



Μελέτη και χαρακτηρισμός οπτικών υλικών και αερίων μιγμάτων προηγμένων παλμικών Lasers μεταβλητού μήκους κύματος στην περιοχή του υπεριώδους και του ορατού

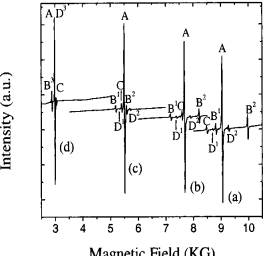
Πρόγραμμα Ενίσχυσης Βασικής Έρευνας Ε.Μ.Π.

A. ΠΑΠΑΓΙΑΝΝΗΣ (Επιστ. Υπέυθυνος, Επικ. Καθηγητής), A. A. ΣΕΡΑΦΕΤΙΝΙΔΗΣ (Κύριος Ερευνητής), M. ΜΑΚΡΟΠΟΥΛΟΥ (Ερευνητρία, Επικ. Καθηγήτρια), Δ. ΠΑΠΑΔΟΠΟΥΛΟΣ (Ερευνητής, Υποψ. Διδάκτωρ), A. ΠΑΠΑΓΙΑΚΟΥΜΟΥ (Ερευνητρία, Υποψ. Διδάκτωρ), Γ. ΧΟΥΡΑΚΗΣ (Ερευνητής, Υποψ. Διδάκτωρ), Γ. ΓΕΩΡΓΟΥΣΗΣ (Δρ. Ερευνητής), B. KLINKENBERG (Ερευνητής, Προπτυχιακός Φοιτητής)

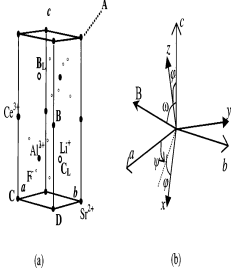
Εργαστήριο Lasers και Εφαρμογές τους, Τομέας Φυσικής, Εθνικό Μετσόβειο Πολυτεχνείο, Ηρώων Πολυτεχνείου 9, 15780 Ζωγράφου, Αθήνα.

ΦΑΣΜΑΤΟΣΚΟΠΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΚΡΥΣΤΑΛΛΩΝ Ce:LiSAIF

Κρύσταλλοι Ce:LiSAIF μελετήθηκαν με τις μεθόδους EPR (Electronic Paramagnetic Resonance) και Raman ώστε να προσδιοριστούν φασματοσκοπικά οι διαφοροποιήσεις που παρουσιάζονται στο κρυσταλλικό περιβάλλον του LiSAIF εξ αιτίας των προσμίξεων Ce³⁺. Οι κρύσταλλοι αυτοί χρησιμοποιήθηκαν για την παραγωγή ακτινοβολίας laser στην περιοχή UV – VIS.



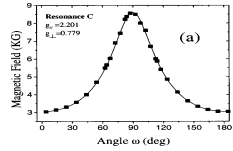
Σχήμα 1: Χαρακτηριστικό ESR φάσμα στους 11 K, με μαγνητικό το πεδίο στο $a-c$ επίπεδο για 4 διαφορετικές γωνίες ω σε σχέση με τον c άξονα: (a) 92.5°, (b) 102.5°, (c) 117.5°, and (d) 184°. Οι διαφορές στα φάσματα αποδίδονται στις τοπικές διαφορές του κρυσταλλικού περιβάλλοντος λόγω της παρουσίας των ατόμων Ce. Οι δείκτες δηλώνουν τον εκφυλισμό των καταστάσεων B και D σε μια δύο ή τρεις γραμμές.



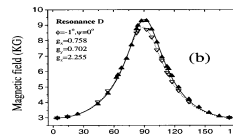
Σχήμα 2: (a) Η εξάρτηση της θέσης της κορυφής A του φάσματος ESR σε σχέση με τη γωνία ω μεταξύ του c άξονα και του εξωτερικού μαγνητικού πεδίου. Για την προσαρμογή των καμπυλών έχει ληφθεί υπ' όψιν αξονικός τελεστής g . (b) Όμοια για τις κορυφές B. Σε αυτή την περίπτωση η προσαρμογή έχει γίνει με ρομβική τελεστή g . Τα "γεμάτα" και τα "κενά" σύμβολα αντιστοιχούν σε διπλά και απλά εκφυλισμένες καταστάσεις.

Σχήμα 3:

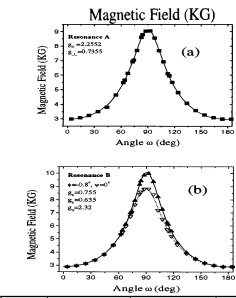
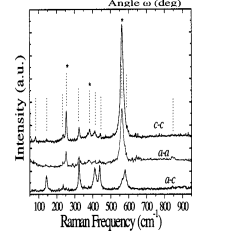
- Η μοναδιαία κυψέλιδα του Ce:Na:LiSAIF.
- Οι άξονες του οκταεδρικού συστήματος (abc) σε σχέση με αυτούς του ορθορομβικού (xyz).



Σχήμα 4: Η γωνιακή εξάρτηση των κορυφών ESR οι οποίες αποδίδονται στους συντονισμούς λόγω αξονικής συμμετρίας C (a) και για ορθορομβική D (b). Τα "γεμάτα" και τα "κενά" σύμβολα αντιστοιχούν σε διπλά και απλά εκφυλισμένες καταστάσεις. Για την προσαρμογή των συμπαγών γραμμών έχει θεωρηθεί τελεστής g για αξονική συμμετρία (a) και ρομβική (b) αντίστοιχα.



Σχήμα 5: Φάσμα Raman του LiSAIF χωρίς προσμίξεις σε παράλληλες $c-c$, $a-a$ και διασταυρωμένες πολώσεις $a-c$ μεταξύ του προσπίπτοντος και του σκεδαζόμενου φωτός. Οι παρατηρούμενες κορυφές για την περίπτωση $a-c$ σημειώνονται με κατακόρυφες διακεκομμένες γραμμές ενώ με άστρα σημειώνονται εκείνες που εξαφανίζονται για διασταυρωμένες πολώσεις.



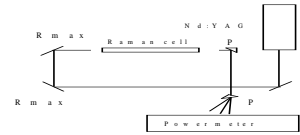
	A	B	C	D
E_1	0.735	0.755	0.779	0.758
E_2	0.735	0.635	0.779	0.702
E_3	2.255	2.320	2.201	2.255
E_{11}	3.068	3.338	2.825	3.089
(ω)	54.7	56.0	54.0	55.1
α	0	0.022	0	0.011

Στον Πίνακα παρουσιάζονται οι τιμές του g για το Ce ανάλογα με τις θέσεις των ιόντων Na στο πλέγμα.

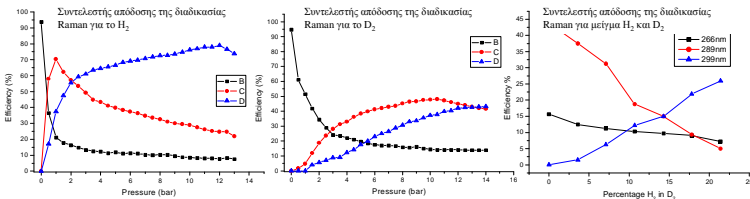
Συμπεράσματα: Η παραμόρφωση του τριγωνικού Ce περιβάλλοντος από τα κενά Li είναι πολύ πιο έντονο συγκριτικά με αυτή από το Na. Σε αυτή τη περίπτωση η τιμή του θ αν πλησιάζει αυτή που υπολογίστηκε για τις κορυφές A, ενώ ο συντελεστής a γίνεται πολύ μικρός. Μπορούμε λοιπόν να υποθέσουμε ότι τα άτομα Na δεν διαφοροποιούν σημαντικά το ενεργειακό διάγραμμα και άρα οι κρύσταλλοι που περιέχουν Na αναμένεται να παρουσιάζουν μικρότερη ανομοιογένεια διείδρυνση των φασματικών γραμμών στο φάσμα απορρόφησης. Επίσης, δεν προέκυψαν σημαντικές διαφοροποιήσεις στο φάσμα Raman από την ύπαρξη εμπλουτισμού (με Ce) και επομένως το υλικό δεν υπόκειται σε δυνατές πιέσεις ή διαταραχές που θα μπορούσαν να αλλάξουν τις συχνότητες συντονισμού ή να προκαλέσουν σημαντική διαπλάτνωση των φασματικών γραμμών.

ΜΕΛΕΤΗ ΜΕΙΓΜΑΤΟΣ ΑΕΡΙΩΝ ΣΕ ΚΥΨΕΛΙΔΑ RAMAN

Τα συστήματα τηλεπισκόπησης της ατμόσφαιρας (τεχνική DIAL) που έχουν αναπτυχθεί για την ανίχνευση του όζοντος χρησιμοποιούν πηγές laser στο υπεριώδες. Με χρήση της 4^{ης} αρμονικής Nd:YAG laser (εκπομπή στα 266nm, 10±1 mJ, 6ns, 10Hz) αντήληθηκε κυψέλιδα Raman μήκους 60cm που περιείχε μείγμα H₂ και D₂. Τα μήκη κύματος που μας ενδιαφέρουν για τις μετρήσεις όζοντος στην τροπόσφαιρα είναι τα 289 nm, 316 nm (1^η και 2^η Stokes του D₂) και 299 nm, 341 nm (1^η και 2^η Stokes του H₂). Η δέσμη ύστερα από ανακλάσεις σε τρεις διχρωϊκούς καθρέπτες R_{max} (ανακλαστικότητα R=98.5%, στα 266nm) οδηγείται στην κυψέλιδα Raman. Σαν παράθυρα εισόδου – εξόδου χρησιμοποιούνται δυο φακοί πυριτίας (f = 30cm). Στην έξοδο της κυψελίδας χρησιμοποιήθηκαν 2 πρίσματα (P) ώστε να διαχωριστούν τα παραγόμενα μήκη κύματος. Με τη διάταξη του σχήματος έγιναν μετρήσεις του συντελεστή μετατροπής για το H₂, D₂, H₂+D₂, με χρήση της εξαναγκασμένης σκέδασης Raman.



Σχήμα 7: Πειραματική διάταξη Raman.

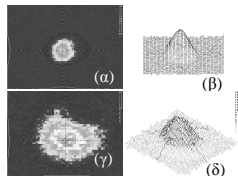


Σχήμα 6: Απόδοση της εξαναγκασμένης σκέδασης Raman (H₂, D₂, H₂+D₂).

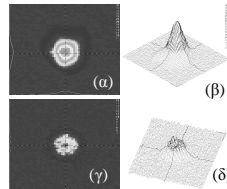
Συμπεράσματα: Το H₂ παρουσιάζει πολύ μεγαλύτερο συντελεστή απόδοσης από το D₂. Μέγιστη απόδοση στο H₂ (70%) παρουσιάστηκε σε πίεση 1 bar και στο D₂ (48%) σε πίεση 10.5 bar. Σε πιέσεις μεγαλύτερες από 2 bar στο H₂ εννοείται η 2^η Stokes (341nm). Για μείγμα 14.3% H₂ (H₂:D₂=1:6 πχ. 2 bar H₂ and 12 bar D₂ έχουμε περίπου ίδιους συντελεστές απόδοσης 15%. Μετρήθηκε επίσης και η απόκλιση της δέσμης στα 2.2 mrad αρκετά μεγαλύτερη από αυτήν της δέσμης άντλησης (266 nm) 0.5 mrad.

ΜΕΛΕΤΗ ΔΙΑΔΟΣΗΣ ΠΛΑΜΙΚΗΣ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ LASER ΥΠΕΡΙΩΔΟΥΣ ΣΕ ΟΠΤΙΚΗ ΙΝΑ ΚΑΙ ΚΥΜΑΤΟΔΗΓΟ

Μελετήθηκαν τα χαρακτηριστικά διέλευσης υπεριώδους ακτινοβολίας laser (355 nm) σε οπτική ίνα πυριτίου (διάμετρου 1.5 mm), σε ευθύγραμμη και καμπυλόγραμμη διάδοση, καθώς και σε άκαμπτο μεταλλικό κύλιο κυματοδηγό με επίστρωση αργύρου. Επίσης, διερευνήθηκαν οι τυχόν χωρικές και χρονικές αλλοιώσεις των παλμών ύστερα από την διάδοσή τους μέσα από την οπτική ίνα και τον κυματοδηγό με τη χρήση ενός συστήματος Beam Profiler.



Σχήμα 8: (α, β) Το 2D/3D προφίλ της δέσμης στην είσοδο της ίνας, (γ, δ) Το 2D/3D προφίλ της δέσμης στην έξοδο της ίνας.



Σχήμα 9: (α, β) Το 2D/3D προφίλ της δέσμης στην είσοδο του κυματοδηγού, (γ, δ) Το 2D/3D προφίλ της δέσμης στην έξοδο του κυματοδηγού.

Η μέση εξασθένιση για την ίνα βρέθηκε ίση με 0.45 dB/m ή 10% εξασθένιση/m, ενώ για τον κυματοδηγό βρέθηκε ίση με 3.3 dB/m ή αλλιώς 54% εξασθένιση/m. Το προφίλ της δέσμης εισόδου είναι και για τα δύο συστήματα κυματοδηγής υψηλής ποιότητας TEM₀₀. Στην περίπτωση της οπτικής ίνας το προφίλ εξόδου διατηρεί τον κεντρικό του χαρακτήρα. Υπάρχουν όμως και ρυθμίσιμες υψηλότερης τάξης κάτω από την μορφή βασικού ρυθμού TEM₀₀ περιβάλλουσα. Αυτό οφείλεται πιθανότατα στις αναπόφευκτες ατέλειες τόσο στα τοιχώματα και το σώμα του όσο και στις επιφάνειες εισόδου και εξόδου που έχουν σαν αποτέλεσμα την διέγερση και κυματοδηγής ρυθμών μεγαλύτερης τάξης. Η μείξη των ρυθμών στην έξοδο της ίνας έχει σαν αποτέλεσμα την παρατηρούμενη απώλεια της αρχικής ομοιογένειας του προφίλ της δέσμης στην είσοδο της. Ο βαθμός πάταξης αυτής της διαταραχής είναι λιπορρισμένος και το προφίλ εξόδου κεντρίκεται ακαριαία. Σε αντίθεση με την οπτική ίνα ο κυματοδηγός στην έξοδο του εμφανίζει ένα προφίλ με έντονο περιφερειακό χαρακτήρα. Η συμπεριφορά αυτή είχε και στο παρελθόν παρατηρηθεί κατά την αξιολόγηση του κυματοδηγού στα 3 μm και ως εκ τούτου δεν θα πρέπει να συνδεθεί με το διαφορετικό από το βέλτιστο μήκος κύματος στον οποίο πραγματοποιήθηκαν τα πειράματα. Πιθανότατα, η διέγερση ανώτερης τάξης περιφερειακών ρυθμών να σχετίζεται με την μη βέλτιστη ρύθμιση των κρίσιμων παραμέτρων σύζευξης (γωνία και διάμετρος κηλίδας εισόδου) στην είσοδο του κυματοδηγού.

Ευχαριστίες: Η χρηματοδότηση αυτού του προγράμματος πραγματοποιήθηκε από το Πρόγραμμα Ενίσχυσης Βασικής Έρευνας ΕΜΠ (ΘΑΛΗΣ) (2002-2004).

Επιστημονικά Άρθρα: 1. A. Kontos, G. Tsaknakis, Y. Raptis, A. Papayannis, E. Landulfo, M. Ruiz, S. Baldochi, E. Barbosa and N.D. Viera Junior, "A spectroscopic study of Ce and Cr doped LiSAIF6 crystals", *Journal of Applied Physics*, **93**, 2797-2803, (2003). 2) S. Tzortzakis, G. Tsaknakis, A. Papayannis, A. Serafetinides, "Investigation of the spatial profile of Stimulated Raman Scattering in D2 and H2 gases using a pulsed Nd:YAG laser at 266 nm", *Applied Physics*, **B79**, doi: 10.1007/s00340-004-1508-4, 2004.

Ανακοινώσεις σε Διεθνή Συνέδρια: 1) A. Kontos, G. Tsaknakis, A. Papayannis, E. Landulfo, S. Baldochi, E. Barbosa, N. Viera Jr., « An ESR study of a Ce3+:Na+:LiSAIF6 single crystal », *Laser Physics and Applications, 19th School of Quantum Electronics, SPIE 5226*, 109-113, 2003.