μπορεί να ενισχυθεί όταν διέρχεται μέσα από την ύλη!

### **(Z) Πόλωση της ακτινοβολίας laser**

- Χρησιμοποιείται laser HeNe με εξωτερικά κάτοπτρα και παράθυρα σε γωνία Brewster.
- Τοποθετείται ένας πολωτής στη πορεία της δέσμης laser και εξετάζεται αν η δέσμη είναι επιπέδως πολωμένη
- Όταν ο άξονας του πολωτή είναι κατακόρυφος η ένταση της δέσμης είναι μέγιστη. Όταν ο άξονας περιστρέφεται κατά  $90^\circ$  στην οριζόντια κατεύθυνση, η ένταση μηδενίζεται
- Επειδή τα κάτοπτρα είναι εξωτερικά και τα παράθυρα της κεφαλής laser σε γωνία Brewster μόνο ωρισμένες πολώσεις έχουν μηδέν απώλειες καθώς διέρχονται από τα παράθυρα, ενώ οι κάθετες σε αυτές έχουν τεράστιες απώλειες και δεν περιέχονται στη δέσμη.
- Η δέσμη είναι πολωμένη στη κατακόρυφη διεύθυνση
- Χρησιμοποιείται δεύτερο laser HeNe με τα κάτοπτρα προσαρτημένα στα παράθυρα κάθετα στη πορεία της δέσμης

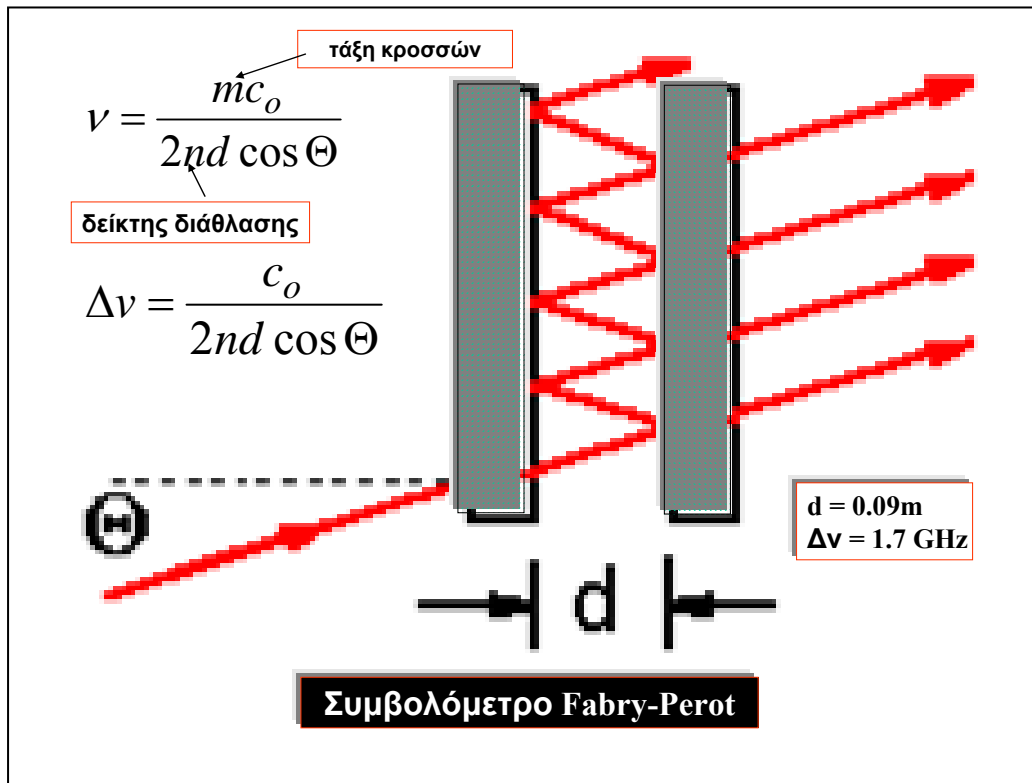
- Τοποθετείται πολωτής στη πορεία της δέσμης του δεύτερου laser και εξετάζεται αν η δέσμη είναι πολωμένη και σε αυτόν.
- Καθώς περιστρέφεται ο άξονας του πολωτή από τη κατακόρυφο στην οριζόντια κατεύθυνση, η ένταση της δέσμης δεν αλλάζει.
- Συμπέρασμα: στο laser HeNe με εσωτερικά κάτοπτρα, η δέσμη δεν είναι πολωμένη
- Ερώτηση: Δεν είναι καθόλου πολωμένη η δέσμη, ή μήπως είναι κυκλικά πολωμένη;

### (Η) Φάσμα της ακτινοβολίας laser HeNe

- Χρησιμοποιούνται δύο laser HeNe. Το ένα με εξωτερικά κάτοπτρα και παράθυρα σε γωνία **Brewster** και το δεύτερο με τα κάτοπτρα προσαρτημένα στα παράθυρα (κάθετα στη πορεία της δέσμης)
- Το φάσμα αναλύεται με ένα αναλυτή οπτικού φάσματος (**optical spectrum analyzer**) δηλαδή μία κοιλότητα σάρωσης Fabry-Perot (**scanning Fabry-Perot cavity**) που τροφοδοτεί έναν παλμογράφο.
- Στην οθόνη του παλμογράφου εμφανίζονται 3 **διαμήκειες** συχνότητες που απέχουν  $c/2L=270$  MHz, δεδομένου ότι τα κάτοπτρα του laser απέχουν  $L=56\text{cm}$
- Εισάγεται πολωτής στη πορεία της δέσμης για να ελεγχθεί αν η δέσμη είναι πολωμένη ή όχι.
- Καθώς περιστρέφεται ο άξονας του πολωτή από την οριζόντια στη κατακόρυφη κατεύθυνση, η ένταση και των τριών διαμήκων συχνοτήτων (**longitudinal modes**) μειώνεται εξίσου.
- **Συμπέρασμα**: όταν η δέσμη laser είναι πολωμένη τότε όλες οι διαμήκειες συχνότητες του είναι όμοια πολωμένες
- Χτυπώντας ελαφρά τη λυχνία του laser μεταβάλλεται το μήκος του,  $L$ , και οι διαμήκειες συχνότητες μετακινούνται μέσα στο εύρος της γραμμής laser
- Αν χαλάσει η ευθυγράμμιση των κατόπτρων εισάγονται απώλειες και οι λιγότερο ισχυρές διαμήκειες συχνότητες εξαφανίζονται. Μπορεί να παραμείνει μόνο μία από αυτές
- Έτσι αυξάνεται η μονοχρωματικότητα της δέσμης αλλά όμως μειώνεται η ισχύς της. Αυτή δεν είναι καλή μέθοδος να αυξηθεί η μονοχρωματικότητα της δέσμης.

### (Θ) Πόλωση των διαμήκων συχνοτήτων του φάσματος laser HeNe

- Αναφέρθηκε ότι: Το ένα laser HeNe με εξωτερικά κάτοπτρα και παράθυρα σε γωνία Brewster είχε 3 διαμήκειες συχνότητες (modes) που απέχουν  $c/2L=270$  MHz, δεδομένου ότι τα κάτοπτρα του laser απέχουν  $L=56\text{cm}$
- Όλες αυτές οι διαμήκειες συχνότητες είναι όμοια (επίπεδα) πολωμένες ώστε και η δέσμη laser να εξέρχεται πολωμένη
- Χρησιμοποιείται και δεύτερο laser με εσωτερικά κάτοπτρα και μικρότερο μήκος  $L=22\text{cm}$ , ώστε η απόσταση των συχνοτήτων του να είναι  $c/2L=680$  MHz
- Η δέσμη laser HeNe περνάει μέσα από κάτοπτρα και μία κοιλότητα Fabry-Perot, για να αναλυθεί στις συχνότητες του συνδεδεμένο με παλμογράφο.
- Εμφανίζονται στο παλμογράφο 2 κύριες διαμήκειες συχνότητες (και μία μικρή που είναι ανώτερη τάξη μιάς εκ των δύο)



- Διαπιστώνεται με ένα πολωτή, ότι η πόλωση της μιάς διαμήκουσ συχνότητας laser HeNe είναι κάθετη στη πόλωση της άλλης συχνότητας
- Αυτός είναι ο λόγος που η δέσμη laser HeNe με εσωτερικά κάτοπτρα κολλημένα στα παράθυρα δεν εμφανίζεται πολωμένη στην έξοδο της
- Αυτή είναι μία απλή μέθοδος για λειτουργία σε μία μονάχα συχνότητα και αύξηση της μονοχρωματικότητας της δέσμης laser
- Η μία αυτή συχνότητα μετατοπίζεται εύκολα μέσα στο εύρος απόδοσης της γραμμής, αν μεταβληθεί ελαφρά το μήκος του laser (ψύχοντας τη λυχνία)
- Η γραμμή laser HeNe διευρύνεται καθώς διέρχεται από το Fabry-Perot. Το πραγματικό φυσικό εύρος γραμμής είναι πολύ μικρό, της τάξης κλάσματος του mHz.