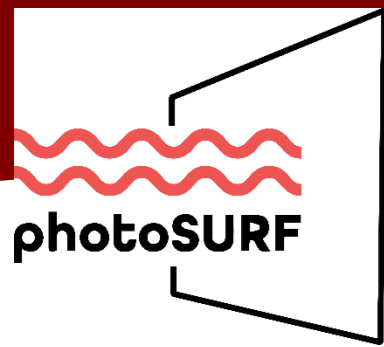




**ΕΛΙΔΕΚ.**  
Ελληνικό Ίδρυμα Έρευνας & Καινοτομίας

**Περιγραφή Χρηματοδοτούμενου Ερευνητικού Έργου**  
**2η Προκήρυξη Ερευνητικών Έργων ΕΛ.ΙΔ.Ε.Κ. για την**  
**ενίσχυση Μεταδιδακτορικών Ερευνητών/τριών**



**Τίτλος Ερευνητικού Έργου:** Καινοτόμες φωτονικές μεταεπιφάνειες με πολλαπλούς συντονισμούς για τον ευρυζωνικό έλεγχο του φωτός (ακρωνύμιο: PHOTOSURF)

**Επιστημονικός Υπεύθυνος:** Οδυσσέας Τσιλιπάκος

**Φιλικός προς τον αναγνώστη τίτλος:** Προτείνοντας υπέρλεπτα και ευρυζωνικά οπτικά εξαρτήματα με χρήση πολλαπλών συντονισμών

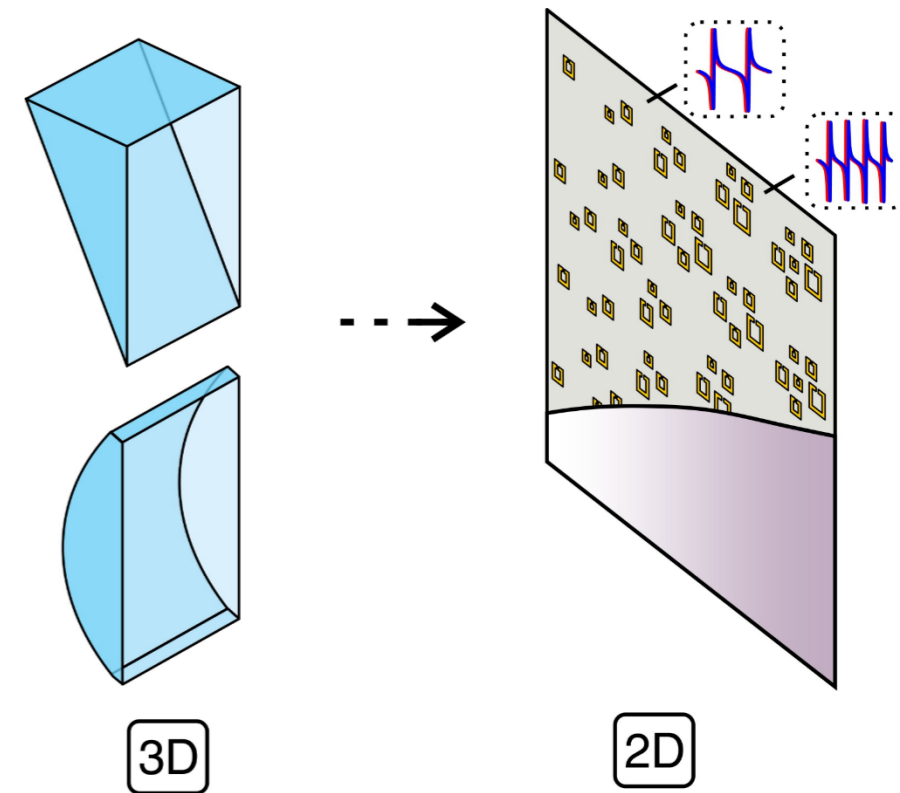
**Επιστημονική Περιοχή:** Φυσικές Επιστήμες (Οπτική)

**Φορέας Προέλευσης και Χώρα:** Ινστιτούτο Ηλεκτρονικής Δομής και Λέιζερ (ΙΗΔΛ), Ίδρυμα Τεχνολογίας και Έρευνας (ΙΤΕ), Ελλάδα

**Φορέας Υποδοχής:** Ίδρυμα Τεχνολογίας και Έρευνας (ΙΤΕ)

**Συνεργαζόμενος Φορέας:** Ames Laboratory, ΗΠΑ

**Ιστοσελίδα προβολής του Έργου:** <https://photosurf.iesl.forth.gr>



**Ποσό Χρηματοδότησης:** 159,586.00 €

**Διάρκεια Χρηματοδότησης:** 36 μήνες

Η αλληλεπίδραση των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων με την ύλη βρίσκεται στην πρώτη γραμμή της επιστημονικής έρευνας, καθώς συνδέεται με ένα ευρύ φάσμα φυσικών φαινομένων και εφαρμογών εφαρμογές με σημαντικές τεχνολογικές και κοινωνικές προεκτάσεις. Οι μεταεπιφάνειες είναι υπέρλεπτα τεχνητά υλικά φτιαγμένα από περιοδικώς διατεταγμένα δομικά στοιχεία σε κλίμακα μικρότερη του μήκους κύματος. Υπόσχονται να μεταμορφώσουν την αλληλεπίδραση του φωτός με την ύλη, προσφέροντας νέες δυνατότητες αδύνατον να επιτευχθούν με φυσικά υλικά (π.χ. ανώμαλη διάθλαση), αξιοποιώντας τους ηλεκτρομαγνητικούς συντονισμούς των δομικών στοιχείων. Παράλληλα, είναι εξαιρετικά λεπτές ως προς το μήκος κύματος και μπορούν να κατασκευαστούν με συμβατικές επίπεδες τεχνικές.

Εντούτοις, υπάρχουν συγκεκριμένα φυσικά εμπόδια που περιορίζουν την προοπτική των μεταεπιφανειών: (i) η φασματική απόκριση τους είναι τυπικά στενής ζώνης και (ii) η καθυστέρηση φάσης που αποδίδεται στο προσπίπτον κύμα είναι περιορισμένη (μικρότερη από  $2\pi$ ). Η προτεινόμενη έρευνα φιλοδοξεί να ξεπεράσει αυτούς τους μακροχρόνιους περιορισμούς συνδυάζοντας κατάλληλα πολλαπλούς (ηλεκτρικούς και μαγνητικούς) συντονισμούς στο μοναδιαίο κελί της μεταεπιφάνειας. Οι προτεινόμενες ευρυζωνικές πολύρυθμες μεταεπιφάνειες συνδυάζουν τα πλεονεκτήματα των ισχυρών συντονισμών (καθυστέρηση φάσης, αποθήκευση ενέργειας, ενίσχυση πεδίου) μαζί με ένα αυθαίρετα ευρύ φασματικό εύρος.

Έχοντας την ευρυζωνική απόκριση ως κοινή βάση, το PHOTOSURF θα αντιμετωπίσει με μια ενιαία προσέγγιση διαφορετικά φυσικά προβλήματα, στοχεύοντας κάθε φορά σε έλεγχο διαφορετικού χαρακτηριστικού της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας (πλάτος, χρονικό και χωρικό προφίλ του κυματοπακέτου, πόλωση, συχνότητα). Ο κεντρικός στόχος είναι η αντικατάσταση των συμβατικών ογκωδών φωτονικών εξαρτημάτων για έλεγχο διασποράς, περίθλασης, πόλωσης και μη γραμμικότητας με εξαιρετικά λεπτές εκδοχές, προσφέροντας έτσι σημαντικά τεχνολογικά πλεονεκτήματα (μέγεθος, βάρος, κατασκευή, ολοκλήρωση). Η περιγραφόμενη επιστημονική πρόοδος αναμένεται να εισάγει τις μεταεπιφάνειες σε πραγματικές φωτονικές εφαρμογές που εμπλέκουν ευρυζωνικά σήματα.

Στόχος του PHOTOSURF είναι να προτείνει καινοτόμες λειτουργικές μεταεπιφάνειες με ευρυζωνική λειτουργία, αξιοποιώντας ταυτόχρονα τα πολυάριθμα πλεονεκτήματα που προσδίδουν σε ένα σύστημα οι ισχυροί συντονισμοί. Καθώς οι μεταεπιφάνειες είναι συνήθως στενού εύρους ζώνης, αυτό το επιστημονικό βήμα θα επιτραπεί από την πρωτότυπη ιδέα της υλοποίησης πολλαπλών ισχυρών συντονισμών εντός του μοναδιαίου κελιού της μεταεπιφάνειας. Το άνοιγμα των μεταεπιφανειών σε ευρυζωνικές εφαρμογές, διατηρώντας παράλληλα μια απόκριση με χαρακτηριστικά ισχυρού συντονισμού (καθυστέρηση φάσης, αποθήκευση ενέργειας, ενίσχυση πεδίου), αποτελεί την κύρια καινοτομία του PHOTOSURF. Αυτή η επέκταση είναι υψίστης σημασίας, καθώς σε πρακτικές φωτονικές εφαρμογές τα εμπλεκόμενα σήματα είναι σπανίως στενής ζώνης (μονοχρωματικά).

Στα πλαίσια του PHOTOSURF, η κεντρική ιδέα της ευρυζωνικής απόκρισης μέσω ειδικά σχεδιασμένων πολλαπλών συντονισμών θα μεταφερθεί και θα εφαρμοστεί σε διαφορετικά φυσικά φαινόμενα (π.χ. διασπορά, έλεγχο μετώπου κύματος, έλεγχος πόλωσης), οδηγώντας στην πρόταση μιας καινοτόμας, ενοποιημένης προσέγγισης σχεδιασμού υπέρλεπτων και ευρυζωνικών οπτικών εξαρτημάτων. Σε όλες τις επιμέρους περιπτώσεις, θα ακολουθήσουμε μια στρατηγική τριών βημάτων για την ανάλυση, τον σχεδιασμό και την πειραματική επαλήθευση, ξεκινώντας από (i) τον αυστηρό μαθηματικό προσδιορισμό των ηλεκτρικών και μαγνητικών επιφανειακών αγωγιμοτήτων, (ii) προχωρώντας στον σχεδιασμό φυσικών υλοποιήσεων που μπορούν να ικανοποιήσουν τις καθορισμένες προδιαγραφές εξετάζοντας διαφορετικά φυσικά συστήματα, και (iii) τελικά καταλήγοντας στην πειραματική επιβεβαίωση της θεωρητικά αναμενόμενης λειτουργίας μέσω της κατασκευής και του χαρακτηρισμού. Τα εργαλεία προσομοίωσης που θα χρησιμοποιηθούν και θα αναπτυχθούν στα πλαίσια του προγράμματος περιλαμβάνουν ένα μεγάλο εύρος από (i) αναλυτικά πλαίσια για την αλληλεπίδραση ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων με εξαιρετικά λεπτά ηλεκτρικά και μαγνητικά πολώσιμα φύλλα, (ii) ακριβείς προσομοιωτές πλήρους κύματος των εξισώσεων Maxwell και (iii) απλοποιημένα μοντέλα για την απόκτηση βαθύτερης φυσικής διαίσθησης και ερμηνείας.

Το ερευνητικό πρόγραμμα PHOTOSURF στοχεύει στην εξερεύνηση και τη βαθιά θεωρητική κατανόηση της πολύπλοκης αλληλεπίδρασης των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων με πολύρυθμες μεταεπιφάνειες, καταλήγοντας στην πρόταση και την επίδειξη υπέρλεπτων και ευρυζωνικών φωτονικών εξαρτημάτων για διαφορετικές πρακτικές εφαρμογές στις φασματικές περιοχές του ορατού φωτός, της κοντινής υπέρυθρης, των THz και των μικροκυμάτων. Τα αναμενόμενα ερευνητικά αποτελέσματα περιλαμβάνουν μεταεπιφάνειες για καθυστέρηση και συμπίεση ευρυζωνικών παλμών, για εκτέλεση αχρωματικών λειτουργιών διαμόρφωσης μετώπου κύματος, καθώς και για μετάβαση από λειτουργία ανάκλασης σε λειτουργία μετάδοσης κατά βούληση.

Η προτεινόμενη έρευνα και τα αναμενόμενα αποτελέσματα αναμένεται να έχουν ισχυρό αντίκτυπο στην επιστήμη, τόσο σε θεμελιώδεις όσο και σε εφαρμοσμένες πτυχές της. Η δυνατότητα σχεδιασμού και χρήσης εξαιρετικά λεπτών ευρυζωνικών μεταπιφανειών που ταυτόχρονα επιτρέπουν τον έλεγχο διαφορετικών χαρακτηριστικών της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας (πλάτος, χρονικό και χωρικό προφίλ κυματοπακέτων, πόλωση και συχνότητα) έχει ιδιαίτερη επιστημονική και πρακτική σημασία. Στις καθημερινές τηλεπικοινωνίες και τη σύγχρονη φωτονική γίνεται ευρεία χρήση διαθλαστικών, πολωτικών και μη γραμμικών φωτονικών στοιχείων και εξαρτημάτων με εξειδικευμένη φασματική απόκριση (διασπορά). Η αντικατάσταση τέτοιων εξαρτημάτων με ευρυζωνικές εξαιρετικά λεπτές εκδοχές τους, οι οποίες είναι ευκολότερες και φθηνότερες στην κατασκευή, θα προσφέρει σημαντικά τεχνολογικά (μέγεθος, βάρος, δυνατότητα ολοκλήρωσης), οικονομικά και κοινωνικά οφέλη.

Η τριετής χρηματοδότηση από το ΕΛ.ΙΔ.Ε.Κ θα μου επιτρέψει να επεκτείνω τις ερευνητικές μου δραστηριότητες από μια θέση μεγαλύτερης ανεξαρτησίας και ευθύνης. Θα μου επιτρέψει να συνεχίσω να εργάζομαι στο Ινστιτούτο Ηλεκτρονικής Δομής και Λείζερ του Ιδρύματος Τεχνολογίας και Έρευνας, όπου μπορώ να αλληλεπιδράσω με εξαιρετικούς συναδέλφους. Δεδομένων των πολύ περιορισμένων νέων οργανικών θέσεων σε πανεπιστήμια/ερευνητικά κέντρα και πόρων για την έρευνα, η χρηματοδότηση αυτή αποτελεί ισχυρό κίνητρο για τη συνέχιση διεξαγωγής έρευνας στην Ελλάδα.

Η άμεση χρηματοδότηση των μεταδιδακτορικών ερευνητών είναι πολύ σημαντική δεδομένου ότι παρέχει την ευκαιρία να πραγματοποιηθεί ένα χρήσιμο και απαραίτητο επόμενο βήμα με τη δημιουργία μιας μικρής ερευνητικής ομάδας καθώς και την αντιμετώπιση διαχειριστικών καθηκόντων. Η υποστήριξη της θεμελιώδους έρευνας που θέτει την υψηλή επιστημονική ποιότητα ως το βασικό κριτήριο επιλογής είναι κεντρική για την πρόοδο της επιστήμης και της κοινωνίας. Από τις απόψεις αυτές, το ΕΛ.ΙΔ.Ε.Κ προσφέρει μια μοναδική ευκαιρία σε εθνικό επίπεδο.



**ΕΛΙΔΕΚ.**  
Ελληνικό Ίδρυμα Έρευνας & Καινοτομίας

## ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑ

Λ. Συγγρού 185 & Σάρδεων 2  
ΤΚ. 17121, Νέα Σμύρνη, Ελλάδα  
210 64 12 410, 420  
communication@elidek.gr  
[www.elidek.gr](http://www.elidek.gr)