

Ευρυζωνικοί «μανδύες αορατότητας» ανακαλύφθηκαν από ερευνητές του Εθνικού και Καποδιστριακού Πανεπιστημίου Αθηνών

Η παρατήρηση του κόσμου γύρω μας είναι μία θεμελιώδης πτυχή της ανθρώπινης εμπειρίας. Στην καθημερινή μας όραση χρησιμοποιούμε το ορατό φως - το τμήμα του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος στο οποίο τα μάτια μας ανταποκρίνονται περισσότερο - που εκπέμπεται από τον ήλιο για να παρακολουθούμε και να προσπαθούμε να κατανοήσουμε τη φύση και τον φυσικό κόσμο γύρω μας.

Επειδή το φως και η αλληλεπίδρασή του με το αισθητήριό μας σύστημα, τα μάτια μας, είναι ένα αναπόσπαστο κομμάτι της καθημερινής μας ζωής, έχουμε συνηθίσει πάντα - «τυφλά» - να «εμπιστευόμαστε» τα μάτια μας. Ωστόσο, γνωρίζουμε επίσης από οικείες εμπειρίες ότι αυτό δεν θα έπρεπε πάντα να συμβαίνει. Χαρακτηριστικό ίσως παράδειγμα είναι οι ερημικές απολήξεις, όπου οι ακτίνες του φωτός διαθλώνται προς τα χαμηλότερα, θερμότερα στρώματα του αέρα, προκαλώντας οπτικές ψευδαισθήσεις που εμφανίζονται σαν εικόνες νερού στο έδαφος. Συχνά, επίσης, παρατηρούμε ότι ένας δρόμος μπορεί να φαίνεται υγρός ή να καλύπτεται από υγρές λακκούβες σε απόσταση, σε μια κατά τα άλλα ιδιαίτερα ηλιόλουστη μέρα - ένα φαινόμενο της ίδιας προέλευσης με αυτό που προκαλεί ψεύτικες οάσεις ερήμου.

Από τεχνολογική άποψη, η ικανότητα κάμψης και ελέγχου της διάθλασης και της ροής του φωτός κατά βούληση μπορεί να έχει σημαντικές εφαρμογές, ιδιαίτερα στα σύγχρονα συστήματα οπτικών επικοινωνιών και την τεχνολογία *stealth* («αοράτων» μεγάλων αντικειμένων). Ωστόσο, εδώ και δεκαετίες, οι επιστήμονες θεωρούσαν ότι ο απόλυτος ίσως έλεγχος της ροής του φωτός, δηλαδή η απόκρυψη ενός αντικειμένου εντελώς από το ορατό φως - καθιστώντας έτσι το αντικείμενο αόρατο - ήταν αδύνατο. Αυτή η αντίληψη αναθεωρήθηκε πριν από περισσότερο από μία δεκαετία, το 2006, όταν επιστήμονες διαπίστωσαν ότι κατάλληλα κατασκευασμένα, τεχνητά, οπτικά υλικά («μετα-υλικά») μπορούν στην πραγματικότητα να καταστήσουν ένα αυθαίρετο αντικείμενο αόρατο - αλλά μόνο για μία πολύ στενή ζώνη φωτεινών «χρωμάτων», δηλαδή η λειτουργία τους δεν ήταν ευρυζωνική.

Τώρα, μια διεθνής ομάδα επιστημόνων, με επικεφαλής τον Επίκουρο Καθηγητή του Τμήματος Φυσικής του Εθνικού και Καποδιστριακού Πανεπιστημίου Αθηνών, Κοσμά Τσαμακίδη, αναφέρει σε ένα άρθρο της στο έγκριτο και υψηλού κύρους διεθνές επιστημονικό περιοδικό *Nature Communications* ότι είναι δυνατό να γίνουν αντικείμενα αόρατα για εξαιρετικά μεγάλα εύρη ζώνης, καλύπτοντας ολόκληρο το ορατό φάσμα.

«Αυτό που κυρίως συνειδητοποιήσαμε ήταν ότι για να επιτύχουμε ευρυζωνική ορατότητα πρέπει να χρησιμοποιήσουμε υλικά μέσα στα οποία μερικά χρώματα, ή αλλιώς μήκη κύματος, του φωτός θα πρέπει να διαδίδονται με ταχύτητα μεγαλύτερη από αυτήν στο κενό», λέει ο κ. Τσαμακίδης. Οι ερευνητές ονόμασαν αυτόν τον μανδύα αορατότητας «ταχυονικό», επειδή ακριβώς μέσα του παλμοί φωτός διαδίδονται με «ταχύτητα ομάδας» (η ταχύτητα με την οποία διαδίδεται η κορυφή του παλμού) γρηγορότερα, σε ορισμένες συχνότητες, από την ταχύτητα του φωτός στο κενό.

«Αυτά τα υλικά “γρήγορου φωτός” έχουν μελετηθεί εκτενώς στο πρόσφατο παρελθόν, αλλά εδώ αποδεικνύουμε ότι μπορούν να χρησιμοποιηθούν με γόνιμο τρόπο για την επίλυση μιας βασικής αδυναμίας των σημερινών μανδύων αορατότητας, δηλαδή το ότι δεν είναι ευρυζωνικοί», προσθέτει ο κ. Τσαμακίδης. «Και όσο ενδεχομένως παράδοξο κι αν μπορεί να φανεί εκ πρώτης όψευς, οι μανδύες αυτοί προφανώς δεν παραβιάζουν επ’ ουδενί τη θεωρία της σχετικότητας, η οποία ορίζει ότι σήματα δεν μπορούν να ταξιδεύουν γρηγορότερα από την ταχύτητα του φωτός στο κενό. Στην πραγματικότητα

μάλιστα, οι μανδύες αυτοί μπορούν να υλοποιηθούν χρησιμοποιώντας τεχνολογία αιχμής σημερινών ημιαγωγών, την ίδια δηλαδή τεχνολογία που υποστηρίζει τη σύγχρονη νανοηλεκτρονική, αλλά τώρα χρησιμοποιούμενη για τη συγκεκριμένη οπτική εφαρμογή. Ωστόσο, προς το παρόν, η μέθοδος που αναφέραμε λειτουργεί για μικρά αντικείμενα», σχολιάζει ο κ. Τσακμακίδης.

«Μια τέτοια τεχνολογία ευρυζωνικής αόρατοτητας είναι δυνητικά πιο χρήσιμη από την υπάρχουσα τεχνολογία stealth για “αόρατα” μεγάλα αντικείμενα (π.χ., αεροπλάνα) γιατί δεν κάνει απλώς ένα αντικείμενο “μαύρο” απορροφώντας την προσπίπτουσα ακτινοβολία και εμποδίζοντας αντανάκλασεις, αλλά επιτρέπει στο φως να κατευθύνεται ομαλά γύρω από το αντικείμενο, ουσιαστικά “μικραίνοντας” το αντικείμενο σε ένα σημείο - το οποίο φυσικά είναι πάντα αόρατο», σχολιάζει μία από τις συνεπιβλέποντες ερευνήτριες της εργασίας, η καθηγήτρια Hatice Altug της Ομοσπονδιακής Πολυτεχνικής Σχολής της Λωζάνης, Ελβετίας (EPFL). «Η ιδέα μπορεί επίσης πλήρως να κλιμακωθεί και να υλοποιηθεί και για άλλους τύπους κυμάτων, όπως ακουστικά κύματα ή κύματα συχνοτήτων ραντάρ» προσθέτει η Altug.

Οι πιθανές περαιτέρω εφαρμογές περιλαμβάνουν «αόρατους» αισθητήρες που μπορούν να ανιχνεύσουν αλλαγές στο περιβάλλον χωρίς να το διαταράσσουν, οπτικά μικροσκόπια σάρωσης (NSOMs) με κεκαλυμμένα άκρα για την ελάχιστη παρενοχλητική απεικόνιση νανοσωματιδίων, πολυμερών μιγμάτων και βιολογικών συστημάτων, «αόρατες» ηλεκτρομαγνητικές κεραίες, έλεγχος μηχανικών, οπτικών, ηχητικών και θερμικών κυμάτων για εφαρμογές πληροφορικής, έλεγχου θερμότητας και νανοτεχνολογίας, καθώς και εφαρμογές αποθήκευσης οπτικών δεδομένων, φασματομετρία ακριβείας και συμβολομετρία, ή αισθητήρες περιστροφής βασισμένοι σε γυροσκόπια λείζερ, ή και ραντάρ λείζερ.

«Είναι ίσως ένα ακόμη παράδειγμα του τρόπου με τον οποίο η θεμελιώδης έρευνα, η οποία βασίζεται στην περιέργεια, στην περίπτωση του “γρήγορου φωτός” - που φαίνεται εκ πρώτης όψευς να είναι αποσυνδεδεμένη με το πρόβλημα της αορατότητας - μπορεί στην πραγματικότητα να συνδεθεί δημιουργικά με άλλα πεδία εφαρμοσμένης επιστήμης και μηχανικής, ανοίγοντας το δρόμο για μια σειρά πιθανών μελλοντικών εφαρμογών», παρατηρεί ο εκ των συ-συγγραφέων του άρθρου καθηγητής Robert W. Boyd του πανεπιστημίου της Οτάβας του Καναδά.

Η έρευνα του Καθηγητή Τσακμακίδη υποστηρίχθηκε από το Ελληνικό Ίδρυμα Έρευνας και Καινοτομίας (HFRI - «ΕΛΙΔΕΚ») και τη Γενική Γραμματεία Έρευνας και Τεχνολογίας (ΓΓΕΤ - «ΓΓΕΤ»), μέσω τριετούς ερευνητικού προγράμματος με στόχο την διερεύνηση θεμελιωδών νέων εννοιών στα νέο-εμφανιζόμενα πεδία της νανοφωτονικών και των μεταϊλικών - τη μελέτη δηλαδή του φωτός σε νανοσκοπικές διαστάσεις χρησιμοποιώντας ειδικά κατασκευασμένα, τεχνητά, οπτικά μέσα.