

Εργαστήρια Λείζερ – Εφαρμογές στη Χημεία (XHM-425)

Ομάδα ασκήσεων 2 : Λείζερ [13.03.2025]

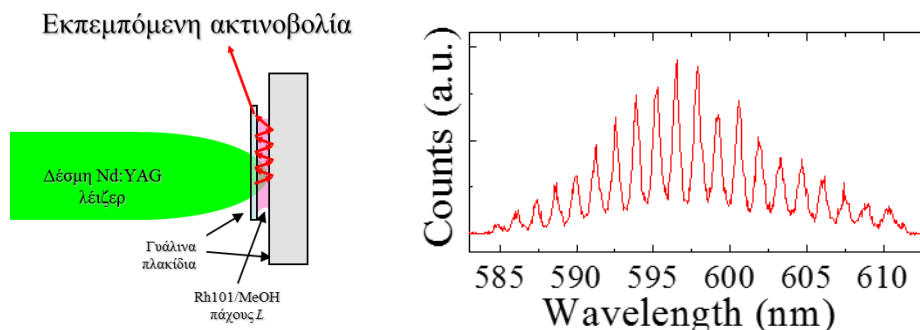
Χαρακτηριστικά και παράμετροι λειτουργίας πηγών λέιζερ

- Να αναφέρετε τη βασική αρχή λειτουργίας (ενεργό υλικό, τρόπο άντλησης και μεταβάσεις λέιζερ, λ_{LASER}) και τα βασικά τεχνικά χαρακτηριστικά λειτουργίας (ισχύς εξόδου, μέγεθος ενεργού υλικού και κοιλότητας, τροφοδοσία, χρονικό εύρος παλμού, φασματικό εύρος εκπομπής κλπ) για τους ακόλουθους τύπους πηγών λέιζερ.
 - cw Nd:YAG
 - Q-switched Nd:YAG
 - XeCl excimer (<https://lightmachinery.com/lasers/excimer-lasers/ipex-800/>)
 - KrF excimer
 - cw He-Ne @ 543 nm (<https://www.newport.com/c/hene-lasers>)
 - cw Ar⁺ @ 514 nm (https://www.sacher-laser.com/downloads/brochures/8jd4u4_en.pdf)
 - N₂ http://www.ltb-berlin.de/en/products/lasers/mnl-100/?gclid=EAIaIQobChMIuezF9MaV6AIVmKztCh3BRwhrEAAAYASAAEgK5TPD_BwE
 - CO₂ (<https://www.edinst.com/products/mtl-5-co2-laser/>)
 - Ruby
 - Alexandrite
 - Titanium:Sapphire
 - cw He-Cd @ 325 nm ([http://www.kimmon.com/datasheets/He-Cd%20catalog\(E\).pdf](http://www.kimmon.com/datasheets/He-Cd%20catalog(E).pdf))
- Σε ποια θερμοκρασία είναι οι ρυθμοί αυθόρμητης και εξαναγκασμένης εκπομπής ίσοι για μετάβαση που αντιστοιχεί σε ακτινοβολία μήκους κύματος $\lambda = 500$ nm. Σε ποιο μήκος κύματος οι συντελεστές είναι ίσοι σε θερμοκρασία δωματίου? [W-H Π-5.1]
- Αν η τιμή του χρόνου ζωής φθορισμού της ροδαμίνης 6G είναι $\tau = 3$ ns να προσδιορίσετε την τιμή του συντελεστή εξαναγκασμένης απορρόφησης, B_{12} .
- Υπολογίστε το βαθμό αναστροφής πληθυσμών που απαιτείται για να προκύψει συντελεστής απολαβής ασθενούς σήματος ίσος με 0.5, για λέιζερ CO₂, $\lambda = 10.6$ μm . Η τιμή του συντελεστή Einstein για τη μετάβαση είναι $A_{21} = 200 \text{ s}^{-1}$. [W-H Π-5.5]
- Υπολογίστε το συντελεστή απολαβής ασθενούς σήματος κατωφλίου για το λέιζερ ruby με τα ακόλουθα χαρακτηριστικά: $\Delta N_{\text{th}} = 5 \times 10^{22} \text{ m}^{-3}$, $n = 1.5$, $\Delta\nu = 2 \times 10^{11} \text{ Hz}$, $A_{21} = 300 \text{ s}^{-1}$, $\lambda = 694.3 \text{ nm}$. [W-H Π-5.8]
- Να υπολογίσετε την ισχύ άντλησης κατωφλίου για λέιζερ Nd:glass με δεδομένο ότι $\Delta N_{\text{th}} = 9 \times 10^{21} \text{ m}^{-3}$, $\tau_{21} = 300 \mu\text{s}$ και ότι $E_2 = 1.4 \text{ eV}$. [W-H Π-5.11]
- Βάθος εστίασης (ή βάθος πεδίου) δέσμης με χωρικό προφίλ Gauss: η απόσταση κατά μήκος του άξονα διάδοσης της δέσμης κατά την οποία για το εύρος της δέσμης ισχύει $2w < 2w_0$. [YO Π-8.3a]

Δ. Άγγλος (anglos@uoc.gr)

8. Κοιλότητα λείζερ He-Ne έχει μήκος $L = 1.5 \text{ m}$. Η μετάβαση λείζερ αντιστοιχεί σε μήκος κύματος $\lambda = 632.8 \text{ nm}$ και το φασματικό της εύρος είναι ίσο με 1500 MHz . Να υπολογίσετε τη διαφορά συχνότητας μεταξύ των παρακείμενων ρυθμών ταλάντωσης. [ΥΟ Π-8.9]
9. AtΦX (ΠΕΚ-2014), A-13.20, AtΦX (ΠΕΚ-2014), A-13.21
10. AtΦX (ΠΕΚ-2020), Π-11Z.3, 4, 5, 6.
11. AtΦX (ΠΕΚ-2020), Π-15Z.3.
12. Να θεωρήσετε φασματική γραμμή η οποία περιγράφεται από συνάρτηση Lorentz, $I_L(\nu)$ και να υπολογίσετε το εύρος της (FWHM: full width at half maximum). Αν η ένταση της γραμμής στο μέγιστο είναι $I_L(\nu_0) = I_0$, να υπολογίσετε το ολοκλήρωμα της έντασης.
13. Να αναγράψετε τη μαθηματική σχέση που περιγράφει το προφίλ φασματικής γραμμής με συνάρτηση Gauss (διαπλάτυνση Doppler) και να προσδιορίσετε το εύρος της (FWHM: full width at half maximum).
14. Να δείξετε σχηματικά (με τη βοήθεια διαγράμματος μοριακής δυναμικής ενέργειας) την αρχή λειτουργίας ενός λείζερ διεγερμένων διμερών (π.χ. KrF) και να ερμηνεύσετε πώς επιτυγχάνεται η αναστροφή πληθυσμών.
15. Να δώσετε ενεργειακό διάγραμμα που περιγράφει τη λειτουργία του λείζερ συνεχούς λειτουργίας He-Cd και να αναφέρετε τις δύο χαρακτηριστικές μεταβάσεις λείζερ (φασματοσκοπικούς όρους, ενεργειακά επίπεδα).
<https://www.photonicsolutions.co.uk/product-detail.php?prod=5992>
[http://www.kimmon.com/datasheets/He-Cd%20catalog\(E\).pdf](http://www.kimmon.com/datasheets/He-Cd%20catalog(E).pdf)
16. Έστω λείζερ το οποίο εκπέμπει παλμούς διάρκειας femtosecond σε $\lambda_{\text{center}} = 800 \text{ nm}$.
 - α) Να δώσετε τη γραφική παράσταση του παλμού (origin, matlab) θεωρώντας ότι το χρονικό προφίλ του παλμού, $G(t)$, αποδίδεται από συνάρτηση Gauss η οποία παρουσιάζει εύρος $\tau_{\text{FWHM}} = 20 \text{ fs}$ (FWHM : full width at half maximum). Να δώσετε τη μαθηματική σχέση της συνάρτησης $G(t)$ που χρησιμοποιήσατε (Υπόδειξη : για ευκολία να θέσετε $G(t=0) = 1$ και να αποτυπώσετε στο διάγραμμά σας τη συνάρτηση στο διάστημα $[-40 \text{ fs}, +40 \text{ fs}, 800 \text{ σημεία}]$).
 - β) Στη συνέχεια να παραστήσετε γραφικά στο ίδιο χρονικό διάστημα το ηλεκτρικό πεδίο της ακτινοβολίας, $E(t) = E_0 \cos(\omega_{\text{center}} t + \phi)$ (θέτοντας $E_0 = 1$ και $\phi = 0$).
 - γ) Αν πολλαπλασιάσετε τις δύο συναρτήσεις θα λάβετε προσεγγιστική εικόνα της μεταβολής του ηλεκτρικού πεδίου εντός του παλμού, $E_G(t)$. Πόσοι κύκλοι της ταλάντωσης περιέχονται στον παλμό, εντός χρονικού εύρους $2\tau_{\text{FWHM}}$?
 - δ) Αν υψώσετε στο τετράγωνο την καμπύλη στο διάγραμμα του ερωτήματος (γ) θα λάβετε τη μορφή της έντασης του φωτός, $I_G(t)$. Υπενθυμίζεται ότι : $I(t) = \frac{1}{2} \epsilon_0 c (E(t))^2$.

17. Στο εικονιζόμενο φάσμα εμφανίζεται η εκπομπή ακτινοβολίας λέιζερ από μεθανολικό διάλυμα της χρωστικής Ροδαμίνη 6G τοποθετημένο σε πολύ λεπτή κοιλότητα (πρακτικά μεταξύ δύο πλακιδίων μικροσκοπίου). Με βάση την απόσταση μεταξύ των διαδοχικών ρυθμών ταλάντωσης που υποστηρίζει η κοιλότητα να προσδιορίσετε το δραστικό μήκος αυτής, L .



18. Παλμικό λέιζερ έχει χρονικό προφίλ παλμού που περιγράφεται από συνάρτηση Gauss με εύρος $\tau(\text{FWHM}) = 30\text{ps}$. Αν η ενέργεια του παλμού είναι $E_p = 10\text{ mJ}$, να υπολογίσετε τη ροή ισχύος του παλμού αν η δέσμη με τη βοήθεια συγκεντρωτικού φακού εστιάζεται σε κυκλική επιφάνεια διαμέτρου $10\text{ }\mu\text{m}$. Ποια θα είναι η αντίστοιχη τιμή της ροής ισχύος γύρω από το μέγιστο του παλμού (να θεωρήσετε χρονικό εύρος 4 ps).