

Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών

Τμήμα Πληροφορικής & Τηλεπικοινωνιών

Τομέας: Επικοινωνίες και Επεξεργασία Σήματος

Μάθημα «Φωτονική κωδικός ΕΠ12»

Υποψήφιος Ακαδημαϊκός Υπότροφος: Χάρης Μεσαριτάκης

Γενικός Στόχος του Μαθήματος

Ο γενικός στόχος του μαθήματος προδιαγράφεται από τον οδηγό σπουδών του τμήματος Πληροφορικής και Τηλεπικοινωνιών και περιλαμβάνει την εξοικείωση των προπτυχιακών φοιτητών του 8^{ου} εξαμήνου με το πεδίο της φωτονικής τεχνολογίας και πιο συγκεκριμένα με μια σειρά οπτικών και οπτικο-ηλεκτρονικών διατάξεων, τα οποία είναι κρίσιμα για την υλοποίηση σύγχρονων οπτικών συστημάτων. Οι διατάξεις οι οποίες θα μελετηθούν τόσο θεωρητικά όσο και πειραματικά περιλαμβάνουν φωτοπηγές λέιζερ και LED, φωτοφορατές και συνοδευτικά κυκλώματα, οπτικούς ενισχυτές, οπτικούς συσχετιστές, παθητικούς και ενεργούς κυματοδηγούς, οπτικά τρανζίστορ, κυκλώματα οπτικής λογικής, παθητικά οπτικά φίλτρα κλπ. Μέσω του μαθήματος οι φοιτητές καλούνται να κατανοήσουν φωτονικές τεχνολογίες αιχμής, οι οποίες είναι βασισμένες στις προαναφερθέντες διατάξεις, όπως αμιγώς οπτική επεξεργασία σήματος, η ηλεκτρο-οπτική διαμόρφωση για υψήρυσμα οπτικά δίκτυα, οπτικοί αισθητήρες μεγάλης ευαισθησίας, οπτική καταγραφή και αναπαράγωγή, ολογραφία κλπ. Στα πλαίσια επέκτασης του γενικού στόχου του μαθήματος ώστε να είναι καλύτερα εναρμονισμένος με τις τελευταίες εξελίξεις στο συγκεκριμένο επιστημονικό πεδίο, σκοπός του διδάσκοντα είναι η ενσωμάτωση στο μάθημα διαλέξεων που θα επιτρέψουν την εξοικείωση των φοιτητών με νανο-φωτονικές διατάξεις όπως 2-Δ και 3-Δ φωτονικούς κρυστάλλους, λέιζερ μικροδακτυλίων-δίσκων, πηγές quantum dot και quantum-cascade. Επίσης, στόχος είναι η εισαγωγή των φοιτητών σε νέες φωτονικές εφαρμογές, όπως οι οπτικοί υπολογιστές, η φωτονική νευρομηχανική, επικοινωνίες ελεύθερου χώρου (LiFi), ενώ ιδιαίτερο βάρος θα δοθεί σε τεχνολογίες οπτικής κρυπτογραφίας (χασοτική κρυπτογραφία, κβαντική κρυπτογραφία και μη αντιγράφιμες φωτονικές φυσικές συναρτήσεις).

Αντικειμενικοί Στόχοι του μαθήματος (Objectives)

Ο αντικειμενικός στόχος του μαθήματος είναι οι φοιτητές μετά το πέρας κάθε θεματικής ενότητας να μπορούν να αξιολογήσουν τις επιδόσεις διαφόρων οπτικών διατάξεων καθώς και να σχεδιάσουν θεωρητικά και πειραματικά ένα φωτονικό σύστημα μικρής κλίμακας, το οποίο βασίζεται στις εν λόγω διατάξεις. Επίσης, να μπορούν να εκτελούν υπολογισμούς για την ανεύρεση των επιδόσεων κάθε συσκευής, βάσει συγκεκριμένων κατασκευαστικών χαρακτηριστικών, καθώς και να μπορούν να επιλέγουν τη βέλτιστη διάταξη καθώς και να καθορίζουν τα απαιτούμενα χαρακτηριστικά για την εκάστοτε εφαρμογή. Επιπροσθέτως, μέσω της εργαστηριακής μελέτης των διατάξεων-εφαρμογών οι φοιτητές θα πρέπει να μπορούν να συσχετίζουν άμεσα την διδασκόμενη θεωρία με την πρακτική εφαρμογή και θα πρέπει να αποκτήσουν εξοικείωση με μια σειρά εργαστηριακών οργάνων (οπτικούς αναλυτές, ηλεκτρικούς αναλυτές φάσματος, φωτοδιόδους, παλμογράφους, πηγές ρεύματος, ελεγχτές θερμοκρασίας κλπ). Παρακάτω παρατίθενται αναλυτικά οι αντικειμενικοί στόχοι ανά θεματική ενότητα του μαθήματος με μετρήσιμα κριτήρια.

Προ απαιτούμενες γνώσεις (Course Requirements)

Σύμφωνα με τον οδηγό σπουδών δεν χρειάζονται προαπαιτούμενες γνώσεις και ως εκ τούτου οποιοδήποτε αναγκαίο επιστημονικό υπόβαθρο θα παρέχεται στους φοιτητές κατά τη διάρκεια των

μαθημάτων, ως μορφή σύντομων επαναλήψεων σε συνδυασμό πάντα με την αντίστοιχη βοηθητική βιβλιογραφία. Παρόλα αυτά, βασικά μαθήματα κορμού όπως ο ηλεκτρομαγνητισμός, η ηλεκτρονική καθώς και το μάθημα επιλογής του τομέα, οπτικές επικοινωνίες, είναι εξαιρετικά χρήσιμα για την εις βάθος κατανόηση των θεματικών του μαθήματος.

Περιεχόμενο του Μαθήματος (Syllabus)

Όπως παρατίθεται στο επίσημο πρόγραμμα σπουδών «Οπτικοηλεκτρονική και οπτικές επικοινωνίες, ολοκληρωμένα οπτικά κυκλώματα, Γενικά στοιχεία για τους ημιαγωγούς, Οπτικά φίλτρα και μεταγωγείς, φωτοπηγές LED και Laser, οπτικοί ενισχυτές, οπτικοί διαμορφωτές» με τις προσθήκες που αναφέρονται στο γενικό σκοπό του μαθήματος παραπάνω.

Διδακταλία

- Εβδομαδιαίες διαλέξεις από το διδάσκοντα με χρήση διαφανειών
- Εβδομαδιαίες εργαστηριακές ασκήσεις στις υποδομές του τμήματος
- Επίδειξη και χρήση εργαλείων εξομοίωσης φωτονικών διατάξεων, τα οποία έχει στη διάθεση του το τμήμα.

Μέθοδοι Αξιολόγησης

- Τελικές γραπτές εξετάσεις (50% του συνολικού βαθμού)
- Εξαμηνιαία εργασία η οποία θα περιλαμβάνει ένα άρθρο 3000 λέξεων στο οποίο ατομικά ο κάθε φοιτητής θα αναδείξει μία τεχνολογία αιχμής της φωτονικής βασισμένος σε πρόσφατα επιστημονικά άρθρα, την οποία και θα παρουσιάσει σε ακροατήριο. Η επιλογή της τεχνολογίας θα γίνεται σε συνεννόηση με το διδάσκοντα μέσα από μια ελαστική λίστα προτεινόμενων θεμάτων. Σκοπός είναι να αποφευχθεί η αλληλοεπικάλυψη ώστε οι φοιτητές να παρακολουθήσουν μια ευρεία γκάμα θεμάτων. (30% του συνολικού βαθμού)
- Εργαστηριακές ασκήσεις τις οποίες οι φοιτητές θα συμπληρώνουν κατά τη διάρκεια του εργαστηρίου βάσει των μετρήσεων που θα καταγράφουν (20% του συνολικού βαθμού).

Οι τελικές εξετάσεις καθώς οι εργαστηριακές ασκήσεις θα είναι υποχρεωτικές για τους φοιτητές, ενώ η εξαμηνιαία εργασία θα είναι προαιρετική.

Περιγραφή Διδακταλίας – Θεματικές Ενότητες

1. Εισαγωγή στο επιστημονικό πεδίο της Φωτονικής

Περιεχόμενο ενότητας (γενικός διδακτικός στόχος)

Εισαγωγή των φοιτητών στο πεδίο της φωτονικής, ιστορική ανασκόπηση, σύντομη παρουσίαση των πεδίων εφαρμογής της φωτονικής, ανάδειξη μέσω ερωταποκρίσεων της χρησιμότητας της φωτονικής στη σημερινή τεχνολογία. Έμφαση στις εφαρμογές στις τηλεπικοινωνίες, ιατρική, αισθητήρες καθώς και στο πεδίο της βασικής έρευνας. Ανάδειξη σπουδαιότητας της φωτονικής. Σύντομη αναφορά στα υπο-πεδία τα οποία θα εξεταστούν στο πλαίσιο του μαθήματος, διευκρινήσεις στους φοιτητές όσον αφορά πρακτικά ζητήματα (τρόπος εξέτασης, δομή του μαθήματος, εργαστηριακές ασκήσεις κλπ.)

Διάρκεια: 3 ώρες (διάλεξη, ανοιχτή συζήτηση)

Εξοικείωση με τον εργαστηριακό εξοπλισμό, σύντομη παρουσίαση των τρεχουσών δραστηριοτήτων, επεξήγηση στους φοιτητές των βασικών κανόνων λειτουργίας και ασφαλείας του εργαστηρίου.

Διάρκεια: 1 ώρα (ερωταποκρίσεις στο εργαστήριο)

Αντικειμενικοί Στόχοι της ενότητας

Οι φοιτητές να αποκτήσουν μια σφαιρική εικόνα του τομέα και της σπουδαιότητάς του, να μπορούν να περιγράψουν σύντομα τους βασικούς τομείς εφαρμογής της φωτονικής. Προσέλευση του ακαδημαϊκού ενδιαφέροντος τους. Να μπορούν να περιγράψουν με σαφήνεια τους βασικούς κανόνες λειτουργίας του εργαστηρίου καθώς και τις τυπικές διαδικασίες του μαθήματος.

2. Βασικές Έννοιες Οπτικής

Περιεχόμενο ενότητας (γενικός διδακτικός στόχος)

Γενικός στόχος της ενότητας είναι η εισαγωγή-ανακεφαλαίωση βασικών εννοιών οπτικής στους φοιτητές, ώστε να θεμελιωθεί το βασικό γνωσιακό υπόβαθρο το οποίο χρειάζεται για την περαιτέρω κατανόηση των εννοιών του μαθήματος. Θα διδαχθούν σωματιδιακή-κυματική φύση του φωτός, εξίσωση κύματος, συμβολή, ανακεφαλαίωση σε έννοιες όπως συχνότητα, μήκος κύματος, κυματάρθρος, οπτική πόλωση, διασπορά. Υπενθύμιση φαινομένων όπως ανάκλαση, διάθλαση, περίθλαση, συντονισμός, στάσιμα κύματα.

Διάρκεια: 3 ώρες (διάλεξη, ασκήσεις στην αίθουσα)

Εργαστηριακή επίδειξη φαινομένων όπως τα στάσιμα κύματα σε μια οπτική κοιλότητα, η οπτική συμβολή, εξοικείωση των φοιτητών με μετρητικά όργανα όπως ο παλμογράφος, ο οπτικός φασματικό αναλυτής, ο ηλεκτρικός φασματικό αναλυτής.

Διάρκεια: 1 ώρα (εργαστηριακή άσκηση)

Αντικειμενικοί Στόχοι της ενότητας

Οι φοιτητές μετά το πέρας του θεωρητικού και πειραματικού σκέλους του μαθήματος θα πρέπει να μπορούν να αναγνωρίσουν-διαχωρίσουν βασικά οπτικά φαινόμενα. Θα έχουν ανακεφαλαιώσει βασικές έννοιες της οπτικής.

3. Εισαγωγή στα υλικά της Φωτονικής

Περιεχόμενο ενότητας (γενικός διδακτικός στόχος)

Γενικός στόχος της ενότητας είναι η αναλυτική παρουσίαση των υλικών που χρησιμοποιούνται στη φωτονική τεχνολογία, των βασικών τεχνικών κατασκευής αυτών των συστημάτων καθώς και εις βάθος παρουσίαση βασικών στοιχείων φυσικής στερεάς κατάστασης. Πιο συγκεκριμένα θα παρουσιαστούν στοιχεία ημιαγωγών, υλικά άμεσου και έμμεσου ενεργειακού χάσματος, εισαγωγή στο φωτοηλεκτρικό φαινόμενο, υλικά κβαντικού φρέατος, κρύματα και οι ιδιότητες του, βασικά στοιχεία στοιχειομετρίας υλικών. Οπτικές-μαγνητικές και ηλεκτρικές ιδιότητες επιλεγμένων υλικών. Θα παρουσιαστούν οι βασικές τεχνικές κατασκευής ολοκληρωμένων φωτονικών διατάξεων όπως επιταξία, λιθογραφία, εγχάραξη κλπ.

Διάρκεια: 4 ώρες (διάλεξη)

Αντικειμενικοί Στόχοι της ενότητας

Οι φοιτητές μετά το πέρας της ενότητας θα πρέπει να μπορούν να εξηγούν με σαφήνεια τις βασικές έννοιες που έχουν παρουσιαστεί, ενώ θα πρέπει να μπορούν να εκτελούν βασικούς υπολογισμούς για τον υπολογισμό παραμέτρων του κάθε υλικού-κρύματος (δείκτη διάθλασης κλπ).

4. Σύμφωνη-Ασύμφωνη Ακτινοβολία – LASER-LED

Περιεχόμενο ενότητας (γενικός διδακτικός στόχος)

Παρουσίαση και επίλυση εξισώσεων Einstein, περιγραφή της σύμφωνης-ασύμφωνης ακτινοβολίας. Παρουσίαση διατάξεων λέιζερ και LED. Εύρεση βασικών παραμέτρων όπως συνθήκη κατωφλίου – αναστροφή πληθυσμών, απόδοση, κβαντική απόδοση. Είδη laser (Fabry-Perot, DFB, DBR). Ηλεκτρο-οπτικός χαρακτηρισμός διατάξεων καμπύλη P-I, V-I εύρεση αντίσταση ορθής και ανάστροφης πόλωσης. Θερμική ευαισθησία διατάξεων, τεχνικές-υλικά θερμικής απαγωγής. Περιγραφή και μελέτη της εξάρτησης του παράγοντα διεύρυνσης γραμμής (linewidth

enhancement factor). Ηλεκτρο-οπτική και θερμο-οπτική διαμόρφωση των διατάξεων. Είδη θορύβου στις διατάξεις και βασικά ηλεκτρονικά στοιχεία οδήγησης των διατάξεων.

Διάρκεια: 3 ώρες (διάλεξη)

Εργαστηριακή μέτρηση για λέιζερ DFB και Fabry-perot χαρακτηριστικών όπως θερμο-οπτική ευαισθησία, συνθήκη κατωφλίου, απόδοση, συμπίεση πλευρικών διαμετρικών τρόπων, θερμική ευαισθησία

Διάρκεια: 1 ώρα (εργαστηριακή άσκηση)

Αντικειμενικοί Στόχοι της ενότητας

Οι φοιτητές θα πρέπει να μπορούν να εκτελούν βασικούς υπολογισμούς με σκοπό την εύρεση της συνθήκης κατωφλίου ενός λέιζερ, τον χαρακτηρισμό της διόδου LED, laser (υπολογισμός βασικών παραμέτρων). Ενώ θα πρέπει να αποκτήσουν ευχέρεια στην πειραματική εκτέλεση βασικών ηλεκτρο-οπτικών μετρήσεων των διατάξεων.

5. Οπτική Απορρόφηση/Ενίσχυση – Στοιχεία φωτοφορατών-φωτοβολταικών-ενισχυτών

Περιεχόμενο ενότητας (γενικός διδακτικός στόχος)

Παρουσίαση του φαινομένου της απορρόφησης και της οπτικής ενίσχυσης, επανάληψη εξισώσεων ρυθμών. Φωτοβολταική λειτουργία, φωτοδιόδοι, ηλεκτρο-οπτικά χαρακτηριστικά απορροφητών και κορεσμένων απορροφητών, ολοκληρωμένοι απορροφητές, σύγχρονοι απορροφητές βασισμένοι στο γραφένιο. Θόρυβος στους φωτοδέκτες και στους ενισχυτές. Παρουσίαση οπτικής ενίσχυσης, φαινομένων κορεσμού και σύνδεση τους με τις εξισώσεις ρυθμών, είδη ενισχυτών (EDFA, Raman, Brillouin) ολοκληρωμένοι ενισχυτές (SOA). Εφαρμογές ενισχυτών (ενίσχυση, αναγέννηση, λογικές πράξεις κλπ). Ηλεκτρονικά στοιχεία οδήγησης ενισχυτών.

Διάρκεια: 3 ώρες (διάλεξη)

Εργαστηριακή παρουσίαση EDFA, μετρήσεις απολαβής - κορεσμού.

Διάρκεια: 1 ώρα (εργαστηριακή άσκηση)

Αντικειμενικοί Στόχοι της ενότητας

Διασύνδεση της θεωρητικής περιγραφής των εξισώσεων ρυθμών με την αρχή λειτουργίας των διατάξεων. Οι φοιτητές μετά το πέρας τη ενότητας θα μπορούν να εκτελούν βασικούς χαρακτηρισμούς οπτικών ενισχυτών αλλά και χρησιμοποιώντας τις εξισώσεις να μπορούν να υπολογίζουν βασικά χαρακτηριστικά των διατάξεων

6. Βασικά Στοιχεία Κυματοδότησης – Ολοκληρωμένοι κυματοδηγοί

Περιεχόμενο ενότητας (γενικός διδακτικός στόχος)

Εξοικείωση των φοιτητών με βασικά είδη κυματοδηγών, παρουσίαση εξισώσεων Maxwell, ακτινική προσέγγιση επίλυση εξισώσεων Maxwell για συγκεκριμένα είδη κυματοδηγών. Εισαγωγή στην έννοια του ενεργού δείκτη διάθλασης, του μήκος κύματος αποκοπής. Διασπορά και διασπορά εξαιτίας των κυματοδηγών. TE και TM τρόποι κυματοδότησης, κυματοδότηση σε οπτικές ίνες. Εισαγωγή στο εργαλείο προσομοίωσης RSOFTE (BeamProp – FDTD). Ανεύρεση χωρικών κατανομών του πεδίου και εκτέλεση αναλυτικών προσομοιώσεων με αυτό.

Διάρκεια: 8 ώρες (διάλεξη, προσομοίωση, άσκηση)

Αντικειμενικοί Στόχοι της ενότητας

Οι φοιτητές θα πρέπει να μπορούν να περιγράψουν με σαφήνεια την έννοια του τρόπου και βασικών ορισμών όπως TE-TM τρόποι. Να αναγνωρίσουν χωρικούς τρόπους σε ένα επίπεδο κυματοδηγο ή οπτική ίνα. Να υπολογίσουν το μήκος κύματος αποκοπής καθώς και να αποκτήσουν ευχέρεια τόσο στο σχεδιασμό φωτονικών διατάξεων με το RSOFTE όσο και στην προσομοίωσής τους (εύρεση τρόπων, ενεργού δείκτη διάθλασης κλπ)

7. Παθητικά φωτονικά στοιχεία συντονιστές, φράγματα περίθλασης, φωτονικοί κρύσταλλοι

Περιεχόμενο ενότητας (γενικός διδακτικός στόχος)

Περιεχόμενο ενότητας (γενικός διδακτικός στόχος)

Παρουσίαση διατάξεων όπως είναι οι παθητικές κοιλότητες Fabry-Perot, οι μικρο-δακτύλιοι, μικρο-δίσκοι, δακτύλιοι μεγαλύτερης τάξης (high-order) και οι 2-Δ - 3-Δ φωτονικοί κρύσταλλοι και τα φράγματα περίθλασης. Αναλυτική παρουσίαση χαρακτηριστικών όπως είναι ο παράγοντας ποιότητας (Q-factor), η ελεύθερη φασματική απόσταση (free spectral range), finesse, συνθήκη Bragg. Κυματοδότηση σε φωτονικούς κρυστάλλους και διασύνδεση με τις εξισώσεις Maxwell. Εφαρμογές των διατάξεων (φίλτρα, διαμορφωτές, πολυπλέκτες, αισθητήρες, μη γραμμικά συστήματα). Αναφορά στις τεχνικές κατασκευής ολοκληρωμένων παθητικών στοιχείων. Μελέτη-προσομοίωση των διατάξεων με χρήση του R-soft.

Διάρκεια: 3 ώρες (διάλεξη, προσομοίωση)

Εργαστηριακή μέτρηση φραγμάτων Bragg, υπολογισμός Q factor, χρήση του ως αισθητήρα θερμότητας και χαρακτηρισμός.

Διάρκεια: 1 ώρα (εργαστηριακή μέτρηση)

Αντικειμενικοί Στόχοι της ενότητας

Μετά το πέρας της ενότητας οι φοιτητές θα πρέπει να μπορούν να εκτελούν βασικούς υπολογισμούς για την εξαγωγή βασικών επιδόσεων των στοιχείων βάσει κατασκευαστικών χαρακτηριστικών, θα μπορούν να σχεδιάζουν τη διάταξη σε εργαλείο προσομοίωσης και τέλος να εκτελούν πειραματικό χαρακτηρισμό των διατάξεων.

8. Ενεργά προηγμένα φωτονικά στοιχεία: λέιζερ κβαντικών τελειών, quantum cascade lasers, micro-disks lasers – συστήματα εγκλειδωσης διαμηκών τρόπων

Περιεχόμενο ενότητας (γενικός διδακτικός στόχος)

Εισαγωγή των φοιτητών σε προηγμένα φωτονικά στοιχεία όπως πηγές laser βασισμένες σε ημιαγωγικές κβαντικές τελείες και quantum cascaded lasers. Σύνδεση της θεωρίας λειτουργίας με τις βασικές εξισώσεις ρυθμών και ανάλυση του παράγοντα περιορισμού των φορέων. Ανάλυση επιδόσεων, χαρακτηριστικών και εφαρμογών (υψίρρυθμη εξαγωγή ρολογιού, σπεκτρομετρία κλπ). Ανάλυση λέιζερ μικροδακτυλίων βασισμένα είτε σε κβαντικά φρεάτια-τελείες και διασύνδεσης της βασικής αρχής λειτουργίας με κλασικά λέιζερ fabry-Perot. Χαρακτηριστικά θορύβου και επιδόσεις. Εισαγωγή των φοιτητών στη θεωρία εγκλειδωσης διαμηκών τρόπων (παθητική, ενεργή, υβριδική). Περιγραφή οπτικών μεθόδων χαρακτηρισμού οπτικών παλμών (autocorrelation – FROG).

Διάρκεια: 3 ώρες (διάλεξη, προσομοίωση)

Εργαστηριακή μέτρηση διάρκειας και ισχύος παλμών ως προς το ρεύμα άντλησης σε ημιαγωγικό λέιζερ παθητικής εγκλειδωσης.

Διάρκεια: 1 ώρα (εργαστηριακή μέτρηση)

Αντικειμενικοί Στόχοι της ενότητας

Η εισαγωγή των φοιτητών σε τεχνολογίες αιχμής με σκοπό να μπορούν να επεκτείνουν τις βασικές γνώσεις (εξισώσεις ρυθμών) σε νέα υλικά και διατάξεις. Εξοικείωση με το πειραματικό χαρακτηρισμό ταχύτατων οπτικών παλμών.

9. Φωτονική στις τηλεπικοινωνίες – ηλεκτρο-οπτική διαμόρφωση – σχήματα διαμορφώσεων

Περιεχόμενο ενότητας (γενικός διδακτικός στόχος)

Στα πλαίσια αυτής της ενότητας (τουλάχιστον δύο διαλέξεις και εργαστηριακές ασκήσεις) θα μελετηθούν μια σειρά από θέματα που άπτονται της χρήσης ενεργών και παθητικών φωτονικών διατάξεων για τηλεπικοινωνιακές εφαρμογές. Πιο συγκεκριμένα θα παρουσιαστούν βασικές τεχνικές διαμόρφωσης (άμεση-εξωτερική) οπτικών πηγών, άμεση διαμόρφωση του laser και συσχέτιση με τις εξισώσεις ρυθμών, χαρακτηριστικά-επιδόσεις ηλεκτρο-οπτικών διαμορφωτών,

ακουστο-οπτικών διαμορφωτών, διαμορφωτών βασισμένων σε συμβολόμετρα mach-Zehnder. Υπολογισμός και κατανόηση βασικών τηλεπικοινωνιακών εννοιών στο οπτικό επίπεδο όπως (BER, οπτικό SNR, intersymbol interference, ρυθμός μετάδοσης). Ανάλυση σχημάτων διαμόρφωσης στα οπτικά δίκτυα όπως ASK, FSK, PSK, DPSK, OFDM, οπτικά QAM-PAM. Ανάλυση πλεονεκτημάτων και απαιτήσεων του κάθε σχήματος από τις χρησιμοποιούμενες φωτονικές διατάξεις.

Διάρκεια: 6 ώρες (Διαλέξεις)

Πειραματική υλοποίηση σχήματος εξωτερικής και άμεσης διαμόρφωσης ημιαγωγικού λέιζερ και μέτρηση BER συναρτήσει του επιπέδου θορύβου στο σύστημα και το ρυθμού διαμόρφωσης.

Διάρκεια: 2 ώρες (Εργαστηριακές ασκήσεις)

10. Εφαρμογές οπτικής κρυπτογραφίας (χαοτική κρυπτογραφία, φυσικές φωτονικές συναρτήσεις)

Περιεχόμενο ενότητας (γενικός διδακτικός στόχος)

Εισαγωγή σε συστήματα οπτικής κρυπτογραφίας χαμηλού επιπέδου, βασικές έννοιες ασφάλειας και εμπιστευτικότητας στο φυσικό επίπεδο (user, device authentication, encryption). Φυσικός μηχανισμός της χαοτικής κρυπτογραφίας, οπτική-ηλεκτρική ανάδραση και οπτική σύζευξη, δυναμική συμπεριφορά των λέιζερ και επίδραση των συνθηκών πόλωσης και του συντελεστή σύζευξης. Ανάλυση διαφορετικών υλοποιήσεων και επιδόσεων. Εισαγωγή στην έννοια των φυσικών μη κλωνοποιήσιμων οπτικών συναρτήσεων, ανάλυση φυσικού μηχανισμού, διασύνδεση με τους μηχανισμούς σκέδασης, ανάλυση προδιαγραφών και επιδόσεων.

Διάρκεια: 3 ώρες (διάλεξη)

Επίδειξη υλοποιήσεων στο εργαστήριο και διασύνδεση με τους θεωρητικούς μηχανισμούς

Διάρκεια: 1 ώρα (εργαστηριακή άσκηση)

Αντικειμενικοί Στόχοι της ενότητας

Η εισαγωγή των φοιτητών σε τεχνολογίες αιχμής στον ανερχόμενο χώρο της φωτονικής κρυπτογραφίας χαμηλού επιπέδου.

11. Φωτονικοί Υπολογιστές και Φωτονική Νευρομηχανική.

Περιεχόμενο ενότητας (γενικός διδακτικός στόχος)

Εισαγωγή σε φωτονικά συστήματα επεξεργασίας (οπτικές υλοποιήσεις λογικών πράξεων) σε πολύ υψηλό ρυθμό, φωτονικοί ολοκληρωμένοι επεξεργαστές, φωτονικές μνημες, φωτονικός επεξεργαστικός παραλληλισμός μέσω WDM και TDM τεχνικών. Νευρομιμητικά συστήματα επεξεργασίας, οπτικοί νευρώνες και δυναμική συμπεριφορά ολοκληρωμένων φωτονικών διατάξεων, βασικά κριτήρια βιομιμητισμού (photonic excitability). Παρουσίαση προοπτικών και εφαρμογών. Εισαγωγή στην έννοια του φωτονικού reservoir computing και ανάλυση ηλεκτρο-οπτικών μη γραμμικοτήτων φωτονικών στοιχείων όπως (SOA, photonic crystals, microrings)

Διάρκεια: 4 ώρες (διάλεξη)

Αντικειμενικοί Στόχοι της ενότητας

Η εισαγωγή των φοιτητών σε τεχνολογίες αιχμής στον ανερχόμενο χώρο της φωτονικής επεξεργασίας και της νευρομιμητικής.

Ενδεικτική Βιβλιογραφία

- N. Θεοφάνους «Οπτρονική» Εκδόσεις Γ.Β. Βασδέκης
- Paul E. Green «Δίκτυα Οπτικών Ινών» ISBN: 960-7510-00-3
- J. Ohstubo, “Semiconductor Lasers Stability-Instability and Chaos” ISBN:3-540-23675-9
- K. Pettermann “Laser Diode Modulation and Noise” ISBN:0-7923-1204-X

- Ζευγώλης Δημήτριος, «Εφαρμοσμένη οπτική με θέματα οπτικοηλεκτρονικής και Laser» ISBN: 978-960-418-140-7
- J. Wilson, J. Hawkes «ΟΠΤΟΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗ: Μια Εισαγωγή» Εκδόσεις ΕΜΠ